

Computação Evolucionária: criando programas que programam

**Seminários de Graduação
Bacharelado em Sistemas de Informação
Universidade Federal Rural de Pernambuco**

Prof. Dr. Cícero Garrozi

Departamento de Estatística e Informática
BSI-UFRPE
PPGIA-UFRPE
cicerog@gmail.com

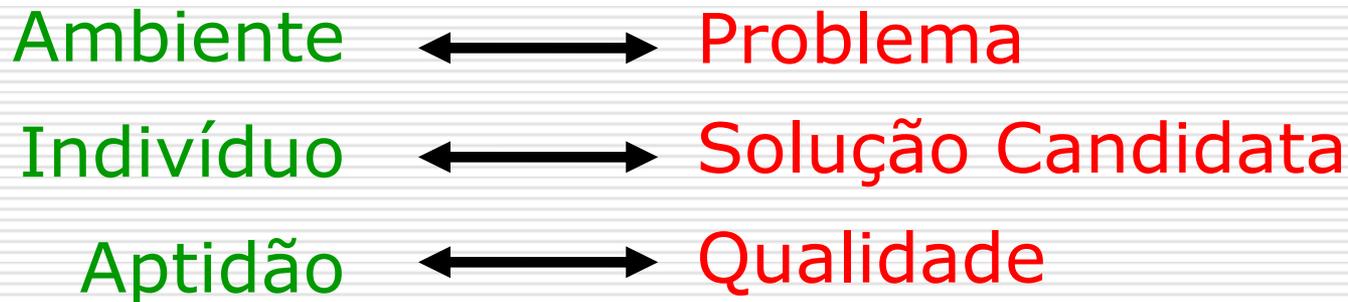
Situando a Computação Evolucionária (CE)

- ❑ CE é parte de ciência da computação
- ❑ CE **não** é parte de ciências médicas/biologia
- ❑ A biologia cedeu a inspiração e a terminologia
- ❑ CE pode ser aplicada em pesquisas biológicas

Metáfora principal de CE

Evolução

Resolução do Problema



Aptidão → chance de sobreviver e reproduzir

Qualidade → chance de semear novas soluções

Evolução Darwiniana

The origin of Species (1859)

□ Seleção natural

- Todos os **ambientes** possuem **recursos finitos** (podem suportar uma quantidade limitada de indivíduos)
- Formas de vida possuem **instintos básicos** / ciclos de vida guiados para a **reprodução**
- Portanto, algum tipo de **seleção é inevitável**
- Aqueles **indivíduos** que competem pelos recursos mais **efetivamente** possuem maior chance de **reprodução**. Estes são os indivíduos que mais se **adaptaram** ao ambiente.

Evolução Darwiniana

- ❑ A população consiste de diversos conjuntos de indivíduos
- ❑ Combinações de características pessoais que são mais adaptadas tendem a aumentar a sua representação na população
- ❑ Indivíduos mais aptos atuam como sementes para a geração dos novos indivíduos através da recombinação e mutação
- ❑ A aptidão dos novos indivíduos é avaliada e eles competem pela sobrevivência (possivelmente com os pais também)
- ❑ Fenótipo: características de um ser vivo que são expressadas externamente

Genética Natural

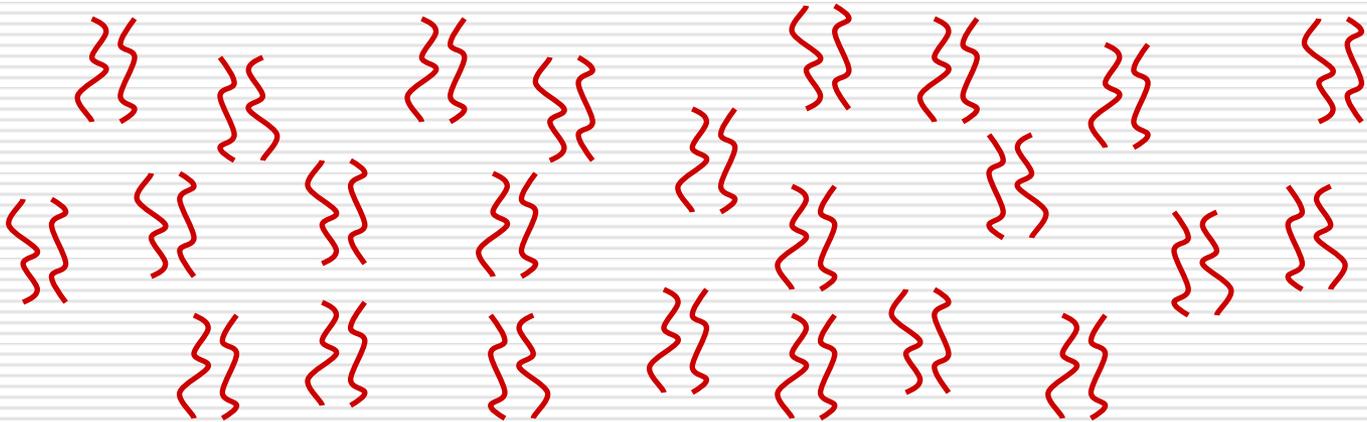
- ❑ A informação necessária para criar um organismo é codificada no DNA do organismo
- ❑ O genótipo (interior do DNA) determina o fenótipo
- ❑ *Genes → traços fenóticos* é um mapeamento complexo
 - Um gene pode afetar diversas características
 - Muitos genes podem afetar uma característica
- ❑ Pequenas mudanças no genótipo tendem a gerar pequenas mudanças no organismo (altura, cor do cabelo, etc)

