



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

**FABIÃO SOZINHO BZÍNGUÈ**

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE TALUDES EM LAVRA DE CARVÃO PELO  
MÉTODO *STRIP MINING***

**TETE  
2020**

FABIÃO SOZINHO BZÍNGUÈ

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE TALUDES EM LAVRA DE CARVÃO PELO  
MÉTODO *STRIP MINING***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas e Beneficiamento Mineral do Instituto Superior Politécnico de Tete e do Instituto Tecnológico Vale como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Engenharia Mineral.

Orientador: Prof. Dr. Vidal Félix Navarro Torres

TETE  
2020

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

B999a

Bzínguè, Fabião Sozinho

Avaliação da estabilidade de taludes em lavra de carvão pelo método Strip mining/ Fabião Sozinho Bzínguè - Ouro Preto, ITV, 2020.

128 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Instituto Tecnológico Vale, 2020.

Orientador: Vidal Felix Navarro Torres, Dr.

1. Estabilidade de Talude. 2. Ângulo de Talude. 3. Fator de Segurança.  
I. Torres, Vidal Félix Navarro . II. Título.

CDD. 23. ed. 624.15136

Bibliotecária responsável: Nisa Gonçalves – CRB 2 - 525



INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE



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

**ACTA DA SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO**  
**PROFISSIONAL EM ENGENHARIA MINERAL**

Aos trinta dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte, realizou-se às catorze horas, via videoconferência, a sessão de defesa de dissertação do candidato ao grau de Mestre em Engenharia Mineral, Fabião Sozinho Bzinguê intitulada “Avaliação da Estabilidade de Taludes em Lavra de Carvão pelo Método *Strip Mining*”. O Júri Examinador foi constituído pelos Professores, Vidal Félix Navarro Torres do Instituto Tecnológico Vale Mineração, Milene Sabino Lana da Universidade Federal de Ouro Preto, Juan Manuel Giroa Sotomayor do Instituto Tecnológico Vale Mineração e José Ildelfonso 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; (X) 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 trinta dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte. 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)

\_\_\_\_\_  
Profª. Doutora Milene Sabino Lana (Examinadora)

\_\_\_\_\_  
Prof. Doutor Juan Manuel Giroa Sotomayor (Examinador)

\_\_\_\_\_  
Prof. Doutor José Ildelfonso Gusmão Dutra (Examinador)

\_\_\_\_\_  
Fabião Sozinho Bzinguê (Discente)

Os Signatários declaram e concordam que a assinatura será efetuada em formato eletrônico. Os Signatários reconhecem a veracidade, autenticidade, integridade, validade e eficácia deste Documento e seus termos, nos termos do art. 219 do Código Civil, em formato eletrônico e/ou assinado pelas Partes por meio de certificados eletrônicos, ainda que sejam certificados eletrônicos não emitidos pela ICP-Brasil, nos termos do art. 10, § 2º, da Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001 (“MP nº 2.200-2”).

Este documento foi assinado eletronicamente por Fabião Sozinho Bzinguê, bernardo Miguel Bene, Vidal Félix Navarro Torres, José Ildelfonso Gusmão Dutra, Juan Manuel Giroa Sotomayor e Milene Sabino Lana. Para verificar as assinaturas vá ao site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código 821B-AB47-E267-63E3. This document has been electronically signed by Fabião Sozinho Bzinguê, bernardo Miguel Bene, Vidal Félix Navarro Torres, José Ildelfonso Gusmão Dutra, Juan Manuel Giroa Sotomayor e Milene Sabino Lana. To verify the signatures, go to the site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code 821B-AB47-E267-63E3.





## PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/821B-ABA7-E267-63E3> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/821B-ABA7-E267-63E3> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: 821B-ABA7-E267-63E3



### Hash do Documento

6DF581CC7FB3E568095D56EA49E91EB58E7929C2631FF79B65FF5C99087670CF

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 29/09/2020 é(são) :

- Nome no certificado:** Fabião Sozinho Bzinguê em 29/09/2020 07:02 UTC-03:00  
**Tipo:** Assinatura Eletrônica  
**Identificação:** Por email: [fabiaobzingue@gmail.com](mailto:fabiaobzingue@gmail.com)

