

### 3 BARRAGEM DE CORUMBÁ I

#### 3.1. Características gerais

Situada no rio Corumbá, distante cerca de 30 km da cidade de Caldas Novas (GO), a usina de Corumbá tem potência instalada de 375 MW, dividida em três unidades geradoras. As obras desta hidroelétrica foram iniciadas em 1982, pelas Centrais Elétricas de Goiás (CELG), sendo posteriormente transferidas para FURNAS Centrais Elétricas em 1984. Nesta ocasião, as obras de construção da barragem estavam paralisadas e só foram reiniciadas em junho de 1987, quando o nível máximo do reservatório foi limitado à elevação de 595 m.

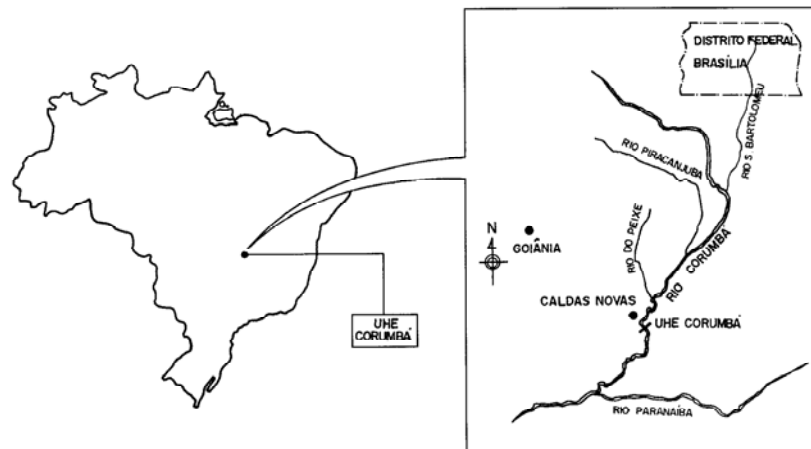


Figura 3.1 Localização da barragem Corumbá I. (Furnas Centrais Elétricas S.A.)

Devido à sua localização privilegiada, Corumbá-I representa uma unidade de geração de energia elétrica importante para o sistema interligado Sul / Sudeste / Centro-Oeste do Brasil, sobretudo em relação ao abastecimento da cidade de Brasília. Sua integração à rede de transporte de energia foi feita através de linhas de transmissão de 345 kV, que saem de sua subestação e chegam à subestação de Samambaia, localizada no Distrito Federal.

Corumbá-I é a primeira usina do sistema de Furnas a ser telecomandada, ou seja, é operada remotamente a partir da usina hidroelétrica de Itumbiara, localizada a 160 km de distância. A figura 3.2 mostra uma visão panorâmica da barragem e o arranjo geral do aproveitamento hidroelétrico.

