

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

---

# Resolução de Sistemas não Lineares através do Algoritmo Luus Jaakola

Joviana Sartori de Souza<sup>1</sup>

Universidade Federal Fluminense - Instituto do Noroeste Fluminense de Educação Superior

Mateus Braga Oliveira<sup>2</sup>

Universidade Federal Fluminense - Instituto do Noroeste Fluminense de Educação Superior

## 1 Introdução

Existem muitos problemas práticos que podem ser modelados como um sistema de equações não lineares, onde a obtenção de todas as soluções do problema são necessárias. Este trabalho aborda a utilização do método de Luus Jaakola para a obtenção dessas soluções, para isso tais sistemas são modelados como um problema de otimização. Também será utilizado um método híbrido que associa o algoritmo Luus Jaakola e Hooke Jeeves (LJ/HJ). Os métodos são testados para dois sistemas não lineares de dez variáveis, com o objetivo de se fazer uma análise dos resultados, identificando o método mais eficiente.

## 2 Sistemas não Lineares

Para a modelagem de um sistema não linear (SNL) em um problema de otimização, considera-se a notação vetorial de um sistema, da seguinte forma:

$$F(x) = 0, \quad (1)$$

onde  $F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x))$ .

Segundo Silva [4], o SNL acima pode ser transformado em um problema de minimização não linear sem restrições, da seguinte forma:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n [f_i(x)]^2 = f_1(x)^2 + f_2(x)^2 + \dots + f_n(x)^2. \quad (2)$$

Com isso, o SNL é transformado em um problema de minimização não linear sem restrições.

---

<sup>1</sup>joviana.sartori@gmail.com

<sup>2</sup>mateusbr.oli@hotmail.com

### 3 Método de Luus Jaakola/ Hibridização Luus Jaakola - Hooke Jeeves

O algoritmo de Luus Jaakola é um método de busca aleatória que utiliza apenas as informações da função a ser otimizada. Ele foi inicialmente apresentado pelos autores Luus e Jaakola em 1973 [2].

A ideia utilizada no algoritmo é a seguinte: a partir de uma ampla região de busca no domínio da função objetivo  $f(x)$ , geram-se soluções aleatórias enquanto a região de busca é reduzida de tamanho ao longo das iterações.

Neste trabalho também é proposto uma hibridização entre os algoritmos Luus Jaakola e Hooke Jeeves (LJ/HJ), que é um método híbrido que adiciona o método de Hooke Jeeves [1] ao fim das iterações do algoritmo Luus-Jaakola, funcionando da seguinte forma: realizam-se os primeiros passos do Luus-Jaakola, quando uma melhor solução  $x$  é encontrada, ele atualiza esse ponto e realiza os passos do algoritmo Hooke Jeeves, sendo o ponto determinado pelo método Luus Jaakola a solução inicial do método Hooke Jeeves.

### 4 Resultados e Conclusões

Foram realizados testes para 2 sistemas de 10 variáveis apresentados em Ruggiero, Lopes [3]. Os sistemas são: **Broyden Tridiagonal** e **Função Trigexp de Toint**. Os resultados são os seguintes:

Tabela 1: Sistema **Broyden Tridiagonal** e **Função Trigexp de Toint**.

Broyden	Tempo	Iterações	Trigexp	Tempo	Iterações
Luus Jaakola	0,4370	3331	Luus Jaakola	0,8730	4067
LJ/HJ	2,1060	3405	LJ/HJ	5,1320	3440

Como é possível verificar, o Método Luus Jaakola foi mais eficiente na resolução destes dois problemas apresentados. O tempo gasto foi menor em relação ao método híbrido LJ/HJ, mas ambos encontraram o mínimo das funções.

### Referências

- [1] R. Hooke and T.A. Jeeves. *Direct search solution of numerical and statistical problems*. Journal of the Association for Computing Machinery, v. 8, p. 212-229, 1961.
- [2] R. Luus and T.H.I. Jaakola. Optimization by direct search and systematic reduction of the size of search region. *American Institute of Chemical Engineers Journal (AIChE)*, 1973. DOI: 10.1002/aic.690190413.
- [3] M. A. G. Ruggiero e V. L. R. Lopes. *Cálculo Numérico: aspectos teóricos e computacionais*. Makron Books, 1996.
- [4] M. R. Silva. *Um novo método híbrido aplicado à solução de sistemas não-lineares com raízes múltiplas*. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba/SP, 2011.