

## 1. Introdução

A Mina Tintaya situa-se na região sudeste do Peru, distando aproximadamente 300 Km da cidade de Arequipa e 300 Km da cidade de Cusco (Figura 1). A jazida é tipicamente uma jazida de skarnito de cobre, e os litotipos dominantes são as rochas sedimentarias (calcáreos) e ígneas (monzonito, latito, andesita e outros). As operações de lavra da mina são a céu aberto e começaram nos inícios do ano 1984. Conforme o desenvolvimento da lavra as condições do risco de instabilidade foram aparecendo ocasionadas principalmente pela orientação e distribuição das descontinuidades presentes no maciço rochoso.

O fenômeno de ruptura pelo tombamento (bloco – flexural) acontece essencialmente na parte Noroeste da mina Tintaya. Este fenômeno começou mais notavelmente durante o mês de abril de 2004, onde as deformações mais notáveis ocorreram nos pontos 4N, 5N e 6N da zona NW (figura 2), pelo que nesta zona foi feita uma escavação com a finalidade de melhorar as tensões induzidas principalmente pela carga litostática.

As propriedades mecânicas adotadas para as litologias e as descontinuidades foram inicialmente estabelecidas com base em informações disponíveis na literatura e relatórios internos da BHPBilliton Tintaya, e das deformações registradas pelas equipes de monitoramento até dezembro / 2005. Além disso, foi feito um programa de mapeamento geotécnico com a finalidade de obter as características e propriedades geomecânicas do maciço rochoso.

A utilização de análise cinemática e ensaios da rocha intacta foram realizados para a caracterização preliminar do tombamento bloco flexural na parede noroeste da Mina Tintaya, com cerca de 280 metros de altura em rochas ígneas e sedimentarias.

A avaliação deste fenômeno de ruptura é feita através de uma modelagem computacional em elementos finitos, baseada na teoria do contínuo de Cosserat. O programa utilizado foi desenvolvido na PUC-Rio.

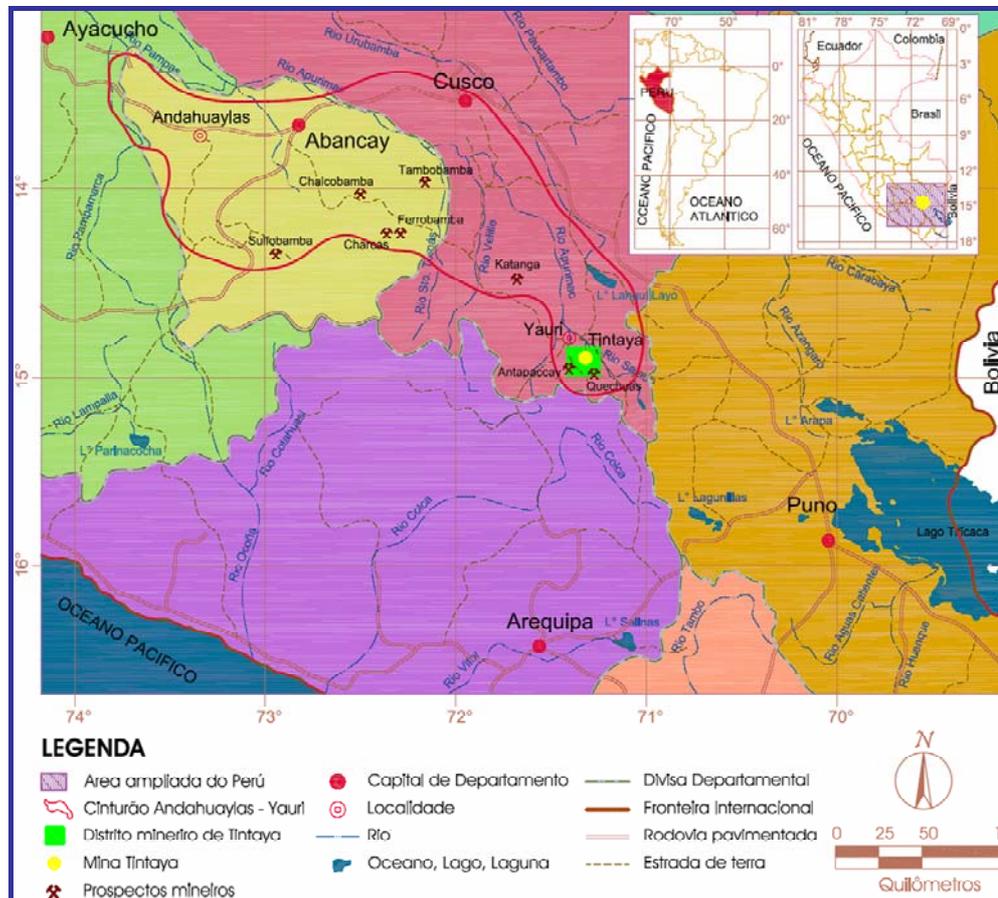


Figura 1.1. Mapa de localização do distrito mineiro de Tintaya, Maldonado (2005).

## 1.1 Objetivos e Estratégia do Trabalho de Pesquisa

Dos fatos supramencionados, com a finalidade de entender o processo de ruptura pelo tombamento bloco-flexural, objetiva-se estudar no desenvolvimento da presente pesquisa os seguintes aspectos:

Apresentar o fenômeno de ruptura bloco-flexural na mina Tintaya, já que é pouco conhecido ou estudado, na mineração de céu aberto.