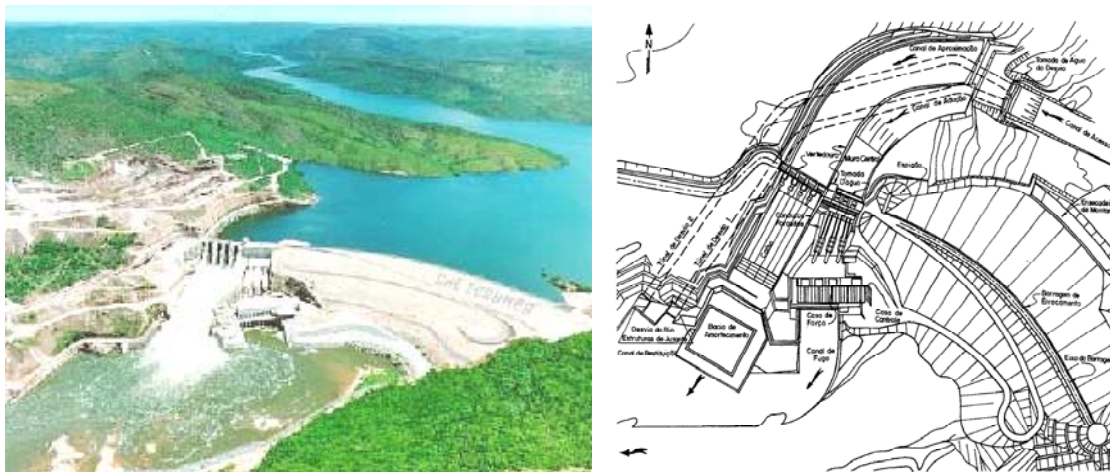


Figura 3.2 Panorama e arranjo geral da barragem Corumbá I. (Furnas Centrais Elétricas S.A.)

### 3.2. Aspectos geotécnicos

Uma das características particulares deste empreendimento foi a utilização de solos residuais jovens, tanto como material de fundação em parte da barragem, junto à ombreira esquerda, quanto material de construção do núcleo central impermeável. O emprego deste tipo de solo em fundação de barragem é restrito a poucos empreendimentos, visto a dificuldade de se caracterizar o comportamento hidráulico e geotécnico dos maciços de solo através da execução de ensaios de laboratório que nem sempre são representativos das condições de campo. No caso da barragem de Corumbá I, a grande espessura dos solos residuais na ombreira esquerda, suas propriedades geotécnicas consideradas favoráveis e os cuidados tomados no seu projeto e construção, apoiados por um amplo programa de instrumentação, estimularam a construção da barragem sobre o maciço de solo residual jovem (Caproni et al., 1994).

### 3.2.1. Geologia local

No local da barragem a geologia é constituída por rochas metamórficas do Pré-Cambriano superior pertencentes à formação Paracatu e ali representados basicamente por quartzitos e xistos. Dobramentos de dimensões variáveis e alguns falhamentos são os aspectos estruturais mais relevantes do local. Os contactos geológicos são de dois tipos: gradacional e direto, com predominância do primeiro. Na ombreira esquerda, local de interesse neste trabalho, ocorrem exclusivamente solos residuais de micaxisto com a xistosidade mergulhando para dentro da face do talude. A figura 3.3 apresenta a seção geológica no eixo da barragem.



Figura 3.3 Seção geológica no eixo da barragem Corumbá-I (Caproni et al., 1994)

### 3.2.2. Características da fundação na ombreira esquerda.

Caproni et al. (1994) afirmam que a espessura total de solo residual jovem junto à ombreira esquerda superava a marca dos 30m, tornando difícil e onerosa sua total remoção. A solução escolhida foi remover a camada de solo residual maduro da superfície e parte do solo residual jovem, aproveitando o restante do maciço como fundação do núcleo impermeável da barragem. Esta decisão exigiu que:

- o controle da percolação através da fundação do núcleo incluísse a execução de um tapete drenante cobrindo toda a área da fundação sob o enrocamento

colocado a jusante, de forma a se eliminar a possibilidade de erosão interna. Os gradientes hidráulicos adotados para a seção central e junto às ombreiras excederam o valor convencionalmente utilizado de 0,30. Adicionalmente, uma laje de concreto armado com tela metálica propiciou o isolamento do núcleo em relação ao solo de fundação, assegurando que eventuais fluxos concentrados através de fraturas, algumas com preenchimento argiloso, possam colocar em risco a estabilidade do núcleo.

- a compressibilidade do solo residual fosse compatível com os valores exigidos dos materiais de fundação, o que acarretou no aprofundamento da linha de escavação na ombreira esquerda de forma a atingir um solo residual jovem julgado competente.
- ao longo do eixo da barragem, foram efetuadas injeções com calda de cimento até uma profundidade média de 30m para melhorar as características de condutividade hidráulica do material de fundação.

