

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



Universidade Federal
de Ouro Preto



1 Representações gráficas – parte 2

- Gráficos cachoeira
- Gráficos radar
- Gráficos de coordenadas paralelas
- Time-To-Target Plots
- Multiple Time-To-Target Plots

Fonte

Este material é parcialmente baseado no conteúdo de

- ▶ AIEX, Renata M.; RESENDE, Mauricio GC; RIBEIRO, Celso C. TTT plots: *a perl program to create time-to-target plots*. Optimization Letters, v. 1, n. 4, p. 355-366, 2007.
- ▶ REYES, Alberto; RIBEIRO, Celso C. *Extending time-to-target plots to multiple instances*. International Transactions in Operational Research, v. 25, n. 5, p. 1515-1536, 2018.
- ▶ SAEED, Mehreen. *12 Helpful Tips For Doing Powerful React Graphs*. 2022. Disponível em <https://bitlyli.com/MhaWD>.

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.

Gráficos cachoeira

Definição

Os gráficos cachoeira (a.k.a. cascata ou ponte) são um tipo especial de gráfico que ilustra como os valores positivos ou negativos em uma série de dados contribuem para o total.

Em outras palavras, é uma maneira ideal de visualizar um valor inicial, as alterações positivas e negativas feitas nesse valor e o valor final resultante.

Em um gráfico em cascata, a primeira coluna é o valor inicial e a última coluna é o valor final. As colunas flutuantes entre eles são os valores positivos ou negativos que contribuem.

Gráfico cachoeira



fonte: FusionCharts Blog - <https://bitly.li.com/BeScX>

Gráficos radar

Definição

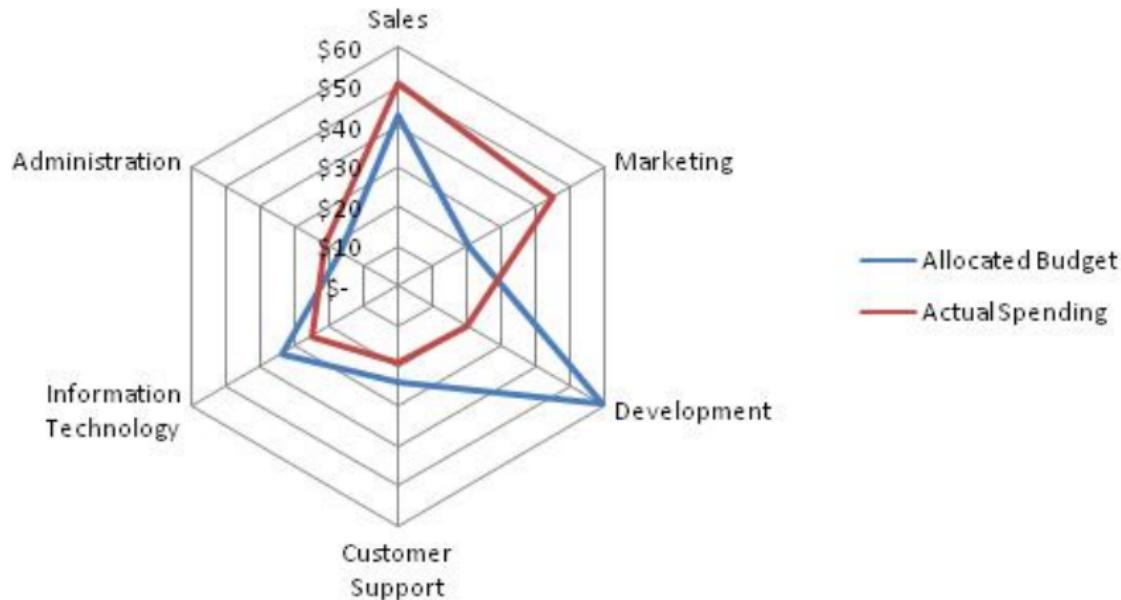
Gráficos de radar representam dados com várias dimensões.

