

Trabalho 01

MEC 2403 - Otimização e Algoritmos para Engenharia Mecânica

Pedro Henrique Cardoso Paulo

pedrorjpaulo.phcp@gmail.com

Professor: Ivan Menezes



Departamento de Engenharia Mecânica
PUC-RJ Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
maio de 2023

Trabalho 01

MEC 2403 - Otimização e Algoritmos para Engenharia Mecânica

Pedro Henrique Cardoso Paulo

maio de 2023

1 Introdução

1.1 Objetivos

Esse é o entregável do Trabalho 01 da disciplina MEC 2403 - Otimização e Algoritmos para Engenharia Mecânica. Esse trabalho tem como objetivos:

1. Aplicar os principais métodos de otimização sem restrição (OSR) implementados na [Lista 02](#)
2. Comparar os valores obtidos e número de passos para funções quadráticas e não quadráticas com o previsto pela literatura para cada método
3. Aplicar os otimizadores em problemas complexos e testar sua escalabilidade

1.2 Links úteis

Nesta seção são listados alguns links e referências úteis para se entender o trabalho desempenhado.

1. [Apostila de programação matemática da disciplina](#)
2. [GitHub usado para essa disciplina](#)
3. [Notebook com o código para as figuras desse relatório](#)
4. [Notebook com o código para derivação simbólica das funções mais complexas](#)
5. [Pasta com os códigos a serem aproveitados em todas as listas](#)

2 Questão 01

2.1 Enunciado

Implementar, usando o MATLAB ou Python, os métodos de otimização: (a) *Univariate*; (b) *Powell*; (c) *Steepest Descent*; (d) *Fletcher-Reeves*; (e) *BFGS*; e (f) *Newton-Raphson*. Adotar o método da Seção Áurea para a realização das buscas unidirecionais (line search). Para verificação da convergência numérica, utilizar uma tolerância de 10^{-5} . Em seguida, testar a sua implementação encontrando os pontos de mínimo das seguintes funções:

(a) $f(x_1, x_2) = x_1^2 - 3x_1x_2 + 4x_2^2 + x_1 - x_2$
Pontos iniciais: $\mathbf{x}^0 = [2, 2]^T$ e $\mathbf{x}^0 = [-1, -3]^T$,

(b) $f(x_1, x_2) = (1 + a - bx_1 - bx_2)^2 + (b + x_1 + ax_2 - bx_1x_2)^2$, $a = 10$, $b = 1$
Pontos iniciais: $\mathbf{x}^0 = [10, 2]^T$ e $\mathbf{x}^0 = [-2, -3]^T$,

