

# Quantum Genetic Algorithm

Obtendo vantagem do paralelismo quântico

Fábio Souza- NUSP:8575858

Felipe Kleine- NUSP:5992514

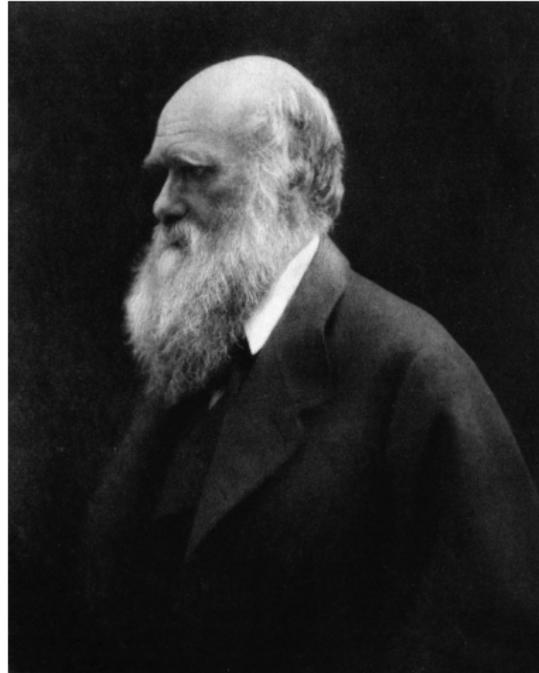
Henrique Apocalypse - NUSP:14198290

USP - Universidade de São Paulo

# Algoritmo Genético



- Técnica de otimização
- Modelo Darwinista
- Seleção natural
- Evolução biológica



# População e Cromossomos

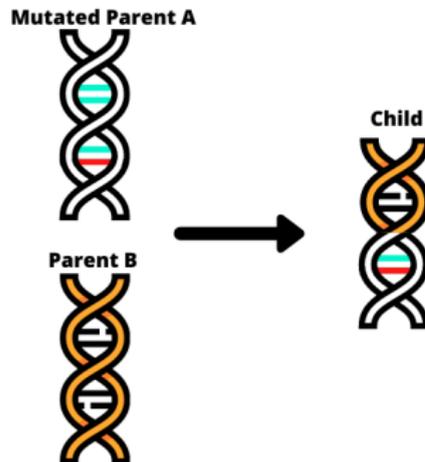
- Cromossomo: Geralmente Vetor Binário
- População: Matriz
- Função Objetiva (*fitness*)
- ex:  $c_1 = [0, 1, 0, 1, 0, 1]$
- ex:  $P = [c_1, c_2, c_3, \dots, c_n]$



# Operadores Genéticos

O que fazer com os melhores e piores indivíduos ?

- Selecionar e separar os melhores indivíduos
- Os mais fortes se reproduzem (crossover)
- Os mais Fracos são descartados
- Alternativamente pode acontecer mutações genéticas (mutation)



# Operadores Genéticos

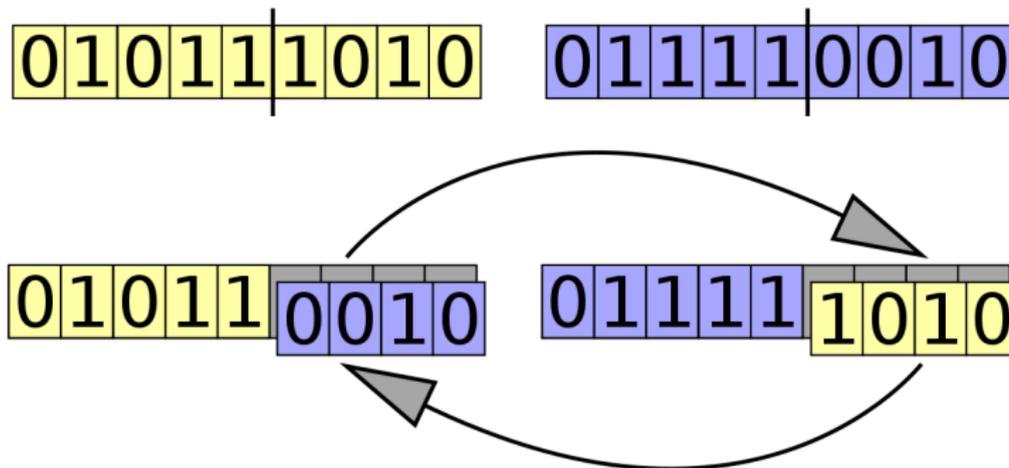
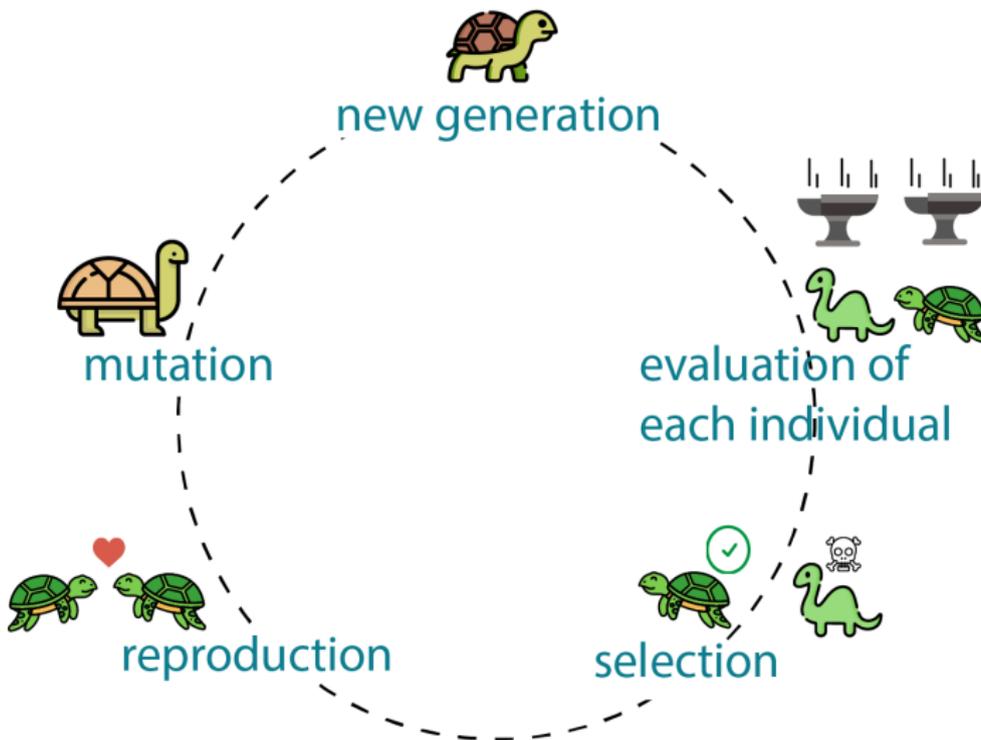