Eles possuem uma estrutura radial semelhante a uma grade com os valores de diferentes categorias nos eixos do gráfico, que possuem a mesma origem.

Três ou mais variáveis quantitativas podem ser representadas nestes gráficos.

A posição relativa e o ângulo dos eixos geralmente não são informativos.

Gráfico radar



fonte: David Clement - <https://bitly.li.com/ZcmNA>

Gráficos de coordenadas paralelas

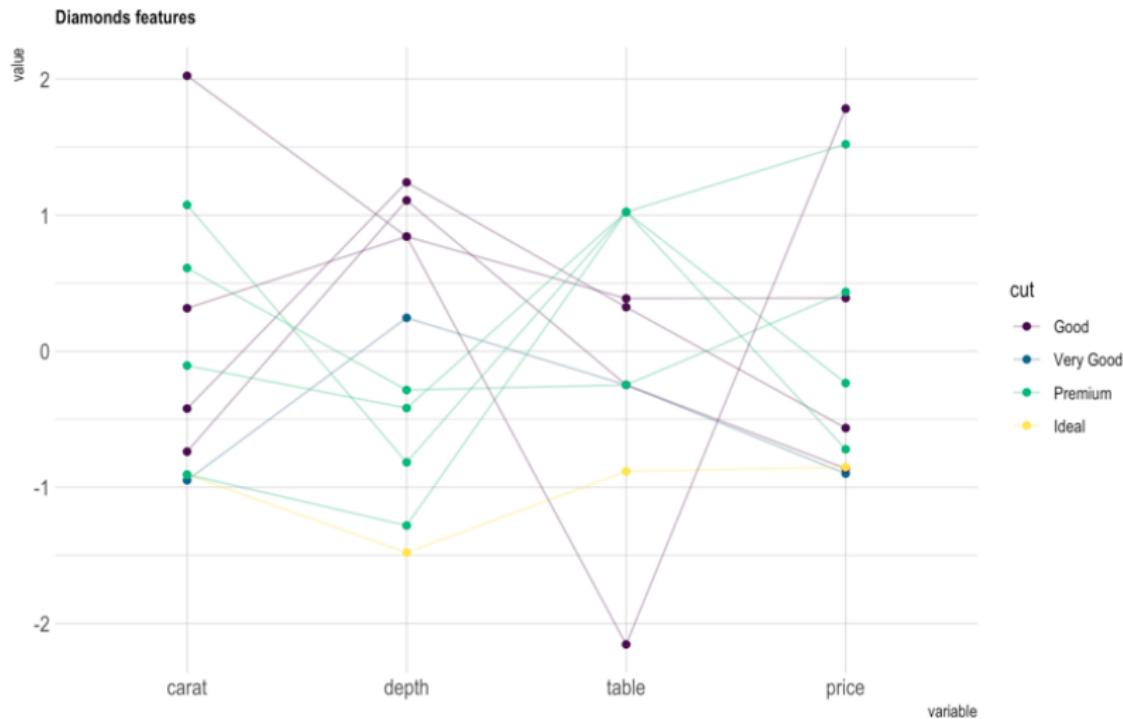
Definição

Gráficos de coordenadas paralelas, ou *parallel coordinates plots*, permitem comparar a característica de várias observações individuais de um conjunto de variáveis numéricas.

Cada barra vertical representa uma variável, que podem ter sua própria unidade de medida.

Os valores são apresentados como uma série de linhas conectadas em cada barra.

Gráficos de coordenadas paralelas



fonte: <https://bitlyli.com/lpjKl>

Gráficos de coordenadas paralelas

Definição

É possível analisar as características das amostras para diversas variáveis quantitativas.

Um ponto forte é que as variáveis podem até ser completamente diferentes: intervalos diferentes e até unidades diferentes.

Em análise de algoritmos, estes gráficos ajudam a visualizar a relação entre diferentes atributos, e.g., conflitos.

