



Uma Heurística Aplicada à Produção em Microeletrônica



João Vitor M. dos Santos
joao.vitor.mascarenhas@yahoo.com.br
Universidade Federal de Ouro Preto - MG



Marco A. M. Carvalho
mamc@iceb.ufop.br
Universidade Federal de Ouro Preto - MG





Descrição do Problema

Motivação

Exemplo

INTRODUÇÃO

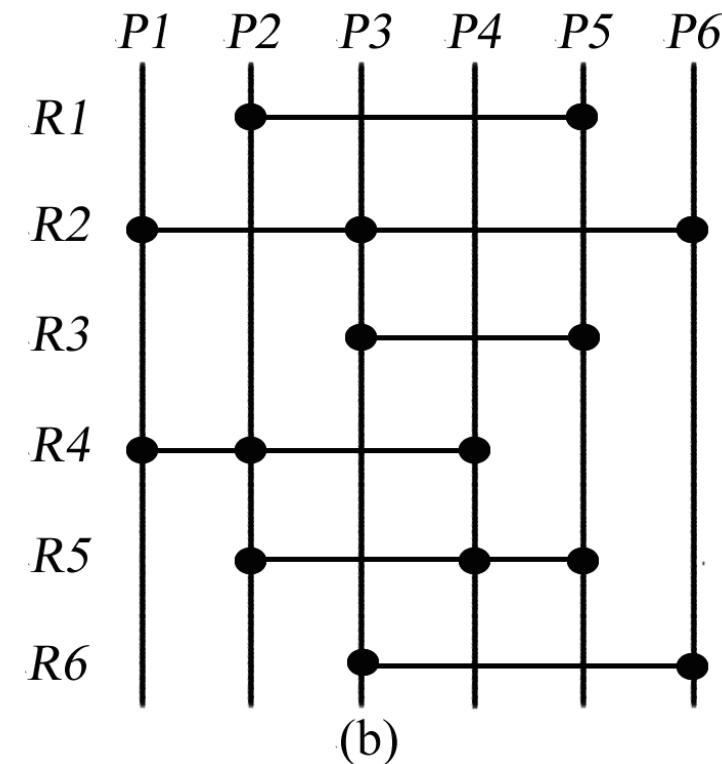
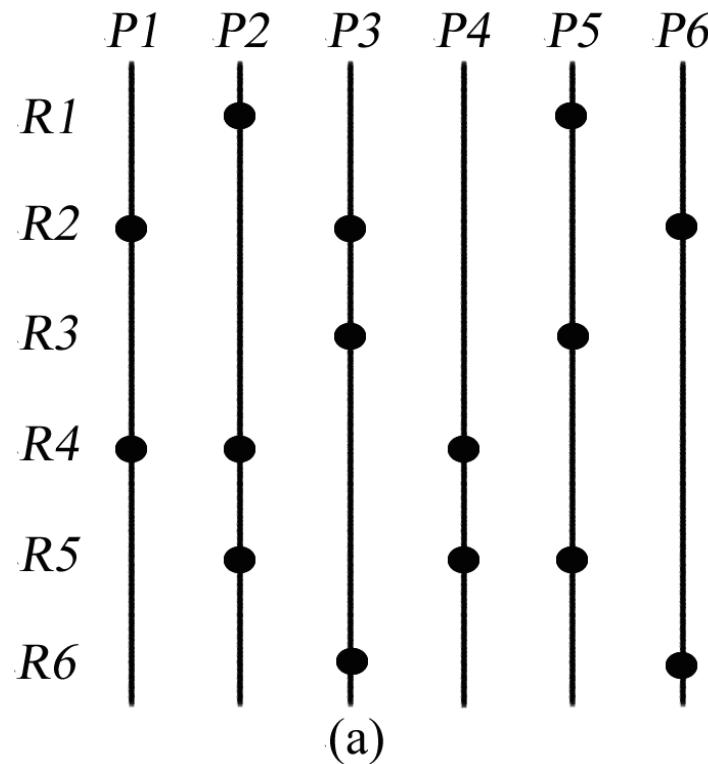