Fazer a modelagem computacional deste fenômeno de ruptura com a teoria do contínuo de COSSERAT.

Avaliar a influência das tensões induzidas no maciço rochoso, relacionada ao desenvolvimento de rupturas progressiva (ruptura por tombamento).

Os resultados deste trabalho servirão de referência para futuros trabalhos a serem desenvolvidos nas demais minas que têm as semelhanças nas condições geológicas e geotécnicas. Assim, para nortear as ações mitigadoras a serem adotadas, de modo a minimizar o efeito degradador do tombamento sobre os taludes já finalizados.

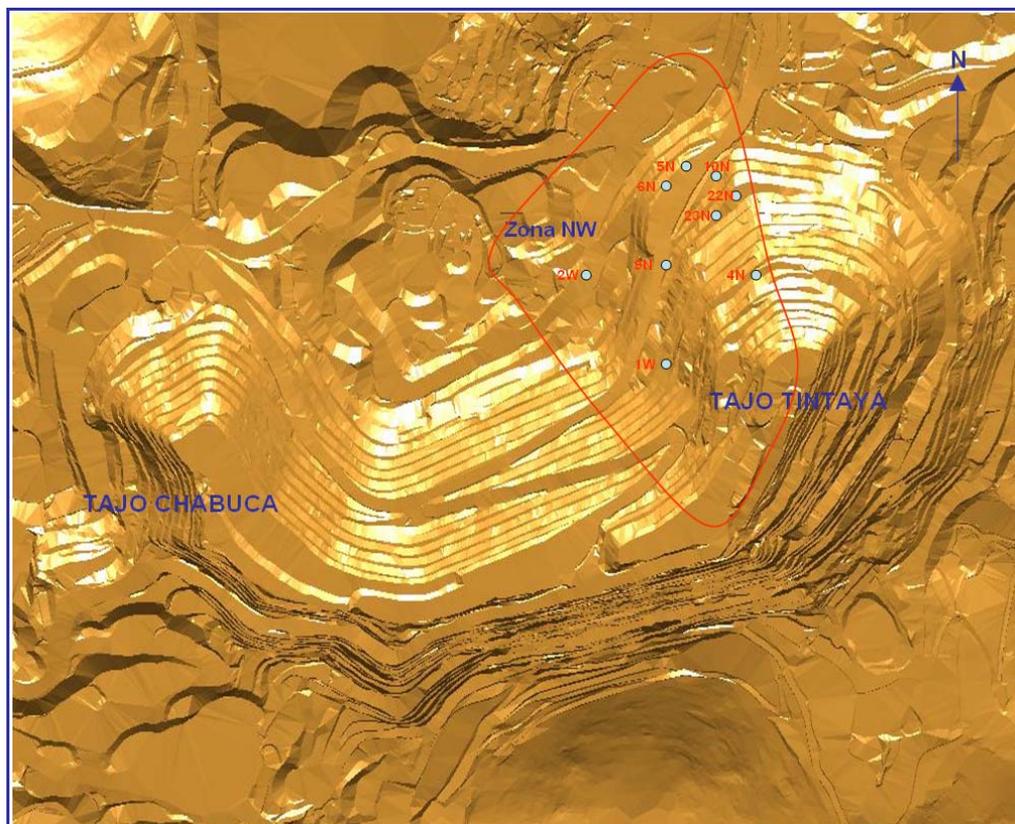


Figura 1.2. Mapa de localização dos pontos de monitoramento da zona 2 (NW) tajo Tintaya.

## 1.2. Relevância do Trabalho de Pesquisa

Tanto o fenômeno de ruptura pelo tombamento dos blocos, como a tombamento flexural têm uma grande influência na operação das minas a céu aberto de grande porte, já que vem alcançando grandes alturas de escavação maiores a 600 m, pela necessidade de obter o maior ganho econômico possível através da extração de minério (Zea,2004).

Por esta razão, se necessita de um maior entendimento deste fenômeno através dos métodos computacionais que tornam possível o desenvolvimento deste tipo de ruptura.

Assim, em linha com o objetivo central desta pesquisa, será implementado um modelo elastoplástico do contínuo de Cosserat, baseado no método dos elementos finitos para estudar a instabilidade do talude noroeste da mina Tintaya associada à extração de minério.

### **1.3 Organização da Dissertação**

Esta tese está organizada em cinco capítulos e dois apêndices para a descrição e análise do fenômeno de ruptura pelo tombamento bloco-flexural, acontecido na zona noroeste da mina Tintaya – Perú.

No Capítulo 2, breves discussões dos conceitos básicos das propriedades geomecânicas do maciço rochoso, já que é necessário o entendimento destes fenômenos que influenciam na ruptura de taludes altos de mineração a céu aberto.

No Capítulo 3, uma recopilação dos estudos analíticos, físicos e numéricos do fenômeno de tombamento em taludes de rocha, capazes de predizer a estabilidade do talude associada ao problema. Assim, como as estratégias numéricas via elementos finitos para sua solução do mesmo.

No capítulo 4, uma breve discussão sobre a implementação da modelagem numérica, com a teoria de Cosserat.

No capítulo 5, as análises de dados, fazendo simulações numéricas da zona de estudo com os resultados dos ensaios e mapeamento feitos na zona de estudo, em concordância com o avanço da escavação.

Finalmente, no capítulo 6, as conclusões gerais do trabalho.