



## **IMPLEMENTAÇÃO DE RNAV NO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO: UMA ABORDAGEM ECONÔMICA**

**Cristiani de A. Siqueira**

**Protógenes Pires Porto**

Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

### **RESUMO**

Como membro da Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), a implantação do Sistema CNS/ATM e conseqüentemente a Navegação de Área (RNAV) é um compromisso firmado pelo Brasil. O conceito RNAV representa uma mudança fundamental na filosofia de navegação até então praticada e por isso sua implementação requer uma série de adequações um tanto dispendiosas por parte da indústria do transporte aéreo em geral. Em contrapartida, muitas vantagens econômicas e operacionais, tal como o aumento de capacidade do espaço aéreo, a redução das distâncias de voo percorridas, dos custos operacionais das aeronaves bem como da carga de trabalho e níveis de estresse dos controladores de tráfego e da tripulação são esperados.

Nesse ambiente, este trabalho de dissertação de mestrado propõe a elaboração de uma análise de custo-benefício tendo em vista todas as partes da indústria do transporte aéreo brasileiro de forma agregada: companhias aéreas, provedores de serviço de navegação aérea e o Estado.

### **ABSTRACT**

As an International Civil Aviation Organization (ICAO) member, the CNS/ATM and, by consequence, the Area Navigation (RNAV) implementation is a Brazil's commitment. By using the RNAV concept several economical and operation advantages can be achieved as increase of air space capacity, flown distance reduction, operational costs reduction and workload reduction of air traffic controllers and crews, as well. However, the RNAV concept represents a fundamental change on the current navigation philosophy and due to this reason, its implementation requires a sequence of expensive modifications on the Air Transport Industry.

Under this environment, a model of cost-benefit evaluation is proposed, considering all main issues that may affect the Brazilian the Air Transport Industry on which it concerns airlines, aeronautical navigation service providers and the government.

### **1. EXPOSIÇÃO DO PROBLEMA**

O novo conceito global em navegação aérea do futuro (FANS- Future Air Navigation System) que integra o Sistema de Comunicação, Navegação e Vigilância / Gerenciamento de Tráfego Aéreo, conhecido pela sigla CNS/ATM, deverá ser gradualmente implementado em todo o globo até o ano de 2010, de acordo com a programação recomendada pela Organização da Aviação Civil Internacional, da qual o Brasil é membro. O aperfeiçoamento previsto para a navegação, segundo CNS/ATM, incluirá a progressiva introdução da Navegação de Área junto ao Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS). Este sistema proverá cobertura de navegação por todo o planeta (incluindo áreas remotas e oceânicas), e será utilizado não apenas para a navegação do espaço aéreo em rota, como também para aproximação de não-precisão e, em futuro próximo, para aproximação de precisão.

Contudo, para atender os padrões e normas internacionais que regem a prática da Navegação de Área (estabelecidos pela OACI) é necessário que todas as partes que compõem o sistema de transporte aéreo no Brasil sejam apropriadamente adequadas. Para tanto, uma série de investimentos em equipamentos, capacitação de pessoal, reorganização da infra-estrutura de navegação, construção de novos procedimentos, simulações e estudos de viabilidade serão necessários.



Nesse contexto, este trabalho vem propor uma análise de custo-benefício referente à implementação da navegação RNAV no espaço aéreo brasileiro, tendo em vista o sistema de transporte aéreo de forma agregada, isto é: o Estado, as companhias aéreas e os provedores de serviço de navegação.

## **2. RNAV**

O conceito RNAV representa uma mudança fundamental na filosofia de navegação até então praticada. Tradicionalmente as aeronaves voavam de um rádio-auxílio específico para outro, sendo cada auxílio utilizado como fonte de dados. Os equipamentos de navegação de área são capazes de determinar automaticamente a posição da aeronave por intermédio do processamento de dados provenientes de um ou mais sistemas de auxílio à navegação.

A Navegação de Área é definida [ICAO: Rules of the Air & ATS – Doc.4444- RAC/501,1998] como um método de navegação que permite que a aeronave opere em qualquer trajetória desejada dentro da cobertura de auxílios à navegação de referencia ou dentro dos limites da capacidade de sistemas autônomos ou ainda da combinação destes.

Um equipamento RNAV é, por definição [ICAO Doc. 9613-AN937], qualquer combinação de equipamentos usados para propiciar a navegação de área.