Genes e Genoma

- ❑ Genes são codificados em tranças de DNA chamados cromossomos
- ❑ Em muitas células, existem duas cópias de cada cromossomo (diplóide)
- ❑ O material completo no genótipo de um indivíduo é chamado de Genoma
- ❑ Em uma mesma espécie, grande parte do material genético é idêntica

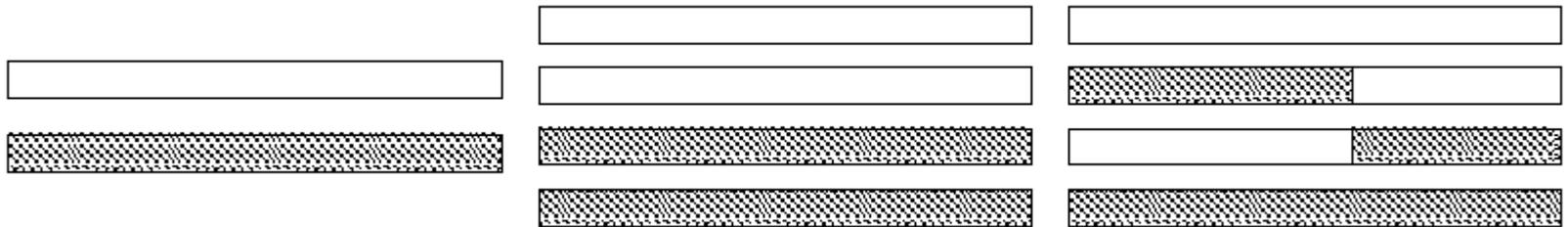
Exemplo: Homo Sapiens

- DNA humano é organizado em cromossomos
- Células do corpo humano contém 23 pares de cromossomos que definem os atributos físicos do indivíduo em conjunto:



Cruzamento durante a meiose

- ❑ Pares de cromossomos são alinhados e duplicados
- ❑ Pares internos se conectam em um *centromero* e trocam partes de si



- Resultado: uma cópia de cada cromossomo paternal/maternal e mais duas novas combinações
- Após o cruzamento, os cromossomos formam os gametas

Mutação

- Às vezes, uma parte do material genético é levemente modificado durante este processo (erro de cópia)

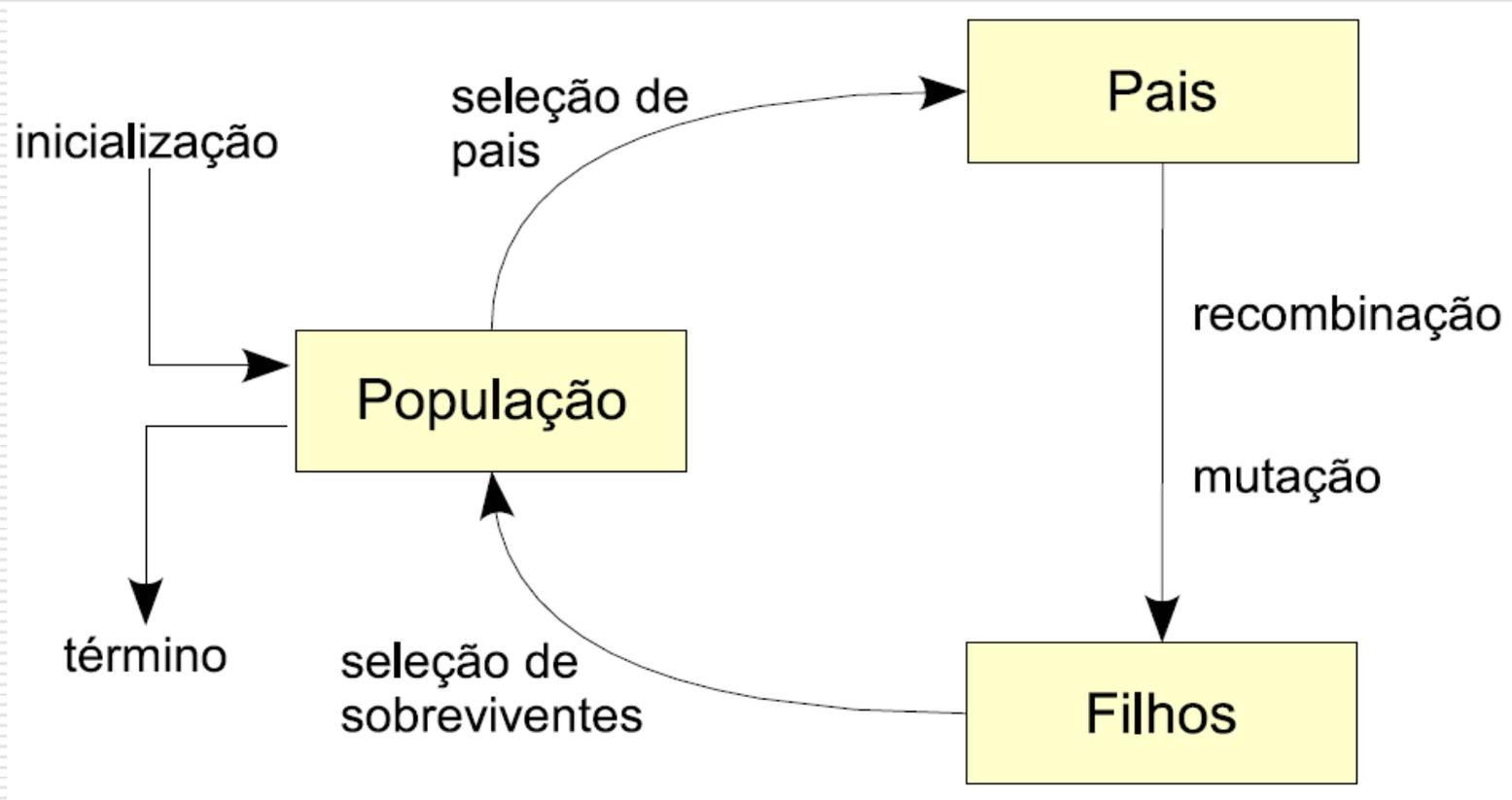
- Isto significa que o filho pode ter informação no material genético que não foi herdado dos pais

- Isto pode ser
 - catastrófico: filho não é viável (mais comum)
 - neutro: nova característica não influencia na aptidão
 - vantajoso: surge nova característica poderosa

Algoritmos Evolucionários (AE)

- ❑ AEs enquadram-se na categoria dos algoritmos de “gerar e testar”
- ❑ Eles são algoritmos estocásticos, baseados em população
- ❑ Os operadores de variação (recombinação e mutação) criam a diversidade necessária e assim facilitam novas descobertas
- ❑ Seleção reduz a diversidade e atua como uma força, impulsionando a qualidade

Esquema Geral dos AEs



Função de Avaliação (Aptidão)

- ❑ Representa os requisitos aos quais a população deve se adaptar
- ❑ Outros nomes: função de qualidade e função objetivo
- ❑ Atribui um único valor real para cada fenótipo, servindo de base para a seleção
- ❑ Tipicamente, dizemos que a aptidão deve ser maximizada

Tipos de AEs

- Historicamente, tipos distintos de AEs tem sido associados com diferentes representações:
 - Strings Binárias: Algoritmos Genéticos (AG)
 - Vetores de valores Reais: Estratégias Evolutivas (EE)
 - Máquinas de Estados Finitos: Programação Evolutiva (PE)
 - Árvores LISP: Programação Genética (PG)
- Melhor estratégia:
 - Escolher a representação para satisfazer o problema
 - Escolher operadores de variação para satisfazer a representação
- Operadores de seleção utilizam somente a aptidão e, portanto, são independentes da representação

População

- ❑ Armazena (representações de) possíveis soluções
- ❑ Geralmente possui tamanho fixo
- ❑ Operadores de seleção geralmente atuam em toda a população, isto é, probabilidades de reprodução são relativas à geração atual
- ❑ **Diversidade** de uma população refere-se ao número de diferentes aptidões / fenótipos / genótipos presentes