### Evidências

**Client Timestamp** Tue Sep 29 2020 12:01:50 GMT+0100 (Hora padrão da África Ocidental)

**Geolocation** Latitude: -19.8148096 Longitude: 34.8520448 Accuracy: 454207

**IP** 197.218.84.248

#### Hash Evidências:

1E5F43C2891E61EA9D69328FBDCCDCB661AE811A286AA0A234B946B00036C53BA

- Nome no certificado:** bernado Miguel Beneem 15/09/2020 13:43 UTC-03:00  
**Tipo:** Assinatura Eletrônica  
**Identificação:** Por email: [bbene@ispt.ac.mz](mailto:bbene@ispt.ac.mz)

### Evidências

**Client Timestamp** Tue Sep 15 2020 18:43:19 GMT+0200 (Hora da África Central)

**Geolocation** Latitude: -16.1126718 Longitude: 33.6558632 Accuracy: 2799.9990234375

**IP** 197.218.82.165

#### Hash Evidências:

F790C0FA58BAD1E2D6B80E1C4AAFF06147C8F67A29A509FEC6F3C6D07D32E290

- Vidal Félix Navarro Torres - 275.950.565-00 em 31/08/2020 11:01 UTC-03:00

**Tipo:** Assinatura Eletrônica

**Identificação:** Por email: vidal.torres@itv.org

#### Evidências

**Client Timestamp** Mon Aug 31 2020 11:01:06 GMT-0300 (Hora oficial do Brasil)

**Geolocation** Latitude: 38.670095 Longitude: -9.16543 Accuracy: 114

**IP** 85.138.150.182

**Hash Evidências:**

EC4D7845F42C37000C535B5EA2871D53DD59342459A7D563EAC3070E73D6A867

**Nome no certificado:** José Ildelfonso Gusmão Dutraem 31/08/2020 00:02 UTC-03:00

**Tipo:** Assinatura Eletrônica

**Identificação:** Por email: jidutra53@gmail.com

#### Evidências

**Client Timestamp** Mon Aug 31 2020 00:02:22 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

**Geolocation** Latitude: -19.8993 Longitude: -43.957 Accuracy: 0

**IP** 191.185.52.221

**Hash Evidências:**

4C3543B3F3AC948C322DEAA6D411D1366F1ACF9A47C9DAC8419C70B0C3CBB9B5

**Nome no certificado:** Juan Manuel Girao Sotomayorem 27/08/2020 14:56 UTC-03:00

**Tipo:** Assinatura Eletrônica

**Identificação:** Por email: juan.sotomayor@itv.org

#### Evidências

**Client Timestamp** Thu Aug 27 2020 14:55:50 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

**Geolocation** Latitude: -19.9430485 Longitude: -43.9331313 Accuracy: 29

**IP** 201.17.159.101

**Hash Evidências:**

EBBA7BC705200544C09DD394B700FDF3895E3F7E3008C1B6E46FC773D3FBEF03

**Nome no certificado:** Milene Sabino Lanaem 27/08/2020 14:14 UTC-03:00

**Tipo:** Assinatura Eletrônica

**Identificação:** Por email: milene@ufop.edu.br

#### Evidências

**Client Timestamp** Thu Aug 27 2020 14:10:58 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

**Geolocation** Latitude: -20.4057606 Longitude: -43.511784999999996 Accuracy: 102

**IP** 138.255.25.112

**Hash Evidências:**

6D4E85644E48E27C48373736A5E486875CC32F1D0ECD106806E876F41D8A8612





Dedico este trabalho à minha família, aos meus colegas e amigos pela força que me deram, e pelo encorajamento para a elaboração deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter me dado força e coragem para desafiar este curso e também ter colocado pessoas que quando pensasse em desistir estivessem ao lado para animar.

Os meus agradecimentos vão de seguida aos meus orientadores Prof. Dr. Vidal Torres e Karla Baêta e Souza, ao Dr Gian Garcia e a Maria Clara, que me transmitiram os passos fundamentais para elaboração deste trabalho, pela paciência e ideias sábias que ajudaram a tornar numa realidade a minha dissertação.

Os meus agradecimentos são extensivos aos meus docentes do mestrado, e a eles também o meu reconhecimento e gratidão pela paciência ao longo do tempo que durou o curso.

