

**Fernando Pinto Cunha**

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DOS PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DE VIAS DE  
TRANSPORTE DO COMPLEXO ITABIRA (MG) NA VELOCIDADE DE  
CAMINHÕES FORA DE ESTRADA MEDIANTE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA**

**Ouro Preto, MG**

**2017**

Fernando Pinto Cunha

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DOS PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DE VIAS DE  
TRANSPORTE DO COMPLEXO ITABIRA , (MG), NA VELOCIDADE DE  
CAMINHÕES FORA DE ESTRADA MEDIANTE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Tecnológico Vale, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista *lato sensu* em Lavra de Minas a Céu Aberto.

Orientador: Prof. MSc. Leandro Geraldo Canaan Silveira

Ouro Preto, MG

2017

Título: Avaliação do impacto dos parâmetros geométricos de vias de transporte do Complexo Itabira (MG) na velocidade de caminhões fora de estrada mediante estatística multivariada

PROD. TEC. ITV - **N000/2018**

Classificação: ( ) Confidencial ( ) Restrita ( ) Uso Interno ( ) Pública

Revisão  
00

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

C972a

Cunha, Fernando Pinto

Avaliação do impacto dos parâmetros geométricos de vias de transporte do complexo Itabira, MG, na velocidade de caminhões fora de estrada mediante estatística multivariada. / Fernando Pinto Cunha – Ouro Preto, MG, 2017.

87 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) -- Instituto Tecnológico Vale, 2017.

Orientador: MSc. Leandro Geraldo Canaan Silveira

1. Vias de transporte. 2. Geometria. 3. Mineração. 4. Estatística Multivariada. I. Título.

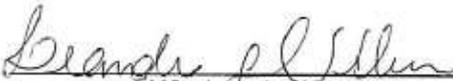
CDD 622.7

Bibliotecária responsável: Nisa Gonçalves  
CRB 2: 525

Avaliação do Impacto dos Parâmetros Geométricos de Vias de Transporte do  
Complexo Itabira no Tempo de Trajeto de Caminhões Fora de Estrada  
Mediante Estatística Multivariada

Autor: Fernando Pinto Cunha

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 07 de novembro de  
2017 pela banca examinadora constituída pelos professores:

  
\_\_\_\_\_  
MSc. Leandro Geraldo Canaan Silveira  
Orientador – Instituto Tecnológico Vale (ITV)

  
\_\_\_\_\_  
PhD. Vidal Félix Navarro Torres  
Instituto Tecnológico Vale (ITV)

  
\_\_\_\_\_  
PhD. Waldyr Lopes de Oliveira Filho  
Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram e incentivaram a continuar, em especial à minha esposa, Patrícia Bruna, e aos meus filhos, Daniel e Eduarda, pela paciência e compreensão durante minhas ausências.

## AGRADECIMENTOS

Viver os últimos dois anos foi um *mix* de situações, oportunidades, sentimentos e superações que irei carregar para o resto da vida. Conheci e convivi com pessoas que me ensinaram, compartilharam e foram importantes para o meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal.

Agradeço primeiro a Deus, que me proporcionou a oportunidade, a força e, principalmente, a persistência e a capacidade para concluir este trabalho. Sem Ele, eu nada seria.

À minha esposa, Patrícia Bruna, que abraçou esta causa como se fosse dela, apoiando-me e contribuindo com sua paciência, companheirismo e amor.

Aos meus filhos, Daniel e Eduarda, por entenderem dos seus jeitinhos que isso era importante e que papai nunca os abandonaria.

à minha mãe, Vera Lúcia, e ao meu irmão, Matheus, pelo incentivo, força e cumplicidade.

Ao professor Vidal Torres, pelo apoio, disponibilidade e paciência no decorrer deste trabalho, instruindo e conduzindo de maneira muito tranquila e eficiente.

Aos professores Paulo Lopes e, em especial, Leandro Silveira, pelos quais tive a honra de ser orientado neste trabalho, com todas suas *expertises*, flexibilidade e incentivo, proporcionando-me desenvolver a pesquisa da melhor forma possível.

À amiga e parceira Jane Ayres, com quem pude ter a oportunidade de trabalhar, trocar ideias e informações profissionais referentes a este estudo.

Aos gerentes Walmir Pereira e Marcos Cunha, que permitiram e possibilitaram que eu pudesse agregar mais essa importante experiência em minha carreira e de grande valia para a Vale.

Por fim, agradeço a todas esas pessoas que me orgulho de ter passado por suas vidas, mesmo que por um breve momento, mas que, de certa forma, contribuíram para o meu aprendizado. Obrigado!

## RESUMO

Em uma operação de lavra a céu aberto convencional, o desenvolvimento de vias de transporte é fundamental para sua viabilização; contudo, sua importância ainda é tratada de maneira discreta. A concepção das estradas mineiras é um processo que passa pela equipe de planejamento de mina, que determina com base em parâmetros prévios e estratégias organizacionais a maneira mais eficiente para atender aos objetivos da empresa, até a construção e a manutenção prática por parte da área operacional. Mesmo sendo uma atividade fundamental para a utilização de transporte rodoviário na mina, é possível observar que não existe um padrão definido quanto à metodologia a ser aplicada, principalmente no quesito geometria de mina. São vários os parâmetros que devem ser levados em consideração durante o desenvolvimento dos trechos. Porém, percebe-se que boa parte do conhecimento aplicado é empírico. Procurando identificar o impacto dos parâmetros geométricos de vias de transporte, utilizou-se a estatística multivariada para analisar e avaliar a correlação das variáveis e quais são, de fato, significativas na velocidade dos caminhões fora de estrada, afetando diretamente a produtividade das operações. Para coleta de dados, recorreu-se a informações realizadas em trechos do Complexo de Itabira da mineradora Vale S.A. Como resultado, identificou-se que o *grade* e o raio de curvatura são os parâmetros geométricos de maior relevância, sendo determinantes para a produtividade do transporte no circuito. Negligenciá-los pode afetar diretamente o custo operacional.

**Palavras-chave:** Vias de transporte. Geometria. Mineração. Estatística multivariada.

## ABSTRACT

In a conventional open pit operation, the development of mining haulage routes is fundamental to its viability, yet its importance is still treated in a discreet way. The design of the mining roads is a process that passes through the mine planning team, in which it determines through previous parameters and organizational strategies the most efficient way to meet the company's objectives, to the construction and practical maintenance by the operational area. Although it is a fundamental activity for the use of road transportation in the mine, it is possible to observe that there is no defined standard regarding methodology to be applied, especially in the area of mine geometry. There are several parameters that must be taken into account during the development of the excerpts, but it is noted that much of the applied knowledge is empirical. In order to identify the impact of geometric parameters of transport routes, the multivariate statistic was used to analyze and evaluate the correlation of the variables and which are in fact significant in off-road trucks velocity, directly affecting the productivity of the operations. For data collection, information from segments of the Itabira Complex of the mining company Vale SA were used. As a result, it was observed that grade and curve radius are the most relevant geometric parameters, being determinants of the transport productivity in the circuit, neglecting them may directly affect the operating cost.

**Keywords:** Haulage routes. Geometry. Mining. Multivariate statistics.