Descrição do Problema

- Uma *Matriz de Portas* é um dispositivo lógico
 - Dispõe de duas dimensões de *portas*, uma AND e outra OR, ambas programáveis;
 - Utilizada para implementar circuitos lógicos combinatórios em larga escala (VLSI);
 - Composta por n portas lógicas e m *redes* (subconjuntos de portas ligadas por um *fio*);
- No caso de diferentes *redes* utilizarem uma mesma porta, cada rede deve ser alocada em uma *trilha* diferente garantindo assim, que não haja sobreposição das *redes* no circuito.



Descrição do Problema

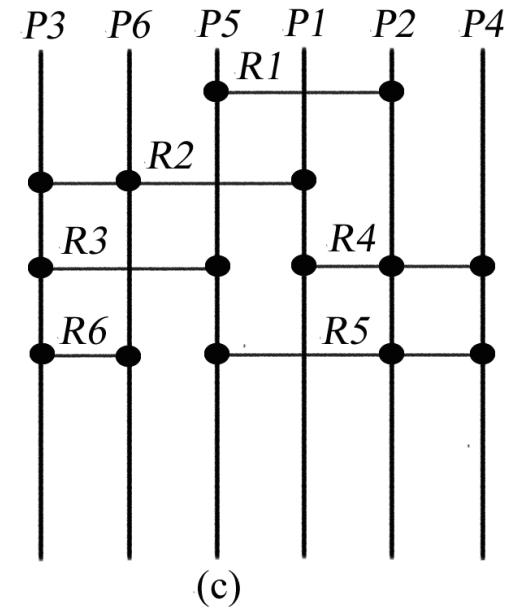
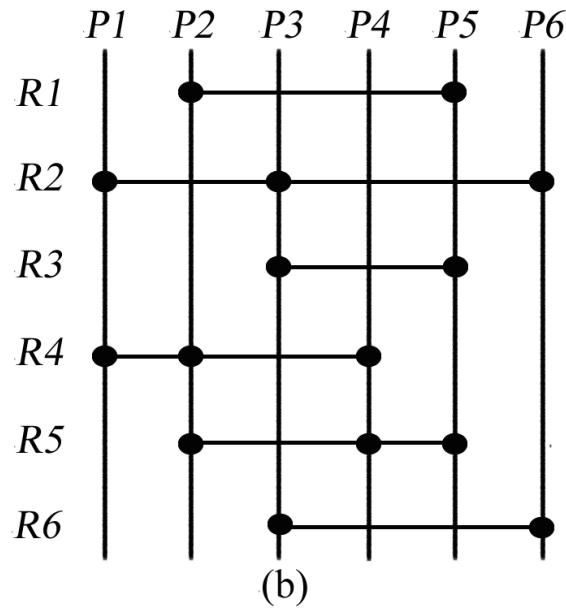
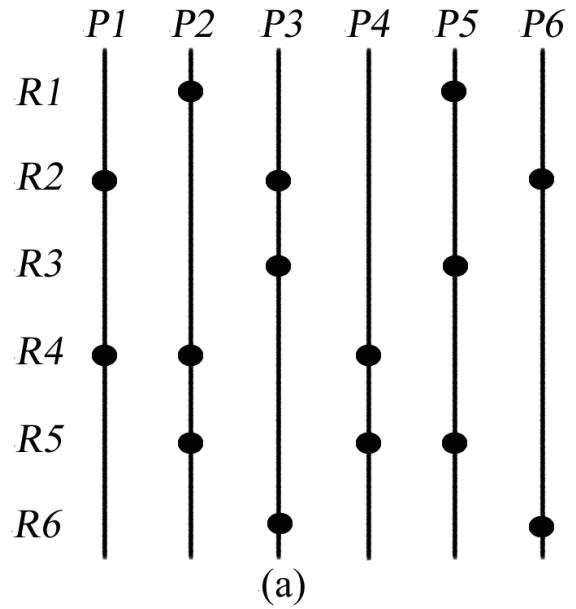


Descrição do Problema

O Problema de Determinação do Leiaute de Matrizes de Portas (ou GMLP, do inglês *Gate Matrix Layout Problem*), consiste em determinar uma permutação das portas de uma matriz tal que a quantidade de trilhas necessárias para implementar todas as redes seja minimizada, e, por consequência, a área do circuito também seja minimizada.