### **3.2.3.**

#### **Características dos materiais da barragem.**

*Núcleo da barragem* - foram utilizados materiais de empréstimo constituídos por solos coluvionares, residuais e uma mistura dos mesmos extraídos das áreas de empréstimo. Devido à insuficiência destes materiais, optou-se também por usar o solo residual de micaxisto removido da ombreira esquerda. Os excelentes resultados experimentais obtidos na compactação da mistura dos solos coluvionares e residuais, e a obrigatoriedade da remoção de parte do solo residual existente na ombreira esquerda, resultaram numa diminuição de 15%, em volume, do solo compactado proveniente da área de empréstimo denominado “A”.

*Filtro e transições* – foram obtidos, respectivamente, por dragagem em bancos de areia na região próxima ao eixo da barragem e por britagem da rocha quartzítica proveniente de escavações obrigatórias.

*Enrocamento* – Os materiais usados na construção dos espaldares de enrocamento da barragem foram também provenientes das escavações em rocha necessárias para implantação das estruturas. Foram escavadas rochas de quartzito e de cloritaxisto que, principalmente a primeira, apresentaram grande

porcentagem de finos após o desmonte, carga, descarga e espalhamento do material. Este fato obrigou a uma seleção dos materiais nas frentes de escavações e nos estoques. O enrocamento 5AC (figura 3.4), considerado grosso com um máximo de 35% passando na peneira de 25,4 mm, foi colocado numa faixa de 10 m de largura junto aos taludes de montante e jusante. O enrocamento 5AF, mais fino, foi depositado na região interna dos espaldares. Ambos os tipos de enrocamento foram lançados em camadas de 90cm de espessura e posteriormente compactados. O enrocamento 5EF foi disposto junto às transições de jusante e de montante, numa largura de 6m e lançado em camadas de 30cm de espessura.

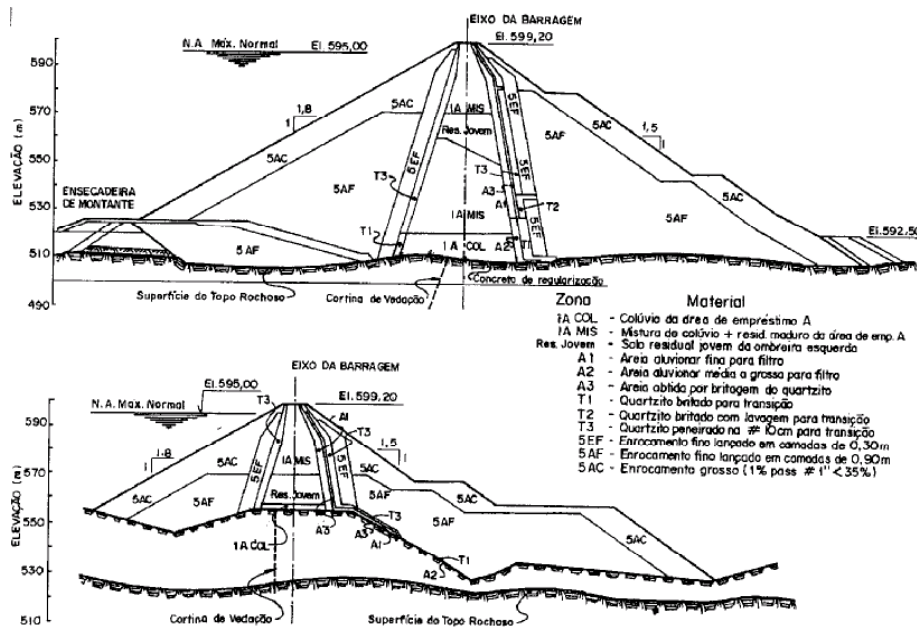


Figura 3.4 Seções típicas da barragem de Corumbá-I, no leito do rio e junto à ombreira esquerda. (Furnas Centrais Elétricas S.A.)