No Brasil, a navegação de área pode se basear nos seguintes sistemas de navegação: DME/DME - Distance Measuring Equipment, VOR/DME - Very High Frequency Omnidirectional Radio combinado com DME, Sistemas Inerciais - INS - Inertial Navigation Systems / IRS - Inertial Reference Systems, e GNSS - Global Navigation Satellite System.

## **3. PROCEDIMENTOS RNAV**

Os procedimentos RNAV são projetados para fornecer flexibilidade aos usuários servindo-se da mais ampla infraestrutura de auxílios à navegação possível. Isto permite que aeronaves dotadas do sistema multi-sensor RNAV possam continuar normalmente seus procedimentos em caso de falha do sensor primário. A maior parte dos sistemas RNAV são capazes de selecionar e descartar seus sensores automaticamente, entretanto o projetista deve considerar durante a fase de concepção o conjunto de auxílios disponíveis e as consequências de possível pane destes na execução dos procedimentos.

Os procedimentos e rotas RNAV devem ser construídos com o mínimo de pontos possível. Cada *waypoint* de uma rota RNAV representa o local em que o sistema de navegação da aeronave deve efetuar uma transição automática. Tal transição envolve mudanças de velocidade, altitude e direção. Os *waypoints* são lugares geográficos específicos, representados em latitude e longitude em coordenadas WGS-84 (Sistema Geodésico Mundial), que definem uma rota ou trajetória qualquer de navegação de área.

## **4. IMPLEMENTAÇÃO RNAV NO BRASIL**

No Brasil, o planejamento e implementação do CNS/ATM e subsequentemente da Navegação de Área recai sobre o Grupo Regional de Planejamento e Implementação do Caribe e América do Sul – GREPECAS e pela Comissão CNS/ATM do DECEA. Sendo objeto destes satisfazer os objetivos do Plano de Navegação Aérea Global da OACI - ANP.



Para garantir a implementação do ANP, os serviços provedores de tráfego aéreo, usuários desses serviços e organismos de financiamento necessitam estar cientes das implicações financeiras e convencidos da viabilidade dos novos sistemas. Este podendo ser fornecidos por meio de análises de custo/benefício, enfocando as consequências financeiras que afetarão todas as partes envolvidas no processo de implementação [ICAO, CAR/SAM Basic ANP].

## **5. ESTRUTURA DO TRABALHO E RESULTADOS ESPERADOS**

A dissertação está estruturada nos seguintes itens:

- ( A ) Revisão bibliográfica sobre Navegação de Área - princípios da navegação RNAV, equipamentos, procedimentos, Performance de Navegação Requerida (RNP), planos de implementação CNS/ATM na região CAR/SAM, e métodos de análise de custo-benefício.
- ( B ) Verificação do avanço da implementação, das estratégias e das possíveis tendências da implantação RNAV no Brasil com base no ANP CAR/SAM e no Plano de Ação CNS/ATM para as Regiões CAR/SAM, que apresentam em termos gerais, os planos da OACI para implantação CNS/ATM, provisão de recursos e serviços para a navegação aérea internacional na região Caribe e América do Sul.
- ( C ) Determinação das Hipóteses de Trabalho .
- ( D ) Identificação dos custos e benefícios referentes à implementação RNAV no Brasil;
- ( E ) Quantificação e Qualificação de tais custos e benefícios: pesquisa e estimativa dos custos recorrentes sobre as partes do Sistema de Transporte Aéreo Brasileiro. Estimativa dos benefícios quantitativos e descrição dos benefícios qualitativos (que não podem ser quantificados).
- ( F ) Análise dos Resultados – Comparação dos custos e benefícios quantificados;
- ( G ) Conclusão;

## **6. CUSTOS E BENEFÍCIOS CONSIDERADOS**

Custos:

- 1. Adequação da frota brasileira: Aquisição de equipamentos FMS / Receptores GNSS;**
- 2. Implementação/adequação da infra-estrutura de navegação (Sistema de Aumentação Terrestre – GBAS, Sistema de Aumentação Espacial – SBAS);**
- 3. Treinamento de pilotos;**
- 4. Homologação de aeronaves;**
- 5. Treinamento de controladores;**
- 6. Construção de procedimentos e rotas RNAV;**

Benefícios referentes à melhor utilização do espaço aéreo:

- 7. Rotas diretas ortodrômicas:** Potencial redução das distâncias percorridas e dos tempos de voo: conseqüente redução dos custos operacionais diretos (combustível, manutenção e de salários das tripulações);
- 8. Potencial viabilização de trajetórias preferidas:** Flexibilidade na elaboração de trajetórias de travessia/desvio de zonas meteorológicas de condições adversas;
- 9. Otimização dos procedimentos de espera, de saída e de chegada:** Redução dos impactos ambientais (níveis de ruído aeronáutico e impacto visual): O aumento da



flexibilidade associado aos procedimentos RNAV propiciará a criação de novas rotas e procedimentos visando tanto satisfazer requisitos específicos quanto de reduzir impactos ambientais. Áreas de grande densidade populacional podem ser evitadas pelas aeronaves de pequeno arrasto (capazes subir mais rápido e manobrar imediatamente após a decolagem) por meio da execução de procedimentos de saída especialmente projetados para explorar tal performance;

- Possível aumento do peso máximo de decolagem (aumento da carga paga);
- Diminuição da carga de trabalho do controlador, que pode também significar aumento da capacidade de absorção de tráfego. No espaço aéreo terminal, algumas rotas podem ser construídas em superposição aos padrões de vetoração radar (na qual o controlador é o responsável pela navegação da aeronave, devendo transmitir as orientações de proa e mudanças de nível necessárias). Desse modo, as aeronaves passam a percorrer trajetórias diretas entre os fixos ao invés de serem vetoradas em procedimento de aproximação, reduzindo o tempo de monitoramento da aeronave;

**10. Possibilidade de efetuar procedimentos por instrumento sobre pistas não-equipadas para tal;**

Benefícios referentes à melhor utilização dos auxílios à navegação:

- 11. Supressão de estações de VOR e NDB à partir de 2010: conseqüente eliminação dos custos de manutenção;**
- 12. Aumento da precisão devido às filtragens e melhor combinação à bordo dos sinais disponíveis:** Redução da separação entre aeronaves: Aumento da capacidade do espaço aéreo e Possível aumento de capacidade de pista;
- 13. Aumento da segurança uma vez que os o sistema utiliza múltiplos dados de entrada e é dotado da função de previsão de trajetória:** Redução da carga de trabalho dos controladores que pode significar, por outro lado, capacidade de absorver mais tráfego. Este será o resultado das alterações nas técnicas de trabalho dos controladores como, por exemplo, menos vetoração radar.

**Agradecimentos**

Agradeço a FAPESP pelo apoio financeiro e ao IPV, pelo apoio logístico.

**BIBLIOGRAFIA**

- C. ALARI, *Instruments de radioanavegação*, École Nationale de l'Aviation Civile, 6<sup>a</sup> ed., 1992;  
CANSO CNS/ATM Working Group, *Demystifying CNS/ATM*, 1999;  
EUROCONTROL, *EUROCONTROL Standard Document for Area Navigation Equipment Operational Requirements and Functional Requirements*, Ref number: 003-93, 1988;  
EUROCONTROL, *Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for DME/DME and GNSS Area Navigation*, 1999;  
FIELD, A., *International Air Traffic Control*, Pergamon Press, UK, 1985;  
GALOTTI, V. P. Jr, *The Future Air navigation System (FANS)*, University Press, Cambridge, UK, 1997.  
ICAO, *Basic Air Navigation Plan CAR/SAM- Vol.I*;  
ICAO, *Basic Air Navigation Plan CAR/SAM-Vol II – FASID –Facilities and Services Implementation Document*;  
ICAO, *Manual Sobre la Performance de Navegación Requerida (RNP)*, 2<sup>a</sup> ed., 1999;  
ICAO, *Plan Regional CAR/SAM para la Implementación de los Sistemas CNS/ATM- Plan de Acción*, 1999;  
McFARLANE, N. e CHURCH, P., *Cost-Benefit Analysis of Free Route Airspace – Final Report*, UK, 2002;  
Revista Aeroespaço, agosto, 2000.

**Endereço:**



Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
Depto. de Infra-estrutura Aeronáutica - Transporte Aéreo e Aeroportos  
Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias  
12228-901 - São José dos Campos, SP, Brasil.  
E-mail: [cris@infra.ita.br](mailto:cris@infra.ita.br) e [portogab@ita.cta.br](mailto:portogab@ita.cta.br)

Fone: (12) 3947-6802  
Fax: (12) 3947-6803