

## Algoritmos de Sequenciamento de Tarefas e uma Aplicação ao Problema de Sequenciamento de Aviões em Portões de Embarque e Desembarque (Fleet Assignment).

Gabriel Passos\*, Priscila C. B. Rampazzo.

### Resumo

Aeroportos do mundo todo devem lidar com o crescente movimento de aeronaves nos terminais. Neste quadro, a alocação da aeronave correta no local e instante ideais, tratada no Problema de Sequenciamento de Aviões em Portões de Embarque/Desembarque (Fleet Assignment), tem se tornado fator chave para manter o funcionamento do sistema de tráfego aéreo. O Fleet Assignment é um problema da classe NP-difícil, não podendo ser solucionado de forma exata para instâncias reais em tempo computacional viável. O presente trabalho tem o objetivo de propor uma Metaheurística Evolutiva como método alternativo de sequenciamento de instâncias de grande porte para o Fleet Assignment. Esta aplicação foi modelada como um problema de Programação Linear Inteira e as soluções obtidas por um solver (CPLEX - IBM, versão acadêmica) foram comparadas com os resultados obtidos pelo algoritmo proposto.

**Palavras-chave:** Fleet Assignment, Algoritmo Genético, Pesquisa Operacional.

### Introdução

No momento em que uma aeronave se aproxima do aeroporto, ela pode receber ordem de aterrissagem ou de espera para disponibilidade de vagas. Após a aterrissagem, a aeronave pode ser destinada a um portão de embarque/desembarque, que possui acesso direto ao terminal de passageiros, ou ao estacionamento, que pode ser ocupado por mais de uma aeronave simultaneamente. Se a aeronave é alocada no estacionamento, os passageiros são transferidos para o terminal através de um ônibus, gerando maiores custos ao aeroporto. As aeronaves possuem um horário previsto para chegada, prazo determinado para decolagem e necessitam, em média, de 30 minutos em solo para desembarque, embarque e manutenção. Esta alocação pode ser realizada considerando diversos objetivos, tais como: minimização do tempo de espera, minimização do atraso total, minimização do número de aeronaves no estacionamento, minimização da distância total percorrida pelos passageiros no terminal, etc.

Tendo em vista a complexidade e a necessidade de uma boa solução para o problema de forma rápida, torna-se conveniente a busca por um método alternativo de solução. Optou-se por um Algoritmo Genético (AG), método da classe das Metaheurísticas Evolutivas (Bäck et. al., 2000), amplamente utilizado em diversas aplicações da engenharia.

### Resultados e Discussão

O AG proposto utiliza codificação real para representar as soluções e é composto pelas etapas: Inicialização, Crossover, Mutação e Atualização da População. A população é inicializada com três indivíduos obtidos pelas heurísticas FCFS (*First Come, First Served*), SPT (*Shortest Processing Time*) e LPT (*Longest Processing Time*). Os demais são gerados aleatoriamente. Para o Crossover foram escolhidos dois operadores: *Crossover* de Um Ponto e *Crossover* por Ponderação. Para a Mutação, escolheu-se alterar arbitrariamente alguns componentes de um indivíduo. Na Atualização da População, preserva-se metade dos melhores indivíduos e os demais são aleatoriamente selecionados de forma não repetida, o que mantém a diversidade da população. Para as instâncias de teste, os instantes de chegada e os prazos são gerados através de quatro formatos distintos da distribuição Beta e os tempos de processamento seguindo uma distribuição Normal. Elas possuem dois

tamanhos: 70 aeronaves para 15 portões e 140 aeronaves para 30 portões, ambas com estacionamento e contemplando um horizonte de 200 minutos.

Em uma instância com 70 aeronaves e 15 portões, o AG apresentou uma solução com espera de 4,263 min e 9 aeronaves no estacionamento em um tempo de execução de 3,7 s. O tempo de execução do solver foi limitado em 1 hora devido à complexidade do problema. O solver apresentou uma solução com espera nula, entretanto, com 31 aeronaves no estacionamento em um tempo de execução limite de 3600,6 s, o que não garante que a solução seja ótima.

### Conclusões

Como o *Fleet Assignment* pode ser modelado como um Problema de Sequenciamento de Tarefas em Máquinas Paralelas, optou-se pela realização de um breve estudo de dois problemas de sequenciamento associados a esse caso, um sobre máquinas paralelas idênticas e outro sobre máquinas paralelas uniformes. Foram obtidas soluções utilizando o solver CPLEX, além de soluções vindas de diferentes heurísticas implementadas em linguagem C. Todos os estudos e resultados foram publicados em um artigo no Encontro Regional de Pesquisa Operacional, realizado em 2018 (Passos et. al., 2018). Nos testes realizados até o momento, o AG tem se mostrado mais eficaz que o solver, fornecendo soluções melhores e mais aplicáveis ao mundo real de forma muito mais rápida. Uma tabela com os resultados dos testes realizados estará disponível em [4]. Um dos desafios encontrados no problema foi a necessidade de considerar vários objetivos simultaneamente para uma solução factível ser alcançada, o que evidencia a necessidade de uma abordagem multiobjetivo para o problema (Drexl et. al., 2008).

### Agradecimentos

Agradecemos ao PIBIC/CNPq pelo apoio ao projeto.

[1] BÄCK, T.; FOGEL, D. B.; MICHALEWICZ, Z. *Evolutionary Computation 1: Basic Algorithms and Operators*. 1. Bristol, UK: Institute of Physics Publishing, 2000.

[2] DREXL, A.; NIKULIN, Y. Multicriteria airport gate assignment and pareto simulated annealing. *IIE Transactions*, Taylor & Francis, v. 40, n. 4, p. 385 – 397, 2008.

[3] Passos, G.; Pennone, M. D.; Mendonça, R. G. R.; Shie, W. H.; Rampazzo, P. C. B. Algoritmos para o Sequenciamento de Tarefas em Máquinas Paralelas, Anais do III Encontro Regional de Pesquisa Operacional - ERPO, 2018. Url: <https://drive.google.com/file/d/1QJmJ7bbeW-yypLjXJ5aYd9EytudNzccK/view>.

[4] Passos, G.; Material Complementar – Testes Computacionais, 2018. Url: <https://sites.google.com/a/g.unicamp.br/priscila/pesquisa/gabriel>