

Otimização no transporte aéreo sob demanda com alocação de tripulação considerando descansos e horas extras

Thiago Vieira,¹ Pedro Munari,² Reinaldo Morabito³
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Na indústria do transporte aéreo, um tipo particular de negócio que vem crescendo significativamente nos últimos anos é o de voos privativos sob demanda [1, 2]. Diferentemente das companhias aéreas tradicionais, em que vários quesitos operacionais já são pré-estabelecidos (horários, roteiros, número de voos, aeronaves, assentos e jornadas de trabalho), no transporte aéreo sob demanda o cliente tem a liberdade de escolher a origem e o destino de sua viagem, e o tipo e o horário de partida de uma aeronave. Com isso, a companhia deve designar uma aeronave do tipo solicitado para realizar essa requisição de viagem (*live leg*) no horário agendado. Em algumas circunstâncias, pode não haver uma aeronave disponível do tipo requerido no aeroporto e data desejados pelo cliente. Nessa situação, pode-se designar uma aeronave de tipo superior (*upgrade*) ou realizar o reposicionamento de uma aeronave do mesmo tipo solicitado, a partir de outro aeroporto (*ferry leg*). O *upgrade* envolve a alocação de uma aeronave com custo operacional maior, mas que pode ser vantajoso caso a mesma esteja mais bem posicionada do que a do tipo requisitado. Voos de reposicionamento também elevam o custo total da operação e não geram receita direta, dado que o cliente paga apenas pelo trecho requisitado. É importante mencionar que o reposicionamento representa mais de 35% dos tempos totais de viagem para este tipo de negócio [1]. Diante disso, um dos principais objetivos mais procurados no transporte aéreo sob demanda é o de minimização dos custos de reposicionamento. Esse problema também considera as chamadas, requisições de manutenção (*maintenance event*). Elas são eventos em que a aeronave fica indisponível a voos para o cumprimento de consertos, reparos ou testes de segurança. Em geral, as manutenções são previamente agendadas, mas podem ser atrasadas ou adiantadas [2].

Assim como em outros serviços, uma decisão importante neste setor é a alocação e programação da tripulação aos voos. Apesar de cada país ter sua própria regulamentação quanto às regras de trabalho e descanso da tripulação, autores usualmente seguem as diretrizes da *Federal Aviation Administration* (FAA), órgão norte-americano responsável por regulamentar os aspectos da aviação civil no país [3]. Uma formulação matemática para esse tipo de problema foi proposta por [4], baseando-se no caso real de uma empresa do ramo. Contudo, ela não leva em consideração aspectos da tripulação, tais como, a duração máxima de um dia de trabalho (*duty*), tempo máximo de voo em um *duty*, tempo mínimo de descanso entre *duties* (*minRest*), e os tempos de apresentação da tripulação ao começo (*PRE*)/final (*POS*) de cada jornada de trabalho, conforme ilustrado pela Figura 1 (onde, W_r é o instante que requisição r é executada).

Em vista disso, neste trabalho propõe-se um modelo compacto de Otimização Linear Inteira-Mista que permite auxiliar de forma efetiva o processo de roteamento de aeronaves com alocação de tripulação, como forma a atender alguns dos direitos trabalhistas tidos como fundamentais,

¹thiago.vieira@estudante.ufscar.br

²munari@dep.ufscar.br

³morabito@dep.ufscar.br

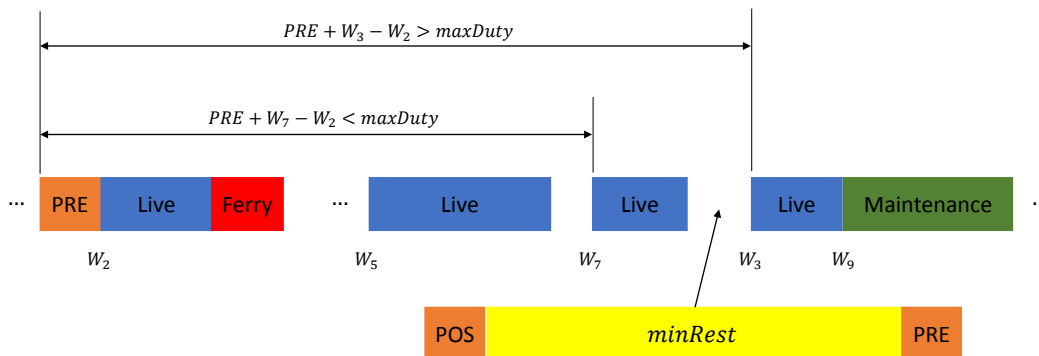


Figura 1: Exemplo da inserção de descanso na programação de uma aeronave.

além de incluir a possibilidade de realizar a subcontratação de viagens. Em suma, a modelagem compreende uma função objetivo composta por custos relacionados com o reposicionamento, *upgrade* das aeronaves, terceirização de viagens e horas extras das tripulações, bem como famílias de restrições responsáveis pela roteirização das aeronaves, cronograma das requisições, lógica para a inclusão dos descansos mínimos e contabilização das horas extras. Esse modelo foi implementado em linguagem de programação C++, pelo emprego do API Concert Technology (que pertence ao software de otimização IBM CPLEX Optimization Studio versão 12.10). A companhia aérea cedeu quatro meses de registros de viagem, sendo o primeiro mês composto por 10 dias de operação e 112 requisições (incluindo requisições de voo e manutenção), o segundo totalizando 10 dias e 129 requisições, o terceiro formado por 8 dias e 107 requisições, e o quarto mês com 16 dias e 578 requisições. Conforme proposto em [4], foram criados 36 exemplares a partir desta base histórica, sendo que cada um cobre três dias do horizonte de planejamento, compatível com o desejado pela empresa. Para cada exemplar, o tempo máximo de execução foi definido como uma hora e a tolerância de otimalidade como 0,01% (padrão do CPLEX). Os experimentos computacionais revelaram que o modelo proposto viabilizou a obtenção de soluções ótimas (gaps menores ou iguais a 0,01%) para todos os exemplares em tempos de execução relativamente curtos (na média 1,43 min).

Referências

- [1] Y. Yao, Ö. Ergun, E. Johnson, W. Schultz, and J. M. Singleton, “Strategic planning in fractional aircraft ownership programs,” *European Journal of Operational Research*, vol. 189, no. 2, pp. 526–539, 2008.
- [2] F. M. Van der Zwan, K. Wils, and S. S. A. Ghijs, “Development of an aircraft routing system for an air taxi operator,” InTech, Tech. Rep., 2011.
- [3] M. Haouari, F. Zeghal Mansour, and H. D. Sherali, “A new compact formulation for the daily crew pairing problem,” *Transportation Science*, vol. 53, no. 3, pp. 811–828, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1287/trsc.2018.0860>
- [4] P. Munari and A. Alvarez, “Aircraft routing for on-demand air transportation with service upgrade and maintenance events: Compact model and case study,” *Journal of Air Transport Management*, vol. 75, pp. 75 – 84, 2019. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699717303538>