



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA - PPEE



---

# BAT ALGORITHM

---

Ivo Chaves da Silva Junior

[ivo.junior@ufjf.edu.br](mailto:ivo.junior@ufjf.edu.br)

# Inteligência Computacional



## Otimização via ecolocalização de morcegos



Xin-She Yang, Universidade de Cambridge, Reino Unido, 2010

**Técnica de otimização Multimodal – Técnica de otimização GLOBAL**



## A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm

Xin-She Yang

Department of Engineering, University of Cambridge,  
Trumpington Street, Cambridge CB2 1PZ, UK

### Abstract

Metaheuristic algorithms such as particle swarm optimization, firefly algorithm and harmony search are now becoming powerful methods for solving many tough optimization problems. In this paper, we propose a new metaheuristic method, the Bat Algorithm, based on the echolocation behaviour of bats. We also intend to combine the advantages of existing algorithms into the new bat algorithm. After a detailed formulation and explanation of its implementation, we will then compare the proposed algorithm with other existing algorithms, including genetic algorithms and particle swarm optimization. Simulations show that the proposed algorithm seems much superior to other algorithms, and further studies are also discussed.

### Citation detail:

X.-S. Yang, A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm, in: *Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NISCO 2010)* (Eds. J. R. Gonzalez et al.), Studies in Computational Intelligence, Springer Berlin, **284**, Springer, 65-74 (2010).

# Inteligência Computacional



## Aplicações:



## Bat Algorithm: Literature Review and Applications

### Xin-She Yang

School of Science and Technology, Middlesex University, The Burroughs, London NW4 4BT, United Kingdom.

### Xingshi He

School of Science, Xian Polytechnic University, No. 19 Jinhua South Road, Xian 710048, China

**Abstract:** Bat algorithm (BA) is a bio-inspired algorithm developed by Xin-She Yang in 2010 and BA has been found to be very efficient. As a result, the literature has expanded significantly in the last three years. This paper provides a timely review of the bat algorithm and its new variants. A wide range of diverse applications and case studies are also reviewed and summarized briefly here. In addition, we also discuss the essence of an algorithm and the links between algorithms and self-organization. Further research topics are also discussed.

**Keywords:** Algorithm; bat algorithm; cuckoo search; firefly algorithm; eagle strategy; nature-inspired algorithm; optimisation; metaheuristics.

**Reference** to this paper should be made as follows: Yang, X.-S., and He, X., (2013) 'Bat Algorithm: Literature review and applications', *Int. J. Bio-Inspired Computation*, Vol. 5, No. 3, pp.141–149.

# Inteligência Computacional



## Inspiração Biológica: ECOLOCALIZAÇÃO



Amplitude do pulso sonoro

Taxa de Emissão de pulso

Procurando a Presa

**ALTA**

**BAIXA**

Presa Localizada

**BAIXA**

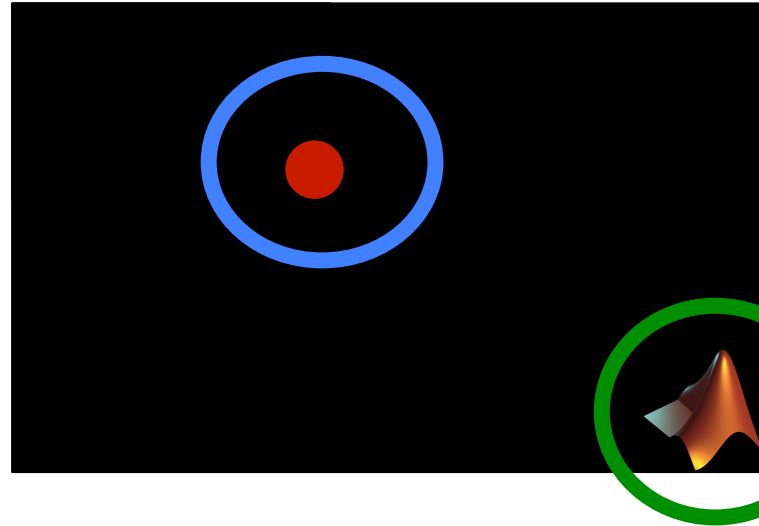
**ALTA**

# Inteligência Computacional



**Analogia Matemática:**

Possível solução do  
problema em estudo



Solução ótima do  
Problema em estudo

Amplitude do pulso sonoro

Taxa de Emissão de pulso

Busca Global

ALTA

BAIXA

Busca Local

BAIXA

ALTA

Xin-She Yang em 2010 modelou esse comportamento através de um algoritmo:

**BAT ALGORITHM**

**Algoritmo 1** Bat algorithm (BA)

---

1:  
2:  
3:  
4:  
5:  
6:  
7:  
8:  
9:  
10:  
11:  
12:  
13:  
14:  
15:  
16:  
17:  
18:  
19:  
20:  
21:  
22:



## Algoritmo 1 Bat algorithm (BA)

---

1: Parâmetros:  $n, \alpha, \lambda$



$\eta$   Número de morcegos que farão a busca pela melhor solução;

$\alpha$   Taxa de decréscimo da amplitude da onda sonora;

$$0 < \alpha < 1$$

$\lambda$   Taxa de aumento da emissão do pulso da onda sonora.

$$0.001 < \lambda < 0.9$$



## Algoritmo 1 Bat algorithm (BA)

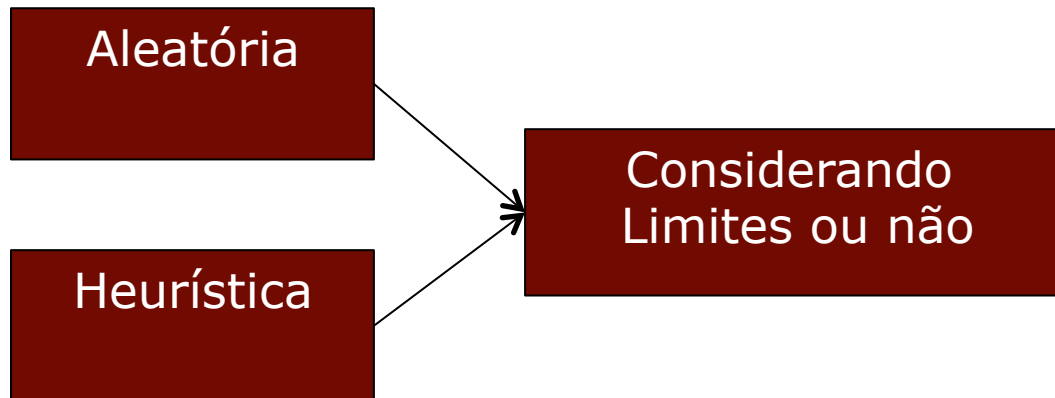
---

- 1: Parâmetros:  $n, \alpha, \lambda$
- 2: Inicializa morcegos  $\vec{x}_i$



Cada morcego corresponde a uma possível solução que pode ser viável ou não.

A solução inicial pode ser gerada de duas formas:



## Algoritmo 1 Bat algorithm (BA)

---

- 1: Parâmetros:  $n, \alpha, \lambda$
- 2: Inicializa morcegos  $\vec{x}_i$
- 3: Avalia  $f(\vec{x}_i)$  para todos os morcegos



Com a população inicial de morcegos conhecida (soluções iniciais), o próximo passo é a avaliação de cada uma das soluções através do valor numérico da função objetivo do problema em análise.



## Algoritmo 1 Bat algorithm (BA)

---

- 1: Parâmetros:  $n, \alpha, \lambda$
- 2: Inicializa morcegos  $\vec{x}_i$
- 3: Avalia  $f(\vec{x}_i)$  para todos os morcegos
- 4: Atualiza melhor morcego  $\vec{x}_*$



Com a população inicial avaliada através do valor numérico da função objetivo pode-se determinar a melhor solução corrente ( melhor morcego).



