

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

## Computação Evolutiva: Algoritmos Genéticos

Alexandre Zamberlan

# Sumário

- Contexto
- Definição
- Fluxograma básico
- Representação
- Seleção
- Operadores Genéticos
- Parâmetros
- Referências bibliográficas

# Contexto

- **Área da IA** inspirada na:
  - Teoria da Evolução Natural e na
  - Genética
- Sub-áreas
  - **Algoritmos Genéticos**
  - Estratégias de Evolução
  - Programação Genética

# Contexto

- **Algoritmos Genéticos**
  - método de Resolução de Problemas
    - Modelos computacionais baseados nas teorias:
      - SELEÇÃO NATURAL
      - HEREDITARIEDADE

# Contexto

- **Métodos de Resolução de Problemas**
  - Toda tarefa de busca ou otimização possui:
    - Estados inicial(ais) e final(ais)
    - Regras de transição ou operadores
    - Espaço de busca (possibilidades de solução de um problema)
    - Função de avaliação (função de custo)
- **Métodos de busca e otimização tradicionais**
  - Geralmente, um candidato (estado inicial)
  - Aplicações das regras de transição + heurísticas
    - Processo iterativo
    - Heurísticas estáticas

# AG: Definição

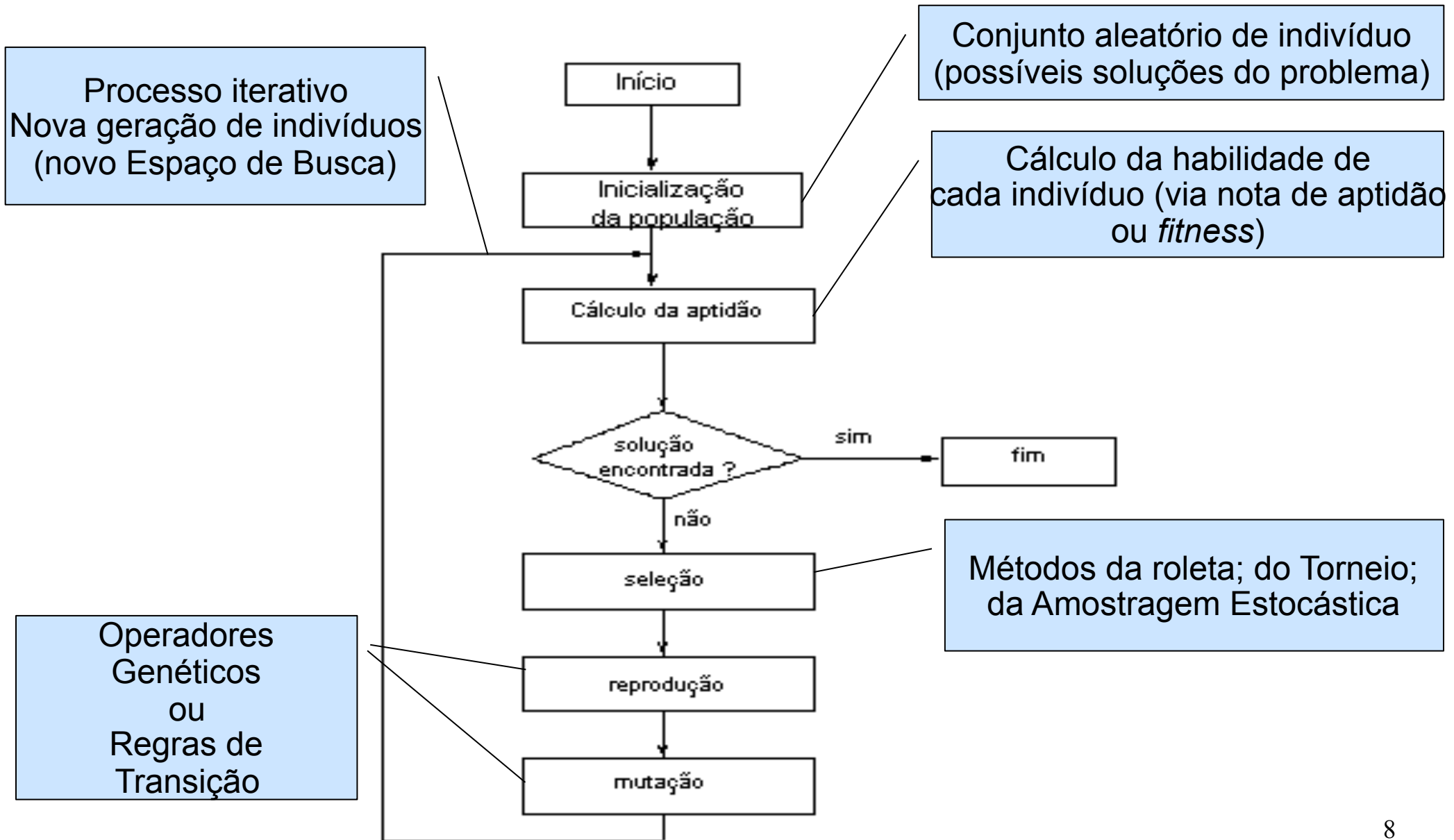
- **Algoritmos Genéticos: AG**
  - **método de Resolução de Problemas**
    - Busca de Soluções em Espaço de Estados
      - Os **estados** produzidos são prováveis soluções ou **indivíduos** da população, denominados **CROMOSSOMOS**
      - Os operadores ou **regras de transição de estados** são **MECANISMOS DE SELEÇÃO E DE REPRODUÇÃO** que tentam encontrar melhores soluções (ou indivíduos)
        - SOBREVIVÊNCIA DO MAIS FORTE (melhores soluções a cada geração)
        - **CRUZAMENTO** (*crossover*)
        - **MUTAÇÃO**
    - É possível operar sobre uma população de candidatos (espaço de estados) em PARALELO
    - Usa a estratégia de gerar e testar

# Algoritmos Genéticos

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

(Charles Darwin, 1859)

# AG: fluxograma básico





# Representação ou Codificação

- Antes do uso de AGs (busca ou otimização), é fundamental:
  - **REPRESENTAÇÃO do problema**
    - Cromossomo: estrutura de dados
      - **Vetores ou cadeia de valores** com o conjunto de parâmetros da função objetivo (custo)
      - Conjunto de todas as configurações que o cromossomo pode assumir forma seu **espaço de busca**
    - Representações (codificações de variáveis):
      - **Codificação Binária**
      - Codificação por Permutação
      - Codificação de Valores
      - Codificação em Árvore

# Representação ou Codificação

- **Binária** (mais utilizada)
  - Relativa Simplicidade
  - Cada cromossomo é uma série de bits 0 ou 1.
    - Representação **genotípica**
      - Vetores e alfabetos de tamanhos finitos
  - **Ex.: Problema da Mochila** – Cada bit é usada para dizer se a 'coisa' correspondente está ou não na mochila.

Cromossomo A	101100101100101011100101
Cromossomo B	111111100000110000011111

# Representação ou Codificação

- Permutação
  - Pode ser usada em problemas que envolvem ordenação
  - Cada cromossomo é uma série de números que representa uma sequência
  - Ex.: **Problema do Caixeiro Viajante** – Os cromossomos descrevem a ordem em que o caixeiro visitará as cidades.

Cromossomo A	1 5 3 2 6 4 7 9 8
Cromossomo B	8 5 6 7 2 3 1 4 9

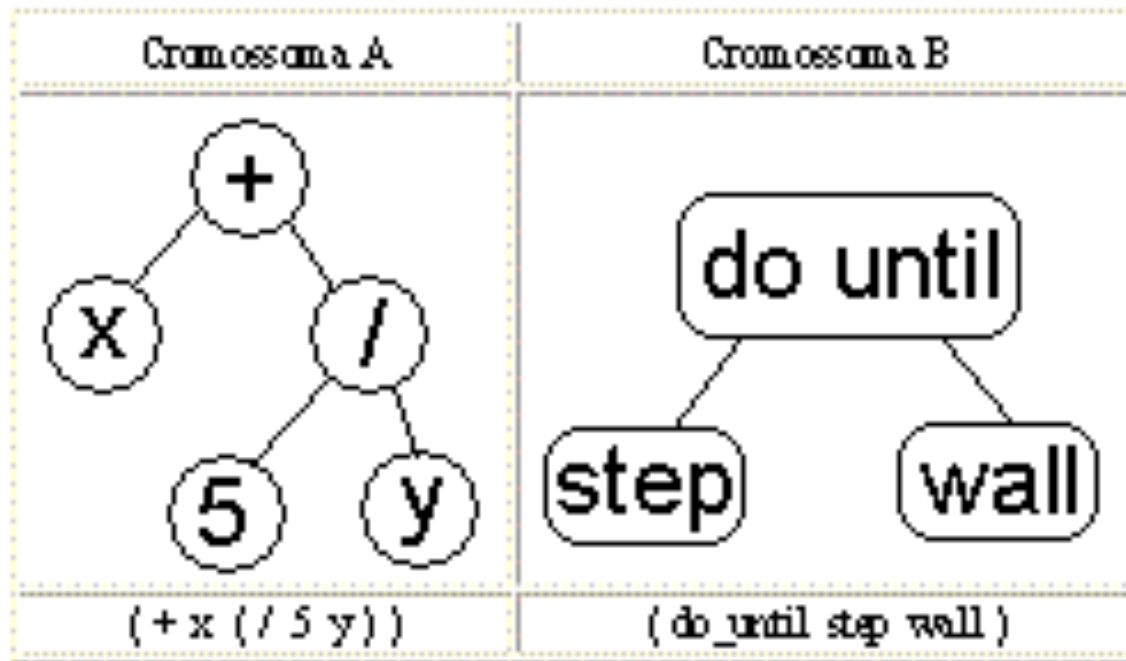
# Representação ou Codificação

- Valor
  - Pode ser usada em problemas que são usados valores mais complicados. Cada cromossomo é uma sequência de alguns valores.
  - É uma boa escolha para problemas especiais. Entretanto, é frequentemente necessário desenvolver método de cruzamento e mutação específico.
  - Ex.: Cálculo de pesos para uma Rede Neural.

Cromossomo A	1.2324 5.3243 0.4556 2.3293 2.4545
Cromossomo B	ABDJEIFJDHDIERJFDLDFLFEGT
Cromossomo C	(atrás), (atrás), (direita), (frente), (esquerda)

# Representação ou Codificação

- Árvore
  - É usada principalmente para desenvolver programas ou expressões. Cada cromossomo é uma árvore de alguns objetos



# Representação ou Codificação

- O cromossomo é composto por **genes (bits)**, que são responsáveis por determinadas características do indivíduo

Temperatura	Catalisador	Agitação	Tempo
35	8	43	56
100011	001000	101011	111000

# Seleção

- Princípio básico de funcionamento de AG
  - Mecanismo que, depois de muitas gerações, gerará indivíduos mais aptos
    1. AG começa com uma população inicial  $N$  cromossomos;
    2. Novos cromossomos são gerados aleatoriamente (novo espaço de busca) – **mais aptos**
- Uso da **função de aptidão** (*fitness*)
  - Uma nota a partir de quão bons são os genes do cromossomo – ou seja, **relativa a função objetivo** (custo ou avaliação)

# Seleção

- Função de Aptidão
- Função de Aptidão Relativa
  - função de aptidão de um indivíduo dividida pela soma de todas as aptidões dos indivíduos

indivíduo ou cromossomo	aptidão	aptidão relativa = aptidão / aptidão total
1	1	0,025
2	3	0,075
3	4	0,100
4	6	0,150
5	7	0,175
6	9	0,225
7	10	0,250
APTIDÃO TOTAL	40	

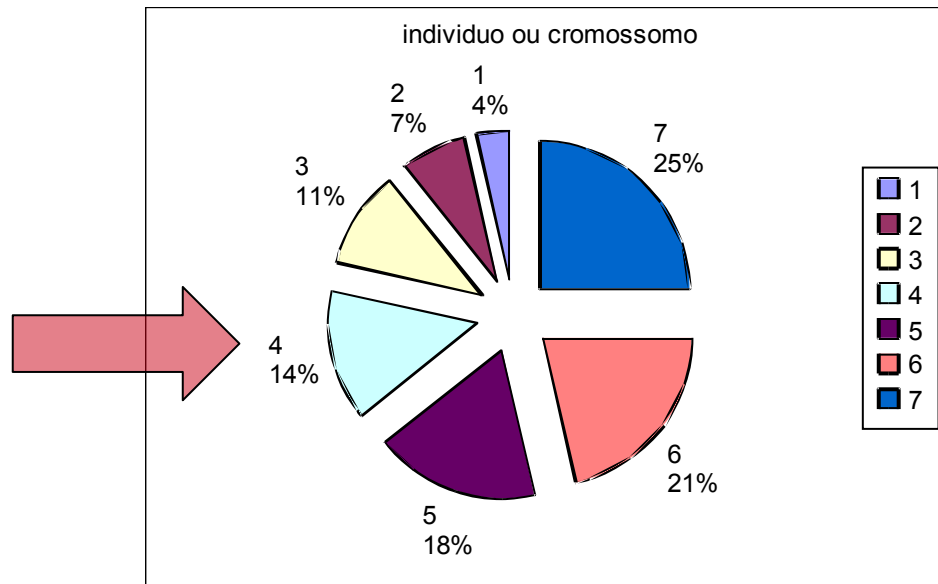


# Seleção

- Métodos:
  - **Roleta**
  - Torneio
  - Amostragem Estocástica

# Seleção: ROLETA

- **Mais simples e mais utilizado**
- Os indivíduos são selecionados a partir de uma roleta, como em jogo de azar, via '**agulha**'
- Cada indivíduo, via sua aptidão, ocupa mais ou menos espaço na roleta
- A roleta é girada a quantidade de vezes que se queira selecionar indivíduos para a nova geração (intermediária)



# Seleção: TORNEIO

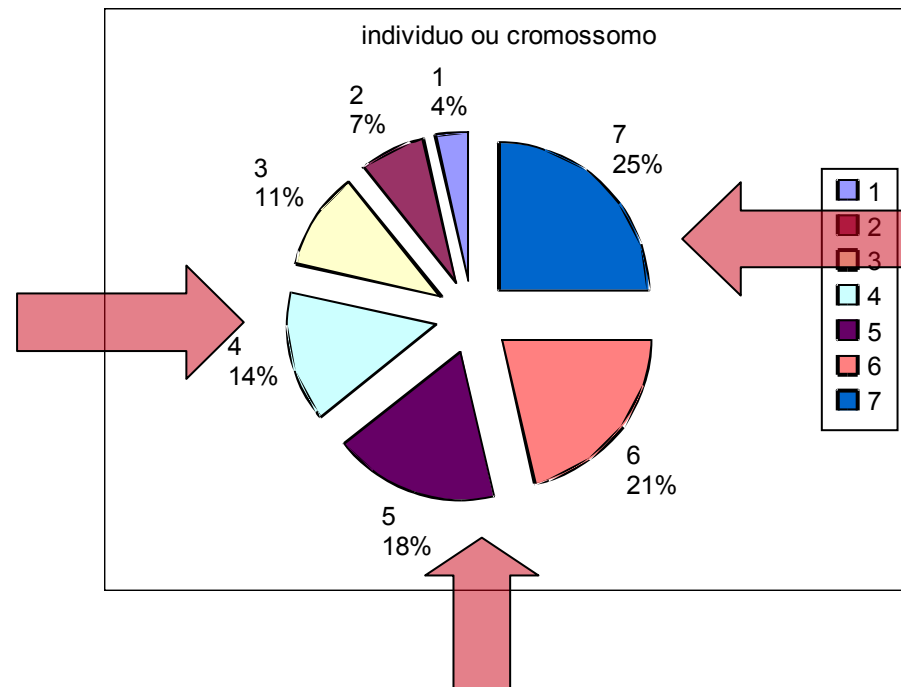
- $N$  indivíduos da população são escolhidos aleatoriamente, com a mesma probabilidade
- O cromossomo com maior aptidão entre os  $N$  é selecionado para população intermediária
- O processo até que a população intermediária seja preenchida
- Em geral, a quantidade de selecionados pelo método do Torneio é 3, ou seja,  $N = 3$

indivíduo ou cromossomo	aptidão	aptidão relativa = aptidão / aptidão total
1	1	0,025
2	3	0,075
3	4	0,100
4	6	0,150
5	7	0,175
6	9	0,225
7	10	0,250
APTIDÃO TOTAL	40	

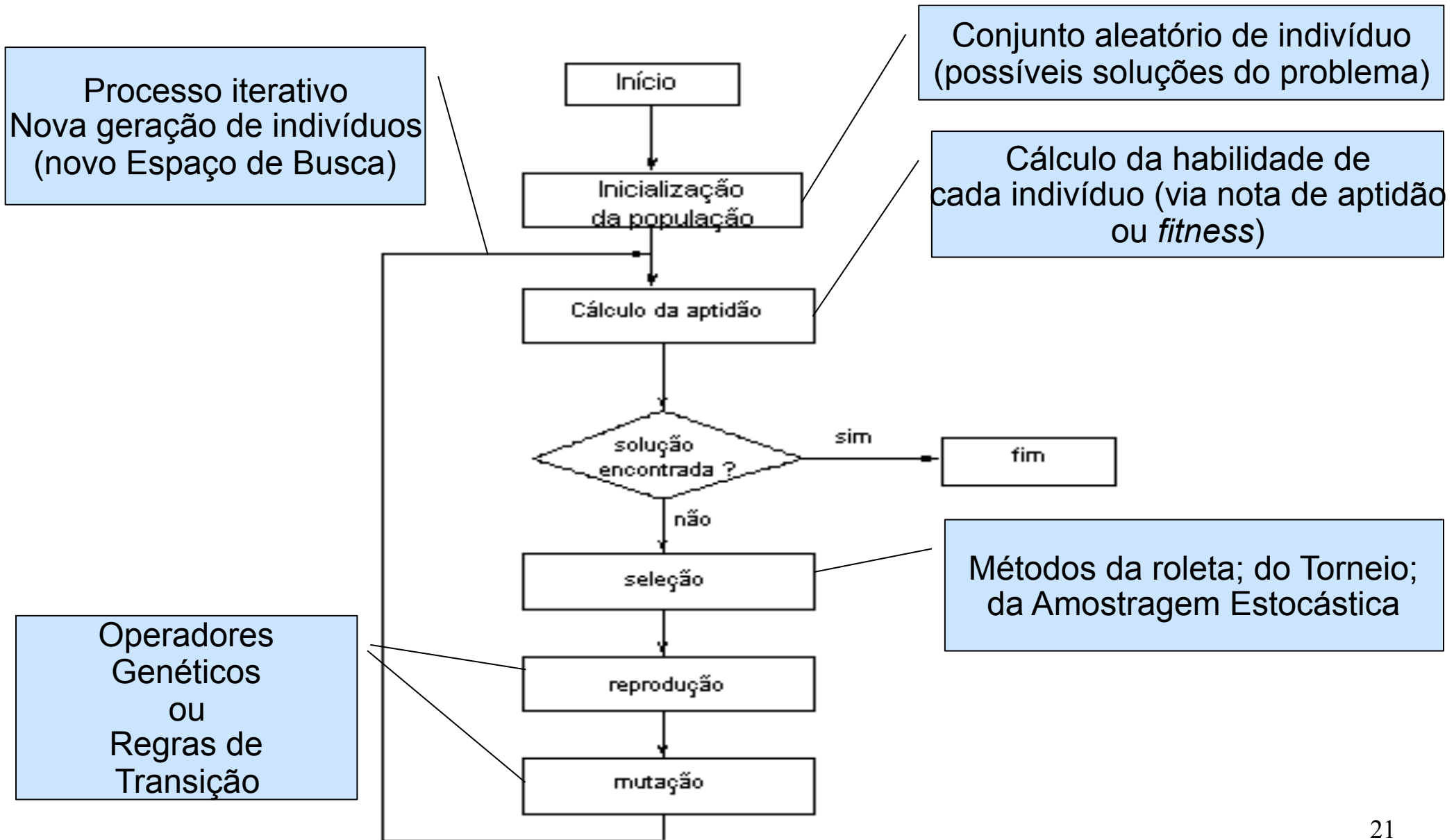
- $S1, S2, S5 \Rightarrow S5$
- $S3, S4, S5 \Rightarrow S5$
- $S5, S1, S7 \Rightarrow S7$
- $S4, S5, S3 \Rightarrow S5$
- $S5, S6, S1 \Rightarrow S6$

# Seleção: AMOSTRAGEM ESTOCÁSTICA

- Variação do método da Roleta
- A quantidade de '**agulhas**' será a quantidade de indivíduos que se quer selecionar para nova geração



# AG: fluxograma básico



# Operadores Genéticos

- São as **regras de transição ou produção** de novos estados (ou Espaço de Estados)
  - Uma nova geração com melhor aptidão nos seus indivíduos (com herança assegurada)
- Operadores
  - Reprodução ou Cruzamento ou **Crossover** (garante hereditariedade)
  - **Mutação** (garante a diversidade)
    - Alteração arbitrária de um ou mais genes (componentes da estrutura)
- Para garantir que os melhores perpetuem
  - **Elitismo**
    - Os melhores indivíduos são colocados na próxima geração

# Crossover ou Cruzamento

- **Ponto de cruzamento único** – Codificação Binária

Mascara	1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Pai	1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0
Mãe	0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1
Filho 1	1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1
Filho 2	0 1 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0

# Crossover ou Cruzamento

- **Dois pontos de cruzamento** – Codificação Binária

Mascara	1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1
Pai	1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0
Mãe	0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1
Filho 1	1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0
Filho 2	0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1



# Crossover ou Cruzamento

- **Cruzamento aritmético – Codificação Binária**

Pai	1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0
Mãe	0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1
Filho	1 1 1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1(AND)

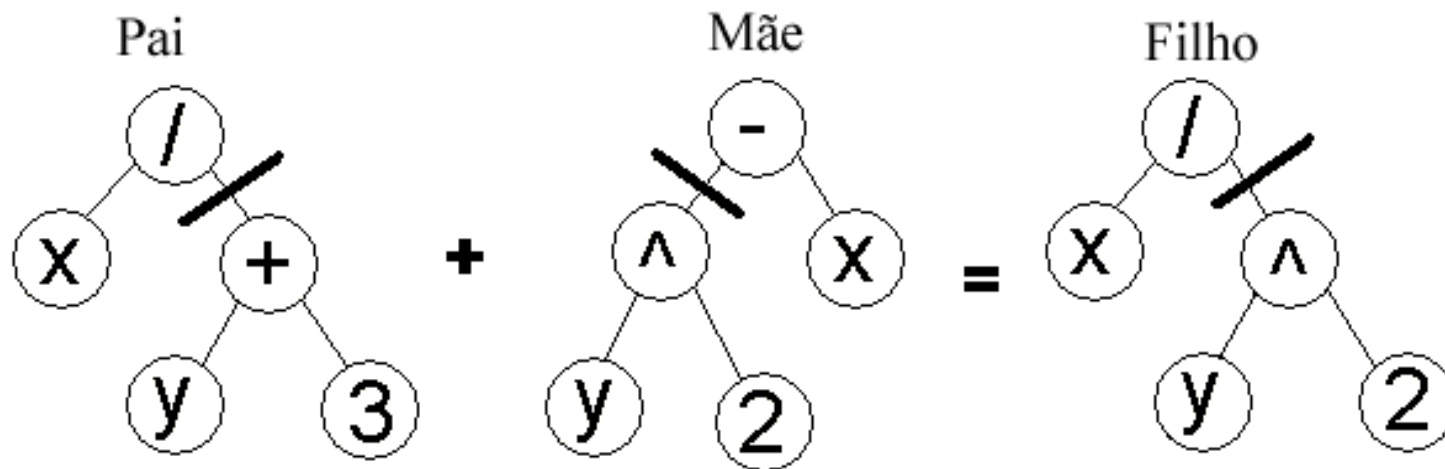
# Crossover ou Cruzamento

- **Pontos de cruzamento uniforme – Codificação Binária**

Mascara	1110000000111000
Pai	1100010000110110
Mãe	0101101000110011
Filho 1	1101101000110011
Filho 2	0100010000110110

# Crossover ou Cruzamento

- **Pontos de cruzamento uniforme –**  
Codificação Árvore



# Mutação

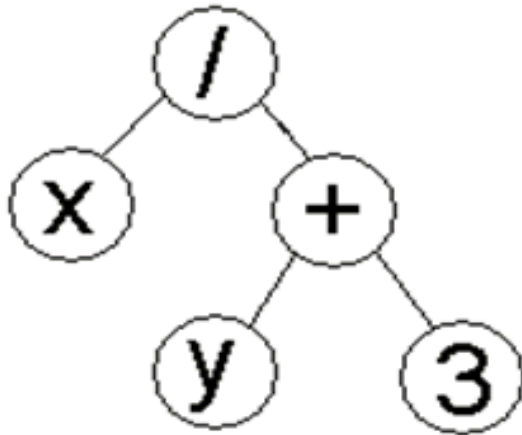
- Codificação Binária
  - Opera sobre indivíduos resultantes do processo de cruzamento/reprodução

Indivíduo Original	1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1
Indivíduo Mutante	1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1

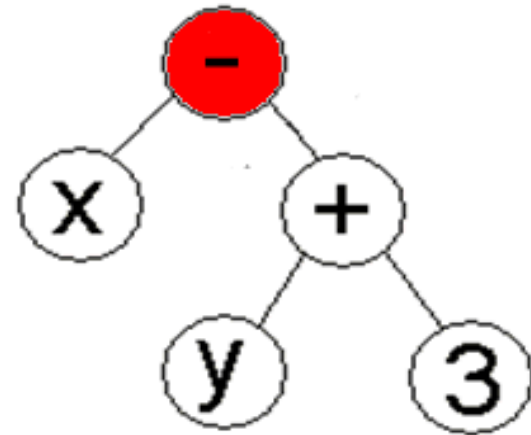
# Mutação

- Codificação Árvore
  - Alterando o operador

Indivíduo Original



Indivíduo Mutante



# Parâmetros

- Taxas de Mutação
  - Valor Alto: a busca se torna essencialmente aleatória;
  - Valor Baixo: previne que uma dada posição fique estagnada em um valor, além de possibilitar que se chegue em qualquer ponto do espaço de busca.
- Taxas de Cruzamento/*Crossover* (reprodução)
  - Controla a quantidade da população que será substituída;
  - Valor Alto: pode-se perder os melhores indivíduos;
  - Valor Baixo: Com valores muito baixos o AG pode se tornar lento.

# Parâmetros

- Pontos de Corte
  - Valor Alto: haverá um acréscimo de novas estruturas na população, mas se for muito alta pode-se perder bons indivíduos;
  - Valor Baixo: Com um valor baixo o AG pode ficar muito lento.
- Tamanho da População
  - Valor Alto: geralmente fornece uma melhor cobertura do espaço de soluções, mas necessita de mais recursos computacionais;
  - Valor Baixo: fornece uma pequena diversidade de soluções, podendo ficar preso em máximos locais.

# Parâmetros

- Elitismo
  - Não é propriamente um parâmetro do AG, mas ao copiar o(s) melhor(es) indivíduo(s) para a próxima geração, ganha-se em desempenho, pois garante que o melhor *fitness* (aptidão) somente melhore.



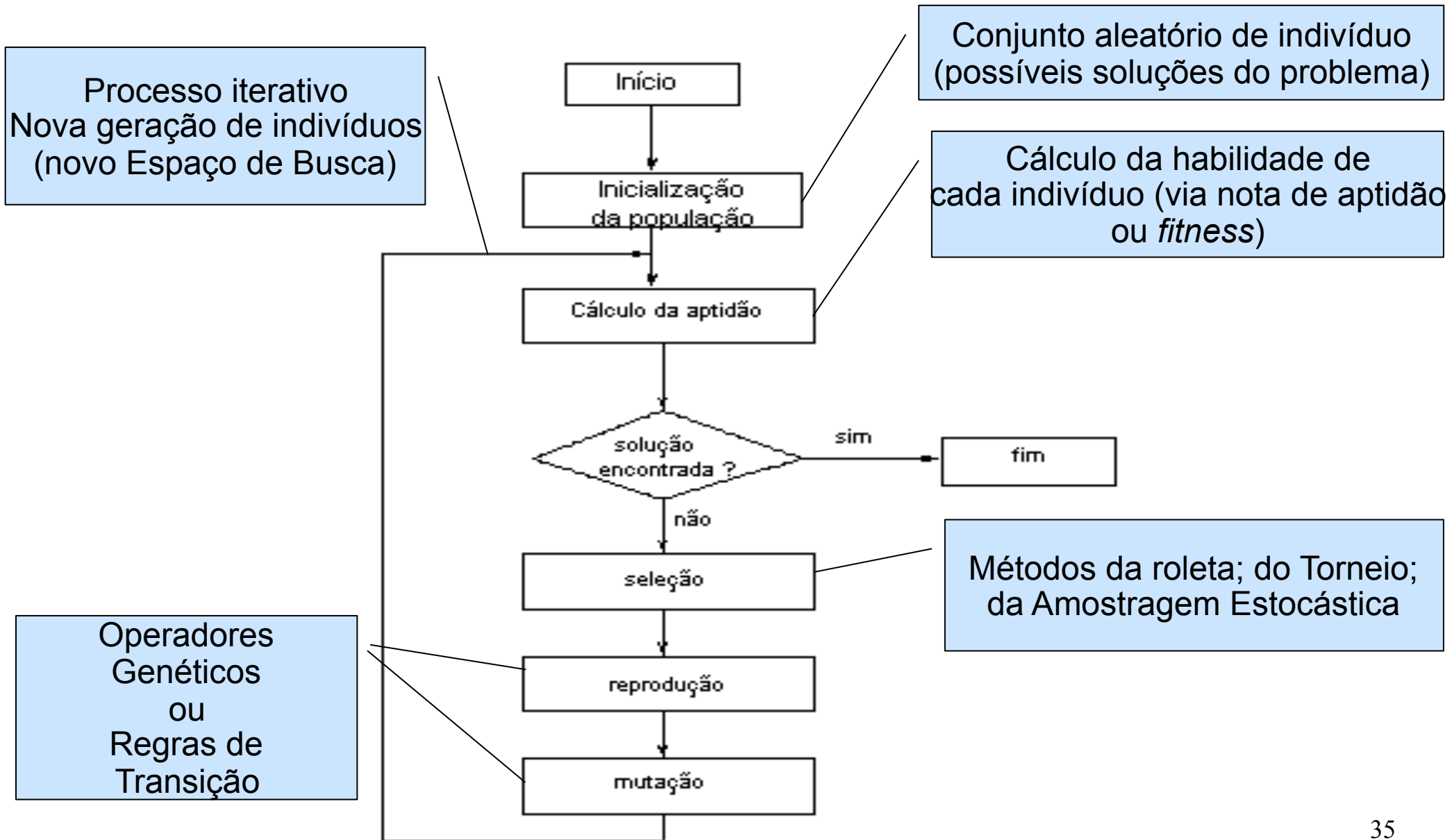
# AG: aplicações

- O desempenho do algoritmo tem apresentado excelentes resultados para problemas de otimização de grande escala;
- Simplicidade na formulação e solução de problemas de otimização
- Roteamento de Telecomunicações
- Planejamento dos Jogos Olímpicos
- Avaliação de Crédito e Análise de Risco
- Particionamento de circuitos
- Jogos
- *Tunning* em SGBD – por exemplo, auto *tunning* do Oracle<sub>33</sub>

# Questões Importantes para AG

- Como criar cromossomos e qual tipo de codificação/representação usar?
- Quem será a população inicial?
- Como definir a função objetivo?
- Que critérios de seleção utilizar?
- Como escolher os pais para a realização do *crossover*/cruzamento?
- Como aplicar/definir o operador de reprodução?
- Como aplicar/definir o operador de mutação?
- A geração de uma população a partir de duas soluções pode causar a perda da melhor solução. O que fazer?

# AG: fluxograma básico



# Referências Bibliográficas

- HOLLAND, J. Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press, 1992.
- REZENDE, Solange Oliveira. Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações. Ed. Manole, 2003.