Exemplo



Exemplo

$M =$

1	2	3	4	5	6
0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0
0	0	1	0	0	1

(a)

$M_\phi =$

3	6	5	1	2	4
0	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0

(b)

$\bar{M}_\phi =$

3	6	5	1	2	4
0	0	1	1	1	0
1	1	1	1	0	0
1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0

(c)



Motivação

- O GMLP é NP-Difícil e possui uma variedade de problemas equivalentes:
 - Corte de estoque;
 - Projeto VLSI;
 - Problemas em grafos.
- Instalação em Minas Gerais da primeira fábrica de semicondutores do hemisfério sul em 2015.





Representação
Pré-Processamento
Busca em Largura
Sequenciamento dos Portas
Busca Local

HEURÍSTICA PROPOSTA

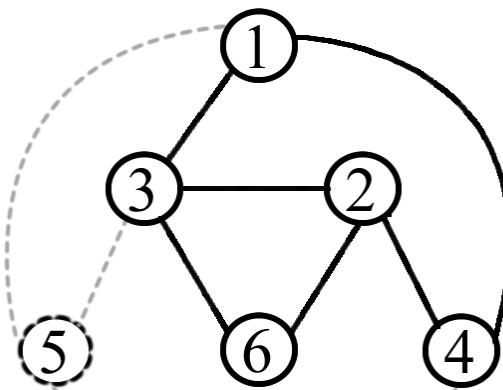
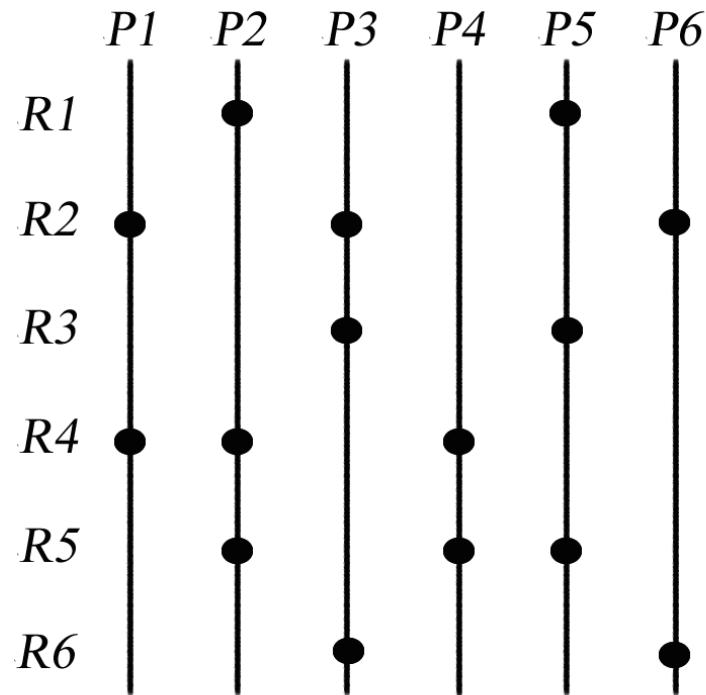


Representação

- Em grafos GMLP, vértices correspondem às redes
 - Arestras conectam redes que compartilham pelo menos uma porta em comum;
 - Arestras múltiplas não são consideradas;
 - Cada porta induz um clique no grafo;
 - Existem algoritmos polinomiais para algumas topologias especiais.

