



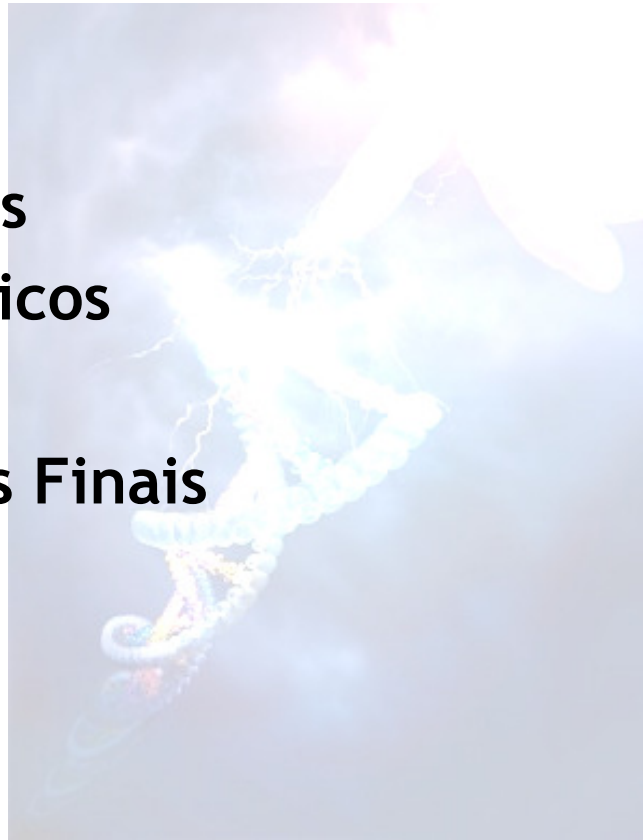
Algoritmos Genéticos e suas Aplicações

Joseana Macêdo Fachine

Campina Grande
maio, 2011

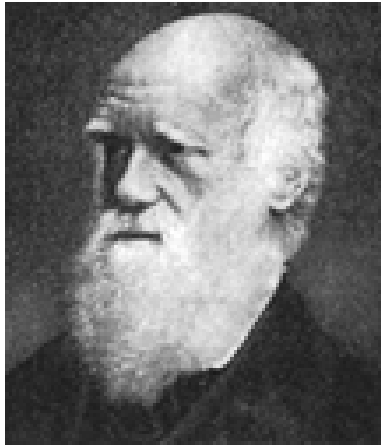
Sumário

- **Introdução**
- **Características**
- **Conceitos Básicos**
- **Aplicações**
- **Considerações Finais**



A Origem das Espécies

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

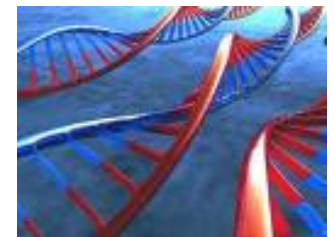


Charles Darwin

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

AG - Introdução

- ❑ Algoritmos genéticos (**AG**) são um ramo dos algoritmos evolucionários.
- ❑ Adotam a metáfora da teoria da evolução das espécies iniciada por Charles Darwin.
- ❑ Desenvolvido por John Holland (1975) e seus alunos.
- ❑ Popularizado por David Goldberg (1989).
- ❑ Podem ser definidos como uma **técnica de busca** baseada numa metáfora do processo biológico de evolução natural.
- ❑ São técnicas heurísticas de otimização global.

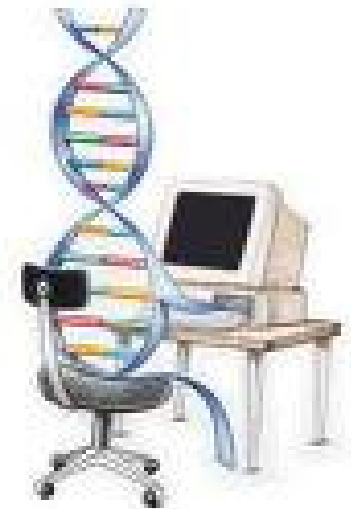


AG - Características ...

- ❑ **Princípio básico do funcionamento dos AG:** um critério de seleção vai fazer com que, depois de muitas gerações, o conjunto inicial de indivíduos gere indivíduos mais aptos.
- ❑ É um algoritmo **estocástico** (não é determinístico).
- ❑ Trabalha com uma população de soluções, simultaneamente.
- ❑ Utiliza apenas informações de custo e recompensa. Não requer nenhuma outra informação auxiliar.

AG - Características

- ❑ São fáceis de serem implementados em computadores.
- ❑ Adaptam-se bem a computadores paralelos.
- ❑ São facilmente utilizados de forma híbrida com outras técnicas.
- ❑ Funcionam com parâmetros contínuos ou discretos.

