Enunciado

O trabalho consiste em implementar em Julia uma série de funções que serão colocadas no módulo `AlgGenReal.jl` cujos enunciados serão dados na sequência. Importe quaisquer módulos de trabalhos anteriores que precisar.

Não use biblioteca alguma que implemente diretamente qualquer tipo de algoritmo genético.

1 Funções de teste

Escolha uma das funções de teste a seguir e a implemente. Cada um de vocês deve escolher uma função **diferente**, para isto acontecer, use o sala virtual do Teams ou o e-mail do grupo da disciplina para anunciar a versão escolhida. As funções recebem com parâmetro vetor `x` de números em ponto flutuante de tamanho arbitrário.

Nas funções a seguir `d` representa o número de dimensões do domínio, ou seja, o tamanho do vetor `x`. Ao usar estas funções como funções de aptidão use $d = 2, 4, 8, 16$.

1.1 Função de Ackley

$$\text{ackley}(\boldsymbol{x}) = -a\exp\left(-b\sqrt{\frac{1}{d}\sum_{i=1}^{d} x_i^2}\right) - \exp\left(\frac{1}{d}\sum_{i=1}^{d}\cos\left(cx_i\right)\right) + a + \exp(1)$$

com $a = 20,\ b = 0.2$ e $c = 2\pi$.
Mínimo global: $\text{ackley}(\boldsymbol{x}^*) = 0$ quando $\boldsymbol{x}^* = (0, \ldots, 0)$.
Domínio é $x_i \in [-32.768,\ 32.768]$, para todo $i = 1, \ldots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/ackley.html

1.2 Função de Griewank

$$\text{griewank}(\boldsymbol{x}) = \sum_{i=1}^{d}\frac{x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^{d}\cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1$$

Mínimo global: $\text{griewank}(\boldsymbol{x}^*) = 0$ quando $\boldsymbol{x}^* = (0, \ldots, 0)$.
Domínio: $x_i \in [-600,\ 600]$, para todo $i = 1, \ldots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/griewank.html

1.3 Função de Levy

$$\text{levy}(\boldsymbol{x}) = \sin^2(\pi w_1) + \sum_{i=1}^{d-1}(w_i - 1)^2[1 + 10\sin^2(\pi w_i + 1)] + (w_d - 1)^2[1 + \sin^2(2\pi w_d)]$$

com

$$w_i = 1 + \frac{x_i - 1}{4} \qquad \text{para todo } i = 1, \dots, d$$

Mínimo global: $\text{levy}(\boldsymbol{x}^*) = 0$ quando $\boldsymbol{x}^* = (1, \dots, 1)$.
Domínio: $x_i \in [-10,\ 10]$, para todo $i = 1, \dots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/levy.html

1.4 Função de Rastrigin

$$\text{rastrigin}(\boldsymbol{x}) = 10d + \sum_{i=1}^{d}[x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i)]$$

Mínimo global: $\text{rastrigin}(\boldsymbol{x}^*) = 0$ quando $\boldsymbol{x}^* = (0, \dots, 0)$.
Domínio: $x_i \in [-5.12,\ 5.12]$, para todo $i = 1, \dots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/rastr.html

1.5 Função de Schwefel

$$\text{schwefel}(\boldsymbol{x}) = 418.9829d - \sum_{i=1}^{d} x_i \sin(\sqrt{|x_i|})$$

Mínimo global: $\text{schwefel}(\boldsymbol{x}^*) = 0$ quando $\boldsymbol{x}^* = (420.9687, \dots, 420.9687)$.
Domínio: $x_i \in [-500,\ 500]$, para todo $i = 1, \dots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/schwef.html

1.6 Função de Rosenbrock

$$\text{rosenbrock}(\boldsymbol{x}) = \sum_{i=1}^{d-1}[100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2]$$

Mínimo global: $\text{rosenbrock}(\boldsymbol{x}^*) = 0$ quando $\boldsymbol{x}^* = (1, \dots, 1)$.
Domínio: $x_i \in [-2.048,\ 2.048]$, para todo $i = 1, \dots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/rosen.html

1.7 Função Perm 0, D, Beta

$$\text{perm0db}(\boldsymbol{x}) = \sum_{i=1}^{d}\left(\sum_{j=1}^{d}(j + \beta)\left(x_j^i - \frac{1}{j^i}\right)\right)^2$$

com $\beta \geq 0$. Use $\beta = 100$.
Mínimo global: $\text{perm0db}(\boldsymbol{x}^*) = 0$ quando $\boldsymbol{x}^* = (1, \frac{1}{2}, \dots, \frac{1}{d})$.

