

Projeto da Disciplina

2INF72A – Computação 2

Profa. Renata Coelho Borges – renatacoelho@utfpr.edu.br

Prof. Fábio Pires Itturriet – fabioitturriet@utfpr.edu.br

Prof. Marcelo de Oliveira Rosa – mrosa@utfpr.edu.br

Prof. Roberto Zanetti Freire - robertofreire@utfpr.edu.br

Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Elétrica

Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT-CT



Sequência da Aula

1. Conceitos e Definições;
2. Metaheurísticas Populacionais;
3. Colônia de Formigas;
4. Algoritmo Genético;
5. Critério de Parada;
6. Projeto da Disciplina.

1. Conceitos e Definições

Um **problema de otimização** é aquele onde se procura determinar os valores extremos de uma função, isto é, o maior ou o menor valor que uma função pode assumir em um dado intervalo;

Problemas de otimização são comuns em nossa vida diária e aparecem quando procuramos, por exemplo:

- Determinar o nível de produção mais econômico de uma fábrica;
- O ponto da órbita de um cometa mais próximo da terra;
- A velocidade mínima necessária para que um foguete escape da atração gravitacional da terra.

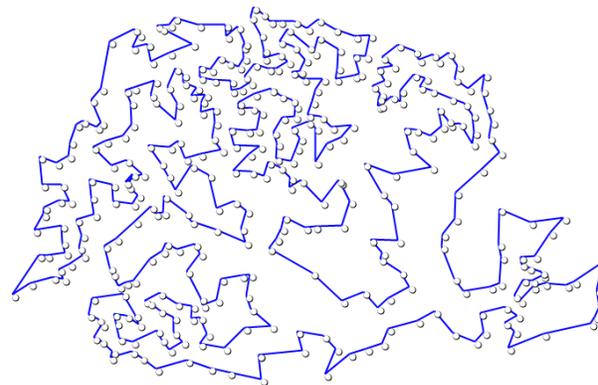
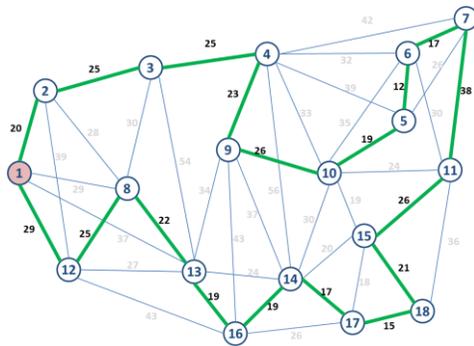


1. Conceitos e Definições

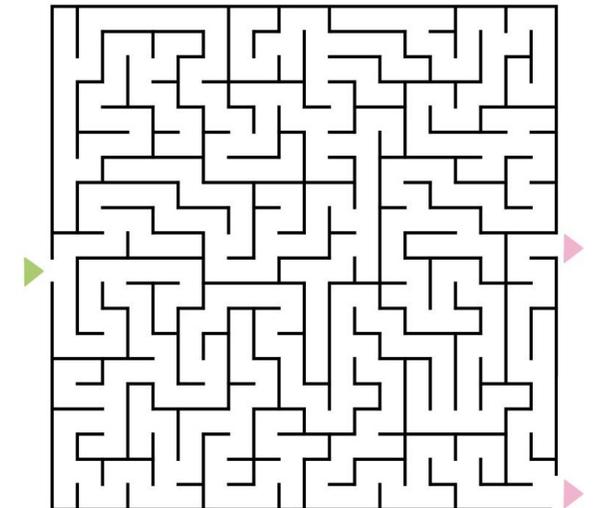
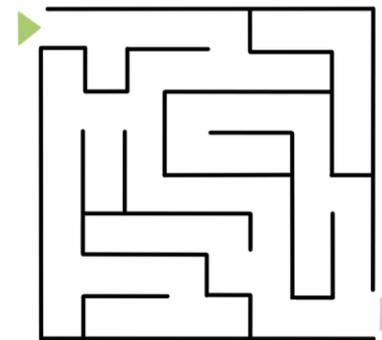
Otimização de parâmetros é o processo de encontrar os valores ótimos de um conjunto de parâmetros de um modelo, ou sistema, para atingir uma meta ou objetivo em específico.



- Problema do caixeiro viajante



- Labirinto (encontrar caminhos)

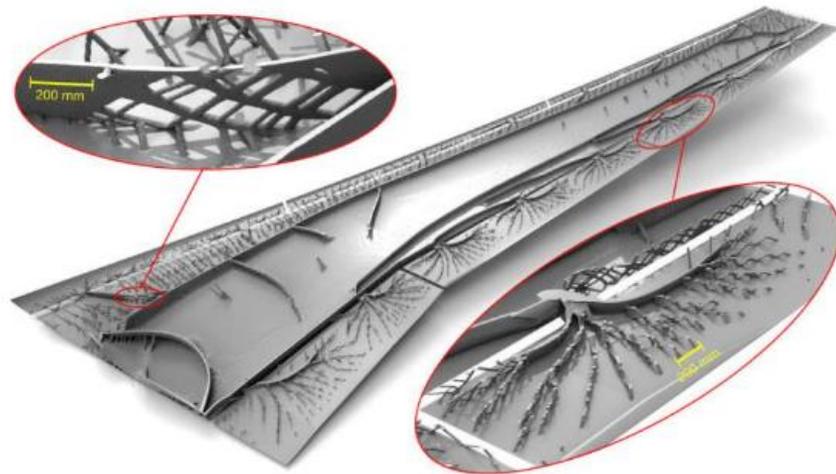


1. Conceitos e Definições

O que é otimização na engenharia?

A supercomputer tool that can optimize airplane wing design offers improved detail

by Bob Yirka , Tech Xplore



[TechXplore \(2017\)](#)



The sophisticated design, combined with smart and advanced technology, resulted in a 98.36% (BREEAM-NL) sustainability score for the building. The Edge sheds new light on real estate in the future: buildings that generate more energy than they consume. The Edge has everything to offer its users a pleasant workplace, in every sense of the word. The sophisticated design creates a comfortable living environment, whilst in addition, it focuses on sustainability and efficient energy consumption.