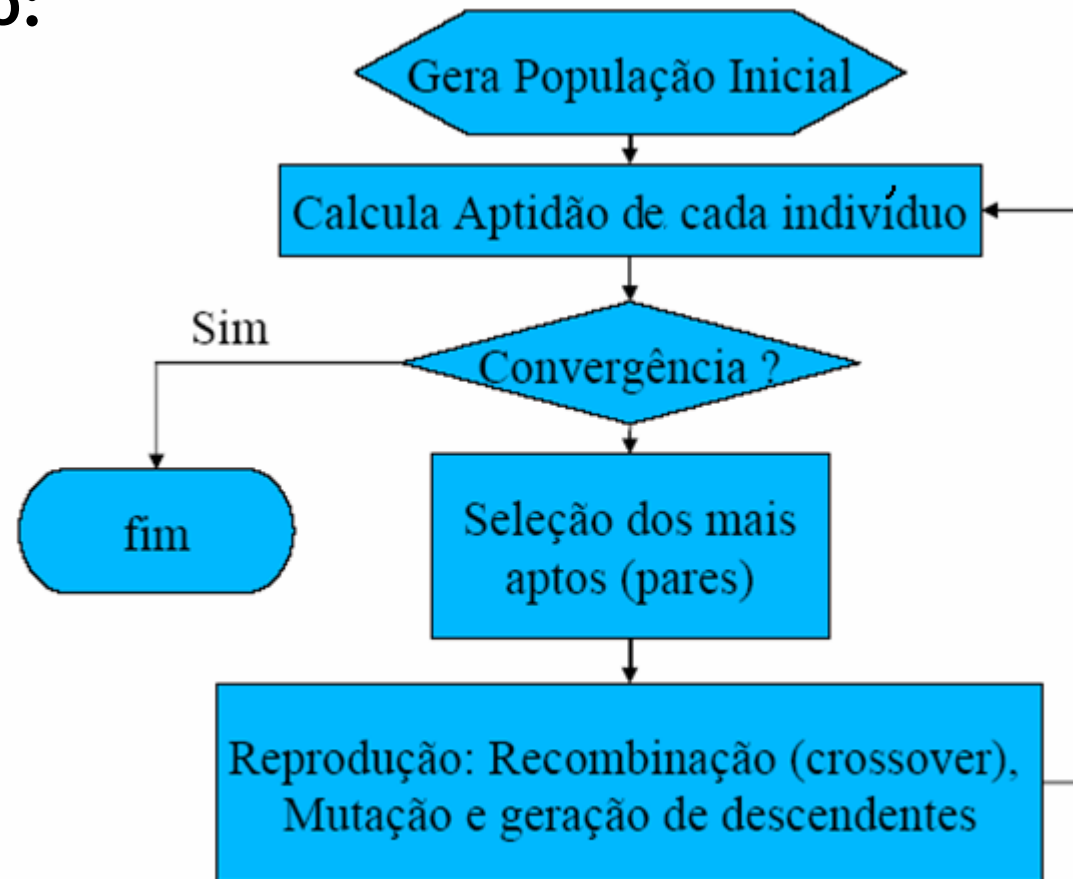


AG - Conceitos Básicos ...

- ❑ Manipulam uma população de indivíduos.
- ❑ Indivíduos são possíveis soluções do problema.
- ❑ Os indivíduos são combinados (*crossover*) uns com os outros, produzindo filhos que podem sofrer ou não mutação.
- ❑ As populações evoluem a partir de sucessivas gerações até encontrar a solução ótima.

AG - Conceitos Básicos ...

Funcionamento:



AG - Conceitos Básicos ...

Linguagem natural	Algoritmos Genéticos
cromossomo	indivíduo,string, cromossomo, árvore
gene	característica
alelo	valor
locus	posição
genótipo	estrutura
fenótipo	conjunto de parâmetros

AG - Conceitos Básicos ...

Evolução Natural	Problema Computacional
<i>Indivíduo</i>	Solução de um problema
<i>População</i>	Conjunto de soluções
<i>Cromossomo</i>	Representação de uma solução
<i>Gene</i>	Parte da representação de uma solução
<i>Crossover</i>	Operador de Busca
<i>Mutação</i>	Operador de Busca
<i>Seleção natural</i>	Reutilização de boas aproximações

AG - Conceitos Básicos ...

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 (2.345, 4.3454, 5.1, 3.4)
 - Cadeias de bits (111011011)
 - Vetores de inteiros (1,4,2,5,2,8)

AG - Conceitos Básicos ...

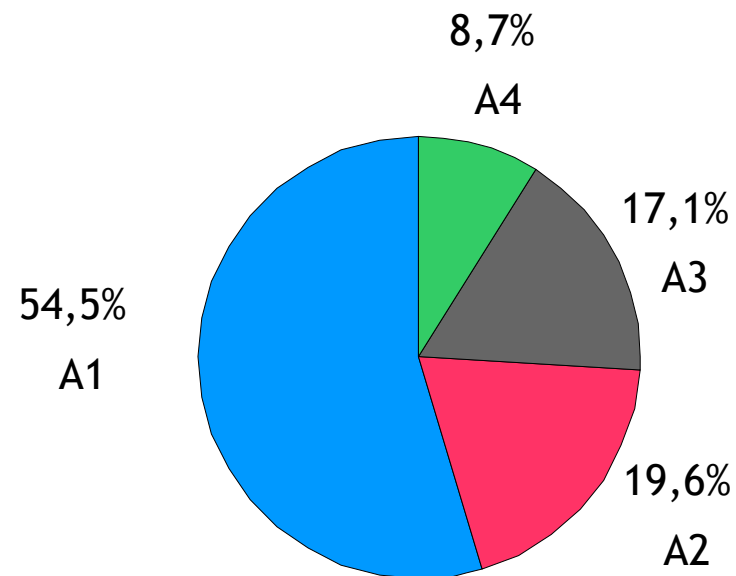
Seleção

- Uso de função objetivo como avaliação de aptidão.
- A aptidão pode ser vista como uma nota que mede o quão boa é a solução codificada por um indivíduo.
- Baseada, normalmente, no valor da função-objetivo, específica para cada problema
- **Métodos de Seleção**
 - Roleta
 - Torneio
 - Amostragem Universal Estocástica

AG - Conceitos Básicos ...

Métodos de Seleção - Roleta

- ❑ Aptidão usada para definir fatia
- ❑ Valor aleatório para selecionar cromossomo
- ❑ Processo repetido até gerar os n indivíduos necessários



AG - Conceitos Básicos ...

