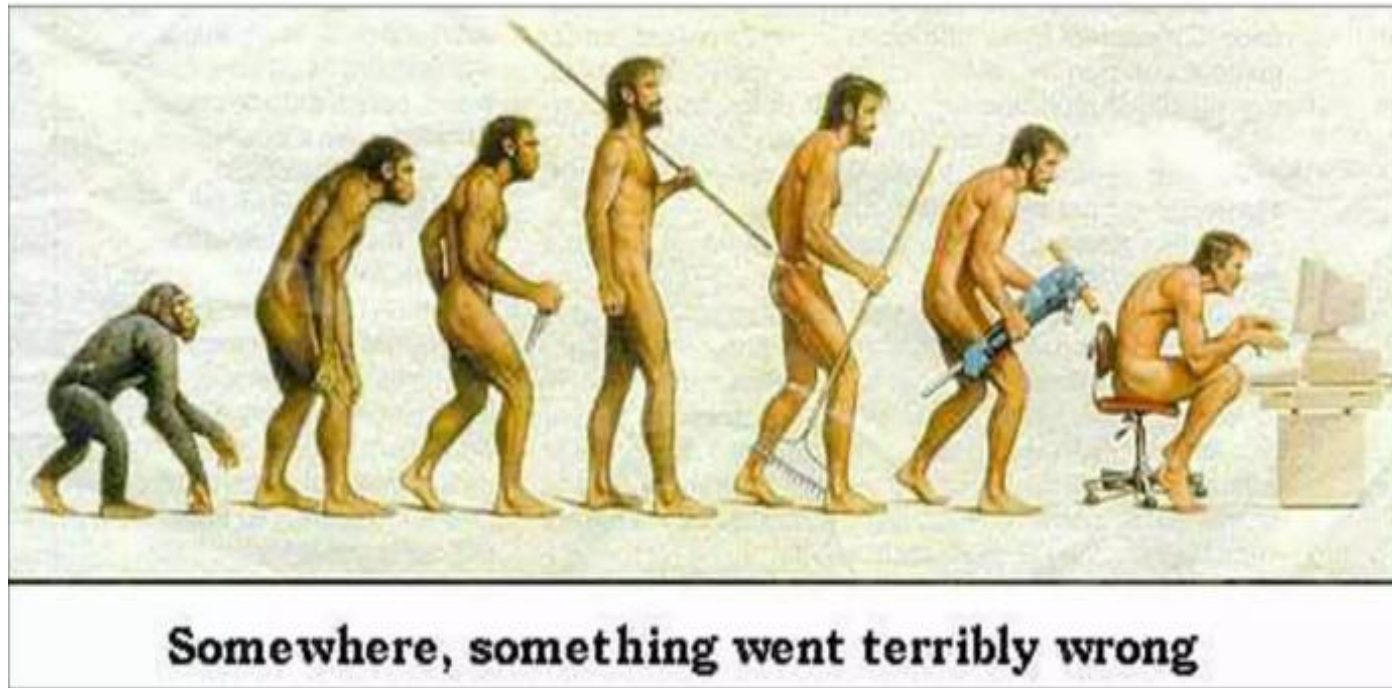


# Genetic Algorithm

**Daniel Nogueira**

[dnogueira@ipca.pt](mailto:dnogueira@ipca.pt)

# Genetic Algorithm

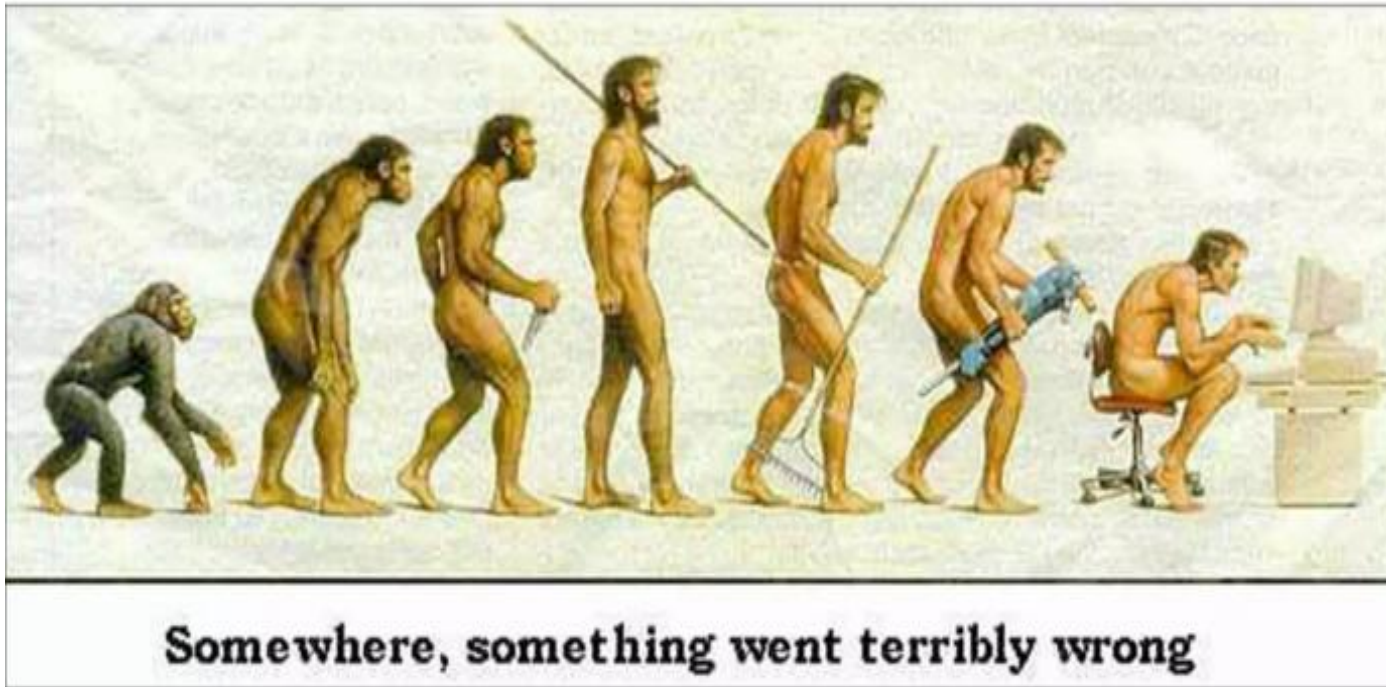


*On the Origin of Species*

“Quanto melhor um indivíduo se adapta ao seu ambiente, maior é a chance de sobreviver e gerar descendentes.”

(DARWIN, 1859)

# Genetic Algorithm



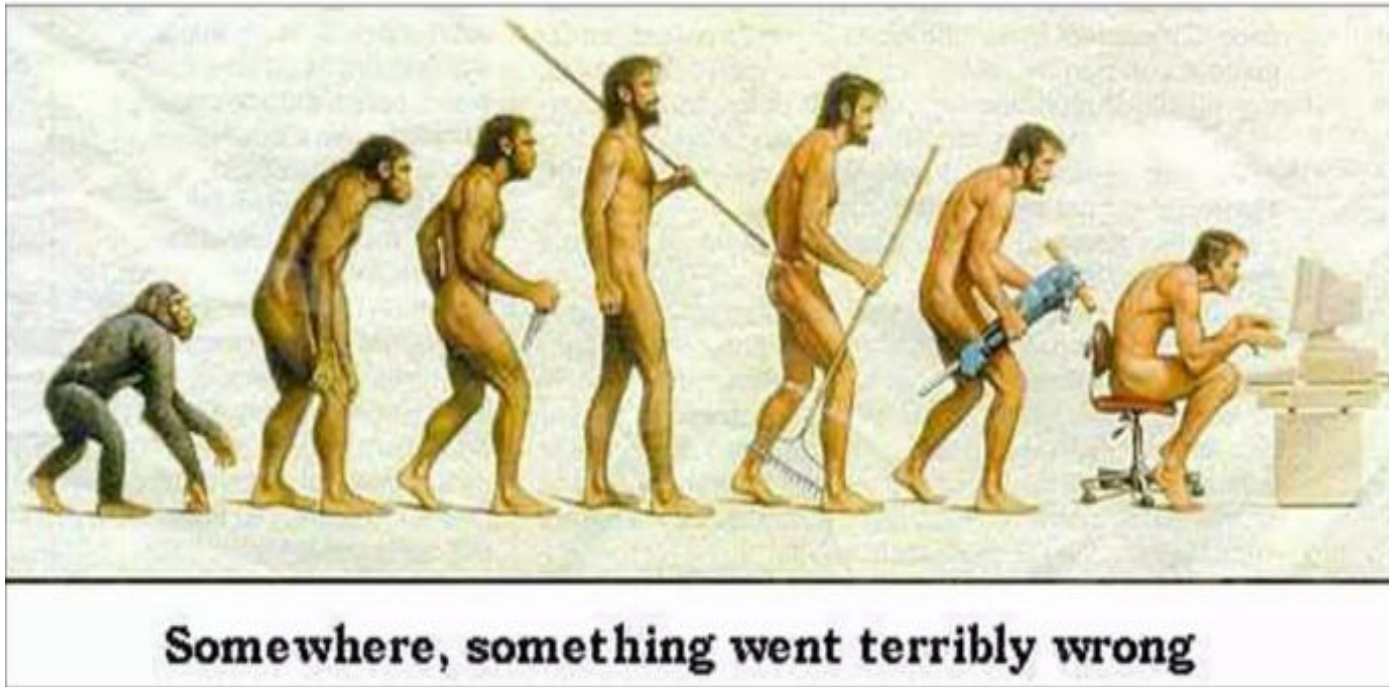
Algoritmos de busca dirigida baseados na mecânica da evolução biológica

- Um **algoritmo de busca dirigida** é um tipo de algoritmo que utiliza uma estratégia para explorar um espaço de busca de forma mais eficiente.
- Ao invés de simplesmente explorar todas as possibilidades, como acontece em algoritmos de busca cega, a busca dirigida usa heurísticas ou informações adicionais para priorizar caminhos que têm maior chance de levar a uma solução mais rapidamente.

## Características:

- **Heurísticas:** Informações adicionais sobre o problema, como estimativas do custo ou da distância até a solução.
- **Eficiência:** Menos exploração de possibilidades irrelevantes.
- **Objetivo:** Encontrar soluções de forma mais rápida e eficiente do que abordagens não direcionadas.

# Genetic Algorithm



- Providencia técnicas eficientes e eficazes para aplicativos de otimização e aprendizado de máquina
- Amplamente utilizado nas áreas de negócios, científicos e de engenharia



Algoritmos de busca dirigida baseados na mecânica da evolução biológica



Desenvolvido por John Holland, Universidade de Michigan (década de 1970)



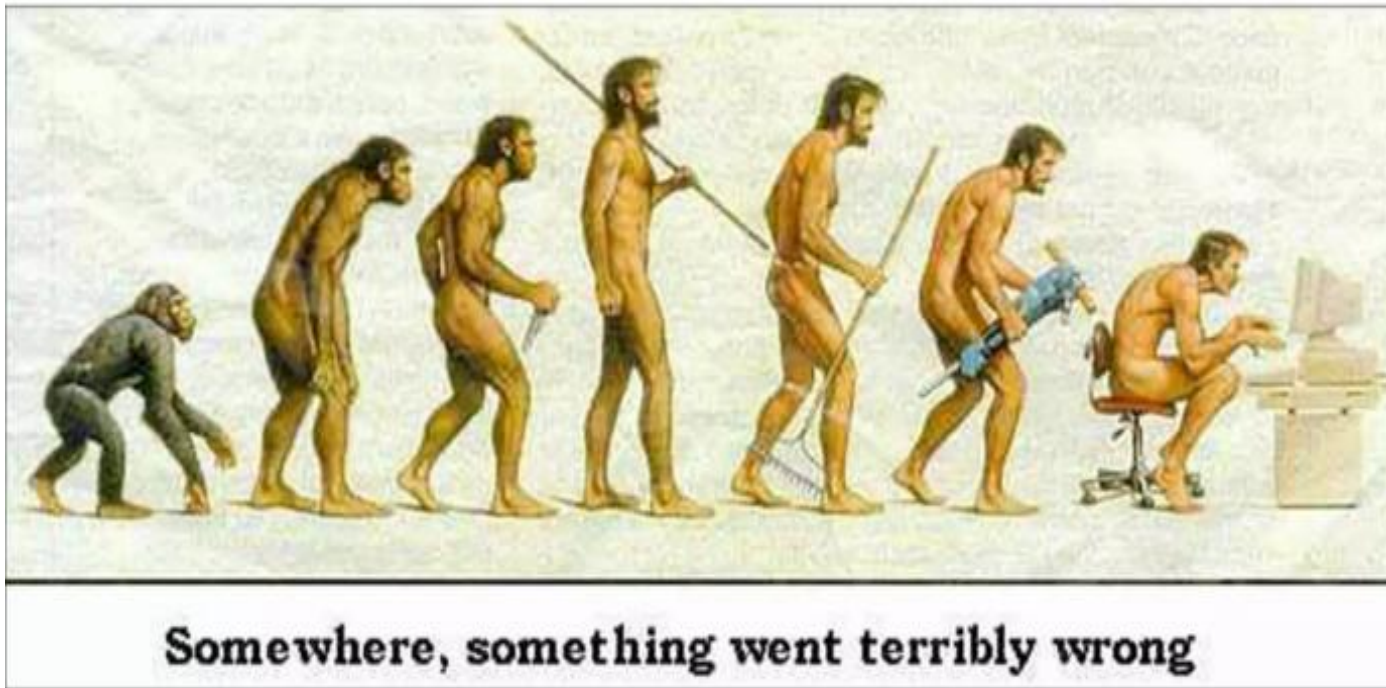
Compreender os processos adaptativos dos sistemas naturais



