

## Processamento de Dados Sísmicos Utilizando Algoritmos Genéticos

Gabriel Henrique Grala (PIC/Uem), Vitor Antonio Peliser Gibin (PIC/Uem),  
Rafael Krummenauer (Orientador), e-mail: rkrummenauer2@uem.br

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR.

### Área: Engenharias / Subárea: Engenharias IV

**Palavras Chave:** algoritmo genético, processamento de dados sísmicos,  
processamento digital de sinais.

### Resumo

Este projeto de iniciação científica trata do emprego de métodos de otimização baseados em inteligência computacional para melhorar a qualidade da estimação de parâmetros geofísicos que descrevem as estruturas sedimentares e as propriedades geológicas do subsolo a partir de processamento de dados provenientes de sondagens sísmicas. Utilizando variações de um algoritmo genético com representação numérica em ponto flutuante em um estágio de processamento conhecido como análise DMO (do inglês, *Dip Moveout*), foi investigado o processo de estimação de parâmetros de velocidade do meio e inclinação de refletores referentes às variações de impedância acústica nas interfaces geológicas. Os resultados de processamento demonstram que o algoritmo genético é eficaz em termos de qualidade e demanda moderada carga computacional na obtenção dos parâmetros que modelam o tempo de trânsito usado na análise DMO.

### Introdução

A sísmica de reflexão pode ser classificada como um método indireto de exploração da subsuperfície que tem como objetivo principal a obtenção de modelos de dados que, através de organização e processamento, retenham informações relevantes a respeito da geologia da região onde foram adquiridos.

Esta metodologia é utilizada largamente na indústria de prospecção de petróleo e gás visando criar imagens da subsuperfície, em especial, das camadas que a compõem, através de dados adquiridos em campo. Os sinais adquiridos provêm do retorno de ondas elásticas (impulsos forçados) de duração relativamente pequena em pontos específicos na superfície da área a ser mapeada, as quais foram geradas através de perturbações mecânicas utilizando, em geral, dinamite quando em terra, ou canhões de ar comprimido no caso de levantamentos marítimos. Uma vez gerada, a onda sísmica se propaga através da terra, e ao atingir a interface entre duas rochas de características físicas diferentes, parte da energia incidente da onda é refletida e retorna à superfície, onde pode ser captada por sensores.

Uma outra parte da onda é refratada para o meio inferior. A porção de energia refletida é proporcional à diferença de impedância acústica entre os dois meios. Os receptores que captam a porção de energia refletida das ondas ficam situados em pontos específicos na superfície, formando uma geometria de aquisição. Uma vez captados pelos sensores, os sinais são amostrados, pré-processados e armazenados em formato digital. Os dados armazenados passam então por vários estágios de processamento até chegar às imagens que podem ser visualmente interpretadas por especialistas em geologia e geofísica a fim de identificar potenciais regiões promissoras para exploração e drenagem de hidrocarbonetos. Dentre os principais estágios de processamento destacamos: i) desconvolução; ii) filtragem, iii) geometria, organização dos dados e controle de qualidade dos traços; iv) análise de velocidade do meio e outros parâmetros; v) empilhamento (pré-visualização da geologia no domínio do tempo); vi) migração (conversão do domínio do tempo para profundidade). No processamento sísmico, o foco deste trabalho está na etapa de análise de velocidade e parâmetro de inclinação de refletores no procedimento chamado análise DMO.

Neste projeto foram investigados algoritmos de otimização baseados em inteligência computacional para a obtenção dos parâmetros que melhor representam os dados. Estes métodos têm se mostrado eficazes na resolução de problemas de otimização complexos e altamente multimodais em várias aplicações da ciência. Empregamos nesta pesquisa variações do algoritmo genético com representação em ponto flutuante para estimação do perfil de velocidade das camadas e de inclinação das interfaces que compõem o subsolo da área sondada.

## Materiais e métodos

Foi investigado o uso de computação evolutiva através de variações do algoritmo genético para obtenção dos parâmetros de velocidade e inclinação de refletores em dados sísmicos reais. Estes parâmetros modelam o tempo de trânsito DMO, um modelo mais completo em termos de atributos geológicos se comparado com o tempo de trânsito NMO (do inglês, *Normal Moveout*), este último sendo utilizado como referência para análise de velocidade.

Os algoritmos evolutivos buscam reproduzir em computador o princípio da evolução de Darwin. Algoritmos evolutivos são meta-heurísticas populacionais onde cada indivíduo representa ou codifica uma solução para o problema tratado. Os indivíduos se reproduzem para combinar os genes dos pais, sofrem mutação genética para criar diversidade na população e então os indivíduos passam por um processo de seleção. Deste processo, os indivíduos mais adaptados sobrevivem para a próxima geração. A medida de adaptação de cada indivíduo é dada por uma função, denominada de função de *fitness*, específica para cada problema tratado.

