



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



OTIMIZAÇÃO BIOINSPIRADA COM APLICAÇÕES NO SETOR ELÉTRICO

Prof. Ivo Chaves da Silva Junior

Rio de Janeiro, 11 de Janeiro de 2018.

MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO BIOINSPIRADOS



INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL

É a ciência que procura desenvolver sistemas que tenham comportamento similares a certos **aspectos do comportamento inteligente**.

Introdução



ASPECTOS DO COMPORTAMENTO INTELIGENTE ?



NATUREZA – OBSERVAÇÃO COMPORTAMENTAL

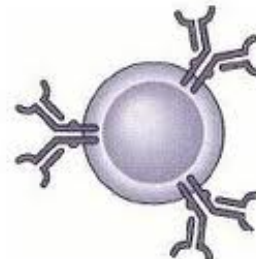
MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO BIOINSPIRADOS



Colônia de Formigas



Ecolocalização



Sistemas Imunológicos



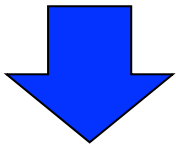
Genética

Introdução



Métodos Clássicos/Exatos

- Programação Quadrática
- Pontos Interiores
- Gradiente Reduzido



Fazem uso de derivadas
(determinísticos)

Única solução

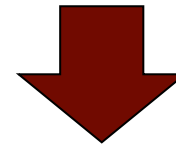
Forte dependência da solução inicial

Pouco esforço computacional

Otimização Local

Métodos Bioinspirados

- Algoritmo Genético
- Enxame de Partículas
- Colônia de Formigas



Não fazem uso de derivadas
(probabilísticos)

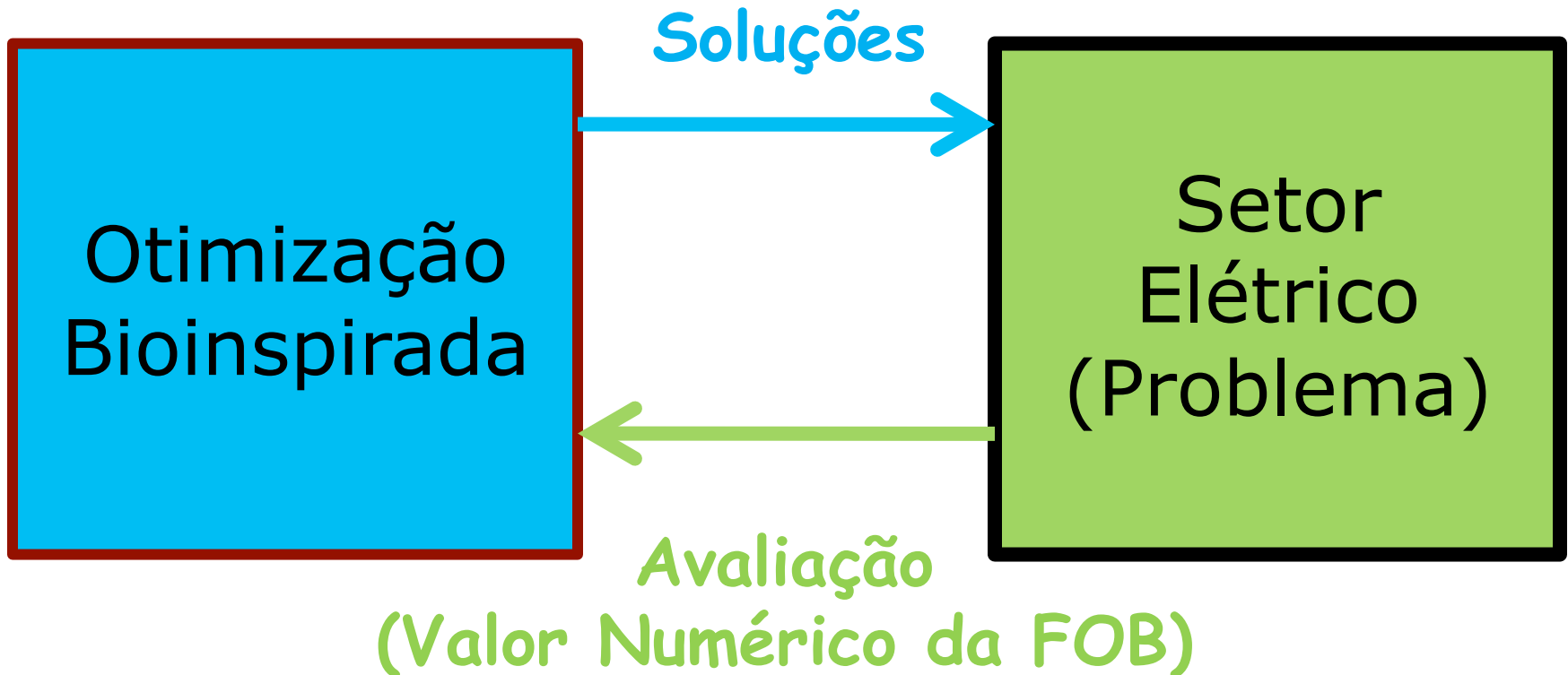
Conjunto de soluções

Pouca dependência da solução inicial

Maior esforço computacional

Otimização Global

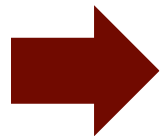
MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO BIOINSPIRADOS FLUXO DE INFORMAÇÕES



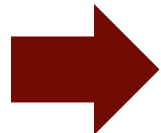
MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO BIOINSPIRADOS



APLICABILIDADE?