Para projetar software de sistemas artificiais que retém a robustez dos sistemas naturais



# Genetic Algorithm



## *Métodos de Busca*



### **BUSCA CEGA ou EXAUSTIVA:**

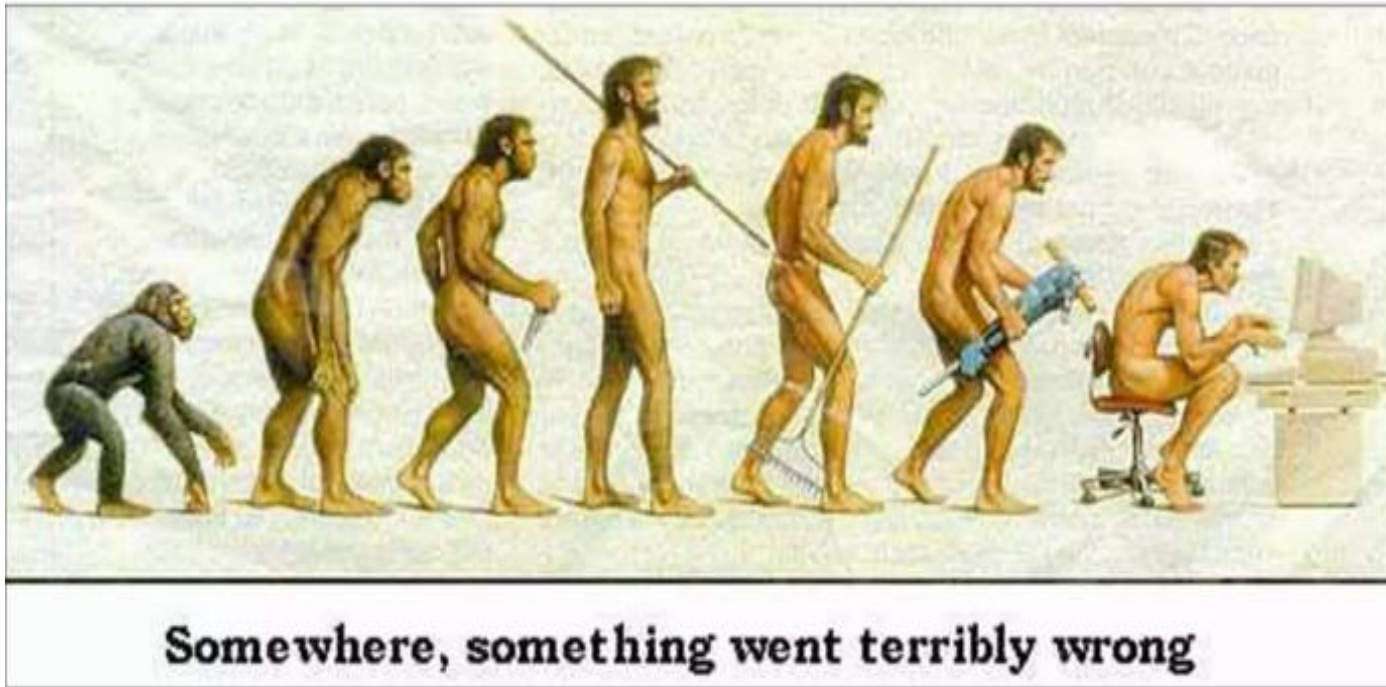
Não conhece qual o melhor nó da fronteira a ser expandido. Apenas distingue o estado objetivo dos não objetivos

### **Exemplo:**

Algoritmo de busca em largura (Breadth-First Search - BFS).

Explora todos os nós de um nível antes de passar para o próximo, sem nenhuma informação adicional sobre a distância até o objetivo. Ele não conhece qual nó expandir primeiro e pode acabar explorando muitas opções sem uma direção clara, até encontrar a solução.

# Genetic Algorithm



## *Métodos de Busca*



### **BUSCA CEGA ou EXAUSTIVA:**

Não conhece qual o melhor nó da fronteira a ser expandido. Apenas distingue o estado objetivo dos não objetivos



### **BUSCA HEURÍSTICA:**

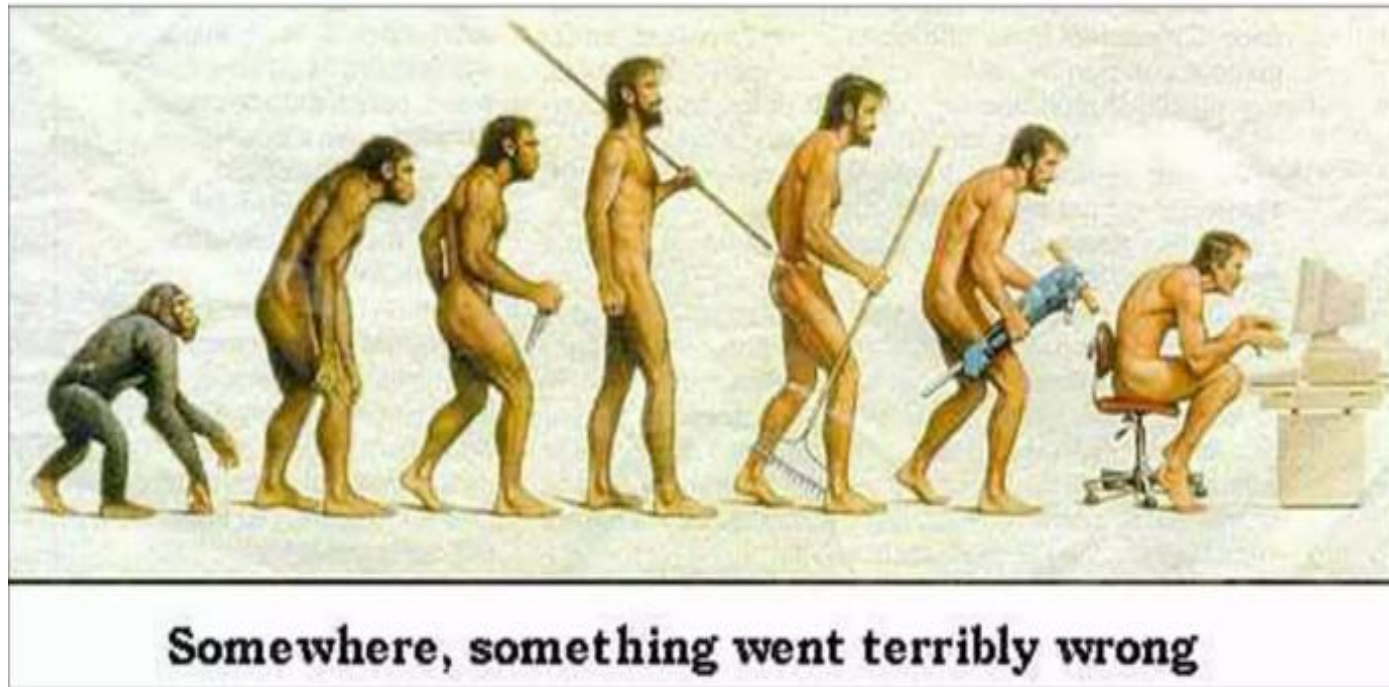
Estima qual o melhor nó da fronteira a ser expandido com base em funções heurísticas.

### **Exemplo:**

Algoritmo A\*.

Usa uma função heurística ( $h(n)$ ) que estima o custo de se chegar ao objetivo a partir de um nó específico. A combinação dessa função com o custo real de chegar até o nó ( $g(n)$ ) ajuda a determinar qual nó expandir, priorizando os mais promissores.

# Genetic Algorithm



## *Métodos de Busca*



### **BUSCA CEGA ou EXAUSTIVA:**

Não conhece qual o melhor nó da fronteira a ser expandido. Apenas distingue o estado objetivo dos não objetivos



### **BUSCA HEURÍSTICA:**

Estima qual o melhor nó da fronteira a ser expandido com base em funções heurísticas.



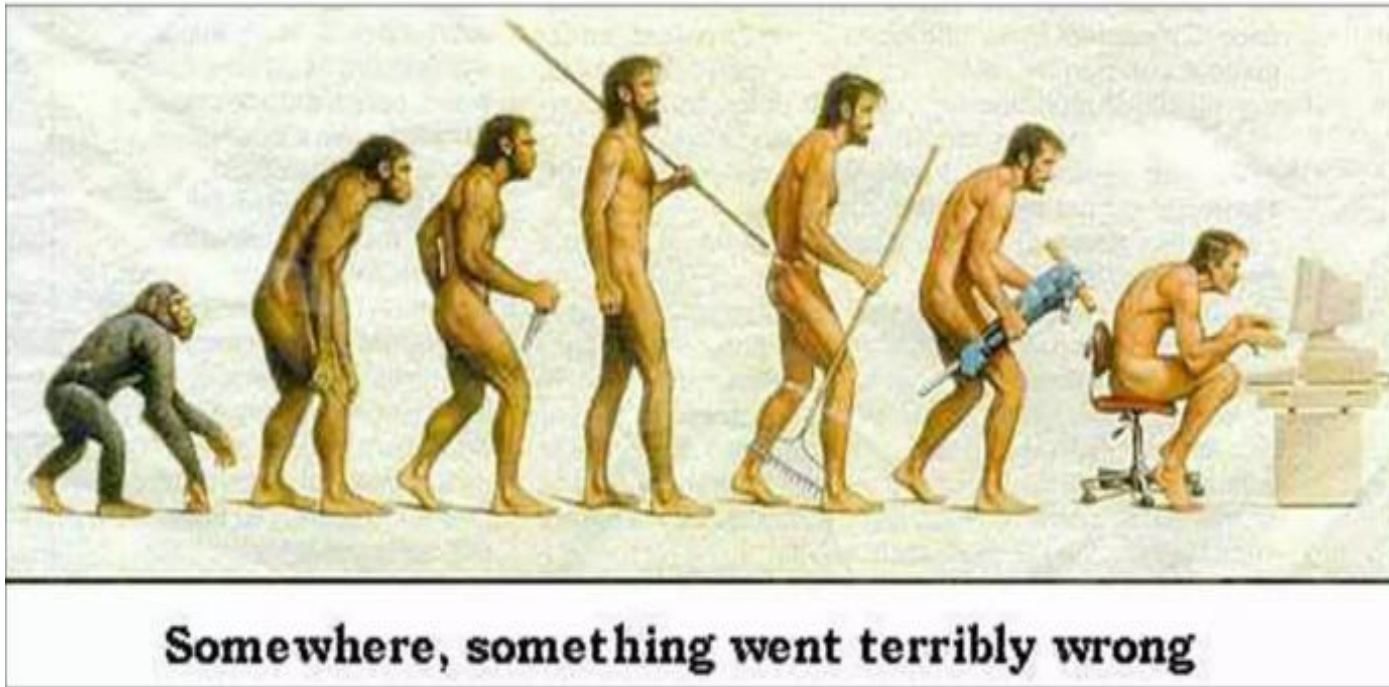
### **BUSCA LOCAL:**

Opera em um único estado e move-se para a vizinhança deste estado

A busca parte de um único estado e move-se para os estados vizinhos, buscando sempre o melhor estado adjacente, sem olhar para o futuro. Ele pode acabar em um ótimo local, sem encontrar a solução global ótima.



# Genetic Algorithm



## *Métodos de Busca*



### **BUSCA CEGA ou EXAUSTIVA:**

Não conhece qual o melhor nó da fronteira a ser expandido. Apenas distingue o estado objetivo dos não objetivos



### **BUSCA HEURÍSTICA:**

Estima qual o melhor nó da fronteira a ser expandido com base em funções heurísticas.



