

Controlled Random Search na Inversão de Dados Magnetométricos

Resolução do Exercício Proposto

Gean Lucas

Observatório Nacional

5 de agosto de 2019

Introduzindo o Controlled Random Search

- ❶ O Controlled Random Search é abreviado como CRS
- ❷ Algoritmo desenvolvido por Price (1977) que usa modelos gerados aleatoriamente de forma controlada sendo mais eficiente do que algoritmos meramente aleatórios
- ❸ Projetado para priorizar uma busca mais profunda em detrimento da velocidade de convergência, por isso não é tão rápido quanto a maioria dos métodos *derivativos*, mas tem uma chance mínima de parar num mínimo local

O CRS tem aplicações em diversos problemas

- 1 Kim *et al.* (2005) usaram o algoritmo CRS para determinar as configurações quase-ótimas dos parâmetros do processo de soldagem
- 2 O algoritmo também foi usado para otimizar modelos de regressão (Křivý e Tvrdík, 1995; Křivý *et al.*, 2000)
- 3 Em Merad *et al.* (2006), os autores formularam um problema de otimização para projetar arranjos de antenas lineares não uniformemente espaçados usando o algoritmo CRS

Dentro as diversas aplicações, também temos a geofísica

- 1 Monteiro Santos and El-Kaliouby (2010) conclui que métodos aleatórios de busca global são os mais adequados para inversão conjunta 1D VES/TEM
- 2 Utilizado por Bortolozzo *et al* (2015) para inversão conjunta 1D de dados de VES/TEM da Bacia do Paraná
- 3 Červ *et al.* (2007) utilizaram o algoritmo CRS para inverter dados magnetotelúricos obtendo bons resultados
- 4 Smith e Ferguson (2000) demonstraram os benefícios do uso de CRS ao trabalhar com dados de sísmica de refração, especialmente quando focado na investigação de alvos específicos, o método CRS mostrou-se altamente eficaz na quantificação das estatísticas dos modelos

- ① Silva e Hohmann (1983) usaram CRS para interpretação magnética, concluindo que o algoritmo é muito robusto e, para o caso magnético, pode gerar ótimos resultados, especialmente quando informações geológicas e geofísicas estão disponíveis

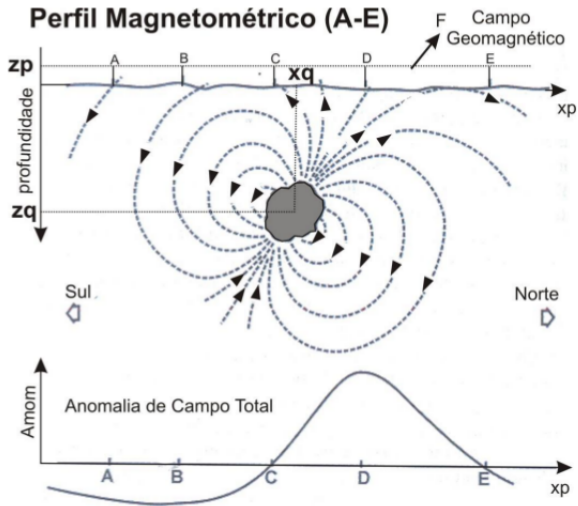
Todos os trabalhos que envolvem o algoritmo demonstram que os algoritmos de busca aleatória têm um desempenho muito bom e são robustos, pois dão grande determinação de parâmetro para problemas de otimização global mal estruturados (Bortolozzo *et al.*, 2015)

Motivação para escolha do CRS

- 1 Conhecimento de prévio de aplicação em geofísica
- 2 ACO(Ant-Colony Optimization) se mostrou difícil de adaptar no curto prazo
- 3 Método randômico, contemplando os métodos abordados na disciplina
- 4 Simples
- 5 Não requer cálculo de derivadas
- 6 Ampla gama de aplicação

- 1 Implementar um programa computacional para a interpretação de um levantamento magnetométrico hipotético, usando um método randômico
- 2 O problema é determinar a “Coordenada horizontal” (x_q), a “Profundidade” (z_q) e o “Momento de Dipolo Magnético”(mom) de um corpo em sub superfície, a partir dos dados de um levantamento magnetométrico feito ao longo de um perfil Sul- Norte na direção do campo geomagnético, conforme a figura mostrada a seguir

