

Metaheurística aplicada ao planejamento da produção em sistemas de manufatura flexível

Mateus Filipe Moreira Silva

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

7 de outubro de 2024



Sumário

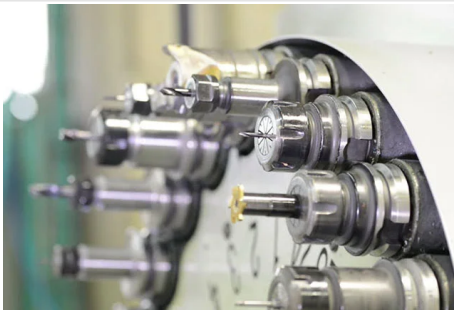
- 1 Introdução
- 2 Revisão Bibliográfica
- 3 Fundamentação Teórica
- 4 Desenvolvimento
- 5 Experimentos
- 6 Conclusão e Próximas Atividades

Motivação

- ▶ A crescente demanda do mercado por uma variedade maior de produtos em pequenos volumes tem gerado novos desafios;
- ▶ Esse cenário é conhecido como manufatura **High-Mix Low-Volume** (HMLV);
- ▶ A adaptação das indústrias a essa realidade é crucial para sua competitividade;
- ▶ O problema abordado nesta monografia tem papel fundamental para essa adaptação, propondo soluções para otimizar a produção HMLV.

Definições

- ▶ **Tarefa:** Conjunto de operações necessário para fabricar um produto;
- ▶ **Conjunto de ferramentas:** Ferramentas que devem estar presentes no *magazine* da máquina para processar a tarefa;
- ▶ **Máquina:** Equipamento onde as tarefas são processadas, limitado pelo número de *slots* disponíveis no *magazine*.



SSP

Possui como objetivo definir a sequência de tarefas que minimize o número de trocas de ferramentas, pode ser dividido em dois subproblemas:

- ▶ Sequenciamento das tarefas;
- ▶ Plano de trocas (quais ferramentas devem estar no *magazine* da máquina para o processamento de cada tarefa).

Diferentes especificidades

A revisão de Calmels 2019 categoriza os diversos trabalhos a respeito do SSP, de acordo com suas especificidades:

- ▶ Número de máquinas;
- ▶ Tempo de configuração do *magazine*;
- ▶ Objetivos;
- ▶ Tamanho das ferramentas e capacidade do *magazine*;
- ▶ Desgaste de ferramentas.

Versão abordada

- ▶ A versão específica do SSP considerada só foi tratada em um único trabalho, por Dang et al. 2023;
- ▶ Estudo realizado em parceria com indústria real;
- ▶ Modelo de programação inteira e algoritmo genético para resolver o problema.

Características

Múltiplas máquinas: 2 ou 6;

Horizonte de planejamento: 7 dias;

Período de produção não supervisionado: 12 últimas horas do dia;

Trocas de ferramentas: custo associado;

Tarefas prioritaria: custo associado;

Tarefas finalizadas: lucro associado;

Tarefas reentrantes: divisão entre tarefa e operação;

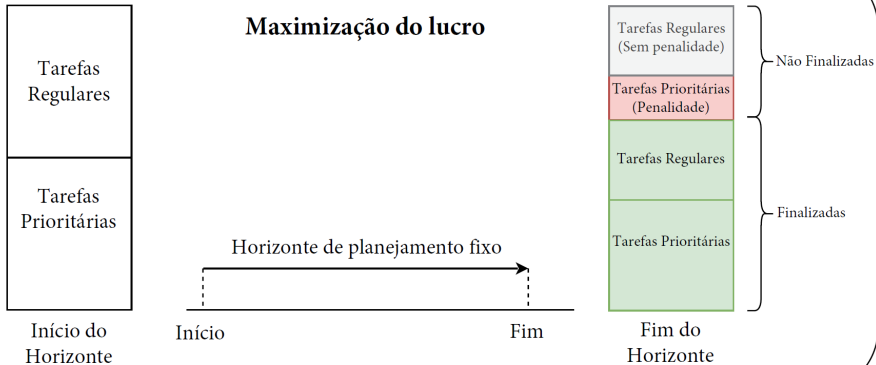
Capacidade do *magazine*: 80 ferramentas.

Penalidades e Bônus

- ▶ Penalidade por tarefa prioritária não finalizada: \$30;
- ▶ Penalidade por instância de troca de ferramentas: \$10;
- ▶ Penalidade por troca de ferramenta: \$1;
- ▶ Bônus por tarefa finalizada: \$30.

Trabalhos Relacionados

Maximização do lucro



Versão abordada

São disponibilizados:

- ▶ 3 arquivos contendo informações sobre tarefas: não há informações sobre prioridade e reentrância;
- ▶ 1 arquivo contendo 3464 conjuntos de ferramentas.

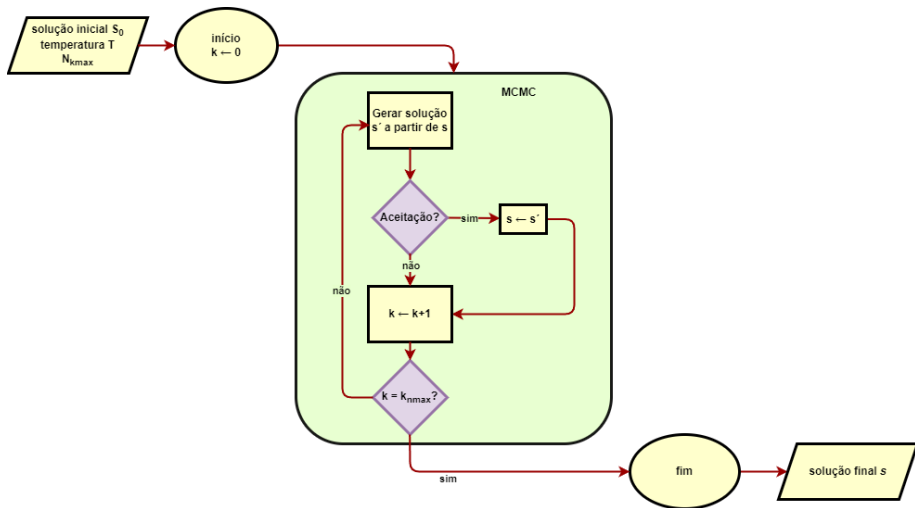
Versão abordada

- ▶ Dos 3464 conjuntos de ferramentas apenas 382 são utilizados;
- ▶ Dos 3082 não utilizados, filtragem por tamanho e subconjuntos, sobram 1265;
- ▶ Dos 382, 3 possuem mais que 80 ferramentas;
- ▶ Redução de reduções de 80%, 81% e 84,7% nos conjuntos de tarefas originais após filtragem.

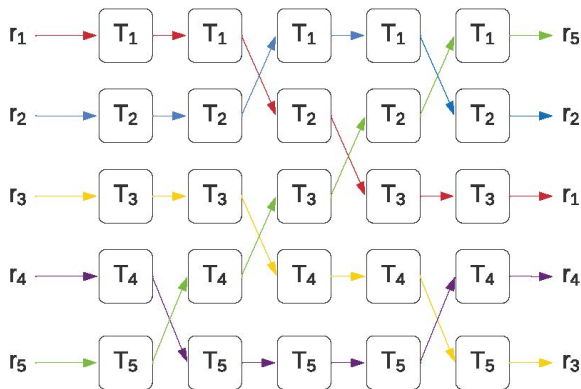
Resultados da literatura

- ▶ Dados e resultados problemáticos;
- ▶ Os métodos utilizados fazem uso extensivo de agrupamentos por super conjunto de ferramentas;
- ▶ Resultados indicam que para algumas instâncias nenhuma troca foi feita.

Fundamentação Teórica - Parallel Tempering



Fundamentação Teórica - Parallel Tempering



Novas Instâncias

Dois conjuntos de 33 novas instâncias cada, baseadas nos 1265 conjuntos de ferramentas filtrados.

Conjunto 1: Operações que compõem uma mesma tarefa utilizam o mesmo conjunto de ferramentas;

Conjunto 2: Operações que compõem uma mesma tarefa utilizam conjuntos de ferramentas diferentes.

As taxas de reentrância e de tarefas prioritárias são definidas com base nos dados especificados pelos autores.

Função de avaliação

KTNS: *Keep Tool Needed Soonest;*

GPCA: *Greedy Pipe Construction Algorithm.*

Adaptações

- ▶ Horizonte de planejamento;
- ▶ Tempo deve ser acumulado para verificar o período não supervisionado e horizonte de planejamento.

Solução inicial

Vetor de tarefas construído aleatoriamente.

$[(1, 1), (6, 1), (1, 2), (7, 1), (2, 1), (4, 1), (4, 2), (3, 1), (3, 2)]$

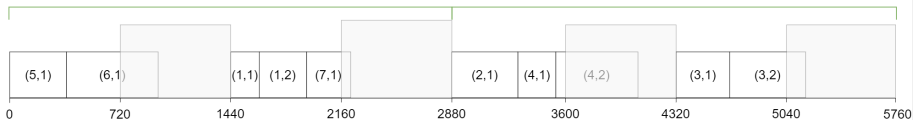
Codificação e Decodificação

(5,1)	(6,1)	(1,1)	(1,2)	(7,1)	(2,1)	(4,1)	(4,2)	(3,1)	(3,2)
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

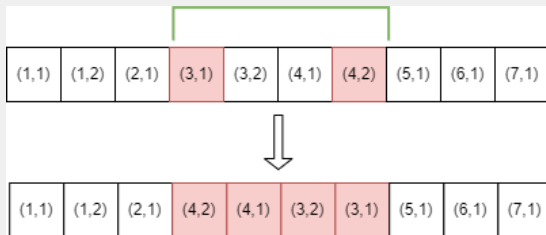


Máquina 1

Máquina 2



Estrutura de vizinhança



Preliminares

Realizados para determinar a consistência das instâncias e do método.

- ▶ Para instâncias pequenas, todas as tarefas prioritárias foram finalizadas;
- ▶ Para instâncias maiores, função de avaliação ficou negativa devido à taxa de tarefas prioritárias e um horizonte pequeno demais;
- ▶ Revelou um gargalo claro na função de avaliação;

Conclusão e Trabalhos Futuros

- ▶ Melhorar o desempenho da função de avaliação;
- ▶ Ajuste das instâncias;
- ▶ Implementação do modelo matemático;
- ▶ Testes para calibração de parâmetros;
- ▶ Realização de experimentos computacionais extensivos.

OBRIGADO



Calmels, Dorothea (2019). “The job sequencing and tool switching problem: state-of-the-art literature review, classification, and trends”. Em: *International Journal of Production Research* 57.15-16, pp. 5005–5025. DOI: 10.1080/00207543.2018.1505057. eprint: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1505057>. URL: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1505057>.



Dang, Quang-Vinh et al. (2023). “Unsupervised parallel machines scheduling with tool switches”. Em: *Computers and Operations Research* 160, p. 106361. ISSN: 0305-0548. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2023.106361>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054823002253>.