Finalmente agradeço a todos os que direta ou indiretamente deram confiança necessária para realização deste trabalho.

*“A educação é o grande motor do desenvolvimento pessoal. É através dela que a filha do camponês se torna médica, que o filho do mineiro pode chegar a chefe de mina, que um filho de trabalhador rural pode chegar a presidente de uma grande nação.”*

***Nelson Mandela***

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Secção esquemática da bacia de carvão de Moatize-Minjova .....	29
<b>Figura 2:</b> Representação esquemática do ângulo de face do banco (BFA) e ângulo entre rampas (IRA) e ângulo geral de talude (OSA) .....	30
<b>Figura 3:</b> Talude Natural .....	31
<b>Figura 4:</b> Talude de Aterro .....	32
<b>Figura 5:</b> Talude de Escavação .....	32
<b>Figura 6:</b> Envoltório de ruptura bilinear para superfícies múltiplas .....	39
<b>Figura 7:</b> Representação de talude .....	41
<b>Figura 8:</b> Tensões e resistências mobilizadas na superfície de ruptura .....	43
<b>Figura 9:</b> Principais tipos de ruptura com os respectivos estereogramas representativos .....	47
<b>Figura 10:</b> Processo de um projeto de taludes de mina a céu aberto .....	48
<b>Figura 11:</b> Esquema típico de análises determinísticas com extensões probabilísticas .....	56
<b>Figura 12:</b> Curvas de distribuição de probabilidade do FS e curva de Gauss .....	62
<b>Figura 13:</b> Probabilidade de ruptura x Índice de confiabilidade .....	63
<b>Figura 14:</b> Probabilidades de ruptura admissíveis .....	64
<b>Figura 15:</b> Probabilidades de ruptura .....	66
<b>Figura 16:</b> Mapa de localização da mina de Moatize .....	67
<b>Figura 17:</b> Área de Moatize .....	68
<b>Figura 18:</b> Sequência das camadas de carvão de Moatize .....	69
<b>Figura 19:</b> Índice médio de resistência ao cisalhamento da litologia da secção 4 .....	72
<b>Figura 20:</b> Comparação do índice de resistência das secções 1, 2A e 4 .....	73
<b>Figura 21:</b> Testes axial e diametral para determinar grau de resistência anisotrópica na Secção 4 .....	76
<b>Figura 22:</b> Envoltório de resistência da rocha intacta segundo Hoek-Brown – Arenito .....	77
<b>Figura 23:</b> Envoltório de resistência da rocha intacta segundo Hoek-Brown – Siltito .....	78
<b>Figura 24:</b> Resistência da rocha intacta segundo Hoek-Brown – Carvão .....	79
<b>Figura 25:</b> Talude 3 da secção 4 da Mina Moatize .....	96
<b>Figura 26:</b> Factor de Segurança determinístico e Fatias (Slices) .....	97
<b>Figura 27:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	98
<b>Figura 28:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	99
<b>Figura 29:</b> Factor de Segurança determinístico e Fatias (Slices) .....	100
<b>Figura 30:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	100
<b>Figura 31:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	101

