# 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 da 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) *Univariante*; (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 $\mathbf{x^0} = [-2, -3]^T$,

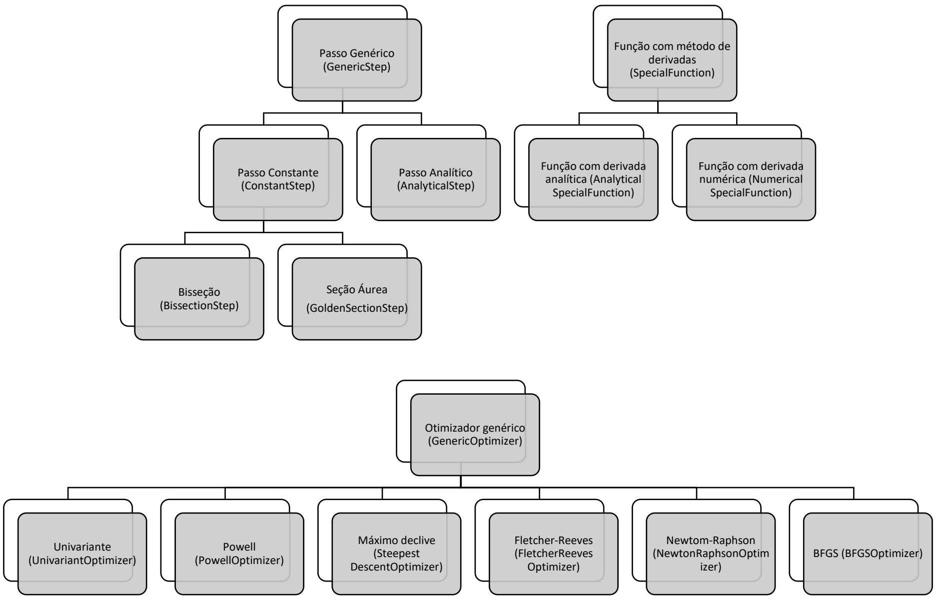
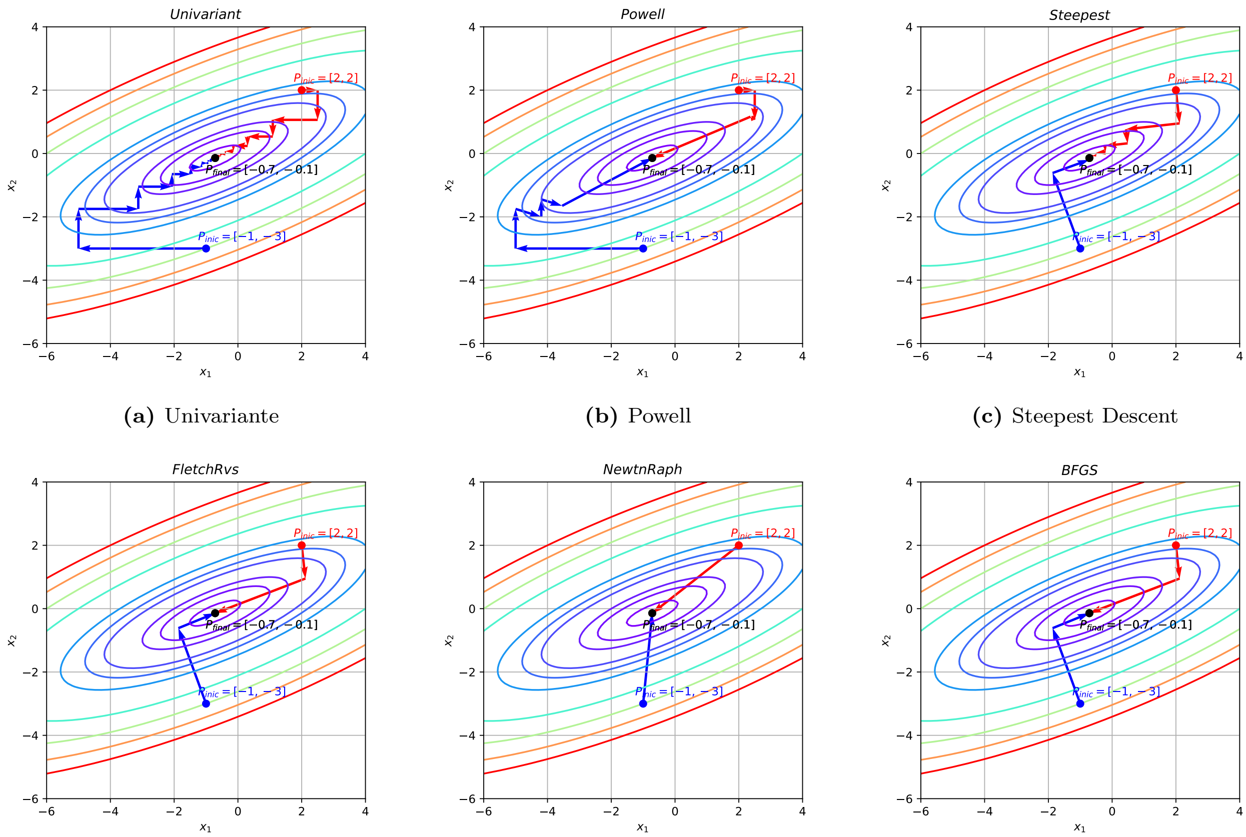



