



# PROCESSOS DE PARAMETRIZAÇÃO DO CPLEX

Marcos Mansano Furlan

Doutorando em Ciências da Computação e Matemática  
Computacional

ICMC – USP

[mafurlan@icmc.usp.br](mailto:mafurlan@icmc.usp.br)

# TÓPICOS DA APRESENTAÇÃO

- Tipos de parâmetros do CPLEX
- Função tuneParam do CPLEX
- Dificuldade encontradas no uso do tuningParam
- Heurística de parametrização hierárquica
- Resultados preliminares
- Método de parametrização baseado em ILS (próximos passos)



# TIPOS DE PARÂMETROS DO CPLEX

- Divisão por tipo:

- Reais (Ex.: tolerâncias, precisões de gap e tempo, ...)
- Inteiros (Ex.: Opção de ferramentas, limites inteiros como cortes e passadas do presolver, ...)
- Binários (Ex.: Ligação de heurísticas, presolver, ...)

- Divisão por uso:

- Simplex, Barreira, MIP, MIP geral, MIP estratégias, MIP cortes, MIP tolerâncias, MIP limites, Polimento de solução, Rede, Otimização paralela, *Sifting*, Preprocessamento, Tolerâncias, Limites e Saídas e Logs

[Lista completa de parâmetros](#)

[Lista de parâmetros por uso](#)



# FUNÇÃO TUNEPARAM DO CPLEX

```
o public IloInt tuneParam(IloArray< const char* > filename,  
IloCplex::ParameterSet fixedset)
```

- o Filename – Vetor com nome das instâncias que serão otimização (arquivos LP);  
Ex.: inst1.lp
- o Fixedset – Arquivo com os parâmetros que não devem ser modificados durante o tuneParam;

P.S.: Ambos os argumentos não são obrigatórios, pois pode-se otimizar os parâmetros apenas sobre uma instância e sem fixar nenhum parâmetro a priori. Neste caso, a instância deve ter sido carregada no IloCplex que invoca o tuneParam.



# CONTROLE DO PROCESSO DE TUNNING

- Existem 7 parâmetros para configurar o processo de tuning:

Parâmetro	Descrição
TiLim	Tempo total usado durante o processo de tuning
DetTiLim	Tempo determinístico total
TuningTiLim	Tempo usado em cada corrida
TuningDetTiLim	Tempo determinístico usado em cada corrida
TuningMeasure	Controla a avaliação das corridas
TuningRepeat	Define a quantidade de repetições para cada problema
TuningDisplay	Controla o nível de detalhamento da saída



# CONTROLE DO PROCESSO DE TUNNING

- TuningMeasure:
  - CPX\_TUNE\_AVERAGE – usa a média de tempo das corridas;
  - CPX\_TUNE\_MINMAX – usa a métrica minmax de tempo de corrida (obter o menor tempo máximo).
- TuningDisplay:

Valor	Descrição
0	Desliga a saída em tela
1	Relatório mínimo de resultados; <b>padrão</b>
2	Relatório mínimo de resultados e parâmetros sendo usados
3	Relatórios completos de resultados (corridas do CPLEX)

# NÍVEL DE DETALHAMENTO DA SAÍDA (3 E 2)

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Reading problem 'saida6.lp' for tuning.
Reading problem 'saida7.lp' for tuning.
Reading problem 'saida8.lp' for tuning.
Reading problem 'saida9.lp' for tuning.
Reading problem 'saida10.lp' for tuning.
Reading problem 'saida11.lp' for tuning.
Reading problem 'saida12.lp' for tuning.
Reading problem 'saida13.lp' for tuning.
Reading problem 'saida14.lp' for tuning.
Reading problem 'saida15.lp' for tuning.
Reading problem 'saida16.lp' for tuning.
Reading problem 'saida17.lp' for tuning.
Reading problem 'saida18.lp' for tuning.
Reading problem 'saida19.lp' for tuning.
Reading problem 'saida20.lp' for tuning.
Tuning on problem 'saida1.lp'
Test 'defaults':
Tried aggregator 2 times.
MIP Presolve eliminated 1743 rows and 1489 columns.
MIP Presolve modified 1059 coefficients.
Aggregator did 195 substitutions.
Reduced MIP has 6701 rows, 26481 columns, and 134811 nonzeros.
Reduced MIP has 1479 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
Presolve time = 0.14 sec. (72.45 ticks)
Found incumbent of value 292922.565773 after 0.28 sec. (128.00 ticks)
Probing fixed 0 vars, tightened 8 bounds.
Probing time = 0.11 sec. (49.51 ticks)
Tried aggregator 1 time.
MIP Presolve eliminated 16 rows and 0 columns.
MIP Presolve modified 18 coefficients.
Reduced MIP has 6685 rows, 26481 columns, and 134795 nonzeros.
Reduced MIP has 1500 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
Presolve time = 0.11 sec. (51.17 ticks)
Probing time = 0.05 sec. (12.03 ticks)
Cover probing fixed 0 vars, tightened 513 bounds.
Clique table members: 35592.
MIP emphasis: balance optimality and feasibility.
MIP search method: dynamic search.
Parallel mode: deterministic, using up to 2 threads.
Root relaxation solution time = 1.62 sec. (876.27 ticks)

  Nodes
  Node Left  Objective  IInf  Best Integer  Best Cuts/
  * 0+ 0      292922.5658  -14835.8952  42 105.06%
  * 0+ 0      292263.7919  -14835.8952  42 105.08%
    0 0      43902.0422  901  292263.7919  43902.0422  42 84.98%
    0 0      47821.4089  732  292263.7919  Cuts: 303 5840 83.64%
    0 0      52825.9445  772  292263.7919  Cuts: 367 15736 81.93%
    0 0      55873.6811  776  292263.7919  Cuts: 427 25135 80.88%
```

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
saida14.lp
saida15.lp
saida16.lp
saida17.lp
saida18.lp
saida19.lp
saida20.lp
Fixed parameters:fixed.prm
Reading problem 'saida1.lp' for tuning.
Reading problem 'saida2.lp' for tuning.
Reading problem 'saida3.lp' for tuning.
Reading problem 'saida4.lp' for tuning.
Reading problem 'saida5.lp' for tuning.
Reading problem 'saida6.lp' for tuning.
Reading problem 'saida7.lp' for tuning.
Reading problem 'saida8.lp' for tuning.
Reading problem 'saida9.lp' for tuning.
Reading problem 'saida10.lp' for tuning.
Reading problem 'saida11.lp' for tuning.
Reading problem 'saida12.lp' for tuning.
Reading problem 'saida13.lp' for tuning.
Reading problem 'saida14.lp' for tuning.
Reading problem 'saida15.lp' for tuning.
Reading problem 'saida16.lp' for tuning.
Reading problem 'saida17.lp' for tuning.
Reading problem 'saida18.lp' for tuning.
Reading problem 'saida19.lp' for tuning.
Reading problem 'saida20.lp' for tuning.
Tuning on problem 'saida1.lp'
Test 'defaults':
Integer optimal, tolerance.
Time = 39.05 sec. (30133.83 ticks) Objective = 230717 Best bound = 55873.7
Tuning on problem 'saida2.lp'
Test 'defaults':
Integer optimal, tolerance.
Time = 2.06 sec. (1162.61 ticks) Objective = 161681 Best bound = 63494.7
Tuning on problem 'saida3.lp'
Test 'defaults':
```

# DIFICULDADE ENCONTRADAS NO USO DO TUNNINGPARAM

- A avaliação das soluções se limita ao tempo computacional...
- 1ª tentativa: limitar o tempo (TuningTiLim):
  - Melhor parametrização: Padrão.
- 2ª tentativa: limitar a qualidade (gap):
  - Melhor parametrização: Padrão.
- 3ª tentativa: limitar tempo até determinada qualidade (qualidade atingida no tempo limite com parâmetros no padrão):
  - Melhor parametrização: Padrão.



# HEURÍSTICA DE PARAMETRIZAÇÃO HIERÁRQUICA

- Objetivo: Definir uma parametrização de acordo com resultados de qualidade (gap) e tempo;
- Metodologia:
  - Definir uma sequência de verificação dos parâmetros e valores verificados;
  - Definir uma função de ponderação dos objetivos:
    - Minimizar o tempo;
    - Obter melhor qualidade de soluções (gap);



# HEURÍSTICA DE PARAMETRIZAÇÃO HIERÁRQUICA

- Função de avaliação:
  - Dado que gap varia de 0 até 1 e existe um tempo limite:
    - $f(x) = \alpha \cdot \text{gap}(x) + (1 - \alpha) \cdot \text{tempo}(x)/\text{TL}$ ;
    - Onde, TL é o tempo limite e tempo representa o tempo(x) de solução da corrida x. gap(x) é o desvio relativo da corrida x e  $\alpha$  um parâmetro de ponderação definido pelo usuário.
- Resultado do conjunto de parâmetros:
  - Dado pelo somatório de  $f(x)$  para todas as instâncias com estes parâmetro.



# HEURÍSTICA DE PARAMETRIZAÇÃO HIERÁRQUICA

## ○ Parâmetros verificados:

Parâmetro	Descrição	Valores
PreInd	Chave de ligação do presolver	0
LPMethod	Tipo de método LP usado no nó raiz	1,2,3,4,5,6
CutsFactor	Quantidade de cortes adicionados	1.0,2.0,6.0
Symmetry	Quebra de simetria	0,1,2,3,4,5
MIPEmphasis	Ênfase de solução (factibilidade, otimalidade, melhor limitante, soluções escondidas)	1,2,3,4
SubAlg	Tipo de método LP usado na árvore B&B	1,2,3,4,5
NodeSel		0,2,3
BrDir	Direção da árvore verificada primeiro	-1,1
DiveType	Forma de dive na árvore B&B	1,2,3
VarSel	Seleção das variáveis de branching	-1,1,2,3,4
Probe	Nível de agressividade de sondagem dos nós	-1,1,2,3
LBHeur	Chave de ligação da heurística local branching	1
HeurFreq	Frequência de aplicação de heurísticas	-1,10,100

# AMBIENTE DE TESTES

- Foram escolhidas 10 instâncias aleatoriamente de 540;
- Parâmetros:
  - Tempo limite de cada corrida: 600 segundos;
  - $\alpha$  – 90% (90% para o  $\text{gap}(x)$  e 10% para o  $\text{tempo}(x)/\text{TL}$ );
- Corridas sem solução:
  - $\text{gap}(x) = 100\%$ ;
  - $\text{tempo}(x) = \text{TL}$ ;
  - $f(x) = 1.0$ ;

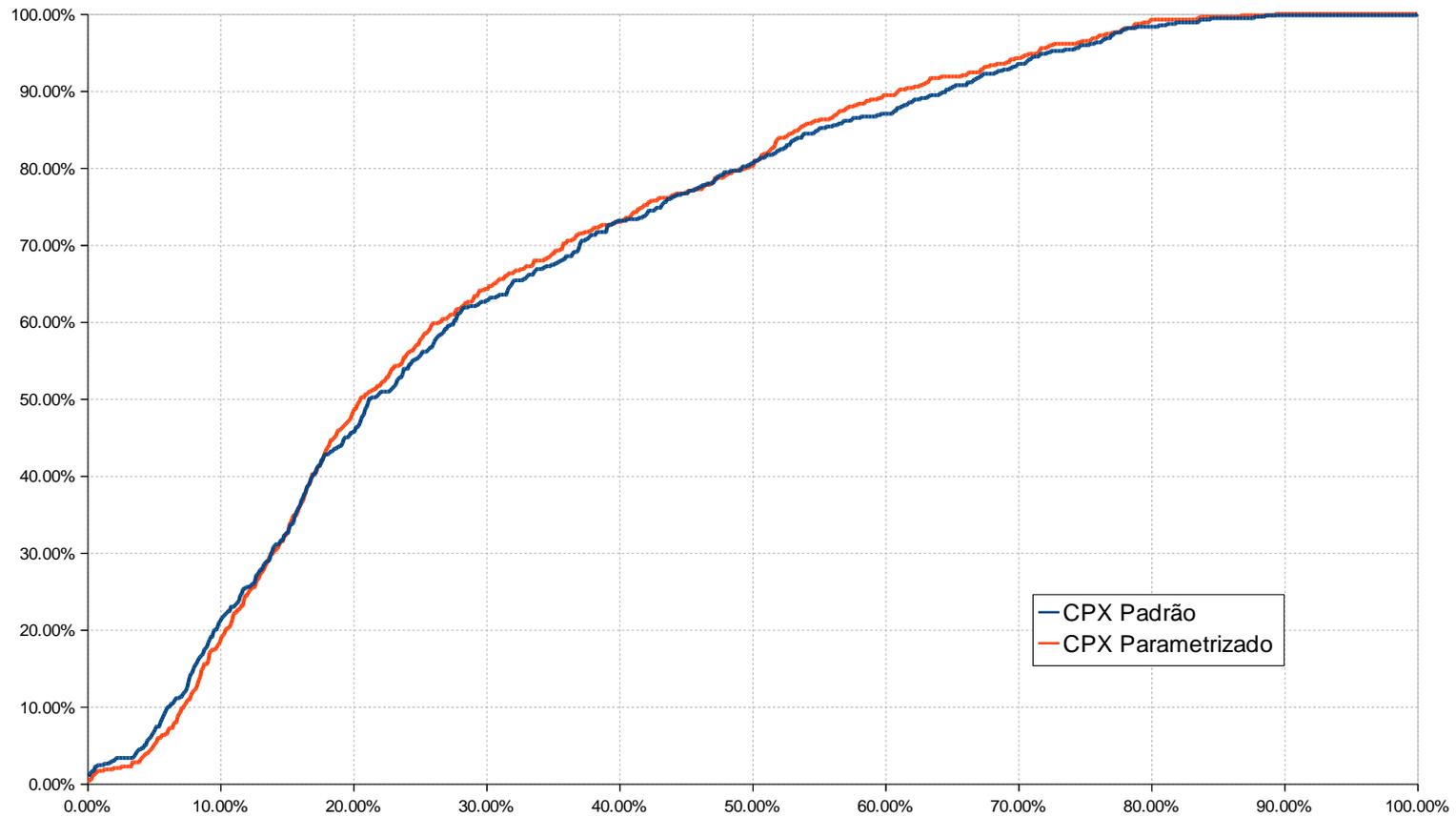


# EXEMPLO DE SAÍDA NA TELA

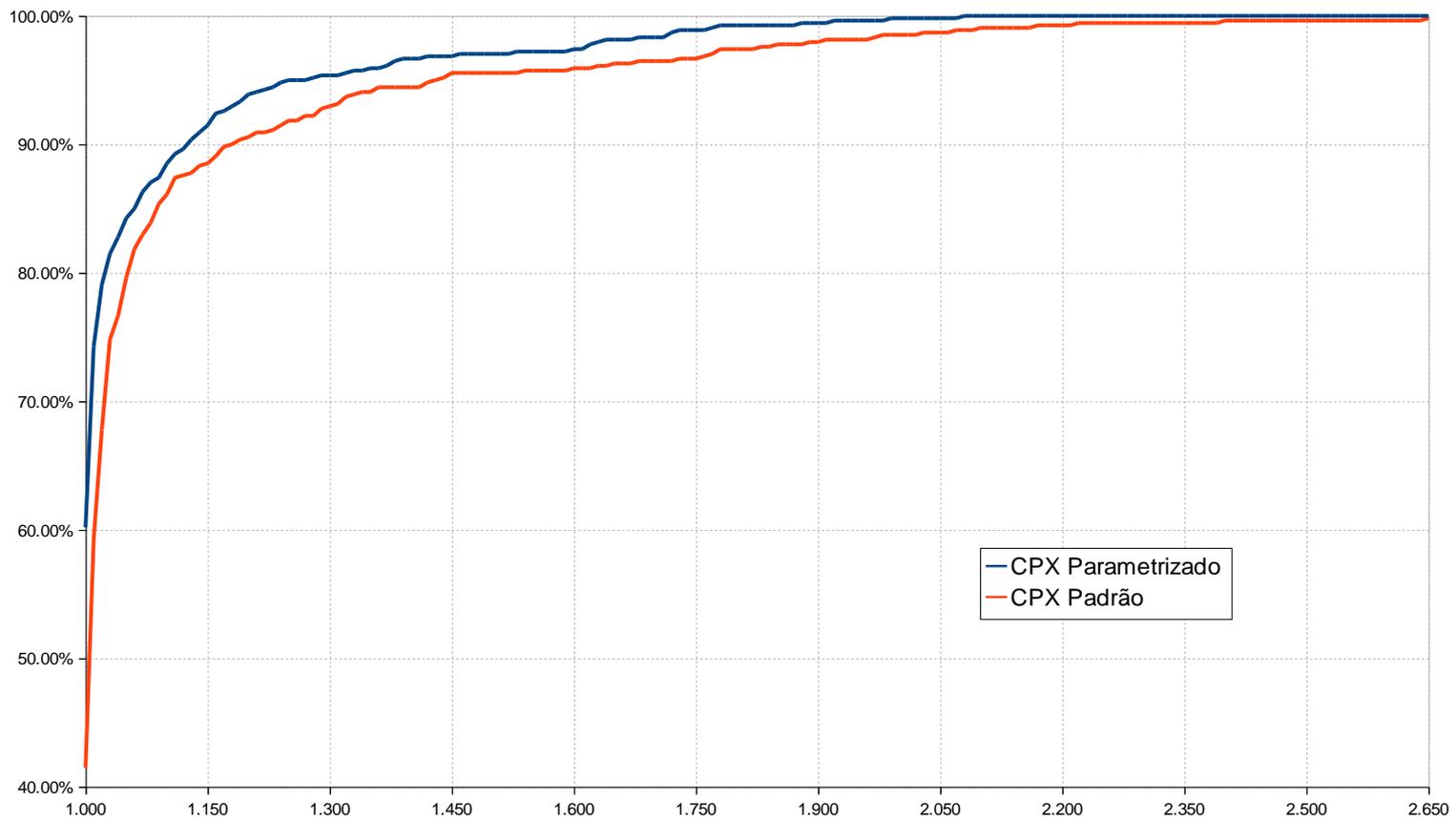
```
Problem set:
saida1.lp
saida2.lp
saida3.lp
saida4.lp
saida5.lp
saida6.lp
saida7.lp
saida8.lp
saida9.lp
saida10.lp
Parameter          Value  Inst   Gap    Time   fx
Default            Default 0    67.70% 600.00 0.71
Default            Default 1    19.73% 600.00 0.28
Default            Default 2    75.29% 600.00 0.78
Default            Default 3    53.66% 600.00 0.58
Default            Default 4    13.27% 600.00 0.22
Default            Default 5    67.10% 600.00 0.70
Default            Default 6    28.96% 600.00 0.36
Default            Default 7    11.34% 600.00 0.20
Default            Default 8    8.21%  600.00 0.17
Default            Default 9    81.39% 600.00 0.83
CPX_PARAM_PREIND   0.00   0     63.40% 600.00 0.67
CPX_PARAM_PREIND   0.00   1     16.51% 600.00 0.25
CPX_PARAM_PREIND   0.00   2     78.64% 600.00 0.81
CPX_PARAM_PREIND   0.00   3     54.72% 600.00 0.59
CPX_PARAM_PREIND   0.00   4     14.19% 600.00 0.23
CPX_PARAM_PREIND   0.00   5     59.16% 600.00 0.63
CPX_PARAM_PREIND   0.00   6     65.12% 600.00 0.69
CPX_PARAM_PREIND   0.00   7     12.04% 600.00 0.21
CPX_PARAM_PREIND   0.00   8     7.63%  600.00 0.17
CPX_PARAM_PREIND   0.00   9     81.25% 600.00 0.83
0                   1     4.84   5.07
[1.00, 0.00]
[4.84, 5.07]
0
CPX_PARAM_LPMETHOD 1.00   0     59.37% 600.00 0.63
CPX_PARAM_LPMETHOD 1.00   1     18.72% 600.00 0.27
CPX_PARAM_LPMETHOD 1.00   2     100.00% 600.00 1.00
```



