

1 APRESENTAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

1.1 Introdução

O conservadorismo utilizado em projetos geotécnicos considerados rotineiros vem sendo discutido de uma forma mais criteriosa por parte dos profissionais envolvidos e, conseqüentemente, os fatores de segurança adotados. Dentre esses projetos podem ser destacados aqueles referentes às análises de estabilidade de taludes que, apesar de considerados por alguns como assunto já bastante discutido, ainda se encontra como grande detentor de relatos de acidentes com perdas materiais e humanas. De fato, se os mecanismos de ruptura são tão bem conhecidos e os métodos de análises há muito comprovados, é de se questionar, então, a freqüência com que acidentes desta natureza continuam ocorrendo.

Considerando-se a exigência de mercado, que cada vez mais impõe soluções de engenharia que garantam a segurança e diminuam os custos das obras civis, novos métodos e técnicas necessitam ser continuamente pesquisados. Observa-se, no entanto, para o caso particular de análise de estabilidade para taludes de mineração, o emprego sistemático de procedimentos e rotinas desenvolvidos tendo como base a Mecânica dos Solos Clássica.

Ressalta-se que o desenvolvimento da Mecânica dos Solos Clássica foi dirigido para uma condição particular em que o solo encontrava-se saturado ou seco. Porém, inúmeros casos encontrados na prática da engenharia apresentam situações em que os princípios e conceitos básicos considerados não se aplicam, como processos

de escavação e reaterros em que os solos se encontram na condição de não saturação.

Fredlund e Rahardjo (1993), ressaltam que a distinção entre solos saturados e não saturados torna-se necessária devido às diferenças básicas em sua natureza e comportamento geomecânico.

Uma grande superfície da Terra apresenta depósitos de solos com uma distância relativamente pequena em relação à superfície freática. Esses solos, em virtude de um ambiente seco, estarão sujeitos ao surgimento de poro-pressões negativas, também designada sucção, e à dessaturação. É o que ocorre, portanto, em regiões de clima árido e semi-árido que representam aproximadamente 60% em superfície dos países do globo terrestre e em países de clima tropical, onde ocorrem longos períodos secos, como no Brasil (LOPES, 2006).

De fato, a água é removida do solo tanto por evaporação, proveniente da superfície da terra, como da evapotranspiração, da cobertura vegetal. Estes processos produzem um fluxo ascendente de saída da água dos solos. Por outro lado, as chuvas e outras precipitações abastecem o fluxo descendente. A diferença entre estas duas categorias de fluxo dita as condições de poro-pressão nos solos. Assim, um fluxo ascendente produz um gradual ressecamento dos solos e aberturas de fendas de tração, enquanto um fluxo descendente pode, eventualmente, saturar uma massa de solo.

Como conseqüências dos processos descritos ocorrem mudanças no volume e na resistência ao cisalhamento dos solos, que podem desencadear inúmeros acidentes se não forem bem avaliados.

Algumas situações práticas que requerem um maior estudo e compreensão das condições de drenagem, deformabilidade e características de resistência ao cisalhamento estão listadas a seguir:

- construção e operação de barragens de terra;
- taludes naturais submetidos a alterações climáticas;
- projetos de contenção (estudo de pressões de terra laterais – empuxo);
- análise de capacidade de carga de solos para fundações; e
- análise de solos colapsíveis.

No presente trabalho aborda-se o aspecto da sucção nas análises de estabilidade de taludes, especialmente aqueles existentes nas cavas das minas, cujos planos de lavra podem contemplar centenas de metros de altura.

1.2 Justificativas

Relatos de desastres envolvendo rupturas de taludes quase sempre estão associados a períodos de chuvas intensas, apesar dos conhecimentos adquiridos acerca dos mecanismos de ruptura e dos métodos de análise de estabilidade de taludes. Assim, torna-se essencial analisar os diversos materiais que constituem os perfis representativos de escavações sob o aspecto de solos *não saturados*.

Ressalta-se que o estudo da sucção, e por conseqüência, a avaliação da quantificação de sua importância nos processos de ruptura dos taludes de minas situadas no Quadrilátero Ferrífero, no Estado de Minas Gerais, Brasil, constitui um tema ainda pouco explorado e que se apresenta de grande interesse prático tanto para as mineradoras quanto para a comunidade científica.