Métodos de Seleção - Torneio

- ❑ Escolha aleatória de m indivíduos
- ❑ Uso de função de aptidão para escolher o melhor
- ❑ Processo repetido até gerar os n indivíduos necessários

Métodos de Seleção - Amostragem

- ❑ Método da roleta com n agulhas igualmente espaçadas
- ❑ Roleta é girada uma única vez

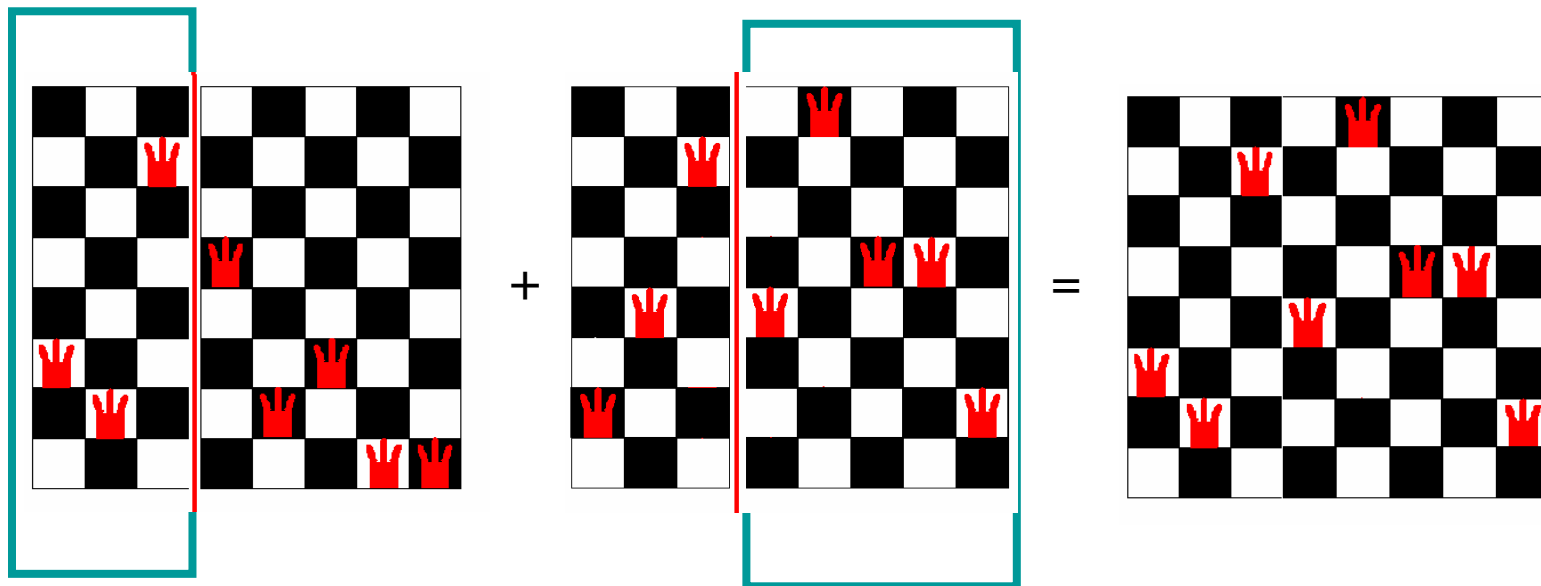
AG - Conceitos Básicos ...

Operadores Genéticos

- **Recombinação (cruzamento)**
 - Cruzamento de pais para gerar filhos
 - Merge entre dois ou mais indivíduos (n:1):
 $r(i_1, i_2, \dots) = i_x$
 - A maneira com que é feito depende da representação dos indivíduos:
 - Binária
 - Inteira
 - Ponto flutuante
 - Objetos Compostos
 - Acrescenta indivíduos à população

AG - Conceitos Básicos ...

Recombinação (exemplo):



AG - Conceitos Básicos ...

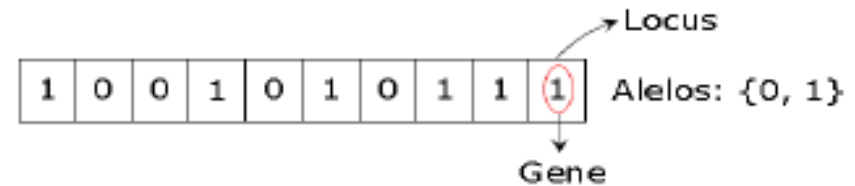
Operadores Genéticos

Recombinação (cruzamento)

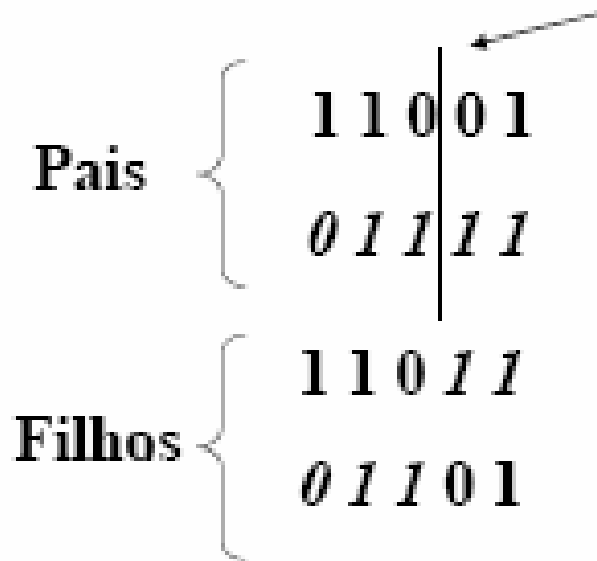
- Tipos
 - Ponto Único
 - Dois Pontos
 - Multiponto

- **Importante:** taxa de cruzamento

AG - Conceitos Básicos ...



Cruzamento - Ponto Único



AG - Conceitos Básicos ...

Cruzamento - Dois Pontos

<i>p a i</i> ₁	0 1 0	0 1 1 0 0 0	1 0 1 0 1 1
<i>p a i</i> ₂	0 0 1	0 0 1 1 1 0	0 0 1 1 0 1
<i>filh o</i> ₁	0 1 0	0 0 1 1 1 0	1 0 1 0 1 1
<i>filh o</i> ₂	0 0 1	0 1 1 0 0 0	0 0 1 1 0 1

AG - Conceitos Básicos ...

Cruzamento - Multipontos

<i>p a i₁</i>	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
<i>p a i₂</i>	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
<i>filh o₁</i>	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
<i>fillh o₂</i>	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0

AG - Conceitos Básicos ...