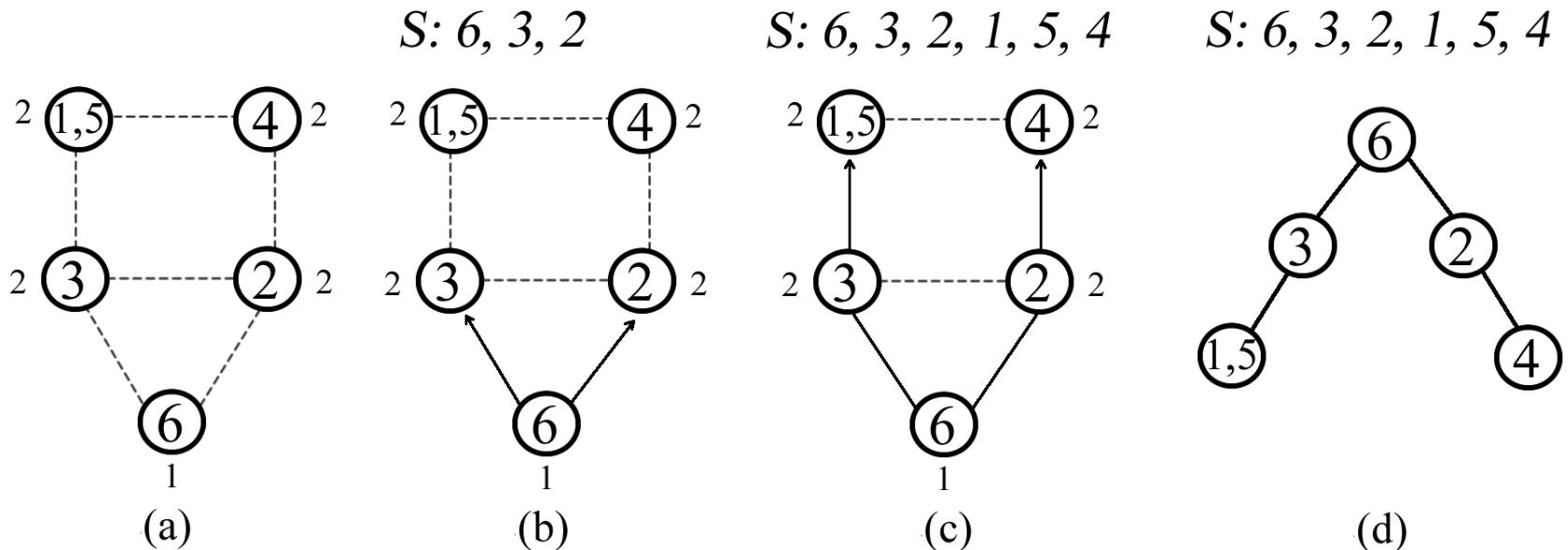


Pré-Processamento



Busca em Largura

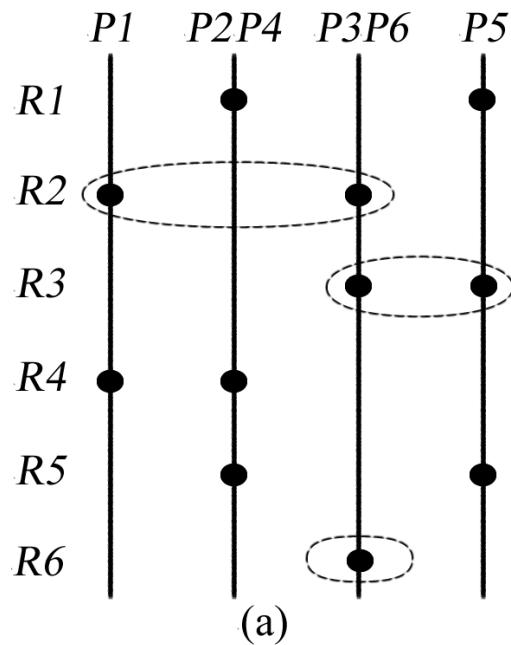
- **Estratégia efetiva:** sequenciar as portas levando em consideração o relacionamento entre as redes;
- Redes são sequenciadas via **BFS**
 - Critério guloso: preferência por vértices que representem as redes com menor número de portas.