Figura 1: Crossover de dois cromossomos escolhidos

# Pseudocódigo



## Outros Operadores Genéticos

- Swap
- Inversion
- Catástrofe
- Inserção e Deleção



# Computação Quântica



- Trabalho de Richard Feynman em 1982
- Simular sistemas quânticos pode ser difícil
- Computador com base na mecânica quântica



# Bit vs Qubit

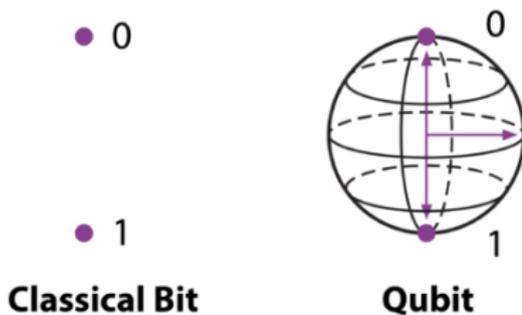


Figura 3: Bit clássico e bit quântico

$$|\psi\rangle = \alpha |0\rangle + \beta |1\rangle \tag{1}$$

# Analogia



Figura 4: Interruptor

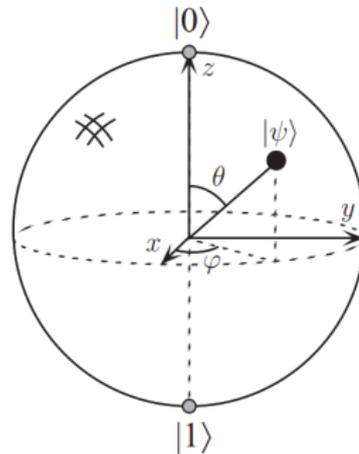
# Analogia



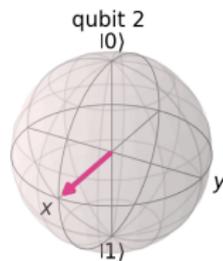
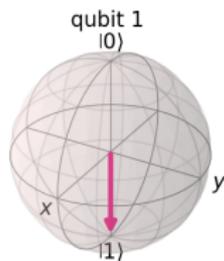
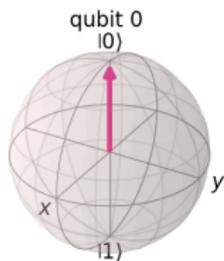
Figura 5: Moeda prestes a ser lançada

# Representação de Qubits

- Os qubits são representados pela Esfera de Bloch
- Determina o Estado quântico do qubit
- Podemos manipular com rotações as amplitudes