[The Edge \(2023\)](#)



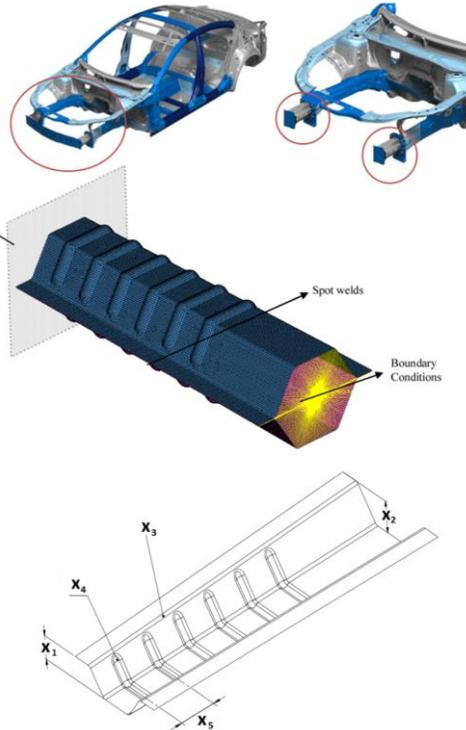
1. Conceitos e Definições

Int. J. Vehicle Design, Vol. 73, Nos. 1/2/3, 2017

179

A comparison of recent metaheuristic algorithms for crashworthiness optimisation of vehicle thin-walled tubes considering sheet metal forming effects

Selçuk Karagöz and Ali Rıza Yıldız*



ICRAEM 2020

IOP Publishing

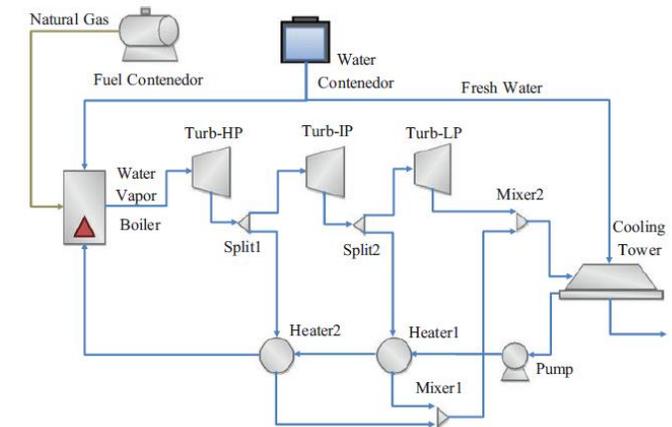
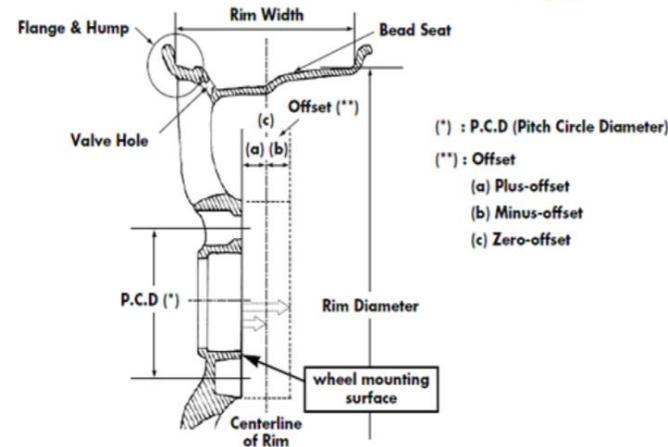
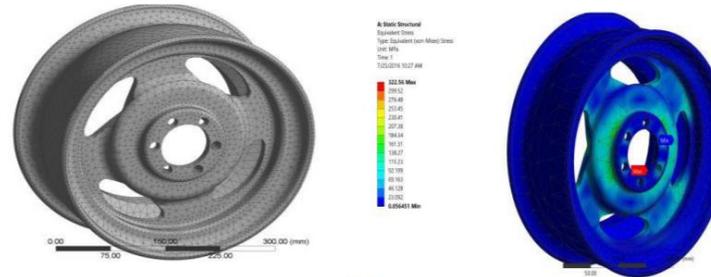
IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 981 (2020) 042093 doi:10.1088/1757-899X/981/4/042093

Mathematical Modeling of alloy wheel rim shape optimization using metaheuristic method

Mattakoyya Rahul¹, and Dr.J. Jaya Prakash²

¹Saveetha School of Engineering, Chennai. mattakoyyarahul@gmail.com

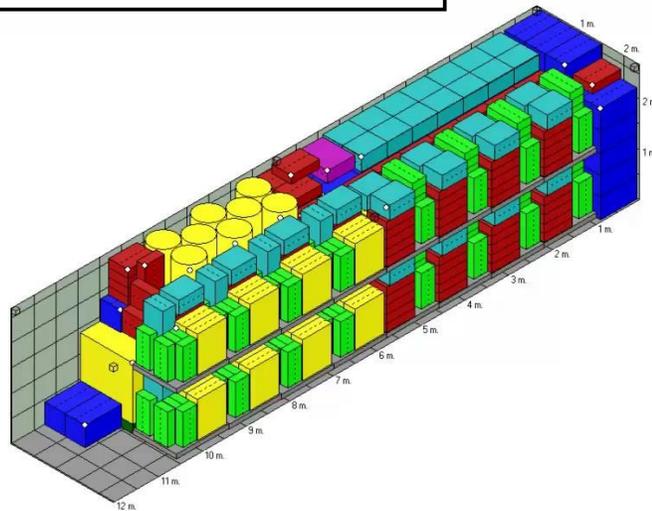
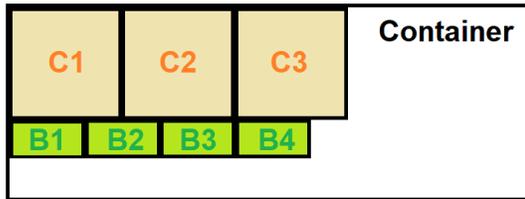
²Professor, Mechanical Department, Saveetha School of Engineering, SIMATS, Chennai.



1. Conceitos e Definições

O que é otimização na engenharia?

Alocação de recursos;

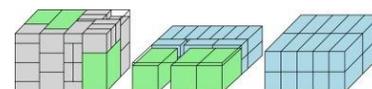
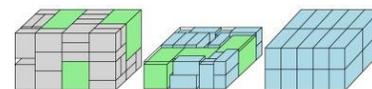
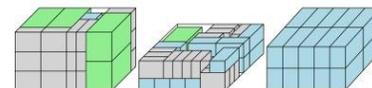
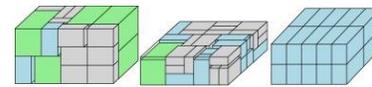


Industrial AI Blog from China

A novel optimization algorithm for job-shop production scheduling

25 February 2022

Xue Zhang
Hitachi China Research Laboratory, Hitachi (China) Ltd.

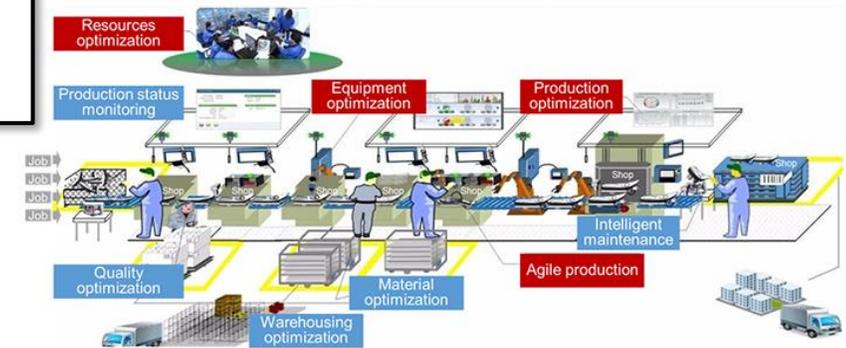


RESEARCH and TECHNOLOGY – STEP into the FUTURE 2023, Vol. 18, No. 1

RESEARCH and TECHNOLOGY – STEP into the FUTURE, 2023, Vol. 18, No. 1, 44-45
Transport and Telecommunication Institute, Lomonosova 1, Riga, LV-1019, Latvia