O pseudo-código do algoritmo genético utilizado é apresentado a seguir:

```

Função [Pop] = algoritmo_evolutivo(Np,pc,pm)
  Pop := inicializa(Np) (1)
  fPop := avalia(Pop) (2)
  Enquanto condição_de_parada for FALSO faça (3)
    Temp := reproduz(Pop, fPop, pc) (4)
    Temp := varia(Temp, pm) (5)
    fTemp := avalia(Temp) (6)
    [Pop, fPop] := seleciona(Temp, fTemp, Np) (7)
  Fim Enquanto
Fim Função

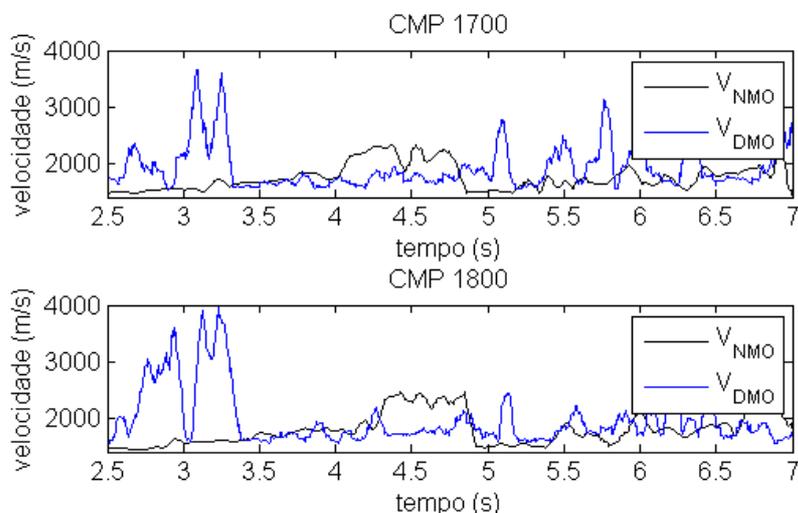
```

onde  $N_p$  denota o tamanho da população,  $pc$  denota a probabilidade de crossover e  $pm$  a probabilidade de mutação.

O método proposto foi implementado e testado no software de computação científica MATLAB®. Os dados sísmicos utilizados nas pesquisas foram pré-processados na plataforma *Seismic Unix* (pacote de código aberto de rotinas de processamento de dados sísmicos mantido pelo *Center for Wave Phenomena* (CWP)).

## Resultados e Discussão

Os resultados apresentados neste trabalho são referentes ao processamento de dados sísmicos reais provenientes de sondagens na Bacia do Jequitinhonha, Brasil. O procedimento proposto visa obter velocidade de propagação e ângulo de inclinação dos refletores nos dados através de uma análise DMO, enquanto o procedimento convencional de análise de velocidade provê apenas informação de velocidade do meio considerando que todos os refletores são horizontais. Com isto, a velocidade obtida pela análise DMO fornece informação mais precisa sobre os atributos geológicos presentes no dado. Os resultados mostrados na Figura 1 são do perfil de velocidade de propagação do meio para duas seções CMP (*Common-MidPoint*) distintas.



**Figura 1** – Perfis de velocidade de propagação para duas seções CMP.

Observe a diferença no detalhamento e no valor das velocidades obtidas pela análise DMO realizada com suporte do algoritmo genético na estimação dos parâmetros de velocidade e ângulo dos refletores. O perfil de velocidade da curva em preto é da análise convencional de velocidade realizada por uma busca em grade com 500 pontos entre 1400 e 4500 m/s.

## Conclusões

Utilizando computação evolutiva através de um algoritmo genético para realizar o estágio de processamento conhecido como análise DMO foi investigado o processo de estimação de parâmetros de velocidade do meio e inclinação de refletores. Os resultados demonstram que o algoritmo genético é eficaz em termos de qualidade e demanda moderados recursos computacionais na obtenção dos parâmetros da análise DMO.

## Agradecimentos

DEQ-UEM

## Referências

ANCELME, R. L. TEMC: Introdução ao Método Sísmico. **Laboratório Nacional de Computação Científica**. 2015. Disponível em <[http://www.Incc.br/prh50/introducao\\_modelagem-sismica.pdf](http://www.Incc.br/prh50/introducao_modelagem-sismica.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2017.

BOAS, D. B. R. V. **Sísmica de reflexão para alvos geotécnicos**. 2014. 86f. Trabalho de Graduação, Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 2014.

FIGUEIREDO, A. M. **Mapeamento Automático de Horizontes e Falhas em Dados Sísmicos 3D baseado no algoritmo de Gás Neural Evolutivo**. 2007. 79f. Dissertação de Mestrado de Pós-Graduação em Informática, PUC-Rio.

MICHALEWICZ, Z. **Genetic algorithms + data structures = evolution programs**. 3 ed. Springer-Verlag, 1996.

LEVIN, F. K. Apparent velocity from dipping interface reflections: **Geophysics**, v. 36, n. 03, p. 510-516, 1971.