



Universidade Federal de São João del-Rei
Curso de Graduação em Ciência da Computação



Algoritmo Genético para Otimizar o FSSP

Alunos: Guilherme Souza Barros, Leonardo Guimarães de Oliveira, Vítor Oliveira Amorim.

Professor: Carolina Ribeiro Xavier.

Neste trabalho foi implementado um **Algoritmo Genético (AG)** em conjunto com **heurísticas** de inicialização e **busca local** para otimização do problema **FSSP**, com o objetivo de minimizar o *makespan* das tarefas nas diferentes instâncias fornecidas.

A população inicial foi criada utilizando duas estratégias:

- Indivíduos **aleatórios** (90%)
- Indivíduos obtidos através de **heurística** (10%)

A heurística utilizada é uma adaptação da **NEH**¹, amplamente utilizada para problemas de escalonamento de fluxo de trabalho.

O fitness dos indivíduos é equivalente ao tempo total necessário para completar todas as tarefas em todas as máquinas

$$C_{i,j} = \begin{cases} C_{i-1,j} + p_{\pi_i,j}, & \text{se } j = 0 (\text{primeira máquina}) \\ C_{i,j-1} + p_{\pi_i,j}, & \text{se } i = 0 (\text{primeira tarefa}) \\ \max(C_{i-1,j}, C_{i,j-1}) + p_{\pi_i,j}, & \text{caso geral} \end{cases}$$

Foram implementadas as seguintes formas de seleção de pais:

- **Torneio local** (A população é dividida em ilhas isoladas)
- **Roleta**

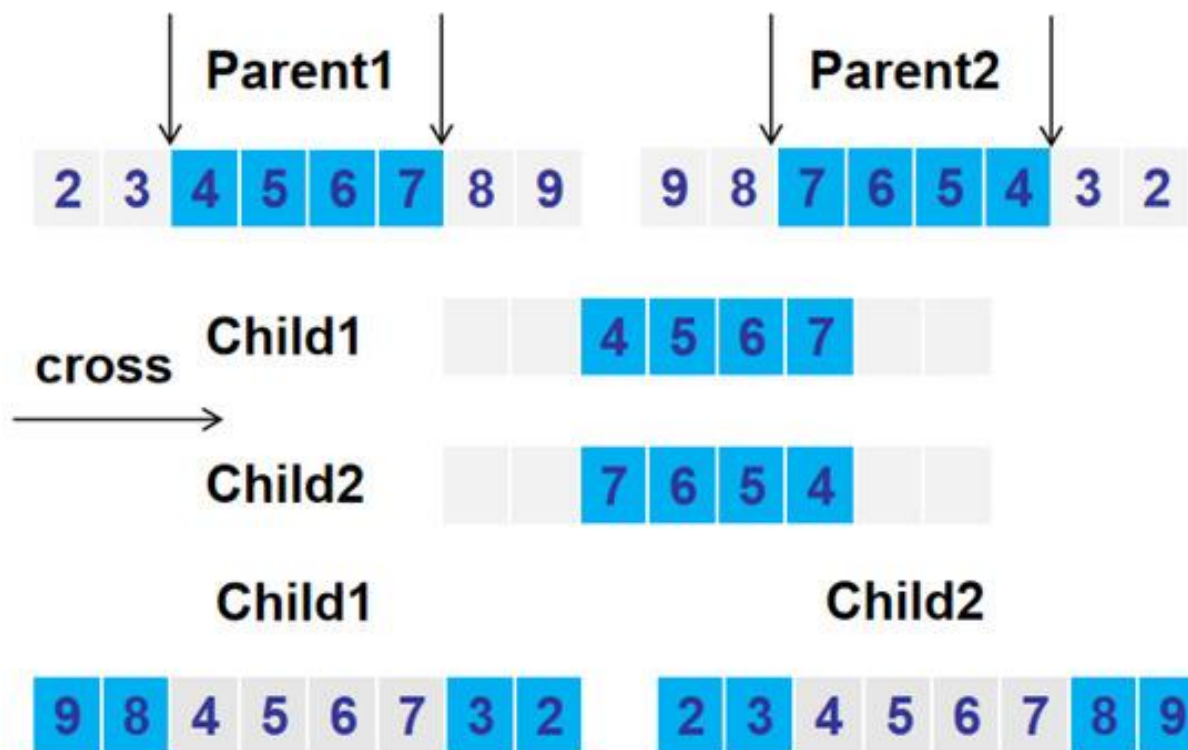
De acordo com os testes realizados, a seleção por **torneio local** apresentou o melhor desempenho para o problema.