HEURISTIC ALGORITHMS APPLIED TO MULTIDIMENSIONAL MACHINE SCHEDULING

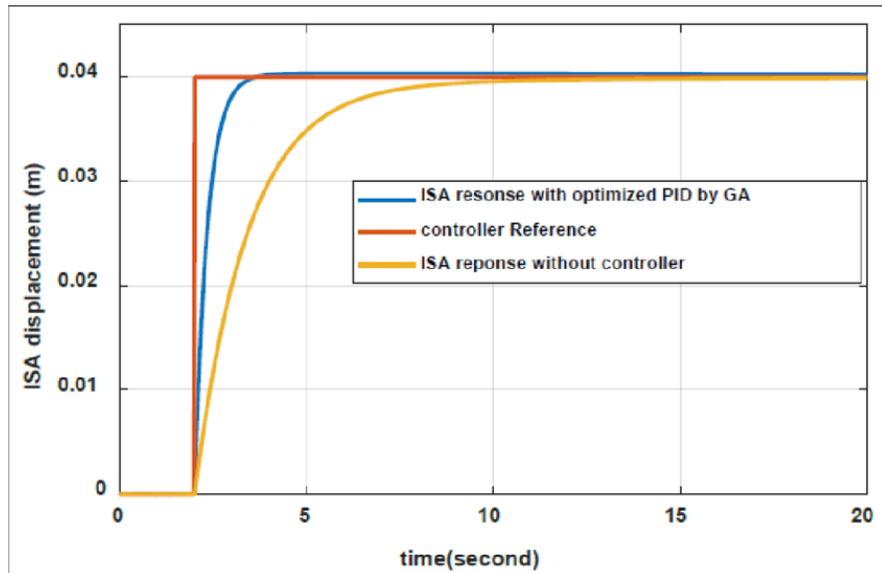
Tatiana Fallouh, Guillaume Friez, Eliot Gonzalez, Jean-Baptiste Leroy-Dubief, Manuel Perrin, Jérôme Wang



Shop	Time-span: 100			Time-span: 200	
S1	J1	J2	J3		
S2	J3		J1	J2	
S3		J1		J3	J2

1. Conceitos e Definições

- Máquinas e Equipamentos:
 - Alocação de horários/manutenção, consumo de energia, desgaste de peças, velocidade etc.



International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS)
 Vol. 10, No. 2, June 2019, pp. 822–830
 ISSN: 2088-8694, DOI: 10.11591/ijpeds.v10.i2.822-830

Optimal PID controller of a brushless DC motor using genetic algorithm

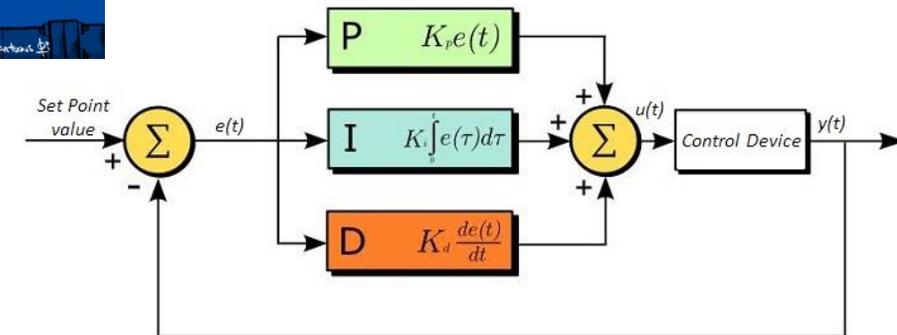
Muhammed A. Ibrahim¹, Ausama Kh. Mahmood², Nashwan Saleh Sultan³
¹ System and Control Department, Ninevah University, Iraq
² Electrical Power Department-Technical Institute in Mosul, Northern Technical University, Iraq
³ Power Technical Engineering Department, Northern Technical University, Iraq

ResearchGate

Optimization of Control Parameters Based on Genetic Algorithm Technique for Integrated Electrohydraulic Servo Actuator System

January 2020 · International Journal of Mechatronics and Automation 6(3):24-37

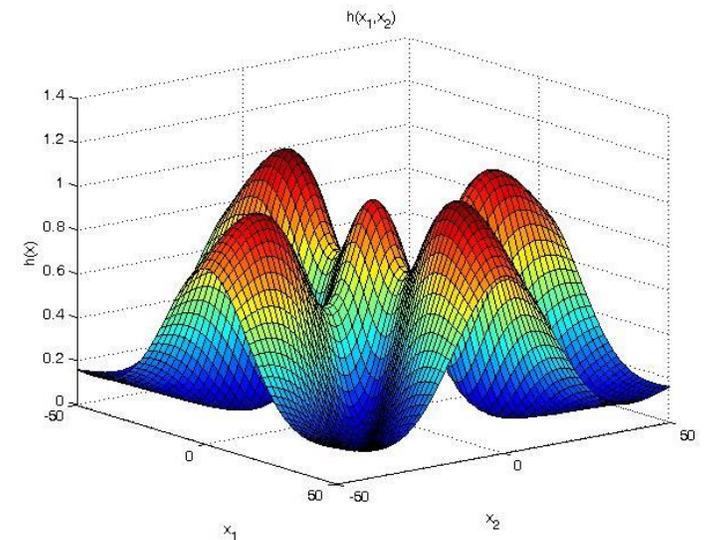
Mohamed Zaki Fadel M. G. Rabie Ahmed Youssef



1. Conceitos e Definições

Otimização combinatória é um ramo da ciência da computação e da matemática aplicada que estuda problemas de otimização em conjuntos finitos.

- **Variáveis de Decisão:** parâmetros cujos valores definem uma solução para o problema.
- **Função Objetivo:** uma função das variáveis de decisão a ser minimizada ou maximizada.
- **Restrições:** um conjunto de funções que define o espaço factível de soluções.



1. Conceitos e Definições

Problemas de Otimização:

$$\min f_{obj}(x)$$

$$\min f_{obj}(\vec{x})$$

ou

$$\max_{s.a.} f_{obj}(x)$$

ou

$$\max_{s.a.} f_{obj}(\vec{x})$$

$$g_{lb} \leq g(x) \leq g_{ub}$$

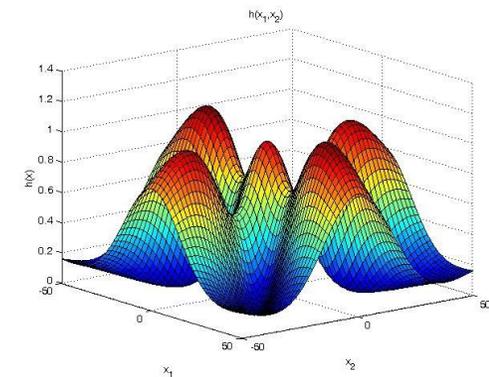
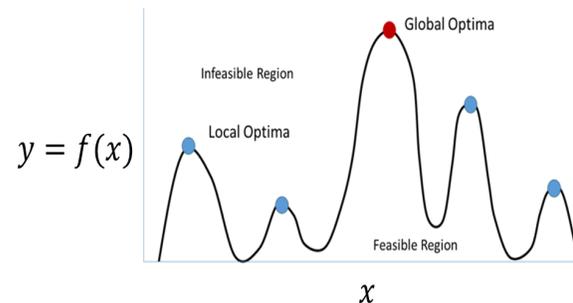
$$h(x) = h_{eq}$$