## Algoritmo 1 Bat algorithm (BA)

---

- 1: Parâmetros:  $n, \alpha, \lambda$
- 2: Inicializa morcegos  $\vec{x}_i$
- 3: Avalia  $f(\vec{x}_i)$  para todos os morcegos
- 4: Atualiza melhor morcego  $\vec{x}_*$
- 5: **while** critério de parada não atingido **do**



Inúmeros são os critérios de parada que podem ser considerados:

- Tempo de Simulação
- Estagnação da melhor solução durante o processo
- Número máximo de iterações
- Distância mínima entre a melhor solução e a média das soluções
- Entre outras



## Algoritmo 1 Bat algorithm (BA)

- 1: Parâmetros:  $n, \alpha, \lambda$
- 2: Inicializa morcegos  $\vec{x}_i$
- 3: Avalia  $f(\vec{x}_i)$  para todos os morcegos
- 4: Atualiza melhor morcego  $\vec{x}_*$
- 5: **while** critério de parada não atingido **do**
- 6:   **for**  $i = 1$  **to**  $n$  **do**



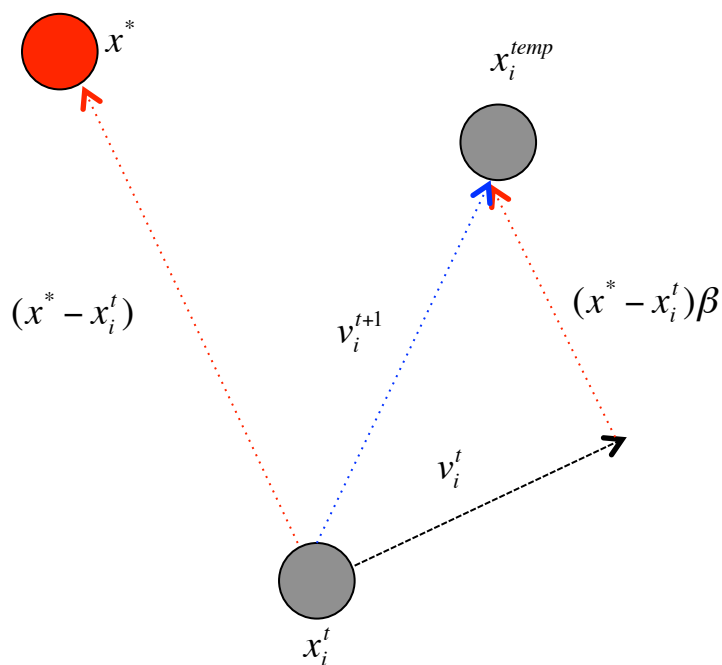
7:

$$8: \quad \vec{v}_i^{t+1} = \vec{v}_i^t + (\vec{x}_*^t - \vec{x}_i^t)\beta, \beta \in [0, 1]$$

$$9: \quad \vec{x}_{temp} = \vec{x}_i^t + \vec{v}_i^{t+1}$$

*obs :  $v_i^0 = 0$      $t = \text{contador iterações}$*

A atualização das soluções é feita através da equações 8 e 9, velocidade e deslocamento.



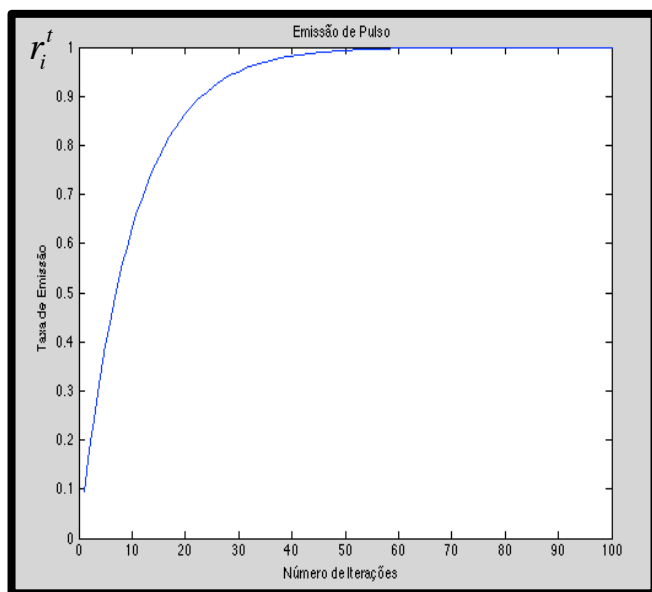
## Algoritmo 1 Bat algorithm (BA)

- 1: Parâmetros:  $n, \alpha, \lambda$
- 2: Inicializa morcegos  $\vec{x}_i$
- 3: Avalia  $f(\vec{x}_i)$  para todos os morcegos
- 4: Atualiza melhor morcego  $\vec{x}_*$
- 5: **while** critério de parada não atingido **do**
- 6:   **for**  $i = 1$  **to**  $n$  **do**



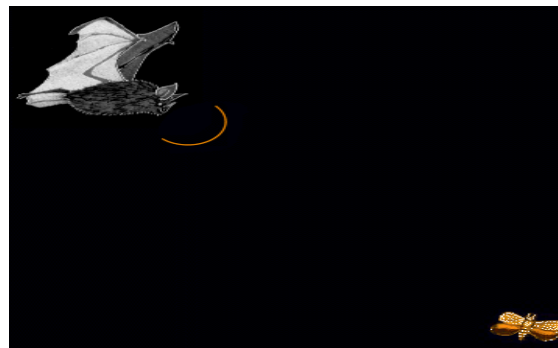
- 7:
- 8:    $\vec{v}_i^{t+1} = \vec{v}_i^t + (\vec{x}_*^t - \vec{x}_i^t)\beta, \beta \in [0, 1]$
- 9:    $\vec{x}_{temp} = \vec{x}_i^t + \vec{v}_i^{t+1}$
- 10:   **if**  $rand < r_i, rand \in [0, 1]$
- 11:      $\vec{x}_{temp} = \vec{x}_* + \epsilon A_m, \epsilon \in [-1, 1]$
- 12:   **end if**

### Etapa de Busca Local



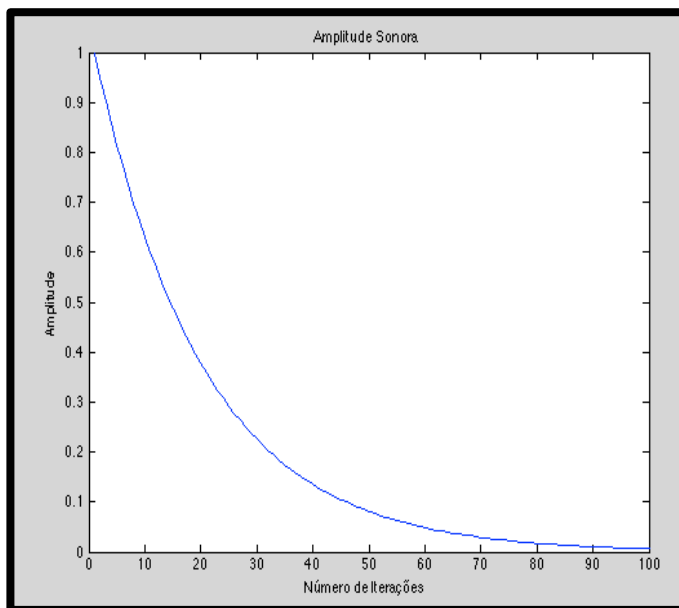
Taxa de Emissão de pulso

$$r_i^{t+1} = 1 - \exp(-\lambda t)$$



$t \rightarrow n^\circ \text{ de iterações}$

# Algoritmo 1 Bat algorithm (BA)



## Amplitude Sonora

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t$$



13: Realiza perturbação em uma dimensão de  $\vec{x}_{temp}$   
14: **if**  $rand < A_i$  **or**  $f(\vec{x}_{temp}) \leq f(\vec{x}_i)$ ,  $rand \in [0, 1]$

*obs :  $A_i^0 = 1$   $t = \text{contador iterações}$*

15:  $\vec{x}_i = \vec{x}_{temp}$   
16:  $r_i^{t+1} = 1 - \exp(-\lambda t)$   
17:  $A_i^{t+1} = \alpha A_i^t$   
18: **end if**

## Etapa de Busca Global

A busca global é baseada em três informações:



- 1) Alteração da solução corrente
- 2) Amplitude Sonora
- 3) Avaliação das soluções correntes



Com a população corrente avaliada através do valor numérico da função objetivo

Pode-se atualizar a melhor solução corrente ( melhor morcego).





