

Fábio Fernandes Ribeiro

**ANÁLISE MULTIVARIADA DE INDICADORES OPERACIONAIS DE MINA
APLICADA AO DIMENSIONAMENTO DE FROTA
Estudo de caso: Sistema Sul**

Ouro Preto, MG

2017

Fábio Fernandes Ribeiro

**ANÁLISE MULTIVARIADA DE INDICADORES OPERACIONAIS DE MINA
APLICADA AO DIMENSIONAMENTO DE FROTA
Estudo de caso: Sistema Sul**

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. Paulo Filipe Trindade Lopes

Ouro Preto, MG

2017

Título: Análise multivariada de indicadores operacionais de mina aplicada ao dimensionamento de frota – Estudo de caso: Sistema Sul	
PROD. TEC. ITV - N000/2018	Revisão
Classificação: () Confidencial () Restrita () Uso Interno () Pública	00

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R484a Ribeiro, Fábio Fernandes
 Análise multivariada de indicadores operacionais de mina aplicada ao dimensionamento de frota – estudo de caso: sistema sul / Fábio Fernandes -- Ribeiro Ouro Preto - MG, 2017.
 157 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (especialização) -- Instituto Tecnológico Vale (ITV), 2017.
 Orientador: Msc. Paulo Filipe Trindade Lopes.

1. Lavra de minas a céu aberto. 2. Estatística multivariada. 3. Operações de carregamento e transporte. I. Lopes, Paulo Filipe Trindade. II. Título.

CDD 622.6

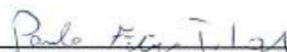
Bibliotecária Responsável: Nisa Gonçalves
 CRB 2: 525

Especialização em Lavra de Minas a Céu Aberto

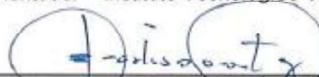
ANÁLISE MULTIVARIADA DE INDICADORES OPERACIONAIS DE MINA
APLICADA AO DIMENSIONAMENTO DE FROTA – ESTUDO DE CASO:
SISTEMA SUL

Autor: Fábio Fernandes Ribeiro

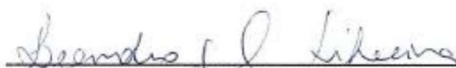
Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 26 de outubro de
2017 pela banca examinadora constituída pelos professores:



MSc. Paulo Filipe Trindade Lopes
Orientador – Instituto Tecnológico Vale (ITV)



DSc. Carlos Enrique Arroyo Ortiz
Universidade Federal De Minas Gerais (UFMG)



MSc. Leandro Geraldo Canaan Silveira
Instituto Tecnológico Vale (ITV)

A Juliana, Fábio Augusto e Felipe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Grande Arquiteto do Universo por minha vida, pela vida dos meus filhos e da minha esposa e, também, por me permitir o convívio com pessoas tão especiais como minha mãe, meus irmãos, minha sogra e meus cunhados.

Agradeço a toda a minha família, que sempre acreditou em mim, que me apoia incondicionalmente e me incentiva a sonhar e trabalhar para transformar sonhos em realidade.

À minha querida esposa Juliana, por todo amor, sinceridade, cumplicidade, companheirismo, amizade e, principalmente, pelo zelo e dedicação comigo e com os nossos filhos.

Agradeço aos meus filhos, Fabinho e Felipe, que são minha fonte diária de inspiração, comovem-me todos os dias com suas várias demonstrações de carinho, inocência e amor. Sem vocês, eu jamais seria capaz de compreender o verdadeiro sentido da vida, que é o amor.

Agradeço imensamente à Vale, que me proporcionou essa oportunidade única de desenvolvimento; especialmente aos gestores Marcelo Calixto, Leonardo Queiroz, Walmir Pereira e Marcos Cunha, que me acompanharam durante essa jornada, sempre me fornecendo todo o suporte necessário.

