

estimativas e em relação às variações das quais o retorno é muito sensível) reveladas pela análise de sensibilidade.

O nível de informação disponível e a experiência da equipe avaliadora do projeto é o fator principal no ajuste das distribuições de probabilidades das variáveis estratégicas às distribuições teóricas disponíveis (uniforme, triangular, normal etc.).

Os investimentos tendem a ajustar os resultados ou os parâmetros do projeto para compensar o risco. Por exemplo, é comum exigir um retorno maior, elevar custos ou reduzir receitas com tal objetivo. Tal prática, apesar de usual, é subjetiva e arbitrária na fixação do "quanto" deve ser aumentado ou reduzido um resultado ou um parâmetro em relação às condições normais de risco.

Neste trabalho, os autores apresentam duas técnicas de análise de risco: a *técnica analítica* e a *simulação de Monte Carlo*. A primeira é limitada a projetos com poucas variáveis estratégicas, cada uma assumindo um reduzido número de valores discretos. A última, além de não ter as limitações da primeira, trabalha com variáveis contínuas.

A análise de risco é útil nos projetos marginais, projetos com incertezas além dos níveis normais, projetos de otimização de especificações e projetos de pesquisa.

Na comparação de projetos, nem sempre o de maior retorno é o de menor risco. Assim, a análise de risco é importante para selecionar o "melhor" projeto em função da preferência do investidor em relação ao risco e do tamanho do projeto em relação ao tamanho da empresa. — (1 de dezembro de 1995).

\*Doutorando de Administração e Política de Recursos Minerais.

## PREVISÃO DA DEMANDA MINERAL POR INTERMÉDIO DE SISTEMAS DE APRENDIZADO

SAUL B. SUSLICK

Credenciado por JOSÉ V. VALARELLI

Departamento de Administração e Política de Recursos Minerais, Instituto de Geociências-UNICAMP.

A utilização dos métodos quantitativos na indústria mineral vem se constituindo em um importante instrumento tanto na compreensão do funcionamento da estrutura dos mercados como também para inferir tendências e estabelecer prognósticos. O uso deste

instrumental tende a crescer em decorrência da globalização dos mercados e das peculiaridades do setor mineral de alta intensidade de capital e longo prazo de maturação dos projetos.

Dentro desta perspectiva, destacamos os sistemas de aprendizado ("learning systems") que é tradicionalmente utilizado na área de gestão e planejamento estratégico. O modelo de aprendizado descreve as relações empíricas obtidas de "output" a partir de um determinado "input" onde o efeito de aprendizado é constatado. Deste modo, o desempenho de um sistema que é repetitivo e passível de previsão constitui um resultado de aprendizado.

As primeiras aplicações na indústria mineral se iniciaram somente a partir dos anos 80, com os trabalhos de Pierson (1981, Learning curves make productivity gains predictable, Eng. and Min. J., 182(8): 56-65) na análise de acidentes e produtividade em operações mineiras, e Harris (1984, Mineral resources appraisal. Clarendon, Oxford, 445p.) na avaliação de recursos minerais.

Neste trabalho apresentaremos algumas aplicações de um modelo simples de previsão da demanda mineral de substâncias metálicas, utilizando, o conceito da intensidade de uso (IU) que é a razão do consumo mineral por unidade de PIB, a partir dos resultados de Suslick and Harris (1990, Long-range consumption forecasts using innovative methods: The case of aluminum in Brazil to the year 2000, Res. Policy, 16(3): 184-199) e Silva & Suslick (1991, Desenvolvimento de um modelo de previsão para o consumo de estanho no Brasil, Cadernos IG/UNICAMP, 3(1): 16-28). Tendo em vista a facilidade de incorporar as mudanças tecnológicas na utilização das matérias-primas e a natureza das séries temporais do consumo de bens minerais, os sistemas de aprendizado podem ser estendidos às demais substâncias minerais (minerais industriais, etc.). — (1 de dezembro de 1995).

## ANISOTROPY EVALUATION ON PHYSICAL MODEL BY SEISMIC TOMOGRAPHY

FABIO TAIOLI<sup>1</sup> AND JOÃO CARLOS DOURADO<sup>2</sup>

Presented by JOSÉ V. VALARELLI

<sup>1</sup>IG/USP.

<sup>2</sup>IPT.