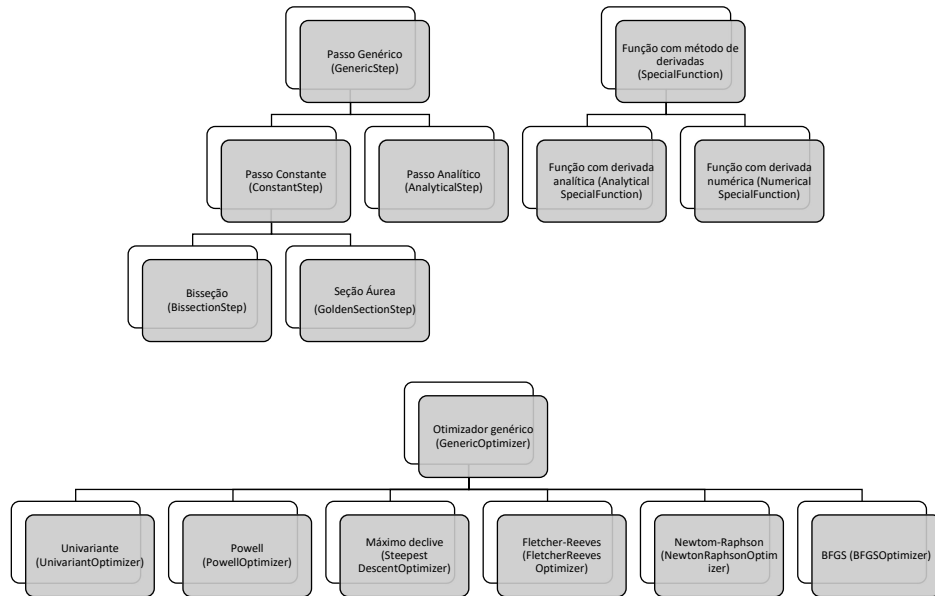


Figura 1: Estrutura de classes implementada e heranças

Método	$\mathbf{x}^0 = [2, 2]^T$		$\mathbf{x}^0 = [-1, -3]^T$	
	Ponto de mínimo	Passos	Ponto de mínimo	Passos
Univariante	$[-0.714275, -0.142853]^T$	46	$[-0.714293, -0.142860]^T$	48
Powell	$[-0.714286, -0.142857]^T$	6	$[-0.714286, -0.142857]^T$	6
Steepest Descent	$[-0.714280, -0.142855]^T$	32	$[-0.714294, -0.142861]^T$	7
Fletcher-Reeves	$[-0.714286, -0.142857]^T$	2	$[-0.714286, -0.142858]^T$	2
Newton-Raphson	$[-0.714286, -0.142857]^T$	1	$[-0.714286, -0.142857]^T$	1
BFGS	$[-0.714286, -0.142857]^T$	2	$[-0.714286, -0.142857]^T$	2

Tabela 1: Resumo dos resultados obtidos para a função (a)