Foram implementados dois operadores de cruzamento:

- *PMX*
- *OX*

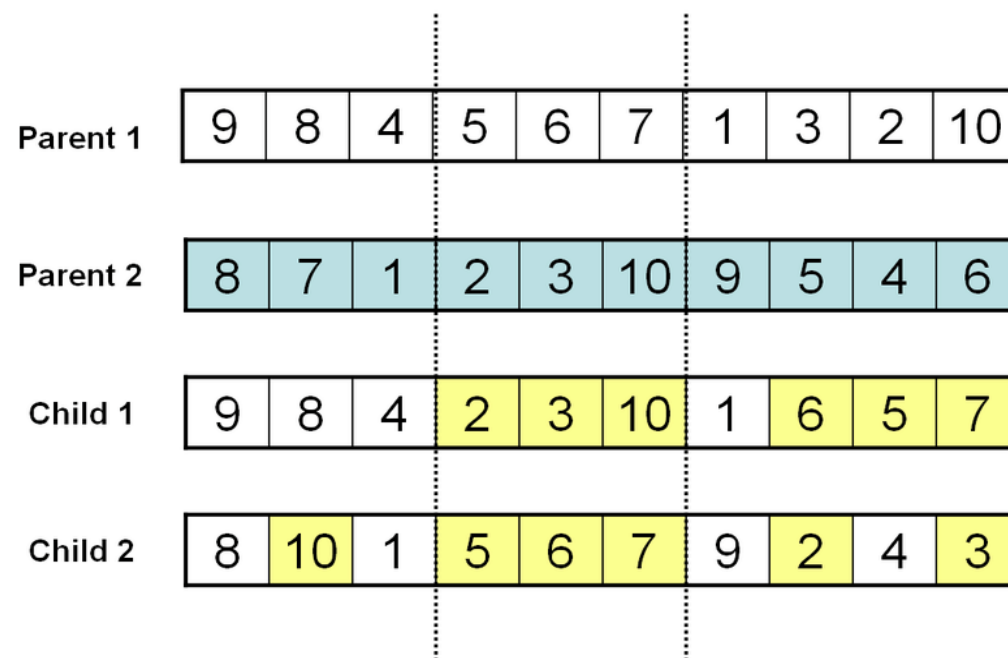
Com base nos testes realizados, o operador *PMX* desempenha melhor para o FSSP.

Imagem 1: Funcionamento do operador OX



Fonte: Cheng; Jia (2024)¹

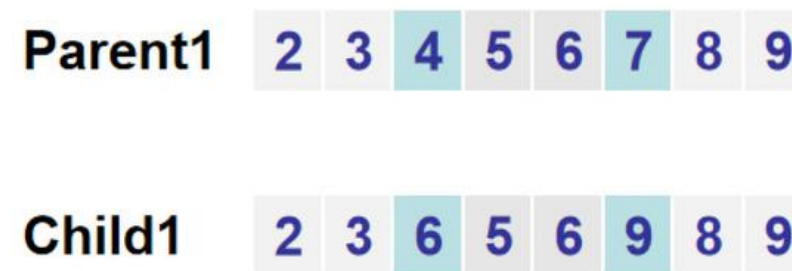
Imagem 2: Funcionamento do operador PMX



Fonte: Hosny (2012)²

- Troca duas tarefas de posição na linha de operações
- A taxa de mutação é incrementada quando ocorre estagnação em um mínimo local por 10 gerações.