### **BUSCA LOCAL:**

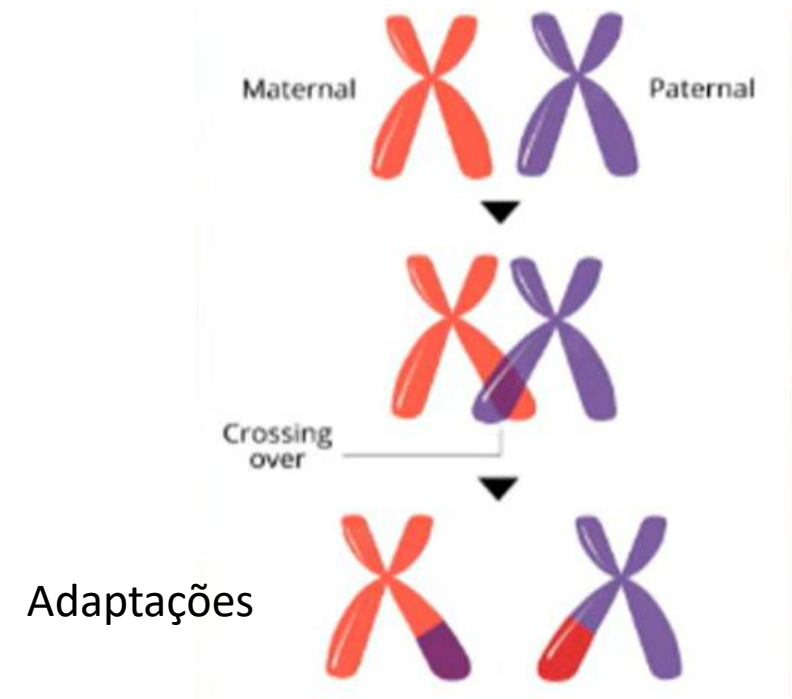
Opera em um único estado e move-se para a vizinhança deste estado



# Genetic Algorithm

## O que é?

- Algoritmos Genéticos são uma classe de procedimentos, com etapas distintas e bem definidas.
- É baseada em analogias com conceitos biológicos já testados à exaustão.
- Cada etapa distinta pode ter várias versões diferentes.



# Genetic Algorithm

## O que é?

- Algoritmos Genéticos são uma classe de procedimentos, com etapas distintas e bem definidas.
- É baseada em analogias com conceitos biológicos já testados à exaustão.
- Cada etapa distinta pode ter várias versões diferentes.

## O que agrega?

- Busca e Otimização
- Amplamente utilizados, com sucesso, em problemas de difícil manipulação pelas técnicas tradicionais
- Eficiência X Flexibilidade

# Genetic Algorithm

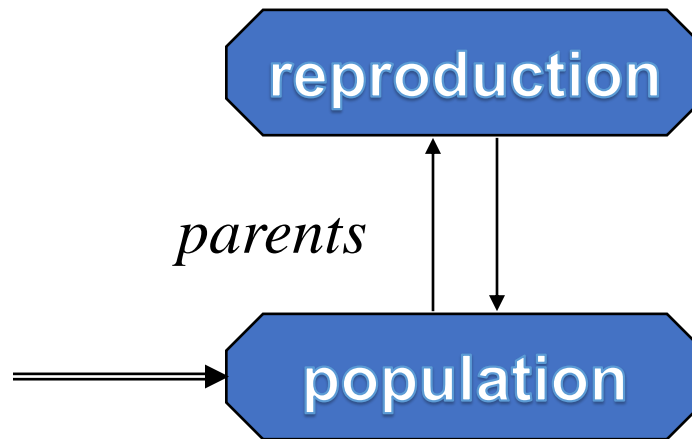


Cromossomos podem ser:

- Strings de bits (0101 ... 1100)
- Números Reais (4.2 -3.1 ...9.2)
- Lista de Regras (R1 R2 ... R10)
- ... qualquer estrutura de dados ...

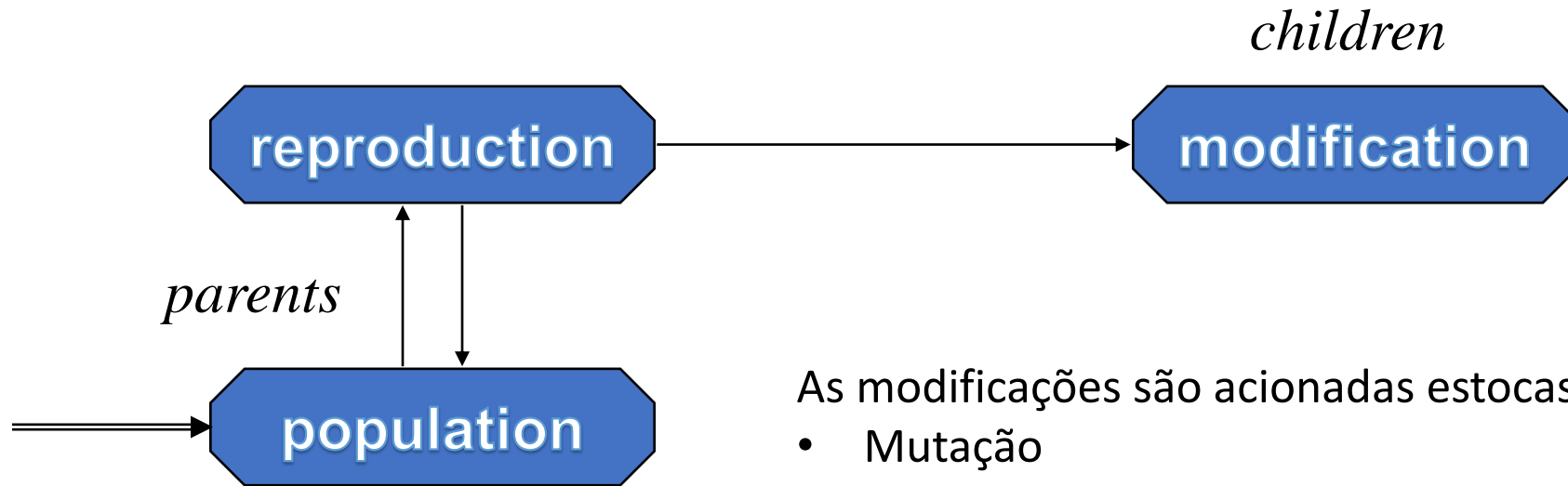


# Genetic Algorithm



Os pais são seleccionados aleatoriamente com chances de seleção tendenciosas em relação às avaliações cromossômicas.

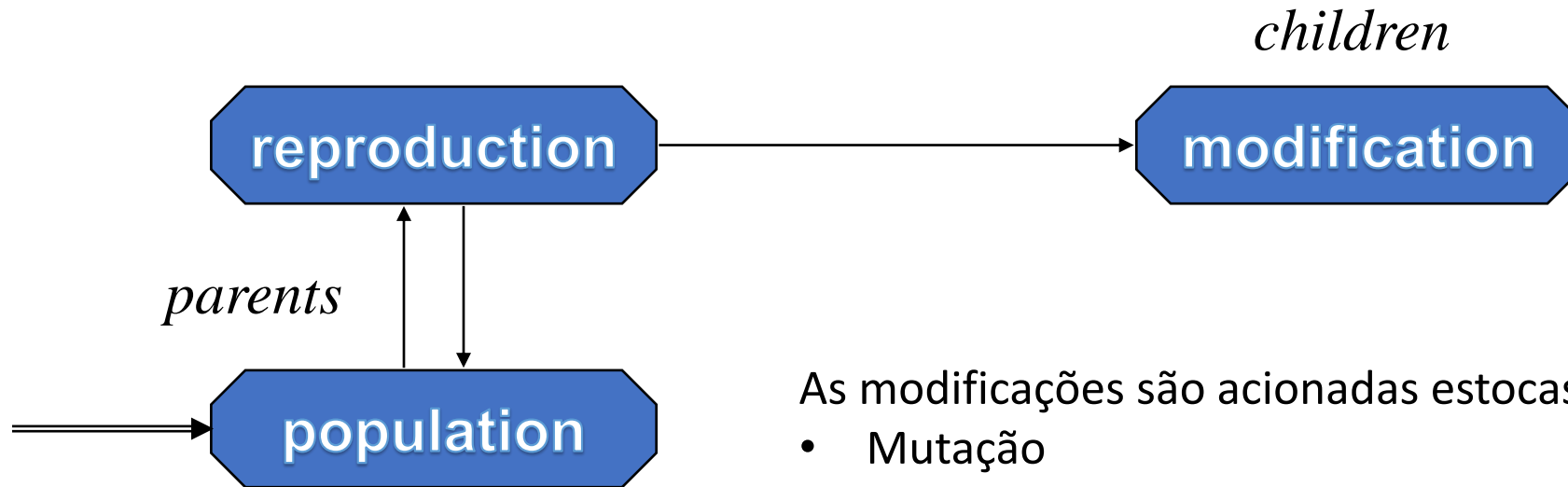
# Genetic Algorithm



As modificações são acionadas estocasticamente:

- Mutação

# Genetic Algorithm



As modificações são acionadas estocasticamente:

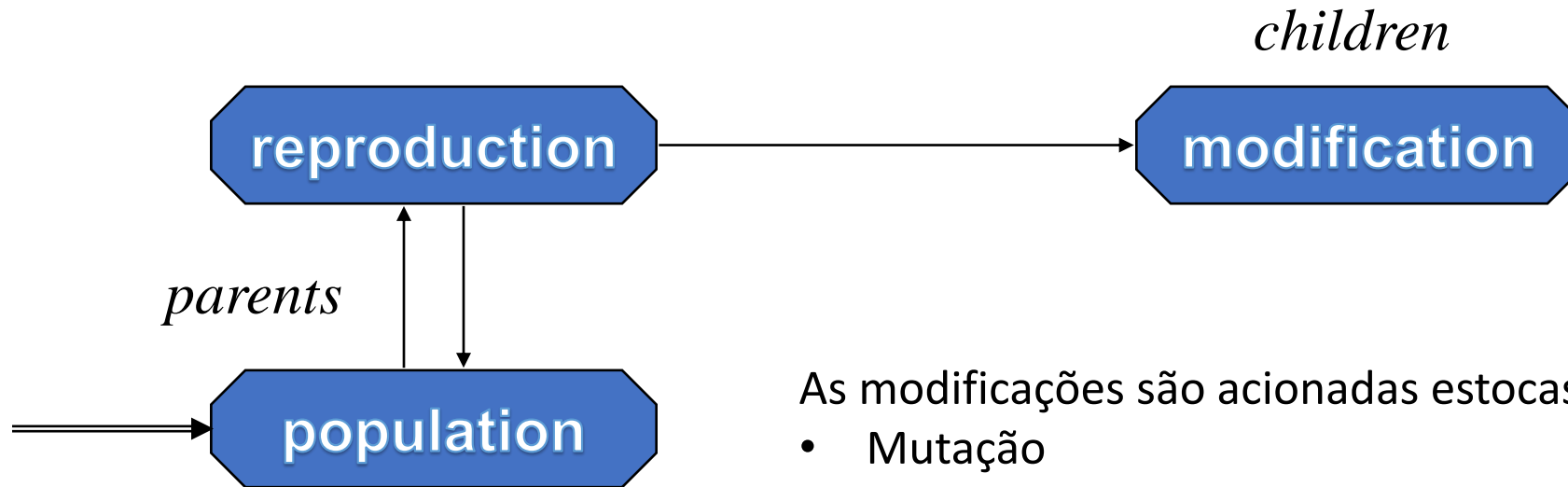
- Mutação

Before: (1 0 1 1 0 1 1 0)  
 After: (1 1 0 0 0 1 1 0)

Before: (1.38 -69.4 326.44 0.1)  
 After: (1.38 -67.5 326.44 0.1)



# Genetic Algorithm



As modificações são acionadas estocasticamente:

- Mutação

Before: (1 0 1 1 0 1 1 0)