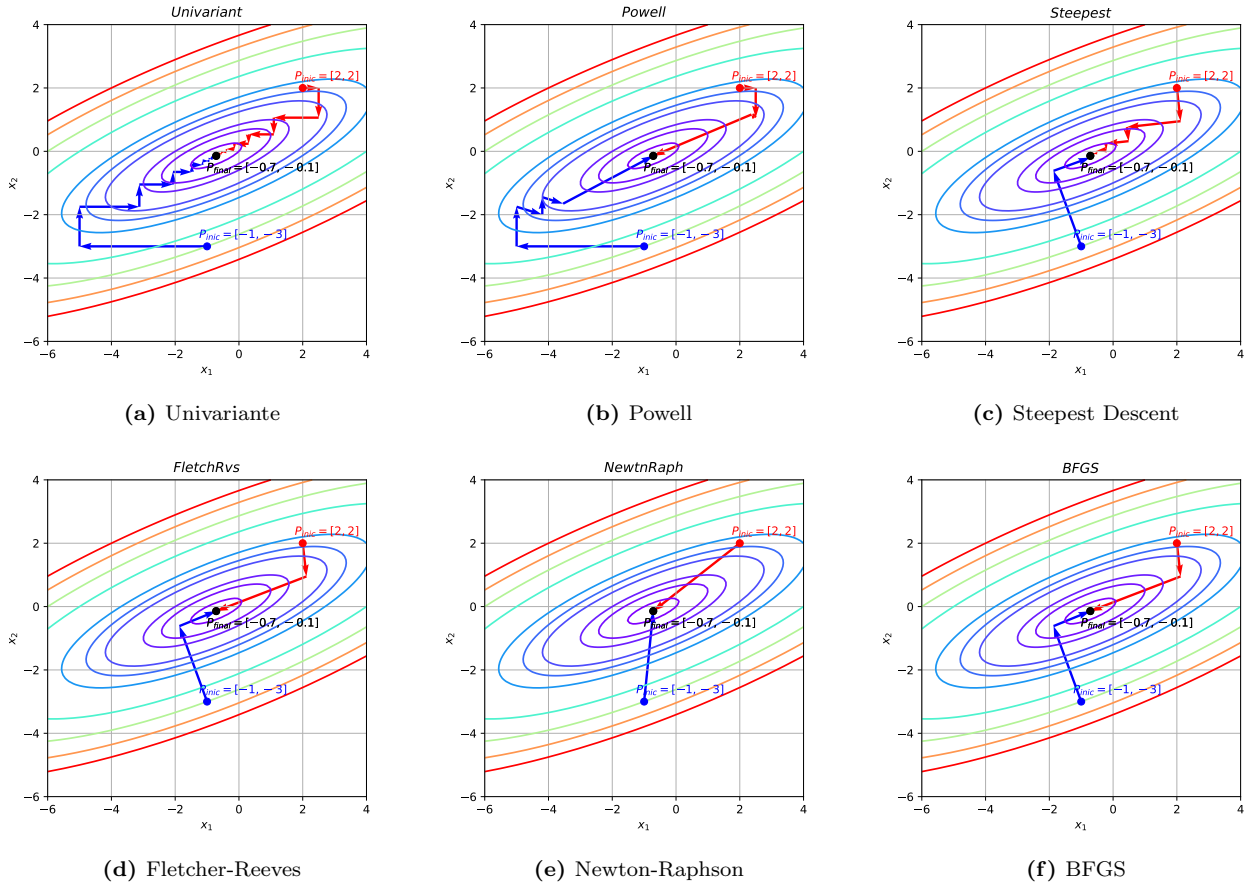


Figura 2: Resultados gráficos para a função a

2.2 Solução

2.2.1 Item a

2.2.2 Item b

3 Questão 02

3.1 Enunciado

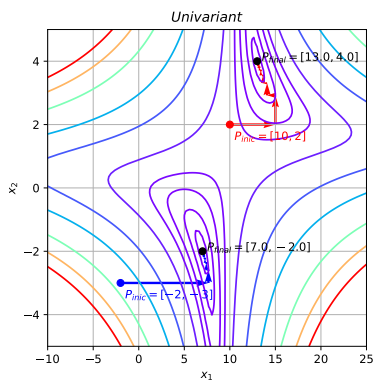
Utilizando os métodos de otimização implementados na primeira questão:

- Determinar os deslocamentos (u_A, v_A) , do ponto A, que minimizam a Energia Potencial Total Π do sistema de molas indicado na figura abaixo. Adotar o ponto inicial: $x_0 = [0.01, -0.10]^T$.
- desenvolver um estudo de convergência da solução deste problema (i.e., deslocamento do ponto A) para níveis crescentes de discretização do modelo (ou seja, considerando o número de molas $n = 2, 4, 6, \dots$). Se possível, comparar as suas respostas com as soluções obtidas usando o Método dos Elementos Finitos (levando em consideração o comportamento não linear geométrico da estrutura). A rigidez de cada mola ($k_i = 1, \dots, n$) é obtida como a razão entre o módulo de rigidez axial do material e o seu comprimento. Os valores W_j (com $j = 1, \dots, n$) correspondem às cargas nodais equivalentes aos pesos das molas.