Agradeço, ainda, aos colegas de trabalho Bruno Gauzzi, David Souza, Marisa Rangel, Clécia Senra e Wellington Carneiro, que me apoiaram durante minha ausência e, sabiamente, contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao Instituto Tecnológico Vale, que, com muita competência e dedicação, desenvolveu e implantou esse programa de excelência do qual pude fazer parte. Agradeço pela receptividade e cordialidade de todo o quadro de colaboradores; pela qualidade da grade curricular do curso e pelo conteúdo ementário tão bem escolhido pelo coordenador do curso, professor Vidal; pelo zelo com que selecionaram e prepararam os professores e, principalmente, por acreditarem na educação e na pesquisa como ferramentas de desenvolvimento social.

Aos professores, por compartilharem conosco suas experiências, por nos fazerem ir além dos conceitos, por não apenas “transferir conhecimento, mas por criar possibilidades para sua própria produção ou a sua construção” (Paulo Freire).

Por fim, gostaria de agradecer a todos os meus colegas de classe, pelos momentos de estudo, descontração, compartilhamento de experiências e pela grande amizade formada ao longo desse programa.

RESUMO

A indústria mineral tem experimentado, nos últimos dois anos, um período de forte queda nos preços de suas principais *commodities*. A redução dos custos operacionais tem se apresentado como uma importante alternativa para manutenção da competitividade frente aos principais *players* da indústria mineral e, conseqüentemente, para a sustentabilidade do negócio. Considerando que, em Carajás, na Diretoria de Ferrosos Norte da Vale, os custos das fases carregamento e transporte correspondam a 66% do custo total de mina, saber como melhor investir e operar esses ativos pode significar a diferença entre uma operação rentável ou não. Diante de tal cenário, o presente trabalho objetiva identificar, por meio das técnicas estatísticas, os parâmetros operacionais que demonstram maior contribuição para a variabilidade do tempo fixo e da carga média, variáveis bastante representativas dos processos de carregamento e transporte. O tempo fixo é composto por tempos de fila na carga, manobra na carga, tempo de carregamento, fila na descarga e tempo de basculamento. Já a carga média representa a carga transportada pelos caminhões fora de estrada a cada viagem. Para a realização deste estudo, foram coletados, com base no sistema de despacho, os dados de todos os ciclos de carregamento e transporte válidos, realizados ao longo de 2016, em Ferrosos Sul. Esses dados foram agrupados por *match* de equipamentos, frente de carga e tipo de material. Após identificação e exclusão dos *outliers*, essas amostras foram submetidas a um extenso estudo estatístico, no qual os resultados apontaram que o controle e a estabilização de parâmetros operacionais básicos do processo de carregamento e transporte podem levar as operações a um novo patamar de eficiência, contribuindo, sobremaneira, para a redução dos custos operacionais dessas fases e, conseqüentemente, ao melhor aproveitamento dos ativos existentes.

Palavras-chave: Lavra de minas a céu aberto. Estatística multivariada. Operações de carregamento e transporte.

ABSTRACT

The mineral industry has experienced in the last two years a period of sharp drop in the prices of its main commodities. The reduction of operating costs has been presented as an important alternative to maintain the competitiveness of the main players in mineral industry and consequently to the sustainability of the business. Considering that in Carajás, in the North Ferrous Department, the costs of loading and hauling correspond to 66% of the mining total and knowing how to invest and operate these assets can mean the difference between a profitable operation or not. In this scenario, the present work has due to identifying, through statistical techniques, the operational parameters that present greater contribution to the variability of the fixed time and the payload, variables quite representative of the loading and hauling processes. Fixed time is composed of queue times in load, maneuver in load, loading time, queue in discharge and tipping time, while the payload represents the load carried by the off-road trucks at each trip. In order to carry out this study, the data of all the valid loading and hauling cycles carried out during the year of 2016 in Ferrous Department were collected from the dispatch system. These data were grouped by equipment *match*, in front of Load and by type of material. After identification and exclusion of the outliers, these samples were subjected to an extensive statistical study, where the results demonstrated that the control and stabilization of basic operational parameters of the loading and hauling process can take operations to a new level of efficiency, contributing greatly to reduction of the operational costs of these process and consequently a better use of the existing assets.

KEYWORDS: Open Pit Mining Analytics. Multivariate Statistics. Haulage and loading operations.