

# Algoritmos Genéticos

Alezi Santos Soares  
Sistemas de Informação  
Centro Universitário Euro  
Americano  
Brasília, Brasil.  
alezisoares@gmail.com

Luiz Henrique Meneses  
Lima  
Sistemas de Informação  
Centro Universitário Euro  
Americano  
Brasília, Brasil.  
henrique102008@gmail.com

Rodrigo Epaminondas da  
Fonseca  
Sistemas de Informação  
Centro Universitário Euro  
Americano  
Brasília, Brasil.  
rodrigoepfonseca@gmail.com

Aldo Henrique Dias  
Mendes  
Sistemas de Informação  
Centro Universitário Euro  
Americano  
Brasília, Brasil.  
aldoh.ti@gmail.com

**Resumo** — Este artigo apresenta um estudo sobre Algoritmos Genéticos, abordando a sua definição, conceitos e a sua utilização na resolução de problemas, como é o caso, por exemplo, das buscas heurísticas que são utilizadas para encontrar boas soluções, mas não garante que sempre encontrará o algoritmo que possui o processamento mais rápido.

**Palavras-Chave** — algoritmo, estudo, algoritmos genéticos.

**Abstract** — *This paper presents a study on Genetic Algorithms, approaching the definition, concepts and its use in problem resolution, for example, in the case of heuristic search in which has been used to find good solution but do not guarantee that always will find the algorithms with the faster processing.*

**Keyword** – *algorithm, study, genetic algorithm.*

## I. INTRODUÇÃO

Com o avanço da humanidade, a complexidades dos problemas aumentaram, com isso a tecnologia busca meios para resolver problemas de forma mais rápida, fácil e com melhores resultados.

Inspirado nos processos naturais de evolução, algoritmos evolutivos são utilizados como ferramentas para solução de problemas usando o conceito de reprodução baseado no desempenho dos indivíduos dentro de um “ambiente” [1]. Este estudo se desenvolve sobre algoritmos Genéticos, que são um ramo dos algoritmos evolutivos, abordando conceitos e características.

Algoritmo Genético (AG) é uma forma de resolver problemas utilizando algoritmos com base em conceitos biológicos existentes na natureza [2].

O conceito mais utilizado pelos algoritmos genéticos é o da teoria da evolução e seleção natural escrita pelo biólogo Charles Darwin. A teoria diz que não é o mais forte que sobrevive, mas sim o que se adapta melhor as mudanças e ao ambiente [3].

O estudo desenvolvido sobre os algoritmos genéticos tem o intuito de demonstrar o funcionamento e como são utilizados para a resolução de problemas.

## II. MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente artigo foi utilizada a forma de abordagem qualitativa, baseada não em cálculos e estatísticas, mas sim em buscas documentais (artigos, livros, sites e outras fontes bibliográficas) sobre o assunto. É também uma pesquisa exploratória, em que o pesquisador busca se aprofundar na problemática do assunto de acordo com seu objetivo e para consolidar as informações obtidas através da pesquisa, apresenta-se uma breve discussão sobre os resultados obtidos [4].

## III. RESULTADOS

### 1. Conceitos

Os problemas baseiam-se em três pontos, que são a codificação do problema, a função objetivo que se deseja obter, maximizando ou minimizando-a, e espaços de soluções possíveis. Pode-se interpretar o problema como uma caixa com diversos botões, no qual cada um deles age como parâmetro do problema, e a saída gerada por cada botão atua como o valor da função objetivo indicando se determinado conjunto de parâmetros é viável ou não para a resolução do problema. Os algoritmos genéticos são compostos pelos seguintes conceitos [5]:

- **Gene:** Representação dos parâmetros em binário, números inteiros ou real;
- **Cromossomo:** Conjunto de genes (indivíduo) que formam uma possível solução para o problema;
- **Fenótipo:** São os cromossomos codificados de acordo com o que o problema pede;
- **População:** Conjunto de indivíduos gerados na busca;
- **Geração:** Interação do AG que gera uma nova população;

- **Aptidão Bruta:** Saída gerada pela função objeto para um indivíduo;
- **Aptidão Normalizada:** Indivíduos que passarão pela seleção
- **Aptidão Máxima:** Indivíduo com a melhor aptidão da população
- **Aptidão Média:** Média da aptidão da população;

## 2. Funcionamento

Inspirado na maneira como o darwinismo explica o processo de evolução das espécies, o funcionamento dos AGs é decomposto nas etapas de inicialização, avaliação, seleção, cruzamento, mutação, atualização e finalização [6], conforme Figura 1 a seguir.