$$g_{lb} \leq g(\vec{x}) \leq g_{ub}$$

$$h(\vec{x}) = h_{eq}$$

Função Objetivo: $f_{obj}(\cdot)$

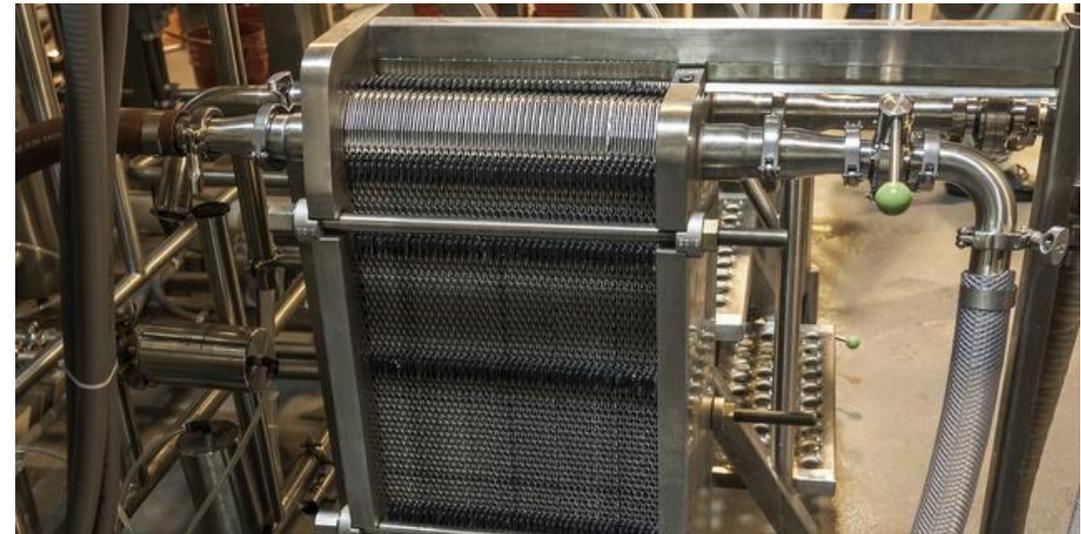
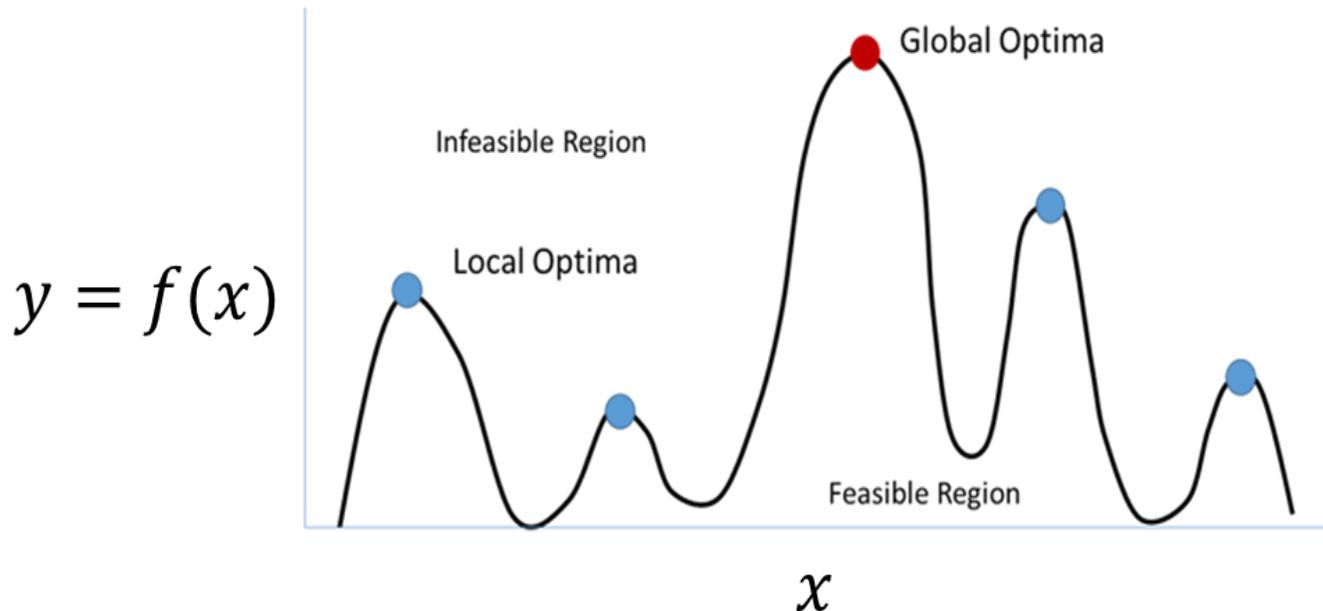
Variáveis de Decisão: x ou \vec{x}



Restrições: $g_{lb} \leq g(\vec{x}) \leq g_{ub}$ e $h(\vec{x}) = h_{eq}$

1. Conceitos e Definições

Problema exemplo: maximização da eficiência (y) do trocador de calor em relação a vazão de entrada (x).



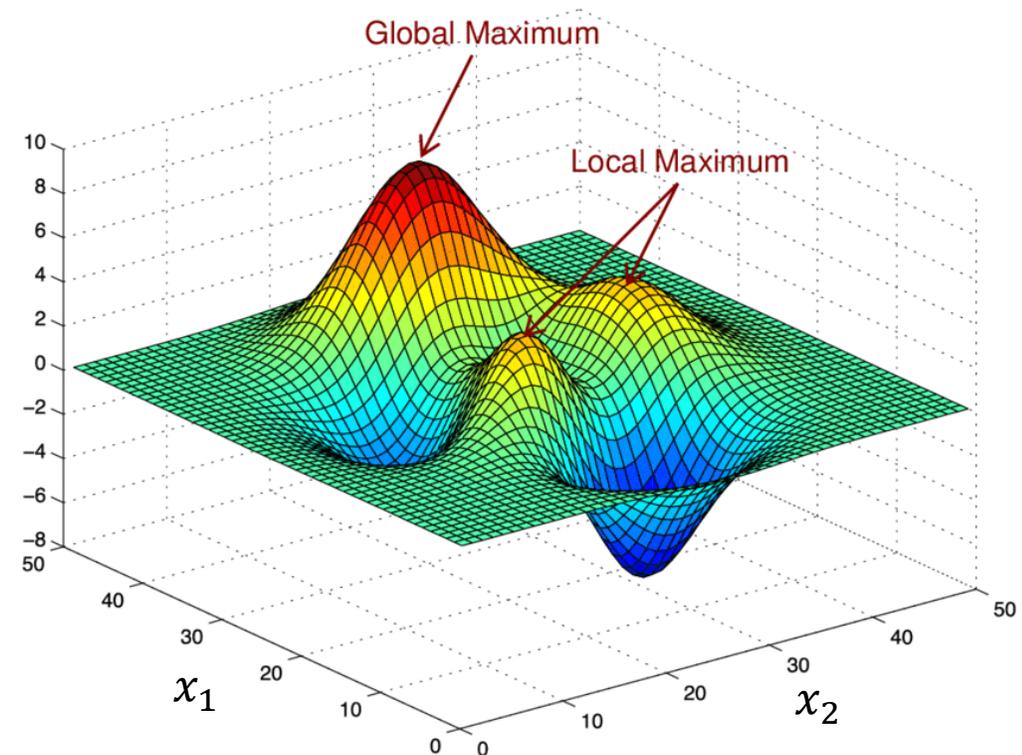
1. Conceitos e Definições

Problema exemplo (2D):

maximização da eficiência $f(x_1, x_2)$,
do trocador de calor em relação a
vazão de entrada (x_1) e do número
de placas do trocador (x_2).