**Figura 1:** Estrutura de classes implementada e heranças




**(a)** Univariante

**(b)** Powell

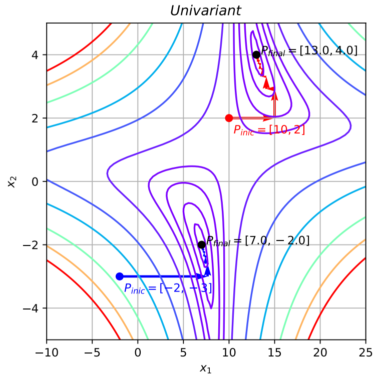
**(c)** Steepest Descent

**(d)** Fletcher-Reeves

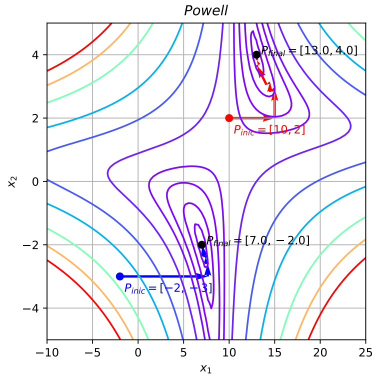
**(e)** Newton-Raphson

**(f)** BFGS

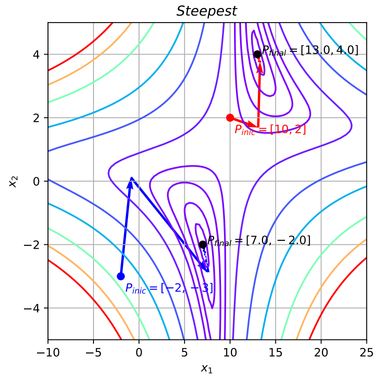
**Figura 2:** Resultados gráficos para a função a



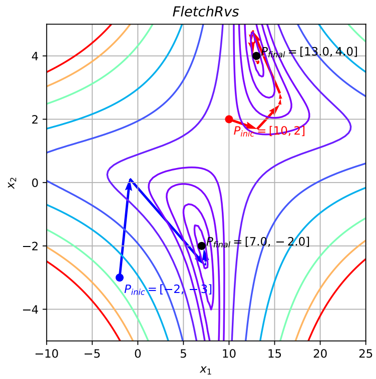

**(a)** Univariante



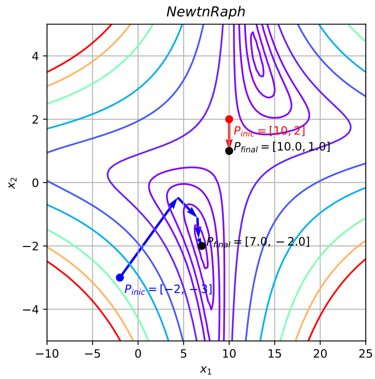

**(b)** Powell



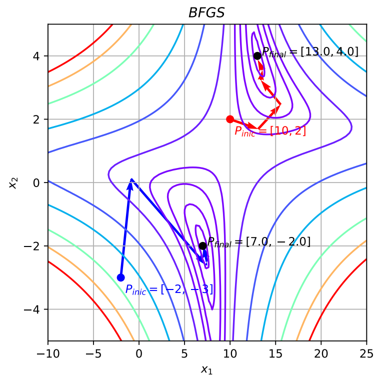

**(c)** Steepest Descent




**(d)** Fletcher-Reeves




**(e)** Newton-Raphson




**(f)** BFGS

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

## 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:

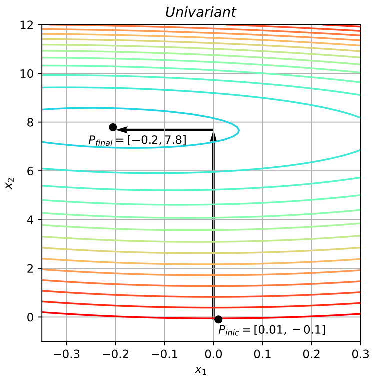
(a) Determinar os deslocamentos $(u_A, v_A)$, do ponto $A$, que minimizam a Energia Potencial Total $\Pi$ do sistema de molas indicado na figura abaixo. Adotar o ponto inicial: $x_0 = [0.01, -0.10]^T$.

(b) 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 ($k_i = 1, ..., n$) é obtida como a razão entre o módulo de rigidez axial do material e o seu comprimento. Os valores $W_j$ (com $j = 1, ..., n$) correspondem às cargas nodais equivalentes aos pesos das molas.

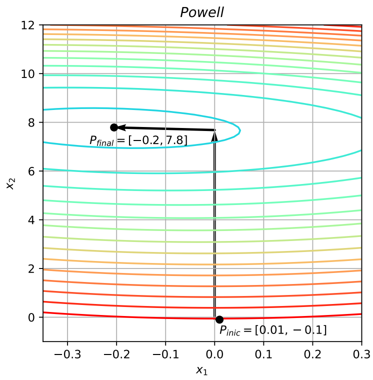
## 3.2 Solução

### 3.2.1 Determinação do mínimo

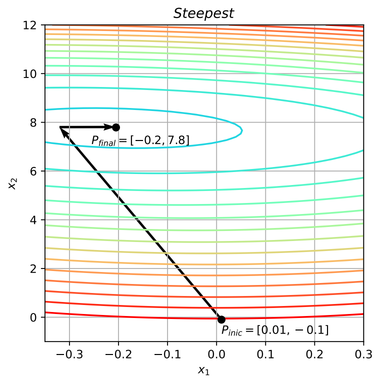
### 3.2.2 Análise de convergência



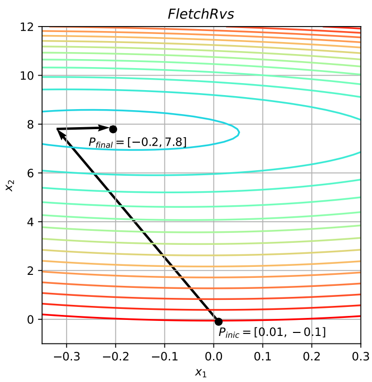

**(a)** Univariante



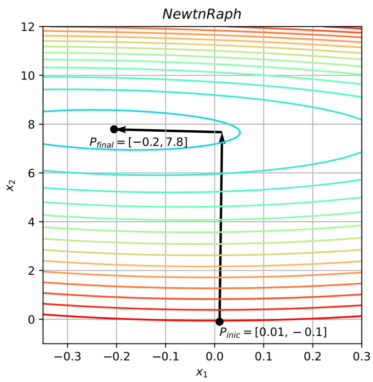

**(b)** Powell



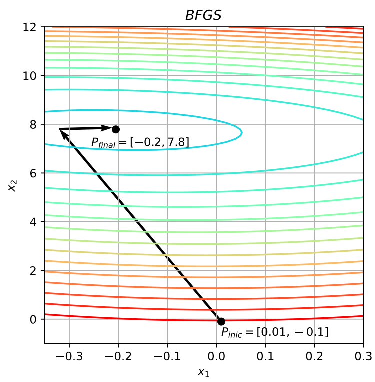

**(c)** Steepest Descent




**(d)** Fletcher-Reeves

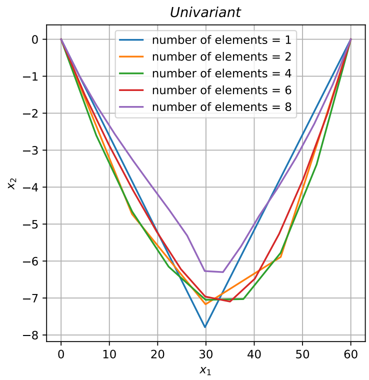



**(e)** Newton-Raphson

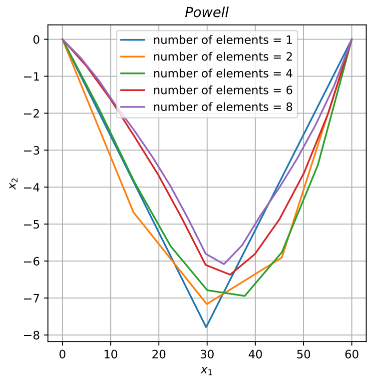



**(f)** BFGS

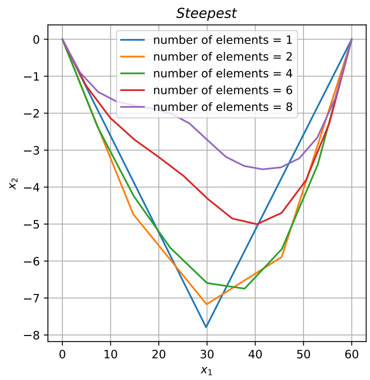
**Figura 4:** Resultados gráficos da determinação do mínimo da função potencial



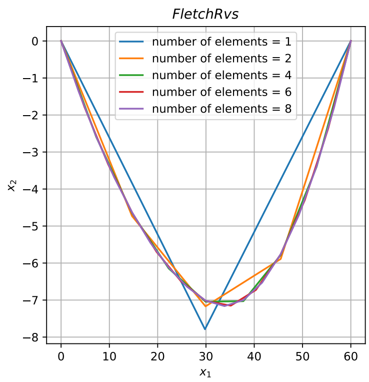

**(a)** Univariante



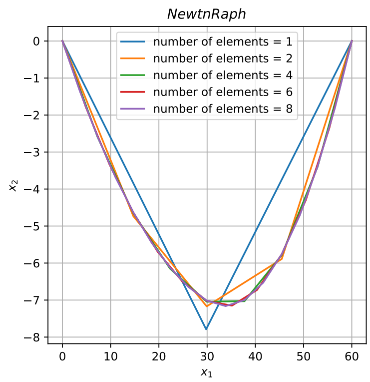

**(b)** Powell



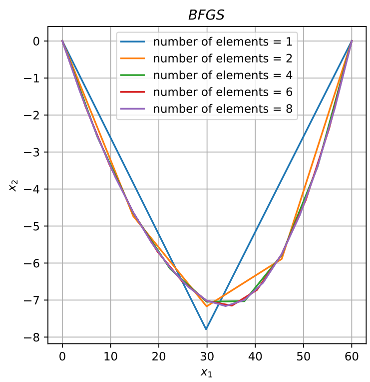

**(c)** Steepest Descent




**(d)** Fletcher-Reeves




**(e)** Newton-Raphson




**(f)** BFGS

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