Boxplots

O exemplo a seguir foi extraído do artigo

- ▶ Gandra, V. M. S., Çalik, H., Toffolo, T. A., Carvalho, M. A. M., & Berghe, G. V. (2022). *The Vessel Swap-Body Routing Problem*. European Journal of Operational Research.

Vessel Swap-Body Routing (VSBR)

O VSBR é um problema de roteamento aberto com janelas de tempo, entregas e coletas.

O roteamento é principalmente hidroviário, porém, pode ser complementado por transporte terrestre.

Devido às janelas de tempo, pode não ser possível atender todos os clientes.

Os indicadores são o custo do roteamento, a penalidade por transporte terrestre e taxa de entregas não realizadas.

Gráficos de coordenadas paralelas

Figure 6 illustrates the relationship between routing costs and the percentage of unscheduled request (U%) with a parallel coordinates plot. For this experiment, a large number of solutions were generated by uniformly selecting how many requests would remain unscheduled, while the other requests were randomly inserted into their first feasible position. Routing costs were normalized between 1 and 1000 for a better visualization of the results. These results demonstrate how larger routing costs are associated with low percentages of unscheduled requests, while low routing costs are associated with a high proportion of unscheduled requests.

Gráficos de coordenadas paralelas

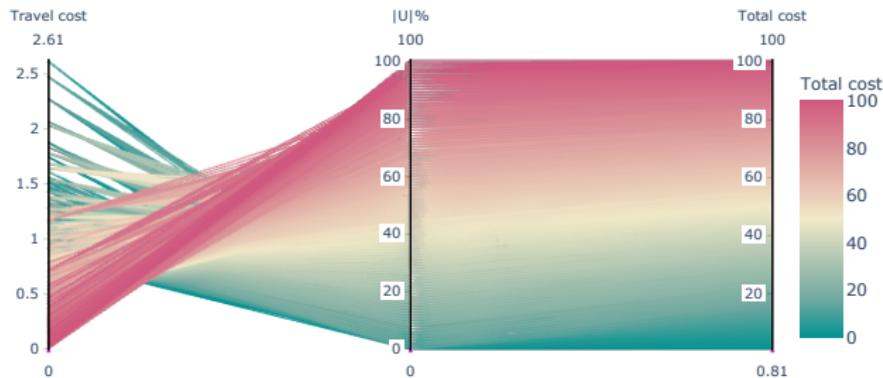


Figure 6: Relationship between travel cost, percentage of unserved requests and total cost.

Time-To-Target Plots

Os *Time-To-Target Plots*, ou *ttt-plots* são uma maneira de reportar a convergência de um método.

A hipótese é a de que o tempo de execução de um método se assemelha a uma distribuição exponencial se o método for executado uma quantidade suficiente de vezes.

Time-To-Target Plots

O método é executado várias vezes independentes (e.g., 100) para algumas instâncias selecionadas e é parado quando um resultado aproximado de um valor **alvo** é obtido.

