

# **PANORAMA DO GERENCIAMENTO DO FLUXO E DA CAPACIDADE DE TRÁFEGO AÉREO: APERFEIÇOAMENTO DO SISTEMA BRASILEIRO**

**Victor Rafael Rezende Celestino**  
**Nancy Amélia Sanches Amikura**  
**Alessandro Márcio Vaz**  
**André Brandt Ribeiro de Oliveira**  
**Leandro Lopes Bernardes**  
**Adelaida Pallavicini Fonseca**  
**Li Weigang**  
Universidade de Brasília  
Programa de Pós-graduação em Transportes  
Grupo de Pesquisa em Logística Aeronáutica

## **RESUMO**

O gerenciamento do fluxo do tráfego aéreo (ATFM, *Air Traffic Flow Management*), como componente estratégica do gerenciamento do tráfego aéreo (ATM, *Air Traffic Management*) objetiva impedir que os controladores de voo trabalhem com carga superior ao estabelecido em legislação, otimizando os fluxos de tráfego aéreo. Esse trabalho apresenta um panorama do gerenciamento do fluxo e da capacidade do tráfego aéreo, indicando pesquisas para o aperfeiçoamento do sistema brasileiro.

## **1. INTRODUÇÃO**

O transporte aéreo, em crescimento acelerado, é afetado adversamente por restrições da infraestrutura de transportes do país, de modo que o aumento dos congestionamentos amplia também os atrasos, os custos diretos para as empresas aéreas, e indiretos para os passageiros, além da significativa redução dos níveis de serviço.

A aplicação de medidas restritivas ao fluxo de tráfego, por meio do ATFM (*Air Traffic Flow Management*), tem por finalidade impedir que os controladores de voo trabalhem com carga superior ao estabelecido em legislação, bem como o ordenamento dos fluxos, sendo hoje estabelecidas de forma empírica. Entretanto, o número de fatores e variáveis envolvidos nesse processo torna a tomada de decisão, com embasamento empírico, apenas parcialmente eficaz.

Sabendo-se que há espaço para a otimização do fluxo de tráfego mediante a escolha sistematizada das medidas restritivas a serem aplicadas, o ATFM, como ferramenta, deve, além de se basear nos fatores intrínsecos à navegação aérea, considerar os demais envolvidos.

Internacionalmente, os serviços de transporte aéreo são normatizados pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), mas embora haja a previsão dos padrões de segurança, cada país tem autonomia para decidir a maneira como pretende tratar o fluxo de tráfego e, nesse sentido, este trabalho apresenta um panorama do gerenciamento do fluxo e da capacidade do tráfego aéreo, bem como inovações tecnológicas, visando identificar iniciativas oportunas ao aperfeiçoamento do sistema brasileiro.

## **2. SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DO FLUXO DE TRÁFEGO AÉREO**

Neste capítulo, um panorama dos sistemas de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo existentes, incluindo as principais pesquisas em curso, é apresentado.

## 2.1. Sistema Norte-Americano

O sistema nos Estados Unidos é gerenciado pela *Federal Aviation Administration* (FAA), uma agência do Departamento de Transportes. O centro responsável pelo gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo é chamado de ATCSCC (*Air Traffic Control System Command Center*), cuja finalidade é balancear a demanda com a capacidade, verificando eventuais sobrecargas e o ordenamento do tráfego aéreo, sem reduzir os níveis de segurança.

Os vôos são tratados em tempo real e utiliza-se um simulador denominado “*Fast Time Simulation*” para projetar todo o tráfego aéreo 4 horas a frente do horário real. Desta forma, as anomalias em qualquer setor são previstas de maneira antecipada ao surgimento dos problemas de congestionamento e saturação na capacidade dos setores.

A ferramenta restritiva primária para o balanceamento é chamada de GDP (*Ground Delay Program*), que envolve, basicamente, os aeroportos e setores do espaço aéreo sob congestionamento, fazendo atrasar as aeronaves que se destinam a essas áreas por meio de espera em solo. Essa medida é eficiente porque é preferível, em termos de segurança e economia, manter as aeronaves em solo ao invés de executando trajetórias de espera em vôo.

Além da política do GDP, há um sistema computadorizado denominado *Enhanced Traffic Management System* (ETMS), que é interligado com as bases de dados dos vôos do México, Canadá e Europa. Esse sistema provê informações integradas e centralizadas do tráfego aéreo em evolução, dos vôos de outros centros de gerenciamento, e emite alertas aos gerentes ATFM quanto aos instantes em que a projeção excede a capacidade do ATC.

Como é atribuído ao ATC o movimento de todas as aeronaves comerciais, as capacidades e as eficiências dos órgãos ATC têm influência direta nas programações das empresas aéreas, nesse sentido, estas buscam trabalhar em conjunto com os controladores de tráfego aéreo, sugerindo as melhores atitudes a serem seguidas pelas aeronaves envolvidas nos atrasos, por exemplo, por meio da decisão colaborativa (CDM, *Collaborative Decision Making*).

Com o crescimento da demanda pelo espaço aéreo, a FAA vem perseguindo a modernização do sistema para que possa exercer suas atividades de forma mais eficaz. Encontra-se, então, em processo de revisão por meio do programa *Next Generation Air Transportation System* (NextGen), o qual utilizará tecnologia baseada em satélites e trajetória 4-D das operações (três dimensões espaciais e o tempo). Esse programa foi instituído por meio de Lei Federal, dada à sua relevância, e visa à utilização ótima do espaço aéreo e configuração aeroportuária.

O ATFM Americano trabalha, basicamente, com medidas de gerenciamento tático, diferentemente do sistema europeu e das medidas preconizadas pela ICAO. As atividades de ATFM são planejadas algumas horas antes do horário de decolagem do vôo, concentrando suas atividades preferencialmente no dia de operação do vôo, solução esta decorrente, principalmente, das severas e freqüentes mudanças climáticas.

## 2.2. Sistema Europeu

Na Comunidade Européia, existe desde 1960, uma organização internacional chamada EUROCONTROL (*European Organization for the Safety of Air Navigation*) que, devido ao congestionamento crescente do espaço aéreo europeu, definiu e implantou a Unidade Central

de Gerenciamento de Fluxo (CFMU, *Central Flow Management Unit*), incumbida de equacionar o problema e implementar as ações operacionais necessárias.

Em 1995, a CFMU iniciou um processo automatizado e centralizado de alocação de slots por meio de um sistema computadorizado chamado CASA – *Computer Assisted Slot Allocation*. Essa alocação destina-se basicamente à compatibilização da demanda com a capacidade dos órgãos de controle de tráfego aéreo, mantendo os padrões mínimos de segurança de voo e minimizando o atraso total das aeronaves.

Em 2004, observa-se uma mudança terminológica – para *Air Traffic Flow and Capacity Management Strategy* (ATFCM) – a fim de designar que as atividades de regulação não tratam somente a demanda (tráfego e tempo de utilização do espaço aéreo – *Airspace Time*), mas igualmente a oferta (capacidade de controle e dos aeroportos).

Com o programa de gestão tática aperfeiçoada do fluxo de tráfego (ETFMS, *Enhanced Tactical Flow Management System*), buscou-se melhorar a alocação dos slots de pouso e decolagem. Neste sentido, para preservar a equidade entre os diferentes tipos de voos, uma nova noção foi introduzida no CASA: a banda de tempo (*time band*).

A fim de acomodar as necessidades futuras do tráfego aéreo e repensar o sistema ATM, a Comunidade Européia decidiu instituir o programa SESAR (*Single European Sky ATM Research*), como uma mudança de paradigma. A legislação do “*Single European Sky*” (espaço aéreo europeu unificado) reformou em profundidade a organização dos serviços de navegação aérea. Até que essas melhorias operacionais se materializem, está em implantação a gestão dinâmica da rede do espaço aéreo europeu (DMEAN, *Dynamic Management of the European Airspace Network*), para liberar capacidades do sistema ATM ocultas, como uma forma de atender aos requisitos de capacidade e eficiência de voo, a curto e médio prazo.

### **3. TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS – PROPOSTA PARA O ATFM BRASILEIRO**

Observa-se que são diferentes os conceitos empregados entre os sistemas ATFM. O sistema americano, essencialmente tático, prioriza ações do GDP planejadas para o dia dos voos. Já o europeu, busca antever o planejamento por meio de ações de distribuição de slots. Em comum, fica a evidente preocupação das organizações envolvidas com ATFM na realização de investimentos significativos, financeiro e tecnológicos na preparação do futuro gerenciamento do espaço aéreo.

