

1

Introdução

1.1

Definição do problema

A exposição do homem às condições de perigo pelas características morfológicas e estruturais da crosta terrestre é muito frequente, já que o maior número de atividades humanas acontece neste meio. A indústria energética, extrativa, de transporte assim como a indústria construtiva tem sempre a necessidade de condicionar o perfil geográfico; criando cortes e movimentando estruturas rochosas ou de solos, gerando como consequência condições de instabilidade constantemente. Do mesmo jeito, fatores naturais dinâmicos tais como o tectonismo e o intemperismo desenvolvem condições de instabilidade na superfície. Dessa forma os taludes de rocha encontram-se em barragens, sistemas de transporte (estradas ou linhas ferroviárias), construção em obras de acondicionamento urbano, mineração; como também em áreas montanhosas considera-se taludes naturais com uma diversa variedade de tamanho e forma.

A instabilidade dessas estruturas em rocha está associada a diferentes formas de colapso definidas por diversos autores [24,17,18,38,12]. Dentro dos diferentes modos de ruptura de taludes relatados na literatura, o tombamento está considerado como um dos principais, se subdividindo em três tipos primários: tombamento de bloco, flexural e bloco-flexural. Fazendo parte dessa subdivisão o tombamento Bloco-flexural pode ser provavelmente o mais comum, devido ao grande número de famílias de descontinuidades, as características geométricas delas e a sua distribuição espacial dentro do maciço rochoso [5]. Embora diversos trabalhos experimentais, analíticos e numéricos foram desenvolvidos para o estudo de processos de tombamento de blocos e de tombamentos do tipo flexural, a literatura não dá mostras de um desenvolvimento considerável no estudo do tombamento bloco-flexural.

O método numérico dos elementos discretos (DEM), é uma ferramenta recentemente usada na modelagem de problemas de estabilidade em taludes, com um grande potencial a se desenvolver no futuro. No entanto já foram apresentados resultados com boa aproximação e qualidade representativa em

problemas da engenharia relacionados ao tema mencionado. O PFC2D é um programa desenvolvido pelo Itasca que usa uma formulação consistente na teoria dos elementos discretos; ele considera partículas circulares que permitem modelar a rocha como uma distribuição delas, que encontram-se interligadas por modelos de contato com capacidade de resistência contra forças aplicadas. É este programa que foi usado no presente trabalho para a compreensão dos processos submersos no tombamento bloco-flexural, fazendo uma análise progressiva dos fenômenos envolvidos como tombamentos de bloco e flexurais separadamente e comparando-os com trabalhos analíticos, experimentais e numéricos pré-existentes.

1.2

Objetivo do trabalho

O objetivo do presente trabalho é a modelagem do tombamento bloco-flexural usando o método dos elementos discretos, sendo comparado com o equilíbrio limite proposto por Amini [5]. Para isso modela-se previamente os fenômenos que acontecem no desenvolvimento desse mecanismo de ruptura. Desta forma, a estabilidade do bloco numa base inclinada, o tombamento de bloco em taludes, e o tombamento flexural de taludes de rocha são analisados e discutidos fazendo contraste com os métodos analíticos e semi-analíticos disponíveis na literatura. A ideia geral é usar o método dos elementos discretos desenvolvido no PFC2D, com as capacidades deste para modelar a rocha e as descontinuidades dela, e avaliar a dependência da estabilidade do sistema com esses componentes imersos em problemas de tombamento.

1.3

Estrutura do trabalho

Considerando o objetivo final da pesquisa, o presente trabalho foi estruturado da seguinte forma:

- Capítulo 1: Definição do problema e objetivos da pesquisa
- Capítulo 2: Contém a revisão bibliográfica dos conceitos que abrangem os processos de tombamento; como também uma resenha dos diferentes métodos empregados para entender os fenômenos envolvidos que serão usados para contrastar os resultados do estudo.
- Capítulo 3: São apresentados os conceitos básicos da formulação do método dos elementos discretos (DEM).
- Capítulo 4: Neste ponto é estudado o comportamento do material à flexão e as calibrações do material na sua resposta resistiva quando sometido

a tensões de tração por processos fletores. A resistência dele é avaliado através de diferentes ensaios:

1. Ensaios de tração direta.
2. Ensaios Brasileiros.
3. Ensaios de flexão em quatro pontos.
4. Ensaios de flexão em três pontos.

Também é estudado brevemente as descontinuidades em rocha através de ensaios de corte direto desenhados numericamente com o DEM.

- Capítulo 5: Apresenta a análise progressiva dos processos envolvidos no tombamento bloco-flexural, listados da seguinte maneira:
 1. Modelagem do tombamento em um único bloco.
 2. Modelagem do tombamento em taludes compostos por blocos, ou *block toppling*.
 3. Modelagem do tombamento flexural e a sua avaliação com abordagens analíticas e semi analíticas.
 4. Modelagem do tombamento Bloco-flexural e a sua comparação com a abordagem analítica.
- Capítulo 6: Apresenta as conclusões da presente pesquisa e algumas considerações para trabalhos futuros.