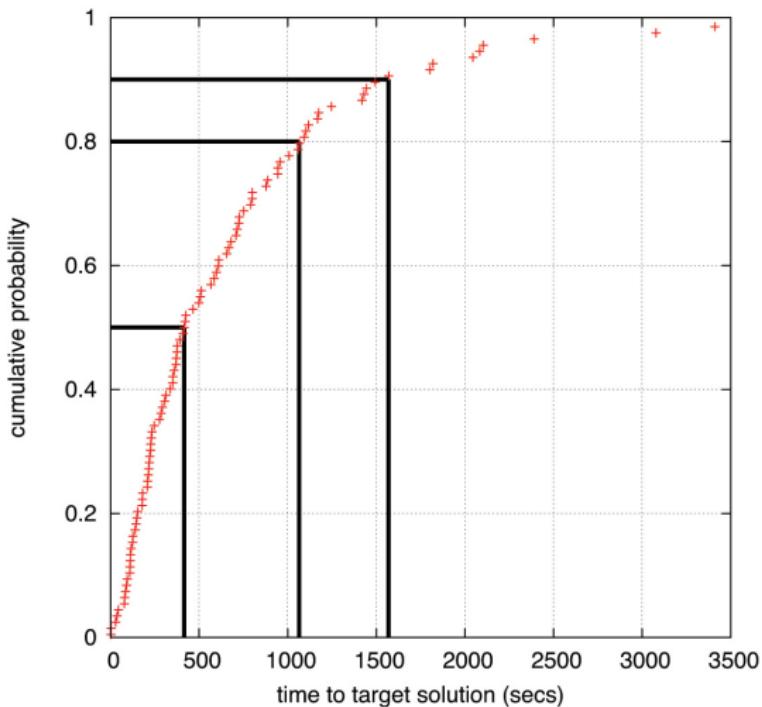
Normalmente se observa um resultado 5% próximo à melhor solução conhecida para cada instância, ou solução ótima, se disponível.

Time-To-Target Plots

O ttt-plot indica, dada uma quantidade fixa de iterações (ou tempo), qual a probabilidade que o método possui de gerar uma solução tão boa quanto a do resultado alvo.

Quando diferentes métodos são comparados quanto à convergência, a posição relativa dos gráficos na curva indica qual método possui maior probabilidade de obter tal solução.

Representações gráficas



Interpretação de um *ttt-plot*.

Time-To-Target Plots

A interpretação do *ttt-plot* é feita em relação à curva teórica e em relação ao eixo de probabilidade acumulada.

Quanto mais próxima da curva teórica a convergência do algoritmo estiver, mais precisa é a análise da probabilidade acumulada, que indica qual a probabilidade do algoritmo convergir até o tempo indicado no eixo de tempo.

Time-To-Target Plots

Por exemplo, na figura (sem a convergência teórica), é possível interpretar que:

- ▶ Com probabilidade 50% o algoritmo converge antes de 500 unidades de tempo;
- ▶ Com probabilidade 80% o algoritmo converge com pouco mais de 1000 unidades de tempo;
- ▶ Com probabilidade 90% o algoritmo converge pouco depois de 1500 unidades de tempo.

Boxplots

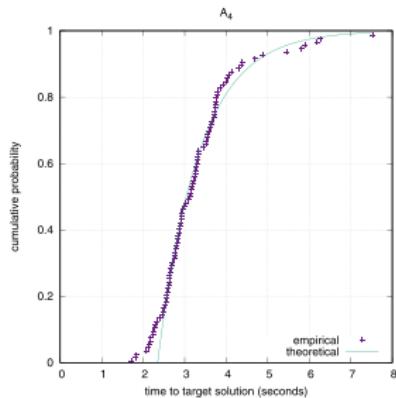
Os exemplos a seguir foram extraídos do artigo

- ▶ Soares, L. C., Reinsma, J. A., Nascimento, L. H., & Carvalho, M. A. (2020). *Heuristic methods to consecutive block minimization.* Computers & Operations Research, 120, 104948.

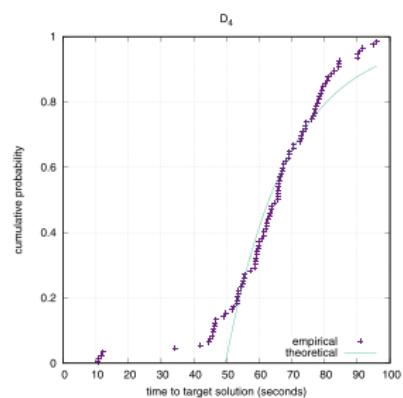
Time-To-Target Plots

Time-to-target plots (Aiex et al., 2007), or ttt-plots, were used to illustrate the ILS convergence. The hypothesis behind ttt-plots is that a method's running time adjusts to an exponential distribution if the method is executed enough times. Six instances were randomly selected to generate the ttt-plots. For each instance, ILS was run independently 100 times and reported the time needed to reach a target solution value of no more than 5% greater than the best-known solution for the instance. The resulting distribution (*empirical*, represented by the crosses) was compared with the exponential distribution (*theoretical*, represented by the line). The ttt-plots show the cumulative probability (y axis) of the method reach a target solution over time(x axis).

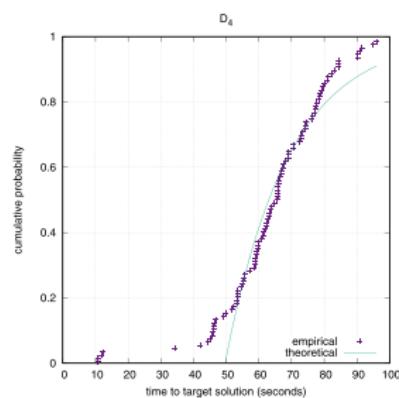
Time-To-Target Plots



(a) Artificial instance A4.

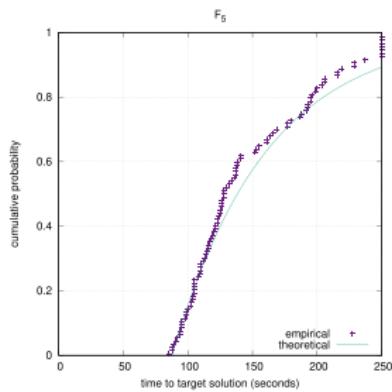


(b) Artificial instance B5.

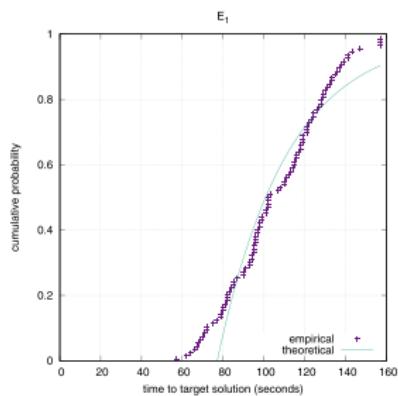


(c) Artificial instance D4.

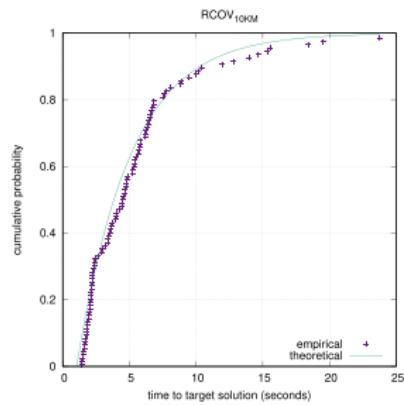
Time-To-Target Plots



(d) Artificial instance $F5$.



(e) Artificial instance $E1$.



(f) Real-world instance $RCOV_{10km}$.

Time-To-Target Plots

Fig. 3 (a) - (f) illustrates the convergence of ILS for six instances. All graphs are interpreted in an analogous way. For example, for the artificial instance A_4 , illustrated in (a), it is possible to observe that the probability of ILS finding a solution as good as the target value in 7 seconds is 99%, confirming the efficiency of the second established stopping criterion, the dynamic limit on running time.

Time-To-Target Plots

Há um *script* em linguagem perl que pode ser baixado do site^a do criador dos *ttt-plots*.

É necessário ter o *gnuplot* instalado em seu computador.

A versão de 2018 do *script* tinha um problema de retrocompatibilidade com o *gnuplot*, então há uma versão corrigida na pasta *tttplots* do Dropbox.

^a<https://bitlyli.com/ATKQJ>

Time-To-Target Plots

No terminal, execute o *script perl* com o arquivo de entrada *instancia.dat*.

