

# Revenimento Paralelo Aplicado ao Problema de Minimização de Pilhas Abertas

Mauro Lúcio Afonso Paulino dos Santos Filho

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

6 de agosto de 2025



1 Introdução

2 Problema

3 Método

4 Conclusão e Próximas Atividades

# Contexto

- ▶ Ambiente industrial;
- ▶ Armazenagem e manuseio;
- ▶ Otimização.



# Definição

- ▶ Padrão: esquema de corte;
- ▶ Peça: unidade produzida a partir do corte;
- ▶ Pilhas: agrupamento temporário de peças.



## Objetivo

Sequenciar os padrões de corte de forma a minimizar o número máximo de pilhas abertas simultaneamente.



Tabela: Matriz de incidência ( $A$ ).

Peça/Padrão	$P_{a_1}$	$P_{a_2}$	$P_{a_3}$	$P_{a_4}$	$P_{a_5}$	$P_{a_6}$
$P_{e_1}$	1	0	1	1	0	0
$P_{e_2}$	1	0	0	1	1	0
$P_{e_3}$	0	1	1	1	1	1
$P_{e_4}$	0	1	0	0	0	1
$P_{e_5}$	0	0	0	0	0	1
$P_{e_6}$	0	1	0	0	1	0

# Matriz de Pilhas Abertas 1

## Exemplo de solução

$$\pi_1 = [P_{a_1}, P_{a_2}, P_{a_3}, P_{a_4}, P_{a_5}, P_{a_6}]$$

**Tabela:** Matriz de pilhas abertas ( $B^{\pi_1}$ ).

Pilha/Estágio	1	2	3	4	5	6
$P_{e_1}$	1	1	1	1	0	0
$P_{e_2}$	1	1	1	1	1	0
$P_{e_3}$	0	1	1	1	1	1
$P_{e_4}$	0	1	1	1	1	1
$P_{e_5}$	0	0	1	1	1	1
$P_{e_6}$	0	1	1	1	1	0

# Matriz de Pilhas Abertas 2

## Exemplo de solução

$$\pi_2 = [P_{a_1}, P_{a_4}, P_{a_3}, P_{a_5}, P_{a_2}, P_{a_6}]$$

**Tabela:** Matriz de pilhas abertas ( $B^{\pi_2}$ ).

Pilha/Estágio	1	2	3	4	5	6
$P_{e_1}$	1	1	1	0	0	0
$P_{e_2}$	1	1	1	1	0	0
$P_{e_3}$	0	1	1	1	1	1
$P_{e_4}$	0	0	0	0	1	1
$P_{e_5}$	0	0	0	0	0	1
$P_{e_6}$	0	0	0	1	1	0



# Linha do Tempo MOSP



## Artigo

Frinhani, Carvalho e Soma (2018)

## Principais Contribuições

- ▶ PageRank e grafo MOSP;
- ▶ Instâncias significativamente maiores (cerca de 5 vezes maiores que as anteriores), ampliando o escopo dos testes;
- ▶ O método superou heurísticas clássicas em termos de qualidade das soluções e tempo de execução.

## Prática

O MOSP é crucial para a indústria, pois otimiza o uso do espaço e melhora o fluxo produtivo.

## Teórica

Sendo um problema NP-difícil (YANASSE, 1997), encontrar soluções exatas para instâncias de grande porte é inviável.

O PT permite explorar amplamente o espaço de soluções;  
Sua implementação paralela possui bons resultados preliminares, mostrando que o método alcança soluções ótimas ou próximas do ótimo.

- ▶ Física estatística e amostragem de distribuições complexas;
- ▶ Réplicas com temperaturas diferentes;
- ▶ Cadeias de Markov, Monte Carlo (MCMC) e trocas de temperatura.

# Propostas de Troca de Temperatura

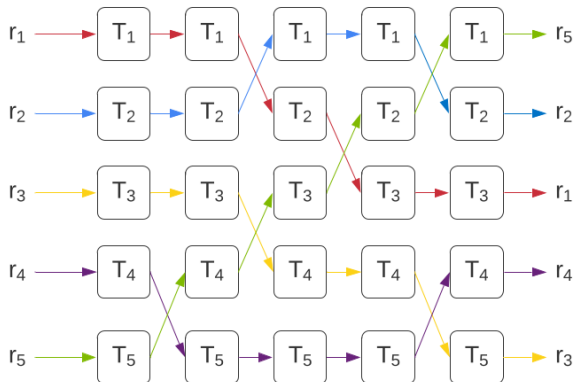


Figura: Almeida, de Castro Lima e Carvalho (2025)

- ▶ MCMC;
- ▶ Algoritmo de Metropolis;
- ▶ Distribuição de Boltzmann;
- ▶ Algoritmo de Metropolis-Hastings.

# Linha do Tempo PT





## Atividades Futuras

- ▶ Implementação completa do PT aplicado ao MOSP
  - ▶ Codificação e decodificação;
  - ▶ Solução inicial e soluções vizinhas;
  - ▶ Função de avaliação;
  - ▶ Critério de parada;
  - ▶ Temperaturas inicial e final;
  - ▶ Número de réplicas e tamanho cadeia de Markov;
  - ▶ Número de tentativa de trocas entre réplicas;
  - ▶ Distribuição inicial das temperaturas;
  - ▶ Método atualização automática das temperaturas;
  - ▶ Taxa de ajuste das temperaturas.




## Atividades Futuras

- ▶ Calibração dos parâmetros e realização de experimentos computacionais;
- ▶ Comparação dos resultados com métodos tradicionais (Yuen3, BRKGA, etc.) e com o estado da arte.

## Conclusão

- ▶ O MOSP é um problema crítico para a eficiência industrial, impactando o uso do espaço e os custos operacionais;
- ▶ O PT se mostra uma abordagem promissora para a resolução de problemas NP-difíceis, oferecendo soluções de alta qualidade em tempo compatível com a prática industrial.



-  ALMEIDA, A. L. B.; de Castro Lima, J.; CARVALHO, M. A. M. Revisiting the parallel tempering algorithm: High-performance computing and applications in operations research. *Computers & Operations Research*, v. 178, p. 107000, 2025. ISSN 0305-0548. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054825000280>>.
-  FRINHANI, R. d. M. D.; CARVALHO, M. A. M.; SOMA, N. Y. A pagerank-based heuristic for the minimization of open stacks problem. *Plos one*, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 13, n. 8, p. e0203076, 2018.
-  YANASSE, H. H. On a pattern sequencing problem to minimize the maximum number of open stacks. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 100, n. 3, p. 454–463, 1997.