

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Programação Linear Aplicada a uma Indústria de Mineração

Tarcísio F. dos Santos¹

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, Araxá, MG

Aline F. Bianco²

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, Araxá, MG

1 Introdução

Este trabalho tem por objetivo aplicar um modelo de Programação Linear (P. L.) na otimização dos indicadores de um processo da indústria de mineração, buscando-se minimizar o custo operacional de uma mineradora. A utilização da P. L. dá suporte à definição de políticas e determinação de ações de forma científica para tomada de decisões, que procura determinar como melhor projetar e operar um sistema, usualmente sob condições que requerem a alocação de recursos escassos, como é o caso do minério de Fosfato no Brasil.

Atualmente o Brasil é considerado o celeiro do mundo, uma vez que poucos países apresentam as condições essenciais como terra arável, disponibilidade de água doce e clima para se tornarem grandes potências agrícolas.

Em um mundo com mais de 7 bilhões de habitantes em 2014 e com previsão de chegar a 10 bilhões em 2050, dados segundo o Departamento das Nações Unidas para Assuntos Econômicos e Sociais (Department of Economic and Social Affairs), o Brasil terá a oportunidade e a responsabilidade de prover alimentos para essa população que vive em um planeta com área agricultável correspondente a 3 % do planeta Terra.

Fertilizante é o insumo que, isoladamente, mais contribui para o crescimento, produtividade e competitividade do agronegócio brasileiro. A base nutricional dos fertilizantes é o Nitrogênio (N), Fósforo (P) e o Potássio (K). Conforme os dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) em 2014 a demanda nacional de NPK é da ordem de 32 milhões de toneladas, sendo que cerca de 75% é importado, ou seja, o Brasil está longe de ser autossuficiente na produção de nutrientes para de fertilizantes.

Os projetos para aumento da produção de nutrientes, principalmente o Fósforo (P), esbarram na viabilidade econômica, pois os custos operacionais e redução de teores nas minas tornam o produto nacional mais oneroso em relação ao importado. Assim, faz-se necessário modelamentos matemáticos precisos para tomadas de decisões confiáveis. Neste trabalho, optou-se pelo uso da Programação Linear, técnica pertencente à Pesquisa Operacional.

A Pesquisa Operacional, também conhecida como ciência e tecnologia de decisão, consiste no desenvolvimento de métodos científicos de sistemas complexos, com a finalidade de prever e comparar estratégias ou decisões alternativas [1].

¹tarcisio.santos@valefert.com

²afbiano@araxa.cefetmg.br

2 Resultados

O processo de produção utilizado neste trabalho refere-se aos Complexos Mineraiis de Araxá, Tapira e Catalão. A rocha extraída dessas minas é processada nas usinas de concentração localizadas nas mesmas unidades. O concentrado produzido é destinado para as unidades de produção de fertilizantes e para produção de ácido fosfórico na unidade de Uberaba. A produção de ácido fosfórico requer elementos básicos do concentrado fosfático com, no mínimo, 34% de P₂O₅, máximo de 3% de Contaminantes e Granulometria #325 mm de, no máximo, 20%. Os elementos básicos são provenientes de três usinas, com composições distintas, conforme especificado na tabela 1.

Tabela 1: Caracterização e custo do concentrado das usinas

Elemento	Araxá	Catalão	Tapira
P ₂ O ₅	36.0%	34.0%	33.5%
Contaminantes (Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃)	2.6%	3.0%	2,8%
Granulometria # 325 mm	10%	35%	20%
Custo R\$/t	352,00	188,00	179,00

O objetivo do modelo é utilizar a melhor mistura factível de concentrado fosfático para produção de ácido fosfórico, minimizando-se o custo da produção. Para essa aplicação, as variáveis de decisão são: x_1 , x_2 e x_3 , que representam as frações toneladas das usinas de Araxá, Catalão e Tapira, respectivamente.

O modelo do Problema de Programação Linear é dado por:

$$\begin{aligned}
 \text{Minimizar} \quad & z = 352x_1 + 188x_2 + 179x_3 \\
 \text{sujeito a} \quad & 36.0x_1 + 34.0x_2 + 33.5x_3 \geq 34.0 \\
 & 2.6x_1 + 3.0x_2 + 2.8x_3 \leq 3.0 \\
 & 10x_1 + 35x_2 + 20x_3 \leq 20 \\
 & x_1 + x_2 + x_3 = 1, \quad x_1, x_2, x_3 \geq 0 \quad (1)
 \end{aligned}$$

Os valores ótimos gerados pelo *software* LINGO [2] foram: 17,65% de x_1 , 11,76% de x_2 e 70,59% de x_3 . O valor mínimo do custo de concentrado para produção de ácido fosfórico foi de R\$210,58 reais por tonelada.

3 Conclusão

Neste trabalho, verificou-se a importância da utilização da Programação Linear como ferramenta de suporte aos gestores das mineradoras, seja do ponto de vista sustentável das jazidas quanto do retorno financeiro dos investidores. Assim, faz-se um aproveitamento otimizado do recurso para as gerações futuras, visto que é conhecido que as principais minas em operação no Brasil vêm reduzindo seus teores. Com esse cenário o desafio passa a ser produzir mais com menos.

Referências

- [1] M. Arenales, V. Armentano, R. Morabito, and H. Yanasse *Pesquisa Operacional*. Elsevier Brasil, Rio de Janeiro, 2007.
- [2] G. Lachtermacher *Pesquisa Operacional na tomada de decisões*, Pearson, São Paulo, 2009.