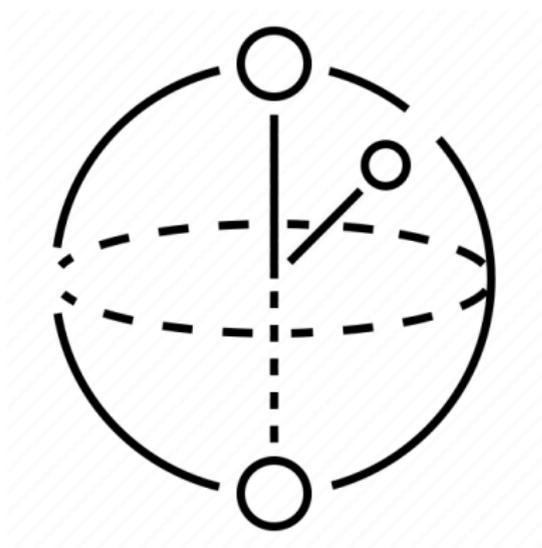


Operator	Gate(s)	Matrix
Pauli-X (X)	 	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$
Pauli-Y (Y)		$\begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix}$
Pauli-Z (Z)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
Hadamard (H)		$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
Phase (S, P)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{bmatrix}$
$\pi/8$ (T)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\pi/4} \end{bmatrix}$
Controlled Not (CNOT, CX)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
Controlled Z (CZ)	 	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$
SWAP	 	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
Toffoli (CCNOT, CCX, TOFF)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

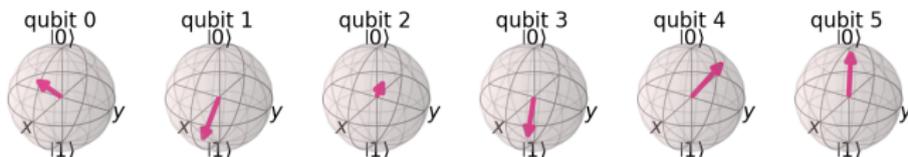


# Algoritmo Genético Quântico

- Porque computação quântica ?
- Cromossomos quânticos representam  $2^n$  estados simultâneos (população menor)
- ***Cada um desses estados representa uma possível solução no espaço de busca***



# Cromossomo Quântico



- Representa  $2^6$  possíveis estados
- Vai colapsar em apenas 1
- ex: [0,1,1,1,1,0]
- ou: [0,1,1,1,1,1]

# Operadores Genéticos Quânticos



- Como evolui o sistema ?
- Seleciona os ângulos do melhor individuo e guarda para a próxima geração (Elitista)
- Movimenta os ângulos dos outros da população em relação ao melhor individuo
- Operações de mutation
- Operações de crossover

## Problemas no QGA



- Ótimos locais
- Operadores genéticos realmente quânticos
- Limitações de hardware (HQGA)
- Efeito do ruído e decoerência
- Simuladores Quânticos

# Otimismo no QGA



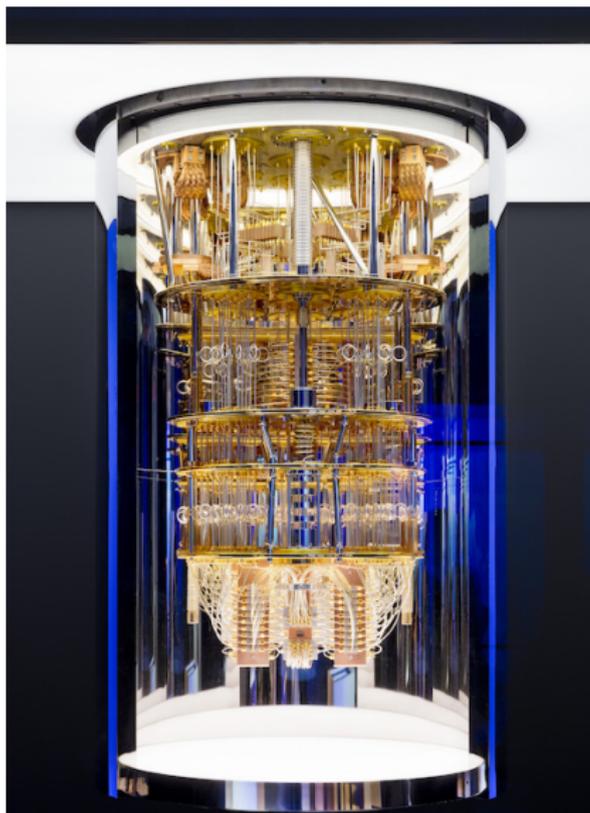
- Oferece vantagens
  - Exploração de espaço de busca (paraleliza soluções)
  - Paralelismo quântico (Explora melhor o espaço de soluções)
  - Interferência quântica
- Alto potencial
- Maior maturidade da tecnologia

## Porque em um simulador ?



- Porque o simulador ?
- Posso executar em computador quântico ?
- Quem disponibiliza ?
  - IBM
  - Microsoft
  - Xanadu
  - Google
  - Rigetti
  - D-Wave
- A topologia do circuito importa

# Computador Quântico



QGA

## Referencias



- 1 Documentação do Qiskit
- 2 Tutorial "Hello world in qiskit"
- 3 Video Aula com "Hello World — Programming on Quantum Computers" do Canal Qiskit
- 4 Introdução a Computação Quântica Teoria Rápida
- 5 Repositório com o código no Github
- 6 Nielsen, Michael A., and Isaac L. Chuang. "Quantum computation and quantum information." *Phys. Today* 54.2 (2001): 60.