## Algoritmo 1 Bat algorithm (BA)



- 1: Parâmetros:  $n, \alpha, \lambda$
- 2: Inicializa morcegos  $\vec{x}_i$
- 3: Avalia  $f(\vec{x}_i)$  para todos os morcegos
- 4: Atualiza melhor morcego  $\vec{x}_*$
- 5: **while** critério de parada não atingido **do**
- 6:   **for**  $i = 1$  **to**  $n$  **do**

- 7:
- 8:    $\vec{v}_i^{t+1} = \vec{v}_i^t + (\vec{x}_*^t - \vec{x}_i^t)\beta, \beta \in [0, 1]$
- 9:    $\vec{x}_{temp} = \vec{x}_i^t + \vec{v}_i^{t+1}$

- 10:   **if**  $rand < r_i, rand \in [0, 1]$
- 11:      $\vec{x}_{temp} = \vec{x}_* + \epsilon A_m, \epsilon \in [-1, 1]$
- 12:   **end if**

**Etapas de Busca Local**

- 13:   Realiza perturbação em uma dimensão de  $\vec{x}_{temp}$
- 14:   **if**  $rand < A_i$  **or**  $f(\vec{x}_{temp}) \leq f(\vec{x}_i), rand \in [0, 1]$

- 15:      $\vec{x}_i = \vec{x}_{temp}$
- 16:      $r_i^{t+1} = 1 - \exp(-\lambda t)$
- 17:      $A_i^{t+1} = \alpha A_i^t$
- 18:   **end if**

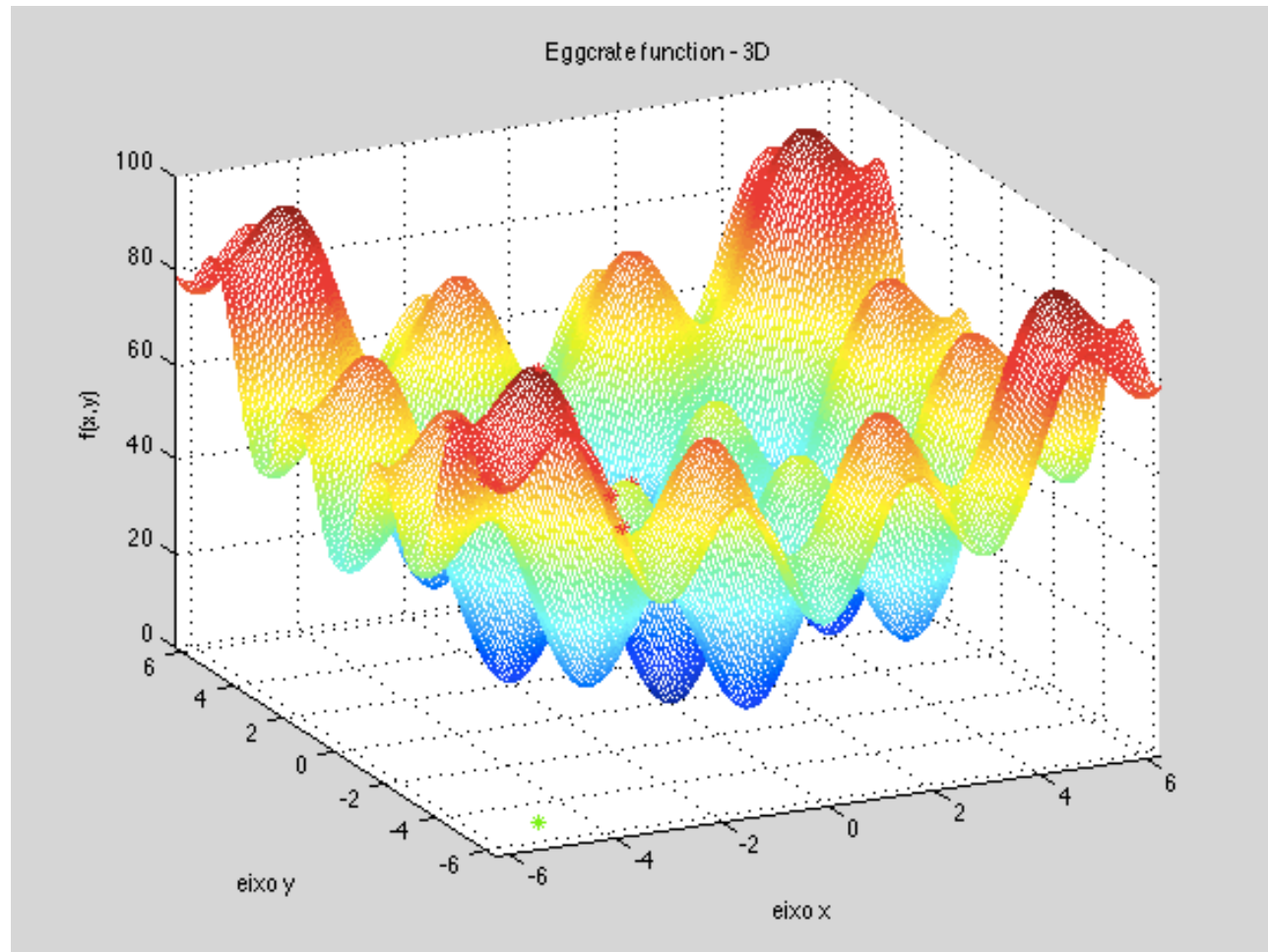
**Etapas de Busca Global**

- 19:   Atualiza melhor morcego  $\vec{x}_*$
- 20:   **end for**
- 21: **end while**
- 22:

# APLICAÇÃO



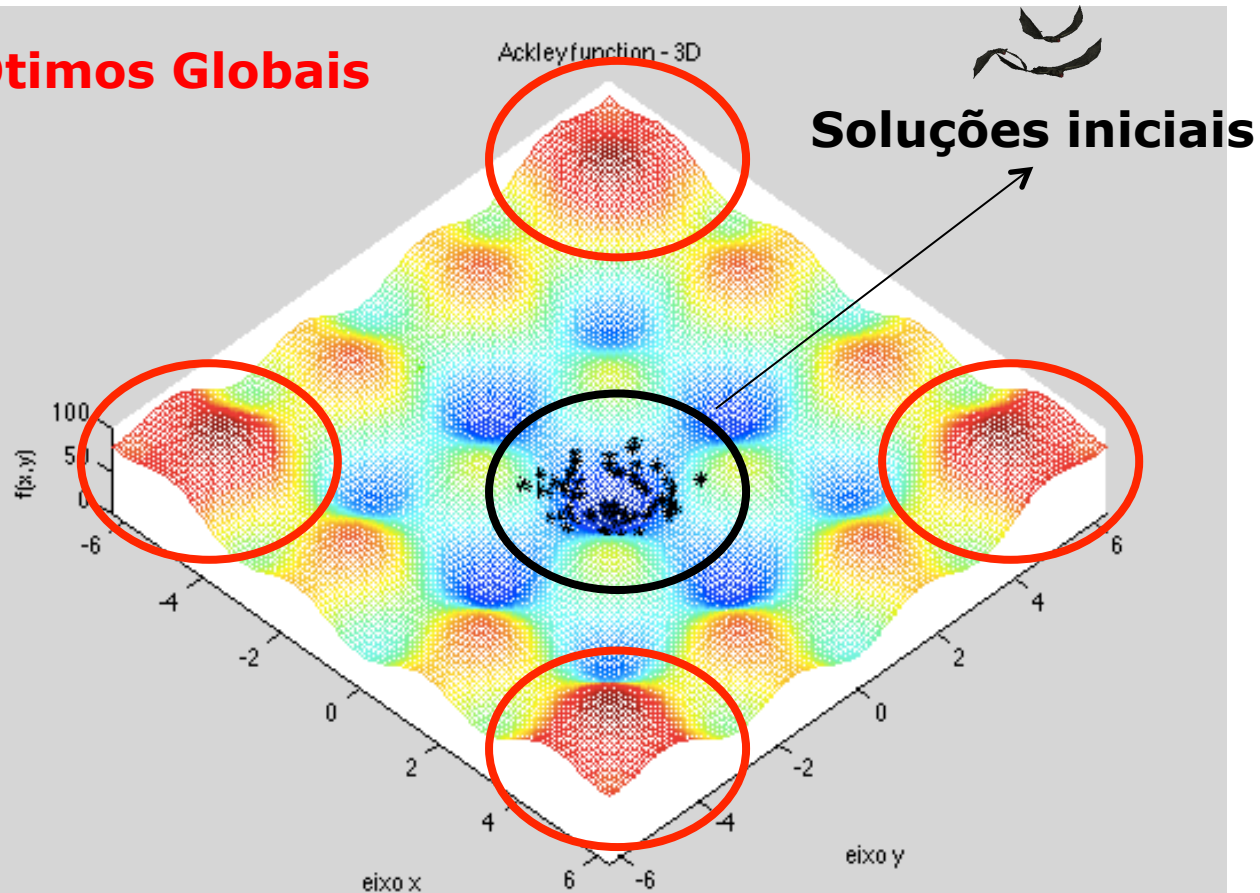
## 1) Função multimodal – Função Eggcrate



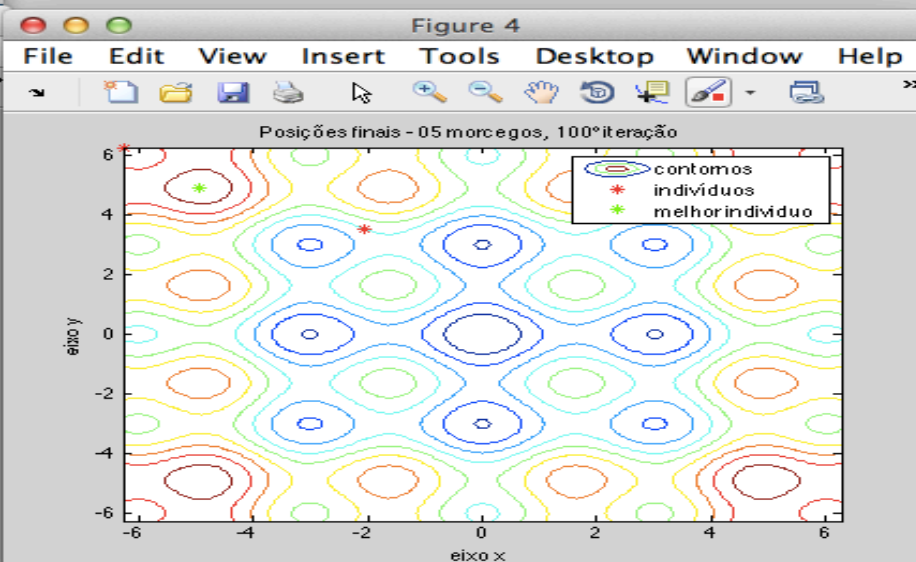
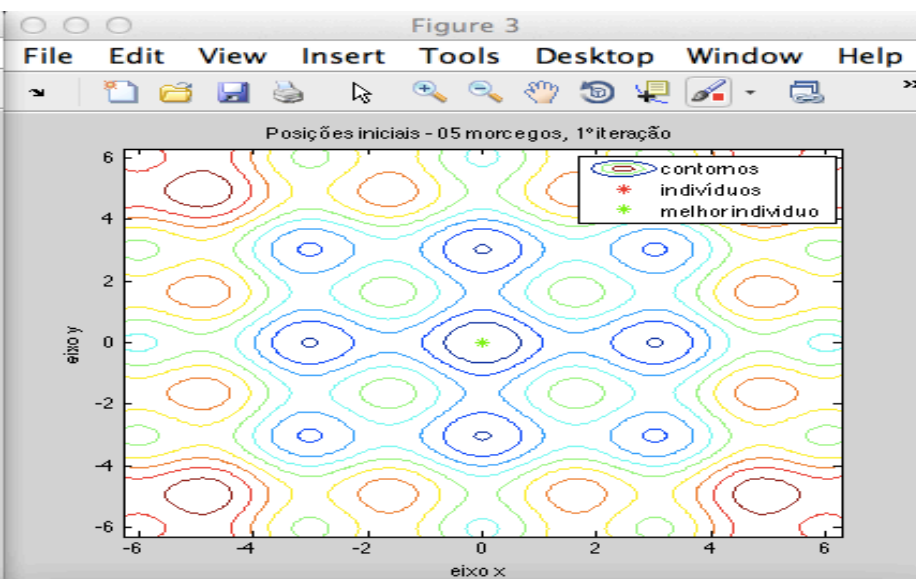
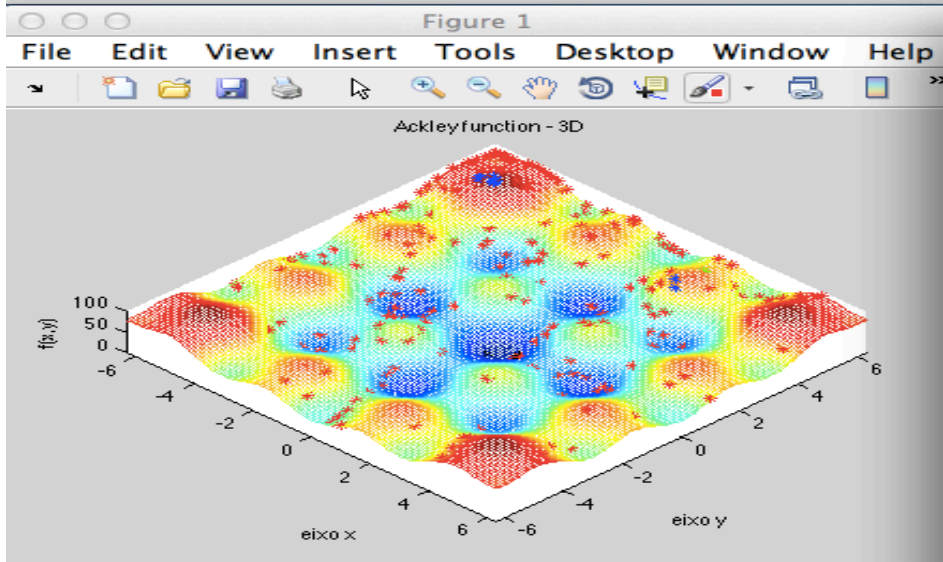
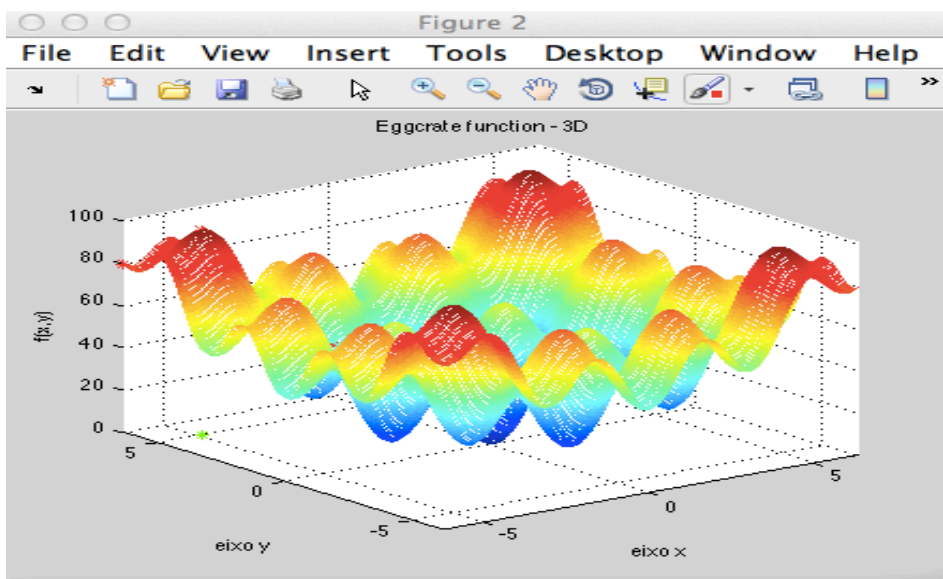
# APLICAÇÃO

## Maximização da Função Eggcrate

**Ótimos Globais**

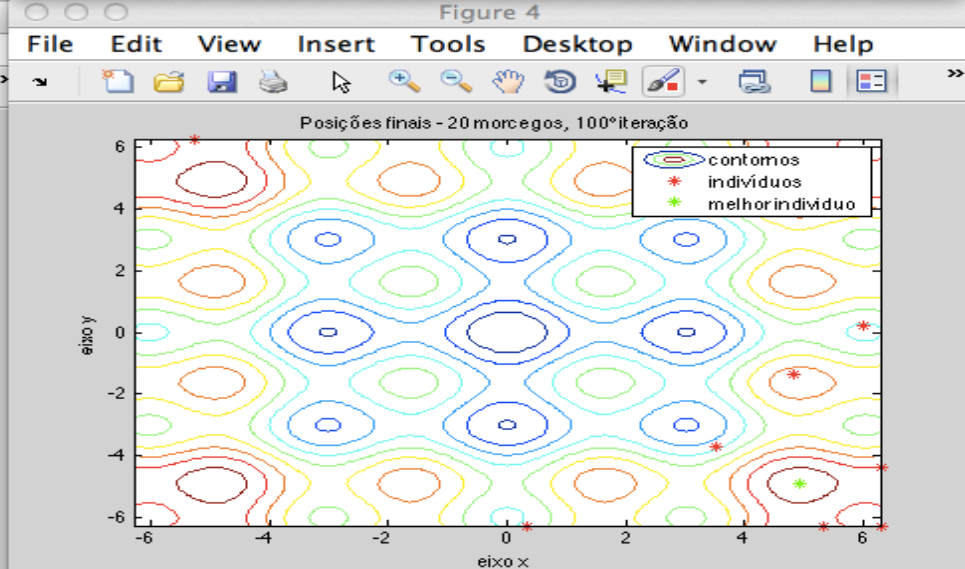
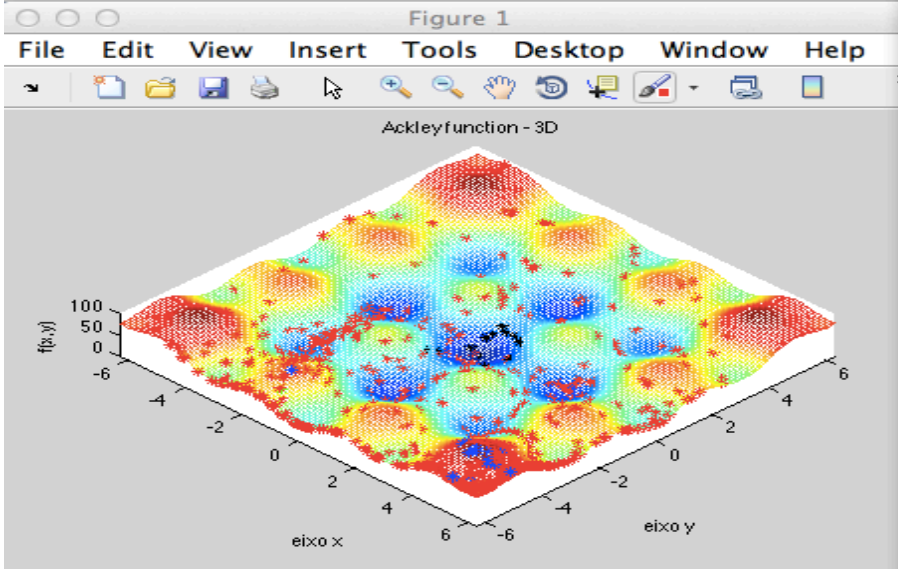
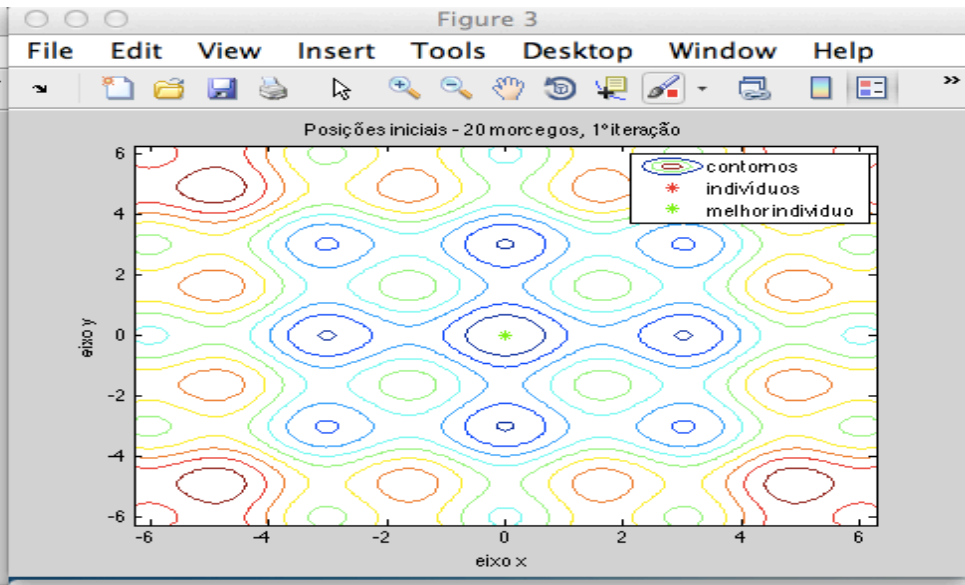
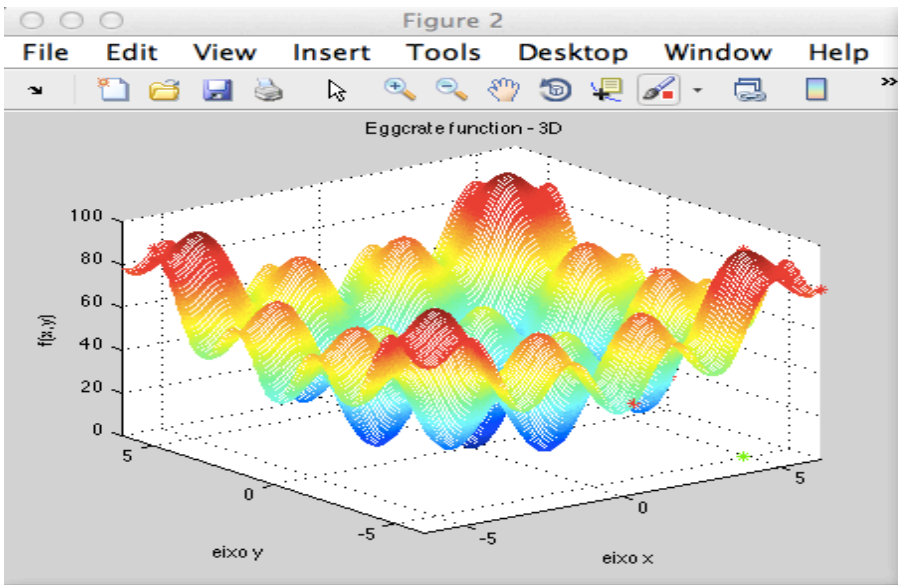


# APLICAÇÃO 1 – Max.Eggcrate – 05

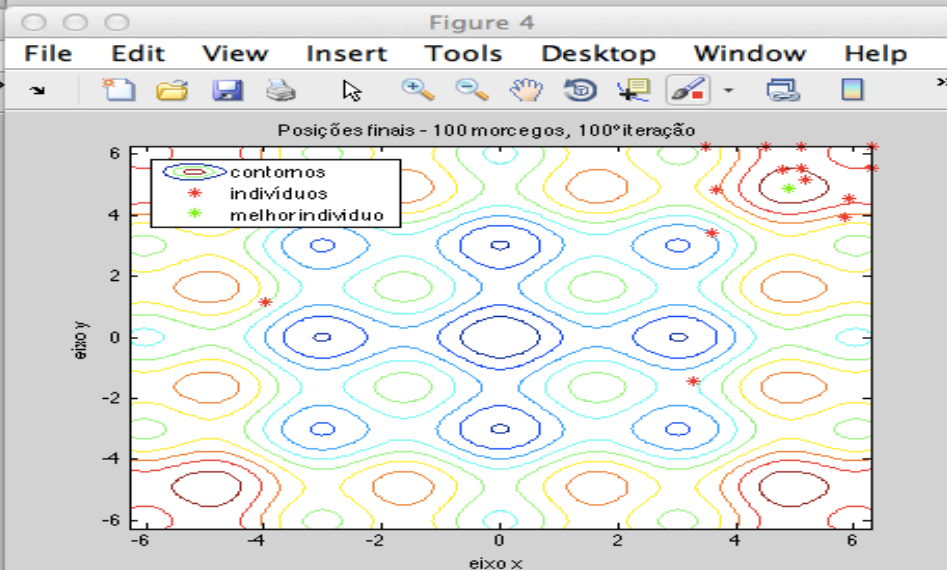
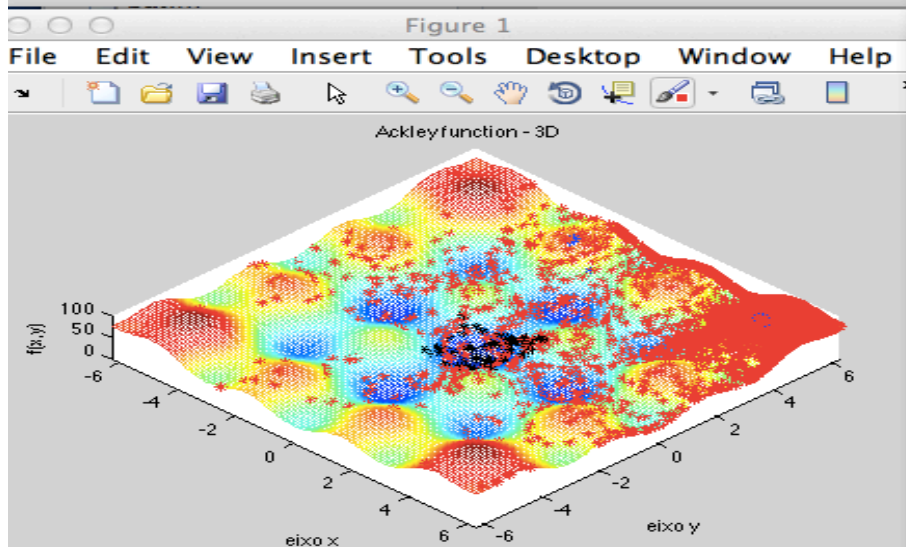
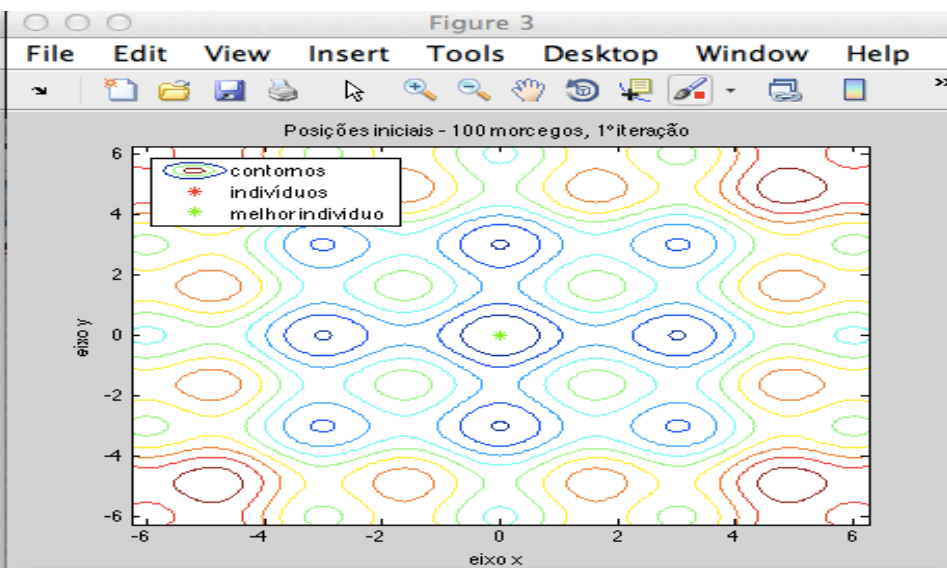
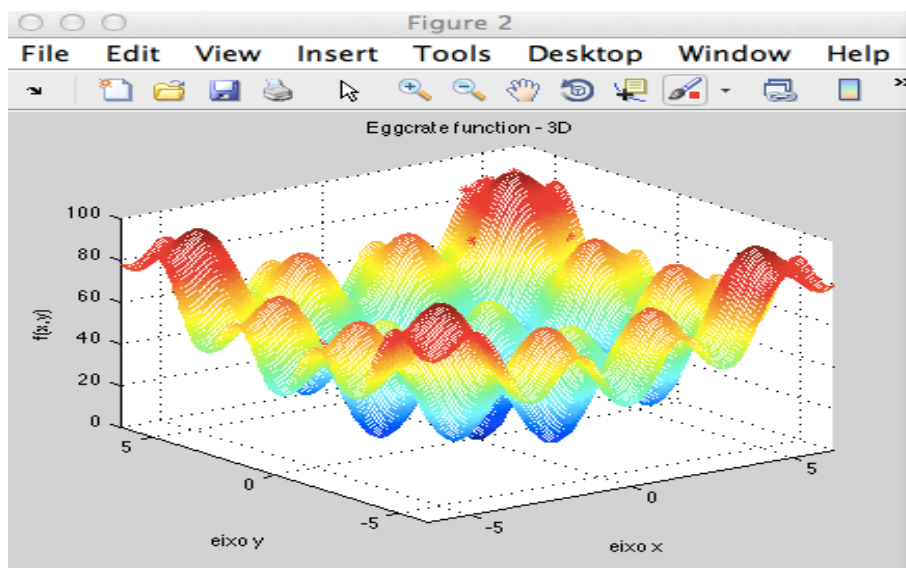




# APLICAÇÃO 2 – Max.Eggcrate – 20



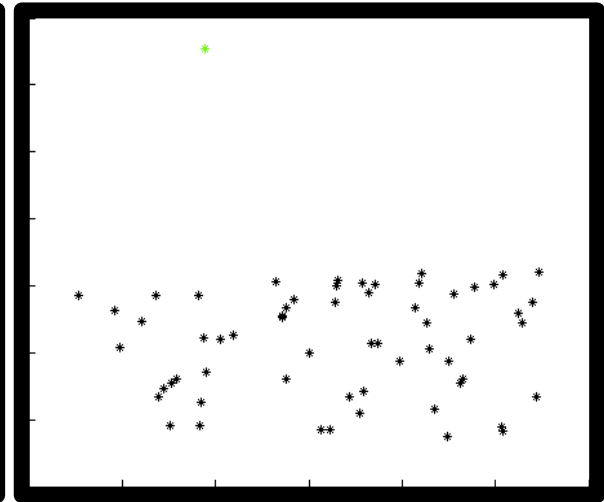
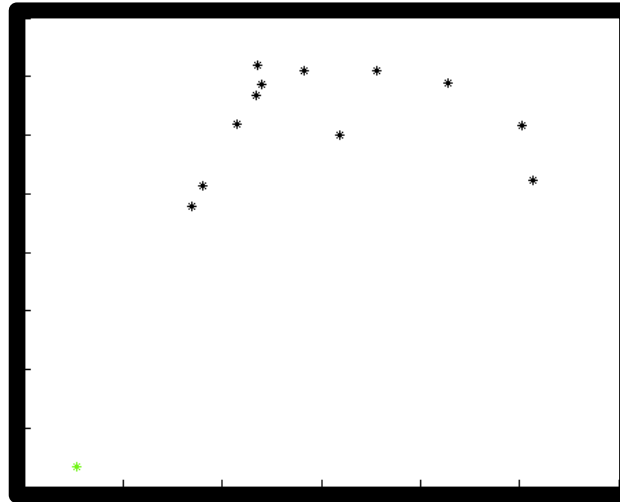
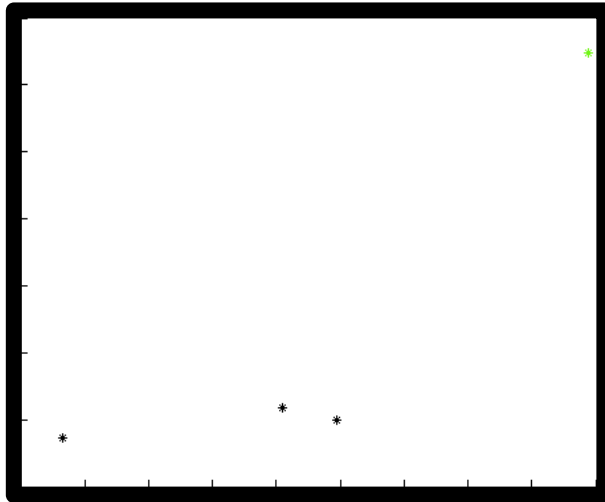
# APLICAÇÃO 3 – Max.Eggcrate – 100