Operadores Genéticos

❑ Mutação

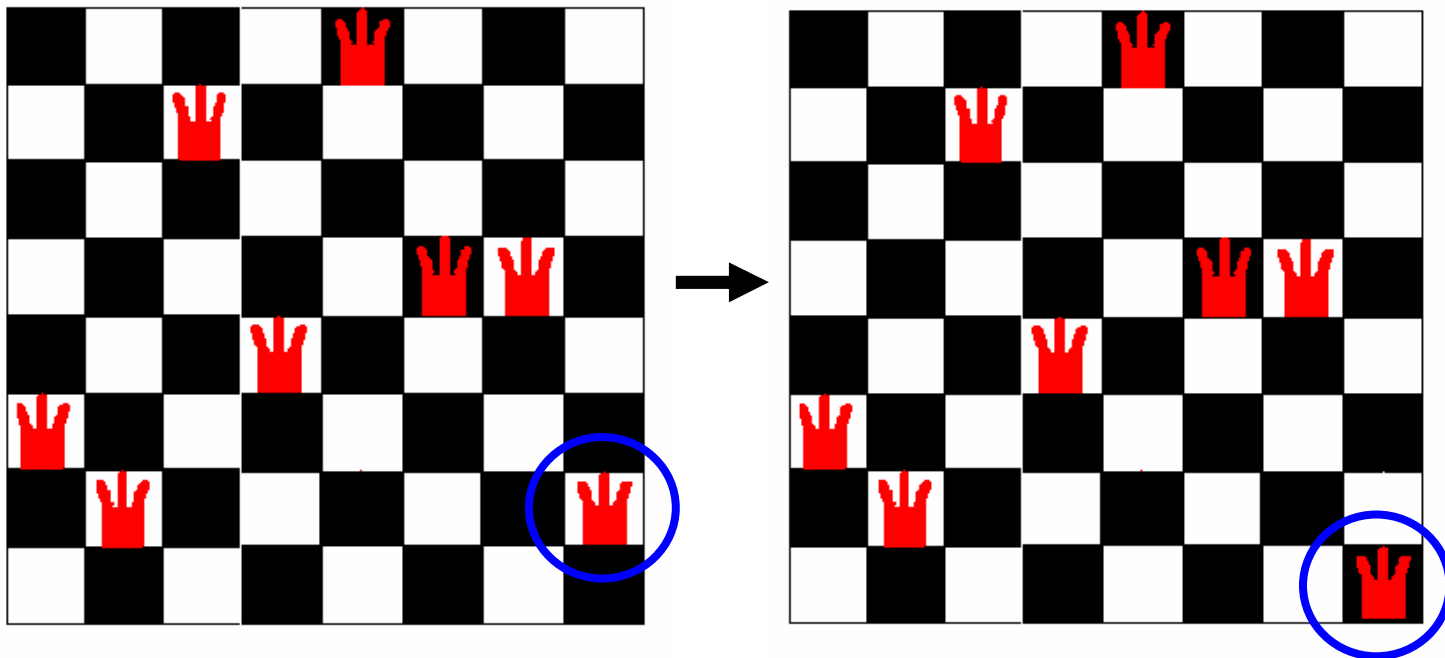
- Ocorre na relação de 1:1

$$m(i_1) = i_x$$

- A maneira com que é feito depende da representação dos indivíduos:
 - Binária
 - Inteira
 - Ponto flutuante
 - Objetos Compostos
- Não afeta o tamanho da população

AG - Conceitos Básicos ...

Mutação (exemplo):



AG - Conceitos Básicos ...

