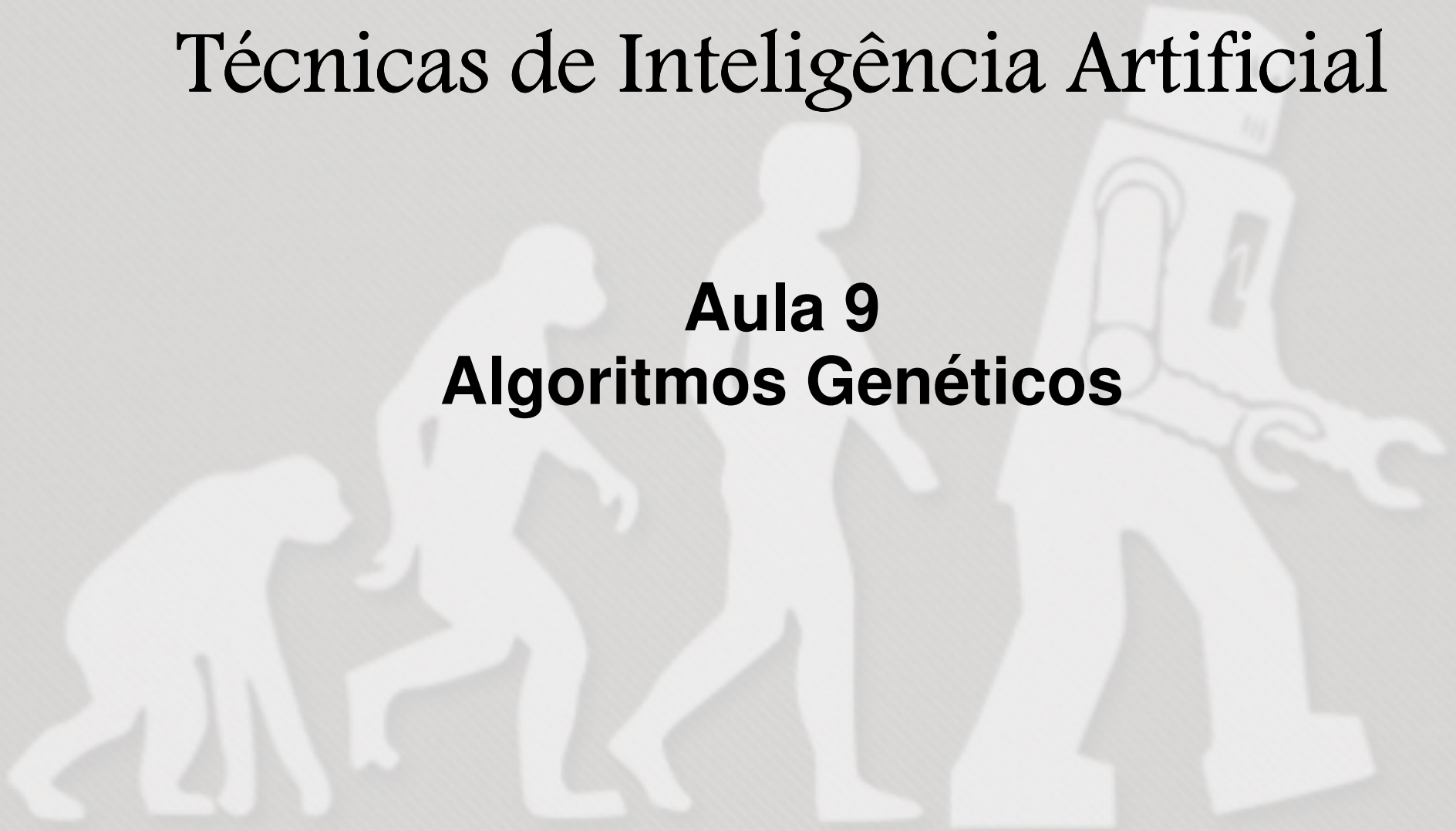


**Universidade do Sul de Santa Catarina
Ciência da Computação**

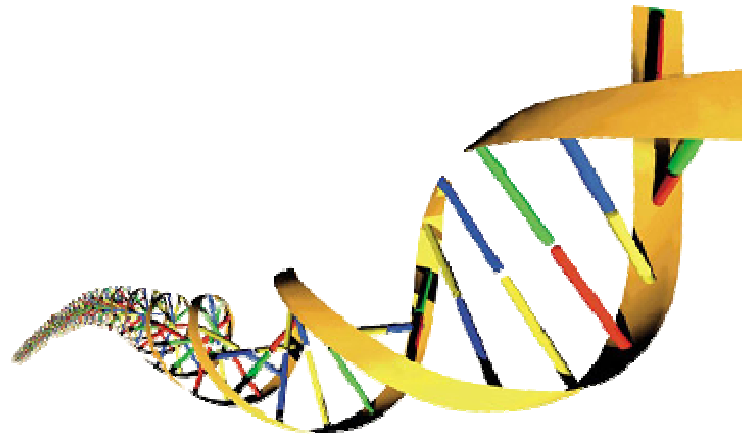
Técnicas de Inteligência Artificial

Aula 9 Algoritmos Genéticos



Max Pereira

Algoritmos Genéticos



$$Max.Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Algoritmos Genéticos

São técnicas de busca e otimização.

Uma metáfora da teoria da evolução das espécies iniciada pelo Naturalista inglês Charles Darwin.

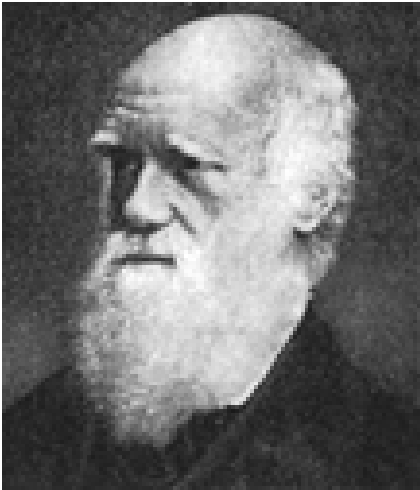
Desenvolvido por John Holland (1975).

Popularizado por David Goldberg (1989).



Teoria da Evolução

1859 - Charles Darwin publica o livro “*A Origem das Espécies*”:



Charles
Darwin

*“As espécies evoluem pelo
princípio da seleção natural e
sobrevivência do mais apto.”*

Teoria da Evolução



Gregor
Mendel

1865- Gregor Mendel apresenta experimentos do cruzamento genético de ervilhas.

A Teoria da Evolução começou a partir da conceituação integrada da seleção natural com a Genética.



Otimização

É a busca da melhor solução para um dado problema.

Consiste em tentar várias soluções e usar a informação obtida para conseguir soluções cada vez melhores.



Características dos Algoritmos Genéticos

É um algoritmo estocástico (não é determinístico).
Trabalha com uma população de soluções simultaneamente.



Algoritmos Genéticos (Conceitos Básicos)

AG manipula uma população de indivíduos.

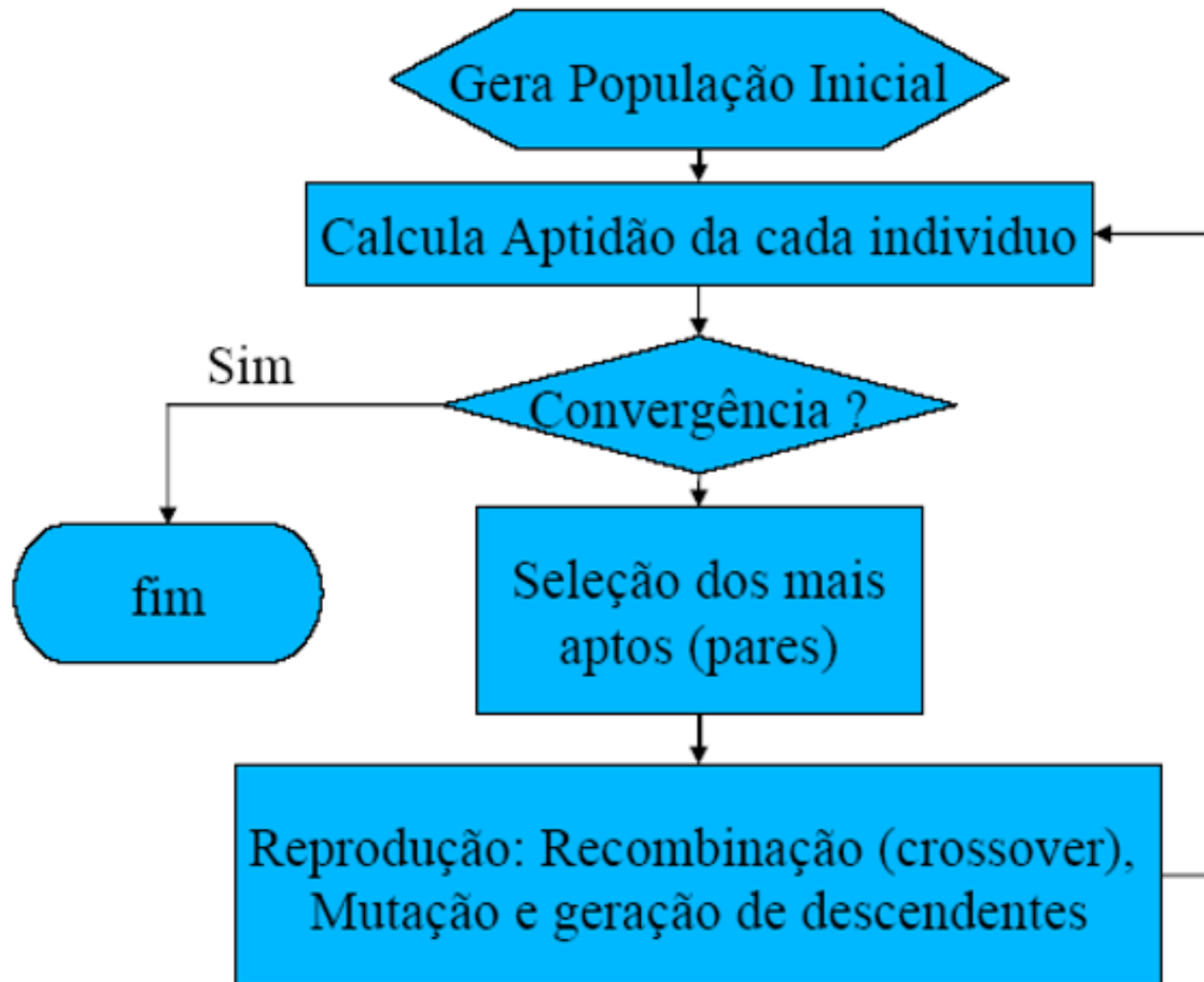
Indivíduos são possíveis soluções do problema.

Os indivíduos são combinados uns com os outros, produzindo filhos que podem sofrer ou não mutação.

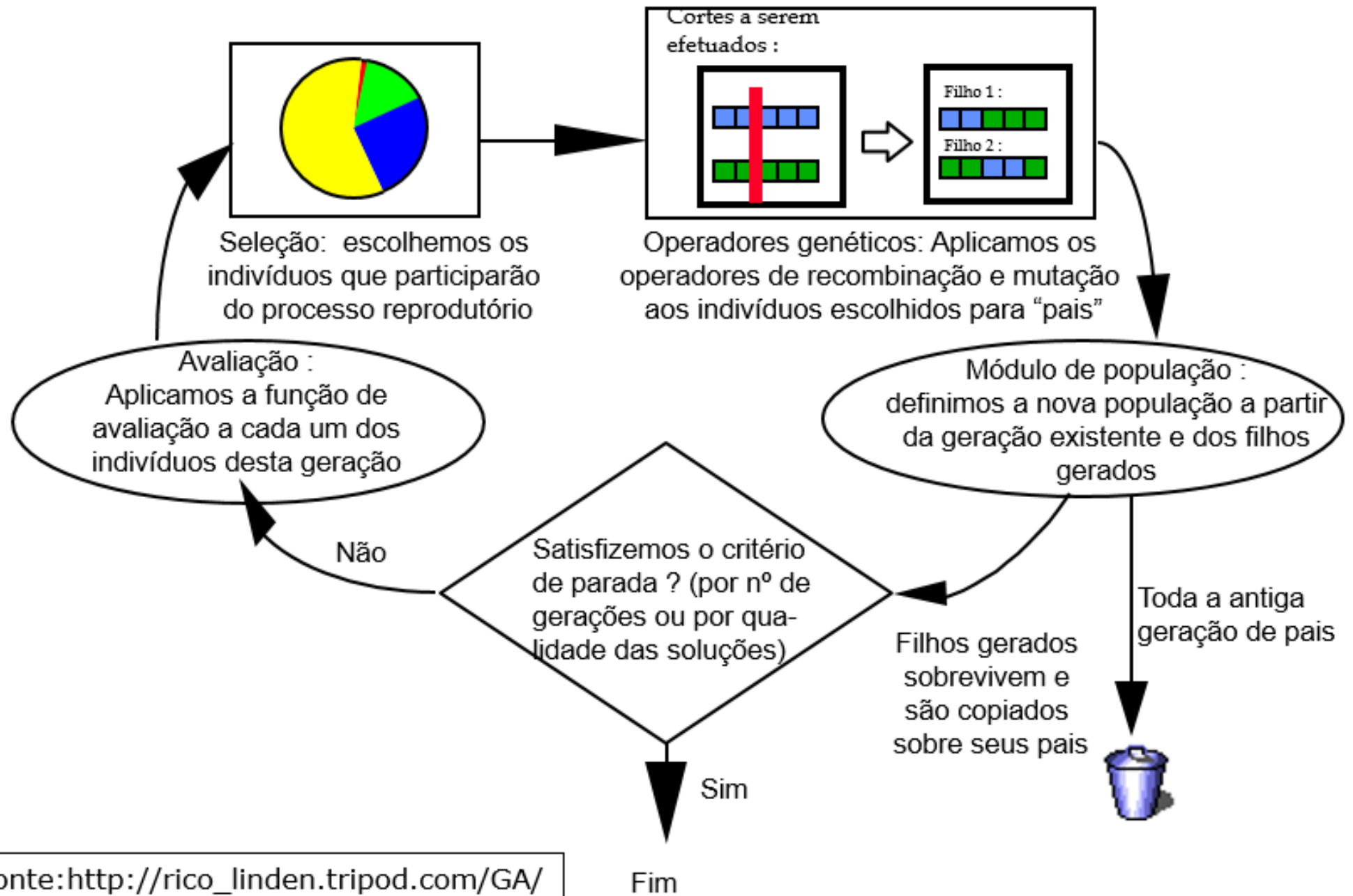
As populações evoluem através de sucessivas gerações até encontrar a melhor solução.



Algoritmo Genético Tradicional



Algoritmo Genético Tradicional



Algoritmo Genético Tradicional

1. Gerar a população inicial.
2. Avaliar cada indivíduo da população.
3. Enquanto critério de parada não for satisfeito faça
 - 3.1 Selecionar os indivíduos mais aptos.
 - 3.2 Criar novos indivíduos aplicando os operadores crossover e mutação.
 - 3.3 Armazenar os novos indivíduos em uma nova população.
 - 3.4 Avaliar cada cromossomo da nova população.

Problema 1

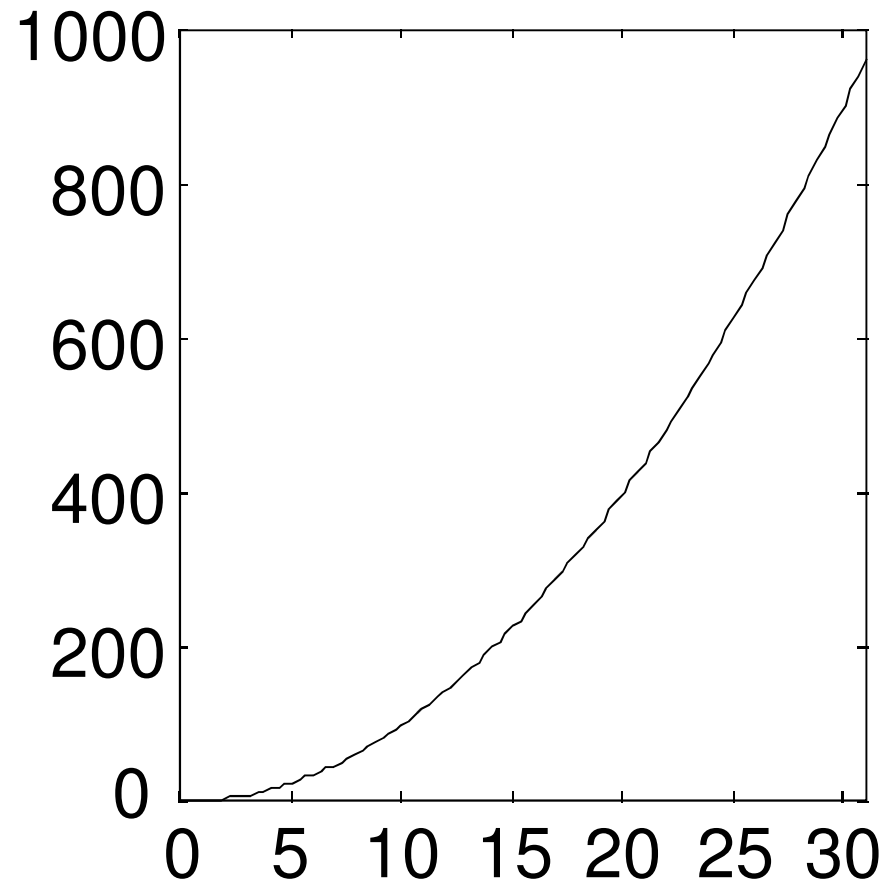
Problema: Use um AG para encontrar o ponto máximo da função:

$$f(x) = x^2$$

com x sujeito as seguintes restrições:

$$0 \leq x \leq 31$$

x é inteiro



Indivíduo

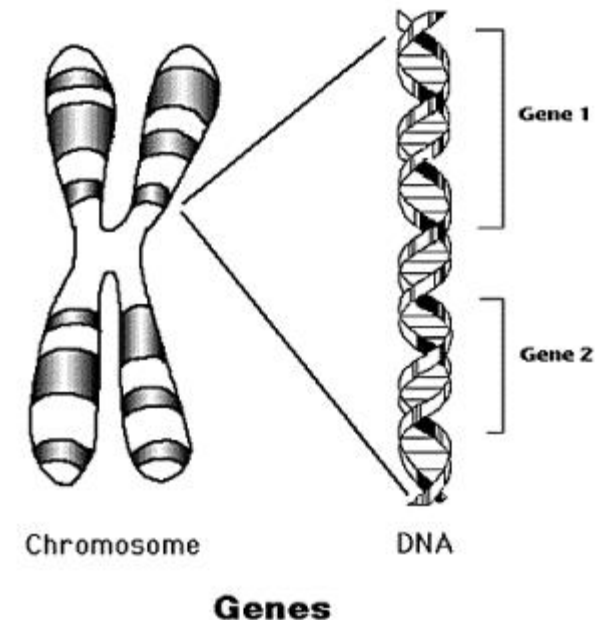
Cromossomo

Estrutura de dados que representa uma possível solução para o problema.

Os parâmetros do problema de otimização são representados por cadeias de valores.

Exemplos:

- Vetores de reais, (2.34, 4.3, 5.1, 3.4)
- Cadeias de bits, (111011011)
- Vetores de inteiros, (1,4,2,5,2,8)
- ou outra estrutura de dados.



Indivíduo

Aptidão (Fitness)

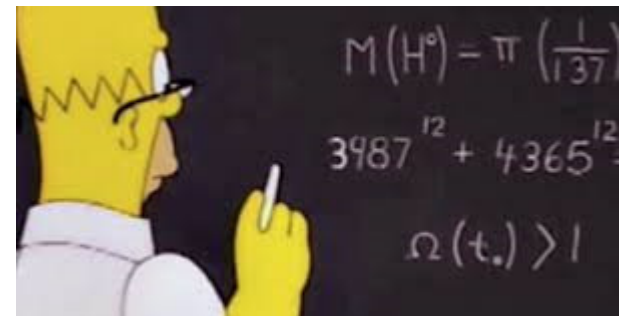
Valor associado ao indivíduo que avalia quão boa é a solução por ele representada.

Aptidão pode ser:

Igual a função objetivo (raramente usado na prática).

Resultado do **escalonamento** da função objetivo.

Baseado no **ranking** do indivíduo da população.



Cromossomo do Problema 1

Cromossomos binários com 5 bits:

- $0 = 00000$
- $31 = 11111$

Aptidão

Neste problema, a aptidão pode ser a própria função objetivo.

Exemplo:

$$\text{aptidão}(00011) = f(3) = 9$$

Seleção

Seleção

Imitação da seleção natural.

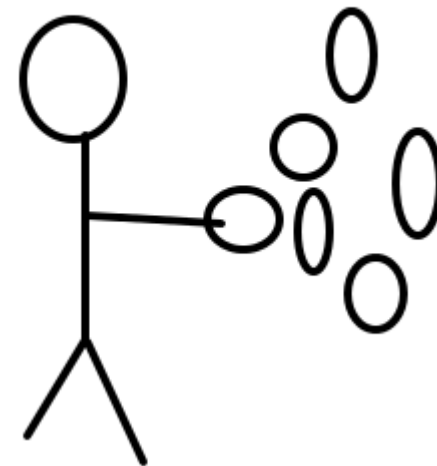
Os melhores indivíduos (maior aptidão) são selecionados para gerar filhos através de crossover e mutação.

Dirige o AG para as melhores regiões do espaço de busca.

Tipos mais comuns de seleção

Proporcional a aptidão.

Elitismo.



População Inicial do Problema 1

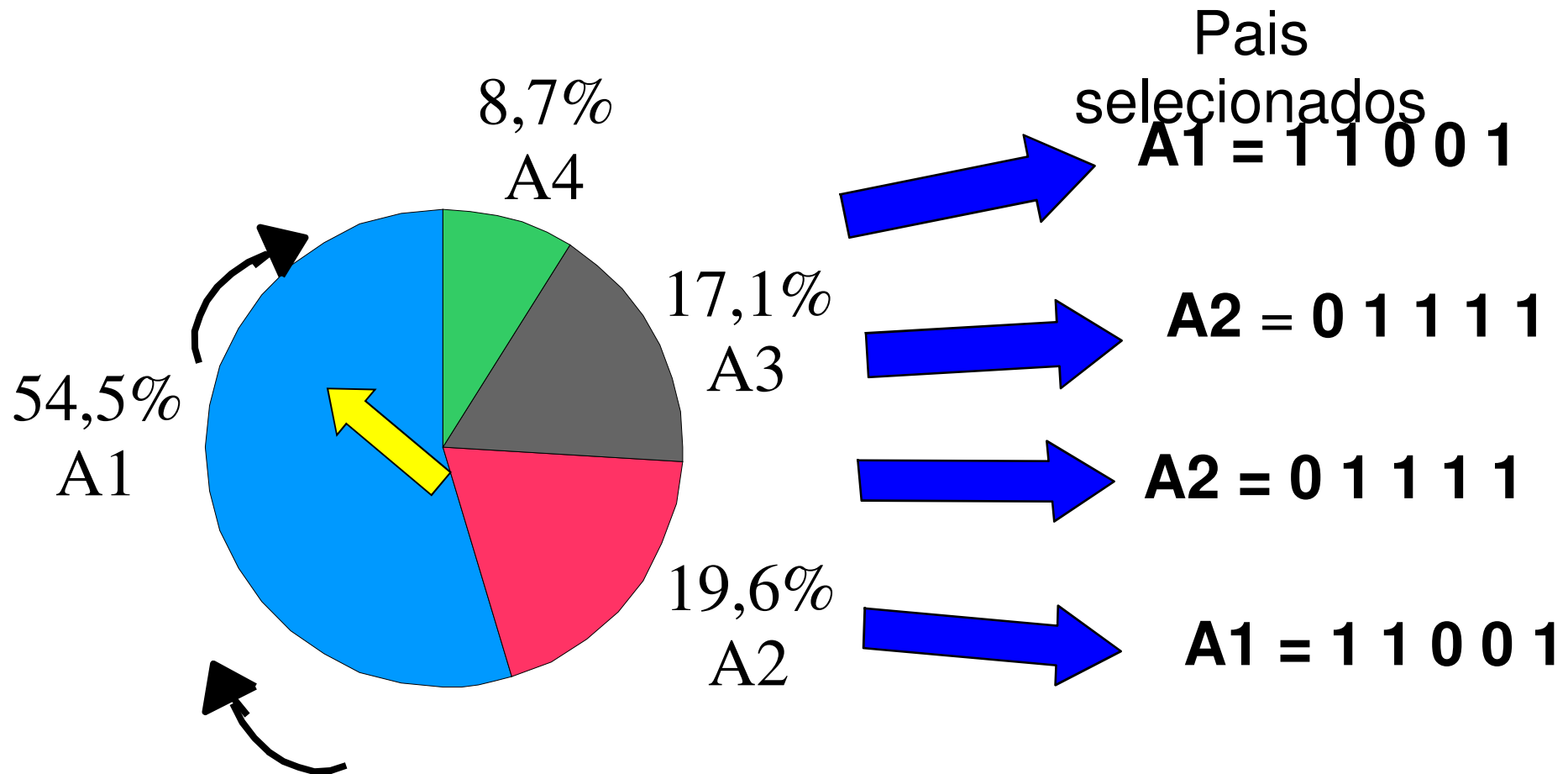
É aleatória (mas quando possível, o conhecimento da aplicação pode ser utilizado para definir a população inicial)

Pop. inicial	cromossomos	x	$f(x)$	Prob. de seleção
	$A_1 = 1\ 1\ 0\ 0\ 1$	25	625	54,5%
	$A_2 = 0\ 1\ 1\ 1\ 1$	15	225	19,6%
	$A_3 = 0\ 1\ 1\ 1\ 0$	14	196	17,1%
	$A_4 = 0\ 1\ 0\ 1\ 0$	10	100	8,7%

Probabilidade de
seleção
proporcional a aptidão

$$p_i = \frac{f(x_i)}{\sum f(x_k)}$$

Seleção proporcional a aptidão (Roleta)

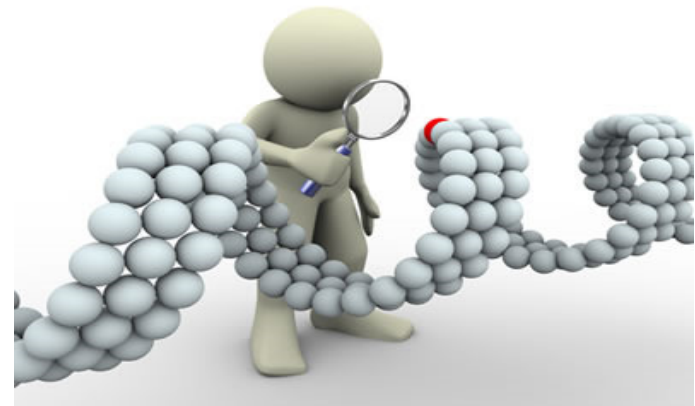


Crossover e Mutação

Combinam pais selecionados para produção de filhos.

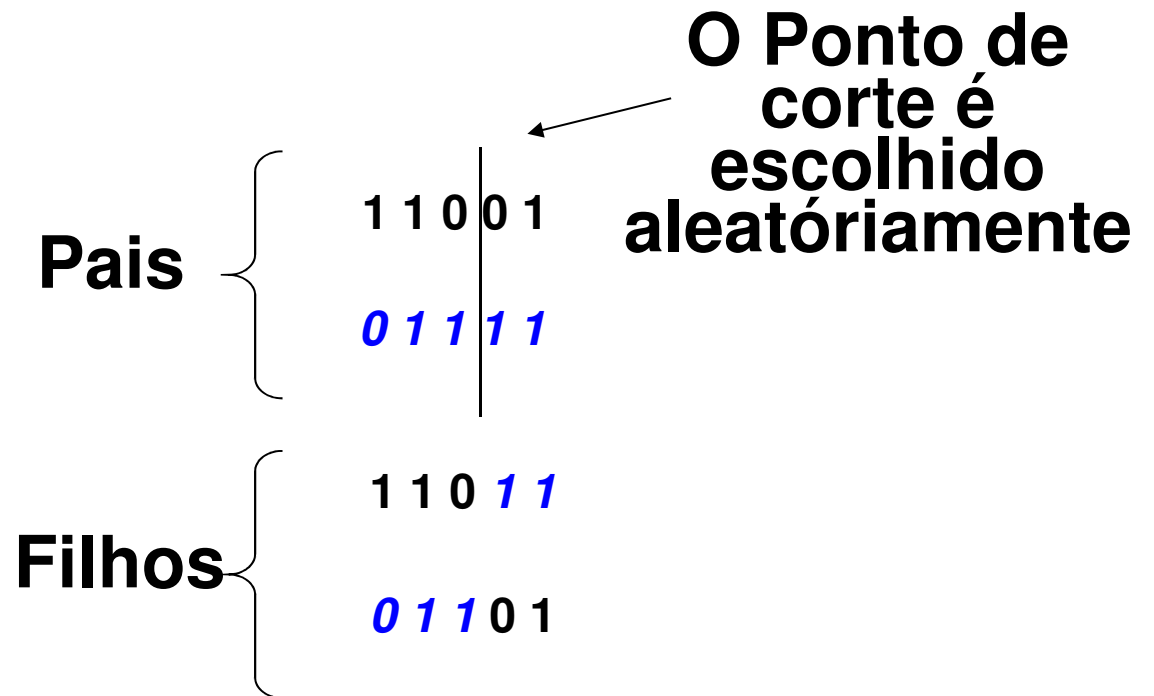
Principais mecanismos de busca do AG.

Permite explorar áreas desconhecidas do espaço de busca.



Crossover de 1 ponto

O crossover é aplicado com uma dada probabilidade denominada *taxa de crossover* (60% a 90%)



Se o crossover é aplicado os pais trocam material genético gerando dois filhos.