Note que o nome do arquivo é o mesmo nome da instância que foi resolvida, porque este nome será utilizado no título do gráfico – não se trata do arquivo original da instância.

Adicionalmente, não utilize a extensão do arquivo na linha de comando.

Time-To-Target Plots

No arquivo de entrada, deve haver um número por linha, correspondente ao tempo de execução ou número de iterações que o algoritmo levou para atingir a solução alvo dentro da margem de tolerância.

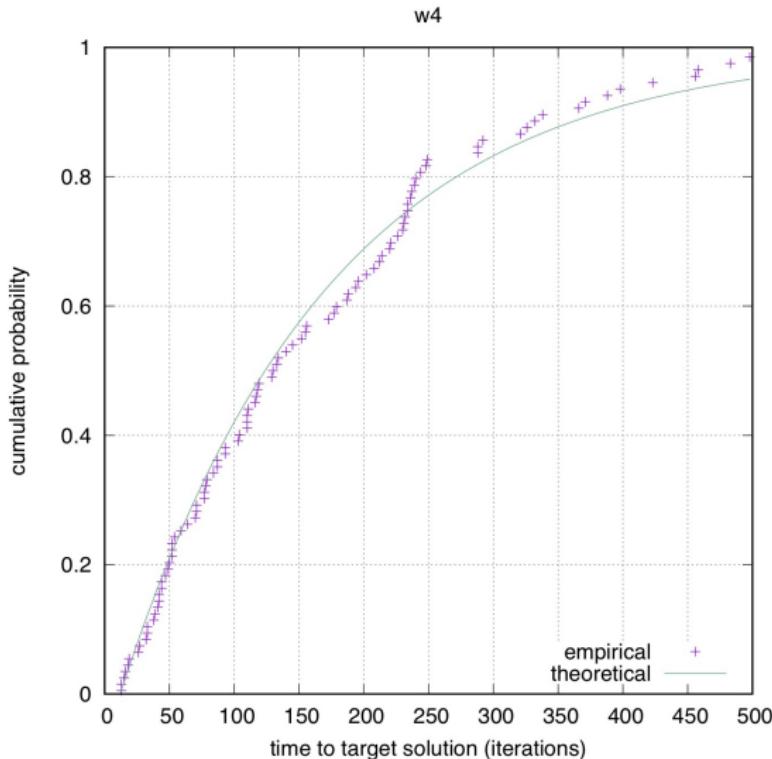
Por exemplo, um método que foi rodado duas vezes, demorando 5 unidades de tempo na primeira execução e 3 unidades de tempo na segunda execução, gera o arquivo com o valor 5 na primeira linha e o valor 3 na segunda linha, apenas.

Time-To-Target Plots

- ▶ Para executar o script:

```
1 perl ttplots.pl -f instancia
```

Representações gráficas



ttt-plot com distribuições “empirical” e “theoretical”.

Time-To-Target Plots

Após a execução do *script*, será gerada uma série de arquivos auxiliares e dois gráficos serão plotados: *instancia-qq.ps* e *input-exp.ps*.

O segundo gráfico é o que nos interessa, e mostra duas distribuições sobrepostas: “empirical” e “theoretical”.

A primeira é a convergência observada do algoritmo e a segunda é a convergência teórica, exponencial.

Time-To-Target Plots

Caso esteja comparando a convergência de dois métodos, utilize o *script* `tttplots-comparea` com um arquivo separado para cada método.

O resultado é apenas a probabilidade de que a convergência do primeiro método seja menor ou igual à convergência do segundo método para uma determinada instância.

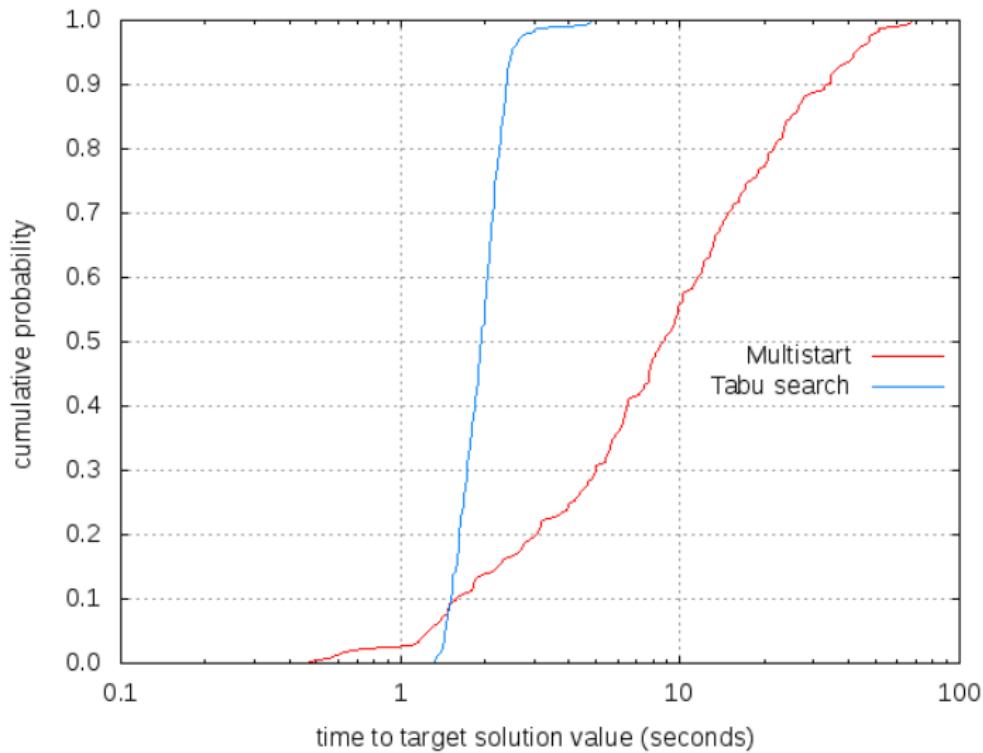
^a<https://bitly.li.com/BVHSQ>

Representações gráficas

- ▶ Para executar o script:

```
1 perl ttpplots-compare.pl -f inputfilename1 inputfilename2
```

Representações gráficas



Comparação usando ttt-plots.

Ressalva

É importante notar que *ttt-plots* tão somente refletem a probabilidade de convergência para uma instância.

Generalizar conclusões de um *ttt-plot* para todo um conjunto de instâncias é uma falácia.

Para fins de ilustração da convergência de um algoritmo, são selecionadas instâncias aleatoriamente de diferentes conjuntos e gerados *ttt-plots*.

Caso haja instâncias com significados especiais, estas podem ser incluídas também.

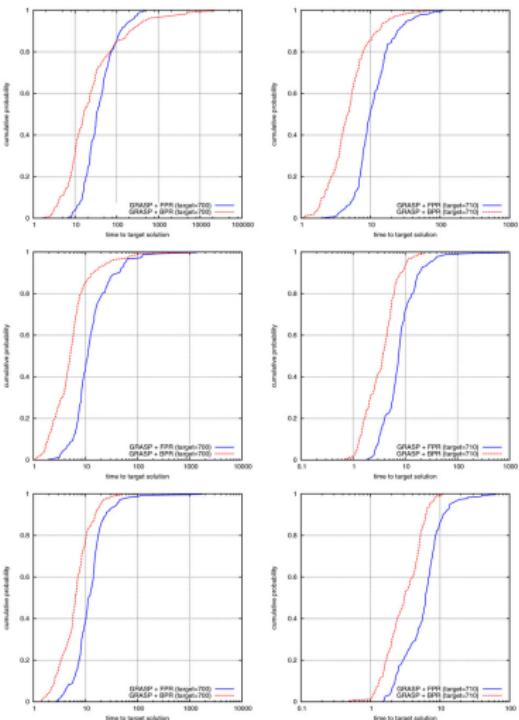
Multiple Time-To-Target Plots

Os *Multiple Time-To-Target Plots* (*mttt-plots*) são uma extensão dos *ttt-plots*.