1 Ilustração do Problema



- 1 Utilizei o CRS
- 2 Tendo em mãos o modelo direto (subrotinas fornecidas pelo professor), pude equacionar a função objetivo

$$Anom = |B_o| - |F| \quad (1)$$

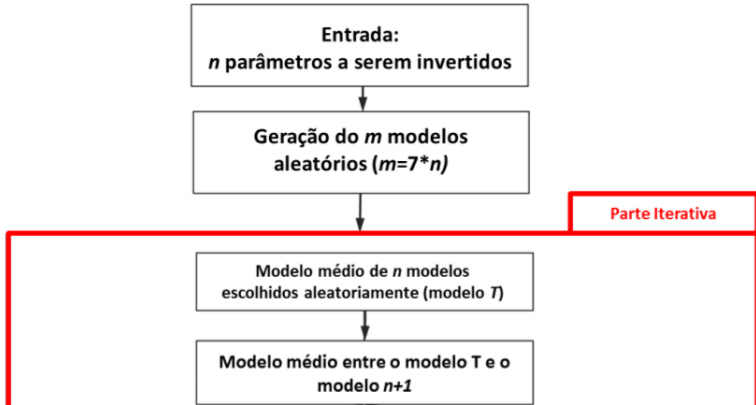
Sendo:

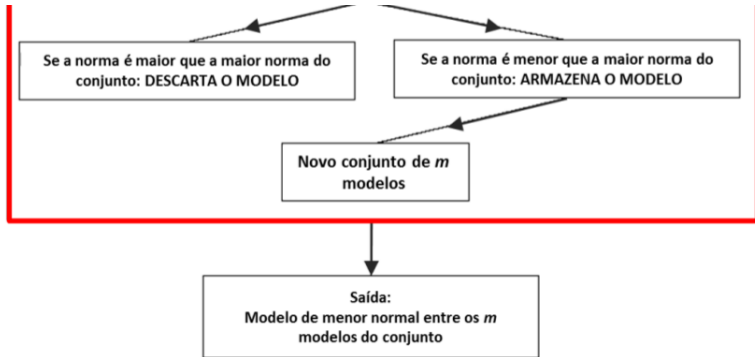
- 1 $Anom$ = Anomalia de Campo Total
- 2 B_o = Intensidade do Campo Observado
- 3 F = Intensidade do Campo Geomagnético

$$norma = Rrms = \sqrt[2]{\frac{(Anom_o - Anom_c)^2}{N}} \quad (2)$$

Sendo:

- ❶ $Rrms$ = Residual root mean square
- ❷ $Anom_o$ = Anomalia observada (obtida no levantamento)
- ❸ $Anom_c$ = Anomalia calculada (calculada pelo modelo direto)
- ❹ N = Número de dados do levantamento





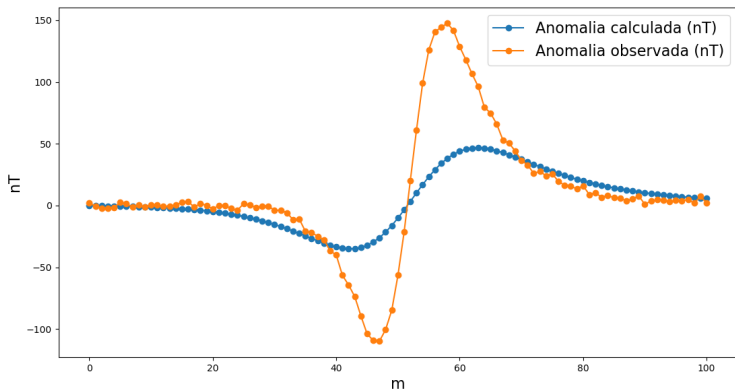
No entanto, no caso deste trabalho, na quarta etapa, o modelo final obtido antes da etapa da comparação foi:

$$P = 2 * G - R_{n+1} \text{ Price (1976) and Collon (1992)}$$

Onde:

- 1 G corresponde ao T do esquema anterior
- 2 R_{n+1} corresponde a outro modelo escolhido aleatoriamente no conjunto de modelos (ou de pontos)

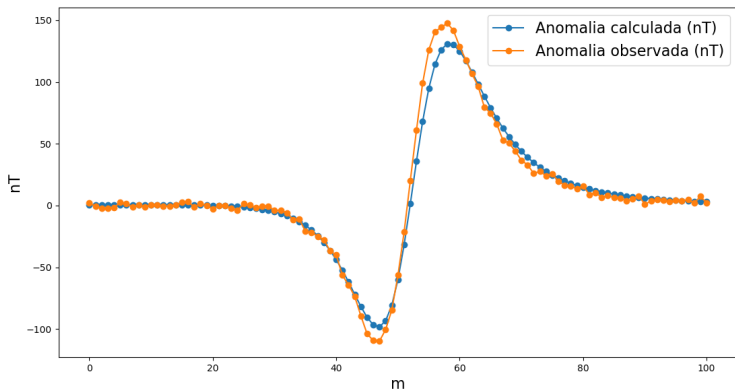
500 iterações



500 iterações

```
solucao:  
xq=    51.083460304339070  
zq=    19.740867201668348  
mom=   4501.2186313502370  
rms    35.680901723527576
```