<b>Figura 32:</b> Factor de Segurança determinístico e Fatias (Slices) .....	102
<b>Figura 33:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	102
<b>Figura 34:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	103
<b>Figura 35:</b> Factor de Segurança determinístico e Fatias (Slices) .....	104
<b>Figura 36:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	104
<b>Figura 37:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	105
<b>Figura 38:</b> Factor de Segurança determinístico e Fatias(Slices) .....	106
<b>Figura 39:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	106
<b>Figura 40:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	107
<b>Figura 41:</b> Factor de Segurança determinístico FS e Fatias (Slices) .....	108
<b>Figura 42:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	108
<b>Figura 43:</b> Gráfico de um Query/ superfície deslizante .....	109
<b>Figura 44:</b> Superfícies de deslizamento mínimo, passando pela camada fraca. ....	110
<b>Figura 45:</b> Resultados de Análise Probabilística .....	110
<b>Figura 46:</b> Histograma de distribuição do Factor de Segurança e frequência relativa de amostras.....	111
<b>Figura 47:</b> Histograma Factor de Segurança e frequência de amostras geradas, Método Spencer. ....	111
<b>Figura 48::</b> Histograma da frequência de amostras Vs força de coesão de Carvão.....	112
<b>Figura 49:</b> Histograma de distribuição da força de Coesão de Siltito. ....	112
<b>Figura 50:</b> Histograma de distribuição da força de Coesão do Arenito.....	113
<b>Figura 51:</b> Histograma de Frequência Relativa e o ângulo de atrito do carvão. ....	113
<b>Figura 52:</b> Histograma da frequência relativa do ângulo de atrito de Arenito.....	114
<b>Figura 53:</b> Histograma de distribuição da Frequência Relativa de amostras e, ângulo de atrito de Siltito. ....	114
<b>Figura 54:</b> Sensibilidade de Factor de Segurança Vs Coesão, em Arenito, Siltito e Carvão	115
<b>Figura 55:</b> Sensibilidade de ângulo de atrito de Arenito, Siltito e Carvão .....	115
<b>Figura 56:</b> Sensibilidade do Factor de Segurança Vs Peso específico de Carvão, Arenito e Siltito.....	116
<b>Figura 57:</b> Distribuição Cumulativa da Probabilidade de Falha Vs FS , Método Spencer..	116
<b>Figura 58:</b> Distribuição Cumulativa da Probabilidade de Falha Vs FS , Método GLE-Morgenstern- price.....	117
<b>Figura 59:</b> Probabilidade de Falha Cumulativa Vs Coesão de Carvão .....	117
<b>Figura 60:</b> Probabilidade de Falha Cumulativa Vs Coesão de Siltito.....	118
<b>Figura 61:</b> Probabilidade de Falha Cumulativa Vs Coesão de Arenito .....	118

<b>Figura 62:</b> Gráfico de dispersão (Scatter Plot) de Factor de Segurança Vs ângulo de atrito , Carvão .....	119
<b>Figura 63:</b> Gráfico de dispersão (Scatter Plot) de Factor de Segurança Vs Coesão de Silito .....	119
<b>Figura 64:</b> Gráfico de dispersão (Scatter Plot) de Factor de Segurança Vs Coesão de Carvão , Método GLE/Morgenstern-Price .....	120
<b>Figura 65:</b> Gráfico de dispersão (Scatter Plot) de Factor de Segurança Vs Coesão de Arenito .....	120
<b>Figura 66:</b> Correlação de Factores de Segurança Vs número de amostras. ....	121
<b>Figura 67:</b> Correlação de FS( médio) Vs número de amostras, Método GLE/Morgenstern-Price. ....	121
<b>Figura 68:</b> Probabilidade de Falha Vs número de amostras, Método GLE/Morgenstern-Price. ....	122
<b>Figura 69:</b> Resultados da análise probabilística do Talude Geral .....	123
<b>Figura 70:</b> Resultados da analise das superfícies critica probabilística e critica deterministica. ....	124