Imagem 3: Funcionamento da mutação



Fonte: *Cheng; Jia (2024)*¹

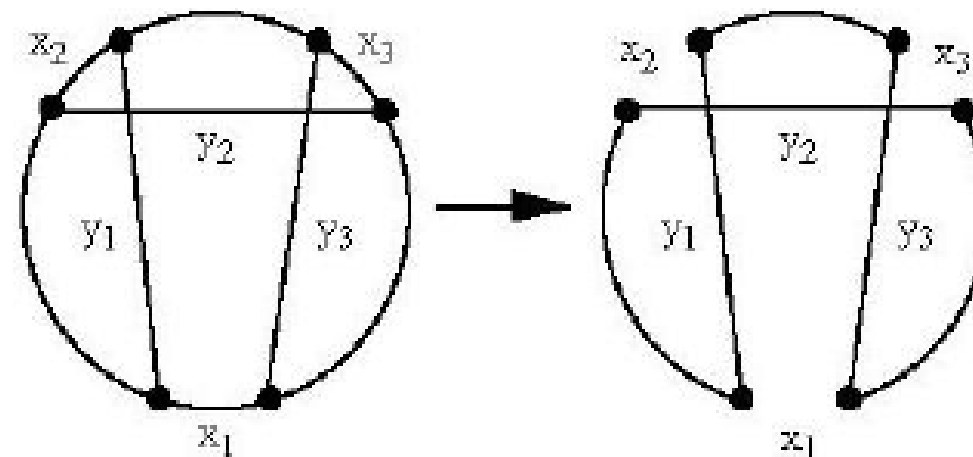


Elitismo



- Os indivíduos de maior aptidão (menor makespan) são copiados para a próxima população.

Heurística 3-opt aplicada a cada duas gerações para uma busca local e mutação extra. Causa um certo impacto na performance, porém foi efetiva para sair dos mínimos locais e aperfeiçoar os resultados.