Dimensão: associada ao número de
variáveis do problema de otimização.

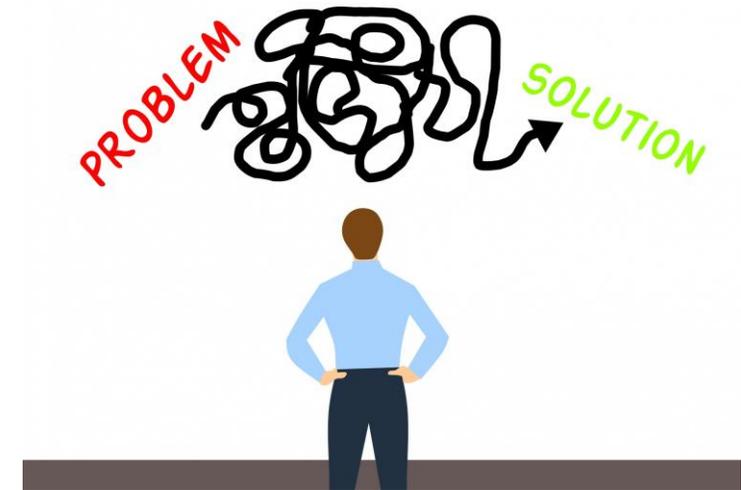
$f(x_1, x_2)$



1. Conceitos e Definições

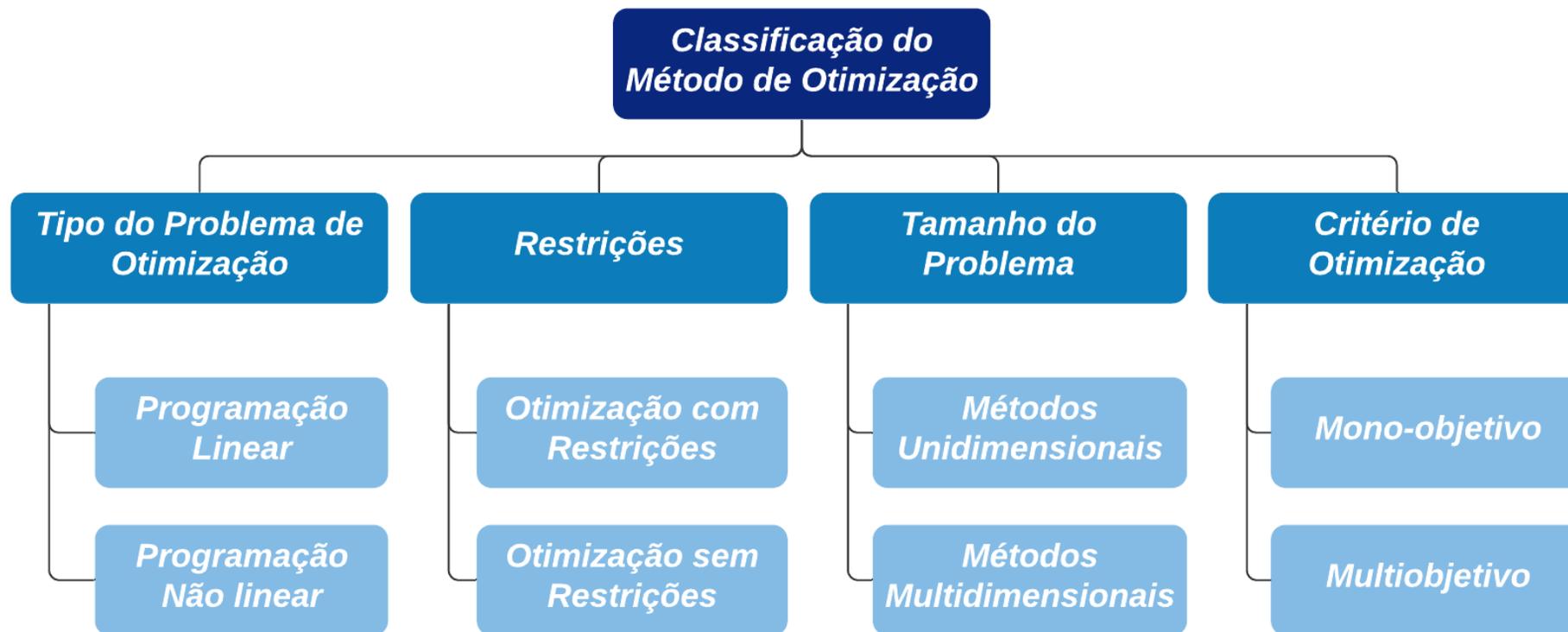
Para resolver um problema de otimização, levar em conta:

- Quanto mais informações temos do problema e do(s) objetivo(s) de busca, mais fácil ele fica;
- Diferentes técnicas buscam a otimização do processo de busca por uma solução do problema
 - Redução do espaço de busca;
 - Usar algoritmos heurísticos;
 - Elementos estocásticos (não determinísticos).



1. Conceitos e Definições

Classificação dos métodos de otimização:



1. Conceitos e Definições

- **Classificação dos métodos de otimização:**
 - Exatos: encontra a solução ideal (ótima) para o problema;
 - Heurístico (não-exatos): podem ou não encontrar a solução ótima.

- **Exemplos de métodos exatos:**
 - Programação inteira;
 - Programação dinâmica;
 - Programação quadrática;
 - Algoritmos gulosos (adaptados).

- **Exemplos de métodos heurísticos:**
 - Busca Tabu;
 - Simulated annealing*;
 - Algoritmos Genéticos;
 - Algoritmo Colônia de Formigas.