Seleção de Pais

- ❑ Atribui probabilidades variáveis aos indivíduos (de acordo com sua aptidão) visando selecionar os pais
- ❑ Geralmente probabilística
 - Soluções de alta qualidade são mais prováveis a serem pais do que as de baixa qualidade...
 - ... porém não é garantido
 - Mesmo o pior indivíduo da população geralmente possui probabilidade não-zero de ser pai
- ❑ Esta natureza estocástica pode auxiliar na fuga de ótimos locais.
- ❑ Roleta, torneio, *rank*

Mutação

- Atua em um genótipo e gera outro
- Elemento de aleatoriedade é essencial e se distingue de outros operadores heurísticos unários
- A importância relacionada depende da representação e dialeto:
 - AGs binários – operador de fundo responsável por preservar e introduzir diversidade
 - PE para FSM's/variáveis contínuas – somente operador de busca
 - PG – dificilmente utilizada

Recombinação

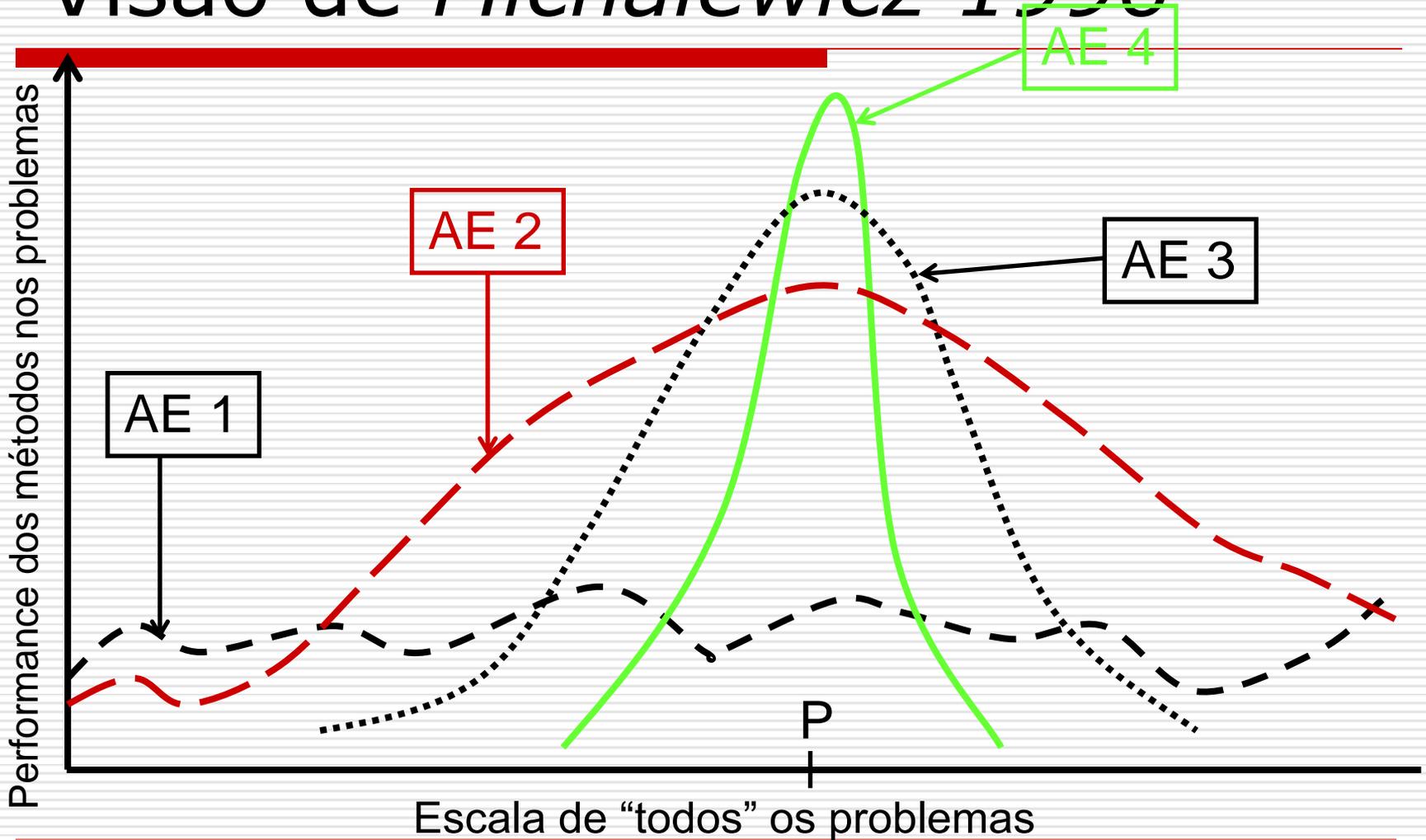
- ❑ Mescla informação dos pais nos filhos
- ❑ Escolha da informação a ser mesclada é estocástica
- ❑ Muitos filhos podem ser piores ou iguais aos pais
- ❑ Espera-se que alguns sejam melhores através da combinação de elementos do genótipo que conduza a boas características
- ❑ Princípio tem sido utilizado por milênios por criadores de plantas e animais

Seleção de Sobreviventes

substituição

- Muitos AEs utilizam tamanho de população fixo, necessitando de uma maneira para selecionar indivíduos dentre os (pais + filhos) para a próxima geração
- Frequentemente determinístico
 - Baseado na Aptidão: ou seja, classifica pais+filhos e pega os melhores (ranking)
 - Baseado na Idade: cria a mesma quantidade de filhos (=pais) e elimina todos os pais

Visão de Michalewicz 1996

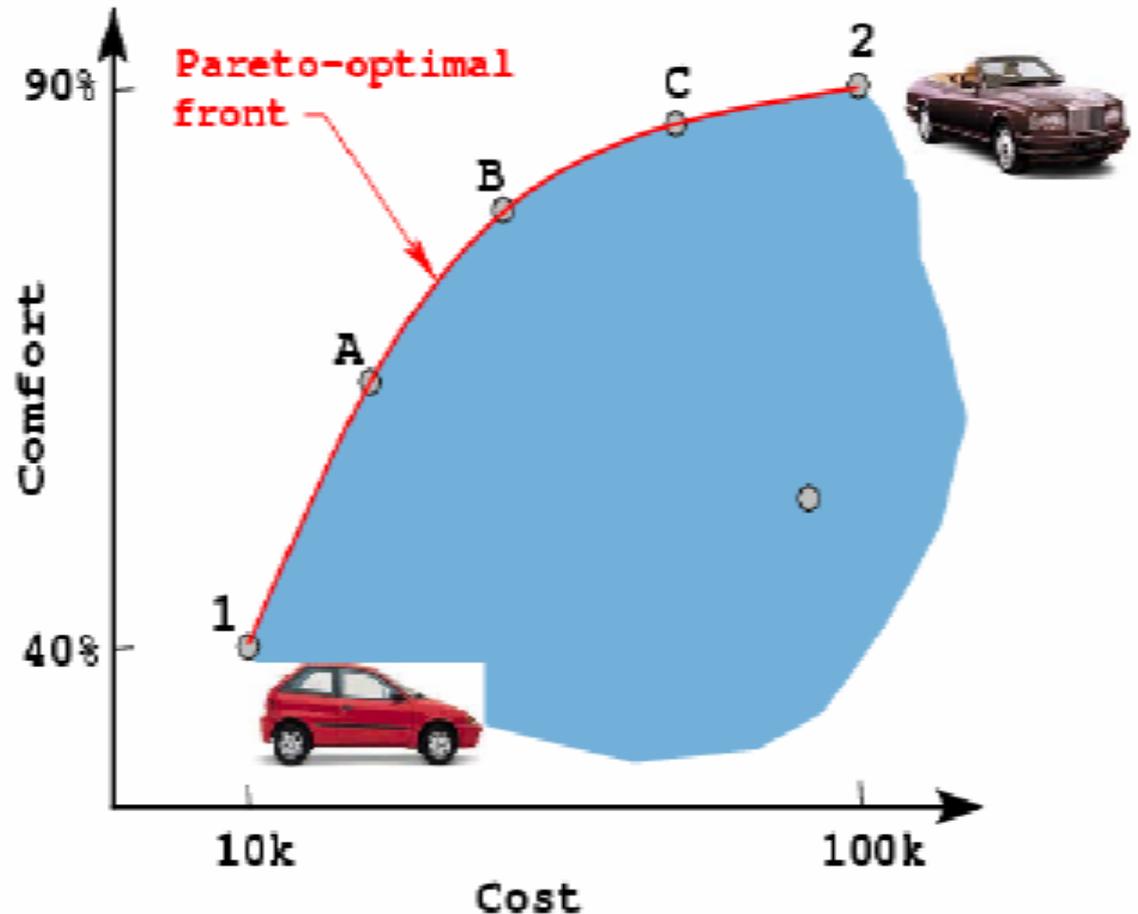


Otimização – Múltiplos Objetivos

□ Exemplo:

Multi-Objective
Optimization
Using
Evolutionary
Algorithms

Kalyanmoy Deb



Demonstração: Monalisa

- Utiliza até 50 polígonos translúcidos como aproximação
- <http://watchmaker.uncommons.org/examples/monalisa.php>



42 polygons, 287 vertices

Demonstração: Sudoku

- <http://watchmaker.uncommons.org/examples/sudoku.php>

AN EVOLUTIONARY SUDOKU SOLVER

Configuration

Puzzle:

Selection Pressure: 0,85

Population Size:

Puzzle/Solution

			8	9	1			
				5		8		
					6		2	
5					4			8
4	9					6	7	
8		1	3					5
	6			8			9	
		5		4		2		7
			1		3		8	

Demonstração: Caixeiro Viajante

• <http://watchmaker.uncommons.org/examples/salesman.php>

THE TRAVELLING SALESMAN

Itinerary

- Amsterdam
- Athens
- Berlin
- Brussels
- Copenhagen
- Dublin
- Helsinki
- Lisbon
- London
- Luxembourg
- Madrid
- Paris
- Rome
- Stockholm
- Vienna

Select All
Clear Selection

Route-Finding Strategy

Evolution

Population Size:

Elitism:

Number of Generations:

Selection Strategy:

Cross-over Mutation

Brute Force

Start

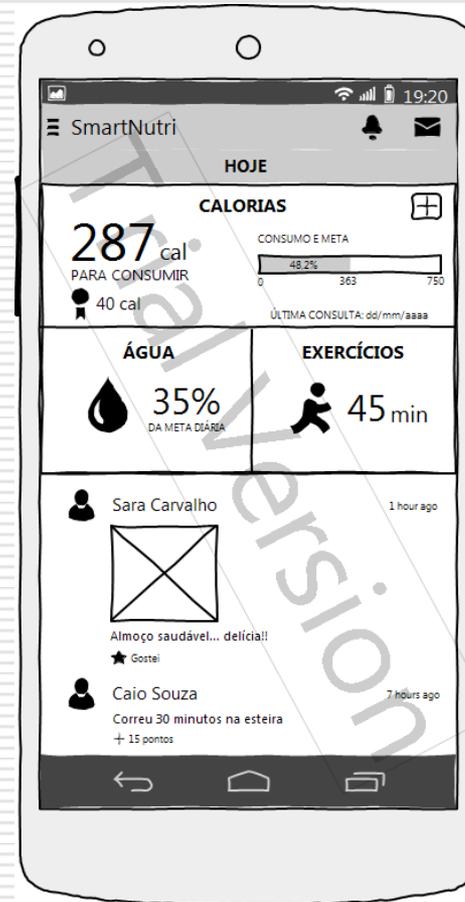
Results

```
[Evolution (pop: 300, gen: 100, elite: 3, ProxySelectionStrategy)]  
ROUTE: Amsterdam -> Copenhagen -> Stockholm -> Helsinki ->  
Berlin -> Vienna -> Athens -> Rome -> Madrid -> Lisbon ->  
Dublin -> London -> Paris -> Luxembourg -> Brussels ->  
Amsterdam  
TOTAL DISTANCE: 10494.0km  
(Search Time: 4.97 seconds)
```

- 5 cidades = $5! = 120$ rotas
- 6 cidades = $6! = 720$ rotas
- 15 cidades = $15! = 1.307.674.368.000$ rotas
(+ de 1 trilhão)

Projetos em andamento

- SmartNutri
 - 2 graduandos - IC
 - 1 graduando
 - 1 mestrando
- Sistema de Recomendação Inteligente



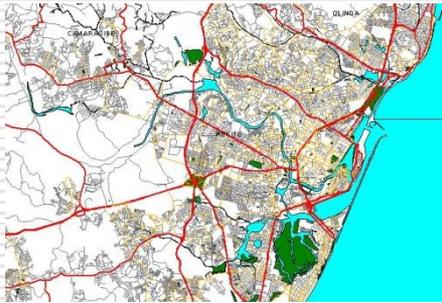
Projetos em andamento

- Caminhos subótimos
 - 1 metrado
 - 1 TCC (finalizado)



Projetos em andamento

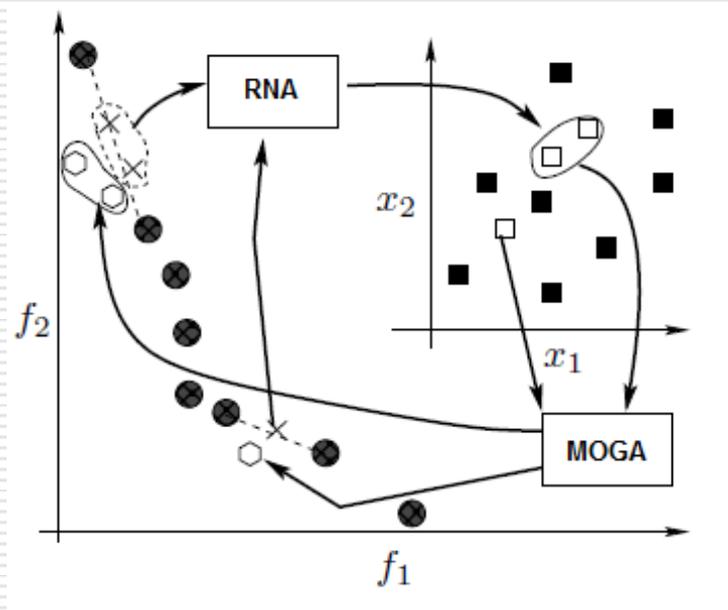
- Sistema de Controle de Tráfego Terrestre para Smart Cities



Projetos em andamento

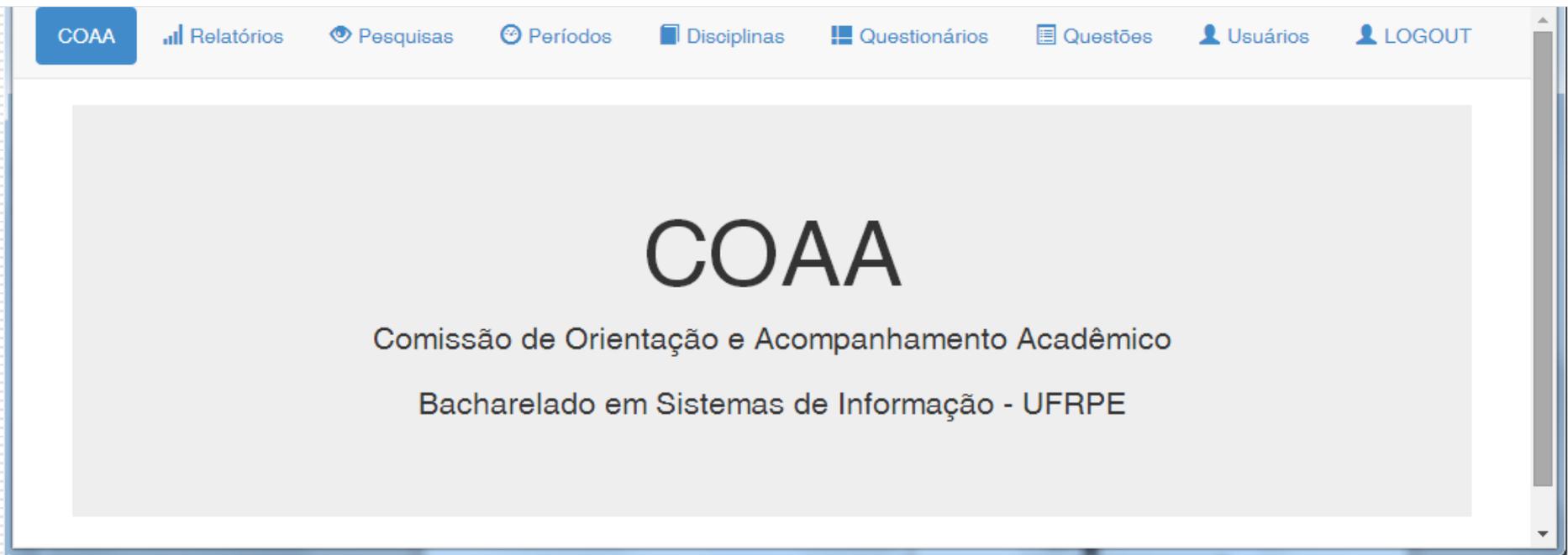
- Aumento da diversidade genética em algoritmos evolucionários multiobjetivos através do mapeamento reverso do espaço de decisão utilizando redes neurais artificiais

- 1 mestrando em finalização



Projetos Finalizados

- *Desenvolvimento de um Sistema de Avaliação Online para a Comissão de Orientação e Acompanhamento Acadêmico – COAA-BSI-UFRPE*
- 1 graduando - projeto de extensão



Projetos Finalizados

TCC:

- Timóteo de Souza Brasil. **DCH: Um algoritmo para encontrar caminhos subótimos em grafos através do armazenamento do histórico de caminhos no Algoritmo de Dijkstra.** 2008.
- Eduardo de Melo Vasconcelos. **Utilizando a Estratégia de Injeção de Pacotes Infectados para Impedir a Descoberta da Chave WEP.** 2008.
- Andreza Galindo. **Panorama de Desenvolvimento Tecnológico no Agreste Pernambucano: Um Estudo de Caso da Incubadora Tecnológica do Agreste Central no Município de Caruaru (PE).** 2009.
- Ewerton M. de Mendonça. **Aplicação de Realidade Aumentada ao Ensino de Design: Estudo de Caso Grupo de Estudo Scketch e Rendering de Produtos à Mão Livre.** 2009.
- Débora Stefani Lima de Souza. **Redução do Consumo de Energia Elétrica em Data Centers através da Virtualização de Servidores.** 2010.
- Geraldo Pires Cordeiro Júnior. **Desenvolvimento de um Aplicativo LBS Roteirizador de Pontos Turísticos via Transporte Público na Plataforma Móvel Android.** 2011.

Projetos Finalizados

Iniciação Científica:

- Bianca de Azevedo Moreira. **Desenvolvimento de software educativo para o ensino de matemática voltado às crianças com deficiência intelectual.** 2012.

Projetos de extensão:

- José Paulo da Silva Lima. **Promoção das informações turísticas de Caruaru-PE através de um Jogo da Memória para celulares e dispositivos móveis.** 2011.
- Geraldo Pires Cordeiro Júnior. **Criação de um Jogo da Força para celulares e dispositivos móveis para a promoção das informações turísticas de Pesqueira-PE.** 2011.
- César Henrique Leite de Albuquerque. **Informatização do centro de atendimento ao cidadão -190 Caruaru.** 2010.

Monitoria

- Jones Cavalcanti Sarmiento. **Motivando o estudo da linguagem de programação: a monitoria como mediação pedagógica.** 2011.
- Rodrigo Felix da Silva. **Monitoria de Introdução à Programação.** 2013/2014.
- Ricardo Lucas Rodrigues Mendonça da Silva. **Monitoria de Introdução à Programação.** 2014/2015 (em andamento).

Simuladores e Frameworks (1)

- JMETAL - <http://sourceforge.net/projects/jmetal/>
- PISA - <http://www.tik.ee.ethz.ch/pisa/>
- CILIB – Computational Intelligence Library - <http://www.cilib.net/>
- PYEvolve - <http://pyevolve.sourceforge.net>
- Java GALib - <http://sourceforge.net/projects/java-galib/>
- ParadisEO - <http://paradiseo.gforge.inria.fr/>
- Opt4J - <http://opt4j.sourceforge.net/features.html>

Simuladores e Frameworks (2)

- MOEA Framework - <http://www.moeaframework.org/index.html>
- JENES - <http://jenes.intelligentia.it/>
- EO - <http://eodev.sourceforge.net/>
- Open BEAGLE - <http://code.google.com/p/beagle/>
- GAA - <http://www.aridolan.com/ofiles/ga/gaa/gaa.aspx>
- HeuristicLab - <http://dev.heuristiclab.com/trac/hl/core>
- JCLEC - <http://jclec.sourceforge.net/>

Simuladores e Frameworks (3)

- ECJ - <http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/ecj/>
- JGAP - <http://jgap.sourceforge.net/>
- JavaEVA - <http://www.ra.cs.uni-tuebingen.de/software/JavaEvA/>
- Watchmaker Framework (multithread!) - <http://watchmaker.uncommons.org/>

Referências

EIBEN, A. E. & SMITH, J. E. **Introduction to Evolutionary Computing**. Springer Verlag, 2003.

DE JONG, K. A. **Evolutionary Computation**. MIT Press, 2002.

GOLDBERG, D. E. **Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning**. Reading, Ma: Addison-Wesley, 1989.

Periódicos:

Evolutionary Computation –
<http://www.mitpressjournals.org/loi/evco>

IEEE Transactions on Evolutionary Computation (IEEE TEVC)
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=4235>

Referências

Conferências:

IEEE Congress on Evolutionary Computation (IEEE CEC)

IEEE World Congress on Computational Intelligence (IEEE WCCI)

Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO)

Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional (CBIC)

Brazilian Symposium on Artificial Intelligence (SBIA)