Domínio: $x_i \in [-d,\ d]$, para todo $i = 1, \ldots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/perm0db.html

1.8 Função Trid

$$\text{trid}(\boldsymbol{x}) = \sum_{i=1}^{d}(x_i - 1)^2 - \sum_{i=2}^{d} x_i x_{i-1}$$

Mínimo global: $\text{trid}(\boldsymbol{x}^*) = \dfrac{-d(d+4)(d-1)}{6}$ quando $x_i = i(d+1-i)$ para todo $i = 1, \ldots, d$.
Domínio: $x_i \in [-d^2,\ d^2]$, para todo $i = 1, \ldots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/trid.html

1.9 Função de Zakharov

$$\text{zakharov}(\boldsymbol{x}) = \sum_{i=1}^{d} x_i^2 + \left(\sum_{i=1}^{d} 0.5 i x_i\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{d} 0.5 i x_i\right)^4$$

Mínimo global: $\text{zakharov}(\boldsymbol{x}^*) = 0$ quando $\boldsymbol{x}^* = (0, \ldots, 0)$.
Domínio: $x_i \in [-5,\ 10]$, para todo $i = 1, \ldots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/zakharov.html

1.10 Função de Dixon-Price

$$\text{dixonpr}(\boldsymbol{x}) = (x_1 - 1)^{2+} \sum_{i=1}^{d} i(2x_i^2 - x_{i-1})^2$$

Mínimo global: $\text{dixonpr}(\boldsymbol{x}^*) = 0$ quando $x_i = 2^{-\frac{2^i - 2}{2^i}}$ para todo $i = 1, \ldots, d$.
Domínio: $x_i \in [-10,\ 10]$, para todo $i = 1, \ldots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/dixonpr.html

1.11 Função de Powell

$$\text{powell}(\boldsymbol{x}) = \sum_{i=1}^{d/4} \left[(x_{4i-3} + 10x_{4i-2})^2 + 5(x_{4i-1} - x_{4i})^2 + (x_{4i-2} - 2x_{4i-1})^4 + 10(x_{4i-3} - x_{4i})^4\right]$$

Mínimo global: $\text{powell}(\boldsymbol{x}^*) = 0$ quando $\boldsymbol{x}^* = (0, \ldots, 0)$.
Domínio: $x_i \in [-4,\ 5]$, para todo $i = 1, \ldots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/powell.html

1.12 Função de Styblinski-Tang

$$\text{stybtang}(\boldsymbol{x}) = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{d}(x_i^4 - 16x_i^2 + 5x_i)$$

Mínimo global: $\text{stybtang}(\boldsymbol{x}^*) = -39.16599d$ quando $\boldsymbol{x}^* = (-2.903534, \ldots, -2.903534)$.
Domínio: $x_i \in [-5,\ 5]$, para todo $i = 1, \ldots, d$
Fonte: https://www.sfu.ca/~ssurjano/stybtang.html

2 Algoritmo genético com codificação em números reais

Implemente o algoritmo genético para números reais conforme visto na aula de hoje (slide Aula06.pptx).

Todos os genes são números em ponto flutuante.

1. Implemente métodos de seleção:
   (a) por roleta
   (b) por torneio
2. Implemente a mutação para ponto flutuante:
   (a) Uniforme
   (b) Não uniforme a partir de uma distribuição Gaussiana
3. Implemente operadores de cruzamentos:
   (a) Uniforme
   (b) N pontos
   (c) Aritmético simples
   (d) Aritmético
   (e) Aritmético completo

3 Execução

Para cada instância da função de aptidão, varie os parâmetros do AG e encontre o conjunto que melhor se adapte ao seu problema.

4 Leituras auxiliares

- Algoritmos Genéticos.
  https://andreric.github.io/files/pdfs/geneticos.pdf
- Representação numérica.
  https://www.algoritmosgeneticos.com.br/GA_Cap10c.ppt
- Algoritmos Genéticos.
  http://www2.decom.ufop.br/imobilis/wp-content/uploads/2012/06/03_algoritmosgenetico
  pdf
- The Continuous Genetic Algorithm.
  http://www.cs.us.es/~fsancho/ficheros/IA2019/TheContinuousGeneticAlgorithm.
  pdf
- Continuous Genetic Algorithm From Scratch With Python.
  https://towardsdatascience.com/continuous-genetic-algorithm-from-scratch-with-pytho
- Algoritmos Genéticos.
  https://www.inf.ufpr.br/menotti/ci171-182/slides/ci171-ag.pdf