

# PCC170 - Projeto e Análise de Experimentos Computacionais

Marco Antonio M. Carvalho

Departamento de Computação  
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas  
Universidade Federal de Ouro Preto



## 1 Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## Licença

Este material está licenciado sob a Creative Commons BY-NC-SA 4.0. Isto significa que o material pode ser compartilhado e adaptado, desde que seja atribuído o devido crédito, que o material não seja utilizado de forma comercial e que o material resultante seja distribuído de acordo com a mesma licença.

# Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## Comparação de indicadores individuais

Os valores máximos, médios e mínimos, bem como o desvio padrão e coeficiente de variação dos mesmos indicadores vistos anteriormente podem ser comparados, a princípio, entre métodos diferentes:

- ▶ Valor da solução;
- ▶ Tempo de execução.
- ▶ Convergência;
- ▶ Taxa de sucesso.

# Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## Comparação de indicadores individuais

Entretanto, não basta simplesmente confrontar valores absolutos para tirar conclusões.

Qualquer conclusão deve ser sustentada por uma análise estatística que verifique sua relevância.

Métodos estatísticos não provam nada, porém, possibilitam a definição objetiva de margens de plausibilidade para determinadas afirmações.

Na primeira parte do curso, serão apresentados os indicadores de desempenho. Na segunda parte do curso, o ferramental estatístico utilizado para avaliar as conclusões será apresentado.

# Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## Gap

O **gap** indica a *distância percentual* entre o valor obtido para função objetivo e o valor de referência.

Dado um valor de solução  $s$  e uma referência  $s^*$ , o **gap** é dado por

$$100 \times \frac{s - s^*}{s^*}$$

Quanto mais próximo de zero o **gap**, mais os valores comparados estão próximos.

## Gap

Note que quando o valor de referência não for a solução ótima, o gap pode ser positivo ou negativo:

- ▶ *gap* positivo:  $s^*$  possui valor menor;
- ▶ *gap* negativo:  $s$  possui valor menor.

Alguns revisores são contra o gap negativo. Neste caso, a forma de cálculo do gap deve ser adequada para indicar que a distância é do menor para o maior valor.

## *Gap*

Podemos calcular o *gap* tendo como referência:

- ▶ O valor da solução ótima;
- ▶ A melhor solução conhecida para a instância;
- ▶ O valor da solução obtida por outro método;
- ▶ O valor de um limitante inferior ou superior;
- ▶ O valor da solução inicial (considerando apenas um método);
- ▶ O valor da solução média (considerando apenas um método).



## *Gap* e valores médios

Ao calcular o *gap* médio, é necessário calcular cada *gap* individual e então calcular a média posteriormente.

É importante notar que *gap* médio possui valor diferente do *gap* das médias.

Posteriormente é possível calcular o desvio padrão e os valores mínimo e máximo de *gap*.

# Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## *Gap total*

Para uma visão geral em uma comparação, é possível calcular o *gap* total por conjunto de instâncias.

Somam-se todos os valores de solução para cada método e então calcula-se o gap entre os resultados obtidos.

## Dominância

Quando um método  $A$  é melhor do que outro método  $B$  em termos de qualidade da solução e tempo de execução em uma comparação justa, diz-se que o método  $A$  domina o método  $B$ .

Em otimização multiobjetivo, diz-se que o método  $A$  domina o método  $B$  quando  $A$  supera o em todos os objetivos considerados.

## Comparação global

Analisando-se os resultados para todas as instâncias de um conjunto específico, podemos analisar, para cada método comparado:

- ▶ O percentual de soluções ótimas (ou melhores conhecidas) atingidas;
- ▶ O percentual de soluções iguais, melhores ou piores, quando comparado a outros resultados.

## Ranqueamento

Uma maneira de fornecer um panorama do desempenho global relativo de dois ou mais métodos é criar um *ranking*.

Dois tipos de ranking comuns são o **ranking ordinal** e o **ranking cardinal**.

# Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## Ranking ordinal

Um **ranking ordinal** estabelece uma ordem entre os algoritmos comparados, indicando qual algoritmo possui melhores soluções com mais frequência, embora não indique o **quanto** as soluções obtidas são melhores ou piores.



# Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## Ranking ordinal

Para cada instância, ordene os métodos de acordo com as soluções como se fosse um pódio, atribuindo valores ordinais: primeiro, segundo, terceiro, etc.

Considere empates: se dois métodos obtiveram a mesma solução, ambos podem ser primeiros, e o próximo será o segundo colocado.

Ao final, calcule as médias das posições para cada método – quanto menor a média, melhor o *ranking* do método.

# Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## Ranking ordinal

Veja o exemplo com 3 métodos ( $A$ ,  $B$  e  $C$ ) em um problema de minimização com 5 instâncias.

Instância	Resultados			<i>Ranking</i>		
	$A$	$B$	$C$	$A$	$B$	$C$
Instância 1	1	1	5	1	1	2
Instância 2	3	2	1	3	2	1
Instância 3	4	4	4	1	1	1
Instância 4	1	7	10	1	2	3
Instância 5	3	2	7	2	1	3



# Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## Ranking ordinal

- ▶ Ranking Médio A: 1,6;
- ▶ Ranking Médio B: 1,4;
- ▶ Ranking Médio C: 2.

## Ranking cardinal

Um **ranking cardinal** estabelece uma ordem entre os algoritmos comparados, indicando o quanto as soluções obtidas são melhores ou piores.

Para cada instância, calcule a distância em relação ao valor de referência: o ótimo, um limitante inferior, ou ainda, em relação à pior solução possível (neste caso se inverte a função).

Calcule a média. O melhor método está menos longe do valor de referência (ou mais longe da pior solução).

## Ranking cardinal

No exemplo anterior, os métodos A e B ficaram próximos entre si, mas quão próximos?

Supondo que a solução ótima seja 1 para todas as instâncias, temos:

- ▶ Média A: 2,4;
- ▶ Média B: 3,2;
- ▶ Média C: 5,4.

# Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## Comparando tempos de execução em máquinas diferentes

Não é possível realizar uma comparação justa de tempos de execução de diferentes métodos que foram executados em diferentes arquiteturas.

O ideal é executar os métodos no mesmo ambiente computacional.

## *Passmark*

O *Passmark*<sup>a</sup> é um *site* de *benchmarking* de CPUs que contempla muitos ambientes computacionais.

Com os dados reportados por ele, é possível obter uma proporção aproximada entre diferentes arquiteturas e com isso realizar uma comparação aproximada dos tempos de execução.

---

<sup>a</sup>[www.cpubenchmark.net](http://www.cpubenchmark.net)

# Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## *Passmark*

Na seção *CPU Benchmarks* há o *Passmark CPU mark*.

Encontre uma das CPUs relacionadas aos métodos comparados, adicione a outra CPU na lista de comparação e divida o maior valor de *CPU Mark* pelo menor.

O resultado é um fator que deve multiplicar o tempo de execução da CPU de maior *CPU mark*.

# Comparando o desempenho de métodos heurísticos

## *Passmark*

Por exemplo, uma CPU 686 Gen tem *CPU mark* 288, enquanto uma CPU Intel Xeon E5-1650 v3 @ 3.50GHz tem *CPU mark* 13603.

A segunda CPU é  $\approx 47,23$  vezes mais rápida que a primeira, e portanto, o tempo de execução do método rodado na primeira CPU pode ser multiplicado por este fator para uma comparação aproximada.

# Dúvidas?