1. Conceitos e Definições

Heurística:

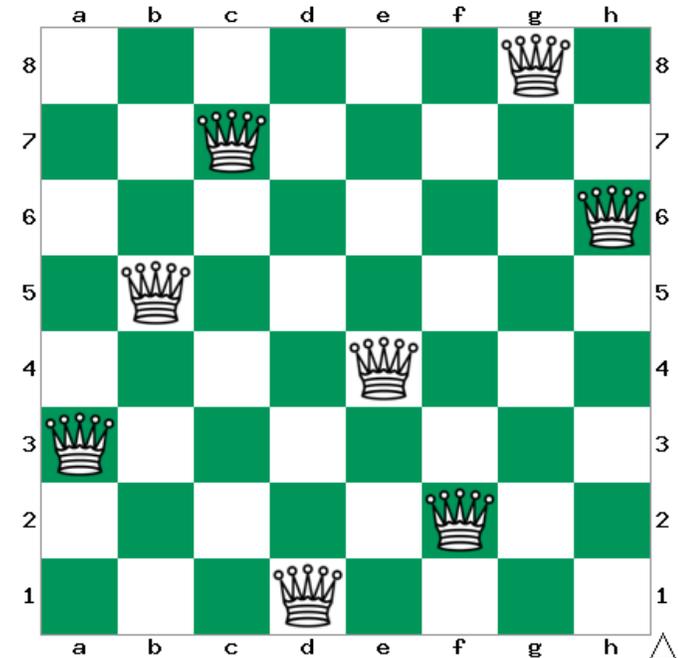
- Normalmente baseia-se em uma regra, frequentemente intuitiva, para solução de um problema específico. Normalmente é utilizada quando uma solução exaustiva a procura do ótimo do problema é muito custosa. Exemplos: busca gulosa, vizinho mais próximo, subida de encosta etc.

Metaheurística:

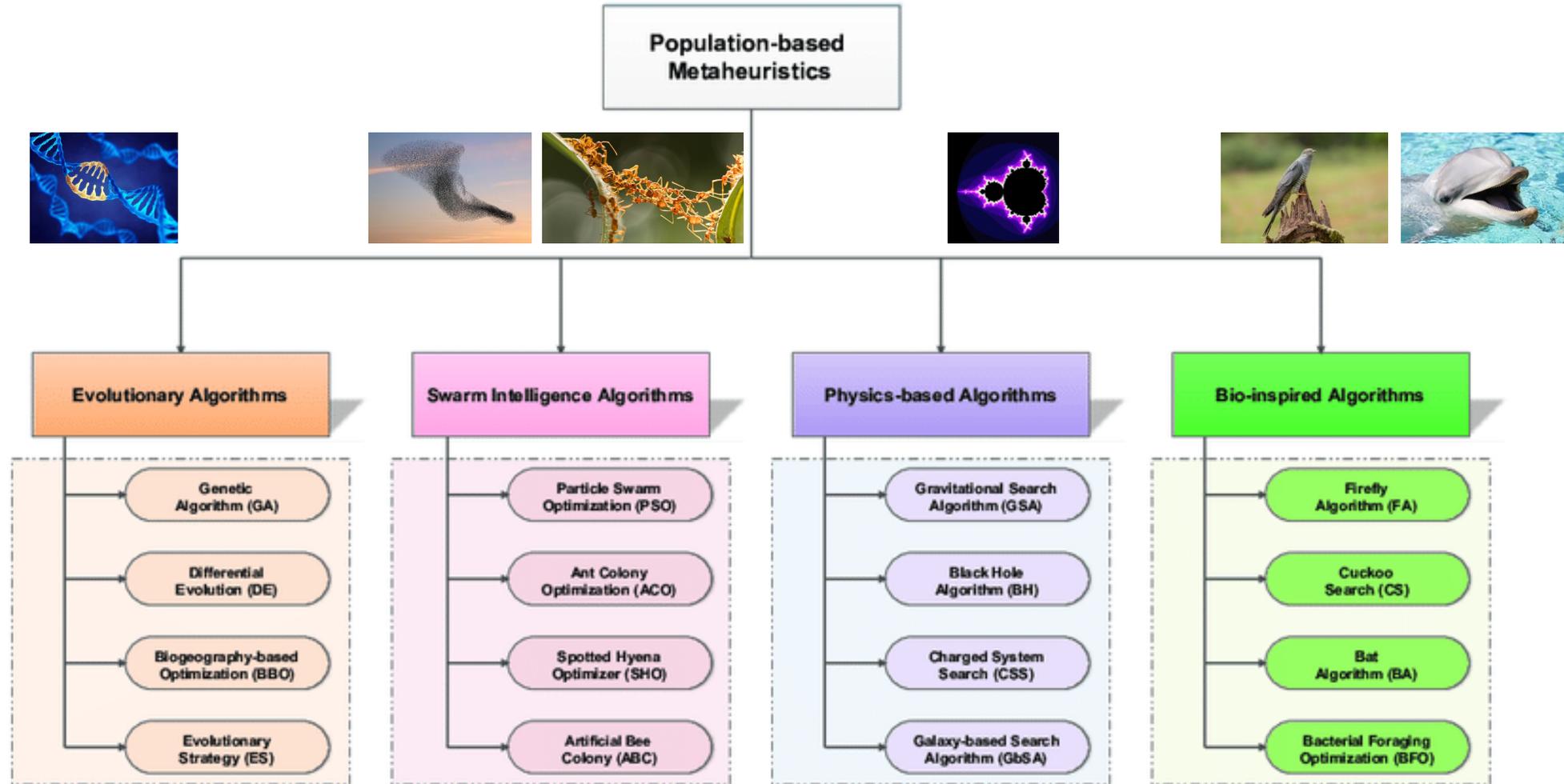
- Solução de alto nível para diferentes problemas de otimização. Existe um framework que guia a busca pela melhor solução, de forma a explorar o espaço de busca. Normalmente combina diferentes heurísticas. Exemplo: enxame de partículas (PSO), algoritmo genético (GA), colônia de formigas (ACO).

2. Soluções de Força Bruta/Busca Exaustiva

- São soluções que consistem em enumerar todos os possíveis candidatos da solução e checar cada candidato para saber se ele satisfaz a solução desejada para o problema;
- Complexidade $O(mn) \rightarrow m*n$ tentativas;
- Exemplos de problemas (simples) onde isso pode ser aplicado:
 - Posicionar 8 rainhas em um tabuleiro (64 posições) de forma que uma não consiga atacar outra;
 - Estimar a combinação de um cadeado com uma combinação de 4 números de 0000 a 9999;
 - Calcular todos os divisores de um número;
 - Problema do caixeiro viajante.



2. Metaheurísticas Populacionais



3. Colônia de Formigas

- O *Ant Colony Optimization* (ACO) foi proposto por Coloni, Dorigo e Maniezzo em 1991.
- A ideia de adaptar o algoritmo para um problema de otimização (busca) veio por meio do estudo do comportamento das formigas e como interagem em uma colônia;
- As formigas sempre seguem o menor caminho entre o formigueiro e a fonte de alimento;



Coloni, A., Dorigo, M., & Maniezzo, V. (1991, December). Distributed optimization by ant colonies. In *Proceedings of the first European conference on artificial life* (Vol. 142, pp. 134-142).

3. Colônia de Formigas

- Enquanto andam, as formigas depositam no solo uma substância chamada feromônio;
- As formigas possuem tendência a seguir o caminho por onde foi depositado o feromônio;
- Essa tendência é baseada na quantidade de feromônio disponível. Quanto maior a concentração, maior a chance de um caminho ser seguido.



