7 Conclusões e Sugestões

A presente dissertação tem por objetivo principal não somente apresentar a previsão numérica do comportamento sísmico da barragem de Breapampa, situada numa região de atividade sísmica no Peru, como também detalhar os procedimentos, etapas e verificações necessárias para uma correta modelagem de problemas envolvendo excitações sísmicas.

Embora certas dificuldades de modelagem já tenham sido hoje superadas, como a implementação de contornos silenciosos para garantir a radiação de energia para o exterior da malha, outras ainda necessitam de mais esforços de pesquisa, como o desenvolvimento de um modelo constitutivo para carregamentos cíclicos que implícita e eficientemente represente a perda de energia (amortecimento) devida a seu comportamento inelástico dos materiais geológicos.

Pode-se afirmar que os resultados das análises sísmicas dependem fundamentalmente do amortecimento do sistema bem como da verossimilhança do terremoto de projeto em relação às características sismo-tectônicas do sítio de interesse. Em relação a este último aspecto, várias outras incertezas são incorporadas na análise, nas investigações de ameaça sísmica que dependem da aplicabilidade ou não de certas leis de atenuação, da disponibilidade de registros sísmicos próximos ao local do projeto, de estudos probabilísticos que são função da disponibilidade de catálogo de sismos, etc.

Enfim, trata-se de uma área de pesquisa que muito evoluiu nos últimos 50 anos, desde o grande terremoto do Alasca de 1964, mas que ainda lança formidáveis desafios por exigir conhecimentos específicos de geotecnia e de geofísica.

Das principais conclusões desta pesquisa, podem ser citadas:

- a. a versatilidade e robustez do programa computacional FLAC 2D para análises sísmicas, aliada à flexibilidade que permite ao usuário introduzir suas próprias rotinas e modelos através da programação FISH ou C++;
- b. quando da aplicação de métodos numéricos para determinação do fator de segurança da estabilidade de taludes (simulação do

- colapso via redução dos parâmetros de resistência) deve-se cuidadosamente verificar sobre a natureza local ou global da potencial superfície de ruptura assim determinada;
- c. a condição crítica de resposta sísmica na barragem de terra ocorreu logo após a sua construção (reservatório vazio) com a maior previsão de deslocamentos permanentes;
 - d. a condição de estabilidade de um talude após a ocorrência do sismo, com base nos deslocamentos permanentes apresentados, é tarefa difícil que exige experiência e julgamento de engenharia;
 - e. embora o fenômeno de liquefação dinâmica ocorra predominantemente em solos granulares fofos saturados, é possível que em solos finos, como no núcleo da barragem de Breapampa, possa acontecer o fenômeno da ruptura cíclica (Boulanger e Idriss, 2004);
 - f. deve-se ter cautela na escolha do método linear equivalente na execução de análises sísmicas porque o módulo de cisalhamento pode apresentar uma degradação excessiva acarretando deslocamentos irreais no problema. Em contrapartida, o método é geralmente empregado em conjunto com um modelo elasto-plástico (Mohr - Coulomb, no caso desta pesquisa) em virtude da inabilidade do modelo constitutivo em simular satisfatoriamente o amortecimento provocado pelo carregamento cíclico bem como à necessidade de amortecer a componente elástica da deformação. Adicionalmente, recomenda-se também utilizar um baixo valor de amortecimento de Rayleigh para amortecer os ruídos causados por altas frequências. Esta conclusão bem resume o que foi mencionado anteriormente em relação ao papel fundamental do amortecimento na resposta sísmica de estruturas.

Como principais sugestões de futuras pesquisas são citadas as seguintes:

- a. verificar a influência de geometrias 3D na resposta de barragens que, em zonas de atividade sísmica, são geralmente de grande altura em vales estreitos;
- b. incorporar efeitos da interação fluido-estrutura já que na condição de reservatório cheio forças hidrodinâmicas podem ter influência importante no comportamento da barragem.