# RESULTADOS PRELIMINARES



# RESULTADOS PRELIMINARES



# CONCLUSÕES

- O CPLEX Parametrizado:
  - Foi superior no gráfico de Dolan e Moré (soluções inteiras melhores);
  - Obteve gaps similares ou piores (limitante inferiores são piores);
- Motivos:
  - Conjunto de parâmetros enviesado;
  - Tempo limite de tuning insuficiente;
  - Instâncias não totalmente representativas.



# MÉTODO DE PARAMETRIZAÇÃO BASEADO EM ILS

- O paramILS ([Hutter et al. 2009](#)) visa otimizar os parâmetros de métodos de solução;
- Baseado em Iterative Local Search (fugir de mínimos locais);
- Pode ser aplicado a métodos determinísticos e probabilísticos;
- Funciona se os parâmetros forem discretos (ou discretizados)



# MÉTODO DE PARAMETRIZAÇÃO BASEADO EM ILS

- Entrada do usuário:
  - Método a ser parametrizado;
  - Parâmetros a serem utilizados e valores;
  - Conjunto de testes a ser utilizado;
- Métricas de avaliação de cada solução:
  - runtime – tempo de execução;
  - runlength – tamanho da corrida;
  - approx – qualidade aproximada;
  - speedup – aceleração da solução;
  - **Permite a adição de métricas.**



# MÉTODO DE PARAMETRIZAÇÃO BASEADO EM ILS

- Métricas de avaliação de cada conjunto de parâmetros:
  - mean – Média dos resultados;
  - median – Mediana dos resultados;
  - q90 – Quantil de 90%;
  - adj\_mean – Média que leva em consideração corridas sem sucesso;
  - mean1000 – Idem com peso para os insucessos;
  - geomean – Média geométrica dos resultados;



# MÉTODO DE PARAMETRIZAÇÃO BASEADO EM ILS

- Outros informações:
  - Pasta de execução;
  - Se o método é determinístico ou probabilístico;
  - Tempo limite de cada corrida;
  - Tamanho limite de cada corrida (iterações, número de nós, depende do método de solução...);
  - Tempo total de execução do paramILS;
  - Arquivo de parâmetros para o paramILS;
  - Diretório de saída das soluções;
  - Lista de instâncias ou lista de instâncias com sementes para métodos probabilísticos.



# MÉTODO DE PARAMETRIZAÇÃO BASEADO EM ILS

## ○ Parâmetros configuráveis:

- maxEvals – Número máximo de avaliações;
- maxIts – Número máximo de iterações do ILS;
- approach – Variante usada: basic, focused e random;
- N – Para o
  - BasicILS - significa o número de avaliações em cada conjunto de parâmetros;
  - FocusedILD – significa o número máximo de avaliações em cada conjunto de parâmetros;
- userunlog – se definido com true, gera arquivo de log com todas as configurações e resultados gerados.



## PARA MAIS INFORMAÇÕES

- paramLS project – [link](#)
- Artigo recente sobre o assunto - [link](#)