Problemas Combinatórios de Grande Porte



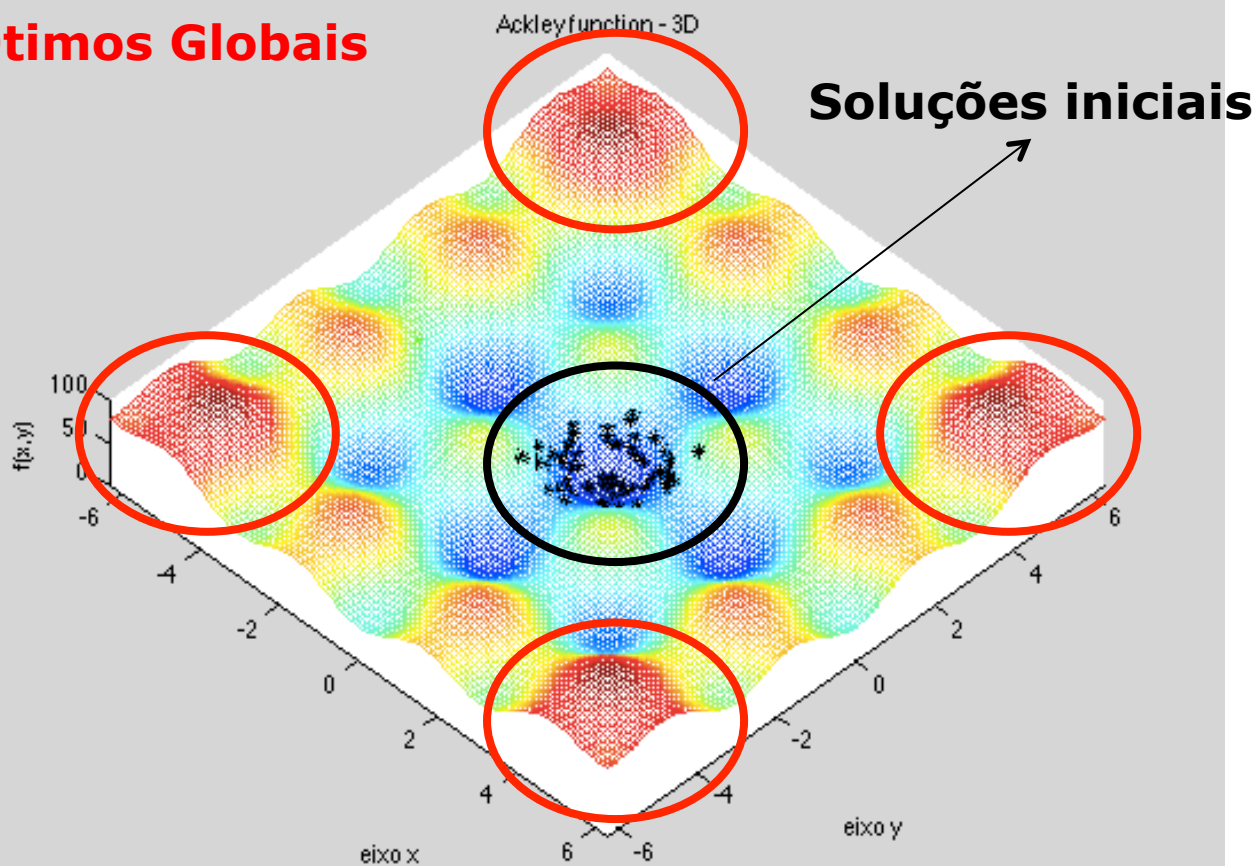
Problemas Multimodais

Introdução



Exemplo 1 :Maximização da Função Eggcrate

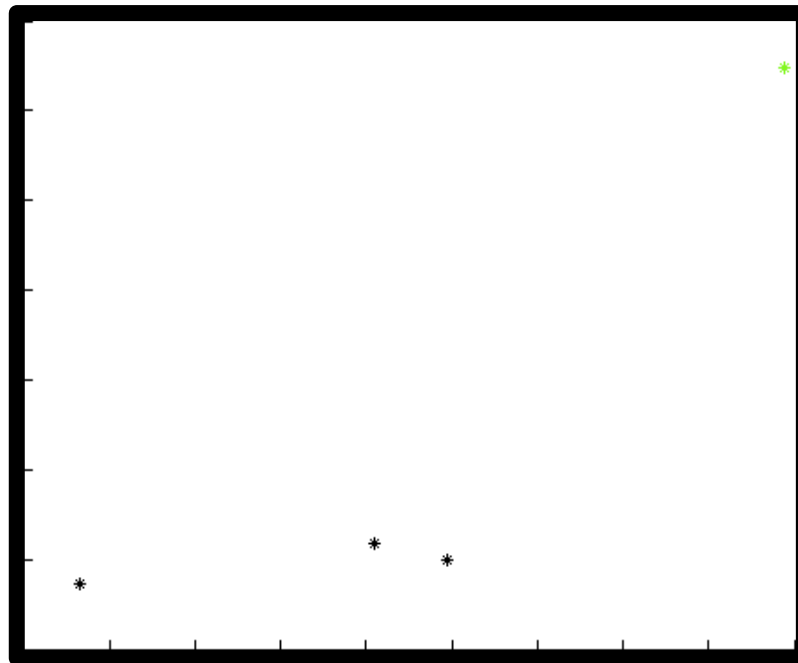
Ótimos Globais



Introdução



Exemplo 1 :Maximização da Função Eggcrate Visualização do Processo de Busca



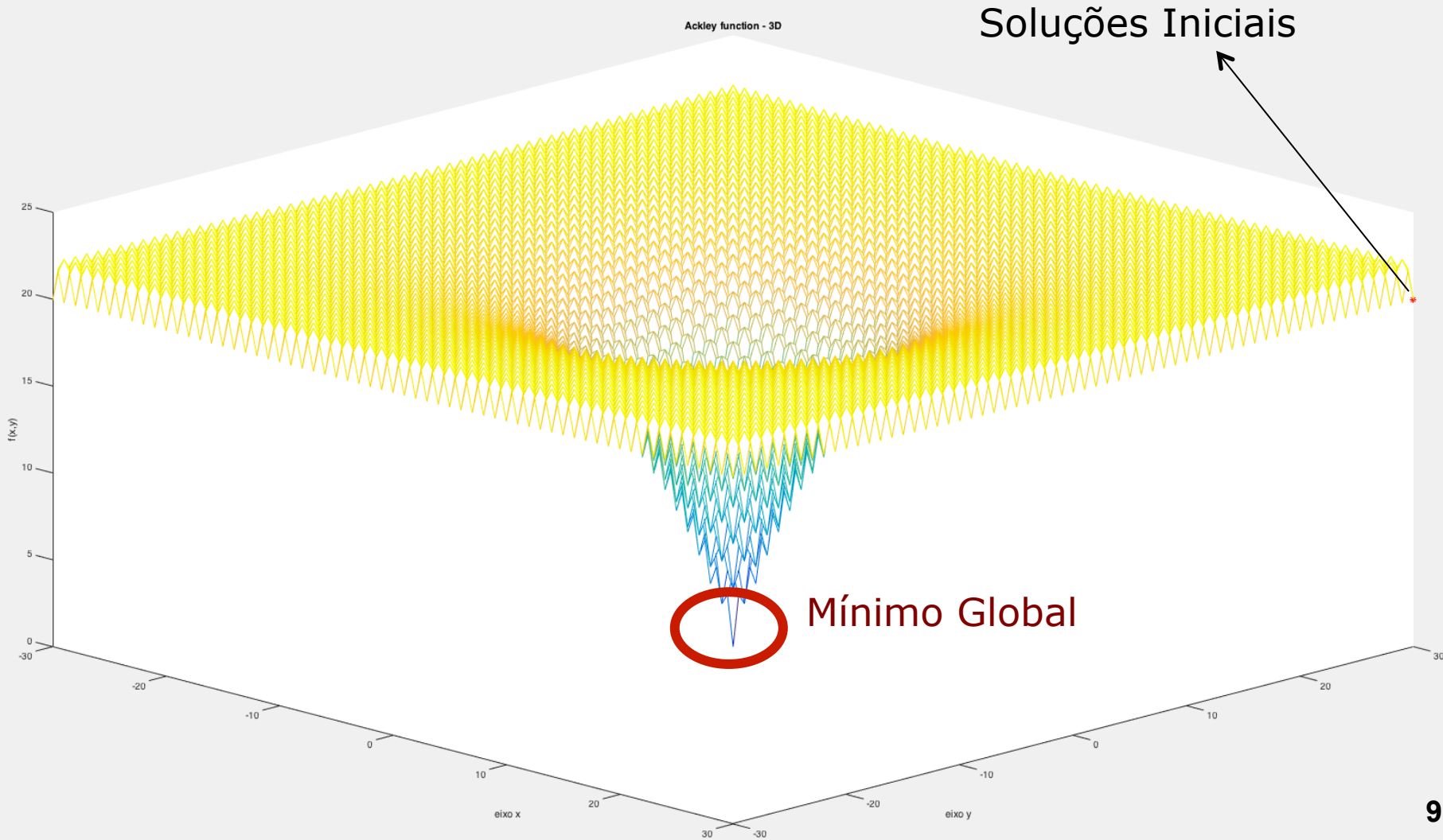
Tamanho da população

05 partículas

Introdução



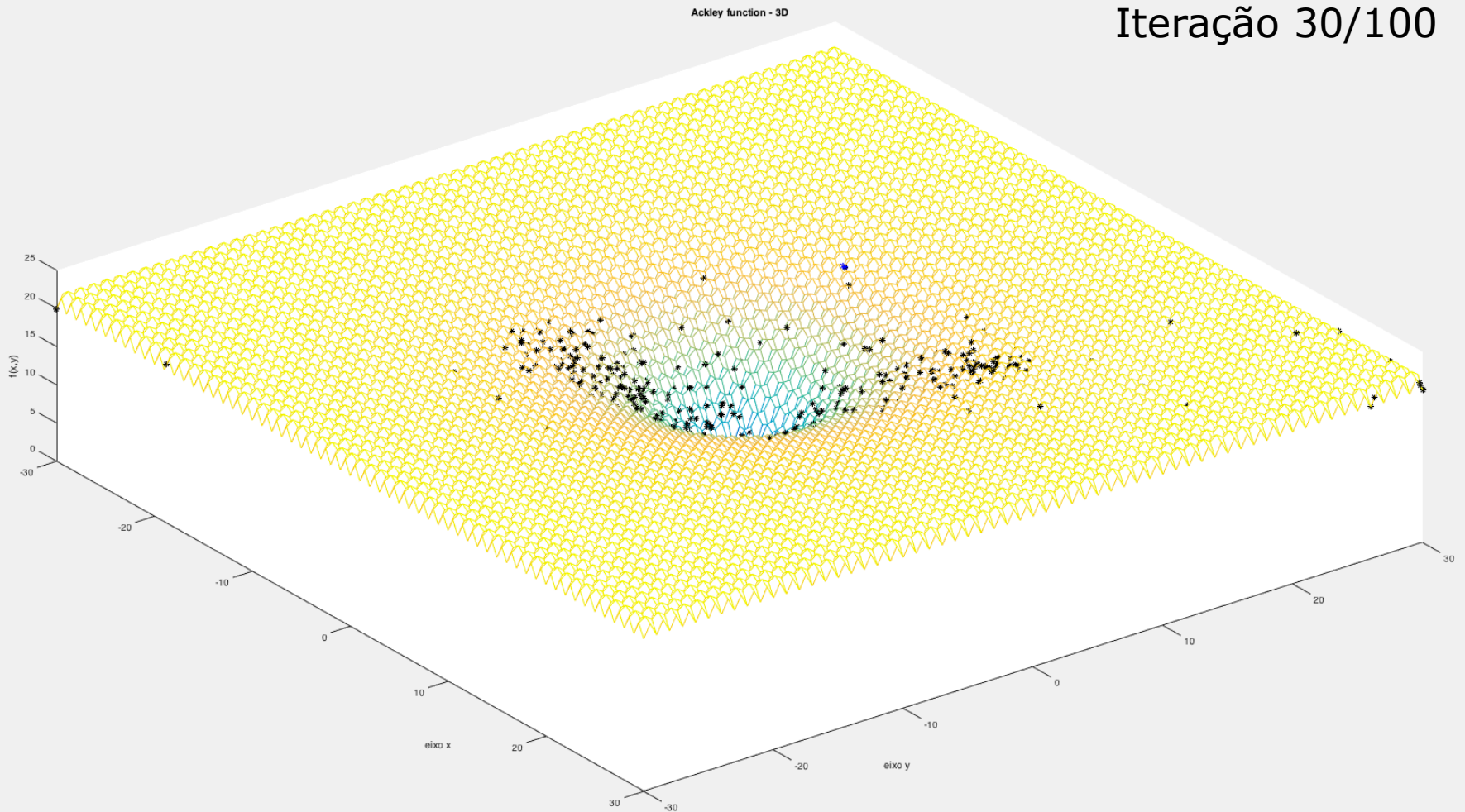
Exemplo 2: Minimização da Função Multimodal Ackley



Introdução



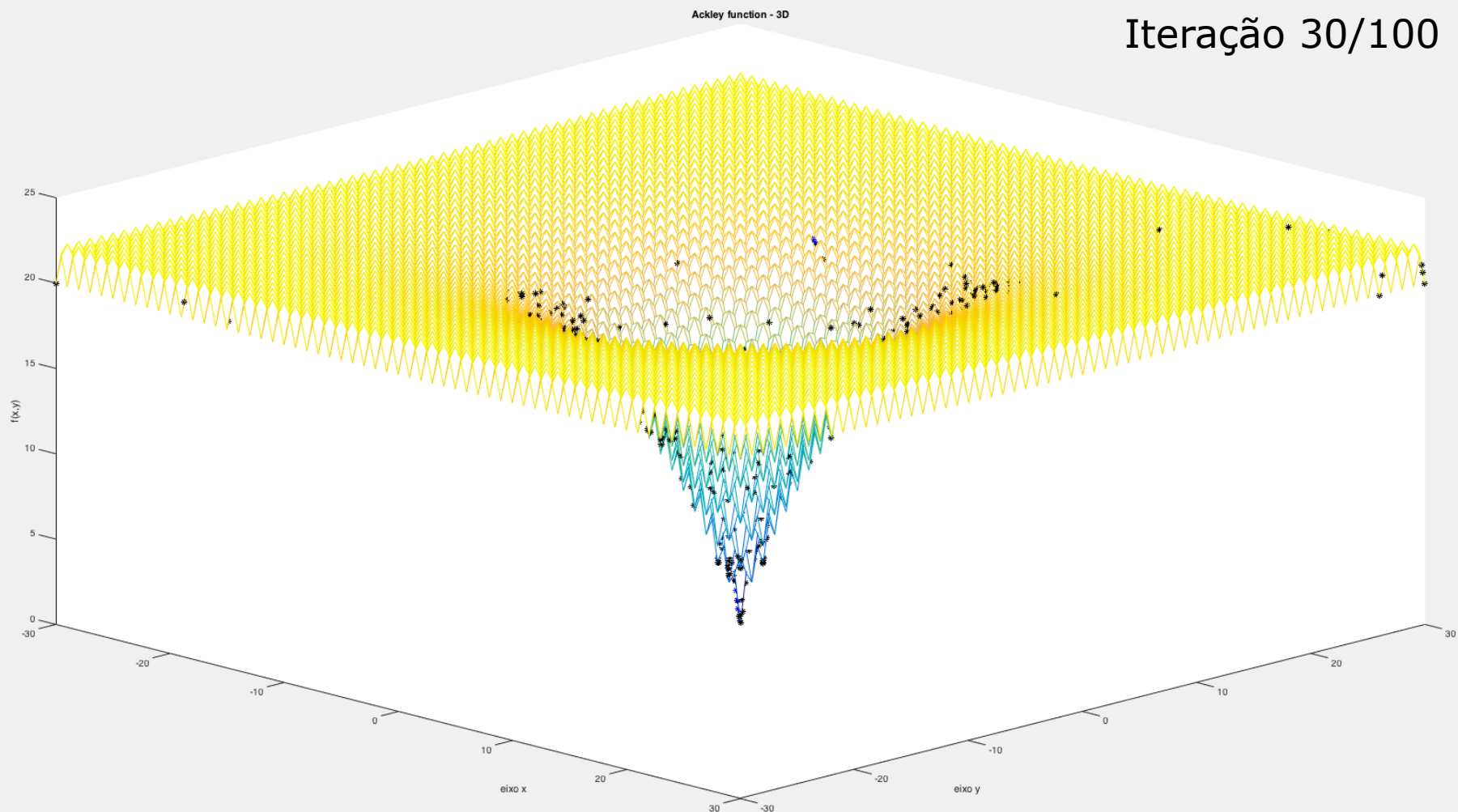
EXEMPLO 2: Minimização da Função Multimodal Ackley



Introdução



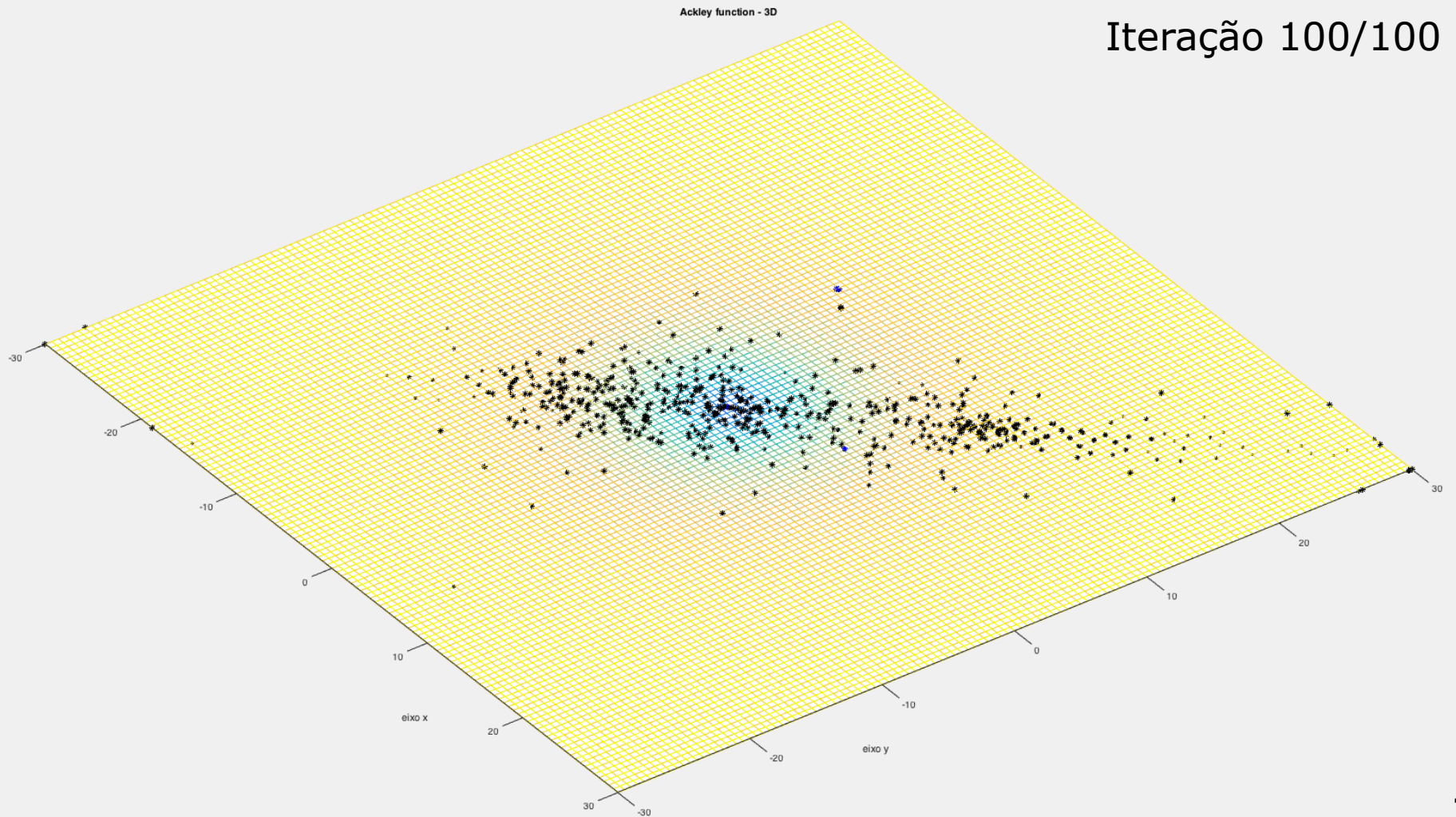
EXEMPLO 2: Minimização da Função Multimodal Ackley



Introdução



EXEMPLO 2: Minimização da Função Multimodal Ackley



Otimização Bioinspirada



Otimização via ecolocalização de morcegos

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

Técnica de otimização Multimodal – Técnica de otimização GLOBAL



Otimização Bioinspirada



Inspiração Biológica: **ECOLOCALIZAÇÃO**



Amplitude do pulso sonoro

Taxa de Emissão de pulso

Procurando a Presa

ALTA

BAIXA

Presas Localizadas

BAIXA

ALTA

Otimização Bioinspirada



Analogia Matemática (YANG):

Procurando
Solução ótima

Solução ótima
Localizada

| | Amplitude do pulso sonoro | Taxa de Emissão de pulso |
|--------------|---------------------------|--------------------------|
| Busca Global | ALTA | BAIXA |
| Busca Local | BAIXA | ALTA |

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

BAT ALGORITHM

Otimização Bioinspirada



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).

Otimização Bioinspirada



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.

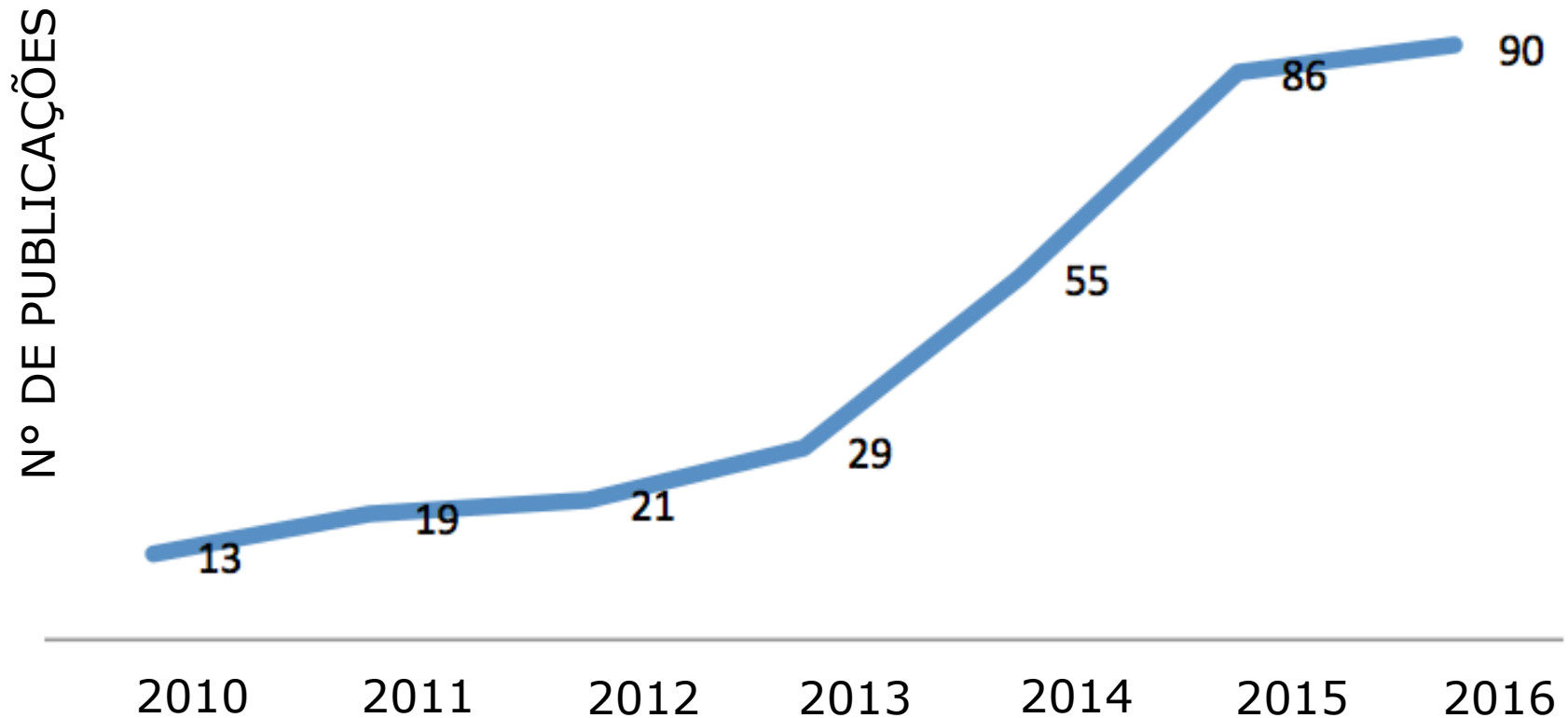
Reference to this paper should be made as follows: Yang, X.-S., and He, X. (2013) 'Bat Algorithm: Literature review and applications', *Int. J. Bio-Inspired Computation*, Vol. 5, No. 3, pp.141-149.

Otimização Bioinspirada



IEEE Xplore®
Digital Library

- BAT ALGORITHM





BAT ALGORITHM

Início

1

Definir a função objetivo e as variáveis do problema e inicializar os parâmetros do algoritmo

2



Maximização / Minimização $f(x)=FOB$

n → Número de morcegos que farão a busca pela melhor solução;

α → Taxa de decréscimo da amplitude da onda sonora;

$$0 < \alpha < 1$$

λ → Taxa de aumento da emissão do pulso da onda sonora.

$$0.001 < \lambda < 0.9$$

| <i>Algoritmo de Otimização – Bat Algorithm</i> | Passo |
|---|--------------|
| Início | 1 |
| Definir a função objetivo e as variáveis do problema e inicializar os parâmetros do algoritmo | 2 |
| Inicializar contador de iterações $t \leftarrow 1$ | 3 |

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

As soluções iniciais x_i^t podem ser gerada de duas formas:

Aleatória
Guiada

Heurística

As velocidades v_i^t são inicialmente consideradas nulas

Algoritmo de Otimização – Bat Algorithm

Passo

Início

1

Definir a função objetivo e as variáveis do problema e inicializar os parâmetros do algoritmo

2

Inicializar contador de iterações $t \leftarrow 1$

3

Inicializar as posições x_i^t e velocidades v_i^t de todos os indivíduos (morcegos) dentro dos limites permitidos

4

Calcular o valor da função objetivo $f(x_i^t)$ associada a cada indivíduo x_i^t

5



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.



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

| <i>Algoritmo de Otimização – Bat Algorithm</i> | <i>Passo</i> |
|---|---------------------|
| <i>Início</i> | 1 |
| Definir a função objetivo e as variáveis do problema e inicializar os parâmetros do algoritmo | 2 |
| Inicializar contador de iterações $t \leftarrow 1$ | 3 |
| Inicializar as posições x_i^t e velocidades v_i^t de todos os indivíduos (morcegos) dentro dos limites permitidos | 4 |
| Calcular o valor da função objetivo $f(x_i^t)$ associada a cada indivíduo x_i^t | 5 |
| Encontrar a melhor posição global x^* | 6 |
| <i>Repita</i> | 7 |

Inúmeros são os critérios de parada que podem ser considerados:

- Tempo de Simulação
- Estagnação da melhor solução durante o processo
- Número máximo de iterações
- Tolerância atingida
- Entre outras



Fim-Repita

Fim

| <u>Algoritmo de Otimização – Bat Algorithm</u> | <u>Passo</u> |
|--|--------------|
| Início | 1 |
| Definir a função objetivo e as variáveis do problema e inicializar os parâmetros do algoritmo | 2 |
| Inicializar contador de iterações $t \leftarrow 1$ | 3 |
| Inicializar as posições x_i^t e velocidades v_i^t de todos os indivíduos (morcegos) dentro dos limites permitidos | 4 |
| Calcular o valor da função objetivo $f(x_i^t)$ associada a cada indivíduo x_i^t | 5 |
| Encontrar a melhor posição global x^* | 6 |
| Repita | 7 |
| <i>Para Todos os Indivíduos Faça</i> | 8 |
| Gerar uma nova solução determinando-se a frequência e atualizando a velocidade e a posição de cada morcego: equações (1), (2), (3) e (A) | 9 |

Etapa de Busca Global

$$(1) f_{ri} = f_{rmin} + (f_{rmax} - f_{rmin}) \cdot \beta$$

$\beta \in [0,1]$ é um escalar randômico.

$$(2) v_i^t = v_i^{t-1} + (x^* - x_i^{t-1}) \cdot f_{ri}$$

$$(3) x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t \quad \longrightarrow \quad x_i^t = \begin{cases} x_i^t & \text{se } x_{min} \leq x_i^t \leq x_{max} \\ x_{min} & \text{se } x_i^t < x_{min} \\ x_{max} & \text{se } x_i^t > x_{max} \end{cases} \quad (A)$$

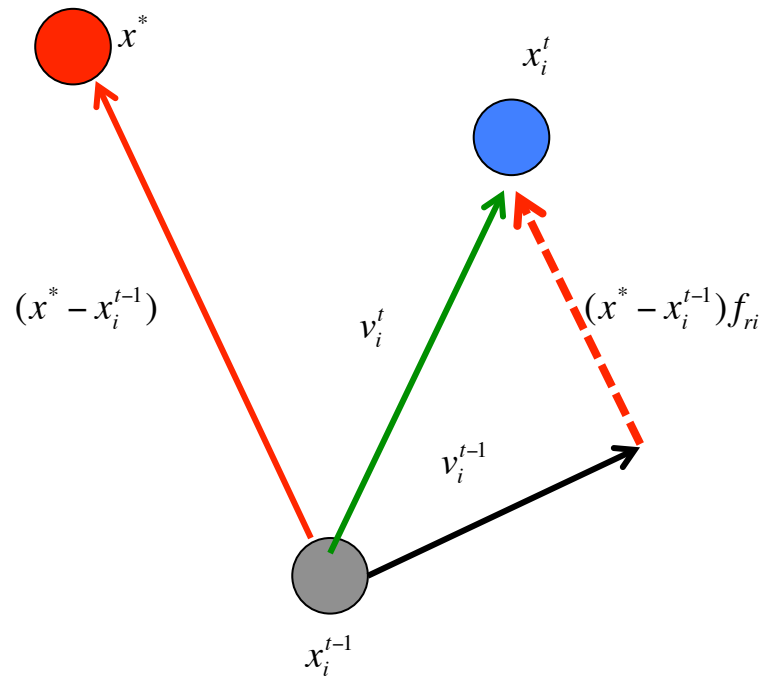
$$(1) \quad f_{ri} = f_{r \min} + (f_{r \max} - f_{r \min}) \cdot \beta$$

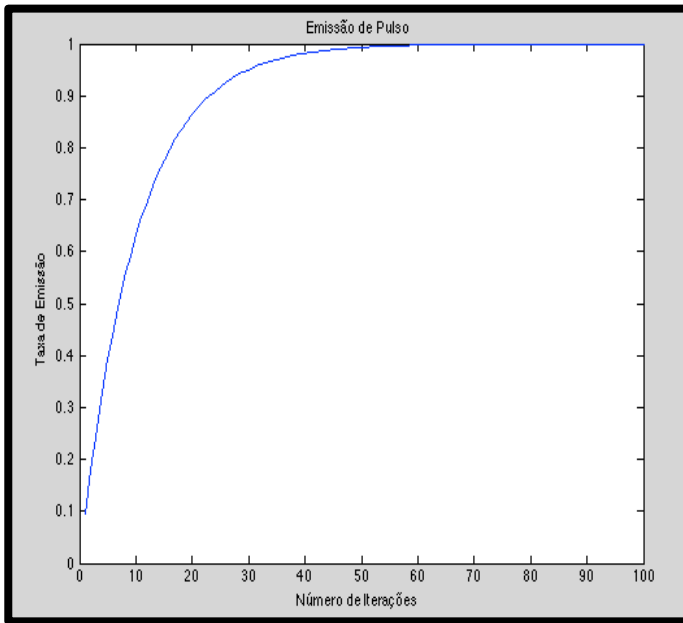
$\beta \in [0,1]$ é um escalar randômico.

$$(2) \quad \underbrace{v_i^t}_{\text{green}} = \underbrace{v_i^{t-1}}_{\text{black}} + \underbrace{(x^* - x_i^{t-1})}_{\text{red dashed}} \cdot f_{ri}$$

$$(3) \quad \underbrace{x_i^t}_{\text{blue}} = \underbrace{x_i^{t-1}}_{\text{grey}} + \underbrace{v_i^t}_{\text{green}}$$

Dinâmica da atualização das soluções através das equações (1), (2) e (3)





Taxa de Emissão de pulso

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



Se rand < r_i^t Faça

10

Gerar uma solução ao redor da melhor solução corrente (busca local) através da equação (4) e (A)

11

Fim-Se

12

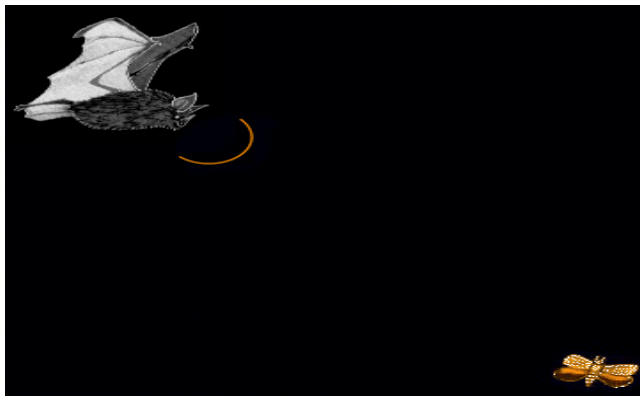
Etapa de Busca Local (Refinamento)

$$(4) \quad x_i^t = x^* \pm \varepsilon$$

$$x_i^t = \begin{cases} x_i^t & \text{se } x_{min} \leq x_i^t \leq x_{max} \\ x_{min} & \text{se } x_i^t < x_{min} \\ x_{max} & \text{se } x_i^t > x_{max} \end{cases} \quad (A)$$

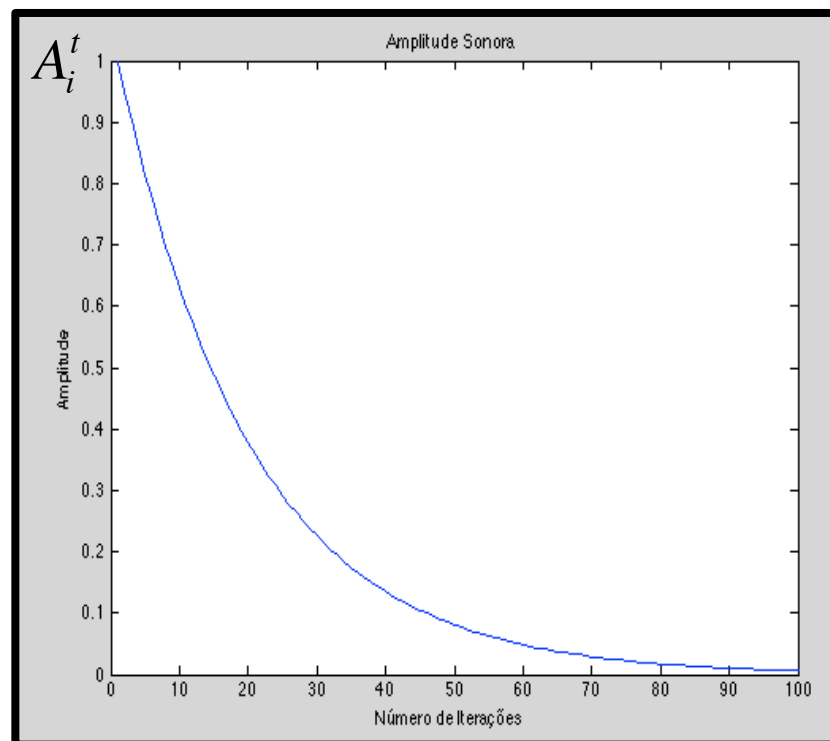
Amplitude Sonora

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t \quad (5)$$



Taxa de Emissão de pulso

$$r_i^t = 1 - \exp(-\lambda t) \quad (6)$$



calcular a função objetivo associada $f(x_i^t)$

13

Se $(rand < A_i^t)$ *ou* $f(x_i^t) < f(x_i^{t-1})$ *Faça*

14

Aceitar a nova solução

15

Aumentar r_i^t e reduzir A_i^t : equações (5) e (6)

16

Fim-Se

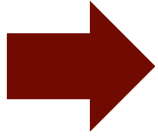
16

Ajuste dos parâmetros de busca

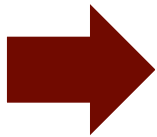
| <i>Algoritmo de Otimização – Bat Algorithm</i> | Passo |
|--|--------------|
| <i>Início</i> | 1 |
| Definir a função objetivo e as variáveis do problema e inicializar os parâmetros do algoritmo | 2 |
| Inicializar contador de iterações $t \leftarrow 1$ | 3 |
| Inicializar as posições x_i^t e velocidades v_i^t de todos os indivíduos (morcegos) dentro dos limites permitidos | 4 |
| Calcular o valor da função objetivo $f(x_i^t)$ associada a cada indivíduo x_i^t | 5 |
| Encontrar a melhor posição global x^* | 6 |
| <i>Repita</i> | 7 |
| <i>Para</i> Todos os Indivíduos <i>Faça</i> | 8 |
| Gerar uma nova solução determinando-se a frequência e atualizando a velocidade e a posição de cada morcego: equações (1), (2), (3) e (A) | 9 |
| <i>Se</i> $rand < r_i^t$ <i>Faça</i> | 10 |
| Gerar uma solução ao redor da melhor solução corrente (busca local) através da equação (4) e (A) | 11 |
| <i>Fim-Se</i> | 12 |
| calcular a função objetivo associada $f(x_i^t)$ | 13 |
| <i>Se</i> $(rand < A_i^t)$ ou $f(x_i^t) < f(x_i^{t-1})$ <i>Faça</i> | 14 |
| Aceitar a nova solução | 15 |
| Aumentar r_i^t e reduzir A_i^t : equações (5) e (6) | 15 |
| <i>Fim-Se</i> | 16 |
| <i>Fim</i> | 21 |

| Algoritmo de Otimização – Bat Algorithm | | Passo |
|--|--|--------------|
| Início | | 1 |
| Definir a função objetivo e as variáveis do problema e inicializar os parâmetros do algoritmo | | 2 |
| Inicializar contador de iterações $t \leftarrow 1$ | | 3 |
| Inicializar as posições x_i^t e velocidades v_i^t de todos os indivíduos (morcegos) dentro dos limites permitidos | | 4 |
| Calcular o valor da função objetivo $f(x_i^t)$ associada a cada indivíduo x_i^t | | 5 |
| Encontrar a melhor posição global x^* | | 6 |
| Repita | | 7 |
| Para Todos os Indivíduos Faça | | 8 |
| Gerar uma nova solução determinando-se a frequência e atualizando a velocidade e a posição de cada morcego: equações (1), (2), (3) e (A) | | 9 |
| Se $rand < r_i^t$ Faça | | 10 |
| Gerar uma solução ao redor da melhor solução corrente (busca local) através da equação (4) e (A) | | 11 |
| Fim-Se | | 12 |
| calcular a função objetivo associada $f(x_i^t)$ | | 13 |
| Se $(rand < A_i^t)$ ou $f(x_i^t) < f(x_i^{t-1})$ Faça | | 14 |
| Aceitar a nova solução | | 15 |
| Aumentar r_i^t e reduzir A_i^t : equações (5) e (6) | | 15 |
| Fim-Se | | 16 |
| Fim-Para | | 17 |
| Atualizar a melhor posição global x^* | | 18 |
| $t \leftarrow t + 1$ | | 19 |
| Fim-Repita | | 20 |
| Fim | | 21 |

Aplicações no Setor Elétrico



Modelo Chuva-Vazão (SMAP) (Soil Moisture Accounting Procedure)



Sazonalização da Energia Assegurada



Modelo Chuva-Vazão (SMAP) (Soil Moisture Accounting Procedure)



APLICAÇÃO 1 – MODELO CHUVA-VAZÃO



Ajuste ótimo dos parâmetros de entrada do modelo:

Ebin: vazão básica inicial.

Supin: vazão superficial inicial (reservatório de planícies).

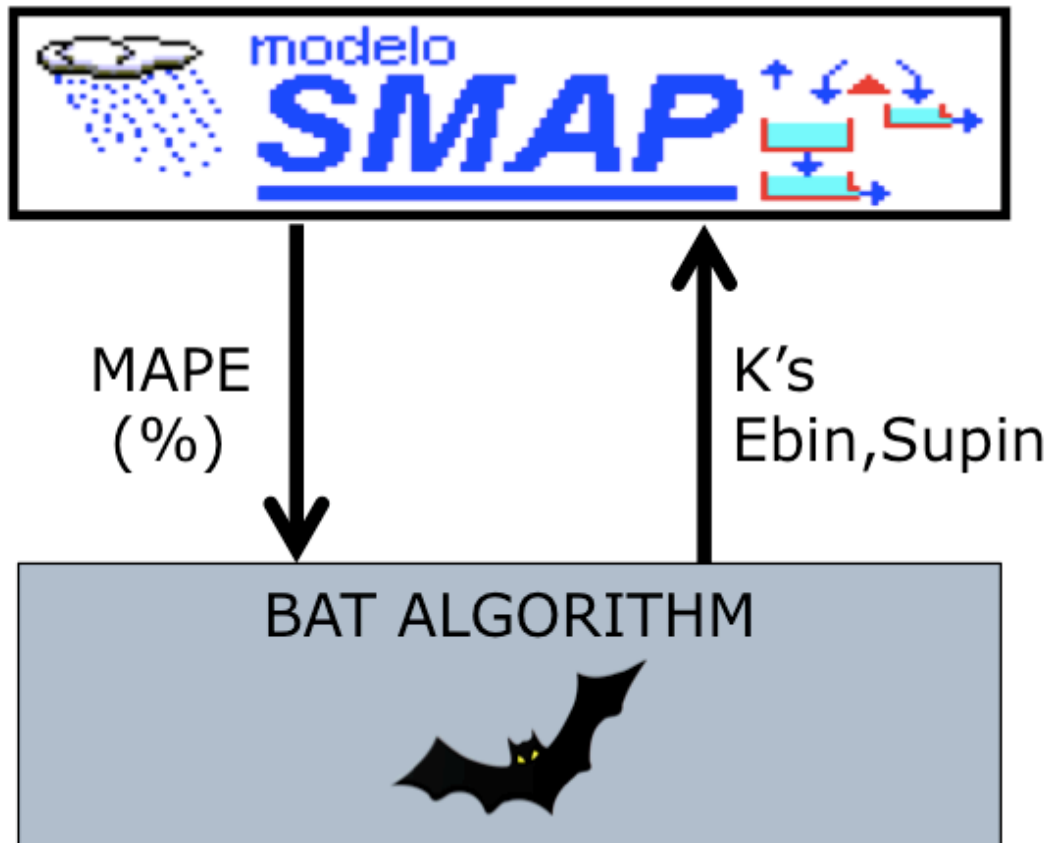
Coeficientes de representação espacial (33)



APLICAÇÃO 1 – MODELO CHUVA-VAZÃO



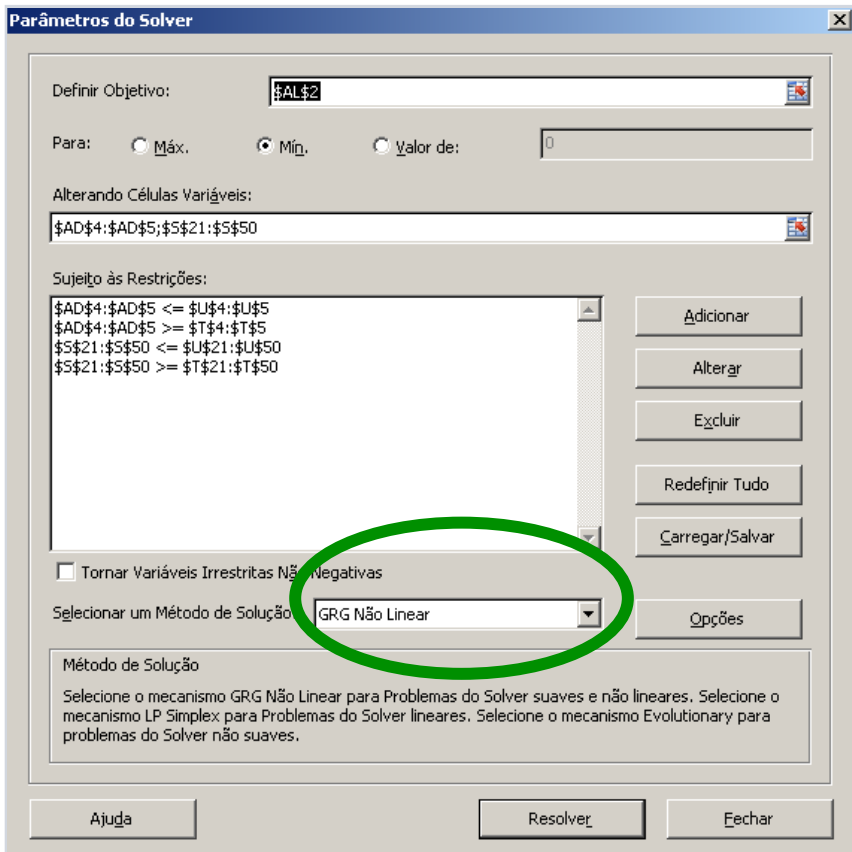
**Minimização MAPE – Mean Absolute Percentage Error
CASO TESTE (EMBORCAÇÃO)**



APLICAÇÃO 1 – MODELO CHUVA-VAZÃO



Resultado MAPE – Caso Teste (EMBORCAÇÃO)



MAPE: 0,081 ou 8%



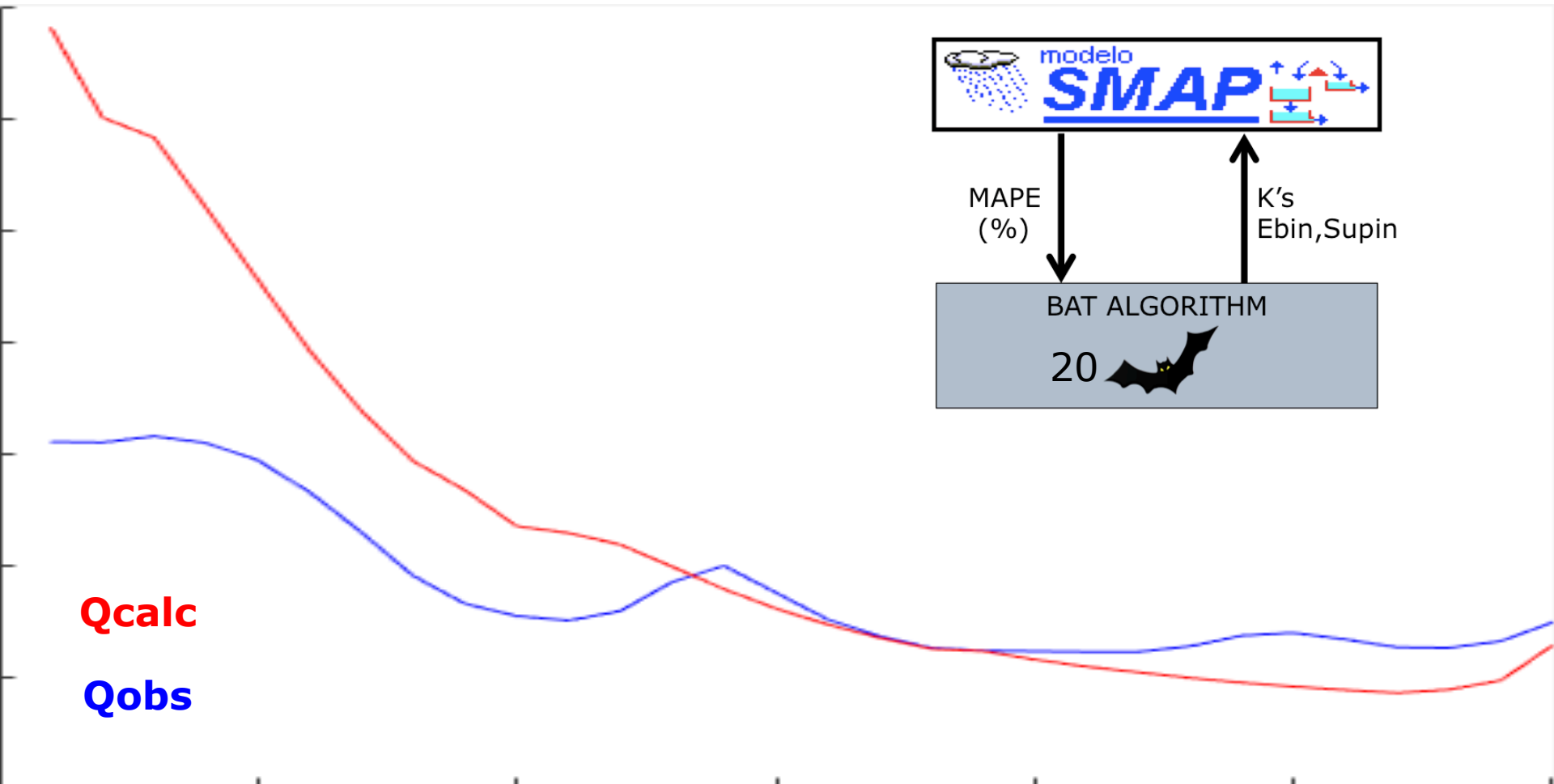
Métodos Clássicos/Exatos

GRADIENTE REDUZIDO GENERALIZADO

APLICAÇÃO 1 – MODELO CHUVA-VAZÃO



Dinâmica de Convergência - BAT ALGORITHM -(X*)



APLICAÇÃO 1 – MODELO CHUVA-VAZÃO



| | K | Rsolo | Rsub | Rsup | Rsup2 |
|-------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 1 | 1,11199 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1,655848 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0,5 | 70 | 113,0184 | 11,95865 | 0 |
| 4 | 0,898009 | 67,64702 | 119,7316 | 11,68388 | 0 |
| 5 | 1,196495 | 67,29469 | 125,0445 | 11,64664 | 0 |
| 6 | 1,581145 | 66,24317 | 130,1233 | 11,23294 | 0 |
| 7 | 2 | 61,97895 | 134,5913 | 9,775121 | 0 |
| 8 | 1,97642 | 57,18769 | 136,8543 | 8,078263 | 0 |
| 9 | 2 | 54,17991 | 136,9591 | 6,663441 | 0 |
| 10 | 0,642514 | 52,76043 | 135,977 | 5,506717 | 0 |
| 11 | 0,56376 | 51,56293 | 135,0019 | 4,565677 | 0 |
| 12 | 0,636863 | 50,63425 | 134,0338 | 3,815256 | 0 |
| 13 | 1,806962 | 55,90092 | 133,0726 | 4,47528 | 0 |
| 14 | 2 | 59,39611 | 132,6833 | 4,767723 | 0 |
| 15 | 2 | 57,1434 | 133,7659 | 4,149471 | 0 |
| 16 | 2 | 54,48801 | 133,8746 | 3,42903 | 0 |
| 17 | 1,882791 | 52,35423 | 132,9335 | 2,828472 | 0 |
| 18 | 1,115557 | 50,21811 | 131,9803 | 2,333095 | 0 |
| 19 | 0,558778 | 48,16915 | 131,0339 | 1,924478 | 0 |
| 20 | 0,5 | 46,20379 | 130,0942 | 1,587426 | 0 |
| 21 | 0,827322 | 45,44283 | 129,1613 | 1,351164 | 0 |
| 22 | 2 | 46,08472 | 128,2351 | 1,383233 | 0 |
| 23 | 2 | 46,77805 | 127,3155 | 1,41824 | 0 |
| 24 | 2 | 46,48344 | 126,4025 | 1,295218 | 0 |
| 25 | 2 | 45,55117 | 125,4961 | 1,091741 | 0 |
| 26 | 1,92399 | 44,23948 | 124,5962 | 0,901295 | 0 |
| 27 | 2 | 43,18055 | 123,7027 | 0,752616 | 0 |
| 28 | 1,994129 | 41,9357 | 122,8156 | 0,621518 | 0 |
| 29 | 2 | 40,60018 | 121,9349 | 0,512666 | 0 |
| 30 | 2 | 42,21434 | 121,0605 | 0,799315 | 0 |
| 31 | 2 | 48,03192 | 120,1924 | 1,912352 | 0 |
| 32 | 1,167546 | 54,29893 | 119,3305 | 3,072231 | 0 |
| 33 | 0,5 | 54,29269 | 118,4748 | 2,754453 | 0 |
| Ebin | 172,7 | | | | |
| Supin | 446,3 | | | | |



MAPE BAT = 7,7%



APLICAÇÃO 1 – MODELO CHUVA-VAZÃO



| Rsolo | Rsub | Rsup | Rsup2 |
|----------|----------|----------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 70 | 113,0184 | 11,95865 | 0 |
| 67,64702 | 119,7316 | 11,68388 | 0 |
| 67,29469 | 125,0445 | 11,64664 | 0 |
| 66,24317 | 130,1233 | 11,23294 | 0 |
| 61,97895 | 134,5913 | 9,775121 | 0 |
| 57,18769 | 136,8543 | 8,078263 | 0 |
| 54,17991 | 136,9591 | 6,663441 | 0 |
| 52,76043 | 135,977 | 5,506717 | 0 |
| 51,56293 | 135,0019 | 4,565677 | 0 |
| 50,63425 | 134,0338 | 3,815256 | 0 |
| 55,90092 | 133,0726 | 4,47528 | 0 |
| 59,39611 | 132,6833 | 4,767723 | 0 |
| 57,1434 | 133,7659 | 4,149471 | 0 |
| 54,48801 | 133,8746 | 3,42903 | 0 |
| 52,35423 | 132,9335 | 2,828472 | 0 |
| 50,21811 | 131,9803 | 2,333095 | 0 |
| 48,16915 | 131,0339 | 1,924478 | 0 |
| 46,20379 | 130,0942 | 1,587426 | 0 |
| 45,44283 | 129,1613 | 1,351164 | 0 |
| 46,08472 | 128,2351 | 1,383233 | 0 |
| 46,77805 | 127,3155 | 1,41824 | 0 |
| 46,48344 | 126,4025 | 1,295218 | 0 |
| 45,55117 | 125,4961 | 1,091741 | 0 |
| 44,23948 | 124,5962 | 0,901295 | 0 |
| 43,18055 | 123,7027 | 0,752616 | 0 |
| 41,9357 | 122,8156 | 0,621518 | 0 |
| 40,60018 | 121,9349 | 0,512666 | 0 |
| 42,21434 | 121,0605 | 0,799315 | 0 |
| 48,03192 | 120,1924 | 1,912352 | 0 |
| 54,29893 | 119,3305 | 3,072231 | 0 |
| 54,29269 | 118,4748 | 2,754453 | 0 |



MAPE BAT:
7,7%

| Rsolo | Rsub | Rsup | Rsup2 |
|-------|------|------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| 69 | 120 | 12 | 0,0 |
| 68 | 126 | 12 | 0,0 |
| 66 | 132 | 11 | 0,0 |
| 62 | 136 | 10 | 0,0 |
| 57 | 138 | 8 | 0,0 |
| 54 | 138 | 7 | 0,0 |
| 53 | 137 | 6 | 0,0 |
| 52 | 136 | 5 | 0,0 |
| 54 | 135 | 4 | 0,0 |
| 58 | 134 | 5 | 0,0 |
| 61 | 135 | 5 | 0,0 |
| 58 | 137 | 4 | 0,0 |
| 55 | 137 | 4 | 0,0 |
| 52 | 136 | 3 | 0,0 |
| 50 | 135 | 2 | 0,0 |
| 48 | 134 | 2 | 0,0 |
| 46 | 133 | 2 | 0,0 |
| 48 | 132 | 2 | 0,0 |
| 48 | 131 | 2 | 0,0 |
| 49 | 131 | 2 | 0,0 |
| 48 | 130 | 2 | 0,0 |
| 47 | 129 | 1 | 0,0 |
| 46 | 128 | 1 | 0,0 |
| 44 | 127 | 1 | 0,0 |
| 43 | 126 | 1 | 0,0 |
| 41 | 125 | 1 | 0,0 |
| 43 | 124 | 1 | 0,0 |
| 49 | 123 | 2 | 0,0 |
| 54 | 122 | 3 | 0,0 |



MAPE GRG:
8,1%

APLICAÇÃO 1 – MODELO CHUVA-VAZÃO



| Sub-Bacia | BAT | MAPE(%) | GRG |
|------------|-------|---------|--------|
| Emborcação | 7,70% | | 8,10% |
| Itaguage | 7,60% | | 10,77% |
| Nova Ponte | 8,60% | | 9,50% |

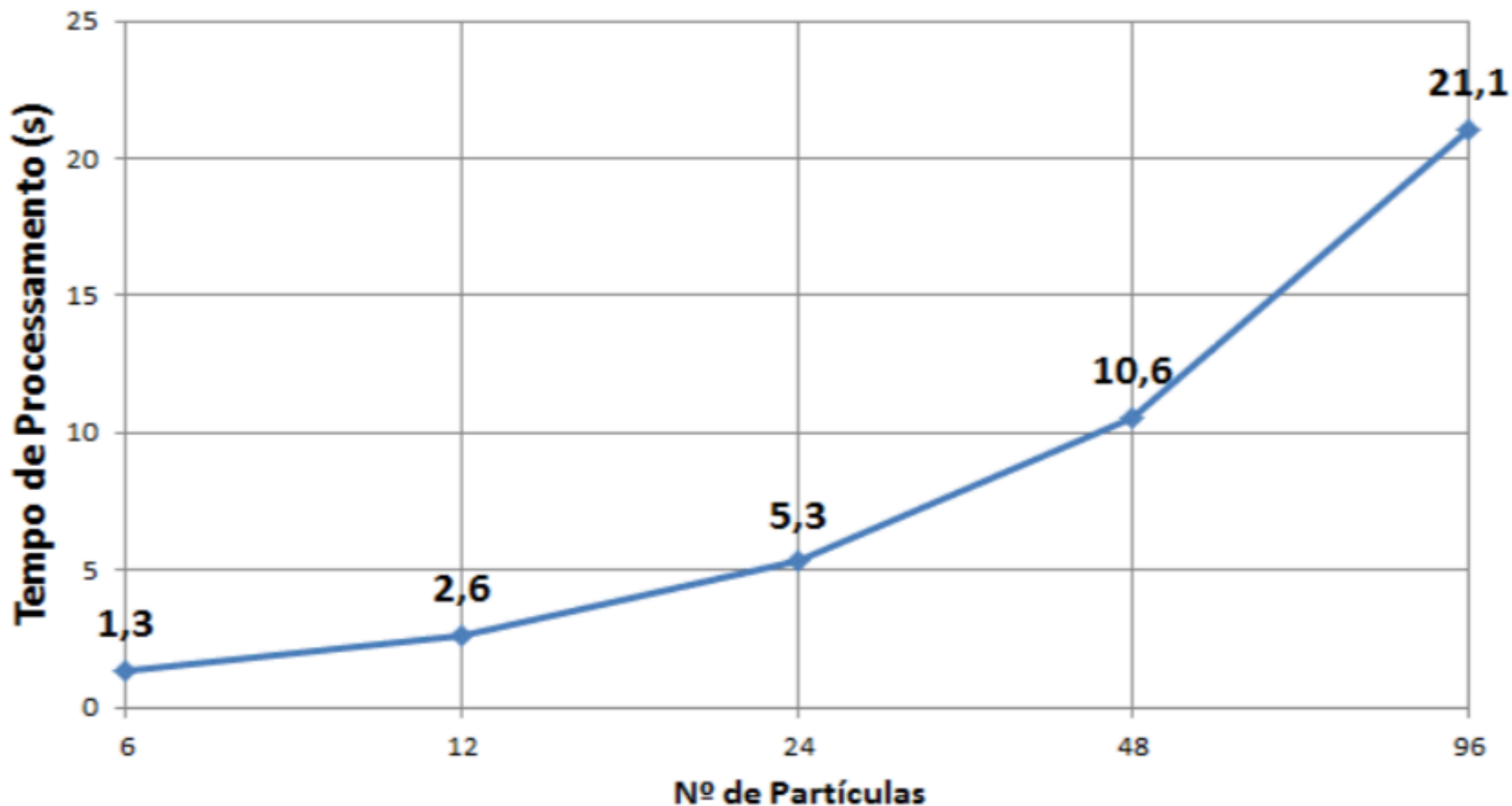
APLICAÇÃO 1 – MODELO CHUVA-VAZÃO



Ano do teste: 2014

FURNAS

RELATÓRIO DO PROCESSO DE VALIDAÇÃO DA
VERSÃO 0.17.8 DO PROGRAMA
COMPUTACIONAL SMAP



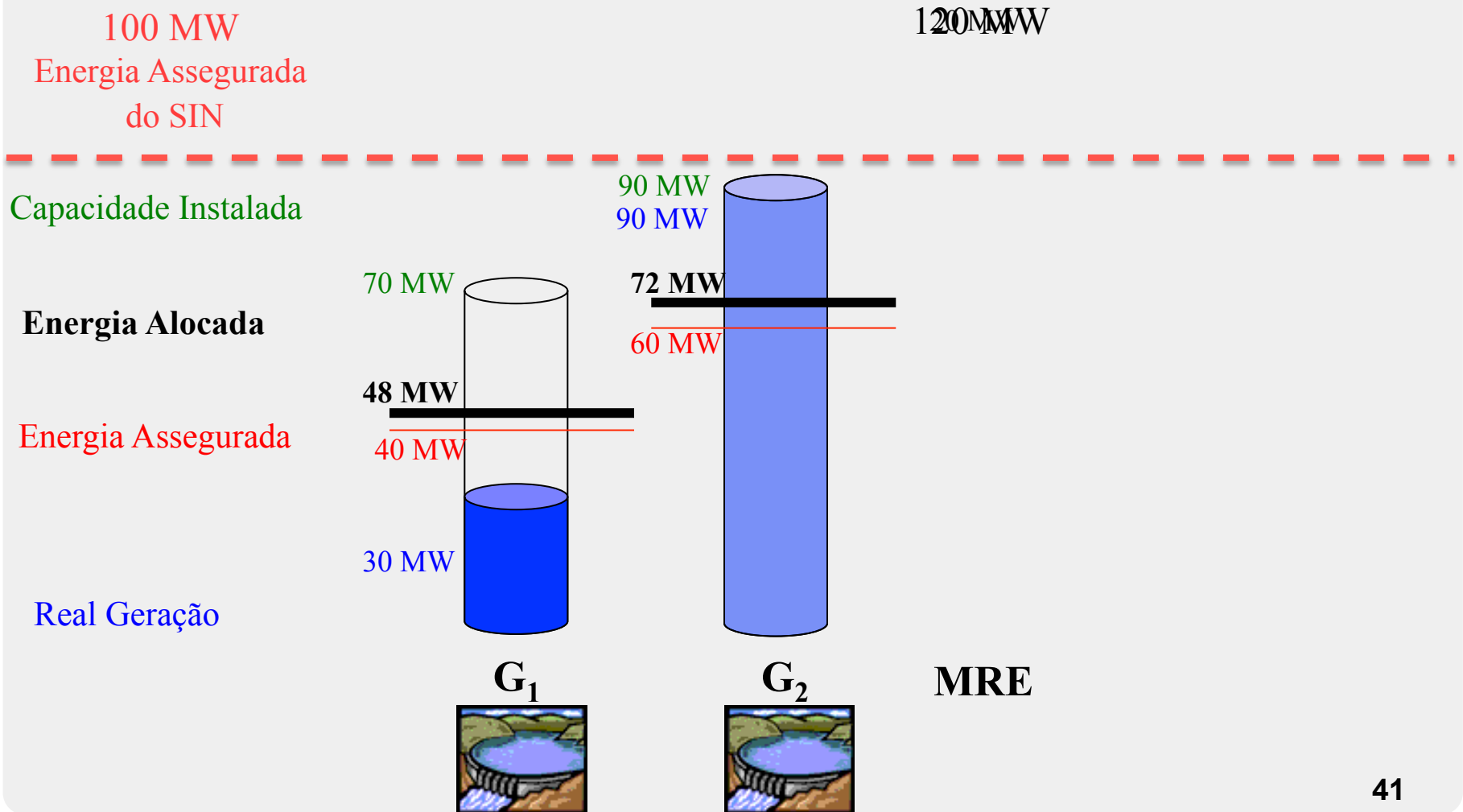
Sazonalização da Energia Assegurada



APLICAÇÃO 2 – SAZONALIZAÇÃO EA



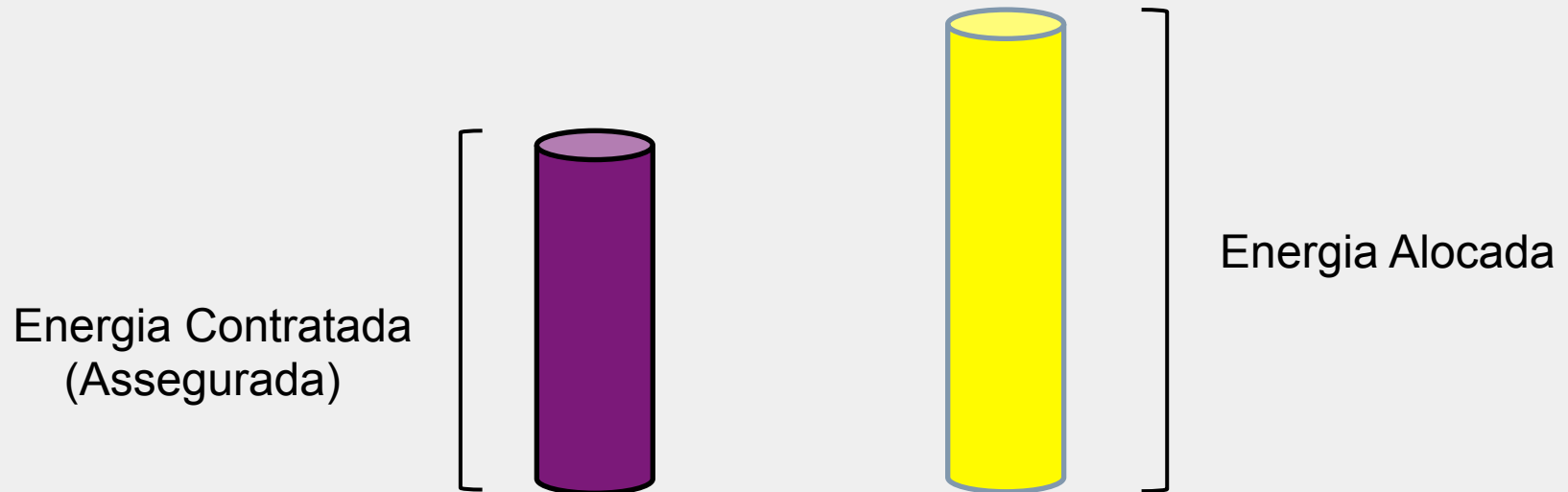
Mecanismo de Realocação de Energia



APLICAÇÃO 2 – SAZONALIZAÇÃO EA



Energia Secundária e Assegurada



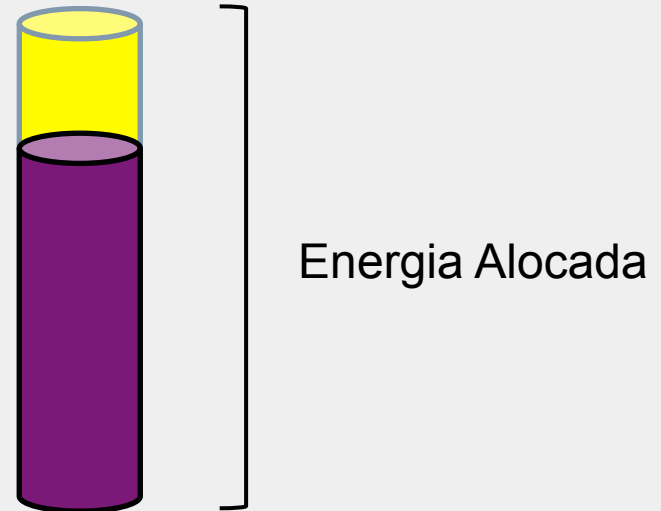
APLICAÇÃO 2 – SAZONALIZAÇÃO EA



Energia Secundária e Assegurada



Valorada pelo Preço
de Liquidação das
Diferenças



APLICAÇÃO 2 – SAZONALIZAÇÃO EA



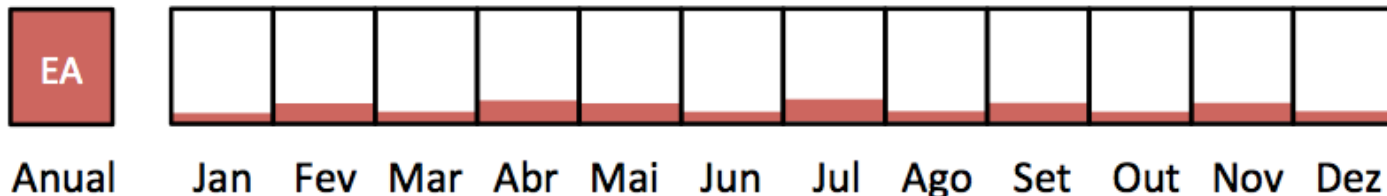
INCERTEZAS DO PROBLEMA



APLICAÇÃO 2 – SAZONALIZAÇÃO EA



MAXIMIZAÇÃO DA RECEITA / MINIMIZAÇÃO DO RISCO

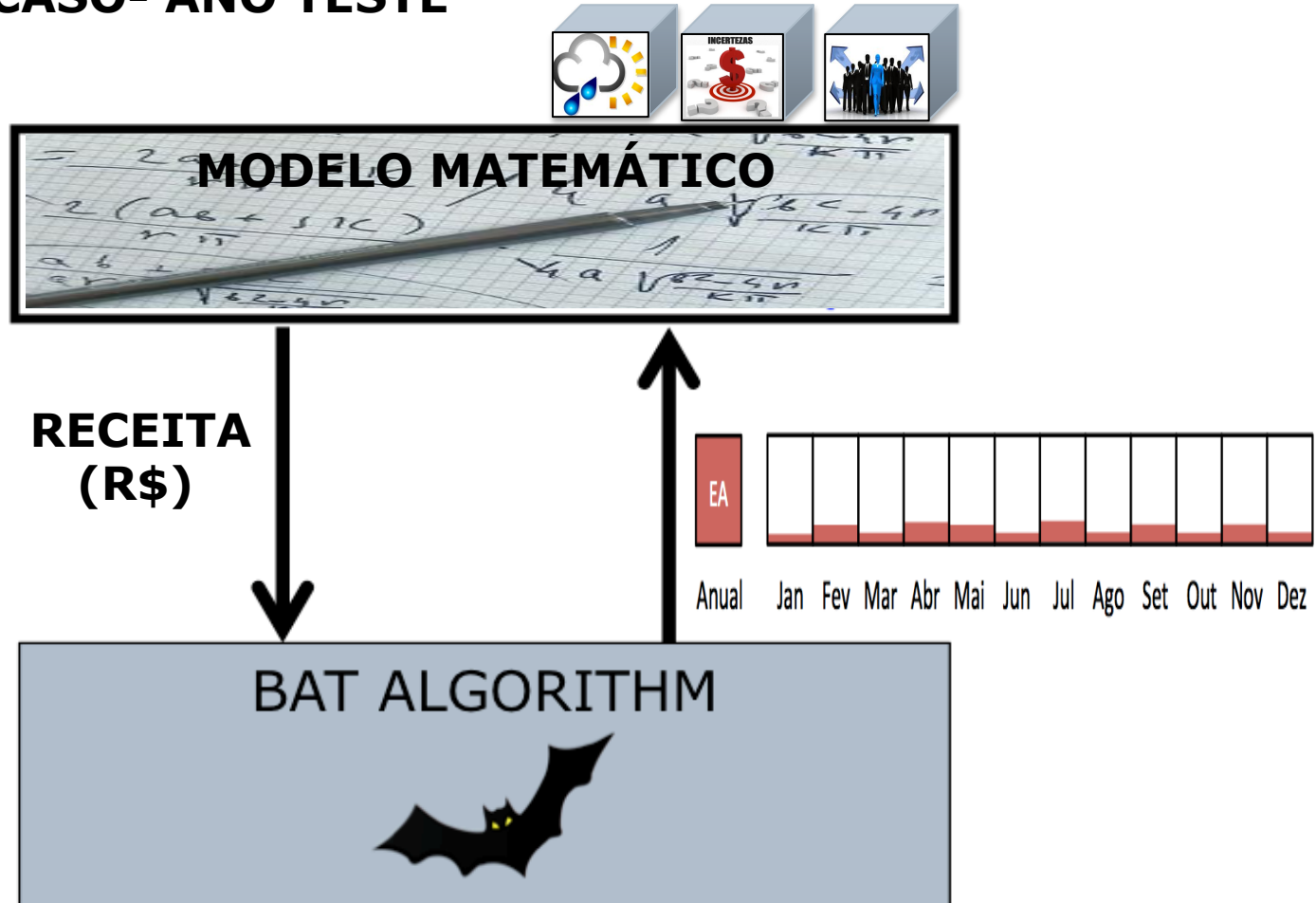


SAZONALIZAÇÃO ÓTIMA DA ENERGIA ASSEGURADA

APLICAÇÃO 2 – SAZONALIZAÇÃO EA



Maximização da Receita CASO- ANO TESTE





OBRIGADO!

Ivo Chaves da Silva Junior

ivo.junior@ufjf.edu.br