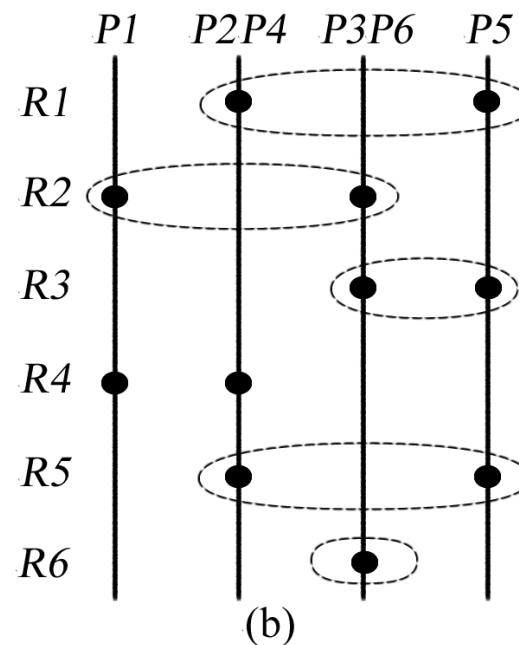
Sequenciamento de Portas

Princípio: manter a relação estabelecida na sequência de redes, de maneira que portas não sejam sequenciadas prematuramente.