Características:

- São algoritmos de construção: a cada iteração, cada formiga, individualmente, constrói uma solução para o problema;
- São algoritmos que, a cada iteração, trabalham com uma população de formigas e, portanto, com uma população de soluções.

3. Colônia de Formigas

Funcionamento/Inspiração Biológica:

- Inicialmente, como não há feromônio nos caminhos, as formigas andam aleatoriamente em busca de alimento;
- As formigas que escolhem (ao acaso) o menor caminho voltam por ele;
- Como a ida e a volta são mais rápidas, há um pouco mais de feromônio nesse caminho. Como essa trilha possui mais feromônio, outras formigas tendem a segui-la. Com isso, o feromônio na trilha irá aumentar.
- Com o passar do tempo, os menores caminhos recebem uma carga maior de feromônio, sendo escolhidos pelas formigas.
- O feromônio também evapora com o tempo. Dessa forma, os caminhos menos visitados perdem feromônio, levando as formigas aos caminhos escolhidos pelas demais.

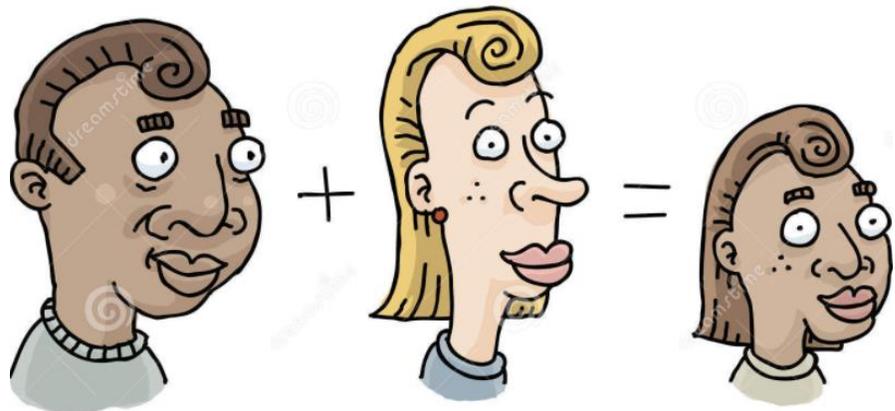
3. Colônia de Formigas

Para construir uma solução, a formiga considera:

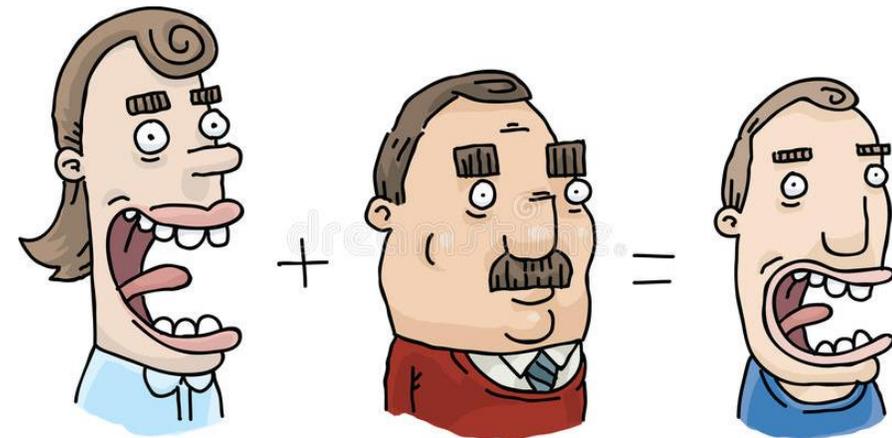
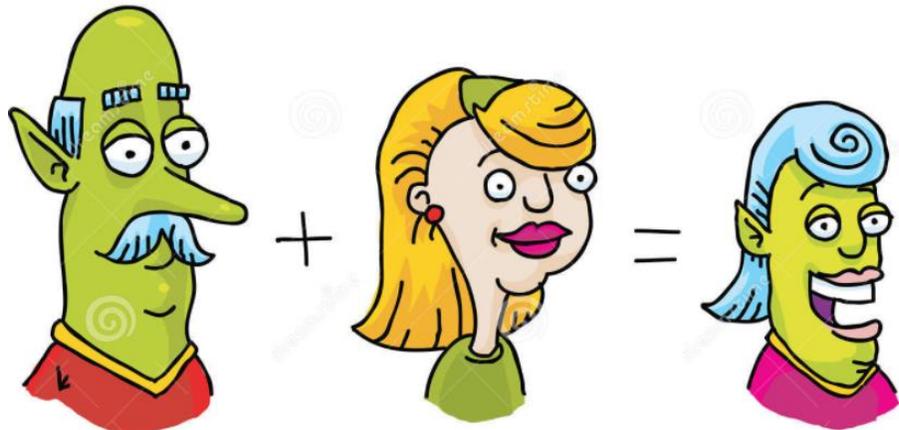
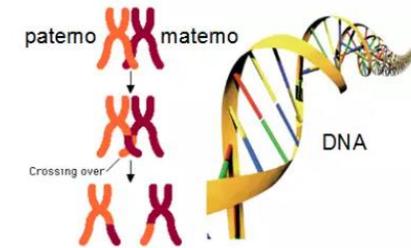
- Informações heurísticas (fixas) que indicam a conveniência, para a obtenção da solução do problema, de se tomar um determinado caminho;
- A quantidade de feromônio (variável), que indica quão desejável é um determinado caminho.