### 3.3. Instrumentação da barragem

Para monitorar o comportamento da barragem Corumbá-I durante a construção, primeiro enchimento do reservatório e operação da usina, foram definidas duas seções instrumentadas: uma no leito do rio (seção principal), onde a barragem apresenta altura máxima, e a outra na ombreira esquerda, devido às

características do maciço de fundação nessa região. A figura 3.5 mostra essas duas seções com a indicação das instrumentações correspondentes. Nessas seções instalaram-se instrumentos para medição das cargas de pressão no núcleo e fundações através de piezômetros pneumáticos e de tubo aberto, e de deslocamentos do aterro compactado, através de células de recalque tipo caixa sueca, e de marcos topográficos de superfície. Adicionalmente, foram instalados dois medidores de vazão, um que mede toda a percolação da água proveniente da fundação da ombreira direita, através de um muro divisor de fluxo, e outro que mede toda a percolação proveniente da fundação na ombreira esquerda e da região central, além da que se origina do aterro compactado.

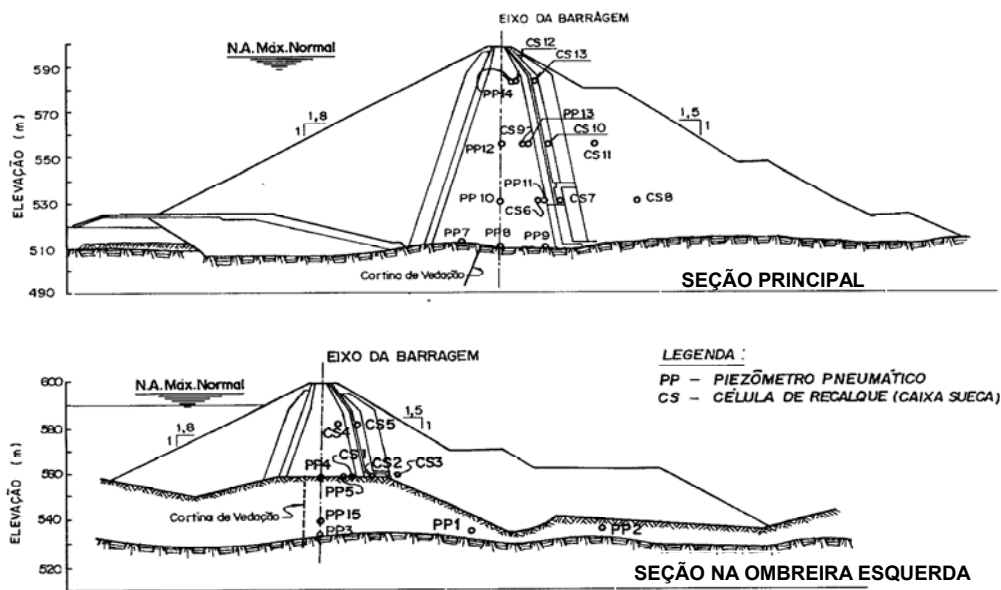


Figura 3.5 Seções instrumentadas da barragem Corumbá-I. (Furnas Centrais Elétricas S.A.)

A tabela 3.1 mostra os dados relativos à instalação dos piezômetros pneumáticos nas duas seções mostradas na figura 3.5.