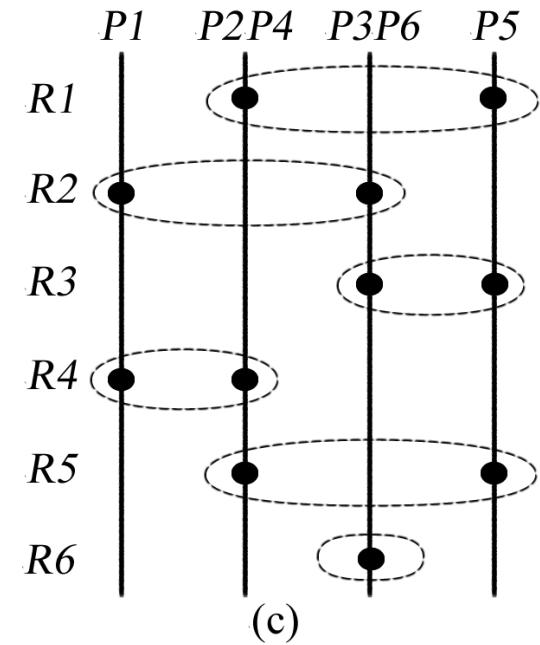
$$\phi=[3, 6]$$



$$\phi=[3, 6, 5]$$



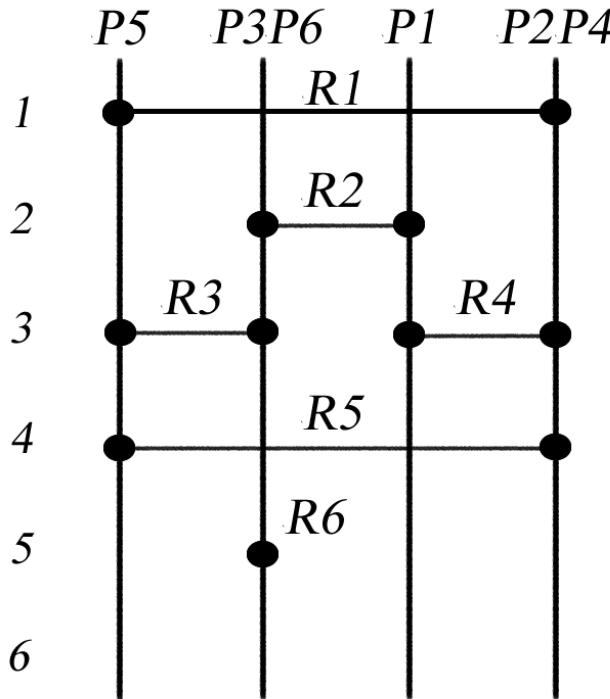
$$\phi=[3, 6, 5, 1, 2, 4]$$



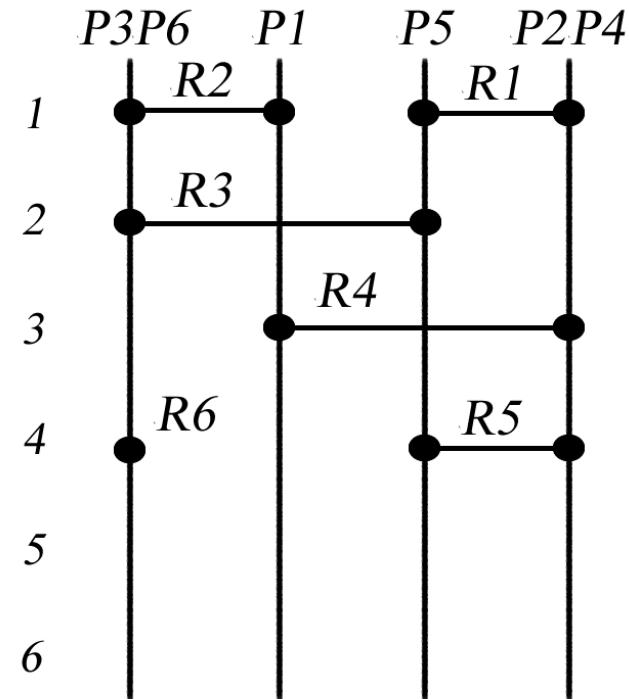
Busca Local

Intuição: aproximar portas de uma mesma rede, reduzindo o comprimento dos fios utilizados.

