

HEURÍSTICA ALNS PARA PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO DE NO-WAIT FLOWSHOP MISTOS

João Victor Pascualote Verzelloni

Marcelo Seido Nagano

Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo

pascualotej@usp.br

Objetivos

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma adaptação da heurística Adaptative Large Neighborhood Search (ALNS) para o problema de programação no-wait flowshop misto, visando a minimização do makespan. Nessa heurística, que foi inicialmente proposta por Pisinger e Ropke (2006), uma solução inicial é gradualmente melhorada destruindo e reconstruindo alternadamente a solução, permitindo diferentes métodos de destruição e reconstrução cujas frequências de uso são controladas por pesos atribuídos a cada um deles. Esses pesos são dinamicamente atualizados durante a busca, para que a heurística se adapte da melhor forma possível ao problema analisado (PISINGER; ROPKE, 2010). Após adaptar e implementar a heurística, o objetivo final é avaliar seu desempenho em comparação com a melhor heurística da literatura para esse tipo de problema.

Métodos e Procedimentos

A primeira etapa do trabalho, consistiu em uma ampla revisão bibliográfica sobre problemas de programação de no-wait flowshop, especialmente no-wait flowshop misto, com intuito de compreender as heurísticas já existentes e os métodos de modelagem do problema. Além disso, foi realizada também pesquisa de bibliografia a respeito da heurística ALNS, para analisar os principais parâmetros e métodos de destruição e reconstrução utilizados em problemas semelhantes. Com a bagagem técnica e conhecimento adquiridos, foi possível desenvolver uma

adaptação robusta da heurística que se teve boa performance para o problema estudado. A implementação da heurística foi feita em Python. Após a implementação e testagem computacional do algoritmo até atingir um desempenho aceitável, foi feita a calibragem dos parâmetros utilizados na heurística. Por fim, com os parâmetros já calibrados, a heurística proposta foi comparada com a melhor existente na literatura para esse problema de sequenciamento, sob mesmo limite de tempo computacional em um grande volume de instâncias de teste de tamanhos variados e de diferentes famílias. O critério de comparação foi o Desvio Percentual Relativo Médio das heurísticas em cada um dos problemas.

Resultados

A tabela 1 mostra os desvios percentuais relativos médios (ARPDs) dos dois algoritmos agrupados por diferentes tamanhos de problemas (n tarefas e m máquinas). Podemos ver que o ARPD global da heurística ALNS proposta é 0,432, que é consideravelmente menor que o do MIG com 0,469, ou seja, o ALNS proposto é melhor que o algoritmo comparado para problemas de no-wait flowshop misto. Se analisarmos o número de casos, o ALNS obteve melhores resultados em 60 dos 77 casos (7 famílias \times 11 problemas de tamanho), o que significa uma taxa de sucesso de quase 78%.

A figura 1 mostra a interação entre os algoritmos comparados e o número de tarefas (n) com intervalo Tukey HSD com 95% de confiança. Podemos ver que ambas as heurísticas têm comportamento semelhante, mas ALNS tem um desempenho

significativamente melhor para 20, 50 e 200 tarefas (de acordo com os intervalos Tukey HSD).

A figura 2 mostra a mesma interação, mas com o número de máquinas (m). Novamente, MIG e ALNS têm comportamento muito semelhante, mas o ALNS tem um desempenho superior ao MIG para 5 e 20 máquinas.

Tabela 1 – ARPD para os algoritmos comparados para cada tamanho de problema

$n \times m$	ALNS	MIG
20 × 5	0,414	0,462
20 × 10	0,664	0,708
20 × 20	0,603	0,693
50 × 5	0,424	0,482
50 × 10	0,744	0,748
50 × 20	0,688	0,765
100 × 5	0,235	0,235
100 × 10	0,313	0,328
100 × 20	0,301	0,321
200 × 10	0,202	0,226
200 × 20	0,163	0,168
Média	0,432	0,469

Conclusões

O ALNS mostrou ser um grande algoritmo para o problema estudado com otimização do makespan. Entretanto, o problema de no-wait flowshop misto com outros objetivos (por exemplo, otimização de tempo total de fluxo) e outros elementos específicos (por exemplo, tempos de configuração dependentes de sequência) também têm aplicações práticas. Devido à sua natureza adaptativa, o ALNS pode ser extremamente eficiente para resolver tais problemas, pois os métodos de destruição e reparo podem ser customizados para atender aos objetivos principais do problema. Estes tópicos podem ser temas interessantes para pesquisas futuras, bem como um aperfeiçoamento adicional da heurística proposta para o mesmo problema.

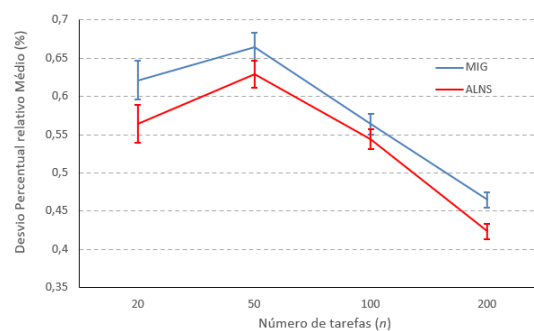


Figura 1: Interação entre algoritmos e número de tarefas com intervalos Tukey HSD com 95% de confiança

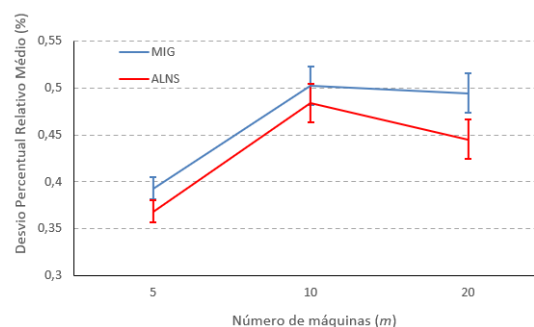


Figura 2: Interação entre algoritmos e número de máquinas com intervalos Tukey HSD com 95% de confiança

Referências Bibliográficas

- Wang, Y.; Li, X.; Ruiz, R.; Sui, S.: An iterated greedy heuristic for mixed no-wait flowshop problems. *IEEE Transactions on cybernetics*, v. 48(5), p. 1553-1566 (2017).
- Nagano, M. S.; Miyata, H. H.: Review and classification of constructive heuristics mechanisms for no-wait flow shop problem. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 86, nos. 5–8, pp. 2161–2174 (2016).
- Cheng, C. Y.; Ying, K. C.; Li, S. F.; Hsieh, Y. C.: Minimizing makespan in mixed no-wait flowshops with sequence-dependent setup times. *Computers & Industrial Engineering*, v. 130, p. 338-347 (2019).
- Pisinger, D.; Ropke, S.: Large Neighborhood Search. In: Gendreau, M., Potvin, J. Y. (eds.) *Handbook of Metaheuristics*. International Series in Operations Research & Management Science, v. 146, p. 399-419 (2010).
- Pisinger, D.; Ropke, S.: An adaptive large neighborhood search heuristic for the pickup and delivery problem with time windows. *Transportation Science*, 40(4):455–472 (2006).