# APLICAÇÃO – Max.Eggcrate



## Maximização da Função Eggcrate Visualização do Processo de Busca



05



20



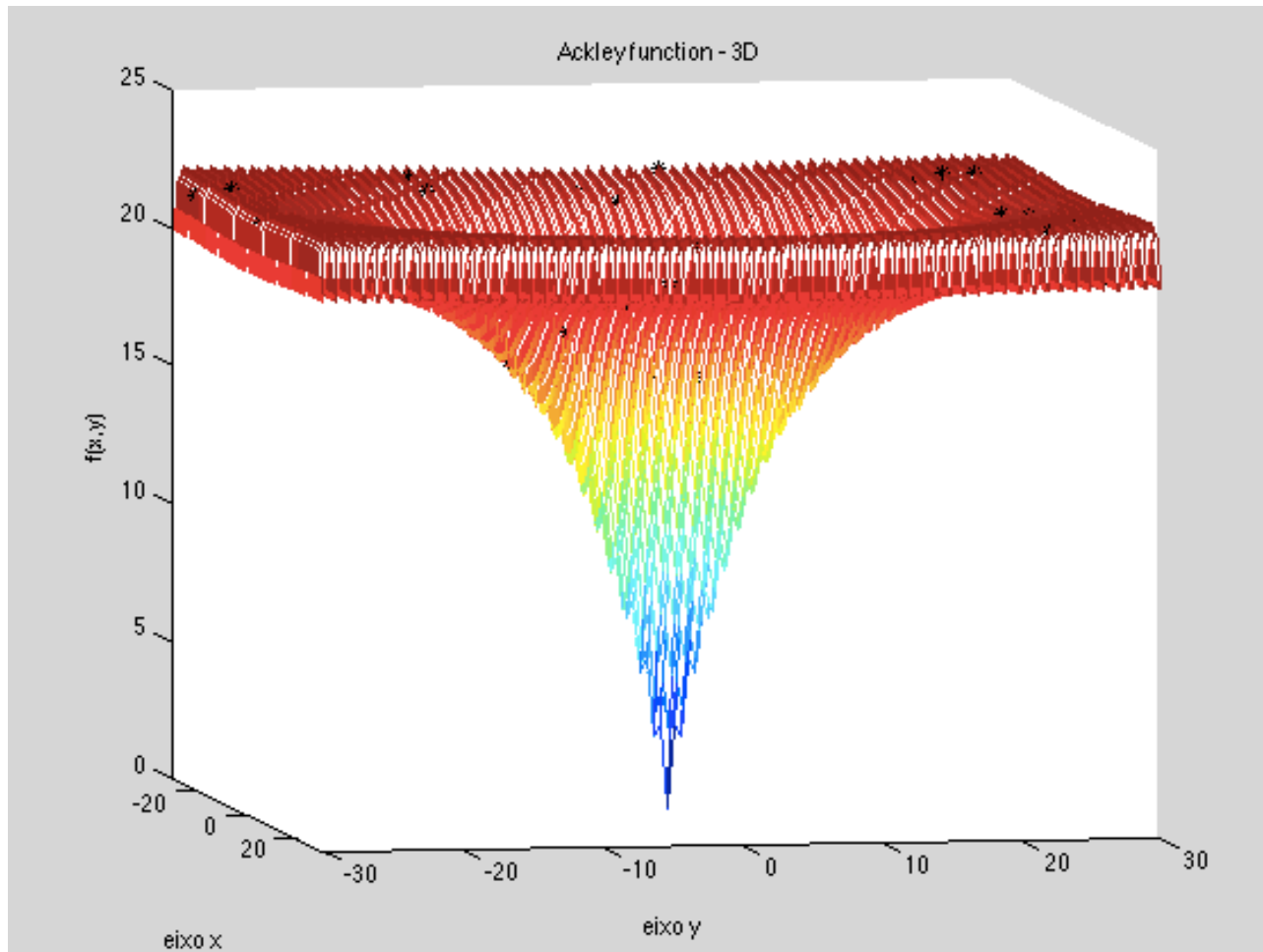
100



# APLICAÇÃO



## 2) Função multimodal – Minimização da Função Ackley

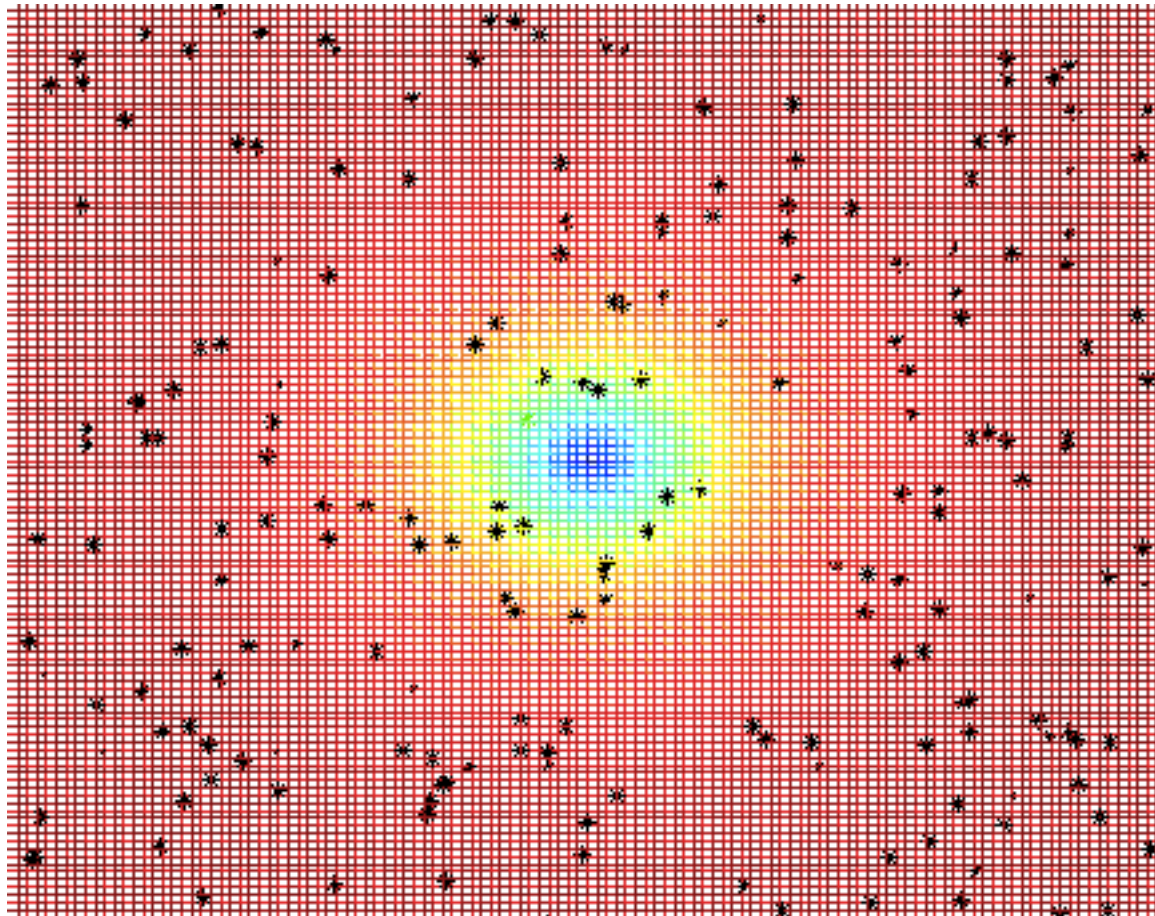




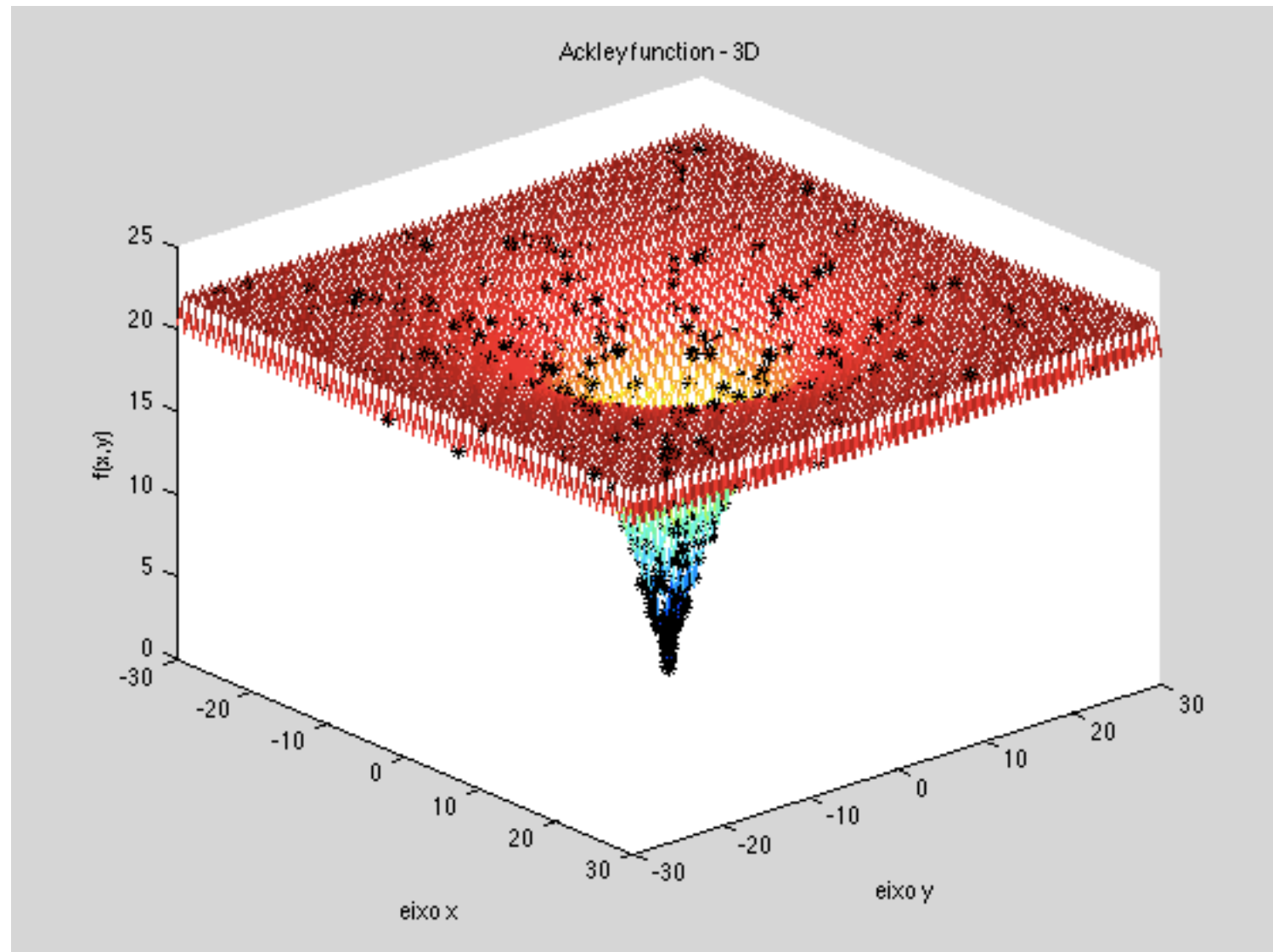
# APLICAÇÃO – Min Ackley – 200



## Minimização da Função Ackley



# APLICAÇÃO – Min Ackley – 200



## Non-convex Thermal Economic Dispatch using Bat Inspired Optimization

### ABSTRACT

The Economic Dispatch is an important step in power systems planning and operation. It aims at optimize the cost of load supply considering the set of generators available in the whole or part of the system. This paper presents the Bat Algorithm (BA) method applied to this issue. In this paper the thermal units economic dispatch problem is modeled considering valve point effects and multiple fuels. Though this represents a complex non-linear and non-smooth cost function. Some study cases composed of sets of thermal generators is presented to validate the proposed methodology.

Table 5: Comparison of fuel cost for 10 Generator Units [8] - Load 2700MW

Method	Total Power (MW)	Cost (\$/h)
HNUM [8]	2702.2	625.18
HNN [13]	2699.7	626.12
MPSO [14]	2700	623.809
DE [10]	2700	623.809
EALHN [18]	2700	623.809
<b>BA</b>	<b>2700</b>	<b>607.3197</b>

# PONTOS POSITIVOS DO BAT ALGORITHM



Simples, Flexível e de Fácil Implementação



Resolução de Problemas Não lineares de Forma Eficiente



Localização Rápida de Ótimos Locais e Globais



As taxas de emissão de pulso e amplitude constituem um mecanismo de controle automático na busca pela região.



Eficiente para problemas de grande porte

# PONTOS NEGATIVOS DO BAT ALGORITHM



Convergência muito rápida já na fase inicial da busca



A solução pode ficar comprometida se o número de avaliações da função objetivo for baixo.



Escolha das taxas relacionadas a emissão de pulso e amplitude



# PONTOS NEGATIVOS DO BAT ALGORITHM



## **Análise de Sensibilidade dos Parâmetros do *Bat Algorithm* e Comparação de Desempenho**

**Jelson A. Cordeiro<sup>1</sup>, Rafael Stubs Parpinelli<sup>1</sup> e Heitor Silvério Lopes<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Bioinformática – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)  
Curitiba – PR – Brasil

jelsoncordeiro@gmail.com, parpinelli@joinville.udesc.br e hslopes@utfpr.edu.br