Neste sentido, a qual desses sistemas o Brasil poderia adaptar-se? É preciso estudar as opções, mas, atualmente, já se sabe ser premente para o Brasil uma ferramenta de análise de fluxo aéreo semelhante a esses modelos, tanto os existentes, como em fase de desenvolvimento.

No Brasil, a necessidade de um centro de Gerenciamento de Tráfego Aéreo também ficou caracterizada, em função do contínuo aumento do volume do tráfego aéreo. Então, desde 2006, as medidas restritivas estão sendo determinadas com o auxílio do Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea (CGNA).

Esse Centro dispõe de ferramentas que realizam diversas análises baseadas em estudos estatísticos e previsões advindas do Sistema de Gestão de Fluência de Tráfego Aéreo (SYNCROMAX). Como descrito em Ribeiro et al (2008), o SYNCROMAX disponibiliza informações para auxiliar a tomada de decisão, de forma a determinar medidas para atender os cenários estratégicos, táticos e operacionais. Apesar disso, as decisões ainda são fundamentadas nos planos de vôos apresentados na fase estratégica e, portanto, não incluem acontecimentos ocorridos após a decolagem da aeronave, ou seja, desconsidera-se a evolução do fluxo de tráfego no espaço aéreo (Crespo et al, 2008).

Assim, no sistema brasileiro, o conjunto de ferramentas existentes não é especificamente voltado para o gerenciamento tático e a otimização do fluxo. Quando comparado com os sistemas existentes e em desenvolvimento nos Estados Unidos e na Comunidade Européia, observam-se as diversas tendências tecnológicas e oportunidades de pesquisa.

Buscando esse objetivo, Crespo et al (2008) propuseram o Sistema de Aplicação e Gerenciamento das Medidas de Controle de Fluxo de Tráfego Aéreo – SISCONFLUX, que objetiva ser um sistema distribuído de apoio à decisão (*Distributed Decision Support System - DDSS*) que auxilie no gerenciamento das medidas de controle de fluxo de tráfego aéreo.

Diferentes metodologias podem ser pesquisadas e implementadas para atingir a funcionalidade pretendida para o SISCONFLUX. Algumas já compõem os sistemas anteriormente apresentadas e compreendem um conceito operacional do futuro ATM. Dentre as reportadas na literatura, podemos agrupar três linhas metodológicas principais:

1. Modelagem discreta (Pesquisa Operacional): entre as quais pode-se citar Rizzi (2003);
2. Fluxos contínuos (Teoria de Grafos): entre as quais pode-se citar Souza (2008);
3. Sistemas distribuídos (Multi-agentes): entre as quais pode-se citar Dib (2004).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Crespo, A.M.F.; Aquino, C.V.; Souza, B.B.; Weigang, L.; Melo, A.C.M.A. & Celestino, V.R.R. (2008). Distributed decision support system applied to tactical air traffic flow management in case of CINDACTA I. Journal of the Brazilian Air Transportation Research Society JBATS, v.4, n.1, pp. 47-60.
- Departamento do Controle do Espaço Aéreo – DECEA (2007). Serviço de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo. ICA 100-22, 15 p.
- Dib, M. V. P. (2004). Sistema Multi-agentes para Sincronização e Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo em Tempo Real. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- European Organization for the Safety of Air Navigation – EUROCONTROL (2009). Air Traffic Flow Management. Disponível em <http://www.eurocontrol.int>.
- Federal Aviation Administration – FAA (2009). What's new – Air Traffic Control System Command Center, FAA/ATCSCC, disponível em <http://www.faa.gov>.
- National Aeronautics and Space Administration – NASA (2009). Ames Aviation System Division, NASA/AMES, disponível em <http://www.nasa.gov>.
- Ribeiro, V.F.; Ribeiro, W.L.J.; Arruda Jr., A.C.; Weigang, L.; Crespo, A.M.F. & Timoszczuk, A.P. (2008). Previsão de cenário para o controle de fluxo de tráfego aéreo do CINDACTA I. Sitraer 7, Tr. 393, pp. 268-280.
- Rizzi, J. A. (2003). Um modelo matemático de auxílio para o problema de controle do tráfego aéreo. Tese de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, São José dos Campos.
- Souza, B.B. (2008). Modelo de Balanceamento com Multi-Fluxos para Aplicação em Gerenciamento de Tráfego Aéreo. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília.
- Targa, D. (2001). Uma ferramenta automatizada no auxílio à alocação de slots para o problema de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo brasileiro. Tese de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA.