

APRENDIZADO DE MÁQUINAS

Algoritmos Genéticos



TÓPICOS

1. Introdução
2. Métodos de Busca
3. Algoritmos Evolucionários
4. Passos do Algoritmo Genético
5. População Inicial, Aptidão, Seleção dos Pais
6. Crossover
7. Mutação
8. Parada
9. Exemplo de aplicação
10. Considerações importantes sobre AG
11. Vantagens dos AG
12. Aplicações dos AG

INTRODUÇÃO

**“Quanto melhor um indivíduo se adaptar ao seu meio ambiente, maior será sua chance de sobreviver e gerar descendentes.”
(DARWIN, 1859)**



Fonte: br.freepik.com

MÉTODOS DE BUSCA

- **Busca Cega ou Exaustiva:**

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

- **Busca Heurística:**

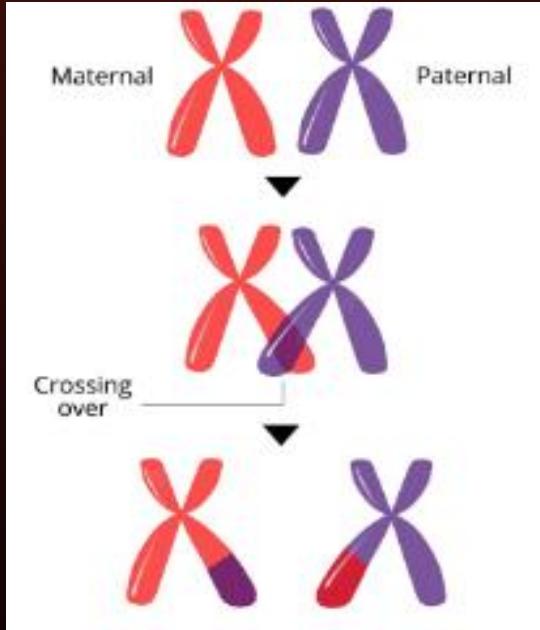
Estima qual o melhor nó da fronteira a ser expandido com base em funções heurísticas.

- **Busca Local:**

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

CONCEITOS DE BIOLOGIA

- Na reprodução sexuada ocorre a formação de um novo indivíduo através da combinação de duas células gametas.
- Na formação dessas gametas, ocorre o processo de recombinação genética (crossing-over).



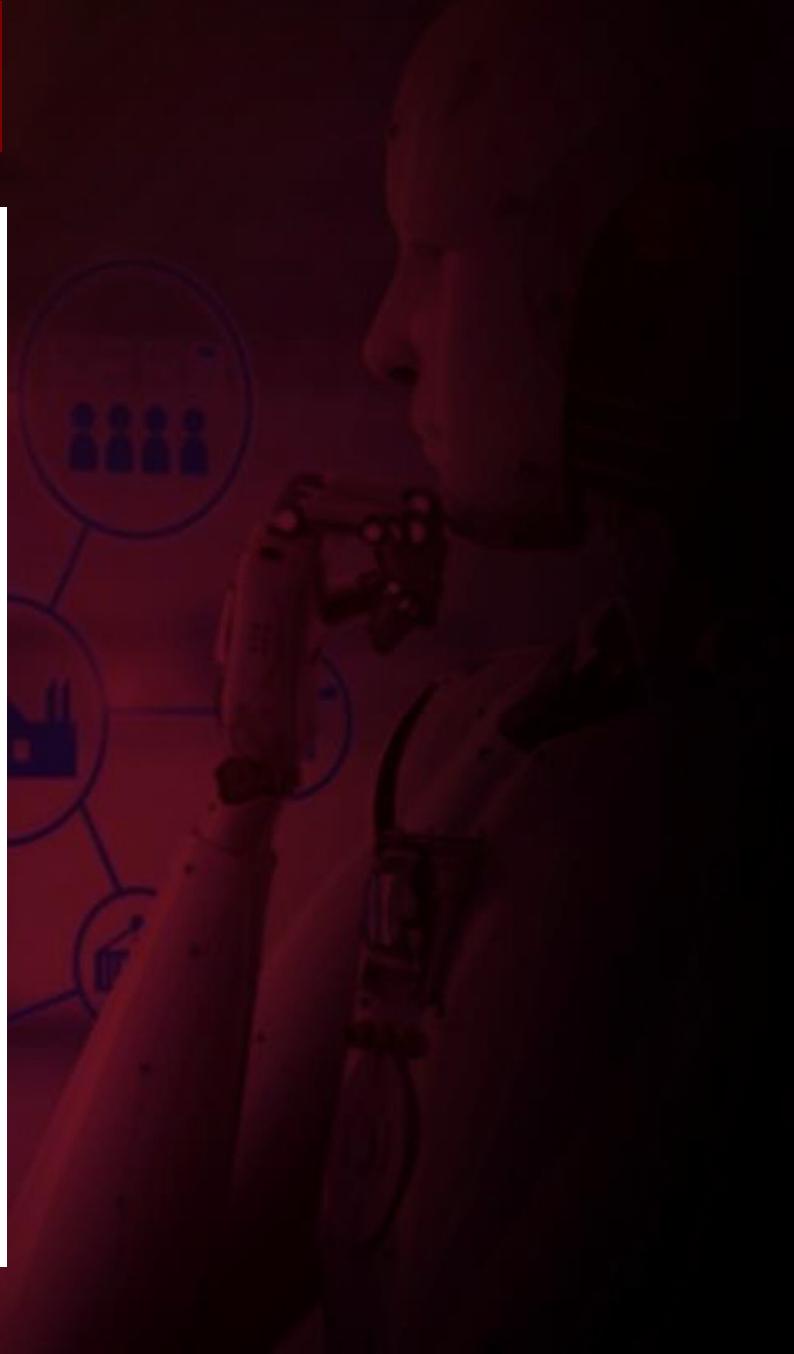
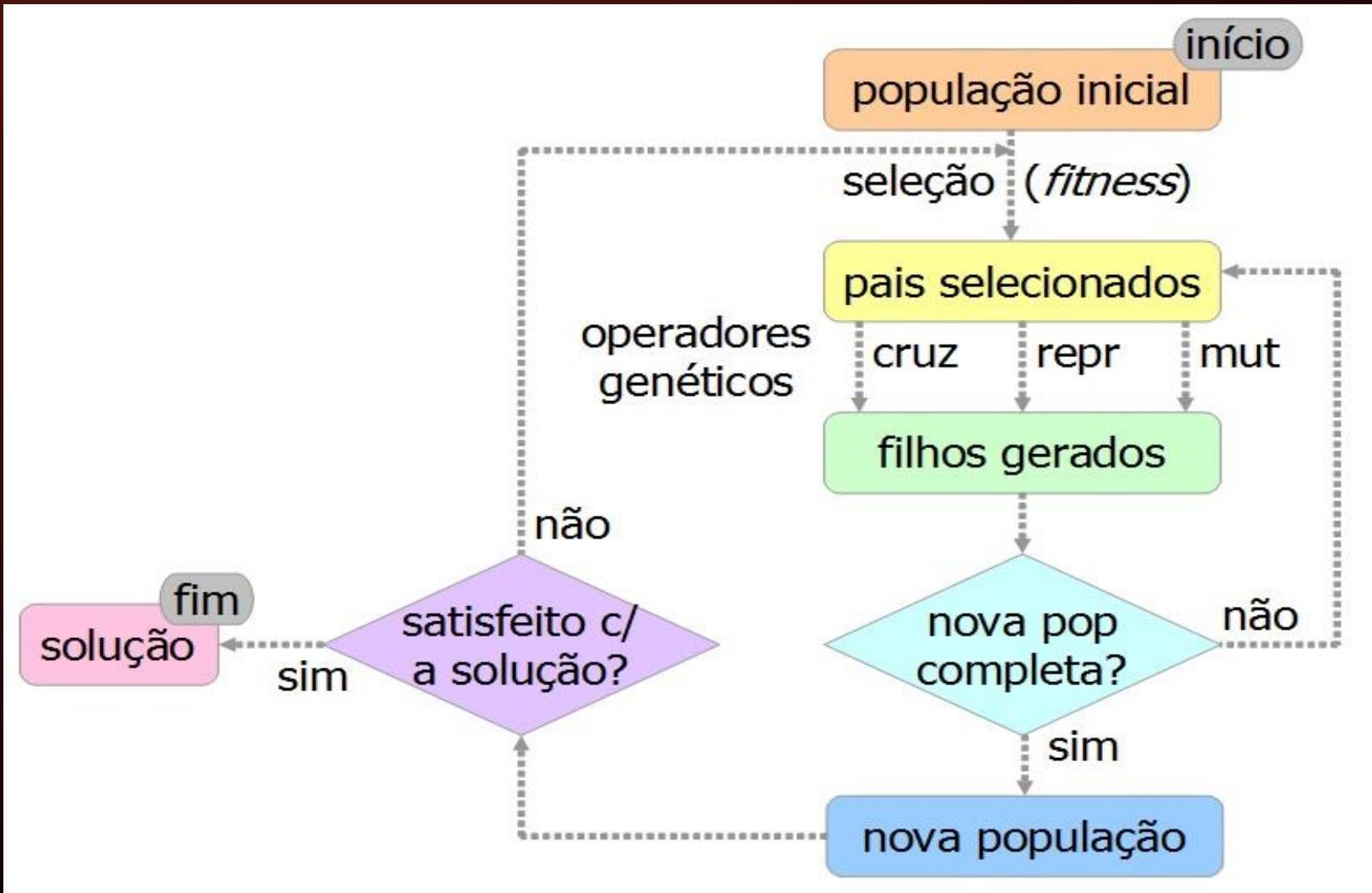
Fonte: br.freepik.com

- Indivíduos com uma melhor adequação do seu fenótipo ao meio ambiente (melhor fitness) se reproduzem mais.
- Dessa forma, têm mais chances de passar seus genes para a próxima geração.
- Entretanto, graças aos operadores genéticos (recombinação e mutação) os cromossomos dos filhos não são exatamente iguais aos dos pais.
- Assim, eles podem evoluir e se adaptar cada vez mais ao meio ambiente.

ALGORITMOS EVOLUCIONÁRIOS

- Os algoritmos evolucionários, dos quais os algoritmos genéticos fazem parte, procuram se inspirar na forma como a natureza funciona.
- Os algoritmos evolucionários funcionam mantendo uma população de estruturas que evoluem de forma semelhante à evolução das espécies.
- Nestas estruturas são aplicados operadores genéticos, como a recombinação e mutação.
- Cada indivíduo recebe uma avaliação (fitness) que é uma quantificação da sua qualidade como solução do problema em questão.
- Baseados nesta avaliação são aplicados operadores genéticos de forma a simularem a sobrevivência do mais apto.

ALGORITMOS EVOLUCIONÁRIOS



ALGORITMOS GENÉTICOS - PASSOS

Definir uma maneira de codificar a população de indivíduos.

Definir uma função de avaliação.

Definir um método de seleção dos pais.

Definir os operadores genéticos:

- Recombinação
- Mutação

ALGORITMOS GENÉTICOS – POPULAÇÃO INICIAL

A representação dos cromossomos é fundamental para o codificação do algoritmo genético.

Consiste em uma maneira de traduzir a informação do problema em uma maneira viável de ser tratada pelo computador.

Cada pedaço indivisível desta representação é chamado de um gene, por analogia aos genes que compõem um cromossomo biológico.

Cromossomos podem ser:

Strings de bits (0101 ... 1100)

Números reais (43.2 -33.1 ... 0.0 89.2)

Listas de regras (R1 R2 R3 ... R22 R23)

Qualquer estrutura de dados imaginável!

ALGORITMOS GENÉTICOS - APTIDÃO

A função de avaliação é a maneira utilizada pelos algoritmos genéticos para determinar a qualidade de um indivíduo como solução do problema em questão.

A função de avaliação deve ser escolhida cuidadosamente. Ela deve embutir todo o conhecimento que se possui sobre o problema a ser resolvido.

Exemplo: Encontrar o máximo da função $f(x)=x^2$ no intervalo $[0,31]$.

A função de avaliação, para este caso, consiste simplesmente em converter o número de binário (utilizado para representar o cromossomo) para inteiro e depois elevá-lo ao quadrado.

Indivíduos que tiverem maiores valores na função de avaliação são os mais aptos.

ALGORITMOS GENÉTICOS – SELEÇÃO DOS PAIS

O método de seleção de pais deve tentar simular o mecanismo de seleção natural que atua sobre as espécies biológicas.

- Os pais mais capazes geram mais filhos, mas os menos aptos também podem gerar descendentes.

Temos que privilegiar os indivíduos com função de avaliação alta, sem desprezar completamente aqueles indivíduos com função de avaliação extremamente baixa.

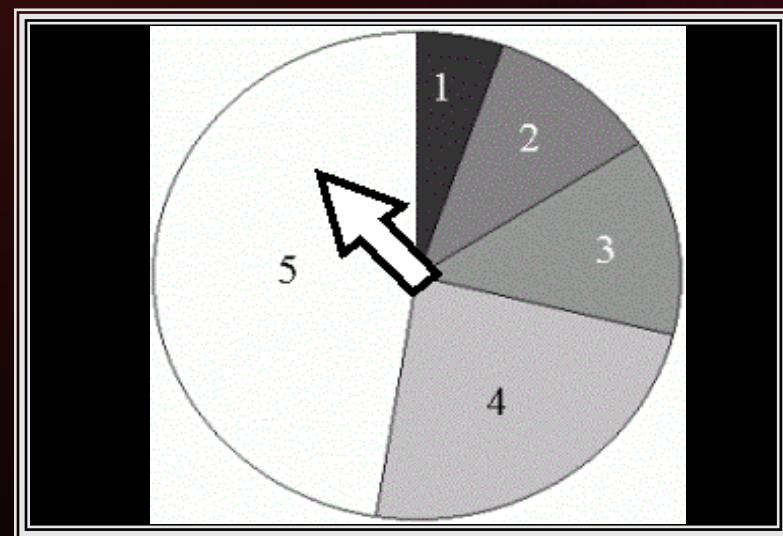
Isto ocorre pois até indivíduos com péssima avaliação podem ter características genéticas que sejam favoráveis à criação de um “super indivíduo”.

ALGORITMOS GENÉTICOS – SELEÇÃO DOS PAIS

Método mais comum de seleção de pais: Roleta.

Cria-se uma roleta (virtual) na qual cada cromossomo recebe um pedaço proporcional à sua avaliação.

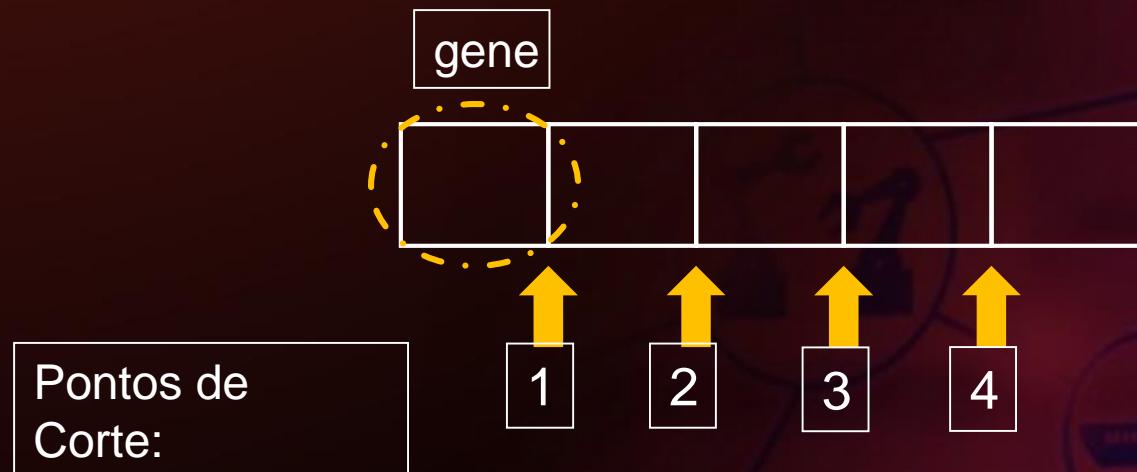
Roda-se a roleta para sortear os indivíduos que serão pais de um novo indivíduo.