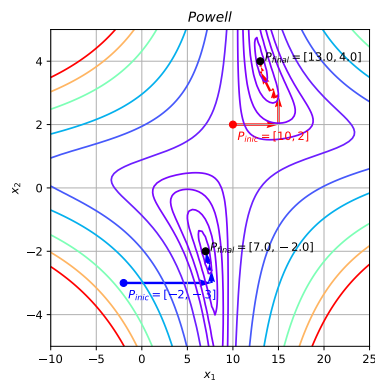
3.2 Solução

3.2.1 Determinação do mínimo

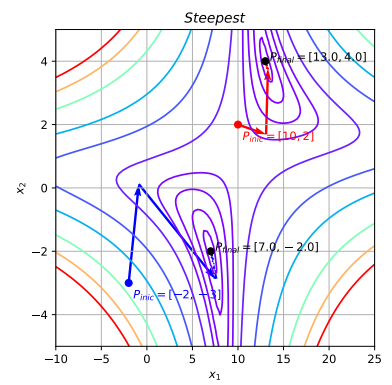
3.2.2 Análise de convergência



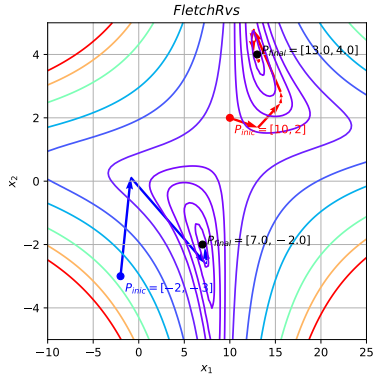
(a) Univariate



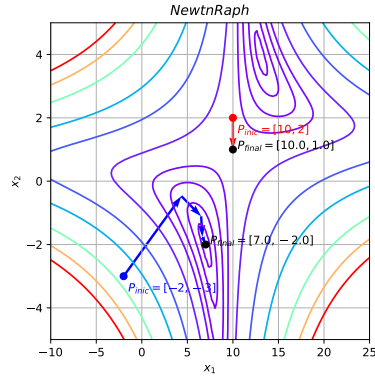
(b) Powell



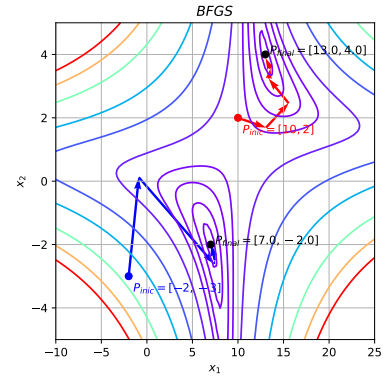
(c) Steepest Descent



(d) Fletcher-Reeves

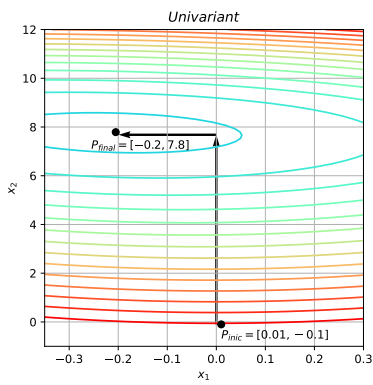


(e) Newton-Raphson

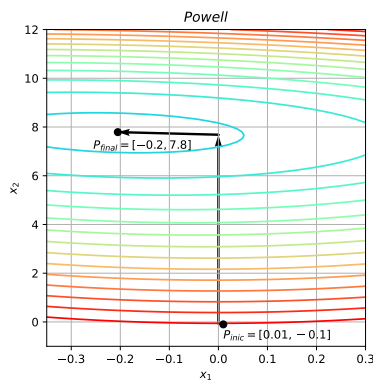


(f) BFGS

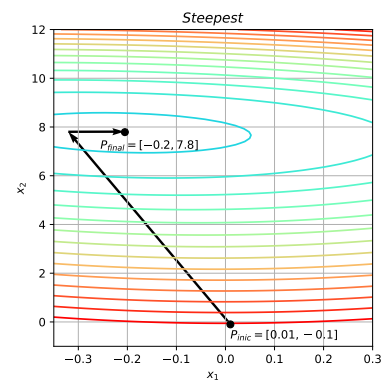
Figura 3: Resultados gráficos para a função **b**