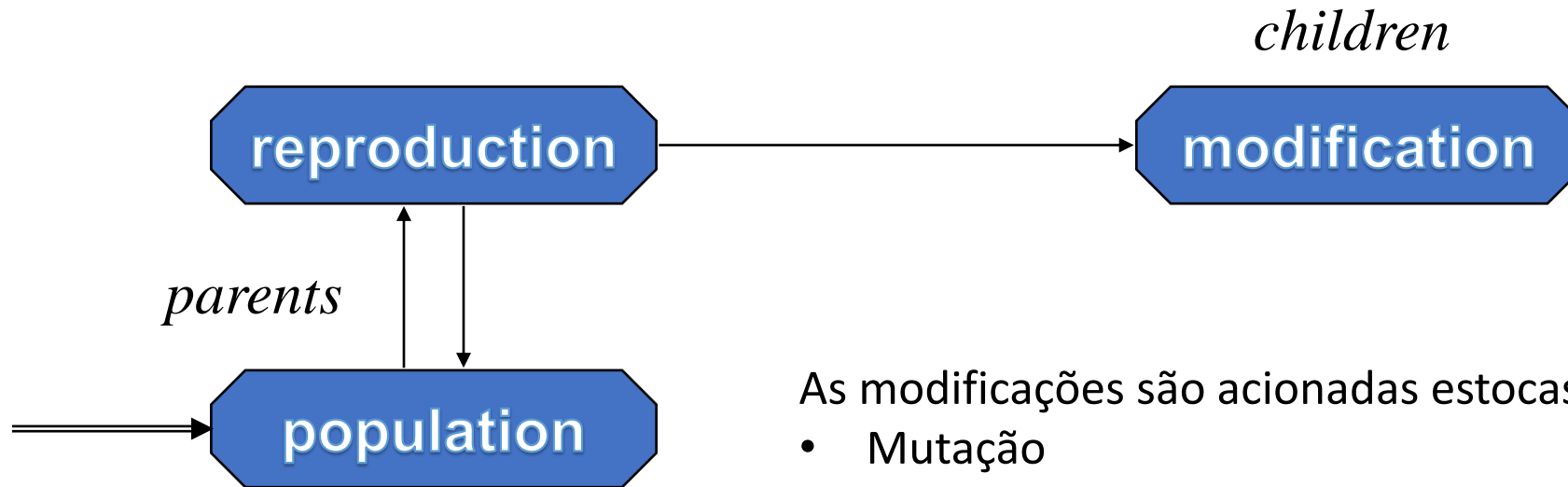
After: (1 1 0 0 0 1 1 0)

Before: (1.38 -69.4 326.44 0.1)

After: (1.38 -67.5 326.44 0.1)

- ✓ Causa movimento no espaço de busca (local ou global)
- ✓ Restaura informações perdidas para a população

# Genetic Algorithm

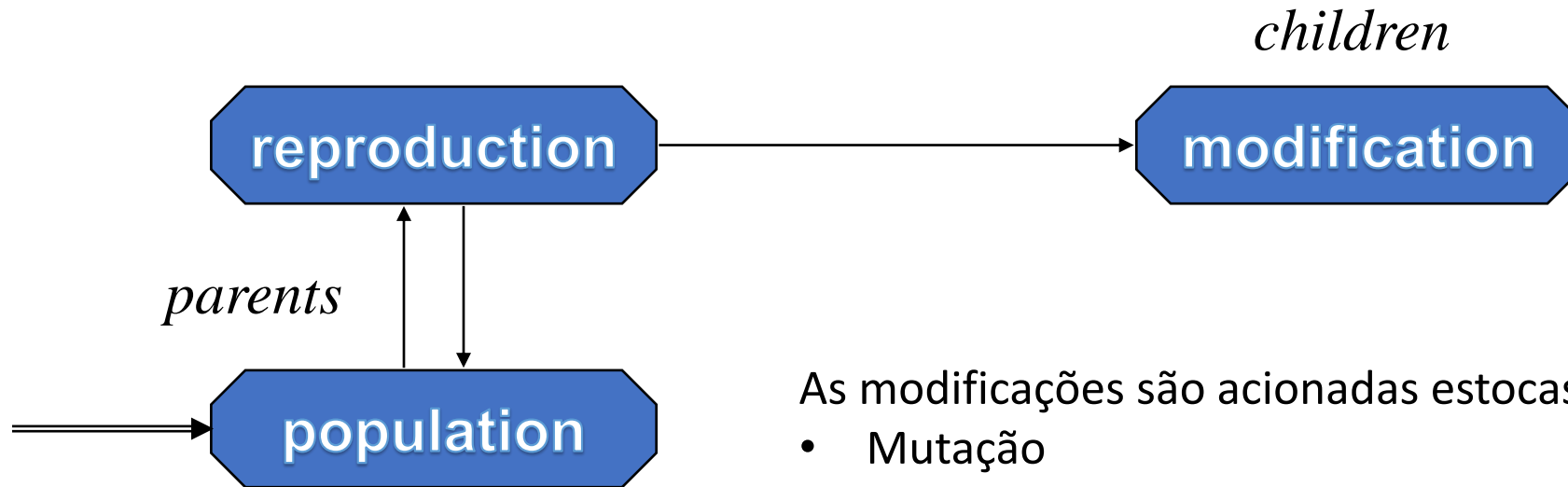


As modificações são acionadas estocasticamente:

- Mutação
- Crossover (recombination)

P1	(0 1 <b>1</b> 0 1 0 0 0)	(0 1 <b>0</b> 0 1 0 0 0)	C1
P2	(1 1 <b>0</b> 1 1 0 1 0)	(1 1 <b>1</b> 1 1 0 1 0)	C2

# Genetic Algorithm



As modificações são acionadas estocasticamente:

- Mutação
- Crossover (recombination)

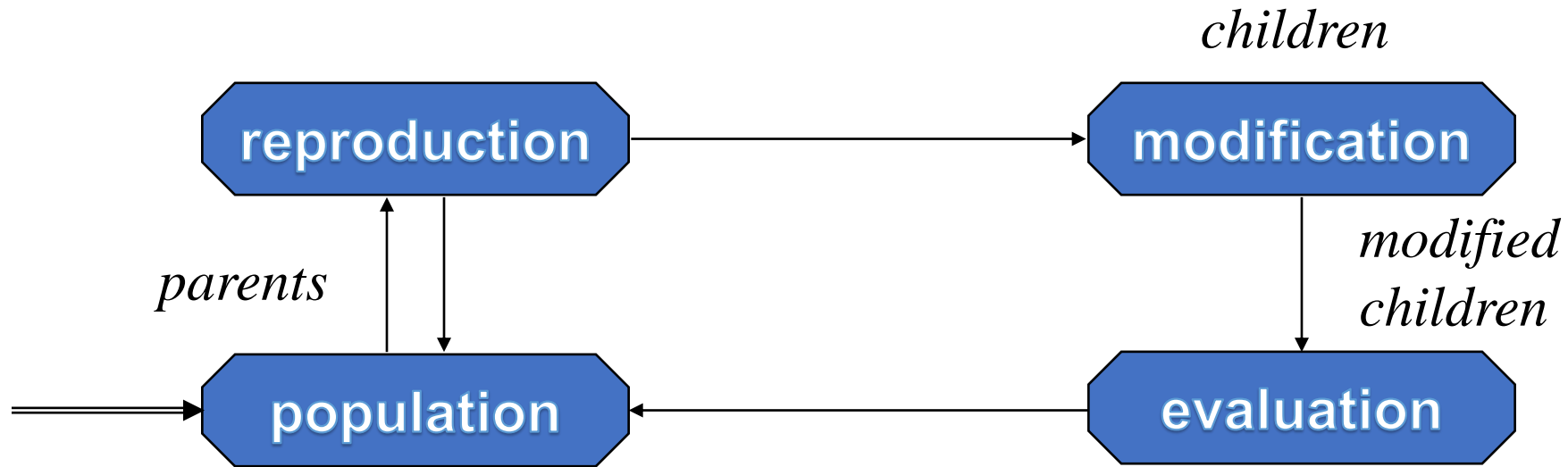
Crossover   uma característica crítica dos algoritmos genéticos:

P1	(0 1 <b>1</b> 0 1 0 0 0)	(0 1 <b>0</b> 0 1 0 0 0)	C1
P2	(1 1 <b>0</b> 1 1 0 1 0)	(1 1 <b>1</b> 1 1 0 1 0)	C2

- ✓ Acelera enormemente a pesquisa no início da evolu o de uma popula o
- ✓ Isso leva   combina o eficaz de esquemas (subsolu oes em cromossomos diferentes)

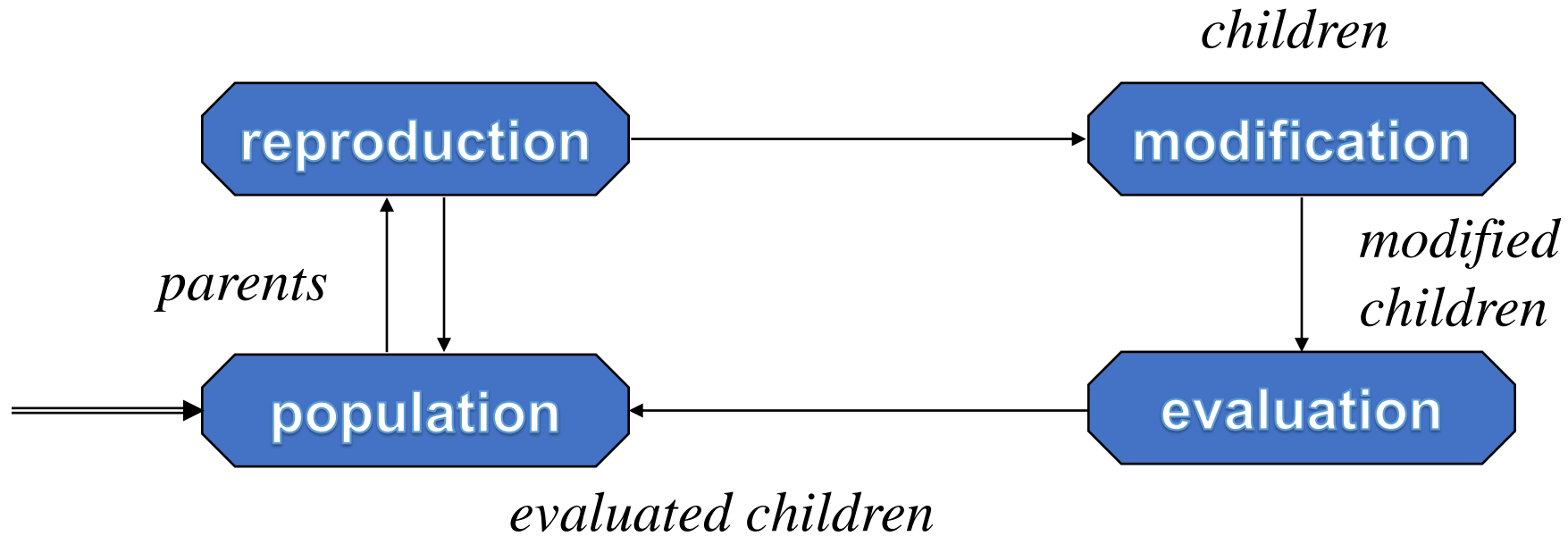


# Genetic Algorithm

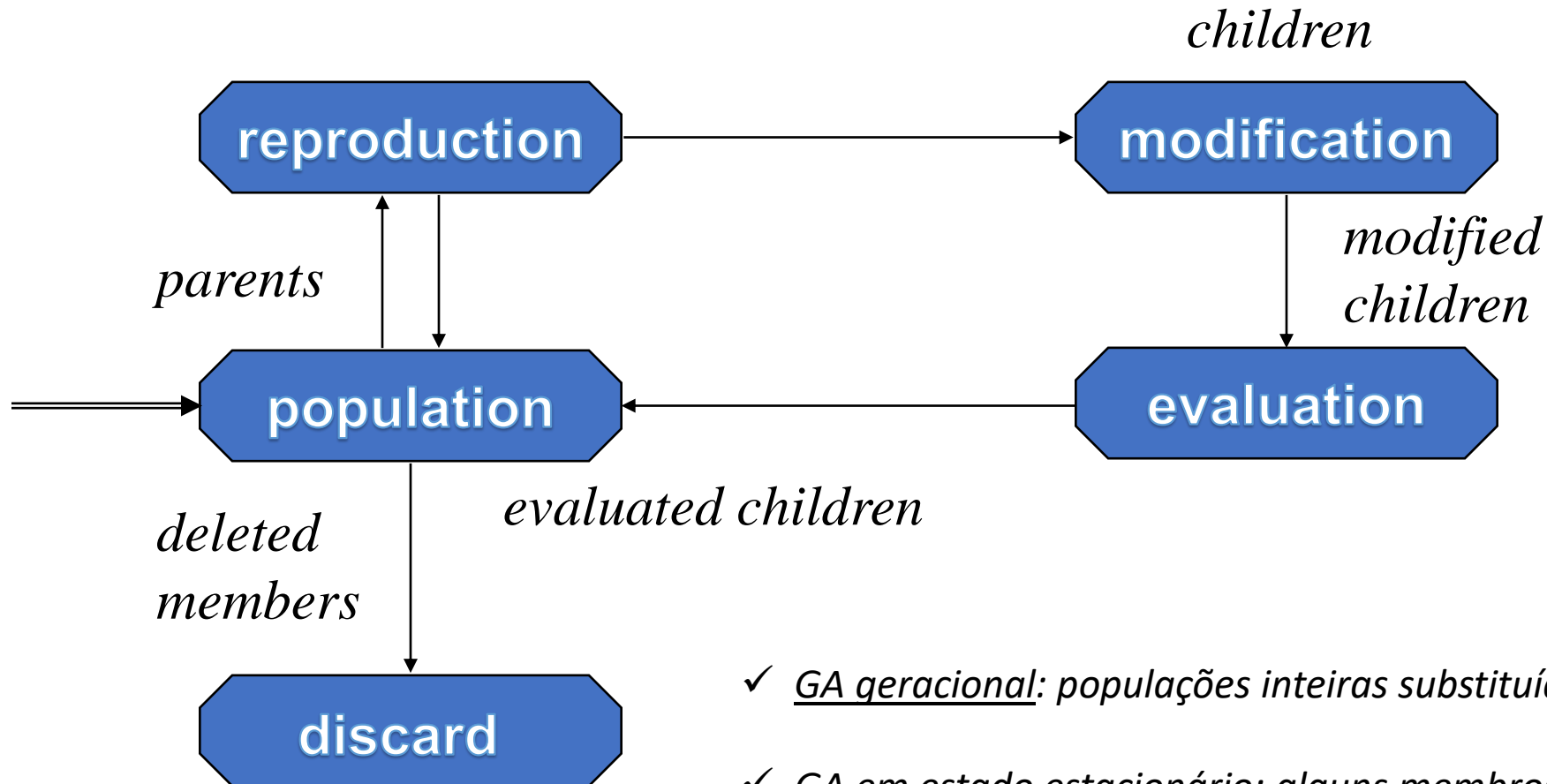


- ✓ O avaliador decodifica um cromossomo e atribui a ele uma medida de aptidão
- ✓ O avaliador é o único elo entre um Algoritmo Genético (GA) clássico e o problema que ele está resolvendo.

# Genetic Algorithm

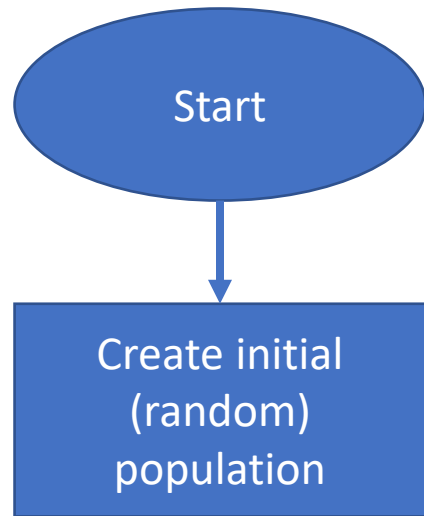


# Genetic Algorithm



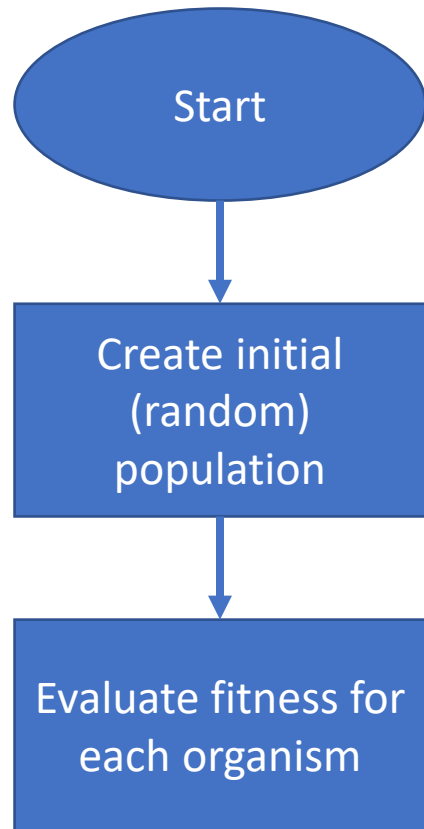
- ✓ GA geracional: populações inteiras substituídas a cada iteração
- ✓ GA em estado estacionário: alguns membros substituídos cada geração

# Genetic Algorithm

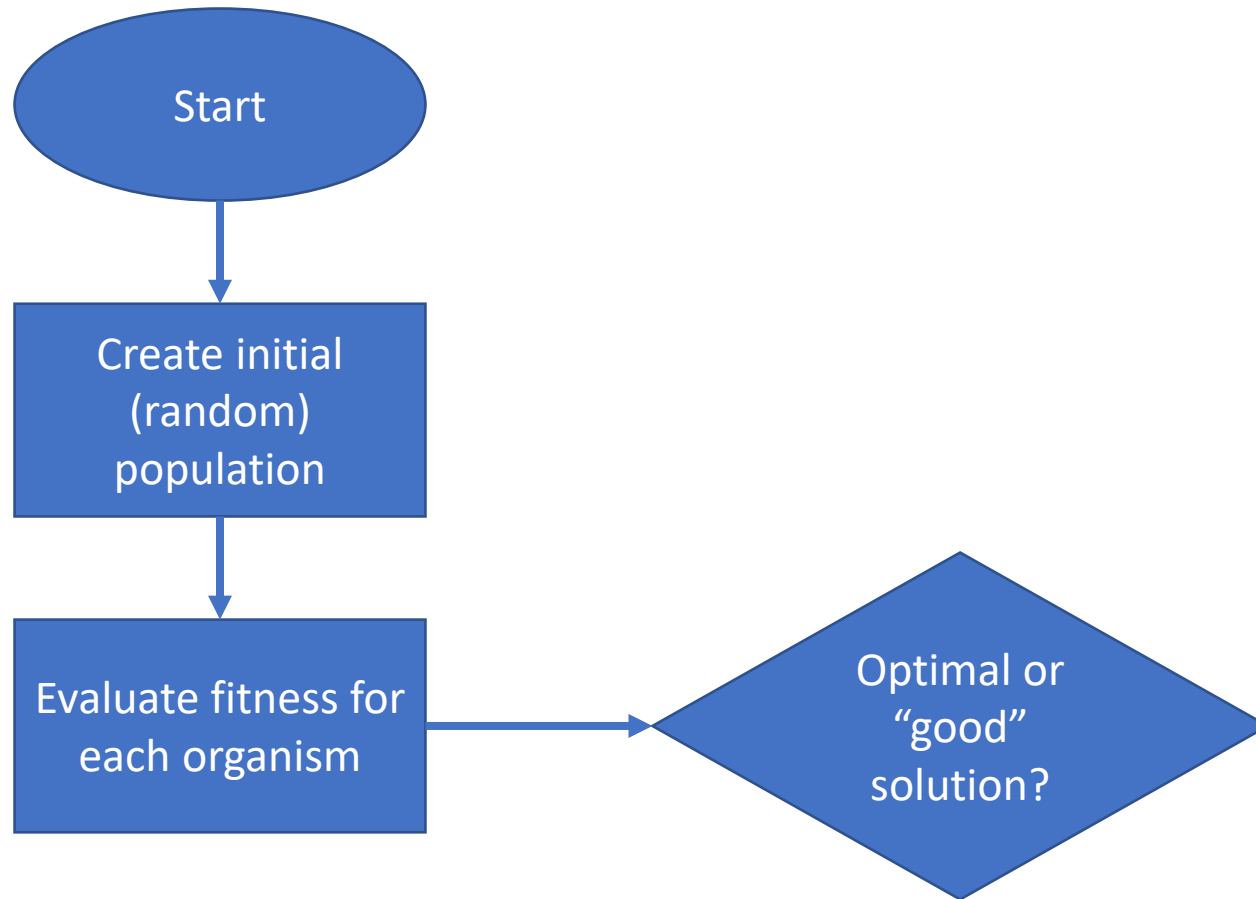




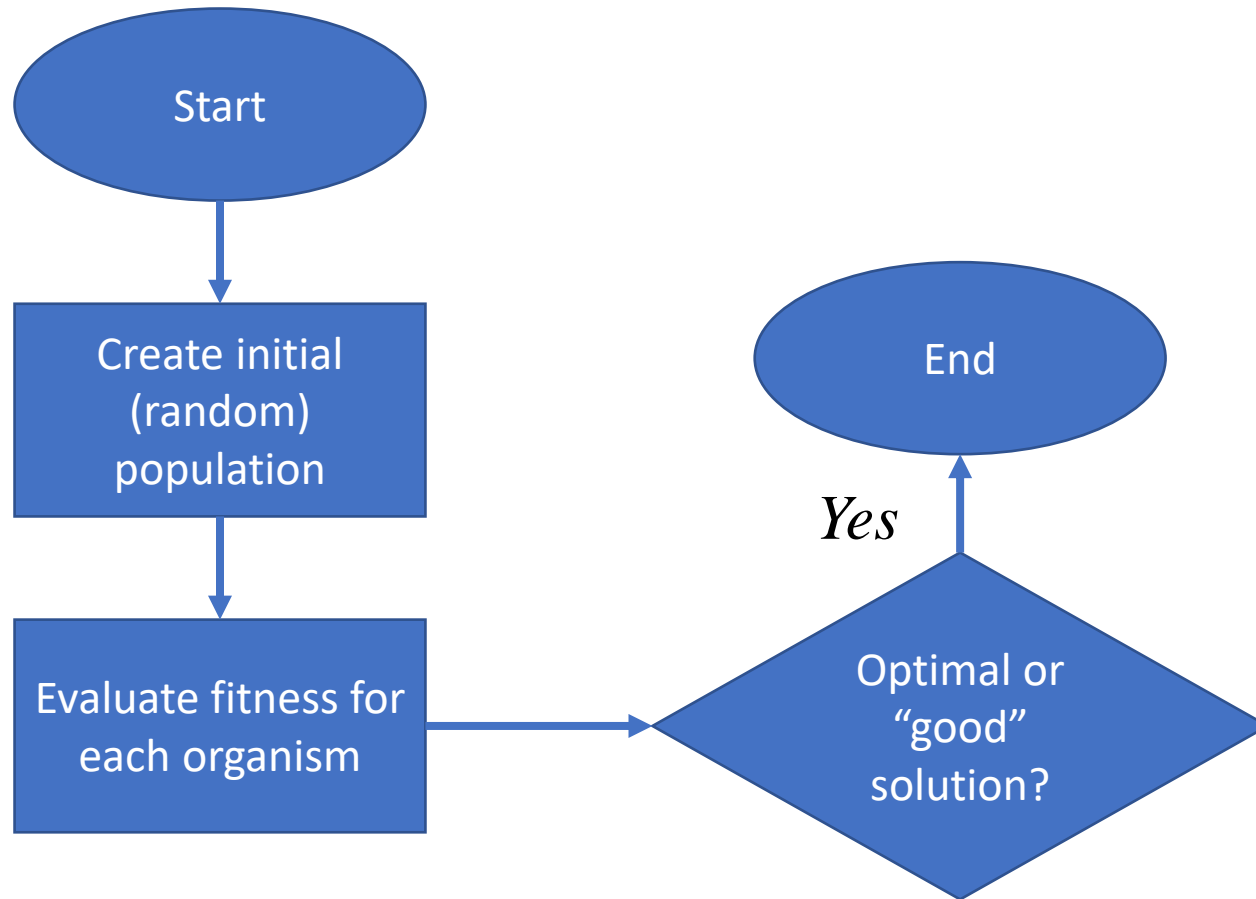
# Genetic Algorithm



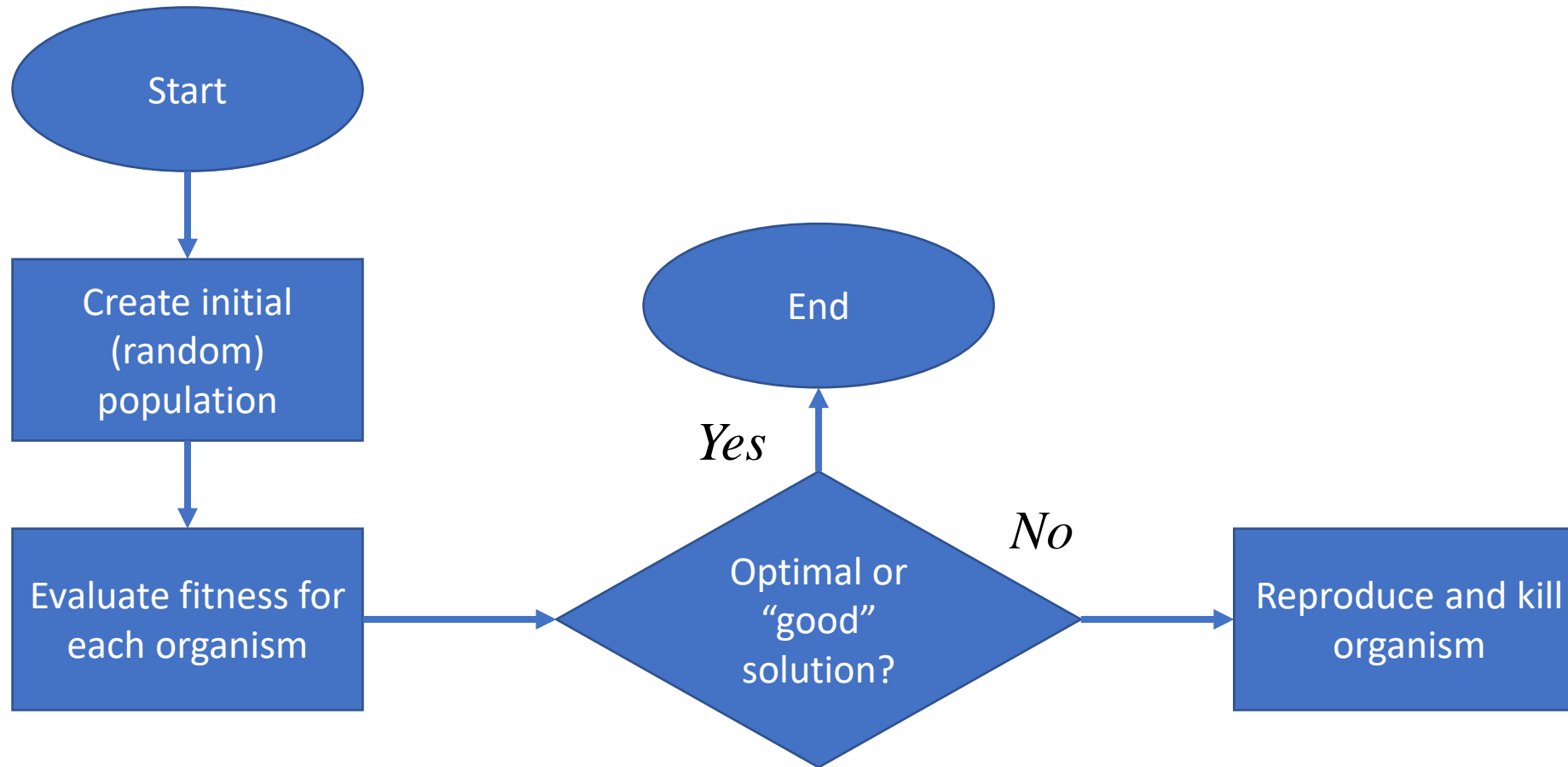
# Genetic Algorithm



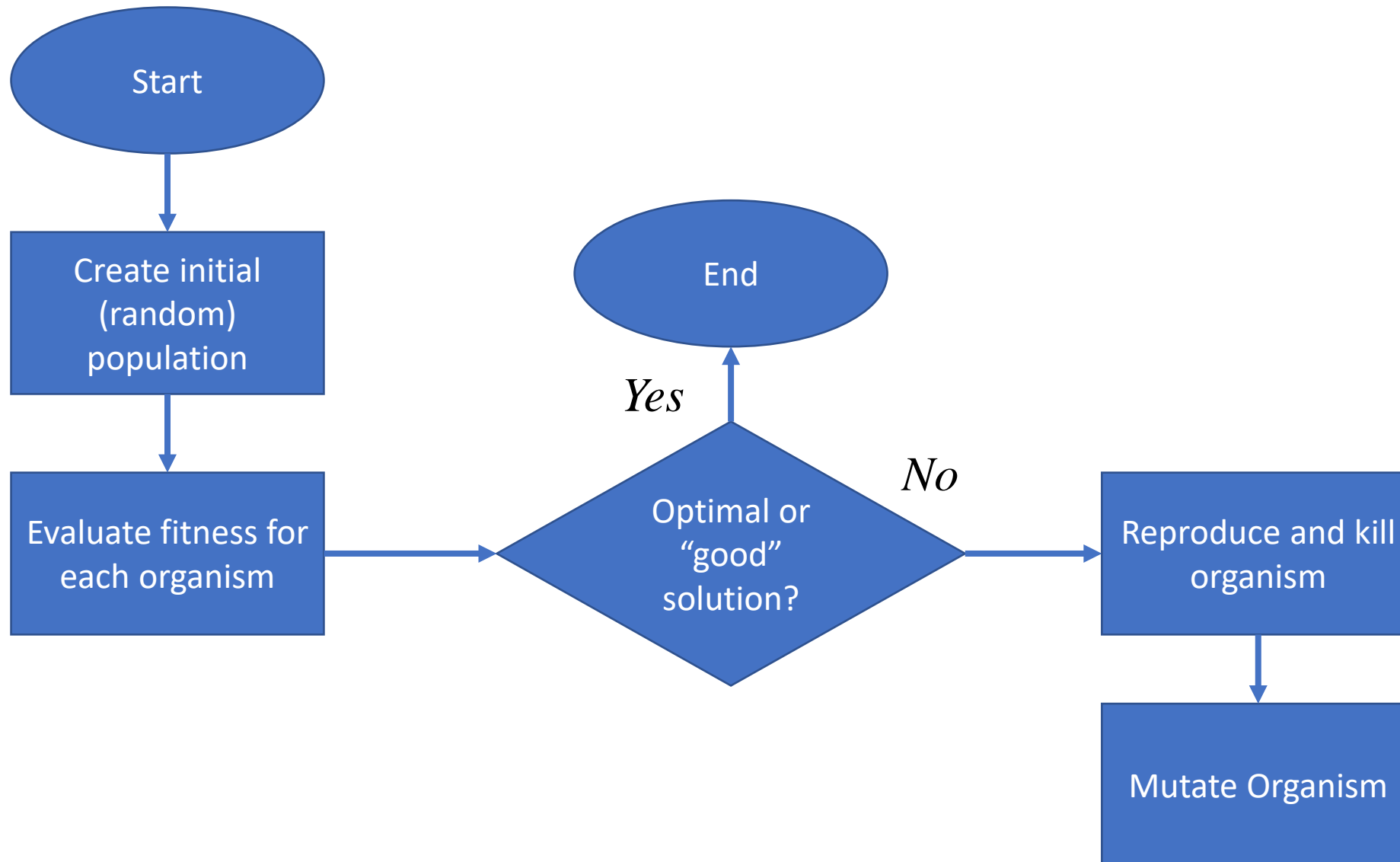
# Genetic Algorithm



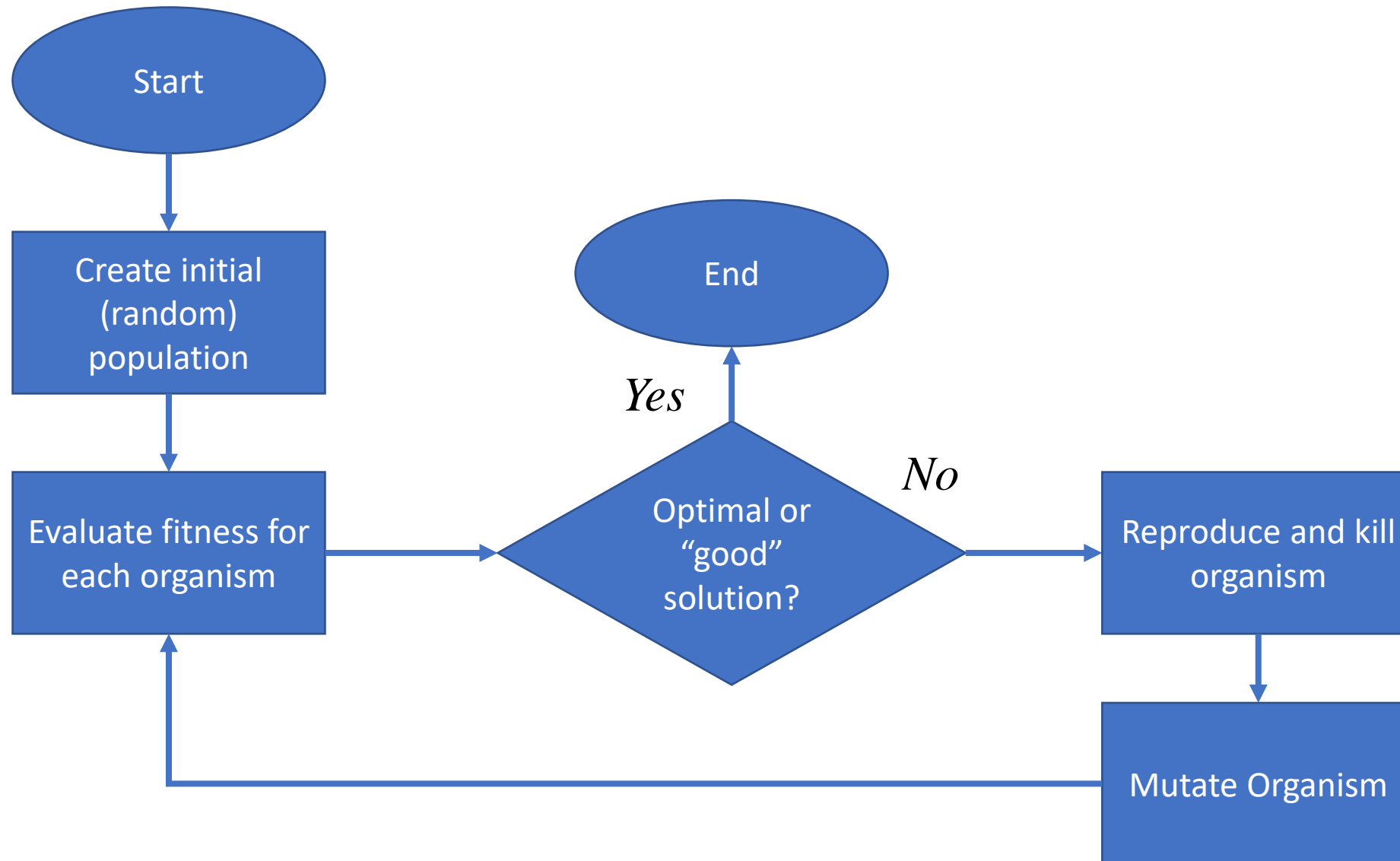
# Genetic Algorithm



# Genetic Algorithm



# Genetic Algorithm





# Genetic Algorithm

*“O Gene é de longe o programa mais sofisticado que existe.”*

- Bill Gates, *Business Week*, June 27, 1994



# Genetic Algorithm

## *Exemplo*

- 3 tipos de itens para colocar em uma Caixa (itens 1, 2 e 3)
- A capacidade da Caixa é de 20 kg
- 3 unidades do item 1 (3kg)
- 2 unidades do item 2 (5kg)
- 5 unidades do item 3 (2kg)
- Cada item tem um valor

# Genetic Algorithm

## *Exemplo*

- 3 tipos de itens para colocar em uma Caixa (itens 1, 2 e 3)
- A capacidade da Caixa é de 20 kg
- 3 unidades do item 1 (3kg)
- 2 unidades do item 2 (5kg)
- 5 unidades do item 3 (2kg)
- Cada item tem um valor

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

# Genetic Algorithm

## *Exemplo*

- 3 tipos de itens para colocar em uma Caixa (itens 1, 2 e 3)
- A capacidade da Caixa é de 20 kg
- 3 unidades do item 1 (3kg)
- 2 unidades do item 2 (5kg)
- 5 unidades do item 3 (2kg)
- Cada item tem um valor

*Quanto de cada item deve ser colocado na Caixa para que o valor total seja maximizado?*

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

# Genetic Algorithm

## *Exemplo*

- 3 tipos de itens para colocar em uma Caixa (itens 1, 2 e 3)
- A capacidade da Caixa é de 20 kg
- 3 unidades do item 1 (3kg)
- 2 unidades do item 2 (5kg)
- 5 unidades do item 3 (2kg)
- Cada item tem um valor

*Quanto de cada item deve ser colocado na Caixa para que o valor total seja maximizado?*

X1, X2, X3: Quantidades dos itens 1, 2 e 3

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

# Genetic Algorithm

## *Exemplo*

- 3 tipos de itens para colocar em uma Caixa (itens 1, 2 e 3)
- A capacidade da Caixa é de 20 kg
- 3 unidades do item 1 (3kg)
- 2 unidades do item 2 (5kg)
- 5 unidades do item 3 (2kg)
- Cada item tem um valor

*Quanto de cada item deve ser colocado na Caixa para que o valor total seja maximizado?*

X1, X2, X3: Quantidades dos itens 1, 2 e 3

### *Função objetivo*

$$\text{Max Valor} = 40 \cdot X1 + 100 \cdot X2 + 50 \cdot X3$$

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50



# Genetic Algorithm

## Exemplo

- 3 tipos de itens para colocar em uma Caixa (itens 1, 2 e 3)
- A capacidade da Caixa é de 20 kg
- 3 unidades do item 1 (3kg)
- 2 unidades do item 2 (5kg)
- 5 unidades do item 3 (2kg)
- Cada item tem um valor

*Quanto de cada item deve ser colocado na Caixa para que o valor total seja maximizado?*

X1, X2, X3: Quantidades dos itens 1, 2 e 3

### Função objetivo

$$\text{Max Valor} = 40 * X1 + 100 * X2 + 50 * X3$$

### Restrições:

- $X1 \leq 3$
- $X2 \leq 2$
- $X3 \leq 5$
- X1, X2, X3 são inteiros
- $3 * X1 + 5 * X2 + 2 * X3 \leq 20$

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

# Genetic Algorithm

## Exemplo

- 3 tipos de itens para colocar em uma Caixa (itens 1, 2 e 3)
- A capacidade da Caixa é de 20 kg
- 3 unidades do item 1 (3kg)
- 2 unidades do item 2 (5kg)
- 5 unidades do item 3 (2kg)
- Cada item tem um valor

*Quanto de cada item deve ser colocado na Caixa para que o valor total seja maximizado?*

X1, X2, X3: Quantidades dos itens 1, 2 e 3

### Função objetivo

$$\text{Max Valor} = 40 \cdot X1 + 100 \cdot X2 + 50 \cdot X3$$

### Restrições:

- $X1 \leq 3$
- $X2 \leq 2$
- $X3 \leq 5$
- X1, X2, X3 são inteiros
- $3 \cdot X1 + 5 \cdot X2 + 2 \cdot X3 \leq 20$

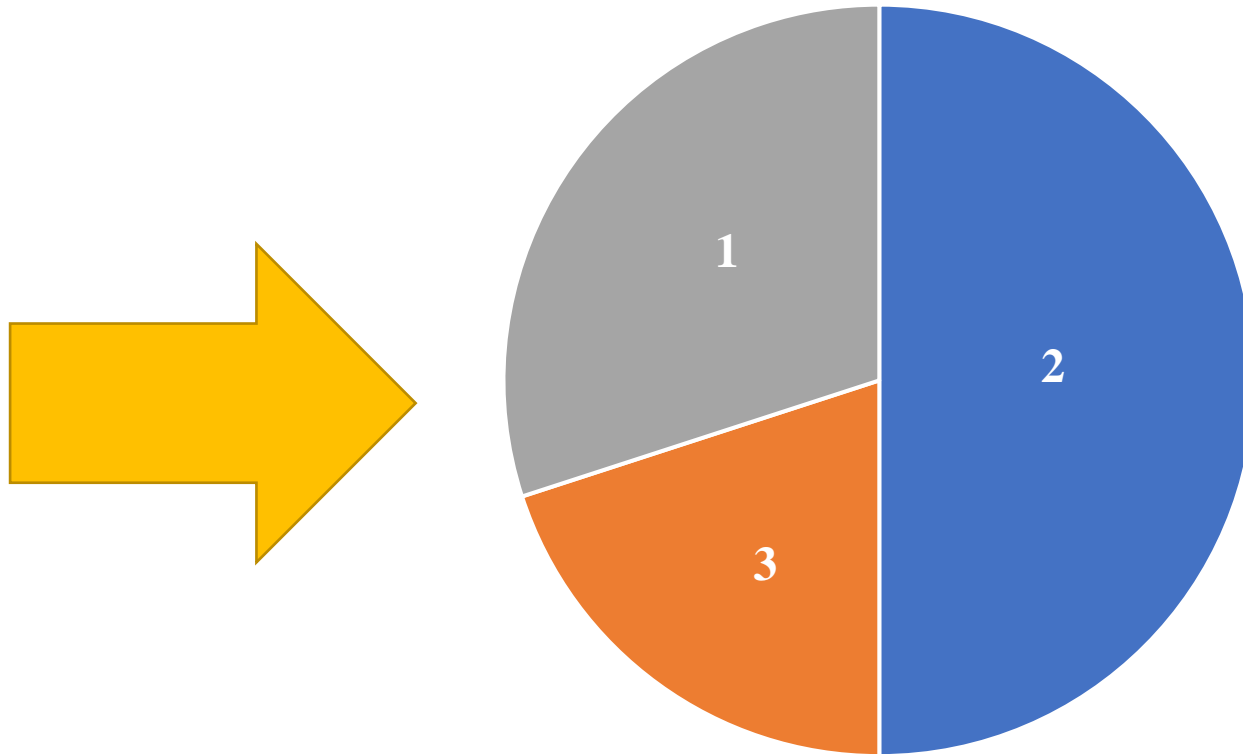
### Parametros:

- Tamanho da população: 4 indivíduos
- Seleção: roleta viciada
- Crossover

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

# Genetic Algorithm

*Exemplo*



# Genetic Algorithm

## Exemplo

- 3 tipos de itens para colocar em uma Caixa (itens 1, 2 e 3)
- A capacidade da Caixa é de 20 kg
- 3 unidades do item 1 (3kg)
- 2 unidades do item 2 (5kg)
- 5 unidades do item 3 (2kg)
- Cada item tem um valor

*Quanto de cada item deve ser colocado na Caixa pra que o valor total seja maximizado?*

X1, X2, X3: Quantidades dos itens 1, 2 e 3

### Função objetivo

$$\text{Max Valor} = 40 \cdot X1 + 100 \cdot X2 + 50 \cdot X3$$

### Parametros:

- Tamanho da população: 4 individuos
- Seleção: roleta viciada
- Crossover:
  - 50% melhores e 50% piores
  - Crossover de até 2 genes

### Restrições:

- $X1 \leq 3$
- $X2 \leq 2$
- $X3 \leq 5$
- X1, X2, X3 são inteiros
- $3 \cdot X1 + 5 \cdot X2 + 2 \cdot X3 \leq 20$

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

# Genetic Algorithm

## Exemplo

- 3 tipos de itens para colocar em uma Caixa (itens 1, 2 e 3)
- A capacidade da Caixa é de 20 kg
- 3 unidades do item 1 (3kg)
- 2 unidades do item 2 (5kg)
- 5 unidades do item 3 (2kg)
- Cada item tem um valor

*Quanto de cada item deve ser colocado na Caixa pra que o valor total seja maximizado?*

X1, X2, X3: Quantidades dos itens 1, 2 e 3

### Função objetivo

$$\text{Max Valor} = 40 \cdot X1 + 100 \cdot X2 + 50 \cdot X3$$

### Parametros:

- Tamanho da população: 4 individuos
- Seleção: roleta viciada
- Crossover:
  - 50% melhores e 50% piores
  - Crossover de até 2 genes
- Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

### Restrições:

- $X1 \leq 3$
- $X2 \leq 2$
- $X3 \leq 5$
- X1, X2, X3 são inteiros
- $3 \cdot X1 + 5 \cdot X2 + 2 \cdot X3 \leq 20$

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

# Genetic Algorithm

## Exemplo

- 3 tipos de itens para colocar em uma Caixa (itens 1, 2 e 3)
- A capacidade da Caixa é de 20 kg
- 3 unidades do item 1 (3kg)
- 2 unidades do item 2 (5kg)
- 5 unidades do item 3 (2kg)
- Cada item tem um valor

*Quanto de cada item deve ser colocado na Caixa pra que o valor total seja maximizado?*

X1, X2, X3: Quantidades dos itens 1, 2 e 3

### Função objetivo

$$\text{Max Valor} = 40 \cdot X1 + 100 \cdot X2 + 50 \cdot X3$$

### Parametros:

- Tamanho da população: 4 indivíduos
- Seleção: roleta viciada
- Crossover:
  - 50% melhores e 50% piores
  - Crossover de até 2 genes
- Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene
- Critério de parada: 2 iterações sem melhora

### Restrições:

- $X1 \leq 3$
- $X2 \leq 2$
- $X3 \leq 5$
- X1, X2, X3 são inteiros
- $3 \cdot X1 + 5 \cdot X2 + 2 \cdot X3 \leq 20$

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50



# Genetic Algorithm

## *Exemplo*

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

População    Tamanho da população: 4 indivíduos

	Item 1	Item 2	Item 3
Ind 1	2	1	0
Ind 2	3	2	3
Ind 3	1	0	5
Ind 4	2	1	1

# Genetic Algorithm

## Exemplo

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

População Tamanho da população: 4 indivíduos

	Item 1	Item 2	Item 3	$3*X1 + 5*X2 + 2*X3 \leq 20$
Ind 1	2	1	0	$3*2+1*5+0*2 = 11 \leq 20$
Ind 2	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b><math>3*3+2*5+3*2 = 25 &gt; 20</math></b>
Ind 3	1	0	5	$3*1+0*5+5*2 = 13 \leq 20$
Ind 4	2	1	1	$3*2+1*5+1*2 = 13 \leq 20$

# Genetic Algorithm

## Exemplo

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

População Tamanho da população: 4 indivíduos

	Item 1	Item 2	Item 3
Ind 1	2	1	0
Ind 2	3	2	3
Ind 3	1	0	5
Ind 4	2	1	1
Ind 5	0	1	0

$$3*X1 + 5*X2 + 2*X3 \leq 20$$

$$0*3+1*5+0*2 = 5 \leq 20$$

# Genetic Algorithm

## *Exemplo*

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

## *População 1*

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
B	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

# Genetic Algorithm

## *Exemplo*

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

## *Função objetivo*

$$\text{Max Valor} = 40 \cdot X_1 + 100 \cdot X_2 + 50 \cdot X_3$$

## *População 1*

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
B	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

# Genetic Algorithm

## Exemplo

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **B (290)**

## População 1

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
B	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

# Genetic Algorithm

## Exemplo

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **B (290)**

Crossover:

- 50% melhores e 50% piores
- Crossover de até 2 genes

## População 1

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
B	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

## Criar a População 2 : seleção dos pais



# Genetic Algorithm

## *Exemplo*

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **B (290)**

## População 1

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
B	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

## Criar a População 2 : seleção dos pais

Melhor	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
B	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230

# Genetic Algorithm

## Exemplo

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **B (290)**

Seleção: roleta viciada

## População 1

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
B	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

## Criar a População 2 : seleção dos pais

Melhor	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
B	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230

Pior	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
D	0	1	0	5	100

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **B (290)**

Seleção: roleta viciada

B – maior probabilidade

D – menor probabilidade

## População 1

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
B	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

## Criar a População 2 : seleção dos pais

Melhor	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
B	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230

Pior	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
D	0	1	0	5	100

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **B (290)**

## População 1

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
<b>B</b>	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

## Criar a População 2 : seleção dos pais



Melhor	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
B	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230



Pior	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
D	0	1	0	5	100

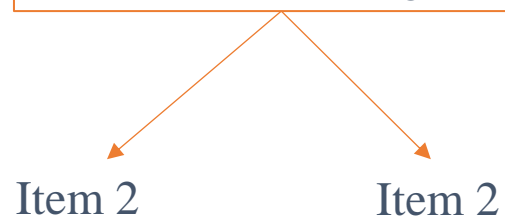
# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **B (290)**

Crossover de até 2 genes



## População 1

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
<b>B</b>	1	0	5	13	370
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

## Criar a População 2 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
B	1	<b>0</b>	5	13	370
A	2	<b>1</b>	0	11	180

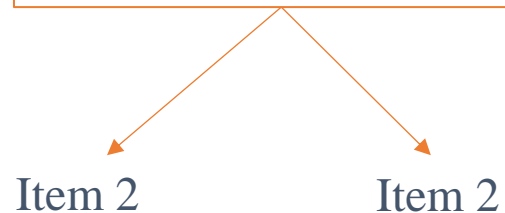
# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **B (290)**

Crossover de até 2 genes



## População 1

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
<b>B</b>	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

## Criar a População 2 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
B	1	<b>0</b>	5	13	290
A	2	<b>1</b>	0	11	180

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
E	1	<b>1</b>	5		
F	2	<b>0</b>	0		

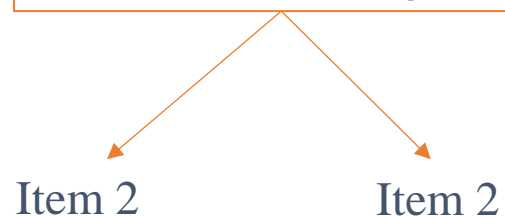
# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **B (290)**

Crossover de até 2 genes



## População 1

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
<b>B</b>	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

## Criar a População 2 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
B	1	<b>0</b>	5	13	290
A	2	<b>1</b>	0	11	180

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
E	1	<b>1</b>	5	18	390
F	2	<b>0</b>	0	6	80

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **B (290)**

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene



Sem mutação

## População 1

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
A	2	1	0	11	180
<b>B</b>	1	0	5	13	290
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100

## Criar a População 2 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
B	1	<b>0</b>	5	13	290
A	2	<b>1</b>	0	11	180

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
E	1	<b>1</b>	5	18	390
F	2	<b>0</b>	0	6	80



# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **B (290)**

## População 2

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100
E	1	1	5	18	390
F	2	0	0	6	80

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)**

## População 2

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100
E	1	1	5	18	390
F	2	0	0	6	80

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)**

## População 2

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100
<b>E</b>	1	1	5	18	390
F	2	0	0	6	80

## Criar a População 3 : Crossover

Melhor	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
E	1	1	5	18	390
C	2	1	1	13	230

Pior	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
D	0	1	0	5	100
F	2	0	0	6	80

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)**

## População 2

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100
<b>E</b>	1	1	5	18	390
F	2	0	0	6	80

## Criar a População 3 : Crossover



Melhor	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
E	1	1	5	18	390
C	2	1	1	13	230



Pior	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
D	0	1	0	5	100
F	2	0	0	6	80

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)**

## População 2

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100
E	1	1	5	18	390
F	2	0	0	6	80

## Criar a População 3 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
E	1	1	5	18	390
D	0	1	0	5	100

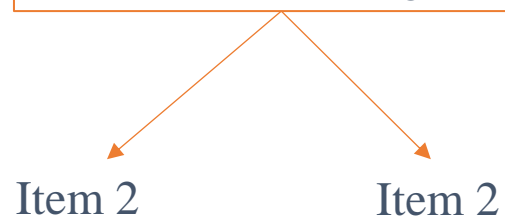
# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)**

Crossover de até 2 genes



## População 2

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100
<b>E</b>	1	1	5	18	390
F	2	0	0	6	80

## Criar a População 3 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
E	1	<b>1</b>	5	18	390
D	0	<b>1</b>	0	5	100

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	1	<b>1</b>	5	18	390
H	0	<b>1</b>	0	5	100

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)**

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene



Sem mutação

## População 2

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
D	0	1	0	5	100
<b>E</b>	1	1	5	18	390
F	2	0	0	6	80

## Criar a População 3 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
E	1	<b>1</b>	5	18	390
D	0	<b>1</b>	0	5	100

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	1	<b>1</b>	5	18	390
H	0	<b>1</b>	0	5	100

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)**

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100



# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

$G(390) = E(390)$

Não houve melhora

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>G</b>	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

## Criar a População 4 : Crossover



Melhor	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	1	1	5	18	390
C	2	1	1	13	230



Pior	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
H	0	1	0	5	100
F	2	0	0	6	80

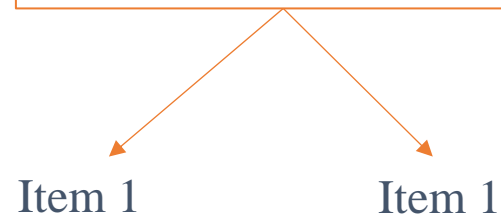
# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

Crossover de até 2 genes



## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>G</b>	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

## Criar a População 4 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	<b>1</b>	1	5	18	390
H	<b>0</b>	1	0	5	100

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	<b>0</b>	1	5	15	350
J	<b>1</b>	1	0	8	140

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Com mutação

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>G</b>	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

## Criar a População 4 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	<b>1</b>	1	5	18	390
H	<b>0</b>	1	0	5	100

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	<b>0</b>	1	5	15	350
J	<b>1</b>	1	0	8	140

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Com mutação

Qual filho? Filho I

Qual item? Item 1

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>G</b>	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

## Criar a População 4 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	<b>1</b>	1	5	18	390
H	<b>0</b>	1	0	5	100

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	1	5	15	350
J	1	1	0	8	140

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Com mutação

Qual filho? Filho I

Qual item? Item 1

Qual valor (0 a 3)? Valor 2

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

## Criar a População 4 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	1	5	15	350
J	1	1	0	8	140

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Com mutação

Qual filho? Filho I

Qual item? Item 1

Qual valor (0 a 3)? Valor 2

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>G</b>	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

## Criar a População 4 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	<b>1</b>	1	5	18	390
H	<b>0</b>	1	0	5	100

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	<b>2</b>	1	5		
J	1	1	0	8	140

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Com mutação

Qual filho? Filho I

Qual item? Item 1

Qual valor (0 a 3)? Valor 2

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

## Criar a População 4 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	<b>1</b>	1	5	18	390
H	<b>0</b>	1	0	5	100

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	<b>2</b>	1	5	<b>21</b>	430
J	1	1	0	8	140



# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Com mutação

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

## Criar a População 4 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100



FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	1	5	15	350
J	1	1	0	8	140

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Com mutação

Qual filho? Filho I

Qual item? Item 2

Qual valor (0 a 3)? Valor 2

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

## Criar a População 4 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	1	5	15	350
J	1	1	0	8	140

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Com mutação

Qual filho? Filho I

Qual item? Item 2

Qual valor (0 a 3)? Valor 2

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

## Criar a População 4 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	2	5		
J	1	1	0	8	140

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Com mutação

Qual filho? Filho I

Qual item? Item 2

Qual valor (0 a 3)? Valor 2

## População 3

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

## Criar a População 4 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
G	1	1	5	18	390
H	0	1	0	5	100

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	2	5	20	450
J	1	1	0	8	140

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **E (390)** NÃO ALTERA = 1

## População 4

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
I	0	2	5	20	450
J	1	1	0	8	140

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 0

## População 4

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>I</b>	0	2	5	20	450
J	1	1	0	8	140

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 0

## População 4

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>I</b>	0	2	5	20	450
J	1	1	0	8	140

## Criar a População 5 : Crossover



Melhor	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	2	5	20	450
C	2	1	1	13	230



Pior	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
J	1	1	0	8	140
F	2	0	0	6	80

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 0

Crossover de até 2 genes

Item 2

Item 2

## População 4

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
I	0	2	5	20	450
J	1	1	0	8	140

## Criar a População 5 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	2	5	20	450
J	1	1	0	8	140



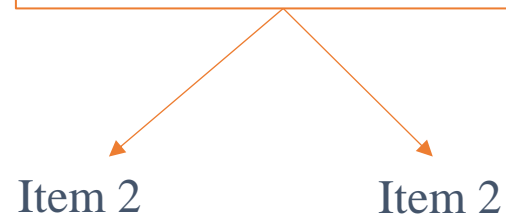
# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 0

Crossover de até 2 genes



## População 4

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>I</b>	0	2	5	20	450
J	1	1	0	8	140

## Criar a População 5 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	<b>2</b>	5	20	450
J	1	<b>1</b>	0	8	140

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
K	0	<b>1</b>	5	15	350
L	1	<b>2</b>	0	13	240

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 0

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Sem mutação

## População 4

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>I</b>	0	2	5	20	450
J	1	1	0	8	140

## Criar a População 5 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	<b>2</b>	5	20	450
J	1	<b>1</b>	0	8	140

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
K	0	<b>1</b>	5	15	350
L	1	<b>2</b>	0	13	240

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 1

## População 5

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
K	0	1	5	15	350
L	1	2	0	13	240

## Criar a População 6 : Crossover



Melhor	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
K	0	1	5	15	350
L	1	2	0	13	240



Pior	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 1

Crossover de até 2 genes

Item 2

Item 1

## População 5

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>K</b>	0	1	5	15	350
L	1	2	0	13	240

## Criar a População 6 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
K	0	1	5	15	350
C	2	1	1	13	230

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
M	<b>2</b>	<b>1</b>	5	21	350
N	<b>0</b>	<b>1</b>	1	7	150

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 1

Crossover de até 2 genes

Item 2

Item 1

## População 5

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>K</b>	0	1	5	15	350
L	1	2	0	13	240

## Criar a População 6 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
K	↑ <b>0</b> ↓	↑ <b>1</b> ↓	5	15	350
C	↑ <b>2</b> ↓	↑ <b>1</b> ↓	1	13	230

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
M	<b>2</b>	<b>1</b>	5	21	350
N	<b>0</b>	<b>1</b>	1	7	150

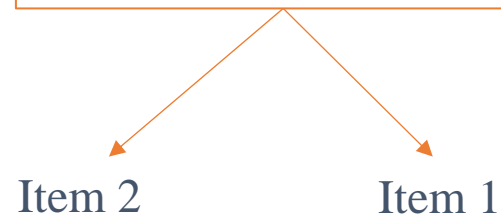
# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 1

Crossover de até 2 genes



REFAZER!!!!

## População 5

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>K</b>	0	1	5	15	350
L	1	2	0	13	240

## Criar a População 6 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
K	<b>0</b>	<b>1</b>	5	15	350
C	<b>2</b>	<b>1</b>	1	13	230

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
M	<b>2</b>	<b>1</b>	5	<b>21</b>	350
N	<b>0</b>	<b>1</b>	1	7	150

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 1

Crossover de até 2 genes

Item 3

Item 1

## População 5

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
K	0	1	5	15	350
L	1	2	0	13	240

## Criar a População 6 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
K	<b>0</b>	1	<b>5</b>	15	350
C	<b>2</b>	1	<b>1</b>	13	230

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
M	<b>2</b>	1	<b>1</b>	13	230
N	<b>0</b>	1	<b>5</b>	15	350

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 1

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Com mutação

Qual filho? Filho N

Qual item? Item 2

Qual valor (0 a 3)? Valor 2



## População 5

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>K</b>	0	1	5	15	350
L	1	2	0	13	240

## Criar a População 6 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
K	<b>0</b>	1	<b>5</b>	15	350
C	<b>2</b>	1	<b>1</b>	13	230

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
M	2	1	1	13	230
N	0	1	5	15	350



# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 1

Mutação: 10% de chance do filho sofrer mutação em um gene

Com mutação

Qual filho? Filho N

Qual item? Item 2

Qual valor (0 a 3)? Valor 2



## População 5

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
C	2	1	1	13	230
F	2	0	0	6	100
<b>K</b>	0	1	5	15	350
L	1	2	0	13	240

## Criar a População 6 : Crossover

PAI	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
K	<b>0</b>	1	<b>5</b>	15	350
C	<b>2</b>	1	<b>1</b>	13	230

FILHO	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
M	2	1	1	13	230
N	0	<b>2</b>	5	20	450

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 1

## População 6

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
L	1	2	0	13	240
F	2	0	0	6	100
M	2	1	1	13	230
N	0	2	5	20	450

# Genetic Algorithm

## Example

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

Best: **I (450)** NÃO ALTERA = 2

$$N(450) = I(450)$$

Não houve melhora

## População 6

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
L	1	2	0	13	240
F	2	0	0	6	100
M	2	1	1	13	230
<b>N</b>	0	2	5	20	450

ENCERRA !!!!!

# Genetic Algorithm

*Example*

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

A melhor resposta

	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	2	5	20	450

# Genetic Algorithm

*Example*

Item	Peso (kg)	Valor (\$)
1	3	40
2	5	100
3	2	50

A melhor resposta

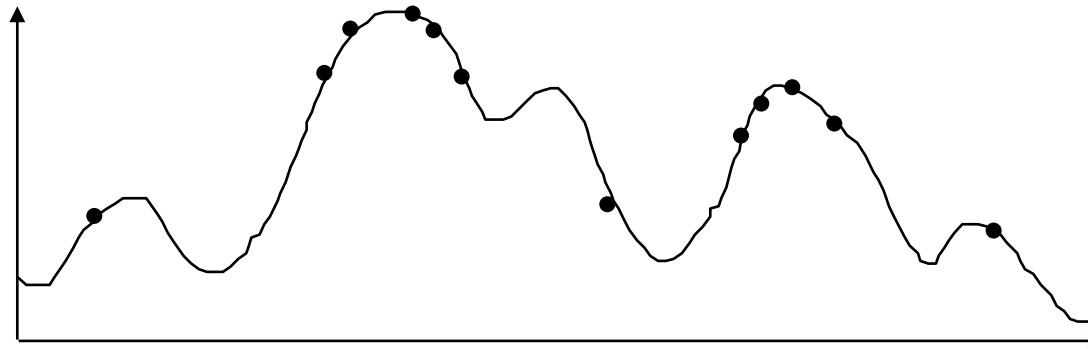
	Item 1	Item 2	Item 3	Rest.	F. O.
I	0	2	5	20	450

melhor Solução



Solução ótima

# Genetic Algorithm



*Distribution of Individuals in Generation  $N$*

**Daniel Nogueira**

[dnogueira@ipca.pt](mailto:dnogueira@ipca.pt)