

8 Conclusões e Sugestões

Nesta seção, apresentam-se as conclusões do trabalho de pesquisa para destacar os principais assuntos trabalhados e também elaborar ideias, como sugestões, que possam servir de base para futuras pesquisas.

8.1 Conclusões

Sobre o assunto da pesquisa

De acordo com o estudado sobre sismicidade e previsão de terremotos entende-se que, não é possível ter certeza da ocorrência, do local e das características dos terremotos. Contudo, estudos de sismicidade e de ameaça sísmica nos permitem conhecer qual seria uma faixa esperada tanto de magnitude quanto de banda de frequências, para a qual as geoestruturas devem ser projetadas, para suportar tais eventos e os possíveis efeitos que estes possam causar.

Não existe hoje em dia no Brasil (ou em outras regiões de relativa tranquilidade sísmica) negligência em relação aos possíveis efeitos dos fenômenos sísmicos. Mesmo com pouca tradição em análises sísmicas, atualmente vem se tratando o assunto com muita seriedade, em particular, quando envolvem estruturas especiais, que requerem altos níveis de segurança.

Os resultados deste trabalho de pesquisa são conseqüências das várias sugestões deixadas em trabalhos iniciados no Brasil para diferentes aplicações a projetos de mineração, instalações nucleares e estruturas *offshore*. Isto permitiu avançar no assunto de análises sísmicas, formando pouco a pouco uma linha de pesquisa à par com o *estado da arte* neste assunto, que permite seu aproveitamento à prática da engenharia.

Sobre os resultados da pesquisa

- 1 Um ponto chave, de partida, é a avaliação do comportamento dos solos experimentalmente, para a obtenção das suas propriedades dinâmicas. Este estudo experimental permite ter um conhecimento da dependência das propriedades dinâmicas com o nível de deformação, da anisotropia inerente do material, da rotação de tensões, das mudanças das propriedades dos solos que ocorrem durante um sismo, e outros aspectos que permitam caracterizar de uma forma mais real o comportamento dos solos. Uma consequência do estudo experimental dos solos é que permite a elaboração de relações tensão-deformação constitutivas que representam o comportamento do solo. Neste trabalho, por exemplo, o modelo constitutivo UBCSAND, que já havia sido amplamente estudada no laboratório para o caso de areias, está sendo aplicado com resultados coerentes.
- 2 Sobre o fenômeno de liquefação em solos, que geralmente ocorre em solos arenosos ou arenosiltosos com pouca ou nula plasticidade, continua sendo um tema de grande importância na engenharia geotécnica de terremotos, devido a suas consequências, muitas vezes catastróficas, podendo-se destacar :
 - ✓ A avaliação do potencial de liquefação é baseada na relação de tensões cisalhantes cíclicas. A caracterização do carregamento é feita, atualmente, pelo método rigoroso (avaliação sísmica), com a ajuda do programa SHAKE e o método linear equivalente e que neste trabalho foi empregado. Este método rigoroso é mais recomendado por fornecer informação mais precisa do carregamento sísmico, em termos de faixa de frequências e por ministrar, o carregamento sísmico, em termos de tensões cisalhantes, ao longo do perfil. Neste trabalho os métodos consensuais de Youd et al. (2001) e de Idriss & Boulanger (2004) foram aplicados para a obtenção da resistência cíclica dos solos baseados principalmente em valores de N-SPT.
 - ✓ A determinação da resistência residual (S_r) dos solos liquefeitos continua sendo um tema continuamente revisado por muitos pesquisadores. Ensaio de laboratório em amostras indeformadas são complicados e caros, e às vezes as amostras não são representativas devido à redistribuição dos vazios que poderiam ocorrer em campo em um solo liquefeito e que não seria observado

nas amostras com índice de vazios antes de um sismo. A estimativa do S_r também pode ser feito através da retroanálise de casos históricos de deslizamentos por fluxo por liquefação.

- 3 O estudo de nível de ameaça sísmica do local em estudo é altamente recomendado de ser realizar e que, dependendo da classe de projeto, torna-se uma exigência. A importância deste estudo está em poder fornecer como resultado as características do carregamento a ser considerado no projeto.
- 4 Análises de resposta do terreno antecipadas a uma análise sísmica geral são recomendáveis de fazer para se formar uma opinião da magnitude de amplificação que o terreno apresenta. O uso de métodos que levem em consideração a não-linearidade intrínseca do material é necessária.
- 5 Verifica-se o grande potencial do programa FLAC como ferramenta de projeto para análises sísmicas. A combinação dos conhecimentos teóricos com o adequado julgamento de engenharia permite converter o FLAC em uma ferramenta poderosa para a compreensão do mecanismo de deformação e/ou ruptura da geoestruturas.
- 6 O estudo de caso escolhido, por se tratar de um projeto estruturalmente especial, e pela complexidade de estar localizado no litoral do Rio de Janeiro, permitiu o aproveitamento do estudo de diferentes tópicos que demanda uma análise sísmica. A partir da sua caracterização geotécnica, que implica lidar com solos com potencial de liquefação, diferentes considerações foram tomadas no momento de abordar o assunto.

8.2 **Sugestões**

- 1 Continuar com o estudo de modelos constitutivos para solos com aplicabilidade a projetos de engenharia. E sempre que possível obter parâmetros e propriedades dinâmicas devem ser medidos a partir de ensaios de laboratório complementando-se com ensaios geofísicos em campo.
- 2 Implementar o modelo UBCSAND2, de sete parâmetros de modelo, que leva em consideração tanto o processo de rotação de tensões principais que ocorre em um

carregamento sísmico como da quantificação de deformações plásticas durante o ciclo de descarregamento.

- 3 Desenvolver uma função no FLAC, para o modelo histerético que seja compatível com sismos de grandes acelerações. Ao mesmo tempo, seria necessário um controle no ajuste da razão de amortecimento para diferentes tipos de materiais, e não apenas da curva de variação do módulo de cisalhamento, como atualmente é feito no FLAC.
- 4 Realizar ensaios de laboratório acompanhado de ensaios de modelos físicos, como a centrífuga, que permitam verificar os resultados obtidos das análises numéricas.