$$\phi_2 = [5, 3, 6, 1, 2, 4]$$



$$\phi_3 = [3, 6, 1, 5, 2, 4]$$





Instâncias

Ambiente Computacional

Resultados

EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS



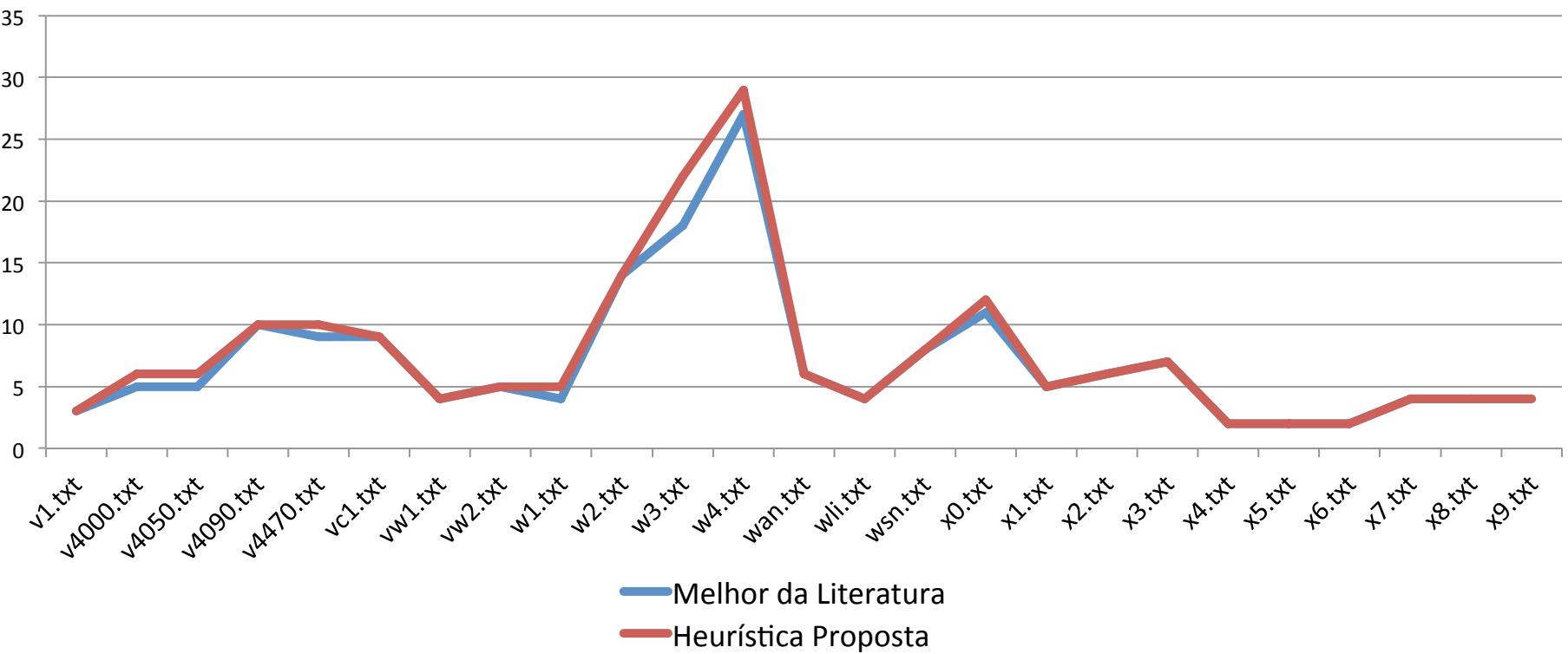
Instâncias

- Instâncias reais de projeto VLSI
 - Hu e Chen, 1990;
 - 25 instâncias;
 - Dimensões entre 7×7 e 202×41 .
- Instâncias reais MOSP
 - SCOOP Consortium, 2009;
 - 187 instâncias;
 - Dimensões entre 2×2 e 134×37 ;
 - Seleção de subconjunto das 15 maiores instâncias.
- Instâncias MOSP artificiais (2014)
 - 150 instâncias
 - Dimensões entre 150×150 e 200×200 .

Ambiente Computacional

- Intel i5 Quad Core 3.2 GHz;
- 16 GB RAM;
- Ubuntu 12.4.1;
- Soluções de referência
 - Busca Predatória (Linhares, 1999)
 - Algoritmo Genético Construtivo (Oliveira e Lorena, 2002);
 - Algoritmo Genético (De Giovanni et al, 2013);
 - Programação Dinâmica (Chu e Stuckey, 2009).

Instâncias VLSI



Instâncias *SCOOP Consortium*

Método	Wood. A	Wood. B
Algoritmo Genético (De Giovanni et al, 2013)	5,75	5,73
Heurística Proposta	5,00	5,91

- Soluções individuais não reportadas;
- Soluções do conjunto *Wood. A* melhoradas;
- Gap de 3,14% para o conjunto *Wood. B* (2 trilhas em todo o conjunto);
- Tempo de execução: 0,02 segundos.

Instâncias MOSP

- Gap de 7,35%;
- Tempo de execução máximo de 2 segundos;
- Dificuldade do método exato em resolver 40% das instâncias do conjunto;
- Experimentos preliminares: usar a heurística como *upper bound* do método exato.





SUMÁRIO

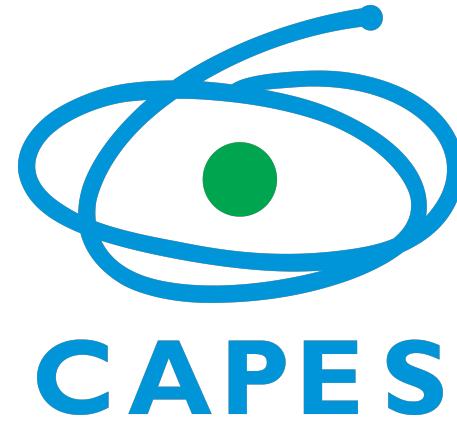


Sumário

- Uma nova abordagem para o GMLP;
- Igualou boa parte das melhores soluções de 190 instâncias;
- Melhorou os resultados para algumas instâncias SCOOP;
- Pode ser utilizada para gerar bons limitantes superiores rapidamente;
- Pode ser utilizada diretamente na solução do GMLP e problemas equivalentes;
- Trabalhos futuros: VND e GPU.



Agradecimento





Perguntas?

OBRIGADO

