



INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE TETE  
INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE**

**Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas e Processamento Mineral**

**ARMANDO AUGUSTO MACARINGUE**

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE CRÍTICA EM PROCESSOS DE EMISSÃO DE  
POEIRA APLICADOS A MINÉRIO DE FERRO E CARVÃO**

**Tete  
Moçambique  
2018**

## **ARMANDO AUGUSTO MACARINGUE**

Determinação da umidade crítica em processos de emissão de poeira aplicados a minério de ferro e carvão

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: Processamento Mineral

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Amarante Mesquita

Coorientador: Dr. Thiago César de Souza Pinto

Tete

2018

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

M115d

Macaringue, Armando Augusto

Determinação da umidade crítica em processos de emissão de poeira aplicados a minério de ferro e carvão / Armando Augusto Macaringue - Ouro Preto, ITV, 2019.

95 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Instituto Tecnológico Vale, 2019.

Orientador: André Luiz Amarante Mesquita, Dr.

Coorientador: Thiago César de Souza Pinto, Dr.

1. Poeira. 2. Umidade Crítica. 3. Materiais Granulares. 4. Minério de Ferro. 5. Carvão. I. Mesquita, André Luiz Amarante. II. Pinto, Thiago César de Souza. III. Título.

CDD. 23. ed. 622.4

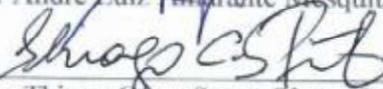
**Mestrado Profissional em Engenharia de Minas e de Processamento Mineral  
Convênio Instituto Superior Politécnico de Tete e Instituto Tecnológico Vale**

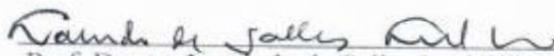
**ACTA DA SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO  
PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PROCESSAMENTO MINERAL**

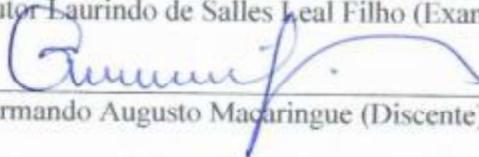
Aos vinte e nove dias do mês de janeiro do ano de dois mil e dezanove, realizou-se às dez horas, no Auditório do Instituto Superior Politécnico de Tete, a sessão de defesa de dissertação do candidato ao grau de Mestre em Engenharia de Processamento Mineral, Armando Augusto Macaringue intitulada “Avaliação de Metodologias para Identificação da Umidade Crítica de Emissão de Poeira para Minério de Ferro e Cravão”. O Júri Examinador foi constituído pelos Professores, André Luiz Amarante Mesquita da Universidade Federal do Pará, Thiago César Souza Pinto do Instituto Tecnológico Vale e Laurindo de Salles Leal Filho da Universidade de São Paulo. 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 vinte e nove dias do mês de julho 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 André Luiz Amarante Mesquita (Supervisor)

  
Prof. Doutor Thiago César Souza Pinto (Co-Supervisor)

  
Prof. Doutor Laurindo de Salles Leal Filho (Examinador)

  
Armando Augusto Macaringue (Discente)

Ao Sr. Augusto Macaringue (Torneiro mecânico de profissão), meu pai que desde a minha adolescência me inspirou nos primeiros passos de engenharia e a minha esposa Victorina Macaringue, pessoa com que amo partilhar a vida, obrigado pelo carinho, paciência e por sua capacidade de me trazer paz na correria do dia a dia.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiro a Deus, que permitiu que tudo isto acontecesse, ao longo da minha vida e não somente nestes anos de mestrado, mas que em todos momentos é o melhor e maior mestre que alguém pode ter e conhecer.

Meu agradecimento estende-se para Instituto Tecnológico Vale (ITV) por proporcionar uma oportunidade de formação acadêmica, ao meu Orientador Prof. Dr. André Luiz Amarante Mesquita, por todo acompanhamento no processo de coleta de dados e estadia no Brasil. Ao meu Coorientador Dr. Thiago Souza. Agradeço igualmente ao UFPA pela recepção e minha estadia na casa de passagem, ao Eng. Ronaldo Menezes, Arthur Fontana e demais pesquisadores do laboratório de turbo maquinas, por todo apoio dado durante período de pesquisa. Agradeço também a Vale, por me conceder a oportunidade de formação. Dedico a todos o meu muito obrigado!

*O Senhor oculta algumas coisas aos sábios,  
mas as revela aos pequeninos.*

*Jesus Cristo*

## RESUMO

A atividade de mineração é incontestavelmente necessária para o desenvolvimento das sociedades em seus mais diversos setores produtivos, tendo sido, ao longo dos anos, um dos sustentáculos dos poderes econômico e político. Entretanto, os impactos causados pela mineração, no tocante a poluição, geram conflitos sócio-ambientais nas comunidades onde as mineradoras operam. A geração de poeira durante o manuseio e transporte de minérios gera consequências indesejáveis, como a perda de produto, a contaminação do ar e seus impactos na saúde, sendo uma das causas de doenças respiratórias sendo a silicose cotada como a mais frequente. As metodologias de estudo aplicadas ao problema da geração de poeira, especificamente para a determinação da umidade crítica, que é a umidade a partir da qual os graneis ou material particulado reduzem de forma pronunciada a emissão de poeira, incluem ensaios em túnel de vento, em torre de poeira e em tubo. Este trabalho apresenta estudos para determinação da umidade crítica, a partir da contagem de partículas arrastadas no fluxo de ar, aplicados a carvão metalúrgico e térmico, bem como pellet feed de minério de ferro natural e moído. Os resultados indicaram que a magnitude da umidade crítica para cada classe de material se mostrou similar, independente do equipamento utilizado. Logo, é possível inferir que a condição industrial associada ao processo de geração de poeira, seja, no manuseio em pátio, pilhas ou em transporte por comboio gera volumes de poeira diferentes porém a magnitude da umidade crítica é constante em todas as operações.

**Palavras-chave:** Poeira. Materiais Granulares. Umidade crítica. Torre de poeira.

## **ABSTRACT**

Mining activity is undoubtedly necessary for the development of societies in their most diverse productive sectors and has been, over the years, one of the pillars of economic and political power. However, the impacts caused by mining, in terms of pollution, generate socio-environmental conflicts in the communities where mining companies operate. The generation of dust during the handling and transport of minerals generates undesirable consequences, such as loss of product, air contamination and its health impacts being one of the causes of respiratory and professional diseases in mining areas, silicosis being listed as the most frequent. The study methodologies applied to the problem of dust generation, specifically for the determination of critical moisture which is the moisture from which the granules or particulate material ceases to emit dust, include wind tunnel tests, dust tower tests and tube test (simplifying the tower).

In the mines where the operations are very close to the communities as in the case of Vale Moçambique, complaints have been registered due to the ineffectiveness of the dust control systems, causing the company to make increasingly high investments to guarantee the control of emissions of dust. Knowing the critical humidity of each particulate material will allow improvements in the design of spray and dust control systems and optimize production costs.

**Keywords:** Dust. Granular Materials. Critical Umidity. Dust tower.