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> -Tipos de problemas comuns relacionados a taludes artificiais e naturais .....	33
<b>Tabela 2</b> - Configuração de bancada recomendada e ângulo entre rampas.....	34
<b>Tabela 3</b> - Alturas gerais recomendadas e ângulos de inclinação .....	35
<b>Tabela 4</b> - Causas principais para a Instabilidade de taludes .....	42
<b>Tabela 5</b> - Factores deflagradores de movimentos de massa .....	44
<b>Tabela 6</b> - Condições de estabilidade e respetivos fatores de segurança de taludes.....	49
<b>Tabela 7</b> - Características dos métodos de equilíbrio limite.....	50
<b>Tabela 8</b> - Vantagens da análise probabilística para estabilidade de taludes .....	57
<b>Tabela 9</b> - Índice de confiabilidade e Probabilidade de ruptura – Dell’Avanzi e Sayão .....	64
<b>Tabela 10</b> - Valores típicos de critério de aceitação de FS e PR .....	65
<b>Tabela 11</b> - Orientações de factor de segurança e Probabilidade de falha .....	65
<b>Tabela 12</b> - Resumo do sector 1 e secção 4   Principais conjuntos de juntas .....	70
<b>Tabela 13</b> - Tabela de distribuição estatística do índice de resistência ao cisalhamento da secção 4.....	71
<b>Tabela 14</b> - Distribuição estatística do índice de resistência geológica da secção 4 .....	73
<b>Tabela 15</b> - Número de testes de resistência das secções 1, 2A e 4.....	74
<b>Tabela 16</b> - Testes axial e diametral para determinar grau de resistência anisotrópica na Secção 4 .....	75
<b>Tabela 17</b> - Envoltório de resistência à rocha intactos Hoek-Brown - Secção 4.....	76
<b>Tabela 18</b> - Resistência da rocha intacta segundo Hoek-Brown - Carvão .....	78
<b>Tabela 19</b> - Parâmetros de resistência Hoek-Brown propostos para a secção 4.....	80
<b>Tabela 20</b> - Estimativa da resistência ao cisalhamento ao longo de discontinuidades típicas	82
<b>Tabela 21</b> - Parâmetro de resistência ao cisalhamento de Mohr-Coulomb para estabilidade de taludes. ....	83
<b>Tabela 22</b> - Parâmetro de resistência ao cisalhamento de Mohr-Coulomb para estabilidade de taludes .....	83
<b>Tabela 23</b> - GSI de projecto proposto para a Secção 4, Campo sem falha e com falha .....	84
<b>Tabela 24</b> - Parâmetros de projecto do MEF - Secção 4.....	85
<b>Tabela 25</b> - Critério de aceitação da configuração de talude CSIRO (2009).....	87
<b>Tabela 26</b> - Configuração da bancada usada para avaliação geral de talude.....	88
<b>Tabela 27</b> - Ângulo geral de talude recomendado, altura de talude e condição do campo .....	89
<b>Tabela 28</b> - Riscos identificados na secção 4 .....	90
<b>Tabela 29</b> - Tabela de coordenadas de pontos dos talude .....	96

<b>Tabela 30:</b> Os tipos litológicos são: arenito, siltito, carvão. ....	97
--	----



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>ABGE</b>	Associação Brasileira de Geologia e Engenharia
<b>BNL</b>	Bananeira Lower
<b>BNU</b>	Bananeira Upper
<b>FS</b>	Factor de Segurança
<b>FM</b>	<i>First Moment</i>
<b>FM-1</b>	Primeira ordem de aproximação
<b>FM-2</b>	Segunda ordem de aproximação
<b>FM-3</b>	Terceira ordem de aproximação
<b>GSI</b>	<i>Geological Strength index</i>
<b>GLE</b>	Método do Equilíbrio-Limite Geral (Generalized Limit Equilibrium)
<b>H-B</b>	Critério de falha de Hoek-Brown
<b>H</b>	Altura do talude
<b>IRA</b>	<i>Inter-ramp angle</i>
<b>ISPT</b>	Instituto Superior Politécnico de Tete
<b>ITV</b>	Instituto Tecnológico Vale
<b>JRC</b>	Coefficiente de rugosidade de junta
<b>JCS</b>	Resistência à compressão da rocha na superfície de fractura
<b>Km</b>	Kilómetro
<b>LC</b>	<i>Lower Chipanga</i>
<b>m</b>	Metro
<b>MEF</b>	Método dos Elementos Finitos
<b>MC</b>	<i>Medium Chipanga</i>
<b>Mpa</b>	Megapascais
<b>NW</b>	Noroeste
<b>NE</b>	Nordeste
<b>NNW</b>	Norte Nordeste

<b>NNE</b>	Norte Noroeste
<b>PF</b>	Probabilidade de Falha
<b>PLT</b>	<i>Pontual Load Test</i> (Teste de Carga Pontual)
<b>SW</b>	Sudoeste
<b>SE</b>	Sueste
<b>SP</b>	Sousa Pinto
<b>SRF</b>	<i>Strength Reduction Factor</i>
<b>SSE</b>	Sul Suldeste
<b>SSW</b>	Sul Suldoeste
<b>TM</b>	Terceiro momento
<b>Tg</b>	Tangente
<b>UC</b>	Upper Chipanga;
<b>UCS</b>	Forças Compressivas Uniaxiais Equivalentes