The tomographic technique has been routinely used for medical purposes since the 70's. Applications on



geologic problems are more recent, mainly related to oil field development, aimed to increase hydrocarbon recovery. In the field of Engineering Geology, its application has been very limited, particularly due to budget constraints. This work tests the effectiveness of two popular methods of algebraic reconstruction (ART – algebraic reconstruction technique and CG – conjugated gradient) on data obtained from laboratory measurements on a concrete specimen ( $400 \times 400 \times 200$  mm), with a 80 mm in diameter hole transversing the block in the centre of the larger faces.

The seismic waves were produced by an ultrasound generator and two identical piezoelectric transducers with resonant frequency of 200 kHz. The traveltimes were measured by means of an oscilloscope synchronized with the generator. Twenty points of generation and reception were used (every 20 mm), generating a square matrix with 400 traveltime values. An initial homogeneous model (seismic velocity of 4000 m/s) was proposed. The data matrix was processed by two different algorithms (ART and CG) using one, five and ten iterations.

The results show that, for the model adopted, the sections obtained using the CG algorithm are very superior than those obtained when using ART. At the same time, despite the isotropic model proposed, it was possible to observe anisotropies, particularly where the hole was located. — (1 de dezembro de 1995).

## INTERPOLAÇÃO DE DADOS GEOLÓGICOS

JORGE KAZUO YAMAMOTO

Credenciado por JOSÉ V. VALARELLI

Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, C.P. 11348, 05422-970 São Paulo, SP.

Interpolação é o procedimento matemático de ajuste de uma função aos pontos de dados, com o objetivo de estimar o valor de interesse em um ponto não amostrado. Para atingir esse objetivo tem-se à disposição um grande conjunto de funções, das quais as mais comuns em geologia são: polinômios, inverso da potência da distância e da base radial. As funções polinomiais foram aplicadas nos primórdios da quantificação para estudo de tendências de variação. Como os mapas produzidos por interpolação polinomial não eram exatos sobre os pontos de dados, estas funções foram sendo substituídas

pelo inverso da potência da distância e mais recentemente pelas funções de base radial. As funções pelo inverso da potência da distância apresentam resultados satisfatórios em aplicações gerais, porém o problema da indefinição para distâncias nulas causa o surgimento de regiões planas em torno dos pontos de dados, o que é indesejável. Dentro da classe de funções de base radial encontram-se as splines, multiquádricas e a krigagem, as quais associam a cada ponto de dado um núcleo radial. As funções núcleo comumente utilizadas para esse fim são as multiquádricas e os modelos de variogramas com patamar. A semelhança entre os sistemas das equações multiquádricas e da krigagem simples pode ser verificada quando ambos são escritos na forma dual. Além disso, a adição de um termo constante às funções de base radial, faz com que a soma dos coeficientes seja igual a zero, o que torna a soma dos pesos estatísticos igual a um, ou seja, a mesma condição de não enviezamento da krigagem ordinária. Contudo, a grande diferença no uso de variogramas como função núcleo, está na possibilidade de parametrização, por meio da correção da anisotropia geométrica, efeito pepita e amplitude. — (1 de dezembro de 1995).

## APLICAÇÃO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DADOS DIRECIONAIS EM GEOLOGIA ESTRUTURAL

GINALDO ADEMAR DA CRUZ CAMPANHA<sup>1</sup> E JOSÉ ALBERTO QUINTANILHA<sup>2</sup>

Credenciado por JOSÉ V. VALARELLI

<sup>1</sup>Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, Cidade Universitária, 05508-901 São Paulo, SP.

<sup>2</sup>Laboratório de Geoprocessamento da Escola Politécnica da USP, Cidade Universitária, 05508-900 São Paulo, SP.

A estatística direcional aplica-se em dados de orientação ou em dados de repetição cíclica. São mais conhecidas as distribuições de Von Mises (bidimensionais) e a de Bingham (tridimensionais). Sua aplicação em geologia estrutural é imediata. Análise de orientação de atitudes medidas de estruturas planares e lineares, pode responder a questões como: o número de dados é suficiente ou não; existe orientação preferencial estatisticamente significativa; a distribuição de dados é do tipo guirlanda ou pontual; qual é a orientação média ou o eixo pi de uma família de dados; e, as atitudes do eixo pi ou da orientação média de duas famílias de dados são