**Abstract.** *This article analyzes the performance of a recently proposed bioinspired algorithm, the Bat Algorithm (BA). Firstly, a sensitivity analysis of all control parameters of the algorithm is performed. Next, using the best performing set of parameters, comparisons are done with other three well known population-based algorithms, namely, Particle Swarm Optimization (PSO), Differential Evolution (DE) and Artificial Bee Colony (ABC). The performance of the BA algorithm was evaluated using four mathematical functions. Results show that BA is very promising.*

# BAT ALGORITHM NA LITERATURA



## Aplicações IEEE: BAT ALGORITHM OPTIMIZATION

**Load frequency control (LFC) of micro-hydro power plant with Capacitive Energy Storage (CES) using Bat Algorithm (BA)**

Irna Tri Yuniastuti; Izza Anshori; Imam Robandi

2016 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (ISemantic)

Year: 2016

Pages: 147 - 151, DOI: 10.1109/ISEMANTIC.2016.7873828

IEEE Conference Publications

► Abstract

([html](#))

 (952 Kb)



**Optimal placement and sizing of DG for power loss minimization and VSI improvement using bat algorithm**

Ram Prakash; B. C. Sujatha

2016 National Power Systems Conference (NPSC)

Year: 2016

Pages: 1 - 6, DOI: 10.1109/NPSC.2016.7858964

IEEE Conference Publications



# BAT ALGORITHM NA LITERATURA



## Aplicações IEEE: BAT ALGORITHM OPTIMIZATION

### Economic Load Dispatch using Novel Bat Algorithm

S. Gautham; J. Rajamohan

2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)

Year: 2016

Pages: 1 - 4, DOI: 10.1109/ICPEICES.2016.7853728

IEEE Conference Publications

► Abstract

([html](#))

 (659 Kb)



---

### Load frequency control using BAT algorithm

S. Gupta; G. Shankar; K. Kumari; S. Kumari

2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)

Year: 2016

Pages: 1 - 5, DOI: 10.1109/ICPEICES.2016.7853511

IEEE Conference Publications





# BAT ALGORITHM NA LITERATURA



## Aplicações IEEE: BAT ALGORITHM OPTIMIZATION

### Optimization of revenue generated by hydro power plant by **Bat Algorithm(BA)**

Shrey Gupta; Kapil Sharma

2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)

Year: 2016

Pages: 3576 - 3580

**IEEE Conference Publications**

► [Abstract](#)    [\(\(html\)\)](#)     (578 Kb)    



### Application of **bat optimization algorithm** in optimal power flow

H. Delkhosh Abatari; M. Seydali Seyf Abad; H. Seifi

2016 24th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE)

Year: 2016

Pages: 793 - 798, DOI: 10.1109/IranianCEE.2016.7585628

**IEEE Conference Publications**

► [Abstract](#)    [\(\(html\)\)](#)     (421 Kb)    



# TRABALHO COMPUTACIONAL



Determinar, via BA, os coeficiente da equação:

$$y = A + Bx_1 + Cx_2$$

que melhor se ajustam à tabela abaixo

$x_{1_i}$	-1	0	1	2	4	5	5	6
$x_{2_i}$	-2	-1	0	1	1	2	3	4
$y_i$	13	11	9	4	11	9	1	-1

$$3 \leq A, B, C \leq 10$$



# TRABALHO COMPUTACIONAL

---



## Observações:

- Trabalho deve ser elaborado em dupla
- Trabalho entregue na forma de relatório junto com o programa desenvolvido.
- Trabalho deve ser genérico. Ou seja, deve funcionar para qualquer alteração prévia dos valores da tabela
- Entrega até o dia 01/05/2017 (segunda-feira).