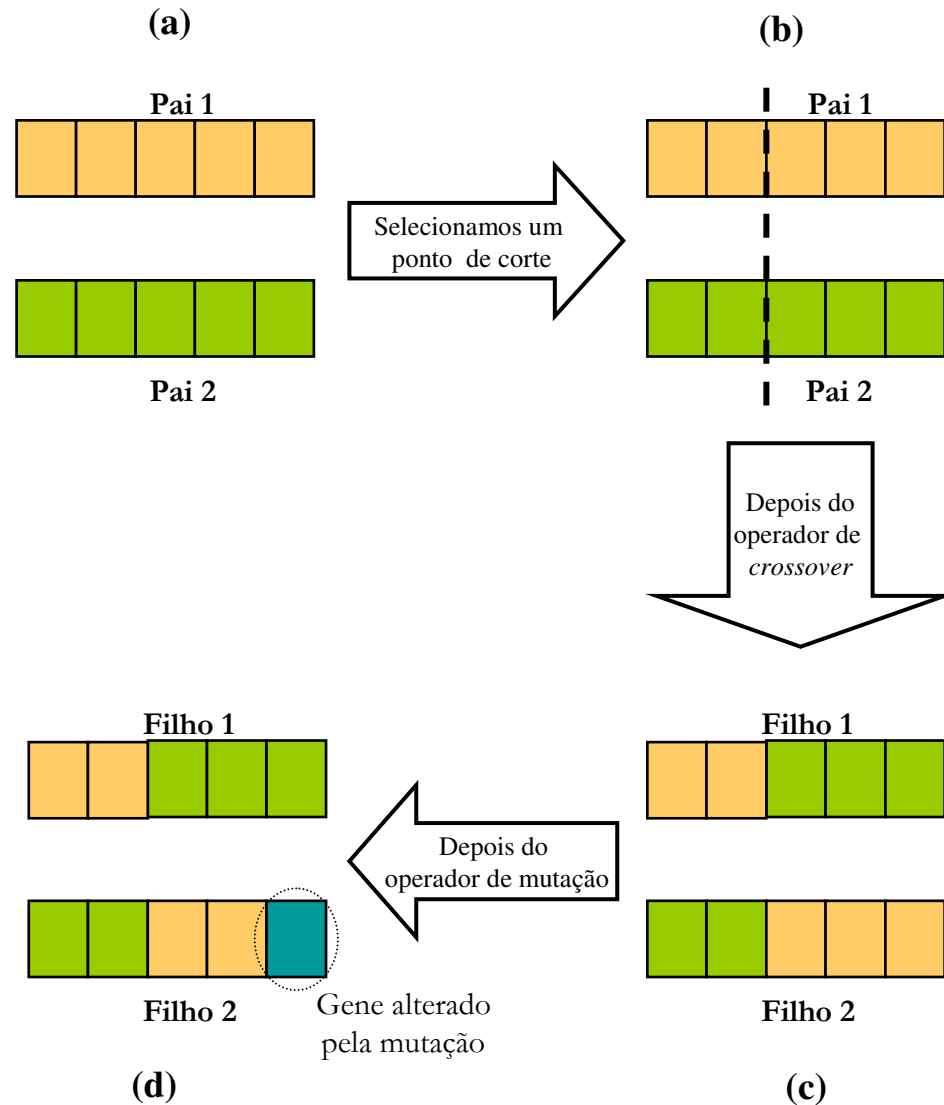
Operadores Genéticos

- **Mutação**
 - Mudança aleatória de alelo
 - Taxa de mutação
 - Significativamente inferior a de cruzamento

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

AG - Conceitos Básicos ...

Operadores em Conjunto



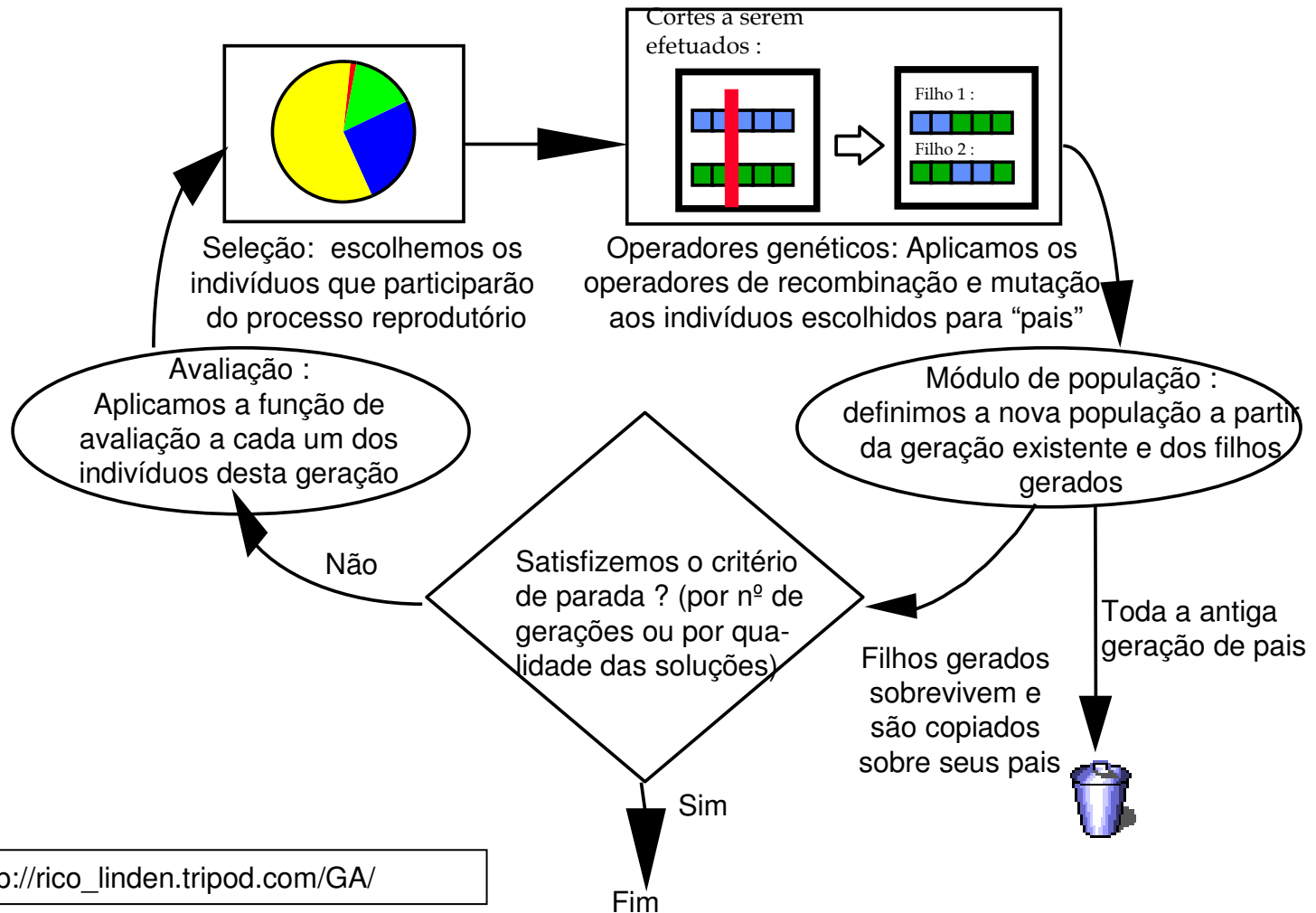
AG - Conceitos Básicos ...

Elitismo

- ❑ Um elemento que tenha maior aptidão do que outro tem também maior probabilidade de ser selecionado.
- ❑ Nada impede que seja selecionado o pior, perdendo-se assim talvez o melhor elemento da população, que poderia levar a uma convergência mais rápida.
- ❑ Para tentar minimizar este possível problema, **elitismo** pode ser adicionado à seleção.
 - Percentual de indivíduos com melhor aptidão é mantido na nova geração.

AG - Conceitos Básicos ...

Resumo do Funcionamento:



AG - Conceitos Básicos ...

Parâmetros Genéticos

- ❑ Tamanho da população
- ❑ Taxa de cruzamento
- ❑ Taxa de mutação
- ❑ Intervalo de geração
 - Percentual de renovação da população

AG - Conceitos Básicos ...

Parâmetros Genéticos

- Critério de parada
 - Número de gerações
 - Convergência da função de aptidão na população
 - Não melhoria da aptidão do melhor indivíduo após um número de gerações

AG - Conceitos Básicos ...

Caracterização

1. Problema a ser otimizado
2. Representação das Soluções de Problema
3. Decodificação do Cromossomo
4. Avaliação
5. Seleção
6. Operadores Genéticos
7. Inicialização da População

AG - Conceitos Básicos ...

Questões importantes

- Como criar cromossomos e qual tipo de codificação usar?
 - É a primeira pergunta que deve ser feita ao resolver um problema com AG.
 - A codificação dependerá fortemente do problema.
- Como escolher os pais para a realização do *crossover*?
- A geração de uma população a partir de duas soluções pode causar a perda da melhor solução. O que fazer?

AG - Aplicações ...

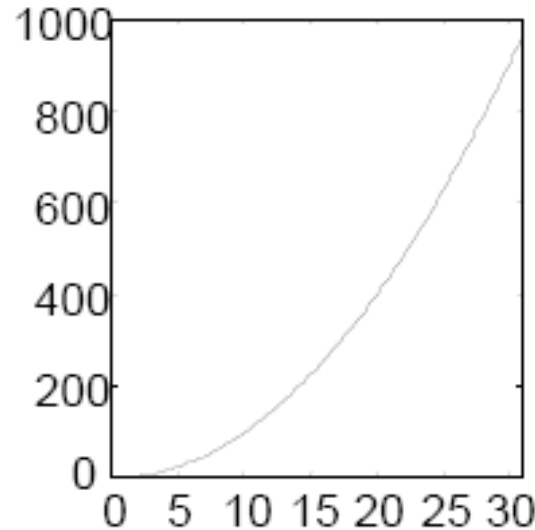
- ❑ Em problemas difíceis de otimização, quando não existe nenhuma outra técnica específica para resolver o problema.
- ❑ Otimização de funções numéricas em geral
- ❑ Otimização combinatória
 - ❑ Problema do caixeiro viajante
 - ❑ Problema de empacotamento
 - ❑ Alocação de recursos (*job shop schedulling*)
- ❑ Aprendizado de Máquina

AG - Aplicações ...

- ❑ **Exemplo 1:** Uso de AG para encontrar o ponto máximo da função

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

- ❑ com x sujeito às seguintes restrições:



$0 \leq x \leq 31$
 x é inteiro

AG - Aplicações ...

Exemplo 1:

- Cromossomos binários com 5 bits
 - $0 = 00000$
 - $31 = 11111$

- Aptidão
 - Neste problema a aptidão pode ser a própria função objetivo
 - Exemplo: $\text{Aptidão}(00011) = f(3) = 9$

AG - Aplicações ...

Exemplo 1:

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

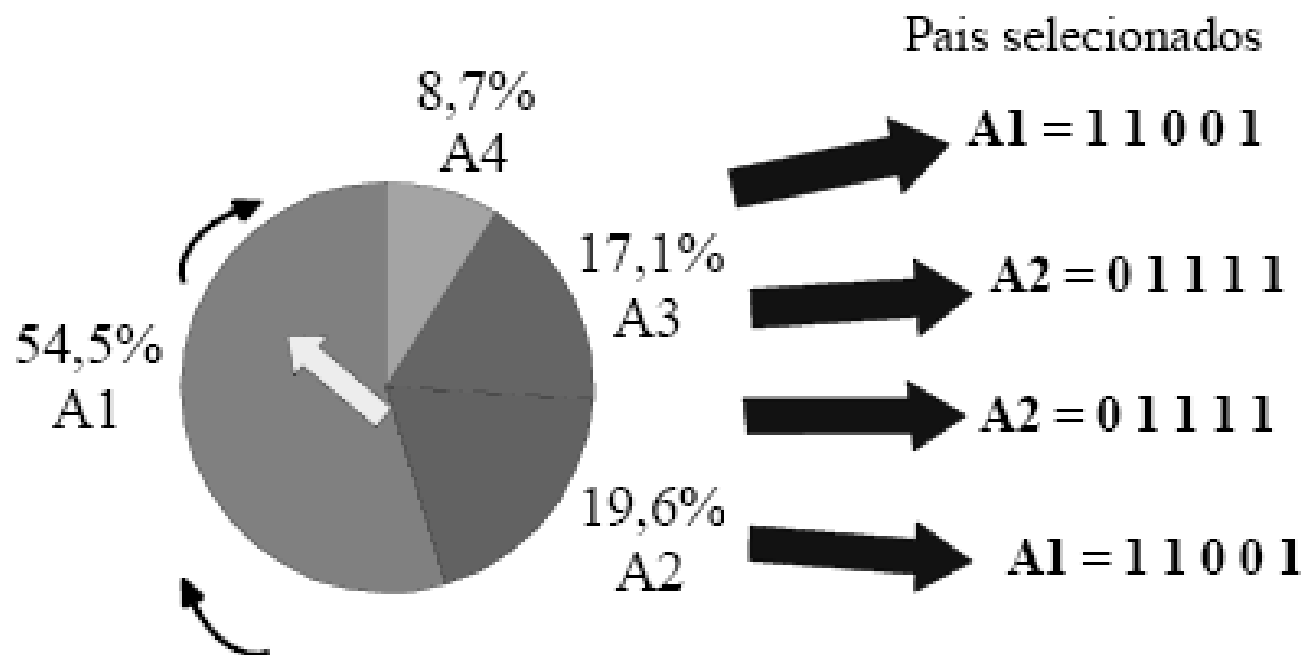
Proporcional à aptidão

$$p_i = \frac{f(x_i)}{\sum_{k=1}^N f(x_k)}$$

A população inicial é aleatória (mas quando possível, o conhecimento da aplicação pode ser utilizado para definir população inicial).

