

Inteligência Artificial

Algoritmos Genéticos

José Luis Seixas Junior

Índice

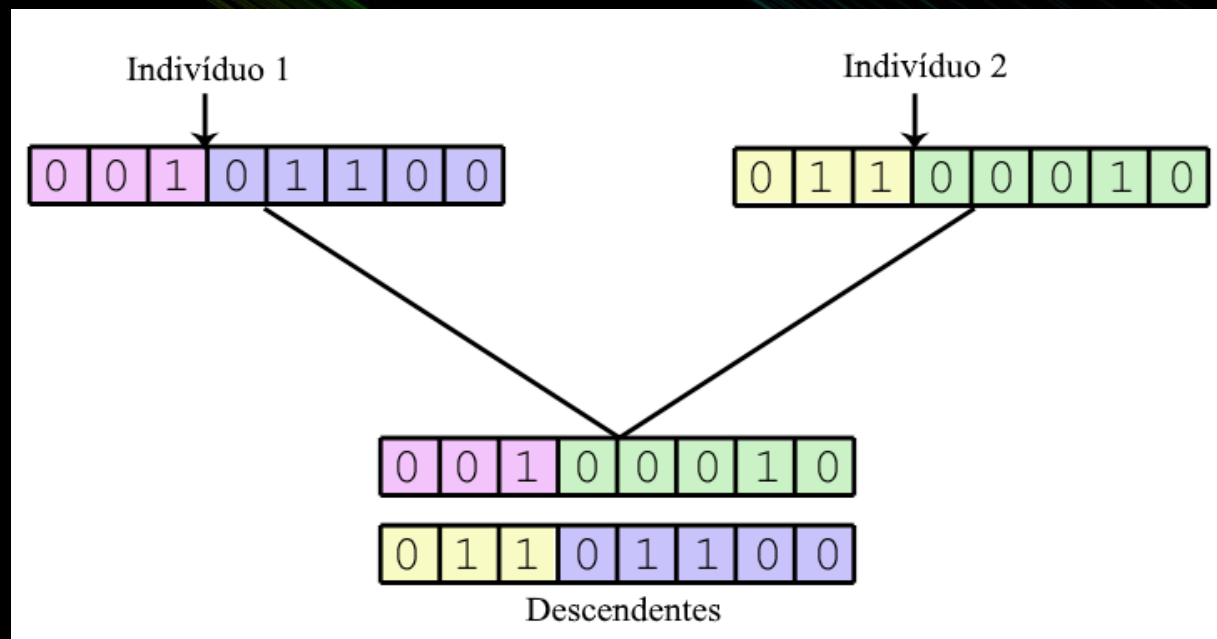
- Genética e Evolução;
- Princípios Básicos;
 - Seleção;
 - Cruzamento;
 - Mutação;
- Algoritmos;

Evolução

- A Teoria Sintética da Evolução trabalho com contribuição de Wallace e Darwin, durante anos de estudos e experimentos;
 - Indivíduo transmite características;
- A combinação gera uma evolução quando a característica implica em uma vantagem reprodutiva do descendentes;
 - Seleção natural;

Genética e Evolução

- Os pares reprodutores geram variações de seus atributos (genes);
- Os descendentes recebem uma combinação dessas variações;



Algoritmo

- Simples:
 - Gerar população inicial;
 - Selecionar indivíduos mais aptos;
 - Aplicar reprodução;
 - Aplicar mutação;
 - Testar convergência;
 - Se converge → continua;
 - Se não → descartar;
 - Se obteve valor satisfatório → Fim.
 - Se não → Selecionar novos indivíduos;

Princípios Básicos

- Indivíduo:
 - Um componente da população;
 - Uma possível solução para o problema;
 - Conjunto de parâmetros:
 - Características de solução do problema;

Princípios Básicos

- Genes:
 - Também referido como cromossomo;
 - Valor de um determinado parâmetro de solução do problema;
 - Uma parte do vetor componente de um indivíduo;

Princípios Básicos

- População:
 - Conjunto de indivíduos de possíveis soluções do problema;
- Geração:
 - Conjunto de indivíduos de possíveis soluções do problema geradas a partir da mesma base;
 - Na primeira: Possíveis soluções empíricas (ou aleatórias);
 - Posteriormente: Geradas pelos indivíduos promissores;

Princípios Básicos

- Seleção:
 - Escolha dos valores que mais se aproximam da resolução ótima do problema;
 - Escolha randômica com favorecimento do melhor indivíduo com base na função-objetivo;
- Função-Objetivo:
 - Valor que se espera alcançar de execução ao fim do algoritmo genético;

Princípios Básicos

- Cruzamento:

1 1 0 1 0 1

1 0 0 1 0 0

(a)

- Escolhidos os pais são selecionados seções de cromossomos que serão inteligados;
- Produção de novos indivíduos;
- Toda geração é construída com pedaços da anterior;

Princípios Básicos

Antes da Mutação: 1 1 1 0 0

- Mutação:
 - Aplicação individual de uma alteração na combinação produzida;
 - Alteração aleatório;
 - Porcentagem definida de possível alteração, dentro do alcance da variável;
 - Assegura uma formação que seria determinada “impossível” dependendo da população inicial;

Algoritmo

- Simples:
 - Gerar população inicial;
 - Selecionar indivíduos mais aptos;
 - Aplicar reprodução;
 - Aplicar mutação;
 - Testar convergência;
 - Se converge → continua;
 - Se não → descartar;
 - Se obteve valor satisfatório → Fim.
 - Se não → Selecionar novos indivíduos;