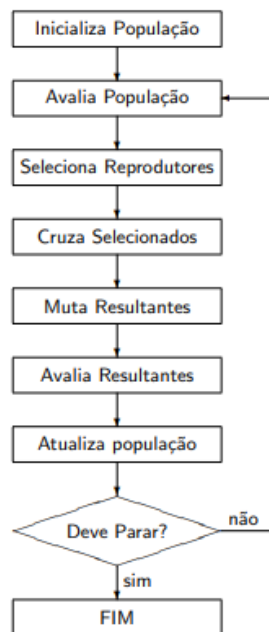


Figura 1: Estrutura Básica Algoritmo Genético

Basicamente, o AG cria uma população de possíveis respostas para o problema a ser tratado (inicialização) para depois submetê-la ao processo até que um determinado critério seja alcançado, passando pelas seguintes etapas [7]:

**Mecanismo de Codificação:** Essencial para a estrutura dos AGs, o mecanismo de codificação permite representar as variáveis dos problemas. O mecanismo depende da natureza do problema, mas em qualquer caso o mecanismo deve mapear cada solução para determinados parâmetros;

**Função de Aptidão (*Fitness Function*):** avalia-se a aptidão das soluções (indivíduos da população) — é feita uma análise para que se estabeleça quão bem elas respondem ao problema proposto;

**Seleção:** indivíduos são selecionados a partir do resultado da função de aptidão para a reprodução. A

probabilidade de uma dada solução  $i$  ser selecionada é proporcional à sua aptidão;

**Cruzamento (*Crossover*):** Após a seleção pares de possíveis soluções são escolhidas aleatoriamente e características das mesmas são recombinadas, gerando novos indivíduos, como ilustrado na Figura 2 a seguir:

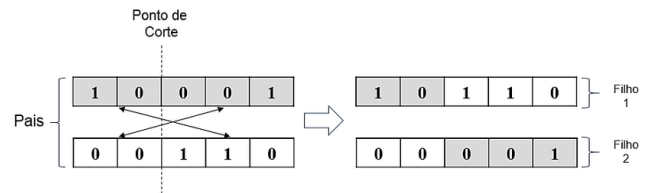


Figura 2: Exemplo de operador Crossover.

**Mutação:** Após o cruzamento características dos indivíduos resultantes do processo de reprodução são alteradas, acrescentando assim variedade à população;

**Atualização:** os indivíduos criados nesta geração são inseridos na população;

**Finalização:** verifica se as condições de encerramento da evolução foram atingidas, retornando para a etapa de avaliação em caso negativo e encerrando a execução em caso positivo.

### 2.1. Características

Por causa da maneira particular como os AGs operam, neles se destacam as seguintes características:

**Busca codificada:** “Os AGs não trabalham sobre o domínio do problema, mas sim sobre representações de seus elementos”. Tal fator impõe ao seu uso uma restrição: para resolver um problema é necessário que o conjunto de soluções viáveis para este possa ser de alguma forma codificado em uma população de indivíduos [8];

**Generalidade:** Os algoritmos genéticos simulam a natureza em um de seus mais fortes atributos: a adaptabilidade. Visto que a representação e a avaliação das possíveis soluções são as únicas partes (de um considerável conjunto de operações utilizadas em seu funcionamento) que obrigatoriamente requisitam conhecimento dependente do domínio do problema abordado, basta a alteração destas para portá-los para outros casos. A preocupação de um programador de AGs não é então de que forma chegar a uma solução, mas sim com o que ela deveria se parecer [9];

**Busca estocástica:** ao contrário de outros métodos de busca de valores ótimos, os algoritmos genéticos não apresentam um comportamento determinístico. Não seria correto, no entanto, afirmar que tal busca se dá de forma completamente aleatória — as probabilidades de aplicação dos operadores genéticos fazem com que estes operem de forma previsível estatisticamente, apesar de não permitirem

que se determine com exatidão absoluta o comportamento do sistema [10];

**Busca cega:** de acordo com, um algoritmo genético tradicional opera ignorando o sindicado das estruturas que manipula e qual a melhor maneira de trabalhar sobre estas. Tal característica lhe confere o atributo de não se valer de conhecimento específico ao domínio do problema, o que lhe traz generalidade por um lado, mas uma tendência a uma menor eficiência por outro [11];

**Eficiência mediana:** por constituir um método de busca cega, um algoritmo genético tradicional tende a apresentar um desempenho menos adequado que alguns tipos de busca heurística orientadas ao problema. Para resolver tal desvantagem, a tática mais utilizada é a hibridização, onde heurísticas provenientes de outras técnicas são incorporadas [12];

**Facilidade no uso de restrições:** ao contrário de muitos outros métodos de busca, os AGs facilitam a codificação de problemas com diversos tipos de restrição, mesmo que elas apresentem graus diferentes de importância. Neste caso, se dois indivíduos violam restrições, é considerado mais apto aquele que viola as mais flexíveis (*soft constraints*) em detrimento do que viola as mais graves (*hard constraints*);

### 3. Indivíduos

Os indivíduos são a unidade fundamental de um algoritmo genético: eles codificam possíveis soluções para o problema a ser tratado, e é através de sua manipulação (pelo processo de evolução) que respostas são encontradas [14].

#### 3.1. Representação

A escolha de representação para os indivíduos é a etapa mais importante para o desenvolvimento de um AG, visto que ela será a principal responsável para o desempenho do programa. É de uso comum na área de AGs utilizar os termos genoma e mesmo cromossomo como um sinônimo para indivíduo. Tal definição nos sugere que um indivíduo se resume ao conjunto de genes que possui (seu genótipo), e apresenta um problema: o de que apesar de toda representação por parte do algoritmo ser baseada única e exclusivamente em seu genótipo, toda avaliação é baseada em seu fenótipo (conjunto de características observáveis no objeto resultante do processo de decodificação dos genes) [7], conforme Figura 3 a seguir.

Genótipo	Fenótipo	Problema
0010101001110101	10869	otimização numérica
CGDEHABF	comece pela cidade C, depois passe pelas cidades G, D, E, H, A, B e termine em F	caixeiro viajante
$C_1R_4C_2R_6C_4R_1$	se condição 1 ( $C_1$ ) execute regra 4 ( $R_4$ ), se ( $C_2$ ) execute ( $R_6$ ), se ( $C_4$ ) execute ( $R_1$ )	regras de aprendizagem para agentes

Figura 3: Exemplos de genótipos e fenótipos correspondentes em alguns tipos de problema

### 3.2. Características

As características mais importantes genótipos: consiste na informação presente na estrutura de dados que engloba os genes de um indivíduo; fenótipo: é o resultado do processo de decodificação do genoma de um indivíduo; grau de adaptação: representa o quão bem a resposta representada por indivíduo soluciona o problema proposto. E calculado por uma função chamada objetivo (normalmente denotada  $f_o(x)$ ). grau de aptidão: diz respeito ao nível de adaptação de um indivíduo em relação à população à qual ele pertence. Isto é, se temos que o grau de adaptação de um indivíduo  $x$  é dado por  $f_o(x)$ , como ilustra a Figura 4 a seguir, sendo que  $n$  o tamanho da população.

$$f_A(x) = \frac{f_o(x)}{\sum_{i=1}^n f_o(i)}$$

Figura 4: Função de Aptidão

### 3.3. Populações

A evolução como conhecemos só é possível graças à dinâmica populacional: ao propagar características desejáveis a gerações subsequentes (cruzamento) enquanto novas são testadas marginalmente (mutação), um AG manipula a frequência com que determinadas sequências de genes aparecem nas populações sobre as quais atua [5].

#### 3.3.1. Características

**Geração:** diz respeito ao número de vezes pelas quais a população passou pelo processo de seleção, reprodução, mutação e atualização;

**Grau de convergência:** representa o quão próximo a média de adaptação da atual geração está de suas anteriores. E objetivo dos AGs fazer a população convergir em um valor ótimo de adaptação. Um fenômeno negativo vinculado a esta medida é a convergência prematura, que se dá quando a população converge em uma média de adaptação sub-ótima, e dela não consegue sair por causa de sua baixa diversidade.

**Diversidade:** mede o grau de variação entre os genótipos presentes na população. A diversidade é fundamental para a amplitude da busca, e sua queda está fortemente vinculada ao fenômeno de convergência prematura;

**Elite:** é composta pelos indivíduos mais adaptados da população. Uma técnica comumente usada em AGs é a de elitismo, onde os  $m$  melhores (normalmente  $m = 1$ ) são sempre mantidos a cada geração.

### 4. Problema do Caixeiro Viajante

Um dos problemas que se utiliza algoritmo genético é o Problema do Caixeiro Viajante (PCV). O PCV é um problema de otimização combinatória, que consiste em encontrar o melhor percurso a ser percorrido com o menor custo que passe por todas as cidades como ilustra a Figura 5 a seguir.

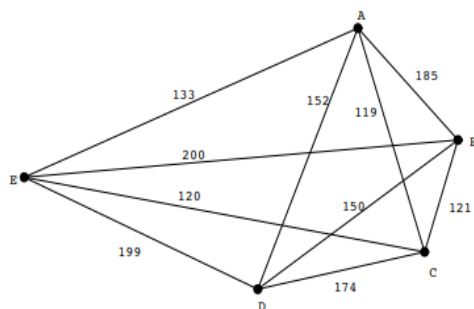


Figura 5: Exemplo do Problema do Caixeiro Viajante

No PCV, um caixeiro precisar viajar por N cidades (vértices de um gráfico), para isso é necessário percorrer rotas (arestas do grafo), com isso é possível viajar de uma cidade a outra. Para isso cada cidade possui um número que indica qual o custo daquela rota. Segundo Fenato [15].

Utilizando o algoritmo genético, cada cidade é interpretada como um gene, a rota realizada é um indivíduo e o conjunto de indivíduos como população. É aplicado o cruzamento e mutação nos indivíduos. A cada geração a verificação da aptidão de cada indivíduo para encontrar o melhor resultado. O uso de AGs no PCV permite o ganho de tempo e redução no consumo de recursos.

## 5. Discursão

Os Algoritmos Genéticos são apropriados para otimização de problemas complexos, que envolvem muitas variáveis e um conjunto de soluções de dimensão elevada. Porém, devido ao grande número de variáveis com as quais trata, as populações elevadas e alto número de gerações para a cobertura das possibilidades de solução, os algoritmos genéticos possuem um custo operacional elevado.

Os autores que dispõem sobre o assunto citam que o controle sobre os parâmetros do algoritmo é de fundamental importância para uma convergência assertiva. Ao buscar a resolução de determinado problema, todos os seus aspectos devem ser analisados, pois a definição da população inicial, as funções de avaliação, os critérios de seleção entre outros aspectos deverão ser desenvolvidos de forma adaptada a ele para obtenção dos melhores resultados.

Para problemas específicos, os autores também recomendam a utilização de outros algoritmos, mesclando as técnicas dos algoritmos genéticos com outros métodos de otimização tradicionais, sendo assim uma forma de se chegar a uma solução objetivo (ou próxima do objetivo) sem utilizar mais recursos do que os necessários.

## REFERENCIAS

[1] LIDEN, Ricardo. Algoritmos Genético. 2. Ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2008.

[2] DE LACERDA, Estéfane GM; DE CARVALHO, ACPLF. Introdução aos algoritmos genéticos. Sistemas

inteligentes: aplicações a recursos hídricos e ciências ambientais, v. 1, p. 99-148, 1999

[3] PACHECO, Marco Aurélio Cavalcanti et al. Algoritmos genéticos: princípios e aplicações. ICA: Laboratório de Inteligência Computacional Aplicada. Departamento de Engenharia Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Fonte desconhecida, p. 28, 1999.

[4] Gil, Antonio Carlos Métodos e técnicas de pesquisa social / Antonio Carlos Gil. - 6. ed. - São Paulo : Atlas, 2008.

[5] DE MIRANDA, Márcio Nunes. Algoritmos Genéticos: Fundamentos e Aplicações. 2007.

[6] HOLLAND, J. Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor: Univ. of Michigan Press, 1975.

P ´ EREZ SERRADA, A. ´ Una introducci´on a la computaci´on evolutiva. Dispon´ivel via WWW em <http://www.geocities.com/igoryepes/spanish.zip>. (Setembro de 2000).

[7] SRINIVAS, Mandavilli; PATNAIK, Lalit M. Genetic algorithms: A survey. computer, v. 27, n. 6, p. 17-26, 1994.

[8] P ´ EREZ SERRADA, A. ´ Una introducci´on a la computaci´on evolutiva. Dispon´ivel via WWW em <http://www.geocities.com/igoryepes/spanish.zip>. (Setembro de 2000).

[9] WHITLEY, D. A genetic algorithm tutorial. Dispon´ivel via WWW em [http://www.geocities.com/igoryepes/ga\\_tutorial.zip](http://www.geocities.com/igoryepes/ga_tutorial.zip). (Setembro de 2000).

[10] MICHALEWICZ, Z. Genetic algorithms + data structures = evolution programs. Berlin: Springer-Verlag, 1999

[11] GEYER-SCHULTZ, A. Fuzzy rule-based expert systems and genetic machine learning. Heidelberg: Physica-Verlag, 1997.

[12] DAVIS, L. D. Handbook of genetic algorithms. [S.l.]: Van Nostrand Reinhold, 1991

[13] BURKE, E.; ELLIMAN, D.; WEARE, R. A hybrid genetic algorithm for highly constrained timetabling problems. In: 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GENETIC ALGORITHMS (ICGA'95, PITTSBURGH, USA, 15TH-19TH JULY 1995), 1995. Anais. . . Morgan Kaufmann: San Francisco: CA: USA, 1995. p.605-610. Dispon´ivel via WWW em <http://www.asap.cs.nott.ac.uk/ASAP/papers/pdf/icga95.pdf>. (Agosto de 2000).

[14] SILVEIRA, R. S.; BARONE, Dante Augusto Couto. Jogos Educativos computadorizados utilizando a abordagem de algoritmos genéticos. Universidade Federal do Rio Grande

do Sul. Instituto de Informática. Curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação, 1998.

Preparação de uma Máquina Tubeteira – Pág. 16. Universidade Estadual de Londrina, 2008.

[15] Fenato, Alexandre Junior. Um Modelo de Caixeiro Viajante Generalizado para Minimizar o Tempo de