Nº	Piezômetro	Data Instalação	Estaca (m)	Afastamento (m)	Sentido	Cota instalação (msnm)
1	PP1**					
2	PP2 = PZ2	14/1/1992	07+08,36	113,05	Jusante	531,330
3	PP3 = PZ3	4/12/1993	07+11,00	0,00	Eixo	528,510
4	PP4 = PZ4	10/5/1993	07+09,39	0,44	Jusante	555,510
5	PP5 = PZ5	11/5/1993	07+11,05	10,96	Jusante	554,960
6	PP6 = PZ6	21/4/1996	07+10,95	6,00	Jusante	580,049
7	PP7 = PZ7	28/5/1992	15+01,00	15,00	Montante	512,460
8	PP8 = PZ8	22/5/1992	15+06,00	0,31	Eixo	510,610
9	PP9 = PZ9	20/5/1992	15+01,24	19,13	Jusante	509,650
10	PP10 = PZ10	23/7/1992	14+19,90	0,00	Eixo	529,940
11	PP11 = PZ11	24/7/1992	15+01,00	18,50	Jusante	529,990
12	PP12 = PZ12	28/4/1993	14+19,34	0,98	Montante	555,000
13	PP13 = PZ13	28/4/1993	15+01,29	11,10	Jusante	555,000
14	PP14 = PZ14	19/5/1995	14+19,46	5,15	Jusante	580,068
15	PP15 = PZ15	9/8/1994	04+12,00	0,00	Eixo	555,380

Tabela 3.1 Dados de instalações dos piezômetros pneumáticos na barragem Corumbá I. (Furnas Relatório Nº FR85A-MC8-513).

\*\* Piezômetro PP1 danificado.

### 3.4. Percolação através da ombreira esquerda

Após o primeiro enchimento do reservatório observaram-se a ocorrência de duas surgências d'água à jusante da ombreira esquerda, possivelmente em consequência da percolação através de intercalações de quartzo, bastante permeáveis, no solo residual jovem de micaxisto que se comunicam através do fraturamento sub-vertical remanescente da rocha matriz. Para monitorar estas ocorrências, foram então instalados piezômetros de tubo aberto e drenos junto à surgência no pé da barragem (vazão de 6 l/min) e a 310m de distância (vazão de 260 l/min), na direção de jusante.

As figuras abaixo ilustram a localização das surgências d'água na região da ombreira esquerda da barragem Corumbá-I.

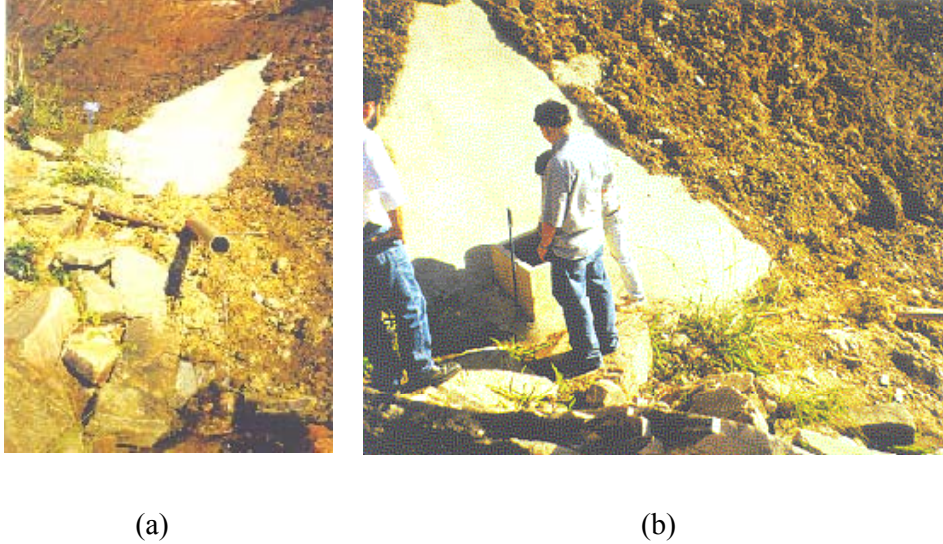


Figura 3.6 Surgência d'água no talude da ombreira esquerda com vazão de 6 l/min, após tratamento. (Furnas relatório de visita à obra N° 091, 1997).



Figura 3.7 Surgência d'água com vazão de 260 l/min. (Furnas relatório de visita à obra N° 091, 1997).





Figura 3.8 Visão da ombreira esquerda, com as setas indicando a posição das surgências d'água. (Furnas relatório de visita à obra N° 091, 1997).