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>2n</b>	Número de variáveis Método das estimativas pontuais ou Rosenblueth
<b>n</b>	Número de parâmetros envolvidos
<b>n+1</b>	Número de análises determinísticas
<b>2n+1</b>	Condição de análises por aproximação pelo método de Mostyne Li
<b><math>\sigma_n</math></b>	Carga normal
<b>c'</b>	Coesão efectiva
<b>V</b>	Wedge volume (m <sup>3</sup> )
<b>Kn</b>	Rigidez normal"
<b>Ks</b>	Rigidez transversal
<b><math>\alpha</math></b>	Ângulo de inclinação do talude
<b>f<sub>o</sub></b>	Factor empírico
<b>f(<math>\bar{x}</math>)</b>	Valor médio do FS
<b><math>\tau</math></b>	Cisalhamento
<b>Ja</b>	Alteração de juntas
<b>Jr</b>	Rugosidade
<b>Vj</b>	Tensão de cisalhamento
<b>W</b>	Coordenadas dos pontos no polígono
<b>mi</b>	Media da rocha in-situ
<b><math>\tau_{mob}</math></b>	Tensão mobilizadora
<b>p<math>\tau</math></b>	Cisalhamento pico
<b><math>\mu</math></b>	Coefficiente de fricção
<b><math>\emptyset</math></b>	Resistência ao cisalhamento
<b>J1</b>	<i>Joint and joint set</i>
<b>tan</b>	Tangente

<b>R3</b>	Grau de Resistência da Rocha
<i>Slide</i> 5.0	Programa informático, versão 5.0
$\bar{S}$	Média da capacidade solicitante
$\sigma$	Desvio Padrão
$\sigma_R$	Desvio padrão da capacidade resistente
$\beta$	Índice de confiabilidade
◦	Grau
$i$	Valor médio do parâmetro.
$X_i$	Variável aleatória independente
$\delta FS$	Variação do factor de segurança
$\delta x_i$	Variação do parâmetro $x_i$
$\bar{x}_i$	Média da variável independente
$\sum_{i=1}^{2^n} FS_i$	Somatório do factor de segurança
$\sum_{i=1}^{2^n} FS_i^2$	Somatório da variância do factor de segurança
$P_r$	Probabilidade de ruptura
$\Phi(\beta)$	Curva normal padronizada
$\int_{-\infty}^1$	Integral de menos infinito a + 1

## RESUMO

O presente estudo apresenta a avaliação da estabilidade de taludes em lavra de carvão pelo método *strip mining* com aplicação para a jazida de carvão, na zona carbonífera de Tete. A estabilidade de taludes foi avaliada usando as variáveis coesão, ângulo de atrito, peso específico, desvio padrão, valores médios, mínimos e máximos como dados de entrada para determinar o factor de segurança (FS), probabilidade de falha (PF) com o auxílio do Software geotécnico, baseado nos métodos de *Morgenstern & Price* e *Spencer*; foi adotado o critério de ruptura *Mohr-Coulomb* em litologias de arenito, siltito e carvão. Foram feitas seis simulações do talude 3 na secção 4, variando a altura e o ângulo, com o objectivo de observar o comportamento do FS mínimo nas superfícies de deslizamento das camadas litológicas estudadas. Assim, todos os resultados obtidos estão acima de 1, e a probabilidade de falha, nas superfícies críticas determinísticas e probabilísticas, é de 0.00%. Portanto, satisfazem as condições de estabilidade de talude conforme estabelecido pelo Critério de aceitação da configuração de talude (CSIRO, 2009).

**Palavras-chave:** Estabilidade de talude. Ângulo de talude. Factor de Segurança.

## **ABSTRACT**

The present study presents the evaluation of the stability of embankments in coal mining by the strip mining method with application for the coal deposit, in the coal zone of Tete. Slope stability was assessed using the variables cohesion, friction angle, specific weight, standard deviation, average, minimum and maximum values as input data to determine the safety factor (FS), failure probability (PF) with the aid Geotechnical Software, based on the methods of Morgenstern & Price and Spencer; the Mohr-Coulomb rupture criterion was adopted in lithologies of Sandstone, Siltite and Coal. Six simulations of the slope 3 in section 4 were made, varying the height and angle, in order to observe the behavior of the minimum FS on the sliding surfaces of the studied lithological layers. Thus, all the results obtained are above 1, and the probability of failure, on the deterministic and probabilistic critical surfaces, is 0.00%. Therefore, they satisfy the slope stability conditions as established by the slope configuration acceptance criterion (CSIRO, 2009).

**Keywords:** Slope stability. Slope Angle. Safety Factor.