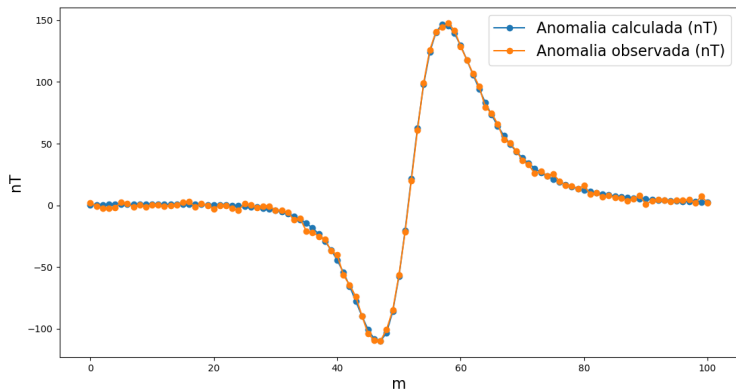
1000 iterações



1000 iterações

```
solucao:  
xq=    51.728268895873043  
zq=    10.640187610976298  
mom=    2233.1584889744991  
rms    7.6528182862443632
```

5000 iterações

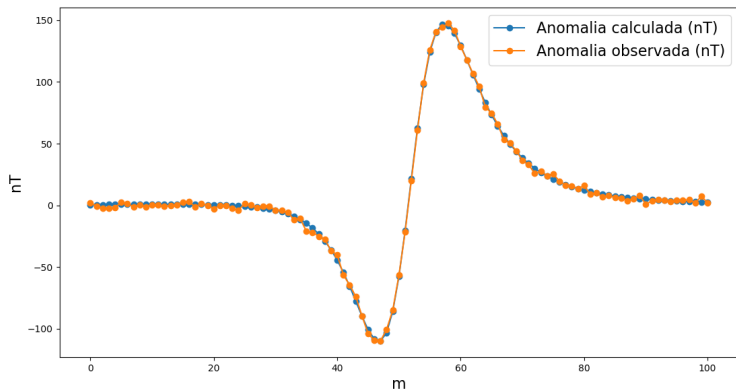


5000 iterações

```
solucao:  
xq=    51.282629262255554  
zq=    9.6951963242570507  
mom=   1943.3354775936536  
rms    2.0569241479370053
```

Resultados

10000 iterações



10000 iterações

```
solucao:
```

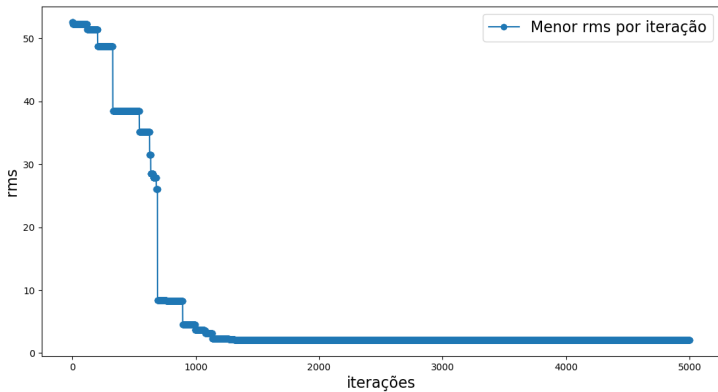
```
xq=    51.282629303307601
```

```
zq=    9.6951963286757454
```

```
mom=   1943.3354849727880
```

```
rms    2.0569241479367570
```

Gráfico de convergência para 5000 iterações



- ① Bortolozo, C. A., Porsani, J. L., dos Santos, F. A. M., Almeida, E. R. (2015). VES/TEM 1D joint inversion by using Controlled Random Search (CRS) algorithm. Journal of Applied Geophysics, 112, 157-174.
- ② Červ, V., Menvielle, M., Pek, J., 2007. Stochastic interpretation of magnetotelluric data, comparison of methods. Ann. Geophys. 50, 1.
- ③ Price, W.L., 1977. A controlled random search procedure for global optimization. Comput. J. 20, 367–370.
- ④ Smith, D.N., Ferguson, J.F., 2000. Constrained inversion of seismic refraction data using the controlled random search. Geophysics 65 (5), 1622–1630.
- ⑤ Silva, J.B.C., Hohmann, G.W., 1983. Nonlinear magnetic inversion using a random search method. Geophysics 48 (12), 1645–1658.