Ao invés de realizar a análise a respeito de uma única instância para um problema de otimização, os *mttt-plots* analisam várias instâncias.

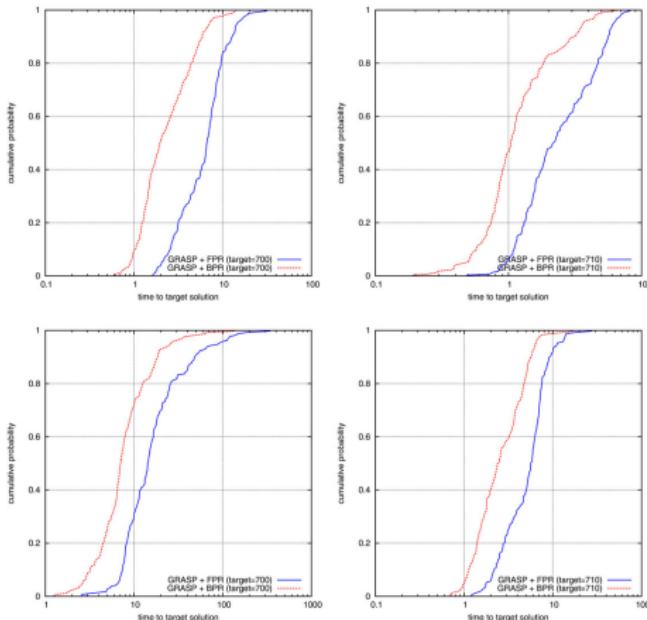
Ainda não há *script*.

Multiple Time-To-Target Plots



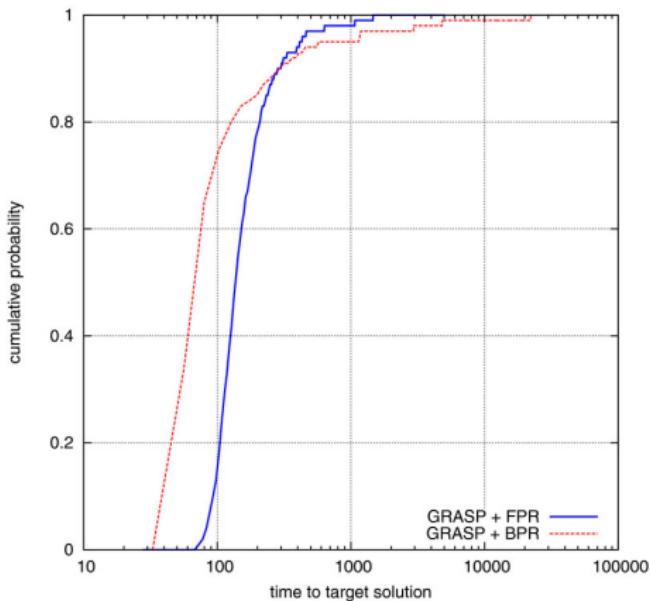
ttt-plots individuais.

Multiple Time-To-Target Plots



ttt-plots individuais.

Representações gráficas



Síntese do dez ttt-plots anteriores usando um mttt-plot.

Leitura recomendada

- ▶ AIEX, Renata M.; RESENDE, Mauricio GC; RIBEIRO, Celso C. TTT plots: *a perl program to create time-to-target plots*. Optimization Letters, v. 1, n. 4, p. 355-366, 2007. Material suplementar disponível em <https://bitlyli.com/ATKQJ>
- ▶ REYES, Alberto; RIBEIRO, Celso C. *Extending time-to-target plots to multiple instances*. International Transactions in Operational Research, v. 25, n. 5, p. 1515-1536, 2018.

Dúvidas?