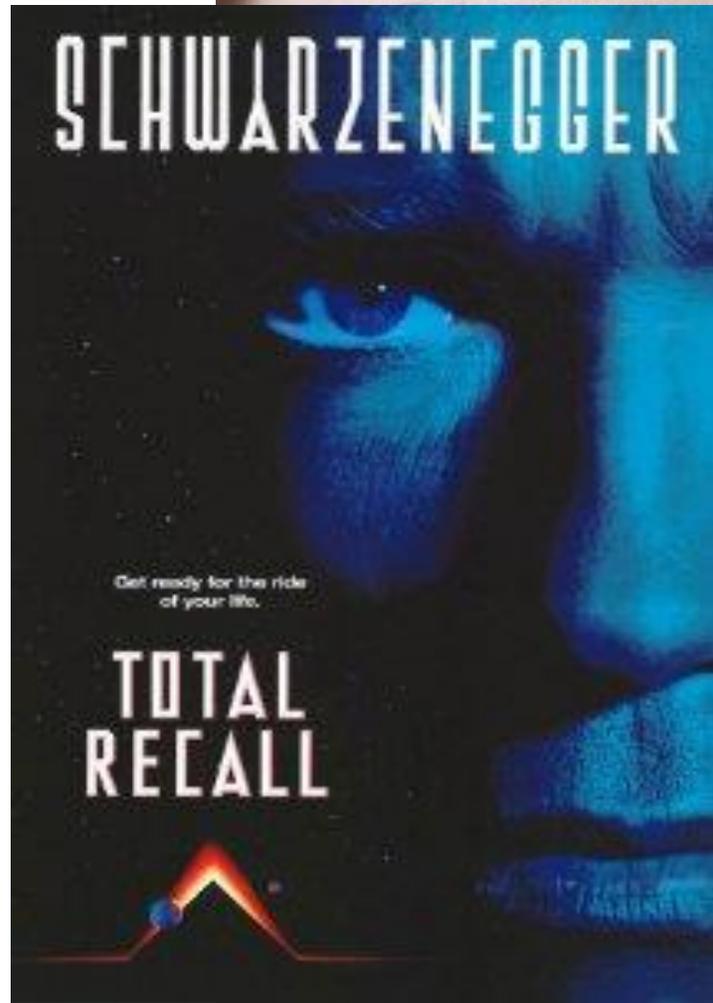
4. Algoritmo Genético



Recombinação Gênica



4. Algoritmo Genético

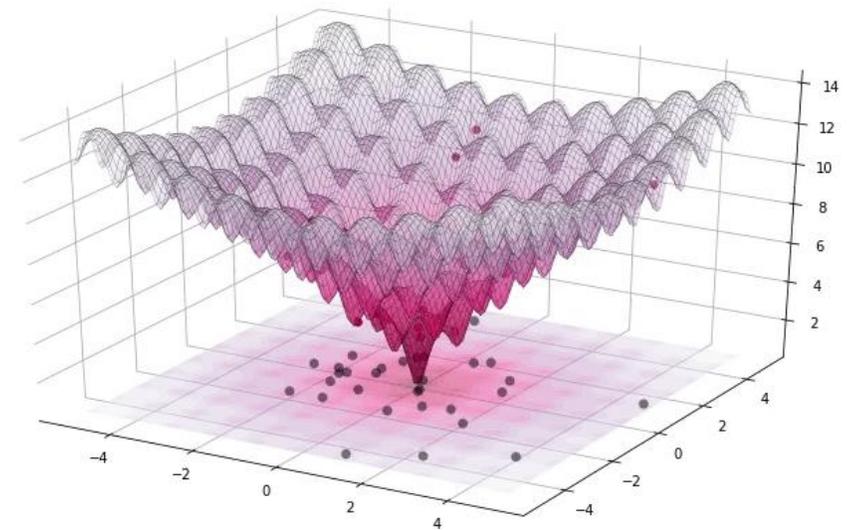


Mutação Cromossômica



4. Algoritmo Genético

- Originalmente proposto por John Holland na década de 70;
- Algoritmo evolucionário mais conhecido;
- Populacional;
- Muitos outros algoritmos são inspirados no seu funcionamento.
Exemplo: Evolução Diferencial (DE).



John, H. (1992). Holland. genetic algorithms. Scientific american, 267 (1), 44-50.

5. Critério de Parada

- O fato das metaheurísticas serem algoritmos iterativos, esclarece que deve(m) ser(em) definido(s) critério(s) de parada;
- Alguns exemplos são:
 - Número máximo de iterações do método (no caso do Algoritmo Genético, seria o número de gerações);
 - Baseados na curva de convergência (normalmente logarítmica) utilizando alguma métrica como: MAE (*Mean Absolute Error*), MSE (*Mean Square Error*), RMSE (*Root Mean Square Error*), MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), entre outras.

Obs.: Normalmente utiliza-se, pelo menos, 2 critérios de parada.

6. Projeto da Disciplina

- Seu grupo terá que implementar um Algoritmo Genético (AG) capaz de ajustar as seguintes funções:

$$f(x) = -a + bx - cx^2 + dx^3$$

onde o valor correto (ótimo dos parâmetros da função) é:

$$f(x^*) = -0,3 + 0,1x - 0,5x^2 + 0,4x^3$$

A função custo, utilizada para avaliar os resultados obtido pelas soluções propostas pelo algoritmo em cada cromossomo, será a Raiz do Erro Médio Quadrático (*RMSE – Root Mean Square Error*), veja no próximo slide.

Os parâmetros a serem encontrados no problema de otimização são a , b , c e d ;

6. Projeto da Disciplina

Root Mean Square Error (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (f(x^*) - \hat{f}(x))^2}{N}}$$

$f(x^*)$ é o valor ótimo da função (utilizado apenas para avaliação);

$\hat{f}(x)$ é o valor estimado da função para o cromossomo i ;

N é o número de cromossomos (indivíduos da população);

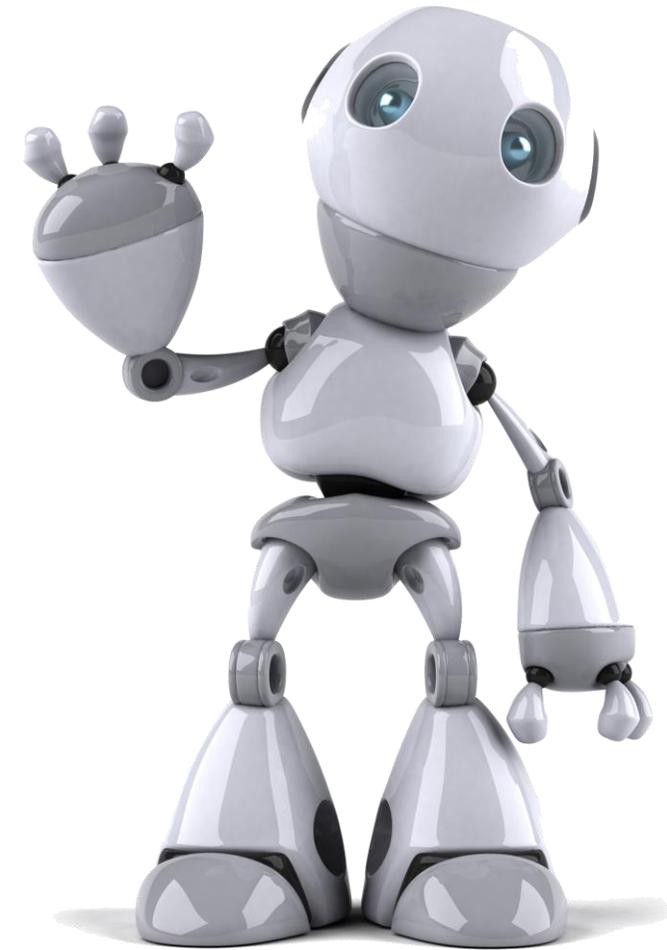
6. Projeto da Disciplina

Após a implementação do algoritmo para o problema proposto, apresente:

1. Uma análise de convergência do método, pesquise sobre gráfico de convergência em escala logarítmica em relação ao número de gerações. Responda: por que usar uma escala logarítmica?
2. Avalie a mudança no número de indivíduos da população;
3. Avalie o operador de mutação e sua influência na convergência do algoritmo.

Obs. Você deve gerar gráficos de convergência para as análises descritas nos itens 1, 2 e 3. Isso pode ser feito via código ou usando outra ferramenta computacional, salvando os dados a cada geração (iteração) do algoritmo.

Contato



Profa. Renata Coelho Borges – renatacoelho@utfpr.edu.br

Prof. Fábio Pires Itturriet – fabioitturriet@utfpr.edu.br

Prof. Marcelo de Oliveira Rosa – mrosa@utfpr.edu.br

Prof. Roberto Zanetti Freire – robertofreire@utfpr.edu.br

Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT-CT
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR