



Universidade Federal do Paraná
Departamento de Ciências da Computação
TOCI08-Tópicos em IA

PARETO ANT –COLONY para a otimização bi-objetivo do custo em teste de integração de softwears orientado a objetos.

Rafael da Veiga Cabral

Agenda

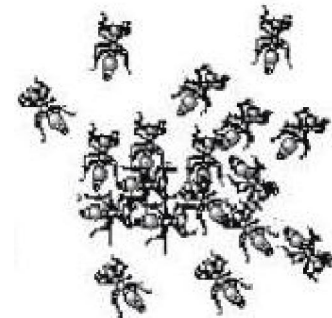
2

- § Introdução – Colônia de formigas
- § Algoritmos – Colônia de formigas mono-objetivo
 - Colônia de formigas multi-objetivo
- § Pareto ant-colony system – Implementação
- § Resultados
- § Conclusão

Introdução

3

- § Concebido por Dorigo et al.
- § Metaheurística colônia de formigas baseia-se na inteligência coletiva das formigas para encontrar comida
- § Feromônio é o recurso que as formigas utilizam para guiar-se
- § Mesmo com obstáculos as formigas encontram a melhor trilha e ida e retorno



Algoritmos

4

.. Colônia de formigas mono-objetivo

§ Ant System -AS

§ Ant Colony System - ACS

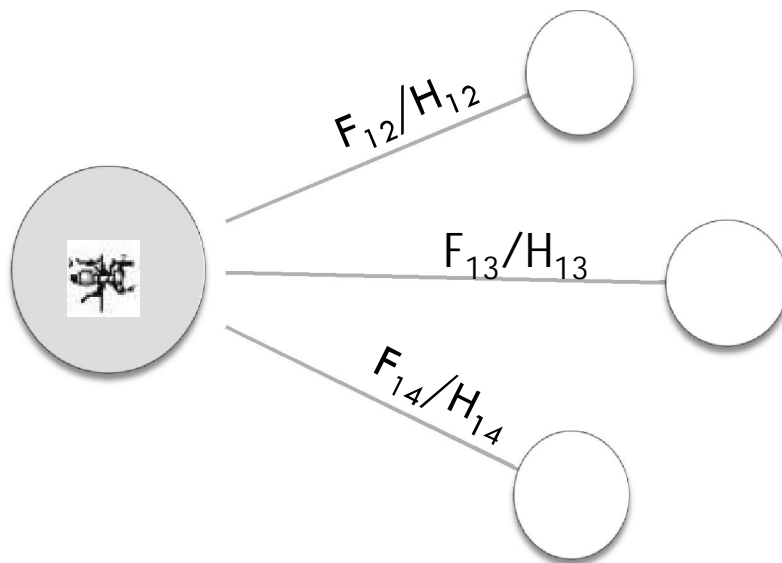
§ Max-Min Ant System - MMAX

Algoritmos- Colônia de formigas mono-objetivo

5

.. Ant System -AS

§ Introduzido por Dorigo et al



F feromônio
H valor heurístico

Algoritmos- Colônia de formigas mono-objetivo

6

.. Ant System -AS

§ Construção do caminho

$$p_{ij}^h = \frac{\tau_{ij} \eta_{ij}}{\sum_{l \in N_i^h} \tau_{il} \eta_{il}}, j \in N_i^h$$

§ Depósito e evaporação do feromônio

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \tau_{ij} + \sum_h \Delta \tau_{ij}^h$$

$$\Delta \tau_{ij}^h = 1 / L_h \quad \Delta \tau_{ij}^h = 0$$

§ Realizado sempre que a formiga h constrói um caminho - solução

Algoritmos- Colônia de formigas mono-objetivo

7

.. Ant Colony System - ACS

§ Introduzido por Dorigo e Gambella et al.

§ Visa melhorar aspectos de diversificação e intensificação

§ Trabalha com atualização local e global de feromônio

$$j = \underset{k \in N_i^h}{\operatorname{argmax}} \left\{ \left[\begin{array}{c} ij \\ il \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} ij \\ il \end{array} \right] \right\}, q \leq q_0$$

senão:

$$p_{ij}^h = \frac{\left[\begin{array}{c} ij \\ il \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} ij \\ il \end{array} \right]}{\sum \left[\begin{array}{c} ij \\ il \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} ij \\ il \end{array} \right]}, j \in N_i^h$$

Algoritmos- Colônia de formigas mono-objetivo

8

Ant Colony System - ACS

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \tau_{ij} + \rho \tau_0$$

Atualização local
(Decaimento do feromônio)

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \alpha) \tau_{ij} + \alpha \tau_{ij}^{best}$$

Atualização global
(intensificação)

$$\tau_{ij}^{best} = 1 / L_{best}$$

§ A atualização global é realizada de maneira *iteration-best* ou *best-so-far*

Algoritmos- Colônia de formigas mono-objetivo

9

· Max-Min Ant System - MMAX

§ Introduzido por Stulze

§ Problema de convergência prematura do AS (formigas tendem a passar por apenas um trajeto)

§ Valores τ_{min} e τ_{max} para a trilha de feromônio

§ $\tau_{o= max}$ para aumentar a diversificação em fases iniciais

§ Atualização do feromônio:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \tau_{ij} + \frac{best_{ij}}{L}$$



Algoritmos- Colônia de formigas multi-objetivo

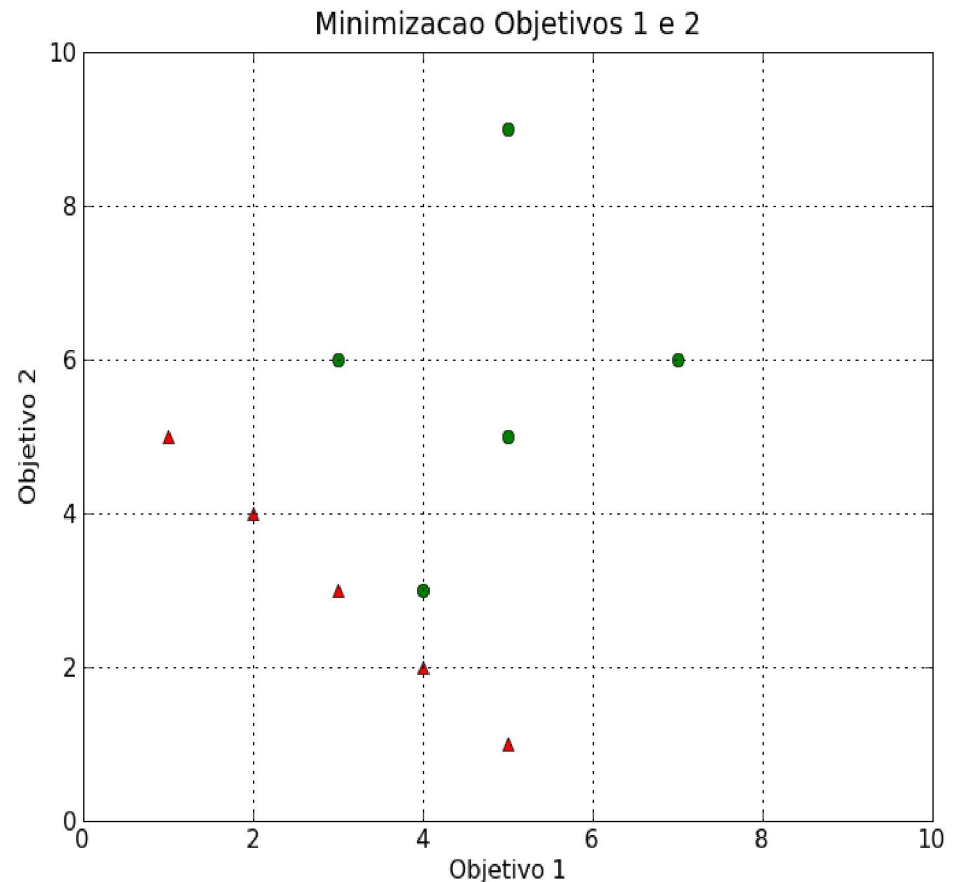
10

§ TSP (Travelling Sales Problem)-
minimizar distância e custo.

§ Ordenação lexicográfica, agregação
e *Pareto*

§ Porém, minimizar a distância não
significa minimizar também o custo- São
objetivos concorrentes.

§ Estudo empírico = BicriterionAnt / *PAC*



Algoritmos- Colônia de formigas multi-objetivo

11

.. BicroterionAnt

§ Problema de Roteamento de Veículos

§ Utiliza duas matrizes de feromônio (τ, τ') e duas funções heurísticas (η, η')

§ Construção do Caminho:

$$p_{ij}^h = \frac{\tau_{ij}^{(1-\alpha)} \eta_{ij}^{(1-\beta)}}{\sum_{k \in N_i^h} \tau_{ik}^{(1-\alpha)} \eta_{ik}^{(1-\beta)}} \quad \text{se } j \in N_i^h$$

$$\alpha_h = (\alpha - 1) / (m - 1) \quad \alpha = \{1, 2, \dots, m\}$$

Algoritmos- Colônia de formigas multi-objetivo

12

· BicriterionAnt

§ Atualização do feromônio: local

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \alpha) \tau_{ij}, \quad \tau'_{ij} \leftarrow (1 - \alpha) \tau'_{ij}$$

§ Atualização do feromônio: global

$$\tau_{ij} \leftarrow \tau_{ij} + 1 / f$$

§ A cada iteração o conjunto Pareto é atualizado com a solução encontrada

§ BicriterionMC - Utiliza várias colônias de formigas

Algoritmos- Colônia de formigas multi-objetivo

13

· Pareto Ant Colony

§ Baseado no ACS

§ Resolver o problema de seleção de portfólio

§ Utiliza duas matrizes de feromônio (,) e duas funções heurísticas (,) ou uma agregada

§ Construção do caminho

$$j = \underset{j \in U}{\operatorname{argmax}} \left[\sum p_k \cdot \frac{k}{ij} \right] \cdot ij \quad q \leq q_0$$

Senão:

$$p(j) = \frac{\left[\sum p_k \cdot \frac{k}{ij} \right] \cdot ij}{\sum \left[\sum p_k \cdot \frac{k}{ij} \right]}$$

Algoritmos- Colônia de formigas multi-objetivo

14

· Pareto Ant Colony

§ Atualização do feromônio: local

$$\tau_{ij}^k = (1 - \alpha) \cdot \tau_{ij}^k + \alpha \cdot 0$$

§ Atualização do feromônio: global

$$\tau_{ij}^k = (1 - \beta) \cdot \tau_{ij}^k + \beta \cdot \tau_{ij}^k$$

$\tau_{ij}^k = 15$ se (i,j) fizer parte do melhor caminho e do segundo melhor caminho

$\tau_{ij}^k = 10$ se (i,j) fizer parte somente do melhor caminho

$\tau_{ij}^k = 5$ se (i,j) fizer parte somente do segundo melhor caminho

$\tau_{ij}^k = 0$ caso contrário

§ A cada iteração o conjunto Pareto é atualizado com a solução encontrada

Implementação

15

```
Inicializa_Feromonio (F1,F2, t0)
  Enquanto nr_iter < max_iter
    Para cada Formiga
      p1 = rand(0,1)
      p2 = 1 - p1
      s = Constroi_Caminho( q, q0, p1, p2, F1, F2)
      Atualiza_Feromonio_Local(s, F1, F2)
      s = Busca_Local(s)
      s' = Busca_Local(s)
      b = Melhor_Iteracao()
      b' = Segundo_Melhor_Iter()
      Atualiza_Feromonio_Global(b, b', F1, F2)
      Atualiza_Pareto(P, s, s')
    nr_iter += 1
```

Implementação

16

§ PAC modificado para a resolução do problema *flow shop scheduling*

§ Construção do caminho

$$j = \underset{j \in U}{\operatorname{argmax}} \sum p_k \cdot \binom{k}{ij} \cdot \binom{k}{ij} \quad q \leq q_0$$

Senão:

$$p(j) = \frac{\sum p_k \cdot \binom{k}{ij} \cdot \binom{k}{ij}}{\sum \left[\sum p_k \cdot \binom{k}{ij} \cdot \binom{k}{ij} \right]} \quad \binom{k}{ij} = \frac{1}{L_{i,j}^k}$$

§ Parâmetros: $q_0 = 0.75$ $q_{\min} = 0.0001$ $\alpha = 1$ $\beta = 1$

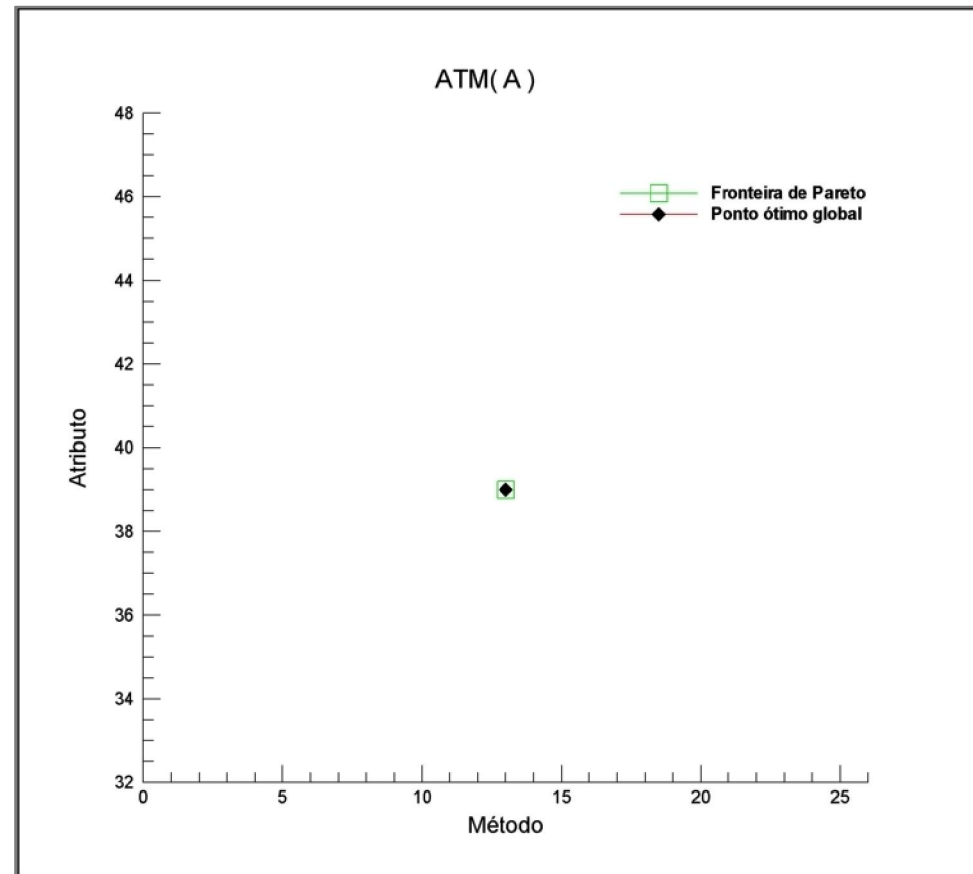
Resultados

17

.. ATM (A)

Pontos			
Pareto		Ótimo global	
Método	Atributo	Método	Atributo
13	39	13	39

Parâmetros	
Ants	Iterações
20	40



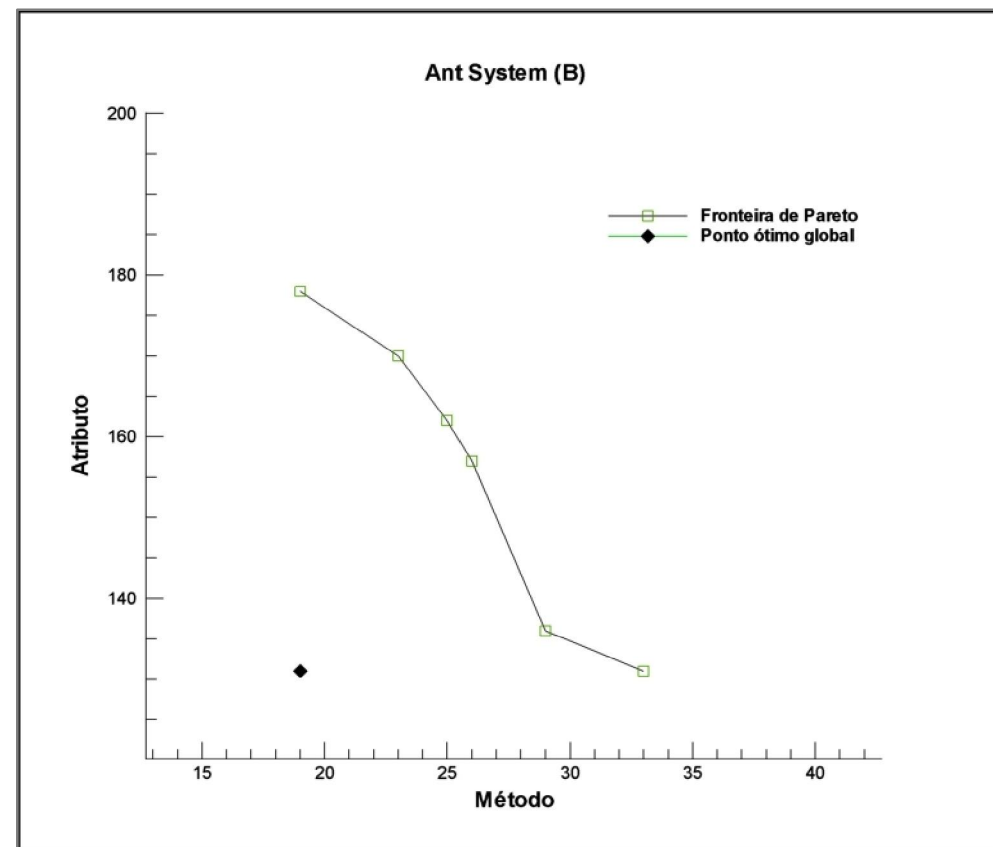
Resultados

18

.. Ant System (B)

Pontos			
Pareto		Ótimo global	
Método	Atributo	Método	Atributo
19	178	19	131
23	170		
25	162		
26	157		
29	136		
33	131		

Parâmetros	
Ants	Iterações
20	40



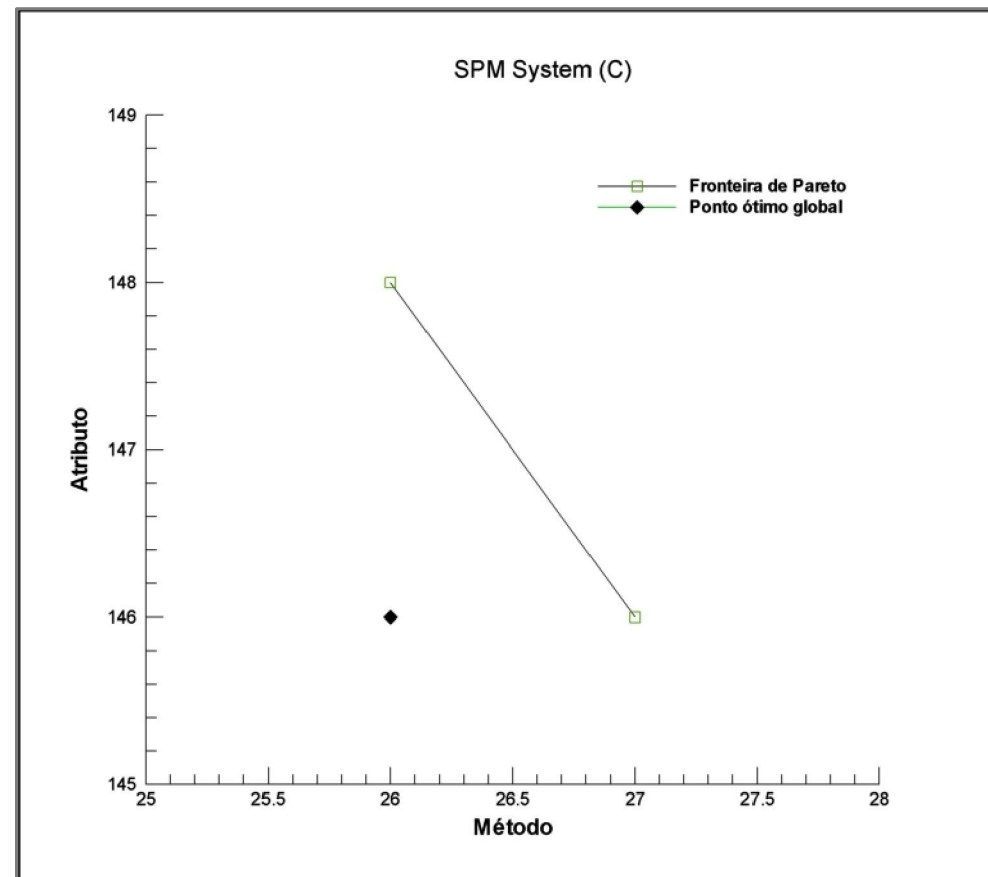
Resultados

19

SPM System (C)

Pontos			
Pareto		Ótimo global	
Método	Atributo	Método	Atributo
26	148	26	146
27	146		

Parâmetros	
Ants	Iterações
20	40



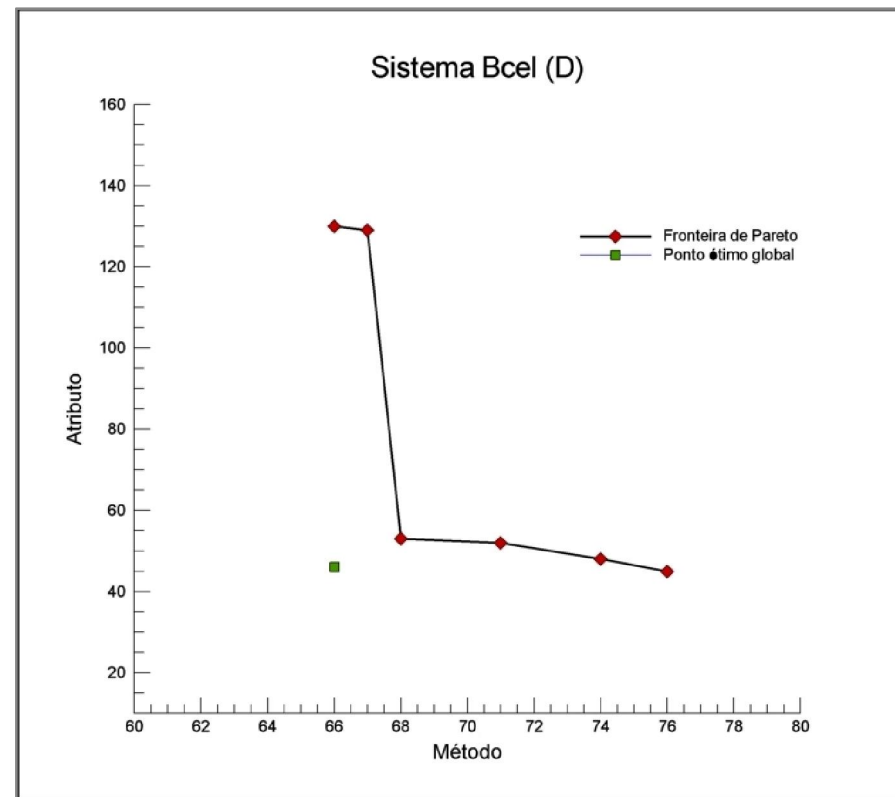
Resultados

20

· Sistema Bcel (D)

Pontos			
Pareto		Ótimo global	
Método	Atributo	Método	Atributo
66	130	66	45
67	129		
68	53		
71	52		
74	48		
76	45		

Parâmetros	
Ants	Iterações
45	80



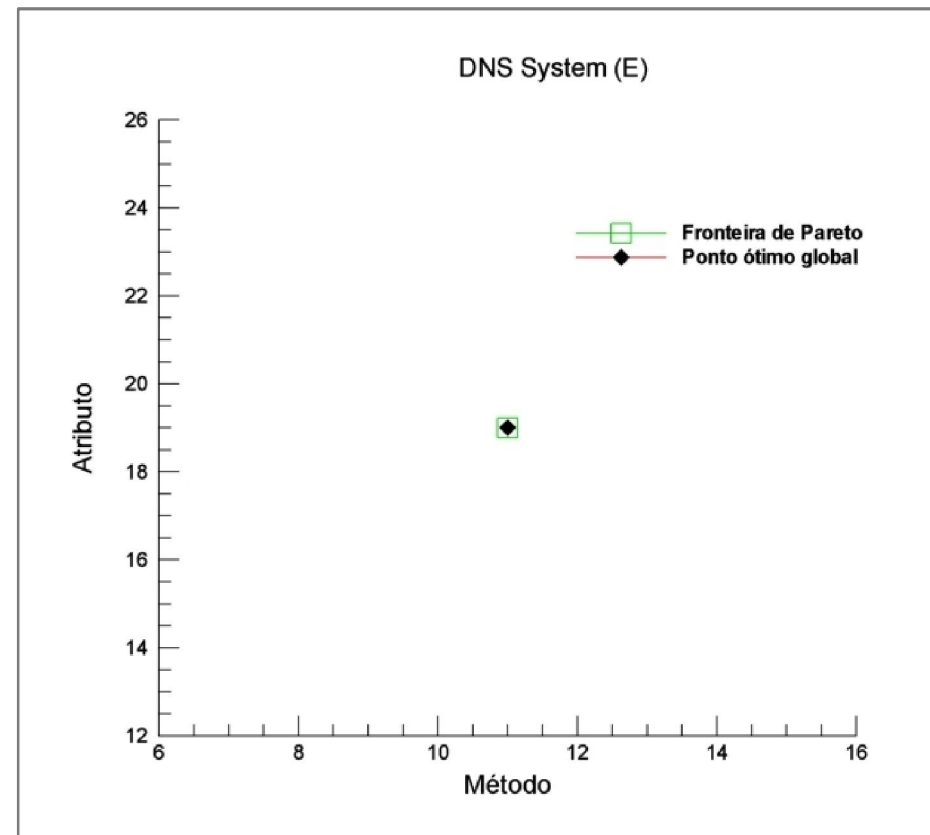
Resultados

21

.. DNS System (E)

Pontos			
Pareto		Ótimo global	
Método	Atributo	Método	Atributo
11	19	11	19

Parâmetros	
Ants	Iterações
45	80



Conclusão

Para os sistemas A,C,E foram encontrados os ótimos globais em ambos os objetivos. Para o sistema B e D verificou-se que dois pontos da fronteira de Pareto continha cada um o valor ótimo para cada objetivo o que demonstra a eficiência do método. Entretanto, originalmente o PAC utiliza uma busca local baseada em Pareto e esta busca foi implementada mas os resultados obtidos não foram satisfatórios – os pontos da fronteira de Pareto para o sistema D não continha os valores ótimos para ambos os objetivos.

O resultado apresentado foi alcançado somente com substituição da busca local de Pareto com duas buscas locais para cada objetivo o que aumentou consideravelmente o custo computacional.

Referências

- [1]. Dorigo, M., Maniezzo, V. Coloni, A., 1996 Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents. *IEEE Trans. On System, Man, and Cybernetics Part B* 26(1), 29-41.
- [2]. Dorigo, M. Gambrelli, L. M., 1997. Ant Colonies for the Traveling Salesman Problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computing*, 1 (1), 53-66.
- [3]. Garca-Martnez, C. Cordon, O. Herrera F. 2004 An Empirical Analysis of Multiple Objective Ant Colony Optimization Algorithms for the TSP*. *Springer Berlin / Heidelberg*, 61- 72.
- [4]. Briand, C., L., Feng, J., Labiche, Y., 2002 Experimenting with Genetic Algorithms and Coupling Measures to Devise Optimal Integration Test Orders. *Carleton University, Department of Systems and Computer Engineering. Technical Report SCE-02-03*.
- [5]. Pasia, J., M., , Hartl, R., F., Doerner K. F., Solving a Bi-objective Flowshop Scheduling Problem by Pareto-Ant Colony Optimization 2006. Springer Berlin / Heidelberg,