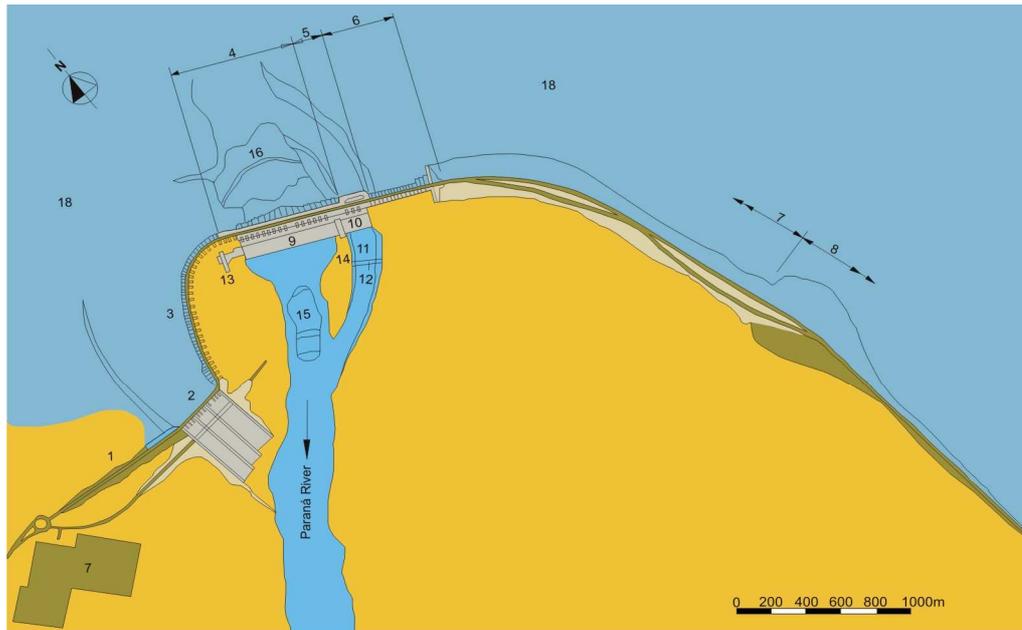


1 Introdução

A Usina Hidrelétrica de Itaipu situa-se no rio Paraná, entre o Brasil (margem esquerda) e Paraguai (margem direita), 14 km à montante da Ponte Internacional da Amizade, que liga Foz do Iguaçu à Ciudad Del Este.

O projeto Itaipu consiste de uma série de barragens de diversos tipos que atravessam o rio e cujos coroamentos se desenvolvem na El. 225,00 m acima do nível do mar. Na margem direita, Paraguai, o barramento tem início com uma barragem de terra, de 872 m de comprimento e altura máxima de 25 m. A Barragem de Terra da Margem Direita é seguida pelo vertedouro, que possui extensão de 390 m. Ele é dotado de 14 comportas e possui capacidade de 62200 m³/s. Após o vertedouro, a barragem continua em uma estrutura de concreto do tipo contraforte por 986 m até as proximidades da antiga calha do rio. Após esse ponto, inicia-se o trecho denominado de barragem principal, que é composto por seis blocos de concreto de contraforte e blocos de concreto de gravidade aliviada, perfazendo 714 m, com altura máxima de 196 m. Dando seqüência ao trecho de gravidade aliviada, tem início um trecho de concreto do tipo gravidade maciça com 170 m de comprimento. Este trecho corresponde à estrutura de desvio, por onde o rio Paraná foi canalizado através de um conjunto de adufas por 4 anos. Ele é seguido por mais um trecho de blocos de concreto do tipo contrafortes, com 350 m de extensão. Com o objetivo de utilizar o material proveniente da escavação do canal de desvio, a barragem segue em uma estrutura de enrocamento com núcleo de argila, de 1984 m de extensão e altura máxima de 70 m. Gradativamente há uma transição de 305 m para uma estrutura de terra, que se desenvolve por 1989 m de extensão até atingir a El. 225,00 m do terreno natural, na ombreira esquerda. Este último trecho é a Barragem de Terra da Margem Esquerda, BTME. A Figura 1 mostra o aspecto geral da Barragem de Itaipu.



- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1 Barragem de Terra Direita | 6 Barragem de Ligação Esquerda | 12 Ponte de Serviço |
| 2 Vertedouro | 7 Barragem de Enrocamento | 13 Área de Montagem Direita |
| 3 Barragem de Ligação Direita | 8 Barragem de Terra Esquerda | 14 Área de Montagem Esquerda |
| 4 Barragem Principal | 9 Casa de Força no Leito do Rio | 15 Ensecadeira de Jusante |
| 5 Estrutura de Desvio | 10 Casa de Força no Canal de Desvio | 16 Ensecadeira de Montante |
| | 11 Canal de Desvio | 17 Subestação da Margem Direita |
| | | 18 Reservatório |

Figura 1 – Aspecto geral da Barragem de Itaipu

A Usina Hidrelétrica de Itaipu é uma usina a fio d'água. Isso quer dizer que toda a vazão afluyente é escoada. O nível normal de operação do reservatório situa-se entre as cotas 219,00 e 220,50 m acima do nível do mar. Apenas em períodos de secas rigorosas o nível decai da cota 219,00 m. A Figura 2 mostra o nível do reservatório desde o enchimento total, em maio de 1984, até janeiro de 2007. O nível mínimo ocorreu em janeiro de 2000, quando o reservatório atingiu a cota 215,48 m. O nível máximo ocorreu em setembro do mesmo ano, na cota 220,45 m.

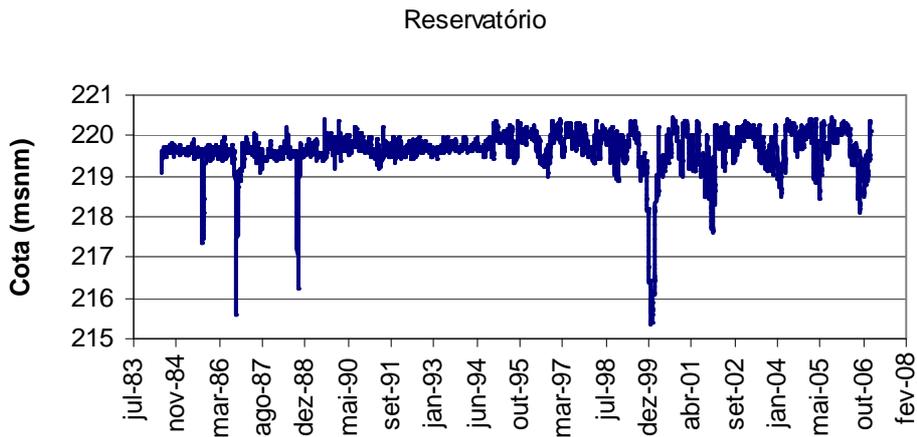


Figura 2– Níveis do reservatório

O nível máximo excepcional do reservatório é na cota 223,00 m, para a enchente máxima de projeto, que corresponde a uma vazão afluyente de 70020 m³/s. Como o vertedouro tem capacidade de 62200 m³/s, o excesso é amortecido pela elevação do nível do reservatório. A máxima vazão afluyente registrada em Itaipu foi de 40000 m³/s, logo após o enchimento completo do reservatório.

O estaqueamento da barragem cresce da margem direita para a margem esquerda, iniciando-se na estaca 11 + 00,00 e terminando na estaca 142 + 36,50. Após a barragem lateral direita, a referência do estaqueamento muda. O comprimento da barragem não é $14236,50 - 1100,00 = 13136,5$ m. O número antes do sinal de adição significa a centena de metros e o número após o mesmo indica as unidades de metros. 142 + 36,50 significa 14236,50 m.

Segundo o professor Paulo T. Cruz, em seu livro 100 Barragens Brasileiras (1996), a arte de projetar uma barragem é a arte de controlar o fluxo. Ele também afirma que o fluxo pela fundação pode, e na maioria dos casos é, dominante, sendo bastante superior ao fluxo pelo maciço compactado. No caso da BTME de Itaipu não é diferente.

O objetivo desta dissertação é identificar a origem das águas medidas pelos medidores de vazão e entender como se dá o fluxo pela fundação e corpo da barragem de terra da margem esquerda. O sistema de filtros internos do corpo da barragem apresenta-se seco em quase toda a extensão da mesma. Nos locais em que não se apresenta seco, há apenas uma tênue infiltração na saída dos filtros, que chega somente a formar uma pequena película de água no fundo das canaletas, como pode ser visto na Foto 1. Esse fato confirma a

hipótese de que o fluxo se dê primordialmente pelas fundações, não pelo maciço compactado.



Foto 1 – Canaleta de drenagem próxima à ombreira esquerda

Conhecida a origem das vazões nos medidores, e quais as causas de suas variações, é possível estabelecer valores de controle que sirvam para gerar avisos de atenção e alerta para a equipe de auscultação. O conhecimento do fluxo pelas fundações também permite identificar locais que requeiram um acompanhamento maior.

Para tanto, utilizou-se um modelo em elementos finitos para oito seções instrumentadas da barragem e procedeu-se correlações estatísticas entre todos os instrumentos da BTME. A dissertação está dividida da seguinte forma. No capítulo 2 descreve-se os detalhes da BTME. No capítulo 3 faz-se um apanhado dos aspectos geológicos e geotécnicos dos materiais de fundação. No capítulo 4 aborda-se a instrumentação instalada na barragem. O capítulo 5 trata do modelo em elementos finitos utilizado. O capítulo 6 mostra as correlações estatísticas entre as leituras dos instrumentos. No capítulo 7 faz-se a discussão dos resultados, conclusões, sugestões e recomendações.