Exemplo

- Maximizar a função:

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

- Sobre o conjunto de inteiros $[1, 2, \dots, 32]$;

Exemplo

	População Inicial	Valor de x	$f(x)$ valor da função de Adaptação	$f(x)/S(x)$ Probabilidade da Seleção
1	01101	13	169	0.14
2	11000	24	576	0.49
3	01000	8	64	0.06
4	10011	19	361	0.31
Soma			1.170	
Média			293	
Melhor			576	

Exemplo

Indivíduo Selecionado	Descendentes	População Após Mutação	X Valor Genótipo	$f(x)$ Função de Adaptação
11000	11011	11010	26	676
10011	10000	11000	24	576
01101	01100	11100	28	784
11000	11001	11101	29	841
Soma				2.877
Média				719,25
Melhor				841

Problemas

- População:
 - Muito pequena:
 - Qualidade;
 - Muito Grande
 - Custo computacional;

Problemas

- Cruzamento:
 - Muito pequena:
 - Convergência demorada;
 - Muito Grande
 - Perda de material genético;

Problemas

- Mutação:
 - Muito pequena:
 - Máximos Locais;
 - Muito Grande
 - Aleatório;

Aplicação

- n -rainhas;
- Robótica;
- Dobramento de proteínas
- Configuração temporal para mercado financeiro;
- Sequenciamento;
- Ajuste paramétrico;

Referências

- Fernandes, A. M. Da R., *“Inteligência Artificial, noções gerais”*. Visual Books, 2003;
- Rezende, S. O., *“Sistemas Inteligentes, Fundamentos e Aplicações”*. Manole, 2005;
- Russell, S.; Norvig, P., *“Inteligência Artificial”*. Elsevier, 2010.

Alternativas

- Indivíduos:
 - Na representação dos indivíduos e formação dos cromossomos;
- Seleção:
 - Alternativas de quais indivíduos terão os materiais genéticos usados;
- Operadores Genéticos:
 - Cruzamento;
 - Mutação;

Indivíduos

- Binária:
 - Representação entre séries de 0s e 1s, onde, pode ser representado um único valor ou séries intercaladas;
 - Fácil de manipular, mas nem sempre é possível para muitos tipos de problemas;
 - Exemplos:
 - Indivíduo 1: 101010100011010101110110101;
 - Indivíduo 2: 0100101000111111111101011100;

Indivíduos

- Permutação:
 - Representação por número ou letras, onde estes demonstrem uma correlação lógica de ordem;
 - Geralmente numérica e não híbrida;
 - Muito útil para problemas de ordenação, mas requer consistência para situações reais;
 - Exemplo:
 - Indivíduo: ABCDEFGH;
 - Indivíduo: 123456789;;
 - Indivíduo: 1351949875689;

Indivíduos

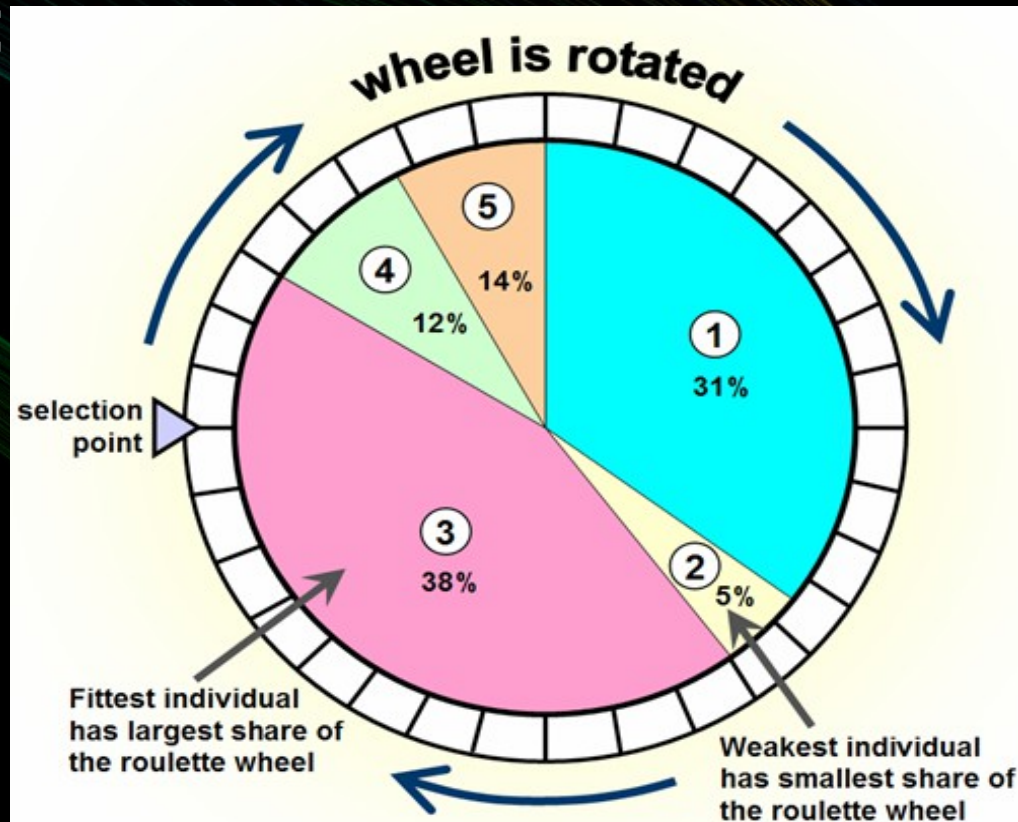
- Valores:
 - Sequências de letras, símbolos, comandos, etc...;
 - Pode requerer métodos complexos para mutação e cruzamentos;
 - Exemplo:
 - Indivíduo 1: ABJPJEWBFPWURUDSGASGFALBGI;
 - Indivíduo 2: → ↓ → ↑ ↓ → ← ↑ → ← ↓ ↑;

Indivíduos

- Real:
 - Valores reais, sem alteração, do problema;
 - Muito utilizada para problemas de otimização;
 - Exemplo:
 - Indivíduo: 1.5659 5.6486 9.4891 5.2415;
 - Indivíduo: 1 5 9 6 7;
 - Indivíduo: 0.24918 0.64486 0.55477 0.32146 0.25698;

Seleção

- Roleta:
 - Ordenação das aptidões;
 - Primeiro elemento maior que um número aleatório com aptidão acumulada;



Seleção

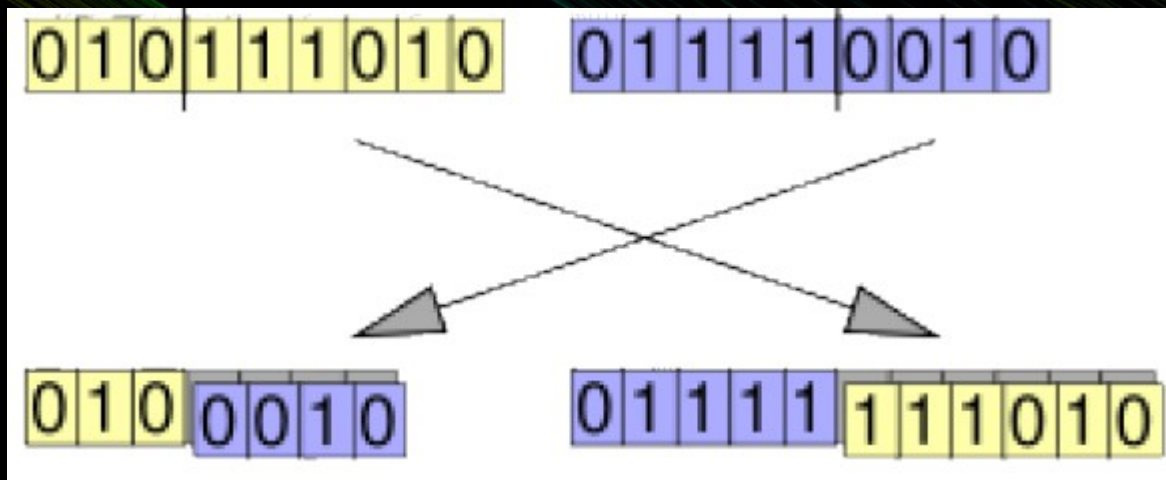
- Torneio:
 - n indivíduos;
 - Seleciona-se o de maior aptidão;
 - Iteração deste com outros presentes nos n indivíduos;
 - Até número de população atingido;

Operadores Genéticos

- Cruzamento:
 - Modificações sobre a escolha e troca do material genético;
- Mutação:
 - Modificações na variabilidade da população;

Cruzamento

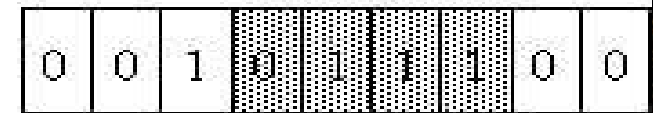
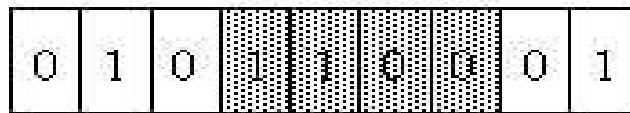
- Single-point:
 - Um único ponto aleatório de corte;



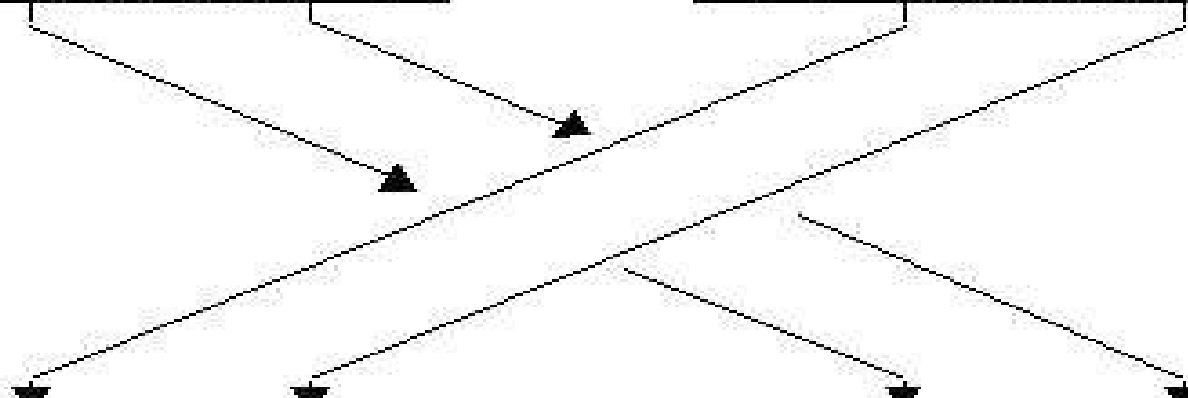
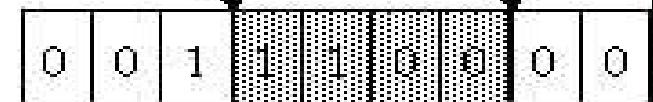
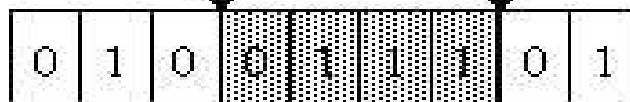
Cruzamento

- Multi-point:
 - Vários pontos aleatórios de corte;

Pais:

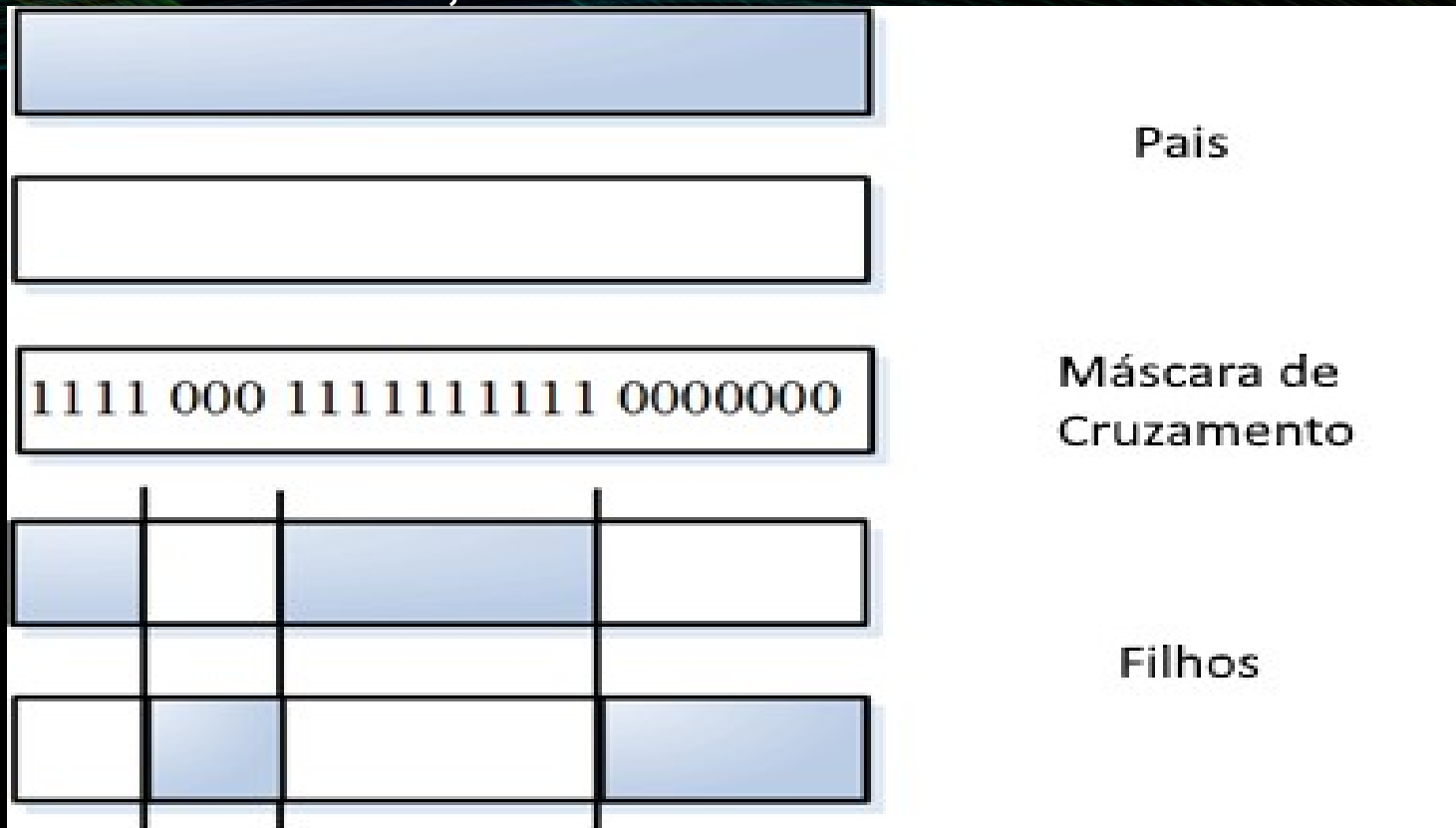


Filhos



Cruzamento

- Uniform:
 - Cruzamento feito com os pontos determinados por uma máscara;



Cruzamento

- Média Aritmética:
 - Filho obtido pela cálculo matemático da média aritmética entre os pais;

$$\forall i, Filho[i] = \frac{(Pai_1[i] + Pai_2[i])}{2}$$

Cruzamento

- Média Geométrica:
 - Filho obtido pela cálculo matemático da média geométrica entre os pais;

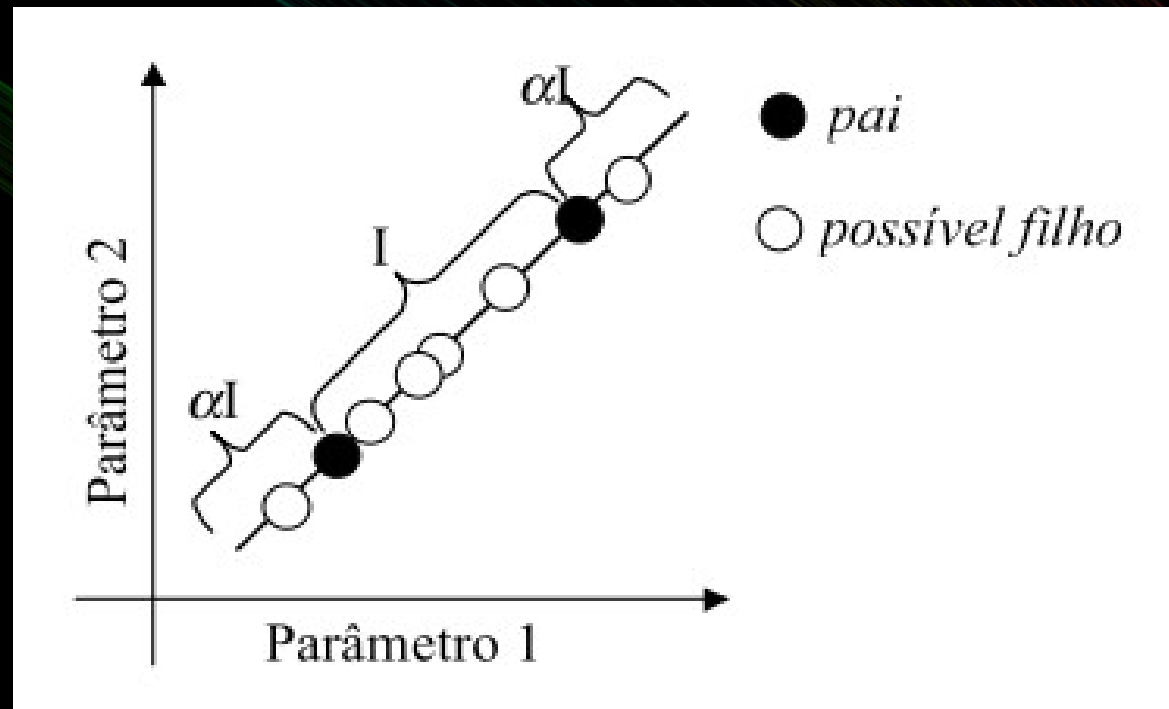
$$\forall i, Filho[i] = \sqrt{Pai_1[i] * Pai_2[i]}$$

Cruzamento

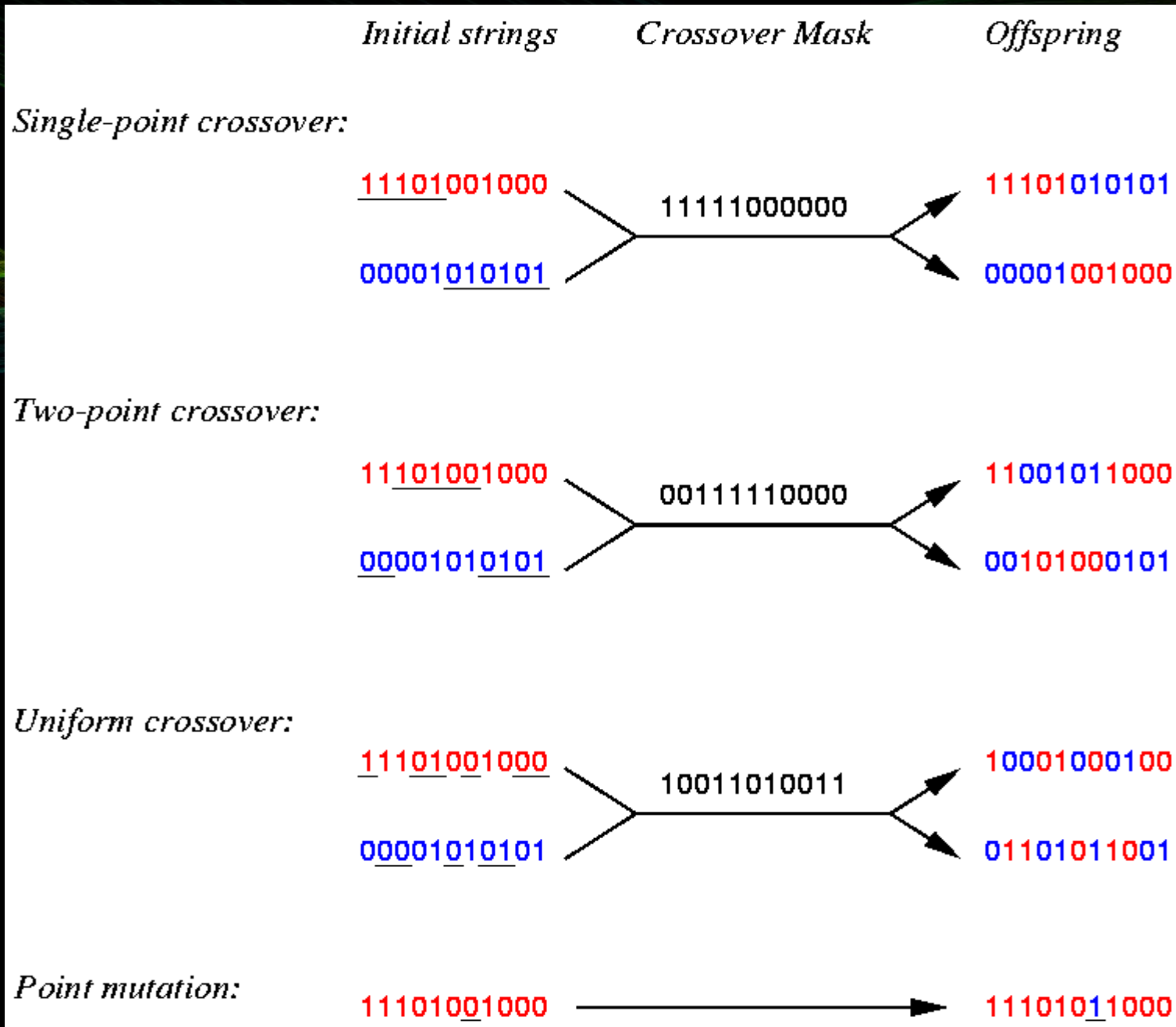
- Operador BLX – α :
 - Filho obtido pela cálculo matemático de uma expressão composta pelos pais que indica o nível de semelhança com os pais:

$$\forall i, \text{Filho}[i] = \text{Pai}_1[i] + \beta * (\text{Pai}_2[i] - \text{Pai}_1[i])$$

- Onde $\beta = [-\alpha, 1+\alpha]$;

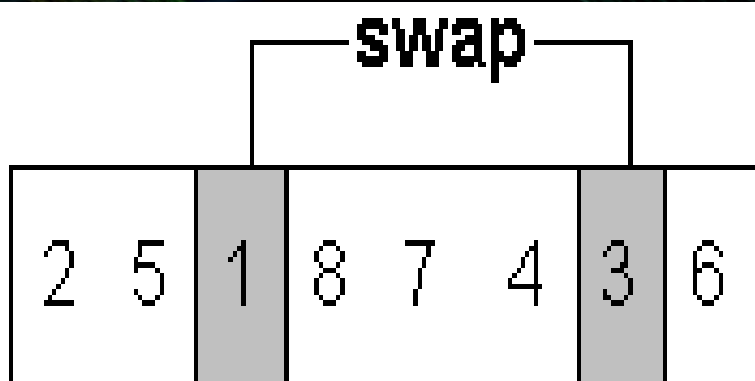


Cruzamento

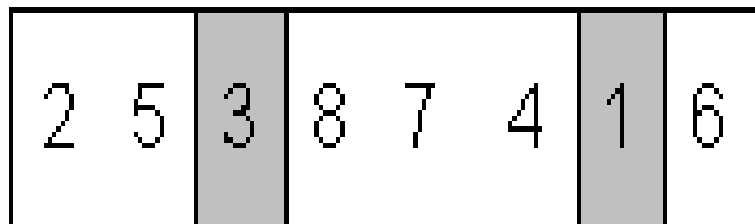


Mutação

- Reciprocidade:
 - Dois genes sorteados trocam de posição;



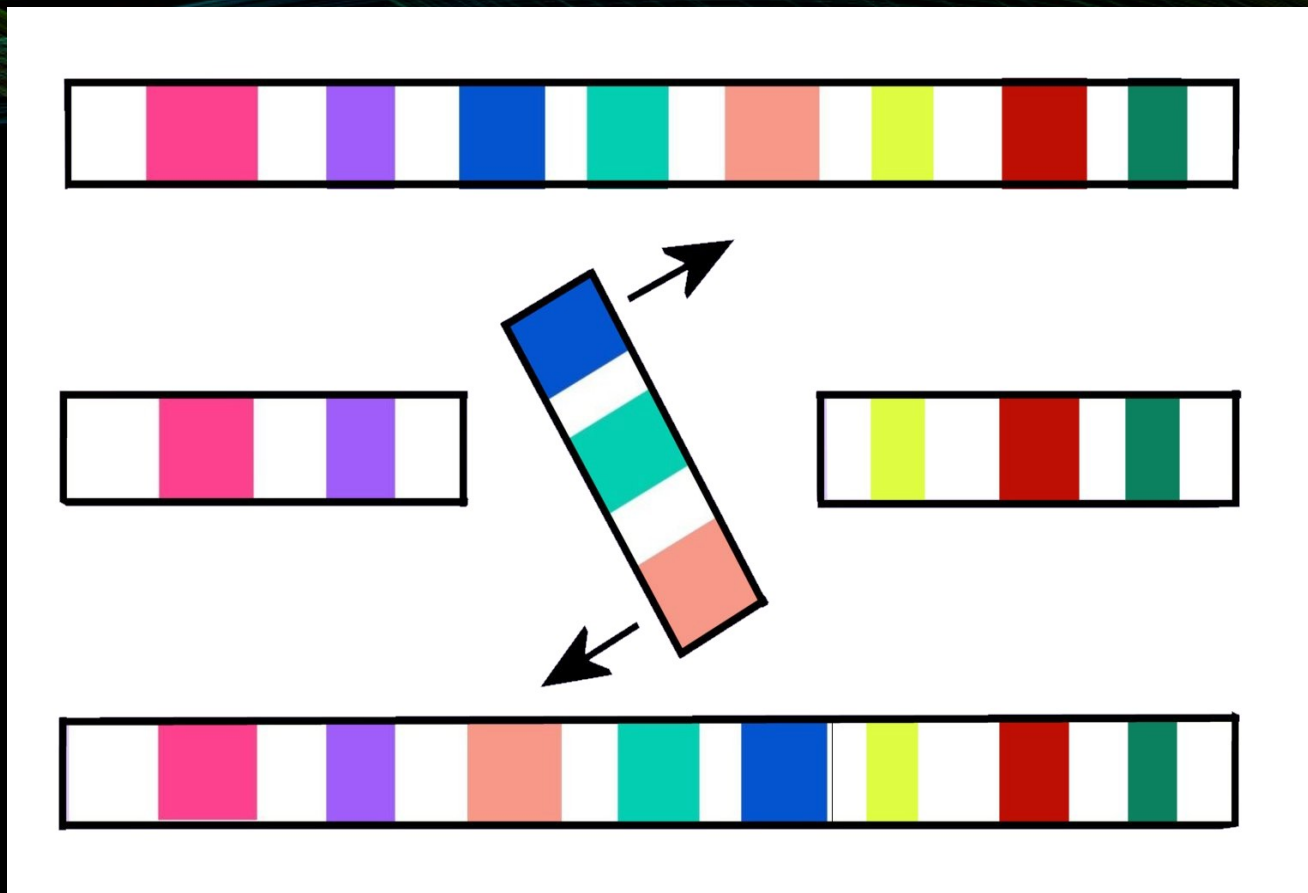
Before mutation



After mutation

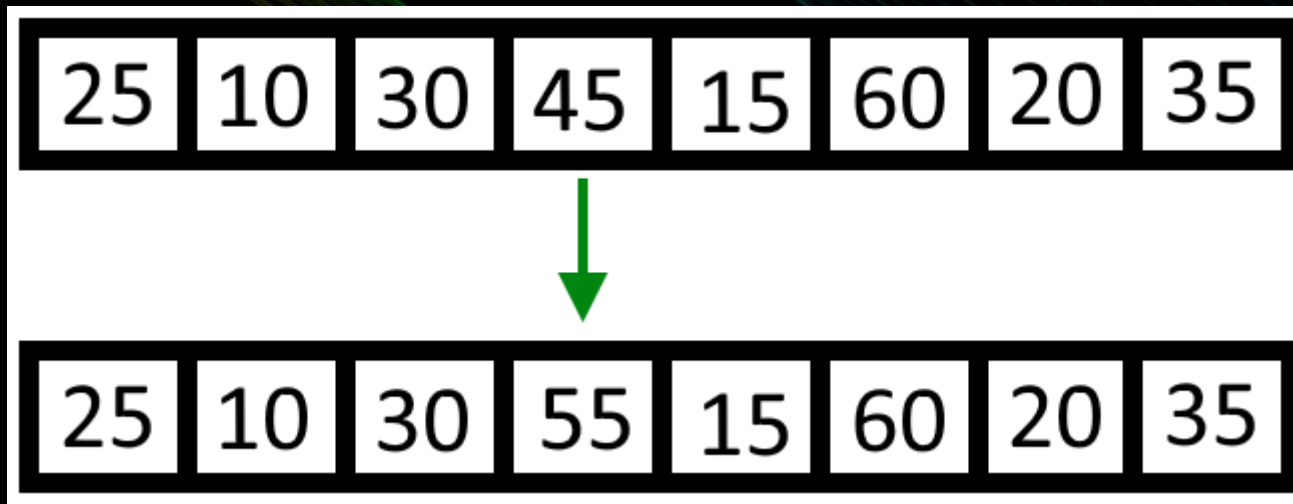
Mutação

- Inversão:
 - A ordem de um segmento é invertida;



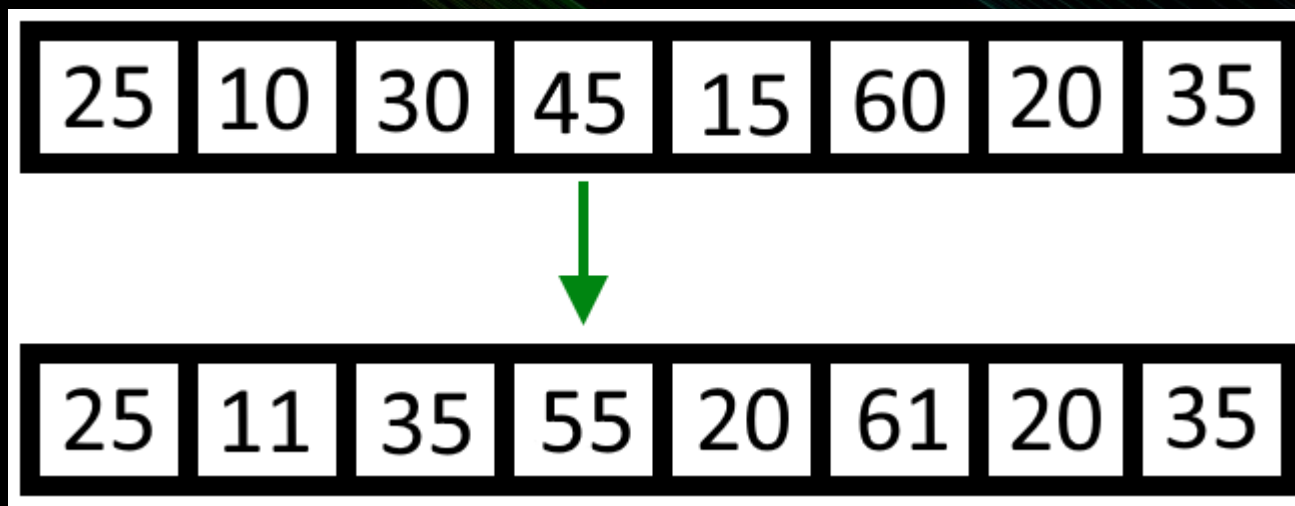
Mutação

- Deformação:
 - Um valor selecionado aleatoriamente é modificado de acordo com uma razão pequena positiva ou negativamente;



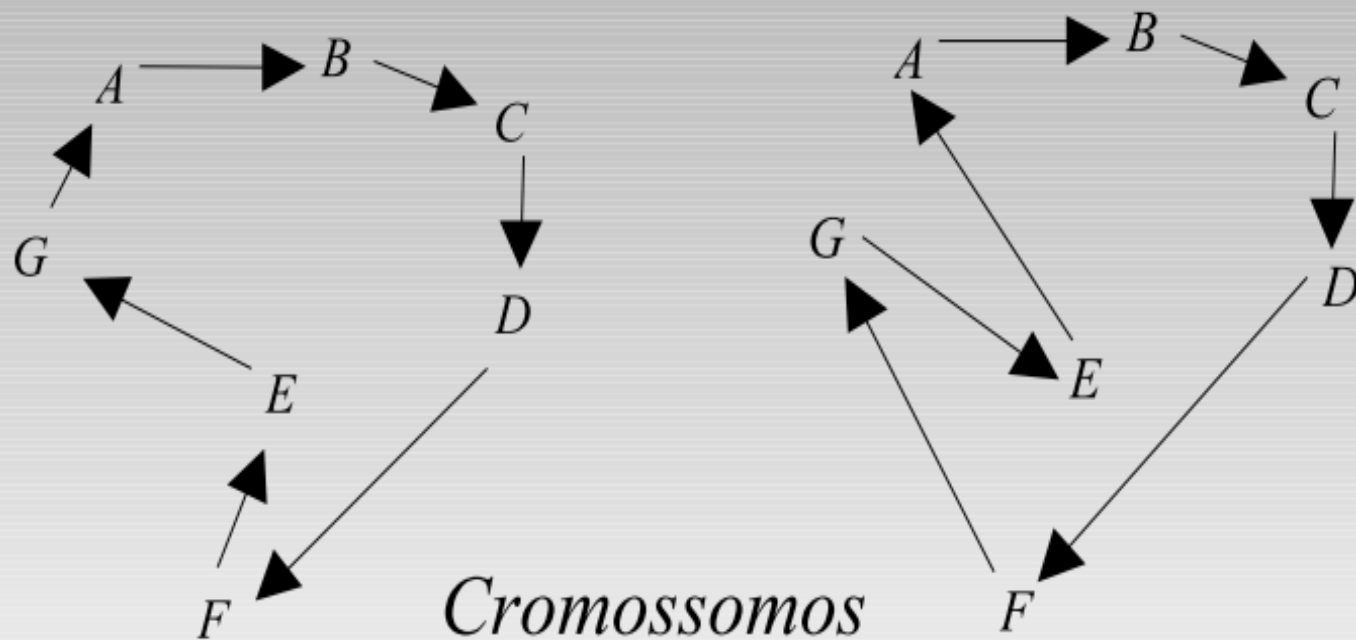
Mutação

- Gaussiana:
 - Um valor selecionado aleatoriamente é modificado de acordo com uma razão pequena positiva ou negativamente;
 - A distribuição normal afeta os valores vizinhos;



Exemplo

- Encontre o caminho mais curto passando um dado número de cidades, sendo que só é permitido passar por cada cidade uma vez;



A	B	C	D	F	E	G
---	---	---	---	---	---	---

A	B	C	D	F	G	E
---	---	---	---	---	---	---

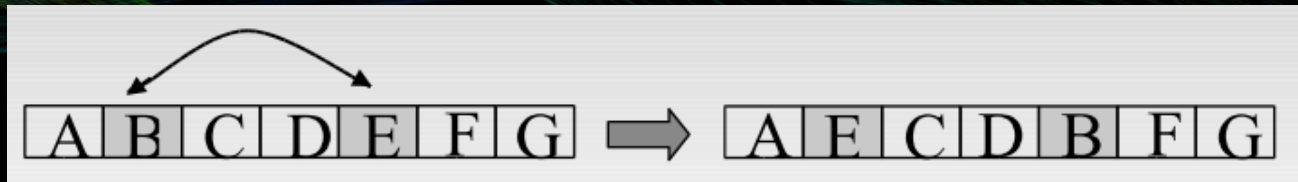
Exemplo

- Cruzamento:
 - Posição e não repetição;

<i>pai1</i>	A	B	C	D	F	E	G
<i>pai2</i>	C	E	G	A	D	F	B
...							
<i>filho1</i>	B	E	C	A	D	F	G
<i>filho2</i>	C	B	E	D	F	G	A

Exemplo

- Mutação:
 - Reciprocidade;



Referências

- C.M. Bishop, “*Pattern Recognition and Machine Learning*”, Springer, 2006
- R. Duda, P. Hart, D. Stork, “*Pattern Classification*”, 2nd ed., 2000.
- T. Hastie, R. Tibshurani, and J.H. Friedman, “*The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*”, Springer Series in Statistics, 2001.
- B. D. Ripley, “*Pattern Recognition and Neural Networks*”, Cambridge University Press, 1996.

Atividade 12/1

- Implemente o Algoritmo Genético Clássico:
 - Data entrega: 30/11.
 - Geração inicial randômica;
 - Intervalo 0 - 100;
 - Indivíduos valores (números inteiros);
 - Mínimo sete cromossomos;
 - Seleção torneio;
 - Cruzamento *single point*;
 - Mutação por deformação (10% do intervalo);
 - Cada um vai criar a própria função-objetivo:
 - Não maximizar ou minimizar;
 - Função NÃO linear;



Obrigado.

Dúvidas?