



INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE TETE**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE - ITV**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas e Processamento Mineral**

**FERNANDO ELIAS JORGE**

**ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE TALUDES PELO MÉTODO DE  
EQUILÍBRIO LIMITE, NAS SUBSECÇÕES 1 E 2 DA SECÇÃO 2A DA MINA DE  
CARVÃO DE MOATIZE**

**Tete**  
**2019**

**FERNANDO ELIAS JORGE**

**ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE TALUDES PELO MÉTODO DE  
EQUILÍBRIO LIMITE, NAS SUBSECÇÕES 1 E 2 DA SECÇÃO 2A DA MINA DE  
CARVÃO DE MOATIZE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas e Processamento Mineral do Instituto Superior Politécnico de Tete e do Instituto Tecnológico Vale, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mineral.

Área de Concentração: Lavra de Minas

Orientador: Prof. Vidal Félix Navarro Torres  
Coorientador: Prof. Juan Manuel Girao Sotomayor

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

J82a

Jorge, Fernando Elias

Análise de estabilidade de taludes pelo método de equilíbrio limite, nas subsecções 1 e 2 da secção 2A da mina de carvão de Moatize/ Fernando Elias Jorge - Ouro Preto, ITV, 2019.

73 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Instituto Tecnológico Vale, 2019.

Orientador: Vidal Félix Navarro Torres, Dr.

Coorientador: Juan Manuel Girao Sotomayor, Prof.

1. Estabilidade de Taludes. 2. Fator de Segurança. 3. Otimização da Cava. I. Torres, Vidal Félix Navarro. II. Sotomayor, Juan Manuel Girao. III. Título.

CDD. 23. ed. 624.15

Bibliotecária responsável: Nisa Gonçalves – CRB 2 - 525



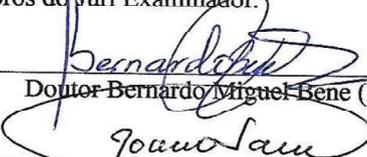
INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE

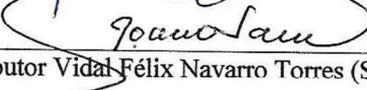


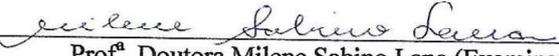
Mestrado Profissional em Engenharia de Minas e de Processamento Mineral  
Convênio Instituto Superior Politécnico de Tete e Instituto Tecnológico Vale

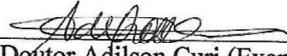
### ACTA DA SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE MINAS

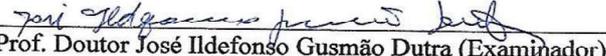
Aos oito dias do mês de maio do ano de dois mil e dezanove, realizou-se às dez horas, no Auditório do Instituto Superior Politécnico de Tete, a sessão de defesa de dissertação do candidato ao grau de Mestre em Engenharia de Minas, Fernando Elias Jorge intitulada "Análise de estabilidade de taludes pelo método de equilíbrio limite aplicado a campos de tensões". O Júri Examinador foi constituído pelos Professores, Vidal Félix Navarro Torres do Instituto Tecnológico Vale, Milene Sabino Lana da Universidade Federal de Ouro Preto, Adilson Curi da Universidade Federal de Minas Gerais e José Ildefonso Gusmão Dutra da Universidade Federal de Minas Gerais. De acordo com o Regulamento do Curso de Mestrado, o Presidente do Júri Examinador, Bernardo Miguel Bene, do Instituto Superior Politécnico de Tete, abriu a sessão, passando a palavra ao candidato, que fez a exposição do seu trabalho. Em seguida, foi realizada a sessão de perguntas pelos examinadores acima citados, com a respectiva defesa do candidato. Finalizada a sessão, o Júri Examinador se reuniu, sem a presença do candidato, tendo deliberado pela sua:  Aprovação;  Aprovação, sugerindo a incorporação das observações dos examinadores;  Aprovação, condicionada ao cumprimento das exigências dos examinadores;  Reprovação. Considerando o prazo máximo de seis meses, a data limite para entrega da versão final será aos oito dias do mês de novembro do ano de dois mil e dezanove. Nada mais havendo para constar, lavrou-se a presente acta, que segue assinada pelos membros do Júri Examinador.

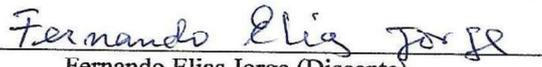
  
Doutor Bernardo Miguel Bene (Presidente)

  
Prof. Doutor Vidal Félix Navarro Torres (Supervisor Substituto)

  
Prof.<sup>a</sup> Doutora Milene Sabino Lana (Examinadora)

  
Prof. Doutor Adilson Curi (Examinador)

  
Prof. Doutor José Ildefonso Gusmão Dutra (Examinador)

  
Fernando Elias Jorge (Discente)

O presente trabalho de dissertação é dedicado aos Pais, Irmãos, esposa e filhas.

Esta dedicação é homenagem justa e merecedora pelo facto de terem sido a fonte da vida (os pais), para a esposa por ser uma verdadeira companheira em todos momentos da vida e as a filhas por constituírem a minha eterna herança vinda de Soberano Deus.

## AGRADECIMENTOS

Tenho a agradecer primeiro a Deus o doador da vida, meus pais, Sr. Elias Jorge e Sra. Luísa Paizone pelo carinho.

Aos Professores da turma de mestrado em Lavra de Minas que ministraram as aulas, em especial aos Professores Vidal Torres (Supervisor da turma de Lavra),

Professor Juan Manuel (Orientador), que mesmo atarefado não mediu esforço em prol da melhoria do presente trabalho no que concerne ao aprimoramento dos programas computacionais (*AutoCad Civil* e o *Slide 2D*).

Os agradecimentos são extensivos os colegas da turma que estiveram comigo durante as aulas.

Ao Instituto Tecnológico Vale (ITV) e o Instituto Superior Politécnico de Tete (ISPT) vai o meu apreço e por fim a todos que contribuíram directa ou indirectamente, para a realização deste trabalho.

*"A mente que se abre a uma nova ideia  
jamais voltará a seu tamanho original".*

*Albert Einstein*

## RESUMO

A presente dissertação com o tema: Análise de estabilidade de taludes pelo Método de Equilíbrio Limite, nas Subsecções 1 e 2 da Secção 2A da Mina de carvão de Moatize tem como objetivo principal determinar os valores de factor de segurança para vários ângulos de taludes nas subsecções 1 e 2 da cava 2A com intuito de escolher o que apresenta o FS crítico e ideal numa perspectiva de otimização da cava. Os parâmetros geotécnicos (coesão, ângulo de atrito, método de Bishop e critério de Mohr-Coulomb) foram aplicados. Para a projeção destes taludes recorreu-se ao Autocad civil 2018, e posteriormente importados para o Programa Slide 2D para o seu processamento. Para a subsecção 1 o ângulo crítico foi de 74° (FS=1.004) e o ideal de 56° com fatores de segurança de 1.004 e 1.293, respetivamente. Para a subsecção 2 o crítico foi de 62° (FS=0,989) e o ideal de 40° (FS=1.236). Na subsecção 1 perde-se na escavação do material aproximadamente 7.9 % do volume a ser explorado por metro linear entre talude crítico (FS=1.0) e o ideal (FS=1.3). Na subsecção 2 a perda na escavação do material situou-se em 7.7 % do volume a ser explorado por metro linear entre mesmos taludes, crítico e o ideal.

**Palavras-chave:** Estabilidade de taludes. Fator de segurança. Otimização da Cava.

## ABSTRACT

This dissertation with the theme: Slope stability analysis by the Limit Equilibrium Method, in Subsections 1 and 2 of Section 2A of the Moatize coal mine has as main objective to determine the safety factor values for various slope angles in the subsections 1 and 2 of pit 2A in order to choose what presents the FS close to the Limit Balance in a perspective of pit optimization. The geotechnical parameters (cohesion, friction angle, Bishop method and Mohr-Coulomb criteria) were applied. For the projection of these slopes, Autocad civil 2018 was used, and later imported into the Slide 2D Program for processing. For subsection 1 the critical angle was  $74^\circ$  and the ideal  $56^\circ$  with safety factors of 1,004 and 1,293, respectively. For subsection 2 the critical was  $62^\circ$  (FS = 0.989) and the ideal was  $40^\circ$  1,236. In subsection 1, approximately 7.9% of the volume to be explored per linear meter is lost in the excavation of the material between critical slope (FS = 1.0) and the ideal (FS = 1.3). In subsection 2 the loss in the excavation of the material was 7.7% of the volume to be explored per linear meter between the same slopes, critical and ideal.

**Keywords:** Slope stability. Safety factor. Pit optimization.