Uma quantidade significativa de rupturas ocorre em regiões onde o perfil geológico-geotécnico apresenta como um de seus componentes o filito dolomítico, ou seja, em grande parte das minas localizadas no Quadrilátero Ferrífero. Este litotipo tem se mostrado de fundamental importância nos processos de ruptura observados ao longo dos anos sendo, portanto, objeto dos estudos apresentados.

O filito dolomítico se caracteriza pela sua elevada anisotropia, em função da presença de uma foliação bem marcada e pela também elevada alterabilidade que faz com que materiais classificados como são, passem, em alguns meses, a materiais muito a extremamente alterados, o que piora sobremaneira suas propriedades geotécnicas. Quando muito alterado é constituído por lentes de material argiloso e lentes de areia.

A análise do comportamento deste material se constitui, portanto, de grande utilidade para as mineradoras localizadas nesta região em particular.

1.3 Objetivos

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação da influência da variação de parâmetros geotécnicos de resistência ao cisalhamento nas análises de estabilidade de taludes de mineração, com especial enfoque nos aspectos relativos à sucção do filito dolomítico amostrado em duas minas pertencentes à extinta empresa Minerações Brasileiras Reunidas S. A. – MBR, incorporada pela Companhia Vale do Rio Doce - Vale.

Pretende-se, assim, constituir um banco de dados e informações sobre este material em particular, por meio dos ensaios realizados, que permita otimizar projetos, com relação à economia e à segurança do empreendimento. Objetiva-se também subsidiar novos estudos para melhor entendimento de sua influência, quando submetido à condição não saturado, sobre os demais materiais que constituem os perfis geológico-geotécnicos destas minas, com vista à fase final, de fechamento.

As análises de estabilidade desenvolvidas para as cavas onde se encontra o material em estudo avaliam os aspectos de sucção, sua influência nos parâmetros de resistência ao cisalhamento e conseqüente alteração nos fatores de segurança obtidos fornecendo, assim, condições para discussões sobre tomadas de decisão e análises de risco.

Portanto, espera-se avaliar um modelo que considere o estágio final proposto para os taludes, com seus esforços atuantes, parâmetros geomecânicos que englobem a influência da sucção na resistência ao cisalhamento do sistema considerado, sobrecargas e condições de drenagem reais.

1.4 Organização do Trabalho

A apresentação deste trabalho está distribuída em sete capítulos e apêndice, conforme descrito a seguir.

No Capítulo 1 encontram-se a apresentação do problema, justificativas e objetivos.

Alguns aspectos considerados importantes para a compreensão do comportamento de solos não saturados e sua aplicação em análises de estabilidade

de taludes são apresentados no Capítulo 2. Ressalta-se que não é objetivo principal deste trabalho uma discussão aprofundada sobre a mecânica dos solos não saturados, tema bastante amplo e debatido por vários pesquisadores em encontros específicos, conforme citado na revisão bibliográfica apresentada no Capítulo 2.

A caracterização da área de estudo e os procedimentos utilizados para a amostragem do filito dolomítico estão mostradas no Capítulo 3. Apresentam-se também um breve histórico da mineração no Estado de Minas Gerais, sua importância econômica, os aspectos geológicos, bem como um registro fotográfico e dados locais da área.

O Capítulo 4 apresenta os resultados da caracterização geotécnica e mineralógica realizada por meio dos blocos indeformados utilizados. Estão mostrados os resultados dos índices de consistência, as curvas de distribuição granulométrica, os ensaios de permeabilidade, os ensaios de compressão edométrica, os triaxiais CIU, os ensaios de cisalhamento direto realizados em amostras em umidade natural e previamente inundadas, resultados de análises mineralógicas por meio de difratogramas totais das amostras, ou seja, frações argila, silte e areia, e microscopia eletrônica de varredura – MEV, realizado em amostras consideradas representativas de cada bloco.

Os procedimentos utilizados e as técnicas para a obtenção das curvas características estão apresentados no Capítulo 5. Foi utilizada a técnica do papel filtro para a obtenção das curvas e as mesmas foram ajustadas segundo as proposições de Fredlund e Xing (1994) e Van Genutchen (1980).

O Capítulo 6 apresenta uma análise de estabilidade considerando uma seção típica de uma cava e os parâmetros de resistência não saturados obtidos a partir da modelagem proposta por Vilar (2007).

As conclusões obtidas por meio das análises realizadas, assim como as sugestões para o prosseguimento da pesquisa estão apresentadas no Capítulo 7.

Ressalta-se que estão apresentados, ainda, em Apêndice, os resultados individuais dos ensaios e registros fotográficos do desenvolvimento do trabalho.