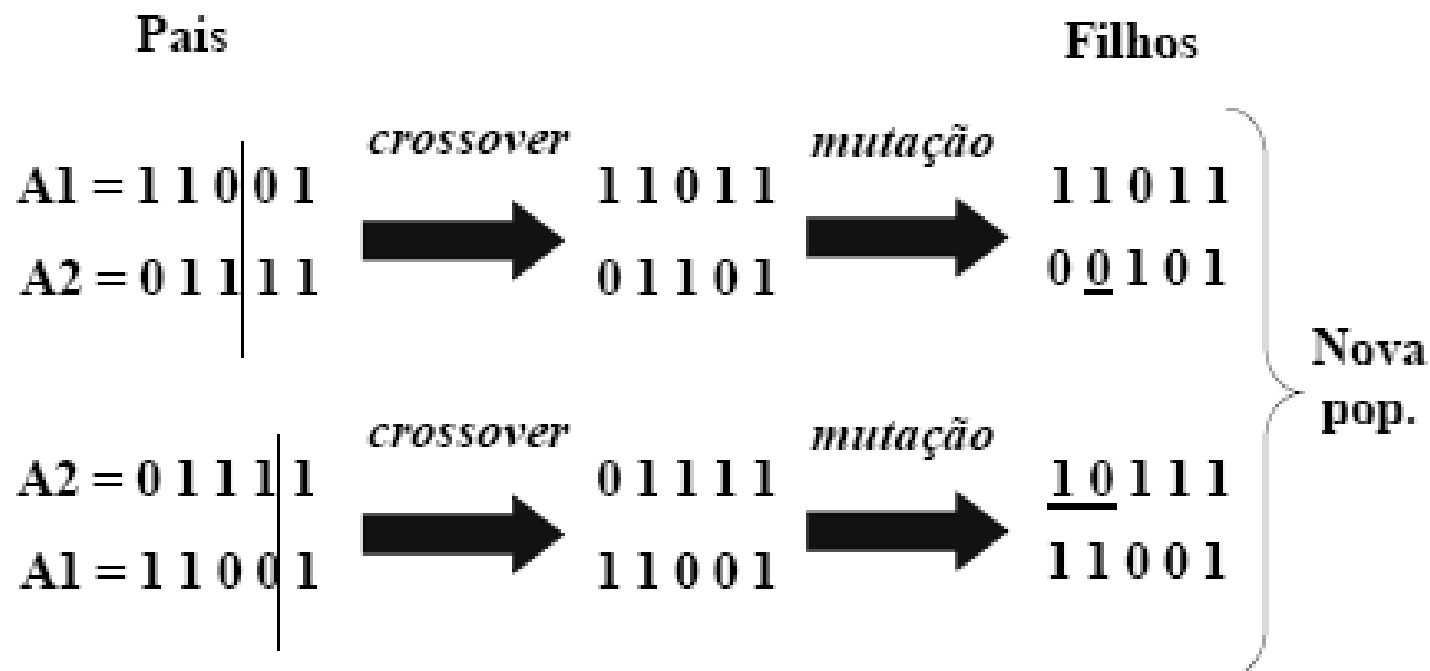
AG - Aplicações ...

Exemplo 1:



AG - Aplicações ...

Exemplo 1:



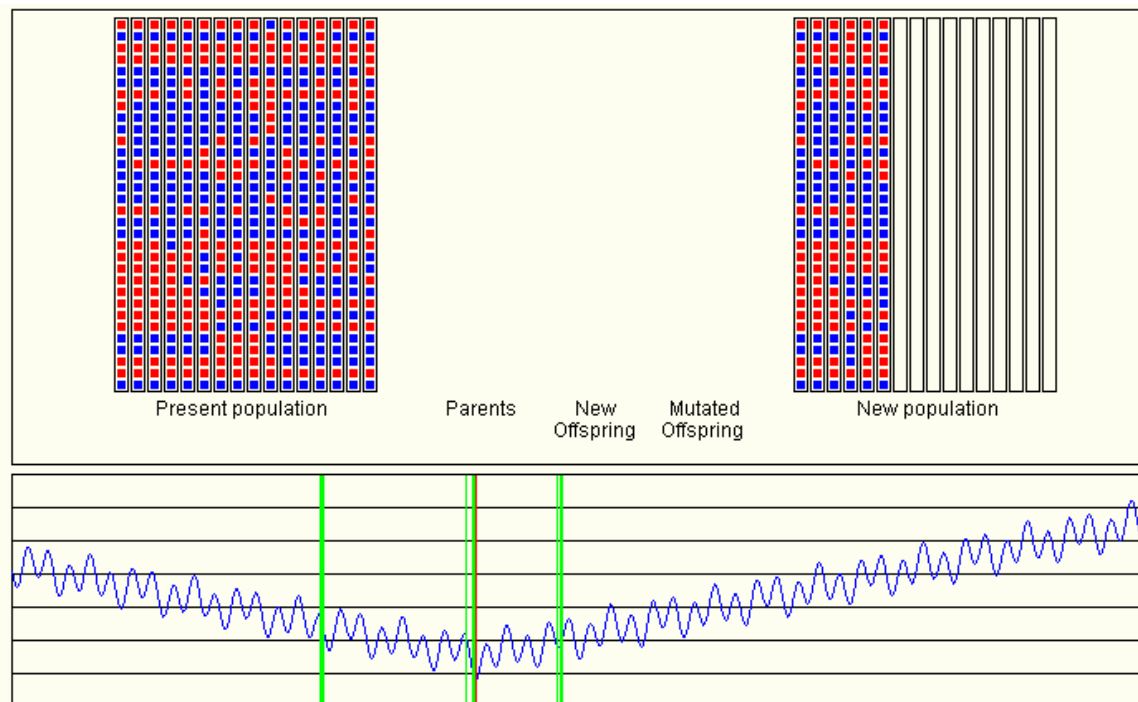
AG - Aplicações ...

Exemplo 1:

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%

AG - Aplicações

Exemplo 2: Uso de AG para obter o Mínimo de uma Função



Fonte: <http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/portuguese/example-function-minimum.php>

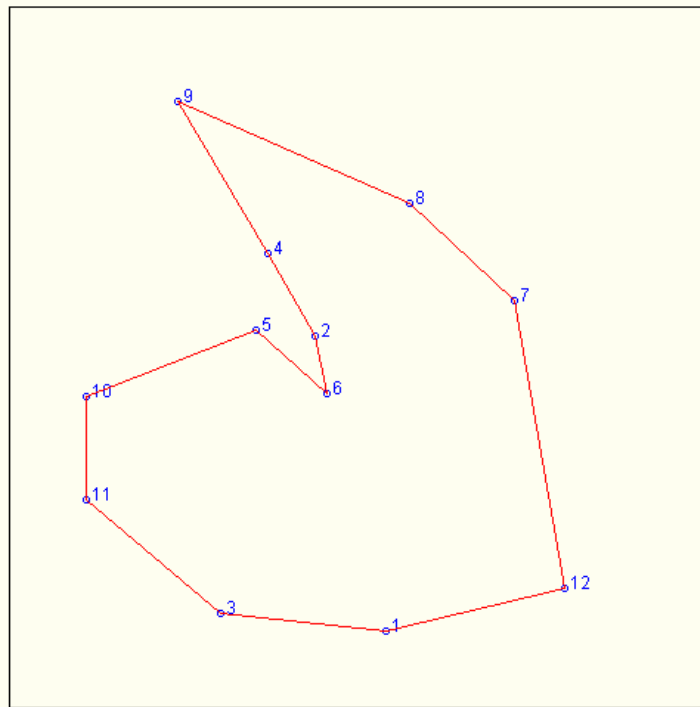
AG - Aplicações

Exemplo 3: Algoritmo Genético Aplicado ao Problema do Caixeiro Viajante

1. Uma população inicial é gerada aleatoriamente. Cada indivíduo da população é uma rota. Lembrando que as cidades não podem ser repetidas.
2. Cada indivíduo é avaliado definindo seu *fitness* (valor de adequação) que é inversamente proporcional à distância total da rota.
3. Um número aleatório de indivíduos (pode ser pré-definido) é selecionado na roleta.
4. Alguns dos indivíduos selecionados passam por alterações, a partir dos operadores genéticos (*crossover* e *mutação*).
5. Uma nova população é gerada e repete-se os passos do 2 ao 5 até que um número pré-definido de gerações seja alcançado.

AG - Aplicações

Exemplo 3: Algoritmo Genético Aplicado ao Problema do Caixeiro Viajante



Fonte: <http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/portuguese/tsp-example.php>

Considerações Finais ...

Aspectos Práticos

- ❑ A implementação prática de um AG requer atenção para várias questões:
 1. Escolha da Função de Avaliação/Aptidão
 2. Problemas de convergência
 3. Escolha da Técnica de Seleção
 4. Lacuna entre gerações (*generation gap*)

Considerações Finais ...

- ❑ AG são técnicas probabilísticas, e não técnicas determinísticas.
- ❑ Iniciando um AG com a mesma população inicial e o mesmo conjunto de parâmetros, é possível encontrar soluções diferentes a cada vez que se executa o programa.

Considerações Finais

- ❑ AG não ficarão estagnados simplesmente pelo fato de terem encontrado um máximo local.
- ❑ Eles se parecem com a evolução natural, que só porque encontrou um indivíduo que é instantaneamente o melhor de um certo grupo não deixa de “procurar” outros indivíduos ainda melhores.
- ❑ Na evolução natural isto também decorre proveniente de circunstâncias que mudam de um momento para outro.

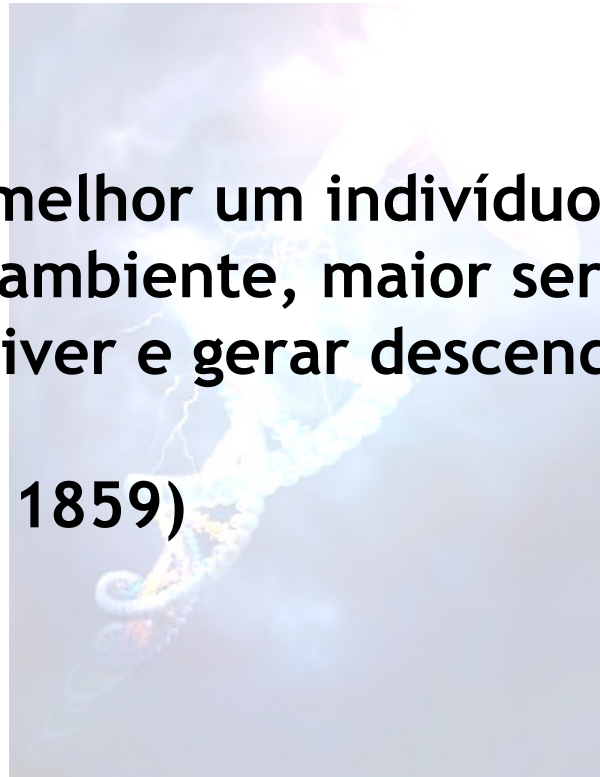
Referências Bibliográficas

- Russell, S., Norvig, P. ***Artificial Intelligence - A Modern Approach***, Prentice-Hall, 2ª Edição, 2003;
- Luger, G. F., ***Inteligência Artificial - Estruturas e Estratégias para a Solução de Problemas Complexos***, 4ª Edição, Bookman, 2004;
- Bittencourt, G., ***Inteligencia Artificial - Ferramentas e Teorias***, Editora de UFSC, 1998;
- Flach, P., ***Simply Logical - Intelligent Reasoning by Example***, John Wiley & Sons, 1994;
- Costa, A. H. R. e Sichman, J. S., ***Inteligência Artificial***
- Linden, R., ***Algoritmos Genéticos - Uma importante ferramenta da Inteligência Computacional***, Brasport Livros e Multimídia Ltda, 2006.

Algoritmos Genéticos

“Quanto melhor um indivíduo se adaptar ao seu meio ambiente, maior será sua chance de sobreviver e gerar descendentes.”

(DARWIN, 1859)





Algoritmos Genéticos e suas Aplicações

Joseana Macêdo Fachine