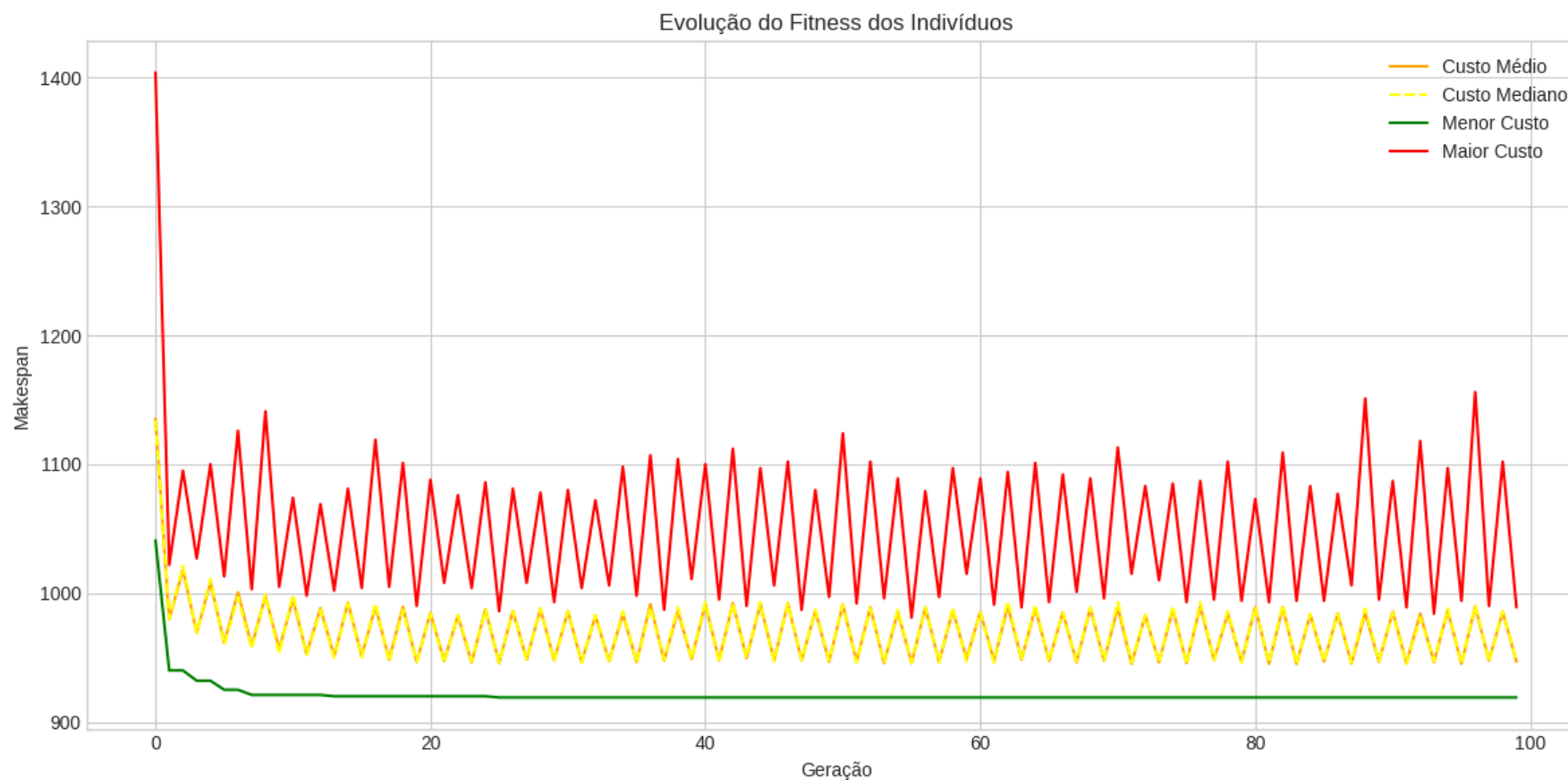
Representação 3-opt

Probabilidade de Cruzamento	Elites	Probabilidade de Mutação	Gerações	Indivíduos
0.9	10	0.01	100	400

Para ambas instâncias, o algoritmo demonstrou uma boa taxa de otimização durante as primeiras gerações, podendo estagnar a partir daí, mas com algumas quedas ainda presentes devido ao 3-opt e mutação.

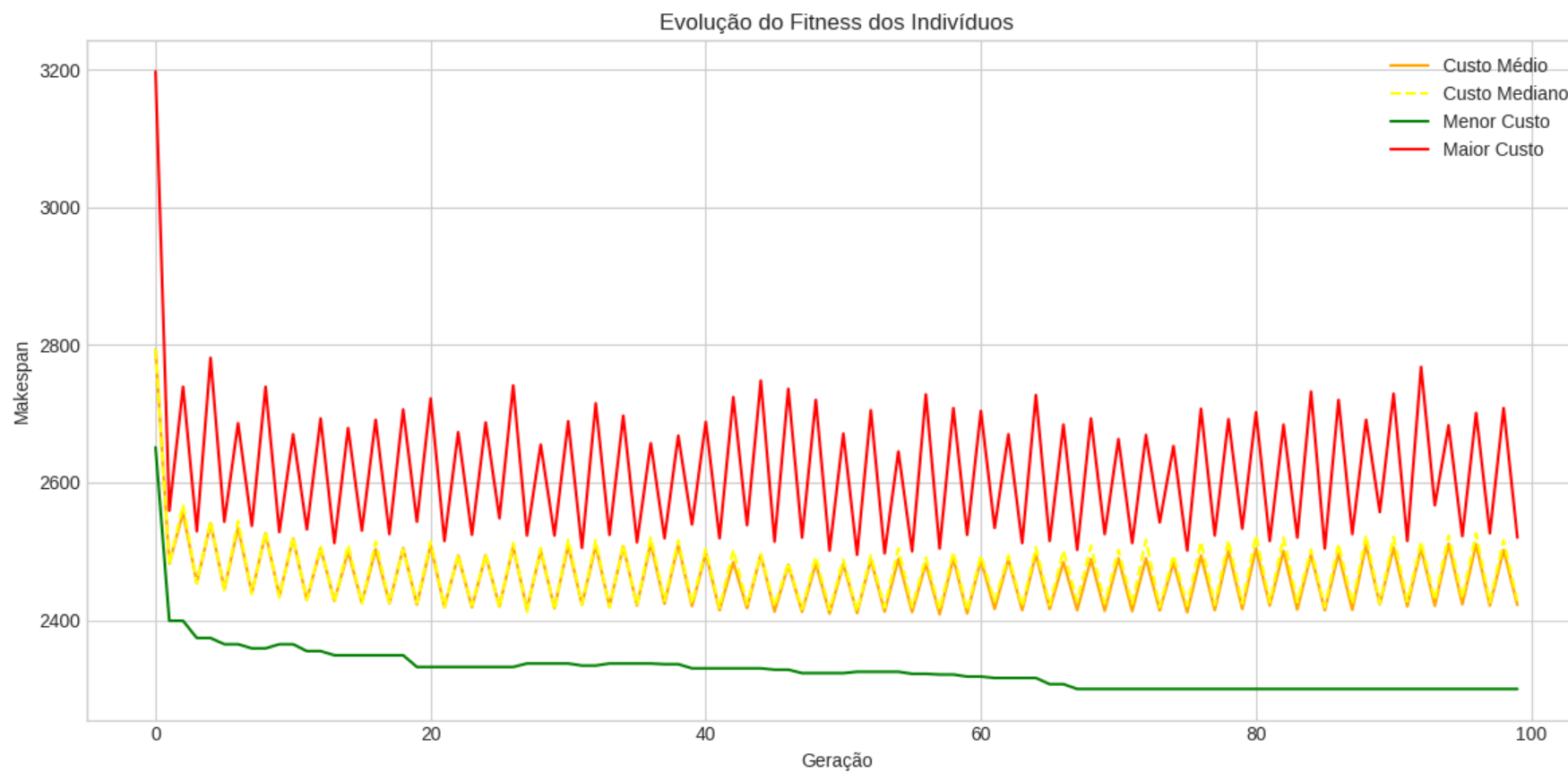
Resultados Obtidos: Instância 5

Imagem 5: Resultados obtidos para a instância 05



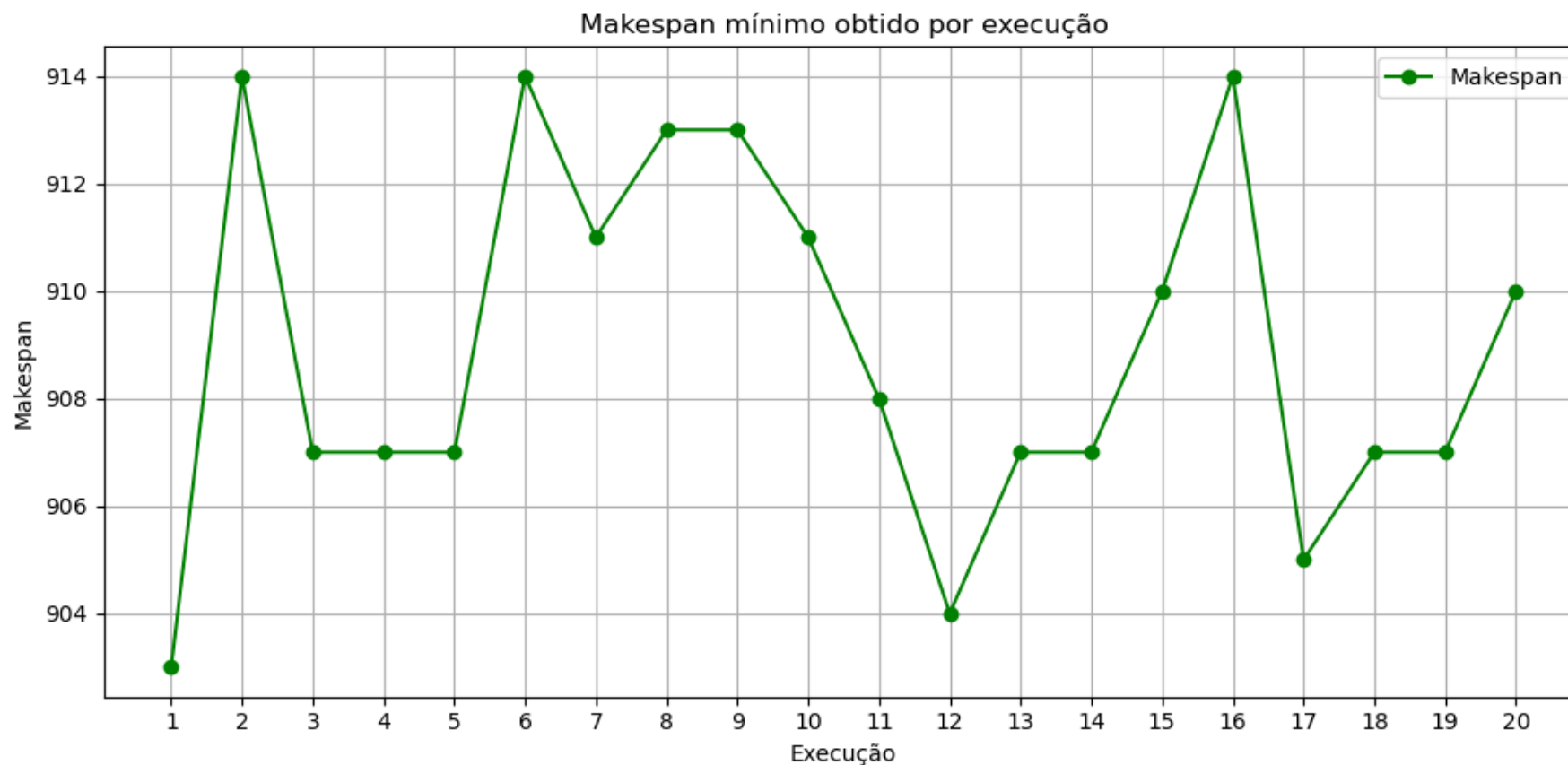
Resultados Obtidos: Instância 7

Imagem 6: Resultados obtidos para a instância 07



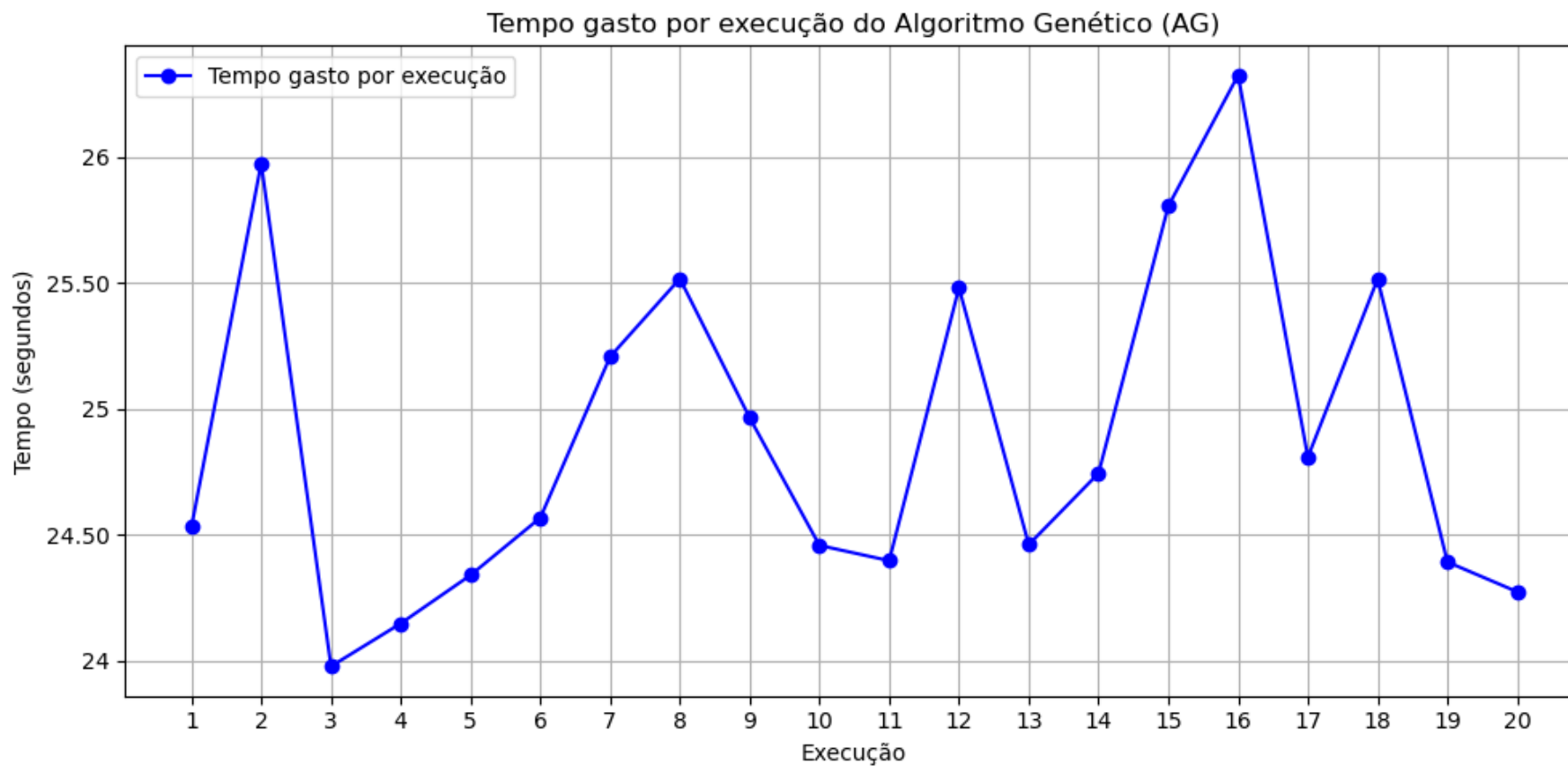
Makespan Mínimo: Instância 5

Imagem 7: Makespan mínimo obtido para diferentes execuções da instância 5.



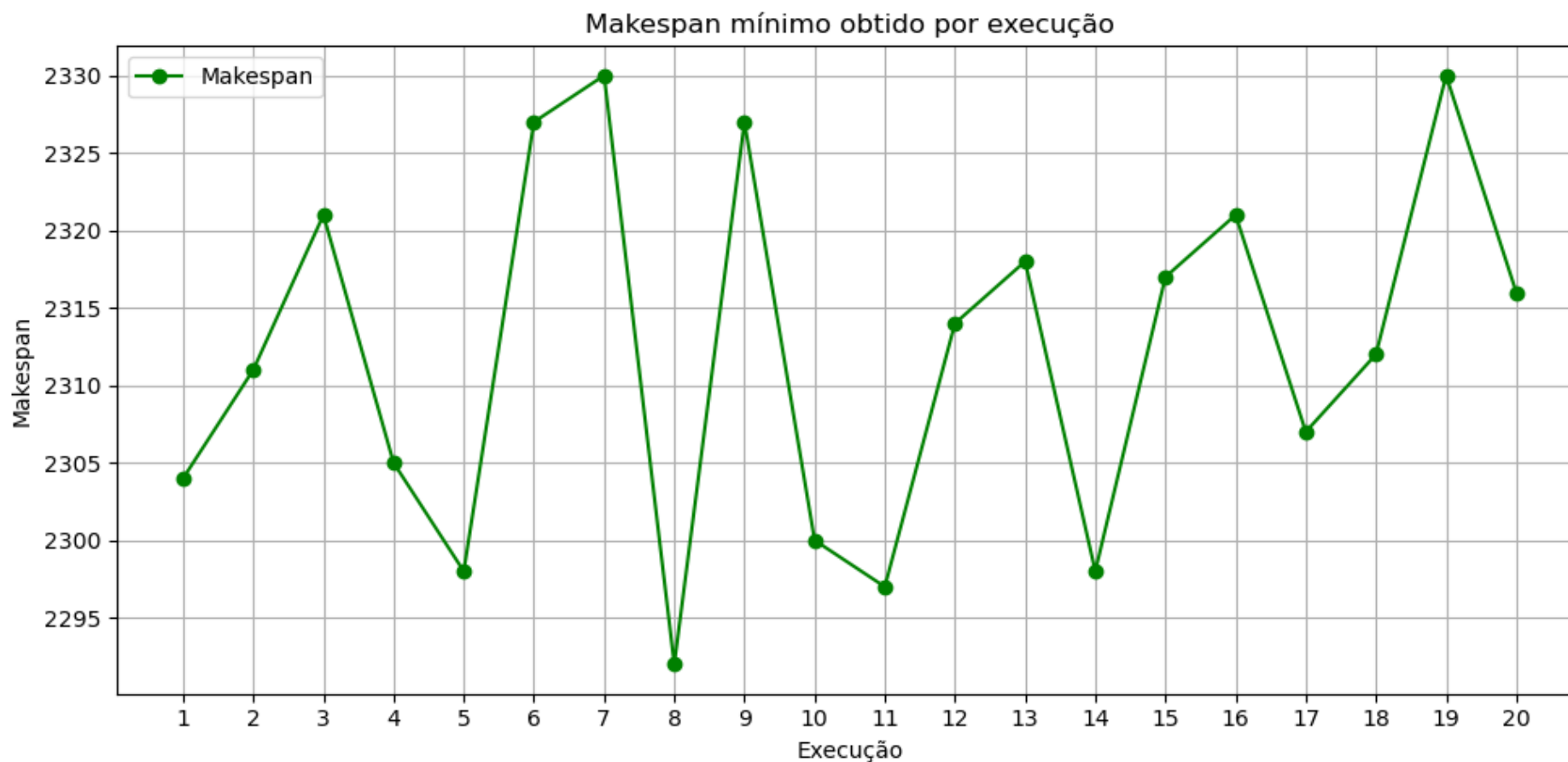
Tempo Gasto: Instância 5

Imagem 8: Tempo gasto para diferentes execuções da instância 5.