Mutação

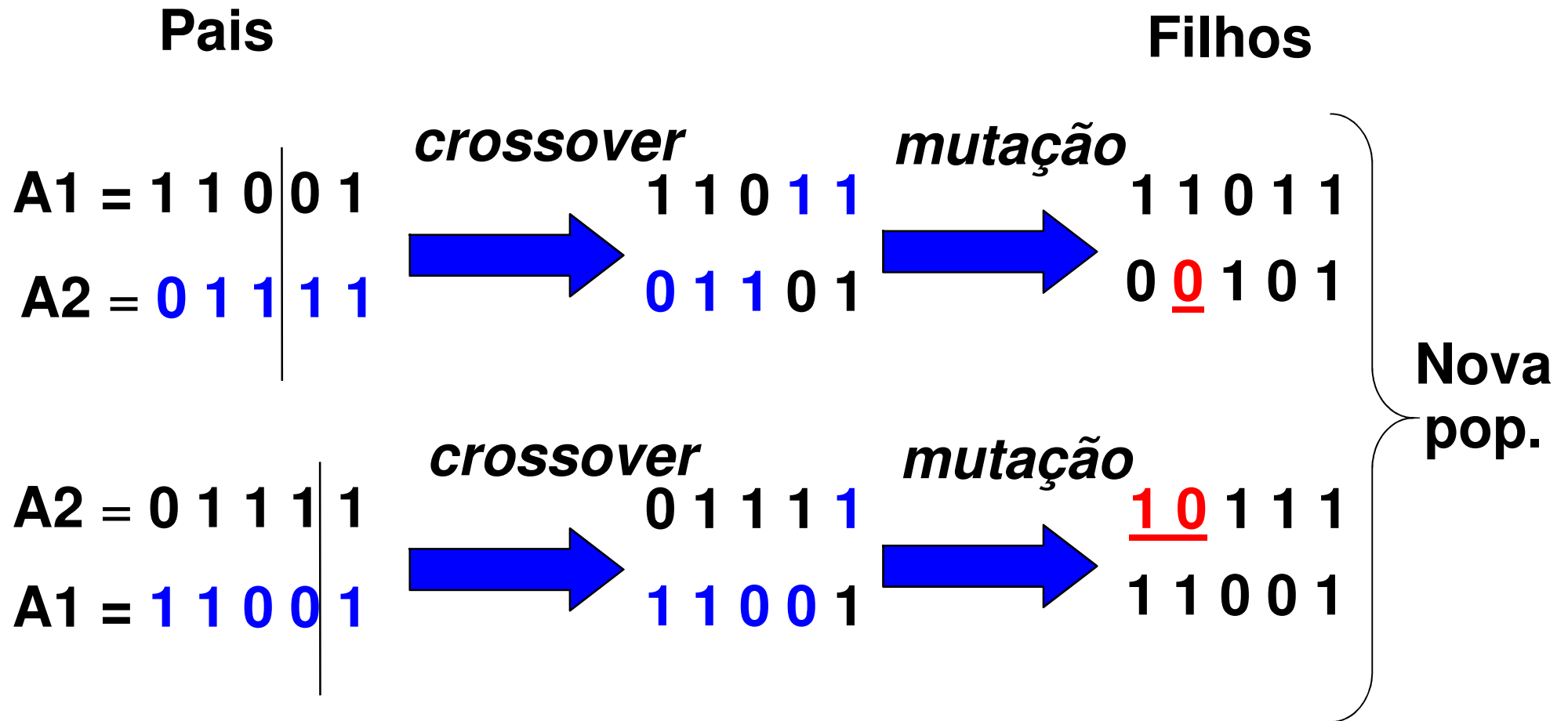
Mutação inverte os valores dos bits.

A mutação é aplicada com dada probabilidade, denominada *taxa de mutação* (~1%), em cada um dos bits do cromossomo.

Antes da mutação	0 1 1 0 1
Depois	0 <u>0</u> 1 0 1

A taxa de mutação não deve ser nem alta nem baixa, mas o suficiente para assegurar a diversidade de cromossomos na população.

A primeira geração do Problema 1



A primeira geração do Problema 1 (II)

cromossomos		x	$f(x)$	prob. de seleção
1	1 1 0 1 1	27	729	29,1%
2	1 1 0 0 1	25	625	24,9%
3	1 1 0 0 1	25	625	24,9%
4	1 0 1 1 1	23	529	21,1%

As demais gerações do Problema 1

Segunda Geração

						x	$f(x)$
1	1	1	0	1	1	27	729
2	1	1	0	0	0	24	576
3	1	0	1	1	1	23	529
4	1	0	1	0	1	21	441

Terceira Geração

						x	$f(x)$
1	1	1	0	1	1	27	729
2	1	0	1	1	1	23	529
3	0	1	1	1	1	15	225
4	0	0	1	1	1	7	49

As demais gerações do Problema 1 (II)

Quarta Geração

		x	$f(x)$
1	1 1 1 1 1	31	961
2	1 1 0 1 1	27	729
3	1 0 1 1 1	23	529
4	1 0 1 1 1	23	529

Quinta Geração

		x	$f(x)$
1	1 1 1 1 1	31	961
2	1 1 1 1 1	31	961
3	1 1 1 1 1	31	961
4	1 0 1 1 1	23	529

Elitismo

O crossover ou mutação podem destruir a melhor indivíduo.

Por que perder a melhor solução encontrada?

Elitismo transfere a cópia do melhor indivíduo para a geração seguinte.

Critérios de Parada

Número de gerações.

Encontrou a solução (quando esta é conhecida).

Perda de diversidade.

Convergência

nas últimas k gerações não houve melhora na aptidão

- Média
- Máxima