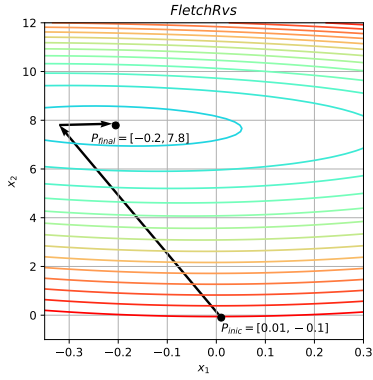
(a) Univariate



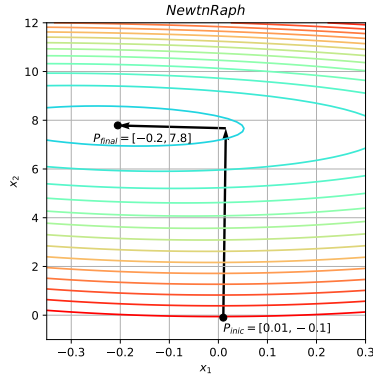
(b) Powell



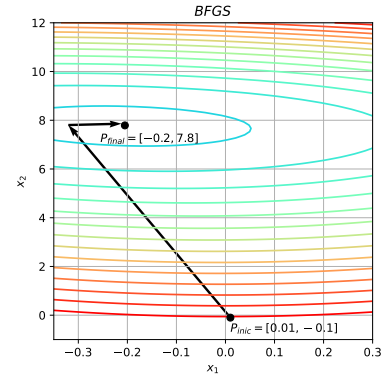
(c) Steepest Descent



(d) Fletcher-Reeves

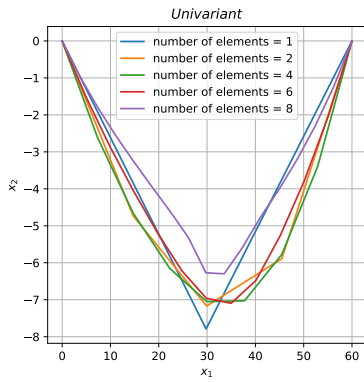


(e) Newton-Raphson

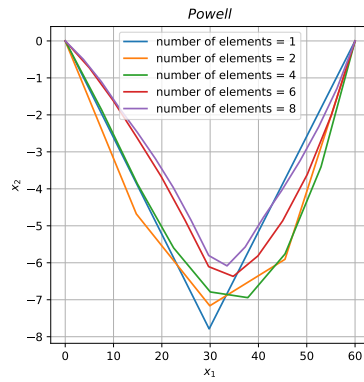


(f) BFGS

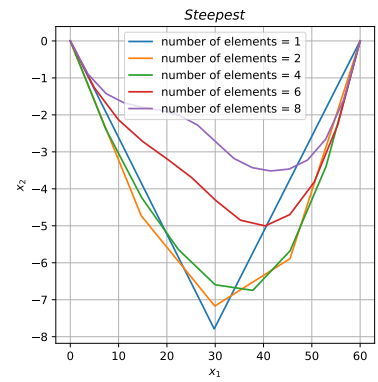
Figura 4: Resultados gráficos da determinação do mínimo da função potencial



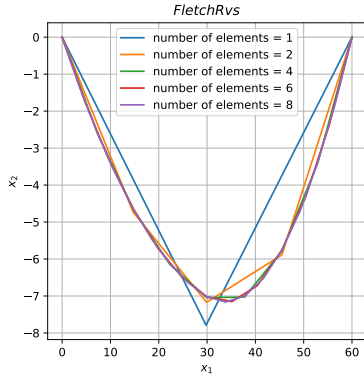
(a) Univariate



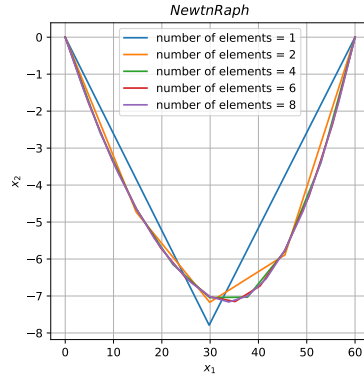
(b) Powell



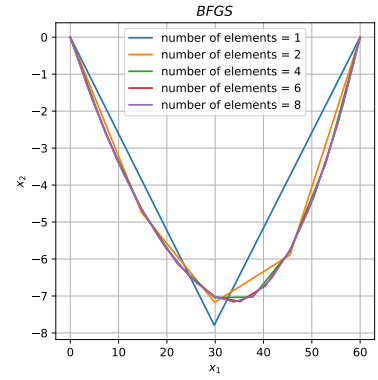
(c) Steepest Descent



(d) Fletcher-Reeves



(e) Newton-Raphson



(f) BFGS

Figura 5: Resultados da análise de convergência para discretizações maiores da mola