

# Heurísticas, metaheurísticas e algoritmos bio-inspirados

Airton Bordin Junior  
[airtonbjunior@gmail.com]

Mestrado em Ciência da Computação – Inteligência Computacional  
Profº Dr Celso Gonçalves Camilo Junior

Universidade Federal de Goiania (UFG) - Instituto de Informática - Março/2017

# Programação

- Introdução
- Heurísticas
- Metaheurísticas
- Algoritmos bio-inspirados
- Referências





# Introdução

- Podemos classificar os problemas computacionais em 2 grupos [SALIBA, 2010]
  - Tratáveis, também chamados de polinomiais
    - Podem ser resolvidos por algoritmos determinísticos.
  - Intratáveis, ou não polinomiais
    - Sem algoritmo determinístico para resolver o problema em tempo hábil.

Tratáveis

- Polinomiais
- Algoritmos determinísticos

Intratáveis

- Não polinomiais
- Algoritmos não determinísticos
- Solução determinística inviável



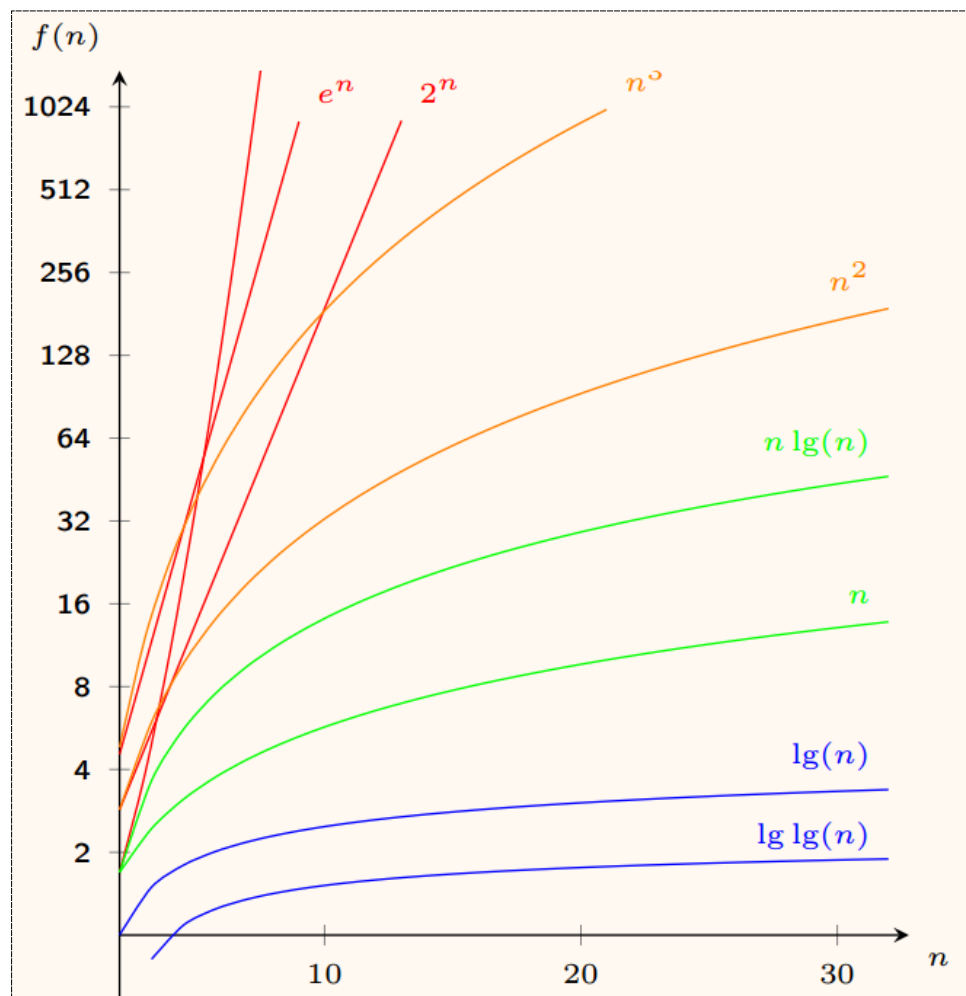
# Introdução

- Muitos problemas pertencem a classe dos NP-Difíceis
  - Ausencia de solução exata em tempo polinomial.
- Solução exata possui resultado ótimo, porém **tem tempo proibitivo** para **entradas não pequenas**;
- Na dificuldade de encontrar ou calcular a melhor resposta para problemas não polinomiais, partiu-se para outros caminhos que pudessem fornecer uma alternativa. [SALIBA, 2010]

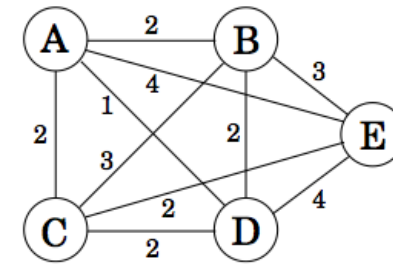
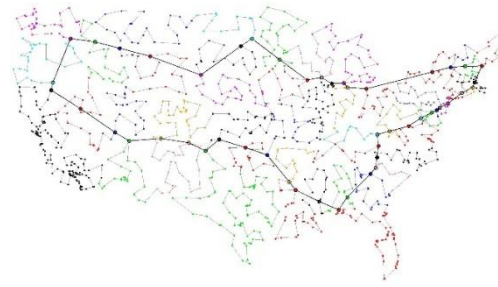
# Introdução



[CAPPELLE, 2017]



# Introdução



## Exemplo: Caixeiro Viajante

N (entradas)	Rotas possíveis	Tempo processamento
5	12	irrelevante
10	181.440	~3 minutos
11	1.814.400	~30 minutos
15	43.589.145.600	~1,3 anos
20	60.822.550.204.416.000	~19 séculos
25	310.224.200.866.619.719.680.000	~98 bilhões séculos

Exemplo algoritmo Caixeiro Viajante Simétrico  $((n-1)!)$ . Considere o cálculo de 1000 rotas por segundo [CORDENONSI, 2008]



# Heurística

- Derivado do grego *heuriskein* – descobrir

”

Técnica inspirada em processos intuitivos que procura uma boa solução a um custo computacional aceitável, sem, no entanto, estar capacitada a garantir sua otimalidade, bem como garantir o quão próximo está da solução ótima; [SOUZA, 2008]

”

Procedimento algorítmico desenvolvido através de um modelo cognitivo, usualmente através de regras baseadas na experiência dos desenvolvedores. Normalmente tendem a apresentar um certo grau de conhecimento acerca do comportamento do problema, gerando um número muito menor de soluções. [CORDENONSI, 2008]



# Heurística

”

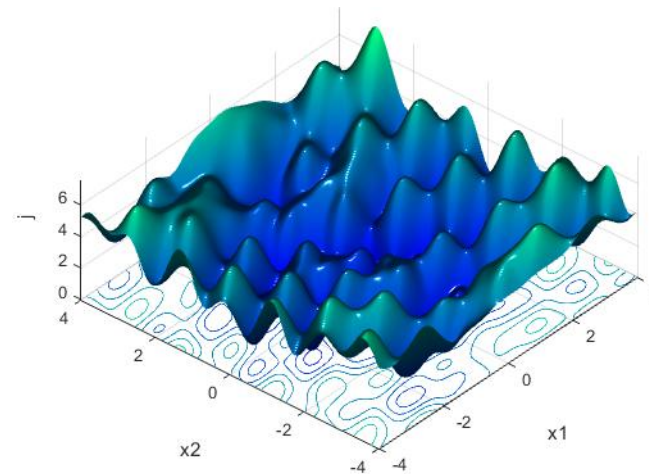
Algoritmos não determinísticos para tratar problemas não polinomiais, com capacidade de tomar decisões sobre estratégias de busca. Geralmente são usadas para guiar o processo de busca de soluções para um determinado problema. São algoritmos aproximados que combinam algoritmos construtivos com estratégias de busca local, e não garantem a solução ótima, mas frequentemente, encontram boas soluções [HOOS, 2004]





# Heurística

- A ideia de usar heurísticas surgiu da impraticabilidade de encontrar/calcular a melhor resposta para problemas não polinomiais;
- Desafio: produzir, em tempo reduzido, soluções tão próximas quanto possíveis da solução ótima.





# Heurística

- Heurísticas muito eficientes foram desenvolvidas para diversos problemas;
- Maioria delas é específica para um problema particular, não aplicáveis (ou não eficientemente aplicáveis) na resolução de uma classe mais ampla; [SOUZA, 2008]
- A partir da década de 1980, intensificaram-se estudos na busca de procedimentos heurísticos de caráter mais generalista – sem prejudicar a flexibilidade.



# Metaheurística

- Termo introduzido por [GLOVER, 1986];
- Procedimentos heurísticos que guiam outras heurísticas;

”

Estratégias inteligentes para projetar ou melhorar procedimentos heurísticos mais gerais com alto rendimento; [ZAPELINI, 2009]

”

Algoritmos aproximados que combinam algoritmos construtivos, estratégias de busca local, estratégias para escapar de ótimos locais, dentre outras características. São amplamente utilizados em problemas de otimização combinatória. [MILANO, 2004]



# Metaheurística

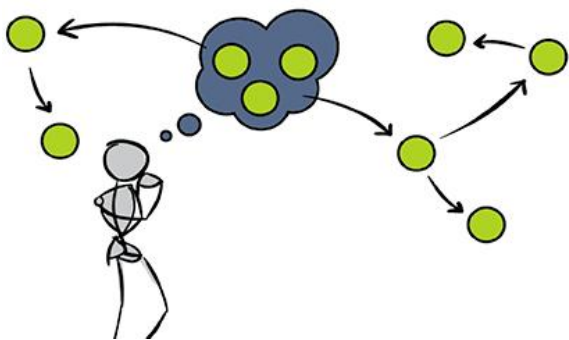
- Em linhas gerais, são compostas de estratégias para explorar o espaço de busca usando diferentes técnicas;
- De forma objetiva, a principal finalidade é guiar a exploração do espaço de busca por meio de diversas estratégias
- Estrutura algorítmica geral que pode ser empregada na resolução de diferentes problemas de otimização com um número reduzido de modificações de adaptação.



# Metaheurística

## Propriedades e características das metaheurísticas

[SALIBA, 2010]



Estratégias que guiam o processo de busca;

Exploração eficiente do espaço de busca - soluções ótimas ou quase ótimas;

De simples procedimentos de busca local a complexos processos de aprendizado;

Aproximados e usualmente não determinísticos;

Podem incorporar mecanismos para evitar ficar presos em áreas confinadas do espaço de busca;

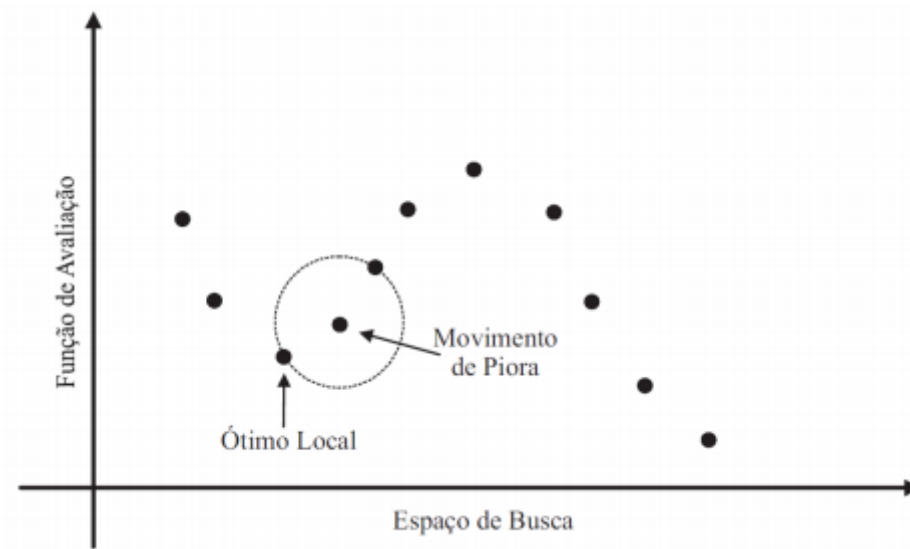
Não são específicas para um determinado problema;

Podem usar um conhecimento específico do problema na forma de heurísticas que são controladas por uma estratégia de nível superior.



# Metaheurística

- Algumas metaheurísticas selecionadas como exemplo
  - **Busca Tabu**, em sua forma atual, por [GLOVER, 1986];
  - Grosso modo, permite movimentos de piora da solução podendo escapar de ótimos locais.



[SALIBA, 2010]



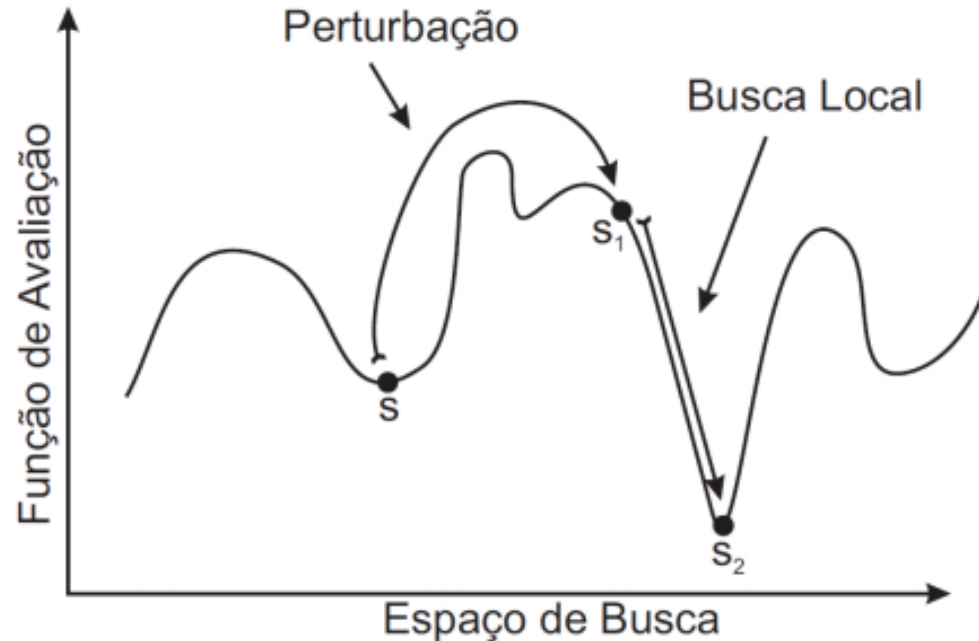
# Metaheurística

- Algumas metaheurísticas selecionadas como exemplo
  - Iterated Local Search (ILS)
  - 4 componentes básicos [SALIBA, 2010]
    1. Geração da solução inicial - Solução inicial factível para o problema é criada, e passa a ser o ponto inicial do processo;
    2. Busca local – Refina uma determinada solução para encontrar o ótimo local;
    3. Perturbação – Modificação da solução corrente, guiando para uma solução intermediária. Deve permitir que o método explore diferentes soluções no espaço de busca do problema;
    4. Critério de aceitação – Seleciona as novas soluções e decide em qual delas serão aplicadas as próximas perturbações.



# Metaheurística

- Algumas metaheurísticas selecionadas como exemplo
  - Iterated Local Search (ILS)



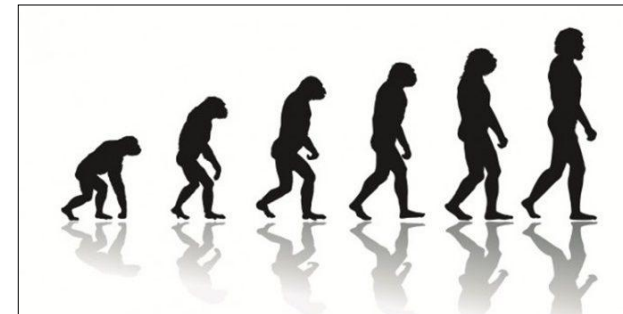
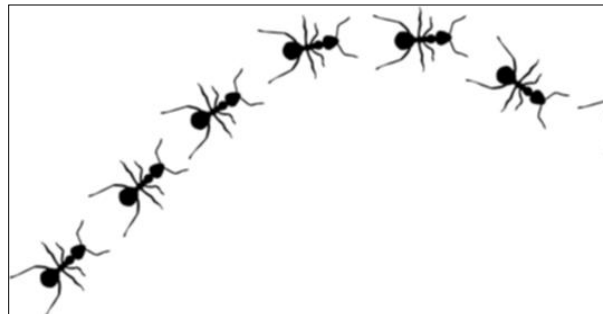
[SALIBA, 2010]





# Algoritmos bio-inspirados

- Classe de meta-heurísticas que tem recebido muita atenção nos últimos tempos; [VON ZUBEN, 2005]
- Emprega metáforas e modelos de sistemas biológicos no projeto de ferramentas computacionais de solução de problemas complexos; [VON ZUBEN, 2005]





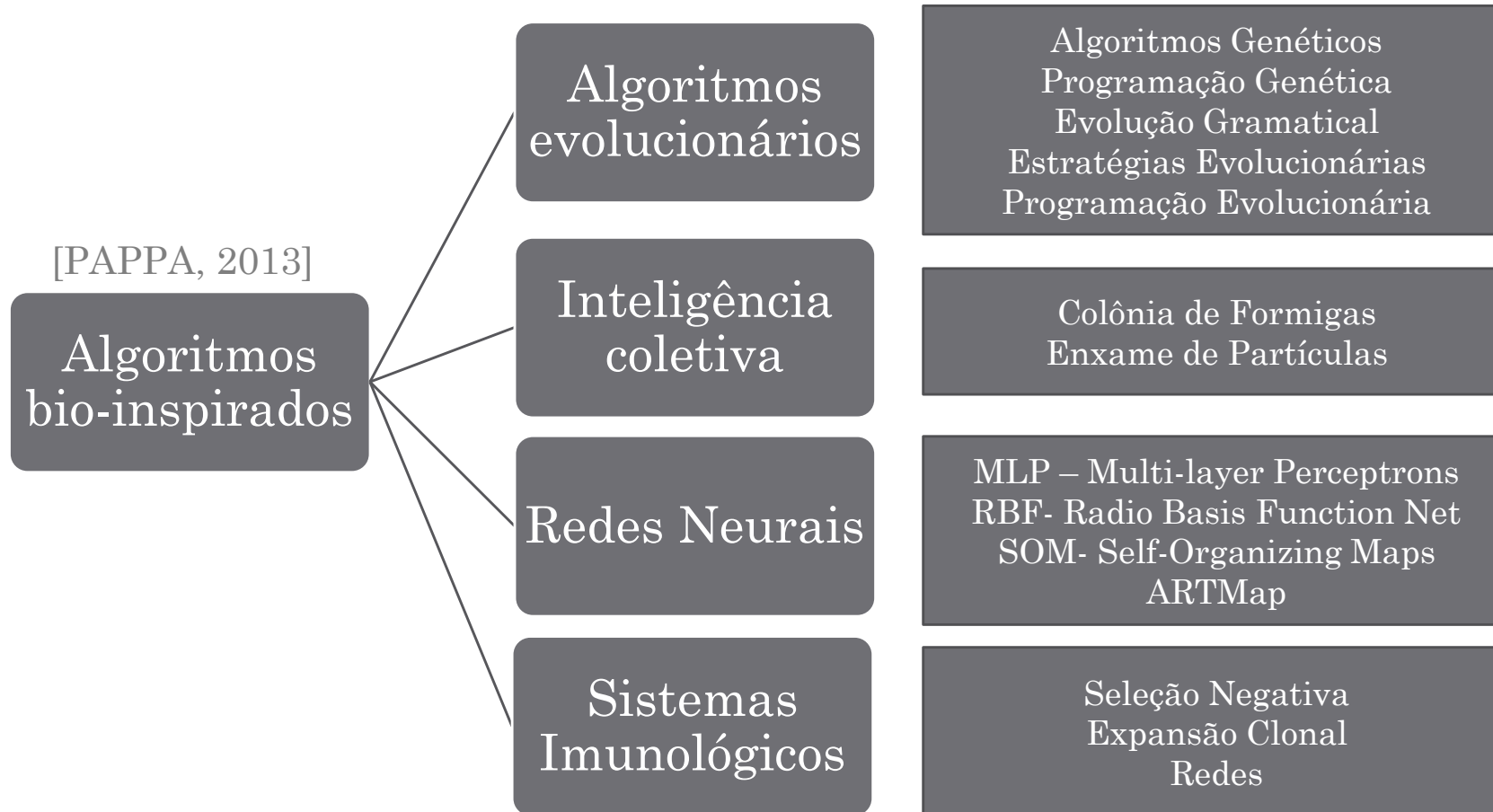
# Algoritmos bio-inspirados

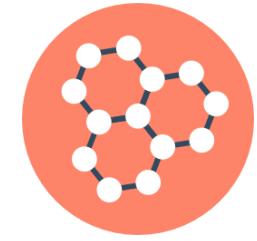
- Muitos desses processos biológicos têm um comportamento otimizado e capacidade de processamento de informação muito grande;
- Uso de metáforas
  - Simplificações são necessárias;
  - Não necessariamente incluem todos os detalhes do sistema natural.





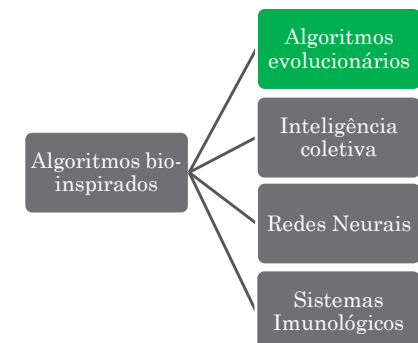
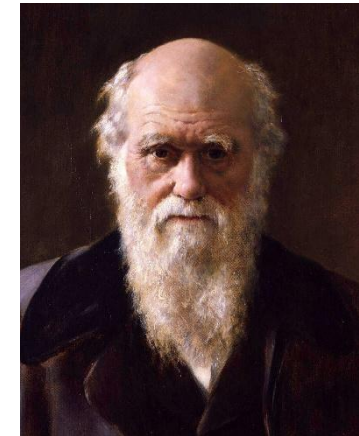
# Algoritmos bio-inspirados





# Algoritmos bio-inspirados

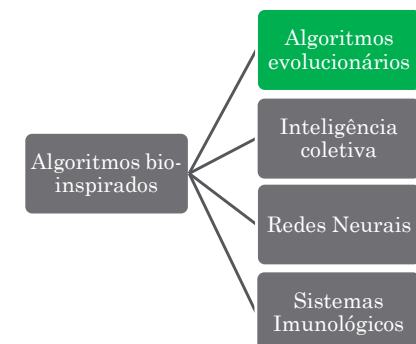
- Algoritmos evolucionários
  - Inspirados na teoria de evolução de Darwin;
  - Evolução: mudança das características (genéticas) de uma população de uma geração para a próxima
    - Mutação dos genes;
    - Recombinação dos genes dos pais.





# Algoritmos bio-inspirados

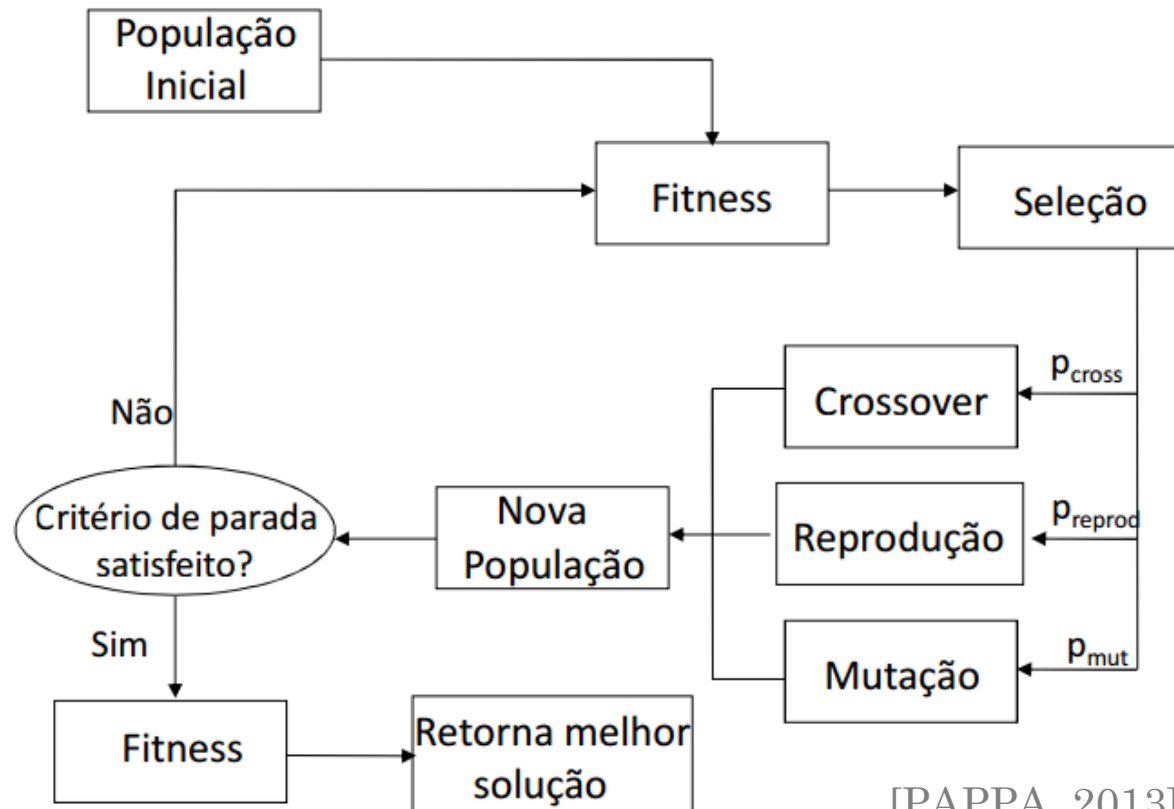
- Algoritmos evolucionários
  - Evolução é caracterizada basicamente por um processo constituído de 3 passos [VON ZUBEN, 2005]
    1. Reprodução com herança genética;
    2. Introdução de variação aleatória em uma população de indivíduos;
    3. Aplicação da “seleção natural” para a produção da próxima geração.



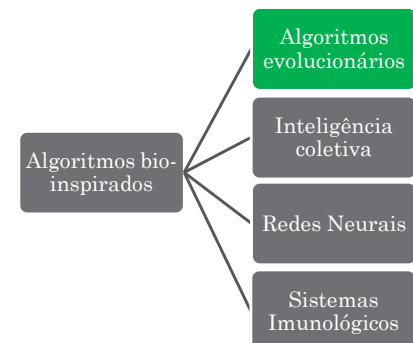


# Algoritmos bio-inspirados

- Algoritmos evolucionários



[PAPPA, 2013]



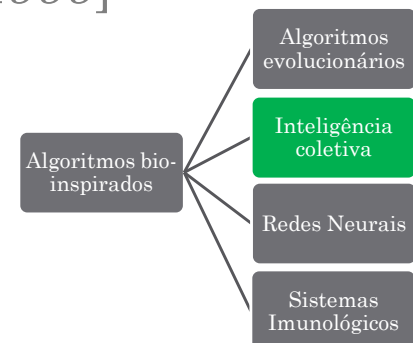


# Algoritmos bio-inspirados

- Inteligência coletiva

”

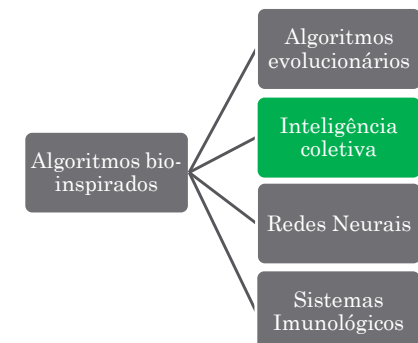
Qualquer tentativa de projetar algoritmos ou técnicas de resolução distribuída de problemas inspirada pelo comportamento coletivo de insetos sociais e outras sociedades animais [BONABEAU, 1999]





# Algoritmos bio-inspirados

- Inteligência coletiva
  - Origens
    - Colméias de abelhas;
    - Colônia de formigas;
    - Voo de pássaros;
    - Cardume de peixes;
    - Etc.

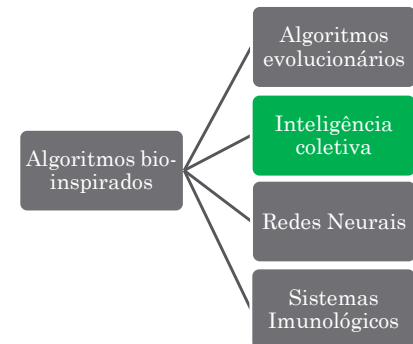






# Algoritmos bio-inspirados

- Inteligência coletiva

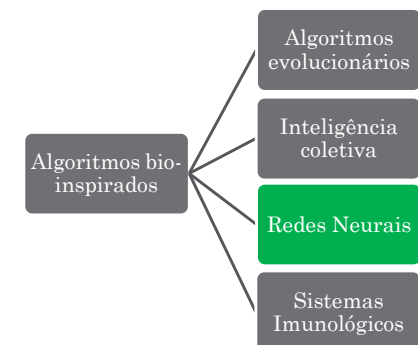
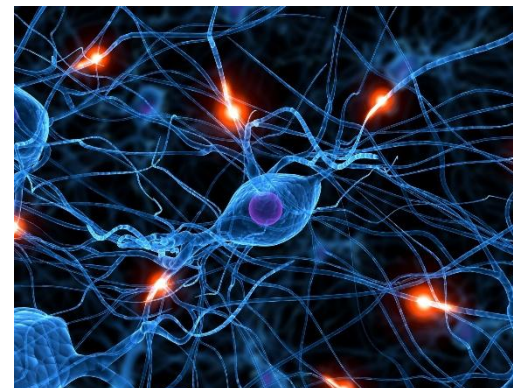




# Algoritmos bio-inspirados

- Redes Neurais

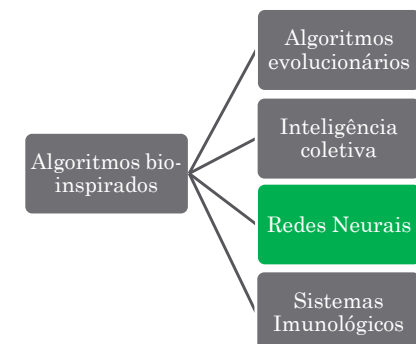
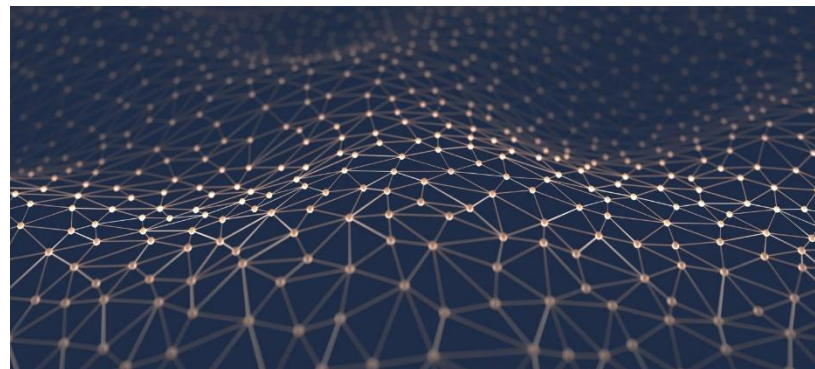
- Sistemas inspirados nos neurônios biológicos e na estrutura massivamente paralela do cérebro, com capacidade de adquirir, armazenar e utilizar conhecimento experimental. [CARVALHO, 2006]

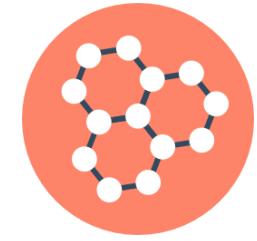




# Algoritmos bio-inspirados

- Redes Neurais
  - Técnicas computacionais que apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência. [CARVALHO, 2006]



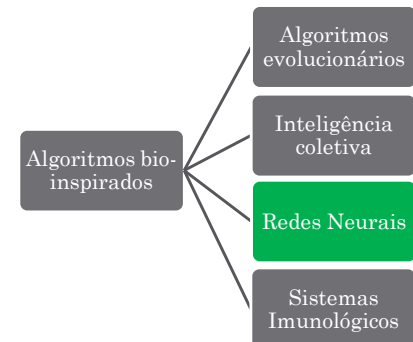


# Algoritmos bio-inspirados

- Redes Neurais

”

Processador paralelamente distribuído constituído de unidades de processamento simples, que têm a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para uso. [HAYKIN, 2001]





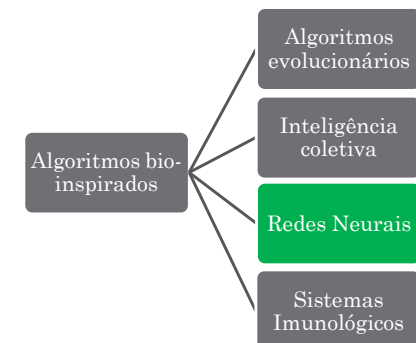


# Algoritmos bio-inspirados

- Redes Neurais

- Devido à similaridade com o cérebro, exibem características similares ao comportamento humano [CARVALHO, 2006]

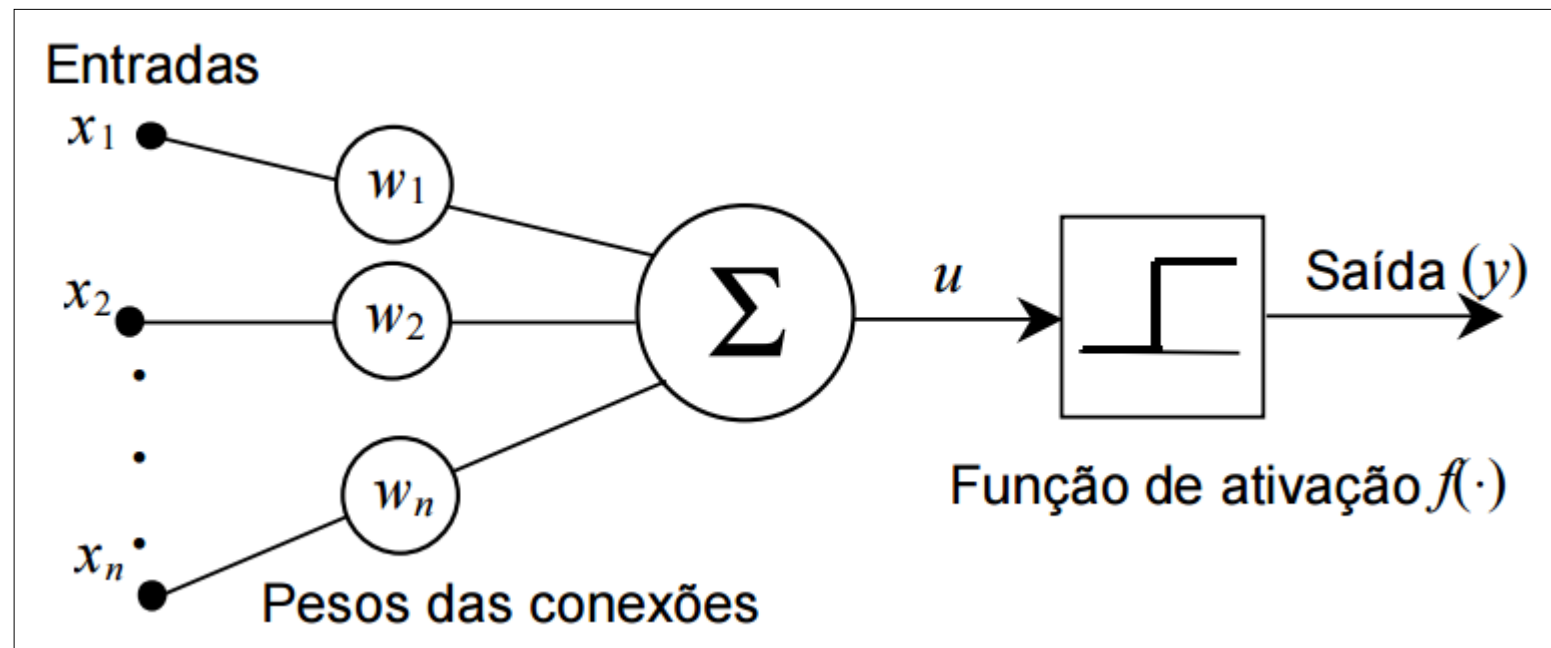
- Procura paralela e endereçamento pelo conteúdo;
    - Aprendizado;
    - Associação;
    - Generalização;
    - Abstração;
    - Robustez e degradação gradual.



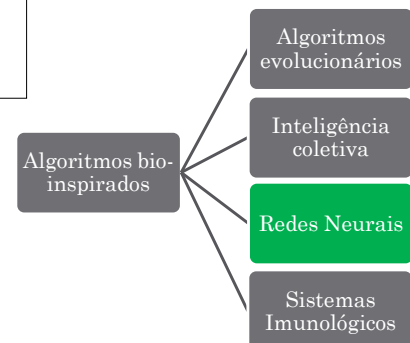


# Algoritmos bio-inspirados

- Redes Neurais



Representação de um neurônio artificial [CASTRO, 2001]





# Algoritmos bio-inspirados

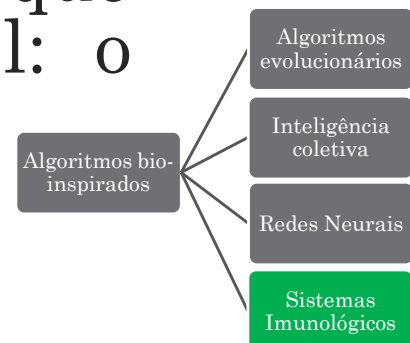
- Sistemas Imunológicos

”

Sistema computacional baseado em metáforas do sistema imunológico natural; [CASTRO, 2001]

”

Metodologias de manipulação de dados, classificação, representação e raciocínio que seguem um paradigma biológico plausível: o sistema imunológico humano. [HUNT, 1998]





# Referências

- TALBI, E. G. Metaheuristics - From Design To Implementation
- GLOVER, Fred W., Kochenberger, Gary A. Handbook of Metaheuristics
- SALIBA Jr, E. Sistema Multiagente Bioinspirado para Otimização Combinatorial
- BECCENERI, J. C. Meta-heurísticas e Otimização Combinatória: Aplicações em Problemas Ambientais
- CORDENONSI, A.Z. Ambientes, Objetos e Dialogicidade: Uma Estratégia de Ensino Superior em Heurísticas e Metaheurísticas
- HOOS, H. H.; STÜTZLE, T. Stochastic Local Search Foundations and Applications
- SOUZA, M. J. F. Inteligência Computacional para Otimização
- ZAPELINI, C. Z. Um Estudo Abrangente sobre Metaheurística, incluindo um Histórico
- MILANO, M.; ROLI, A. Magma: A Multiagent Architecture For Metaheuristics
- VON ZUBEN, F. J. Computação Evolutiva
- PAPPA, G. L. Conceitos e Aplicações em Aprendizado de Máquina
- BONABEAU, E.; DORIGO, M.; THERAULAZ, G. Swarm intelligence: from natural to artificial systems
- HAYKIN, S. Redes Neurais – Princípios e práticas
- CARVALHO, C.L Redes Neurais Artificiais
- CASTRO, L.N. Sistemas Inteligentes E O Sistema Imunológico
- HUNT, J. E., TIMMIS, J., COOKE, D. E., Neal, & King, C. JISYS: The Development of An Artificial Immune System for Real World Applications
- CAPPELLE, M.; LONGO, H. Estrutura de Dados e Projeto de Algoritmos