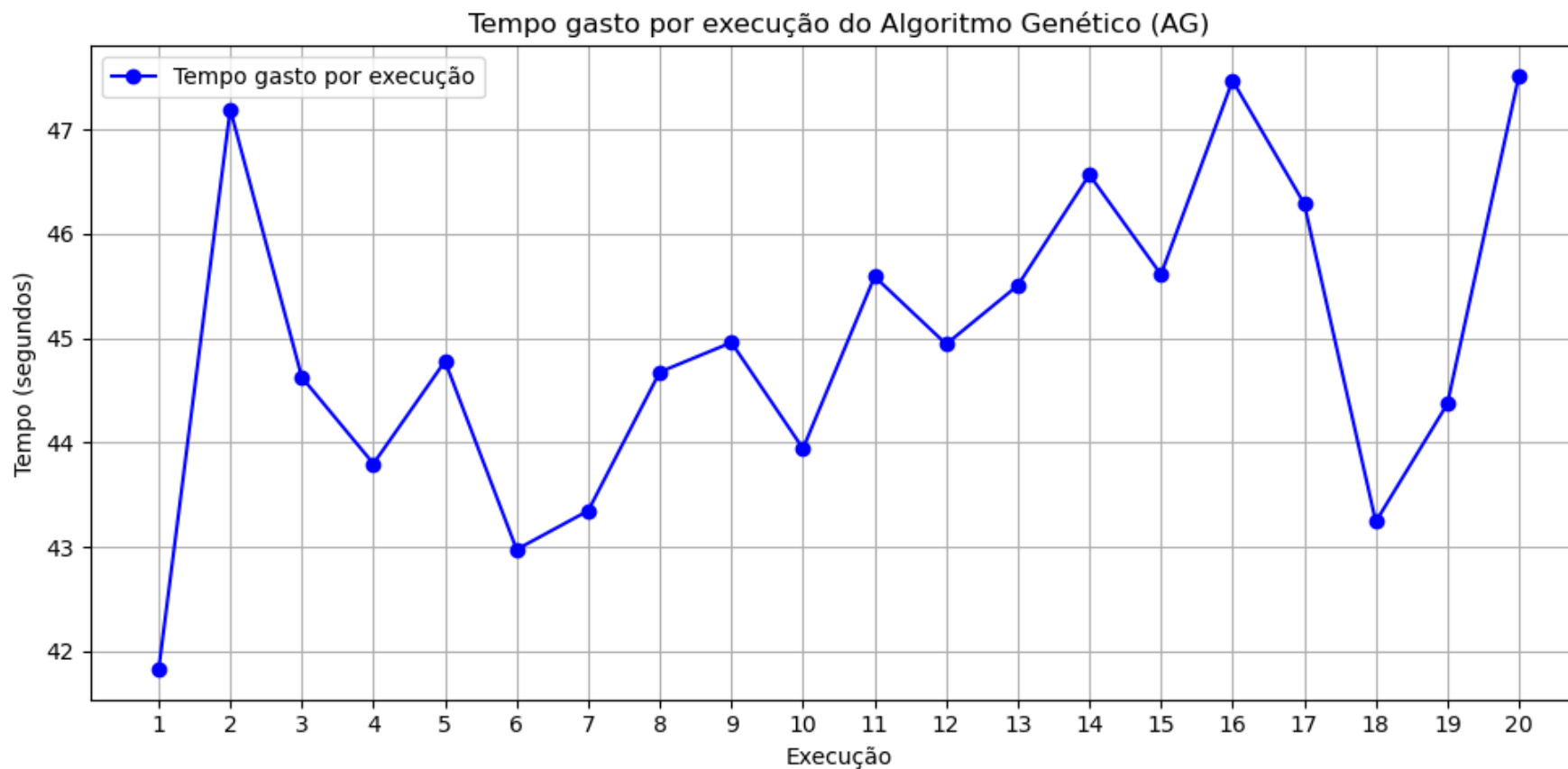
Makespan Mínimo: Instância 7

Imagem 9: Makespan mínimo obtido para diferentes execuções da instância 7.



Tempo Gasto: Instância 7

Imagem 10: Tempo gasto para diferentes execuções da instância 7.





Referências Bibliográficas



¹HOLLAND, John H. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.

²NAWAZ, Muhammad; ENSCORE JR., E. Emory; HAM, Inyong. A heuristic algorithm for the m-machine, n-job flow-shop sequencing problem. Omega, Oxford, v. 11, n. 1, p. 91-95, 1983.

¹Chemg, Feng; Jia, Shuchun. Improved GA-LNS Algorithm for Solving Vehicle Path Problems Considerning Carbon Emissions. 2024. D

²Hosny, Manar. Vehicle Routing with Pickup and Delivery: Heuristic and Meta-heuristic Solution Algorithms. 2012.

³Representação 3-opt. Solving a combinatorial problem using a local optimization in ant based system - Scientific Figure on ResearchGate. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/opt-Algorithm-representation_fig2_228743973> Acessado em 7 de Julho 2025.