



INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE



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

ÉNIA ENOS MUCHANGA

**MAXIMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE E MINIMIZAÇÃO DE
CUSTOS NO TRANSPORTE EM LAVRA A CÉU ABERTO**

Tete/Moçambique

2019

ÉNIA ENOS MUCHANGA

**MAXIMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE E MINIMIZAÇÃO DE
CUSTOS NO TRANSPORTE EM LAVRA A CÉU ABERTO**

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 a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mineral.

Área de concentração: Lavra de Minas

Orientador: Prof. Dr. Vidal Félix Navarro
Torres

Tete/Moçambique

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M915m

Muchanga, Ênia Enos

Maximização da produtividade e minimização de custos no transporte em lavra a céu aberto/ Ênia Enos Muchanga - Ouro Preto, ITV, 2019.

76 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Instituto Tecnológico Vale, 2019.

Orientador: Vidal Felix Navarro Torres, Dr.

1. Ângulo de Inclinação. 2. Rampa. 3. Custos. 4. Transportes.
5. Produtividade. 6. Lavra de Mina I. Torres, Vidal Félix Navarro .
II. Título.

CDD. 23. ed. 622.6

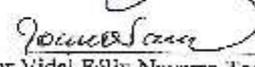


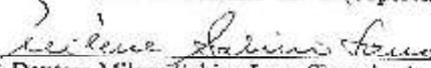
Mestrado Profissional em Engenharia de Minas e de Processamento Mineral
Convênio Instituto Superior Politécnico de Tete e Instituto Tecnológico Vale

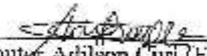
ACTA DA SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE MINAS

Aos sete 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 da candidata ao grau de Mestre em Engenharia de Minas, Énia Enós Muchanga intitulada "Maximização da produtividade e minimização de custos no transporte em lavra a céu aberto". 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. 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 a candidata, que fez a exposição do seu trabalho. Em seguida, foi realizada a sessão de perguntas pelos examinadores acima citados, com a respectiva defesa da candidata. Finalizada a sessão, o Júri Examinador se reuniu, sem a presença da candidata, 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 sete 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.

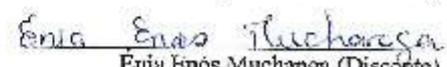

Doutor Bernardo Miguel Bene (Presidente)


Prof. Doutor Vidal Félix Navarro Torres (Supervisor)


Prof.^a Doutora Milene Sabino Lana (Examinadora)


Prof. Doutor Adilson Curi (Examinador)


Prof. Doutor José Ildelfonso Gusmão Dutra (Examinador)


Énia Enós Muchanga (Discente)

AGRADECIMENTOS

A autora agradece a todos aqueles que, directa ou indirectamente, colaboraram na preparação deste trabalho e, em particular:

Ao Professor Doutor Vidal Félix Navarro Torres por me aceitar como aluna de mestrado, pelas condições de trabalho, disponibilizando recursos tecnológicos, pela amizade, apoio e acima de tudo a orientação que em muito auxiliaram na elaboração deste trabalho;

Ao Mestre Leandro Silveira Canaan pela amizade e apoio recebido nos três meses de estadia no Instituto Tecnológico Vale na montagem dos experimentos e realização dos testes;

A Professora Dr^a. Taís Câmara por sua inestimável amizade;

Ao Instituto Superior Politécnico de Tete pela bolsa de estudos concedida;

Aos mestrandos Neves Semente Jemuca e Fernando Elias Jorge pela ajuda incondicional na culminação deste trabalho e pela amizade demonstrada ao longo destes anos;

Aos colegas do ITV que de uma ou de outra forma colaboraram para o desenvolvimento e sucesso deste trabalho, em especial aos bolsistas: Marina Alfenas Nantes e Renata Bazzarella Capelli pelo grande apoio na realização dos testes;

A todos meus familiares pelo apoio incansável e necessário nos três meses da minha ausência.

RESUMO

O presente estudo baseou-se no desenvolvimento de modelos analíticos para estimar a relação entre o ângulo de inclinação da rampa e o custo de transporte e também estimar a relação entre o ângulo de inclinação da rampa e a produtividade. Os parâmetros estudados foram a resistência ao rolamento, resistência segundo ângulo de inclinação da estrada, a resistência aerodinâmica, distância percorrida pelo caminhão, consumo de combustível, força de tração, potência e velocidade do caminhão. O objectivo do presente estudo foi desenvolver uma metodologia que permita maximizar a produtividade e minimizar os custos de transporte em minas a céu aberto. Na elaboração do modelo matemático foi usado uma ferramenta computacional desenvolvida a partir do software MiniTAB 17® e Excel, que visa a determinação do melhor ângulo óptimo de rampa na lavra a céu aberto. Para validar o modelo foi avaliado o comportamento dos caminhões 793D, 789C e 777G. Os resultados obtidos nesta pesquisa mostraram que para os três caminhões o ângulo óptimo da rampa foi de 4° e os custos de transporte variaram significativamente de 0,62\$/t; 0,58\$/t e 1,06\$/t respectivamente. Complementando este estudo, foi feita a relação entre a produtividade e o ângulo de inclinação da rampa para os caminhões 793D, 789C e 777G e foi observado que para o ângulo de inclinação da rampa de 4° a produtividade dos caminhões variou de 215,60t/h, 157,15t/h e 79,12t/h respectivamente com uma produtividade em dólares por hora variando em torno de 862,41\$/h; 628,60\$/h e 316,50\$/h respectivamente.

Palavra Chave: Ângulo de inclinação, rampa, custos, transporte, produtividade, lavra de mina.

ABSTRACT

The present study was based on the development of analytical models to estimate the relationship between the slope angle of the ramp and the transport cost and also to estimate the relationship between the coefficient of rolling resistance and productivity. The parameters studied were rolling resistance, road slope angle resistance, aerodynamic resistance, distance traveled by the truck, fuel consumption, traction force, truck power and speed. The objective of the present study was to develop a methodology to maximize productivity and minimize transport costs in open-pit mines. In the elaboration of the mathematical model, a computational tool developed from the software MiniTAB 17® and Excel was used, which aims to determine the optimum degree of ramp in open pit mining. In order to generate the model it was necessary to evaluate the behavior of the 793D, 789C and 777G trucks. The results obtained in this research showed that for the three trucks the optimal grade of the ramp was 4 ° and the transportation costs varied significantly from 0,62 \$ / t; \$ 0.58 / t and \$ 1.06 / t respectively. Complementing this study, the relationship between the productivity and the slope angle of the ramp for the 793D, 789C and 777G trucks was made and it was observed that for the angle of inclination of the ramp of 4 ° the productivity of the trucks varied from 215.60t / h, 157.15 t / h and 79.12 t / h respectively with a productivity in dollars per hour varying around 862.41\$/h; 628.60\$/h and 316.50\$/h respectively.

Keyword: Ramp inclination grade. Transportation costs. Productivity. Open Pit mine.