ALGORITMOS GENÉTICOS - CRUZAMENTO

Cada indivíduo com n genes possui $n-1$ pontos de corte.

Em um indivíduo com codificação binária, cada bit é um gene.

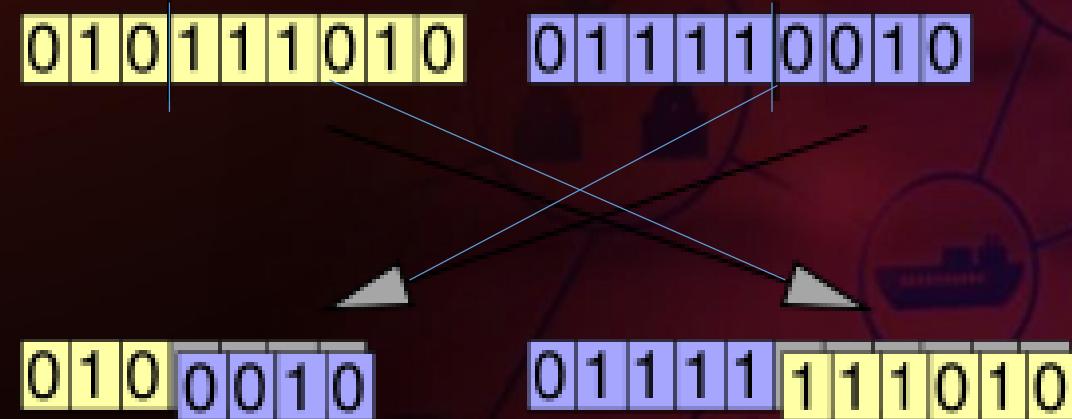


ALGORITMOS GENÉTICOS - CRUZAMENTO

Também chamado de reprodução ou crossover

Combina as informações genéticas de dois indivíduos (pais) para gerar novos indivíduos (filhos)

Versões mais comuns criam sempre dois filhos para cada operação



ALGORITMOS GENÉTICOS - MUTAÇÃO

Depois de compostos os filhos, entra em ação o operador de mutação.

O operador atua com base em uma probabilidade extremamente baixa (da ordem de 5%) de alteração aleatória do valor de um gene ou mais genes dos filhos.

O valor da probabilidade que decide se o operador de mutação será ou não aplicado é um dos parâmetros do algoritmo genético que pode alterar o resultado alcançado pelo algoritmo.

Exemplo:

Altere-se cada gene de forma independente com base em uma probabilidade p_m

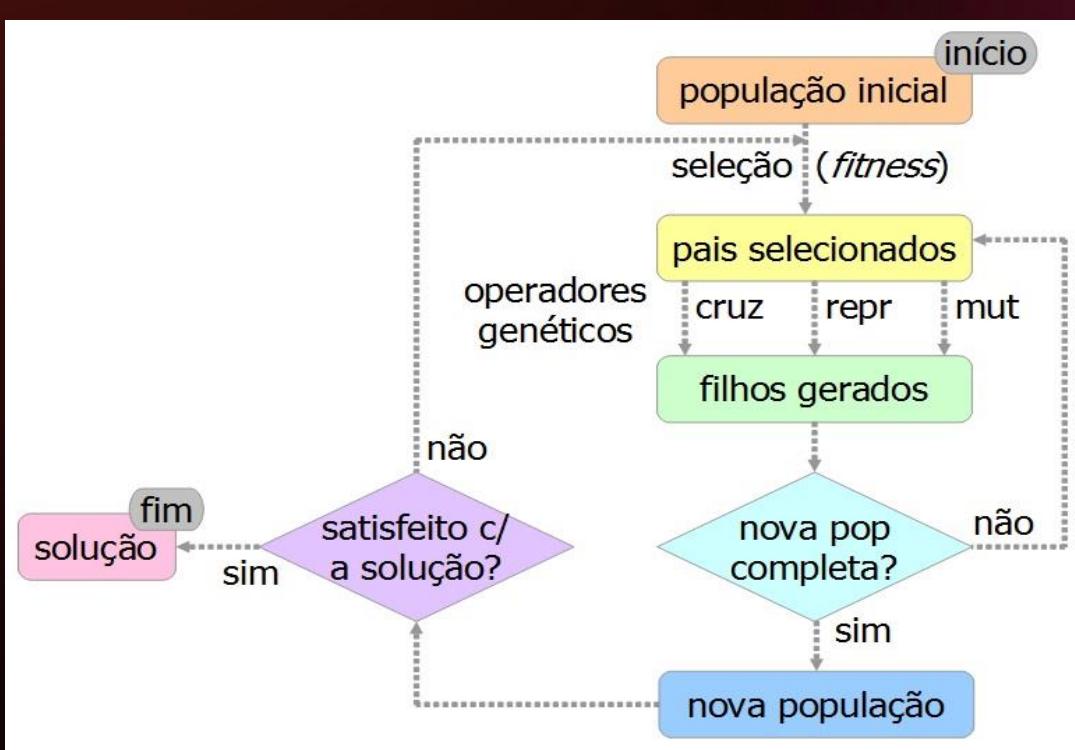
- p_m é denominada taxa de mutação e costuma ser bem baixa.

parent	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
child	0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1

ALGORITMOS GENÉTICOS - PARADA

Existem duas condições de parada normalmente utilizadas:

- Quando uma solução particular tiver sido alcançada
- Quando o nível mais alto de aptidão na população tiver alcançado um valor específico

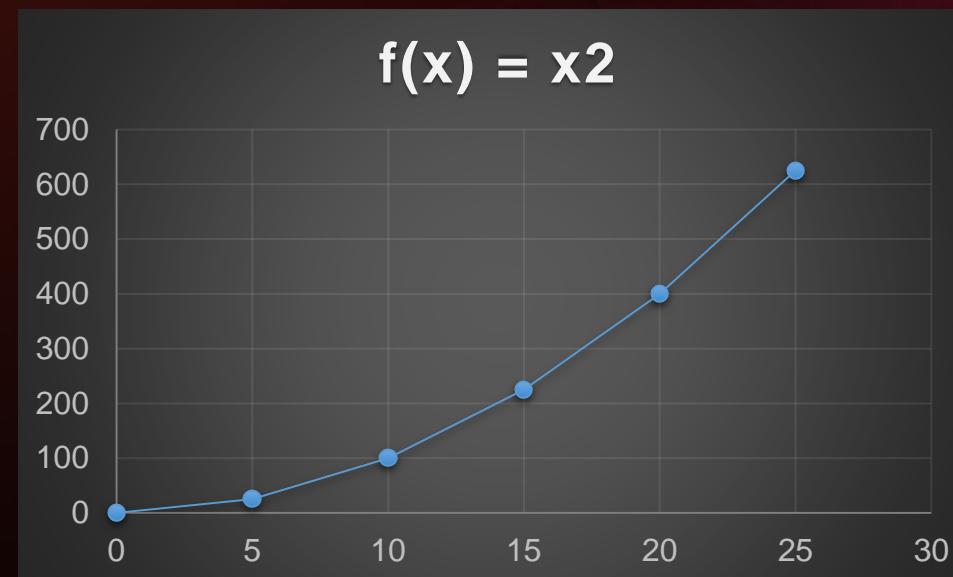


EXEMPLO: ENCONTRAR O PONTO MÁXIMO DE $F(X) = X^2$

Objetivo: Utilizar AG para encontrar o ponto máximo da função $f(x) = x^2$

Com $f(x)$ sujeita às seguintes restrições:

- $0 \leq x \leq 31$
- x é inteiro



EXEMPLO: ENCONTRAR O PONTO MÁXIMO DE $F(X) = X^2$

Representação dos cromossomos (números binários de 5 bits):

- 0 = 0 0 0 0 0
- 31 = 1 1 1 1 1

Função aptidão:

- Por simplicidade será a própria função objetivo
- Exemplo: aptidão(00111) = f(3) = 9

População Inicial: é aleatória mas quando possível, o conhecimento da população inicial pode ser utilizado para definir a população inicial

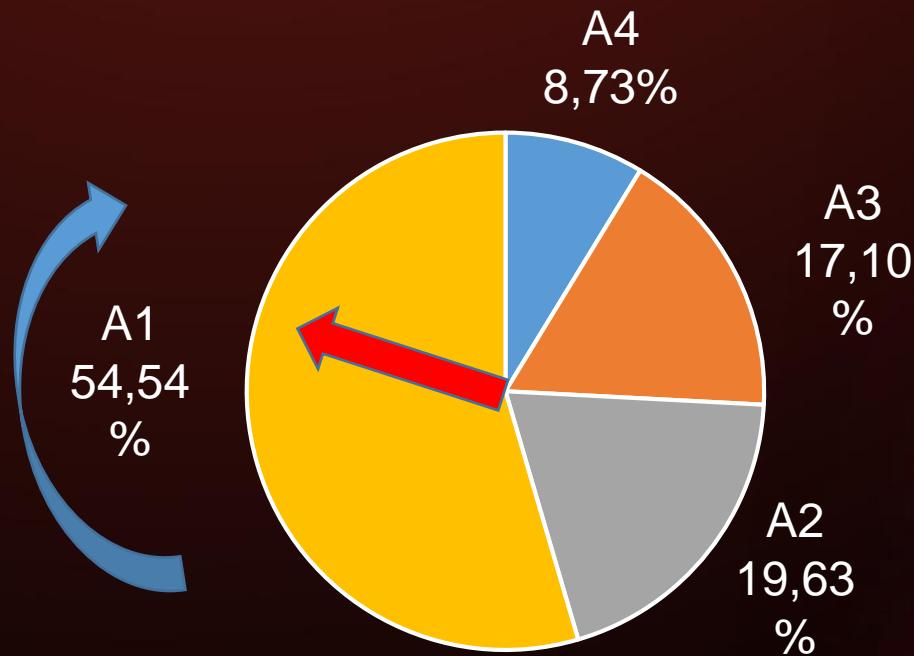
cromossomo	x	f(x)	Probabilidade de Seleção
A1 = 1 1 0 0 1	25	625	54,54%
A2 = 0 1 1 1 1	15	225	19,63%
A3 = 0 1 1 1 0	14	196	17,10%
A4 = 0 1 0 1 0	10	100	8,73%

Probabilidade de seleção proporcional a aptidão

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

EXEMPLO: ENCONTRAR O PONTO MÁXIMO DE $F(X) = X^2$

Seleção proporcional à aptidão (Roleta):



Pais selecionados:

A1 = 1 1 0 0 1

A2 = 0 1 1 1 1

A3 = 0 1 1 1 0

A4 = 0 1 0 1 0

EXEMPLO: ENCONTRAR O PONTO MÁXIMO DE $F(X) = X^2$

Crossover de um ponto:

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

Pais: {
Filhos: {

1	1	0	0	1
0	1	1	1	1
1	1	0	1	1
0	1	1	0	1

O ponto de corte é escolhido aleatoriamente:

Se o crossover é aplicado os pais trocam suas caudas gerando dois filhos, caso contrário, os dois filhos serão cópias exatas dos pais

EXEMPLO: ENCONTRAR O PONTO MÁXIMO DE $F(X) = X^2$

Mutação: inverte os valores dos bits

Antes da mutação: 0 1 1 0 1
Depois da mutação: 0 **0** 1 0 1

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

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

EXEMPLO: ENCONTRAR O PONTO MÁXIMO DE $F(X) = X^2$

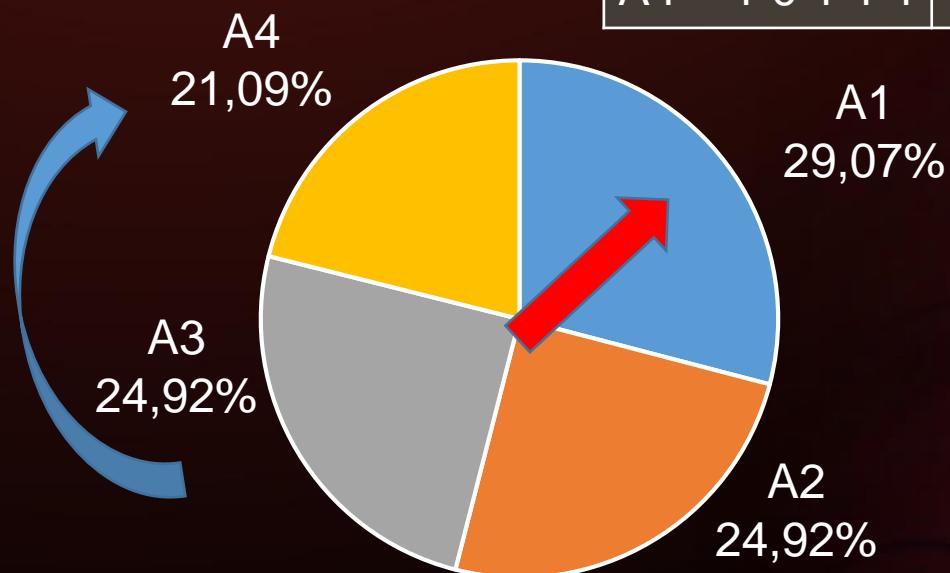
Primeira Geração



EXEMPLO: ENCONTRAR O PONTO MÁXIMO DE $F(X) = X^2$

Primeira Geração

cromossomo	x	f(x)	Probabilidade de Seleção
A1 = 1 1 0 1 1	27	729	29,07%
A2 = 1 1 0 0 1	25	625	24,92%
A3 = 1 1 0 0 1	25	625	24,92%
A4 = 1 0 1 1 1	23	529	21,09%



EXEMPLO: ENCONTRAR O PONTO MÁXIMO DE $F(X) = X^2$

Segunda Geração

cromossomo	x	f(x)	Probabilidade de Seleção
A1 = 1 1 0 1 1	27	729	32,04%
A2 = 1 1 0 0 0	24	576	25,31%
A3 = 1 0 1 1 1	23	529	23,25%
A4 = 1 0 1 0 1	21	441	19,38%

Terceira Geração

cromossomo	x	f(x)	Probabilidade de Seleção
A1 = 1 1 0 1 1	27	729	47,58%
A2 = 1 0 1 1 1	23	529	34,53%
A3 = 0 1 1 1 1	15	225	14,68%
A4 = 0 0 1 1 1	07	49	3,19%

EXEMPLO: ENCONTRAR O PONTO MÁXIMO DE $F(X) = X^2$

Quarta Geração

cromossomo	x	f(x)	Probabilidade de Seleção
A1 = 1 1 0 1 1	31	961	34,97%
A2 = 1 1 0 0 0	27	729	26,52%
A3 = 1 0 1 1 1	23	529	19,25%
A4 = 1 0 1 0 1	23	529	19,25%

Quinta Geração

cromossomo	x	f(x)	Probabilidade de Seleção
A1 = 1 1 0 1 1	31	961	28,16%
A2 = 1 0 1 1 1	31	961	28,16%
A3 = 0 1 1 1 1	31	961	28,16%
A4 = 0 0 1 1 1	23	529	15,50%

QUESTÕES IMPORTANTES

- **Representação dos indivíduos**
- **Parâmetros do sistema (tamanho da população, taxa de mutação...)**
- **Políticas de seleção e eliminação de indivíduos**
- **Operadores genéticos (recombinação e mutação)**
- **Critérios de parada**
- **Função de avaliação (a mais importante e mais complicada de ser definida)**

VANTAGENS DOS ALGORITMOS GENÉTICOS

- Sempre oferece uma resposta que tende a ser melhor com o tempo
- Conforme ganhamos conhecimento sobre o problema podemos melhorar a função de avaliação
- Usado em diversos tipos de aplicações

APLICAÇÕES DOS ALGORITMOS GENÉTICOS

- Alocação de tarefas
- Configuração de sistemas complexos
- Seleção de Rotas
- Problemas de Otimização e de Aprendizagem de Máquina
- Problemas cuja solução seja um estado final e não um caminho
- São especialmente interessantes em problemas difíceis de otimizar de forma convencional
- Técnicas tradicionais são mais difíceis de empregar
- Se uma técnica tradicional puder ser empregada, normalmente acha a melhor solução mais rápido
- Existem muitos problemas práticos aos quais técnicas determinísticas tradicionais não podem ser aplicadas
- Técnicas tradicionais têm natureza serial
- Algoritmos Genéticos têm natureza paralela

APRENDIZADO DE MÁQUINAS

Algoritmos Genéticos

