

**UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI  
DIEGO ATHAYDES VIEIRA  
VINÍCIUS MONTEIRO MENDONÇA  
WILSON SOUTO DOS REIS  
YANN BENINCASA RIBEIRO DA SILVA**

**NAVEGAÇÃO BASEADA EM PERFORMANCE (PBN) E  
SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O TRÁFEGO AÉREO**

São Paulo,  
2018

**DIEGO ATHAYDES VIEIRA  
VINÍCIUS MONTEIRO MENDONÇA  
WILSON SOUTO DOS REIS  
YANN BENINCASA RIBEIRO DA SILVA**

**NAVEGAÇÃO BASEADA EM PERFORMANCE (PBN) E  
SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O TRÁFEGO AÉREO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do título de Bacharel do curso Aviação Civil da Universidade Anhembi Morumbi, sob a orientação do Professor Mestre Francisco José Rezende.

Aprovado em \_\_/\_\_/\_\_

---

Prof. Me. Francisco José Rezende

---

## **AGRADECIMENTOS**

Nossos agradecimentos vão principalmente para nossos pais, que sempre nos incentivaram a conquistar os nossos sonhos e a superar qualquer barreira que possa surgir nesta caminhada da vida.

Também agradecemos ao Professor Francisco José Rezende, pela disponibilidade e aceitação para prover a orientação ao nosso trabalho, um professor excepcional e grande conhecedor do setor aéreo; ao Professor Amândio Luís Barbosa Furtado que nos auxiliou com todos os requisitos relacionados à nossa pesquisa de campo e formatação do artigo, e também a todos os professores que fizeram parte da nossa trajetória no curso de Aviação Civil.

Por fim, mas não menos importante, agradecemos o controlador de tráfego aéreo José Antônio Outeiro Loche, também instrutor e supervisor do APP, que nos concedeu uma entrevista e visita à torre de controle do aeroporto de Congonhas, enriquecendo assim a parte descritiva e de pesquisa do nosso artigo científico.

*“Alone we can do so little, together we can do so much!”*

*Helen Keller*

# NAVEGAÇÃO BASEADA EM PERFORMANCE (PBN) E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O TRÁFEGO AÉREO<sup>1</sup>

Diego Athaydes Vieira<sup>2</sup>

Vinícius Monteiro Mendonça<sup>3</sup>

Wilson Souto Dos Reis<sup>4</sup>

Yann Benincasa Ribeiro Da Silva<sup>5</sup>

Prof. Me. Francisco José Rezende<sup>6</sup>

## RESUMO

Os objetivos desse trabalho são descrever o conceito de navegação baseada em performance (PBN); bem como sua contribuição para o tráfego aéreo brasileiro e sua prática no país. Contextualizar os avanços tecnológicos no setor aéreo e sua aplicação no espaço aéreo e contribuição para a modernização e segurança do sistema e confiabilidade cada vez mais garantida através dos mesmos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Navegação Baseada em Performance. Segurança de Voo. Tráfego Aéreo Brasileiro. Controle de Tráfego.

## ABSTRACT

*The objectives of this academic research are to describe the concept of Performance Based Navigation (PBN), as well as its contribution for the Brazilian Air Traffic and its practice in the Country. Summarize the technologies advancing in the Air Market and its application in the Air Space and contribution for modernization and the system's safety and reliability each more guaranteed through themselves.*

**KEY WORDS:** *Performance Based Navigation. Flight Safety. Brazilian Air Traffic. Air Traffic Control.*

<sup>1</sup>: Trabalho do curso de Aviação Civil da Universidade Anhembí Morumbi, 2018.

<sup>2</sup>: Graduando pela Universidade Anhembí Morumbi. Email: diego\_cmtathaydes@hotmail.com

<sup>3</sup>: Graduando pela Universidade Anhembí Morumbi. Email: vim67@gmail.com

<sup>4</sup>: Graduando pela Universidade Anhembí Morumbi. Email: wilsonedr@gmail.com

<sup>5</sup>: Graduando pela Universidade Anhembí Morumbi. Email: yann\_benincasa@hotmail.com

<sup>6</sup>: Mestre em Linguística, Professor da disciplina de Fraseologia Aeronáutica, na Universidade Anhembí Morumbi. Email: rezendecomze@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A automação de voo é uma realidade eminente em aeronaves, que tem como função, ajudar e minimizar as tarefas realizadas dentro da cabine de comando, assim como garantir a eficiência e segurança dos procedimentos operacionais dos voos.

Com o surgimento da aviação comercial após a segunda guerra mundial, as aeronaves que faziam voos comerciais tinham a bordo de sua cabine instrumentos simples que auxiliavam a tripulação indicando e orientando a direção de voo da aeronave. Esses instrumentos eram o ADF (*Automatic Directional Finder*) que tinha a função apontar para uma estação de rádio no solo indicando a localização da mesma em relação à aeronave; também tinham à disposição o equipamento VOR (*VHF Omnidirectional Range*) que é utilizado atualmente para orientar a posição da aeronave em relação a um ponto no solo, mostrando se a mesma está se aproximando ou afastando em uma determinada rota e o DME (*Distance Measuring Equipment*) sendo este capaz de determinar a distância da aeronave em relação a uma antena de transmissão que se encontra no solo. Esses equipamentos reduzem as atividades a serem realizadas no decorrer do voo, tornando-o mais eficiente e com um nível de segurança muito mais elevado, resultando em uma tripulação com menor carga de trabalho e alinhando o foco no comportamento da aeronave; minimizando assim a distração demasiada ocasionada por terem inúmeras funções que ocasionam fadiga afetando o desempenho da tripulação. (RONDON; CAPANEMA; FONTES, 2014).

Devido ao desenvolvimento da tecnologia mundial, o setor aéreo acompanhou essa modernização, implementando sistemas eletrônicos capazes de controlar a aeronave, retirando do piloto a necessidade de manter um controle direto e constante da aeronave, facilitando assim o gerenciamento de cabine e as operações aéreas.

Conseqüentemente, as aeronaves comerciais possuem tantos sistemas automatizados que tornam o piloto da aeronave um gerenciador de sistemas,

apenas monitorando a operação da aeronave e intervindo em casos emergenciais ou anormais.

De acordo com Hollnagel e Woods (2005), sucedeu-se uma diminuição das habilidades motoras e um crescimento das habilidades cognitivas nas operações aéreas. O artigo pioneiro realizado utilizando o termo “automação” foi apresentado na revista *Scientific American Article*, em 1952.

Primeiramente, a automação era executada de forma analógica, ou seja, instrumentos mecânicos que eram habilitados a realizar um controle parcial e discreto de um processo. Com o decorrer do tempo, alinhado à melhoria contínua da tecnologia, a automação passou de analógica para digital, consentindo assim sua execução em sistemas de maior complexidade, obtendo controles mais eficientes e elevando a segurança na operação dos equipamentos.

De acordo com Sheridan e Parasuraman (2005), automação é:

- A mecanização e integração dos dados captados referentes às variáveis do ambiente envolvido por meio de sensores artificiais;
- A integração de dados e capacidade decisória por computadores;
- À ação mecânica por motores ou equipamentos;
- “Ação informativa” quando exibido para o operador, por meio de *displays* digitais, das múltiplas informações e dados relacionados a determinado momento do voo.

Com isso, obteve-se o início do distanciamento do piloto com relação ao comando manual da aeronave (MONTEIRO, 2007).

Com níveis de segurança e eficiência cada vez maiores, o aumento do emprego do avião como meio de transporte nos últimos tempos fez surgir à necessidade de uma melhor utilização do espaço aéreo. Uma das formas encontradas para a melhor utilização foi a introdução dos procedimentos PBN (*Performance Based Navigation*), representando uma modificação da navegação baseada em sensores para uma navegação baseada em desempenho e performance.

Em conjunto com essa nova necessidade, os sistemas de navegação aérea transformaram-se mais precisos, viabilizando uma maior precisão da trajetória de voo e possibilitando uma melhor eficiência operacional, ao acurar uma trajetória de voo direta e precisa da localização da aeronave em relação à rota de voo planejada. Esse desenvolvimento permitiu as aeronaves voarem direto entre pontos, excluindo a dependência de auxílios à navegação baseados no solo (NDB, VOR) e sim usando a navegação baseada em satélites (ICAO, 2013).

O conceito PBN diz respeito aos requisitos de performance a serem empregados: na rota de tráfego aéreo, procedimento por instrumento ou um espaço aéreo definido. Incluem-se no mesmo conceito os procedimentos RNAV (*Area Navigation*) e RNP (*Required Navigation Performance*) (Nolan, 2010). Os procedimentos RNAV e RNP são marcados como motivos fundamentais para a melhora na eficiência e capacidade do sistema de espaço aéreo. Sua aplicação é considerada como motivo essencial para a implantação do programa NextGen nos Estados Unidos, SESAR na Europa e SIRIUS no Brasil. Com a utilização dos procedimentos RNP e aumento da confiabilidade na precisão da trajetória, permitiu-se ao planejador do espaço aéreo o uso mais eficiente do espaço aéreo.

O objetivo desse artigo científico é mensurar os benefícios da implantação do PBN no espaço aéreo brasileiro, bem como sua aplicação vantajosa frente ao controle de tráfego. As especificidades do objetivo são: contextualizar a automação de voo e consequente modernização da aviação global, descrever os procedimentos previamente já citados e informar através de uma entrevista realizada com um controlador de voo sua aplicabilidade no cotidiano do setor.

A metodologia do artigo tem caráter exploratório e descritivo, dividindo-se em três principais seções: A primeira introdutória, apresentando características dos instrumentos e uma breve explanação da aviação brasileira; a segunda com dados estatísticos bem como descritivos sobre o tema e, por



fim, a terceira, concluindo e reforçando todo o material aqui aplicado com o anexo da entrevista ao final do artigo, concluindo sobre a problemática apresentada no contexto da pesquisa.

## **1 – NAVEGAÇÃO BASEADA EM PERFORMANCE**

Os avanços da navegação aérea sempre estiveram conectados com os avanços tecnológicos. Primeiramente, devido à falta de instrumentos de voo ou sistemas que ajudassem na navegação, os voos comerciais estavam limitados a realizarem suas rotas durante o dia e em boas condições climáticas. Os avanços no campo aéreo propiciaram à navegação aérea nas mais diversas condições climáticas e a qualquer período do dia ou da noite.

Hoje em dia, com a desmistificação dos sistemas de satélite de navegação, e a necessidade de maior aproveitamento do espaço aéreo, encontra-se em progresso a modificação do conceito de auxílios à navegação baseados em sensores para o conceito de navegação baseada em performance (PBN).

### **1.1 – Primeiros Passos**

A primeira tentativa da Organização de Aviação Civil (OACI) de colocar em prática os procedimentos RNAV ocorreu em 1998 com a primeira edição do Documento nº 8168. Nesse documento foram descritos os desempenhos que eram necessários para a operação RNAV. A princípio, esse tipo de procedimento era visto como meio para a realização de procedimentos em rota e não para aproximação ao pouso. Porém, devido à falta de especificações e necessidades operacionais ocorreu pouca implementação dessa operação pela indústria aeronáutica (ICAO, 2013).

Em 2007 durante a 36ª Assembleia da OACI, os Estados membros comprometeram-se com a implementação e desenvolvimento da navegação baseada em performance, expondo em uma dedicação mundial e não mais

regional, em aplicar a navegação satelital na aviação. Esse esforço foi reiterado na 37ª Assembleia que ocorreu em 2010, com a proposta de melhorias e definições dos procedimentos RNAV e RNP (ICAO, 2013).

O Documento nº 9613 continuou a ser editado e teve a sua quarta edição em 2013, onde é sugerido que não deverão ser desenvolvidos novos procedimentos RNAV, devendo os novos procedimentos a serem adotados do tipo RNP baseados em satélites. A tendência é que os novos procedimentos RNP deverão abranger todas as fases do voo, objetivando assim maximizar os benefícios e minimizar os custos aos operadores (ICAO, 2013).

## **1.2 – Aspectos Principais do procedimento**

Define-se PBN como sendo uma rota ou procedimento cuja realização requisita que o conjunto de sistemas da aeronave, qualificação da tripulação e sistemas de gerenciamento de tráfego aéreo atendam as especificações expressas em termos de acuracidade, integridade, disponibilização e continuidade do funcionamento do mesmo. A concepção é formada pelos procedimentos RNAV e RNP associados a um determinado nível de precisão para cada tipo de operação (CHANDRA; GRAYHEM; BUTCHIBABU, 2012).

Um dos objetivos inerentes do PBN é o de possibilitar os aviões utilizarem qualquer auxílio disponível para a navegação ao contrário de ficar dependente de um único auxílio. Os auxílios à navegação transmitem informações de posição que por sua vez são recebidas pelos sensores a bordo das aeronaves e são transformadas em informação pelos sistemas de navegação das aeronaves.

Os auxílios baseados em solo que são utilizados na navegação PBN são o DME e o VOR. O NDB não é classificado como uma fonte de posicionamento para o PBN. Os auxílios baseados no espaço são os sistemas de navegação satelital global ou *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Recentemente, as constelações GNSS em operação são: GPS (EUA) e GLONASS (Rússia).

Estão ainda em desenvolvimento as constelações Galileo (Europa), Beidou (China) e QZSS (Japão).

O sistema RNP é basicamente uma operação RNAV que concede o monitoramento a bordo e o alerta. O sistema deve ser capaz de seguir um caminho designado, e ainda, de realizar trajetórias em curva. Em procedimentos que requisitam perfis verticais, devem ter orientações verticais, indicação de ângulos verticais e limites de altitude definidos. A principal diferença entre um procedimento RNP e RNAV é a capacidade de monitoramento do desempenho realizado dentro da aeronave e os alertas que são expedidos em relação a não conformidade com os pré-requisitos de segurança estabelecidos (ICAO, 2013).

A execução dos sistemas RNAV e RNP varia desde os procedimentos baseados em um único sensor a aqueles com vários tipos de sensores de navegação. Os sistemas de navegação em alguns procedimentos devem estar ligados a outros sistemas, como *auto-throttle* e o piloto automático / diretor de voo, permitindo uma operação mais automatizada.

### **1.3 – Especificidades dos Sistemas PBN Embarcados e Erros de Navegação**

A ICAO descreve que a aeronave voando os procedimentos RNAV ou RNP tenha os seus sistemas de navegação descritos em termos de acuracidade, integridade, disponibilidade e continuidade que precisam para a execução do procedimento assim descrito.

- Acuracidade é descrita como sendo o quesito de manter o posicionamento da aeronave em um raio de uma vez (1x) RNP por 95% do tempo. Indica o grau de precisão que a posição indicada é a posição no momento em questão;
- Integridade é descrita como sendo o quesito de manter o posicionamento da aeronave em um raio de duas vezes (2x) RNP por 99,999% do tempo;

- Disponibilidade é descrita como sendo a probabilidade, usando modelos de risco, que o sistema de navegação (GPS, DME, VOR) utilizado para promover a acuracidade e a integridade da navegação estará vigente durante a operação da aeronave.
- Continuidade é descrita como sendo a probabilidade, usando modelos de risco, que o sistema de gerenciamento da navegação a bordo (FMS ou outro sistema) irá disponibilizar a acuracidade e a integridade durante a operação da aeronave.

Os sistemas de navegação RNAV e RNP dispõem dos mesmos tipos de erros de navegação. Os sistemas PBN usam a navegação em duas dimensões, baseando-se a sua posição em latitude e longitude. Ao ser aferida uma posição de destino, o sistema navega por uma rota definida com um determinado grau de acuracidade, conforme mostra a Figura 1.

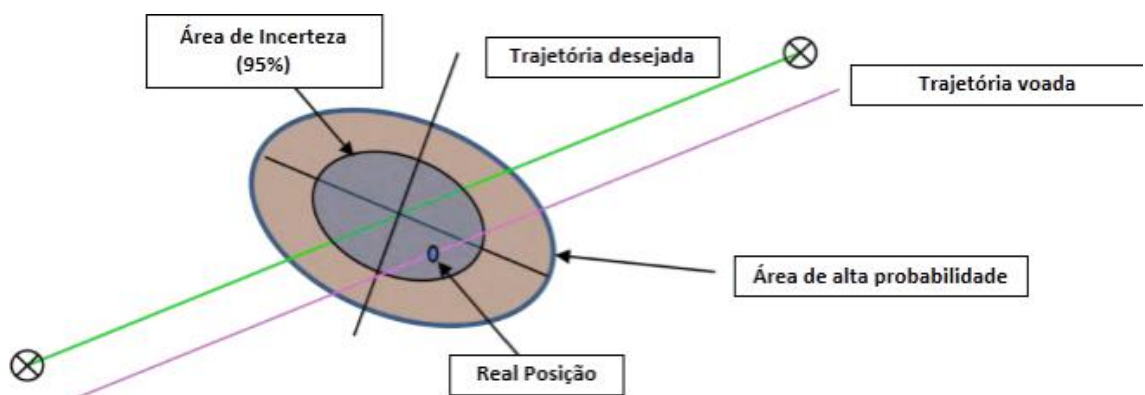


Figura 1. Erros de navegação de um sistema PBN.

Fonte: ICAO, 2013

O erro total da navegação, que deve ser acurado durante o planejamento e execução de um procedimento PBN, é a soma de três erros de navegação, conforme Figura 2. A linha preta representa o caminho desejado. É a trajetória planejada pelo piloto para chegar ao seu objetivo. O sistema de navegação irá computar uma réplica do caminho desejado, que será o caminho

requerido representado no traçado vermelho, e o erro de definição de caminho ou *Path Definition Error* (PDE) é a diferença de distância entre as duas rotas.

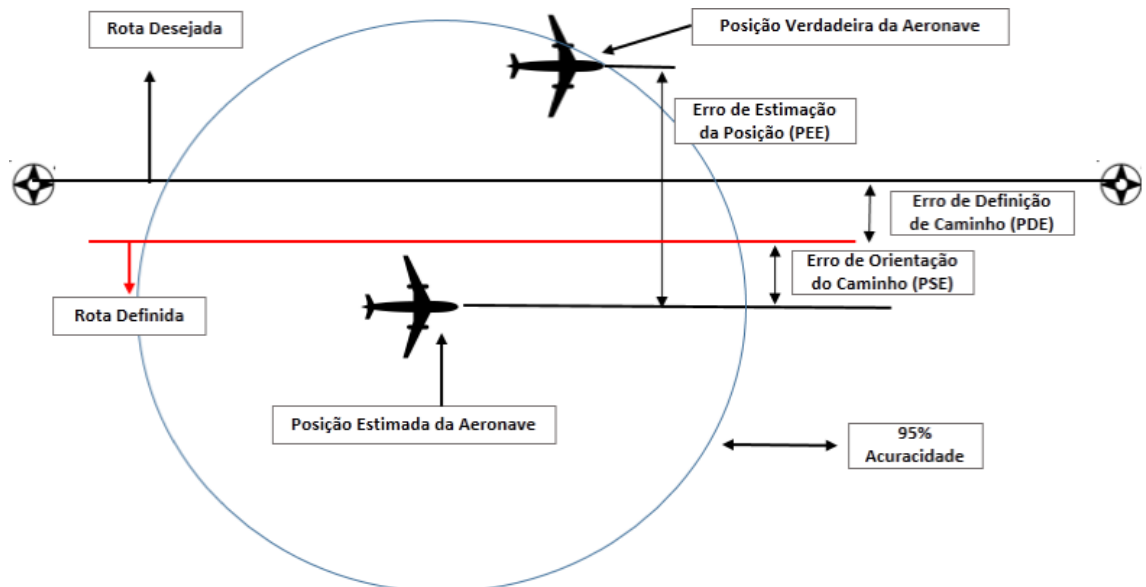


Figura 2. Erros Totais recorrentes.

Fonte: ICAO, 2013

Esse erro, geralmente é o menor dos erros e muitas vezes não é encontrado quando o sistema de navegação usa o mesmo sistema de coordenada que o do caminho a ser feito (ICAO, 2013).

O sistema de navegação da aeronave computa a posição para a aeronave, a posição acurada e busca manter a posição no caminho definido, qualquer erro encontrado será o erro de orientação do caminho ou *Path Steering Error* (PSE) que é resultado da sensibilidade dos sistemas de controle de voo. Este erro é dependente do tipo de controle e do modo de operação (ICAO, 2013).

O último erro é a diferença entre a posição estimada e a verdadeira posição da aeronave. É definido como erro de estimativa da posição ou *Position Estimation Error* (PEE). Esse erro é diretamente ligado aos sensores da aeronave, da combinação das medidas e da dinâmica do voo. O erro total

do Sistema ou *Total System Error* (TSE) é a soma de todos os erros e forma a base para a estimativa e monitoramento da posição e o ciclo de R95 indica que o erro total será menor que o raio do círculo 95% das vezes (ICAO, 2013).

A navegação do sistema discorre ao longo do caminho desejado, contendo uma área de incerteza ao redor da posição do avião, onde estará a verdadeira posição da aeronave, conforme Figura 3. A área mais escura representa que existe a probabilidade de 95% de nela estar contida a aeronave.

Essa probabilidade é usada para estabelecer a acuracidade do equipamento a bordo. Os planejadores de rotas aéreas quando da confecção de procedimentos RNAV baseiam-se na probabilidade de 95% com a adição de uma zona de segurança, levando-se em conta várias combinações de sensores e certas condições de falha. (ICAO, 2013).

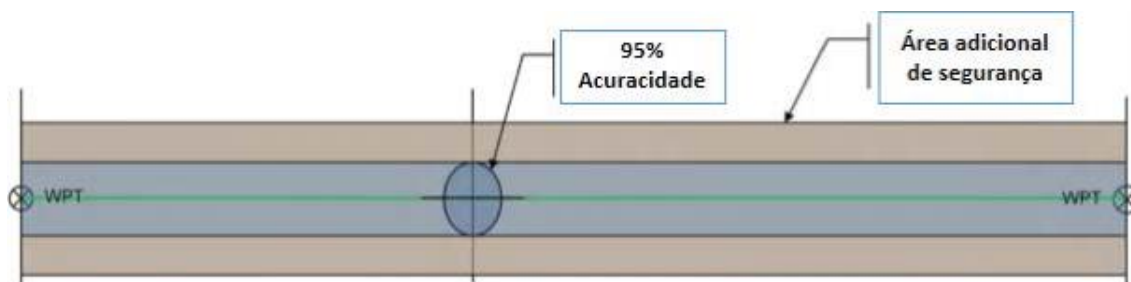


Figura 3. Erros de Navegação de um sistema RNAV.

Fonte: ICAO, 2013

A implementação desse novo tipo de navegação, especialmente para a realização de procedimentos RNP, culminará em custos às empresas aéreas, que necessitarão modernizar as suas frotas e dar treinamento as suas tripulações. Em contrapartida e levando em consideração um ambiente competitivo, considerar os benefícios da utilização do PBN mostra-se de grande relevância.

## 2 – A IMPLEMENTAÇÃO DO PBN NO BRASIL

Para dissertar brevemente, em 1983 a ICAO criou o comitê FANS, priorizando debater assuntos relacionados aos sistemas de navegação aérea do futuro. Através do FANS foram retificados novos conceitos para a aviação no que se refere à comunicação, navegação e vigilância além do gerenciamento de tráfego aéreo, visando utilizar de forma mais eficiente os espaços aéreos.

Tais conceitos foram denominados CNS/ATM (Comunicação-Navegação-Vigilância vinculados ao Gerenciamento de Tráfego Aéreo), e determinam que todas essas funções não poderiam ser mais visadas em auxílios no solo, mas sim no uso de satélites (Basílio, 2011).

Conhecida pelo termo genérico GNSS (*Global Navigation Satellite System*), a navegação por satélite revolucionou a navegação de área fornecendo a atual posição do equipamento de forma altamente precisa e confiável. Nas operações mais atuais da aviação comercial, a navegação de área é gerenciada por um FMS (*Flight Management System*), usando o posicionamento do IRS atualizado pelo GNSS.

Ao desenvolver o conceito de CNS/ATM, a ICAO procurava fomentar a evolução do sistema de controle de tráfego em escala mundial, sem dependência de tecnologias específicas, de forma a se basear apenas em requisitos operacionais. Contextualizando, houve a possibilidade de serem desenvolvidas ferramentas e processos gerenciais para atender à demanda dos usuários dos serviços da navegação aérea.

Mesmo o conceito tendo sido desenvolvido em 1998, apenas em 2003 na 11ª Conferência de Navegação Aérea foi consolidado o Conceito Operacional ATM Global. Este indica que a ICAO, os Estados e os PIRG (*Planning and Implementation Regional Groups*) deverão considerar o conceito operacional ATM Global como um marco mundial comum para guiar a implantação dos Sistemas ATM (*Air Traffic Management*).

Para facilitar o andamento do ATM Global, a ICAO designou o processo de planejamento e implantação às respectivas regiões por meio dos seus PIRG. Na Região da América do Sul (SAM), o processo de execução foi atribuído ao Grupo de Implantação SAM (SAMIG), que desenvolveu, em 2011, o “Plano de Implantação de Navegação Aérea Baseada em Performance para a Região SAM”.

Nesta conceituação, foi designado ao DECEA a responsabilidade de apresentar um plano de implementação que distinguisse a estratégia para a evolução do sistema de controle de tráfego nacional, baseada em performance, objetivando atender às necessidades nacionais e assegurar um avanço harmônico e integrado aos planejamentos regionais e globais.

Foi criado então o programa SIRIUS, que representa no âmbito do SISCEAB (Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro) os projetos e atividades requeridos para a implementação do Conceito Operacional ATM no Brasil, de forma a satisfazer as expectativas de toda a comunidade ATM. O DECEA então concebeu a DCA 351-2 (Concepção Operacional ATM Nacional) e o PCA 351-3 (Plano de Implementação ATM Nacional).

Os passos pioneiros nesse contexto, seguindo o planejamento estabelecido nos documentos supracitados foi a introdução do PBN em TMA e a otimização da rede de rotas ATC.

Segundo o DECEA, as metas eram reestruturar as TMA com procedimentos de aproximação, chegada e saída baseados na nova concepção PBN, de forma a maximizar a agregação destes às redes de rotas ATC nacionais e internacionais, otimizando assim as redes de rotas ATS, aumentando a utilização eficaz do espaço aéreo, bem como diminuir os efeitos prejudiciais da aviação ao meio ambiente; aumentando a segurança do espaço aéreo e reduzindo a distância e tempo de voo das aeronaves, culminando assim em eficiência aumentada e melhoria nas operações cotidianas.



Em 12 de dezembro de 2013 a ANAC emitiu a AIC N 24/13, com o propósito de divulgar o conceito de Navegação Baseada em Performance no Espaço Aéreo Brasileiro, assim como os procedimentos gerais e específicos a serem seguidos pelos pilotos em comando e pelos órgãos ATC do SISCEAB.

Hoje me dia, a operação das aeronaves em operações PBN está submetida à autorização da ANAC, através de uma carta de autorização ou *Letter of Authorization* (LOA), após terem sido comprovadas a capacidade PBN da aeronave e o treinamento recebido pelos tripulantes envolvidos.

A agência então envia o registro do operador ao DECEA, que mantém um cadastro online de capacidades PBN, utilizados por salas AIS para aprovação de planos de voo.

Conforme indexado no Anexo I, entrevista de caráter exploratório e realizado pelos autores deste artigo científico, com o controlador de tráfego aéreo José Antônio Outeiro Loche, um dos maiores desafios no espaço aéreo brasileiro hoje com relação a implementar o PBN, é a capacidade de navegação das aeronaves, ou seja, a modernização das mesmas e conseqüentemente, a homologação para que cumpram os requisitos atrelados ao sistema.

### **3 – COMPLACÊNCIA DA AUTOMAÇÃO**

Complacência da tripulação ou monitoramento ineficiente da automação induzida é a maior adversidade considerando performance de voo, confiança no sistema e segurança. No seu papel principal nas conseqüências de performance na complacência da automação induzida, Parasuraman, et al. (1993), examinaram como as diversificações de confiabilidade nos sistemas de monitoramento automatizados podem atingir diretamente na performance da falha na detecção do operador humano.

Dois experimentos foram realizados numa versão revisada em baterias de tarefas multi-atributos (Comstock & Arnegard, 1992), que possibilitaram alguns sistemas a serem automatizados e outros permanecerem sob manuseio manual. A confiabilidade da automação foi manipulada para examinar seus atributos na performance de monitoramento dos operadores humanos. Foi encontrado que a automação válida e substancial associou-se com a mais medíocre performance de monitoramento humano ( Complacência na automação induzida ou complacência no monitoramento).

Após aproximadamente vinte minutos de automação aplicada, a performance de monitoramento humano declinou, e pode-se observar isso em relação ao número de outras tarefas designadas ao operador humano. Em outras palavras, quando o operador humano foi requerido para executar tarefas manuais enquanto monitorava a automação, sua performance de monitoramento diminuiu. (WISE, 2010).

#### **4 – TREINAMENTOS EFICAZES PARA OS SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO**

Com o gradativo aumento na complexidade dos sistemas de aviação, existe um conseqüente aumento em treinamentos complexos (Scerbo, 1996).

Requisições de treinamentos complementares serão necessários para assegurar que o operador humano compreenda a complexidade dos sistemas autônomos, para assegurar contra a probabilidade de riscos à segurança e para a ótima performance do sistema (Modos de erros de omissões e concessões).

Scerbo (1996) fez um comparativo ao aprender a trabalhar com o sistema de automação adaptativa com “Aprender a trabalhar com um novo membro na equipe”, e sugeriu que o treinamento da equipe pode ser pertinente. Sessões de treinamento com automação são pertinentes à equipe para incrementar a familiarização com os pontos fortes e fracos que constituem o sistema automação-humano. O treinamento deverá incluir (1) conhecimento pertinente do sistema, como alertas, e técnicas de verificar tais sistemas;

(2) cenários de treinamentos como: treinamento “e se”; e (3) treinamento para parar e considerar ações alternativas e análise de riscos antes de qualquer resposta (Mouloua, Gilson, & Koonce, 1997).

Os sistemas complexos de atualmente requisitam algo mais do que mera manipulação mecânica; eles exigem gerenciamento da automação, gerenciamento de risco, e gerenciamento da informação (Parson, 2007).

Há também, em ordem a ser considerada de grande ajuda e relevante, o gerenciamento de recursos da tripulação, ou CRM (*Crew Resources Management*), considerada uma ferramenta poderosa no que diz respeito ao aumento da eficiência dos procedimentos e aumento do nível de segurança das operações.

#### **4.1 – Gerenciamento De Recursos da Tripulação CRM (Crew Resource Management)**

Como mencionado por SANTOS, 2014:

“O treinamento de CRM garante capacidade plena ao piloto para executar a tarefa primária de voar a aeronave e tomar decisões que promovam a carga de trabalho e o apoio mútuo entre os membros da tripulação, mesmo em condições anormais.”

“O CRM é um sistema de gerenciamento que faz utilização de todos os recursos disponíveis (equipamentos, procedimentos e pessoas) para promover a segurança e realçar a eficiência das operações de voo.”

Inicialmente, o treinamento era voltado apenas aos tripulantes técnicos, para avaliar os respectivos aspectos e comportamentos durante o voo. As pesquisas mostraram que no decorrer das investigações dos incidentes e acidentes, o fator humano era decisório nas ocorrências.

A partir daí, os especialistas se conscientizaram da necessidade do desenvolvimento de programas e ferramentas que auxiliassem na performance humana durante o desenrolar das suas funções a bordo das aeronaves.

A princípio, definiu-se como Treinamento em Gerenciamento de Recursos da Cabine (*Cockpit Resource Management – CRM*). Posteriormente, evoluiu-se o termo cabine, para tripulação, ficando: Treinamento de Gerenciamento de Recursos da Tripulação (*Crew Resource Management – CRM*).

Graças à disseminação dos gravadores de voz no interior das cabines de comando, descobriu-se que os incidentes e acidentes não eram causados apenas por falhas do equipamento; e sim pelas pessoas que os operavam majoritariamente. Assim, os programas foram desenvolvidos e aplicados por vários operadores, apresentando-se nas seguintes fases:

- **Concientização:** demonstração dos problemas de coordenação e como tais inviabilidades podem contribuir para os acidentes e incidentes;
- **Prática e *feedback*:** utilização de técnicas para demonstrar os pontos a serem desenvolvidos e melhorados por cada indivíduo;
- **Reforço:** incorporação do treinamento na cultura organizacional da empresa por colaboradores de variados setores dentro da mesma corporação, estipulando prazos de validade, geralmente dois anos.

Dentro das habilidades que podem ser desenvolvidas, temos:

- **Comunicação:** entre os membros da tripulação;
- **Consciência situacional:** habilidade de prever o que está acontecendo dentro da cabine da aeronave e fora dela;
- **Resolução de problema/tomada de decisão/julgamento:** começando com a informação do fato ocorrido, terminando com o julgamento dos pilotos na tomada de decisão final;

- Liderança: o piloto em comando ou preposto é o responsável civil e criminalmente, supervisionando a operação da aeronave em voo em sua totalidade;
- Gerenciamento do estresse: além do estresse que a ocorrência de um fato pode ser causada, ainda contamos com o estresse particular que cada membro da tripulação poderá trazer para a missão. A ajuda mútua é de extrema importância;
- Coordenação: são as atitudes, a motivação e o treinamento dos membros da equipe que determinarão a extensão da coordenação entre os tripulantes.

Finalmente, o CRM pode ser considerado como um dos treinamentos/ferramentas mais importantes existentes, que possibilita as tripulações gerenciarem os riscos e ameaças (*Threat and Error Management*) e auxiliando no aperfeiçoamento dos fatores humanos nas corporações em vários setores, não só na aviação.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O recorrente uso da aeronave como meio de transporte trouxe a necessidade de desenvolver novos meios de navegação e otimização do uso do espaço aéreo. Os procedimentos PBN trouxeram mudanças fundamentais na operação das aeronaves, nos procedimentos dos pilotos e na introdução de novos equipamentos a bordo das aeronaves. Sua implementação é considerada fundamental para a modernização do transporte aéreo.

Várias pesquisas têm sido realizadas para verificar a eficiência da utilização de procedimentos PBN nos aeroportos. A implantação do conceito no Brasil arrebatou a necessidade de analisar e verificar as vantagens advindas com a sua aplicação. A introdução de novas técnicas de utilização do espaço aéreo traz ao pesquisador da área de transporte aéreo novos desafios para a verificação de sua eficácia.

Novos contextos deverão ser analisados comparando o consumo de combustível na realização de procedimentos PBN em outros aeroportos, assim como a averiguação dos níveis de consumo quanto da interação de tráfego aéreo, com um fluxo notoriamente carregado nos principais terminais e em determinados aeroportos. De mesmo modo, sugere-se que em estudos futuros deve-se comparar os ganhos de combustível com a utilização do PBN em outras rotas. Outros estudos poderão averiguar se os ganhos operacionais conquistados quando as aeronaves estiverem voando isoladamente serão mantidos quando as mesmas estiverem em uma situação cotidiana de tráfego aéreo, com a participação de outras aeronaves voando para as mais variadas rotas.

Em um cenário marcado pela competição das companhias aéreas e constante procura por maneiras lucrativas e seguras de operação, a busca por procedimentos e ferramentas mais econômicos é uma inevitabilidade. A apuração de qual procedimento melhor se adequa a frota e a malha aérea são primordiais para a sobrevivência e continuidade das empresas do transporte aéreo.

## REFERÊNCIAS

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. **Instrução suplementar – IS No 91-001**. Disponível em: <<https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/CI/Textos/IS-91-001E-P.pdf>>. Acesso em 09/08/2018.

BASÍLIO et al. **Controle de Tráfego Aéreo: Panorama Atual e Perspectivas**. Revista Conexão Sipaer. 2011; 2(3): 113-129.

BRASIL. Departamento de controle do espaço aéreo – DECEA. **PCA 351-3: Plano de Implementação ATM Nacional**. 22 de março de 2012.

FAA. **Managing automation in the cockpit**. Disponível em: <[https://www.faa.gov/training\\_testing/training/media/cfit/volume2/pdf/pages/page5\\_07.pdf](https://www.faa.gov/training_testing/training/media/cfit/volume2/pdf/pages/page5_07.pdf)>. Acesso em: 16/09/2018.

ICAO *International Civil Aviation Organization* (2013). Doc 9613. **Performance-Based Navigation (PBN) Manual**. 4th Edition. Quebec, Canada.

ICAO. *International Civil Aviation Organization* (2006). Doc 8168. **Procedures for Air Navigation Services, Aircraft Operations, PANS-OPS, Volume II, Construction of Visual and Instrument Flight Procedures**. 5th Edition. Quebec, Canada.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION - IATA. **Guidance Material and Best practices for MPL implementation**. 2nd ed. Montreal-Geneva, July, 2015. Disponível em: <<https://www.iata.org/whatwedo/ops-infra/itqi/Documents/guidancematerial-andbest-practicesformplimplementation.pdf>> Acesso em 20/08/2018

MONTEIRO; Francé. **Novas Tecnologias de Cabine em Aviões do Transporte Aéreo Regular e Transformações na Representação Social dos Pilotos**. 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Humanas, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2007.

MORI, R. D. **Navegação Aérea: PBN – NAVEGAÇÃO BASEADA EM PERFORMANCE**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Anhembí Morumbi. São Paulo, 2018.

RONDON, Mario Henrique Dorileo de Freitas; CAPANEMA, Clélia de Freitas; FONTES, Rejane de Souza. **A interação homem-máquina nas aeronaves tecnologicamente avançadas: a transformação de um paradigma**. *Journal Of Aeronautical Sciences*. Porto Alegre, p. 50-60. dez. 2014.

SANTOS, Paulo Roberto Dos. **Segurança da aviação**. Palhoça: Unisul Virtual, 2014. 164 p.

SHERIDAN, Thomas B.; PARASURAMAN, Raja. **Reviews of human factors and ergonomics**. Washington: *The Catholic University Of America*, 2005. P. 192

SPRONG, K. R.; MAYER, R. H. (2007). **Analysis of RNAV arrival operations with descend via clearances at Phoenix Airport**. 26th IEEE/AIAA *Digital Avionics Systems Conference*. [dx.doi.org/10.1109/dasc.2007.4391874](https://doi.org/10.1109/dasc.2007.4391874)

WISE, John A.; HOPKIN, V. David; GARLAND, Daniel J.. **Aviation human factors**. 2 ed. Estados Unidos: CRC Press, 2010. 706 p.



## APÊNDICE I

Entrevista concedida pelo controlador José Antônio Outeiro Loche, controlador, instrutor e supervisor do Tráfego Aéreo APP desde 1978.

### **1) Quais os desafios de implementação do PBN em território nacional?**

O maior desafio para implementar o PBN foi a capacidade de navegação das aeronaves de matrícula brasileira. Em algumas regiões as aeronaves só possuíam capacidade de navegar com os auxílios convencionais, em outras a capacidade PBN era dividida em porcentagens próximas de 50% e em regiões como o eixo São Paulo / Rio de Janeiro ela era próxima de 100%.

Considerando este mix de aeronaves e a impossibilidade de convivência de procedimentos com rotas diferentes, foi necessário um grande esforço para solucionar este problema. Foi indispensável um grande trabalho de estudo e pesquisa, além da confecção de procedimentos para área (ACC) e terminal (TMA).

A validação foi feita utilizando simulador, tanto de aeronaves quanto de controle de tráfego aéreo (simulação em tempo acelerado e em tempo real), durante um período superior a três anos.

### **2) Antes e depois? (Transição de procedimentos)**

Considerando a capacidade das nossas aeronaves, o DECEA julgou necessária a adoção de procedimentos que contemplassem a navegação convencional e a RNAV. Todos os procedimentos RNAV tinham o seu correspondente convencional (overlay), ou seja, as rotas e os níveis eram idênticos.

Esta opção possibilitou uma facilidade de adaptação na transição, embora o espaço aéreo tenha sido totalmente modificado, refletindo também nos procedimentos.

### **3) Quais foram os desafios da adaptação em relação ao controlador?**

Os controladores foram capacitados através de aulas e palestras sobre os procedimentos RNAV/PBN e também treinados em simulador.

Quando da implantação dos novos procedimentos foi determinadas restrições de tráfegos pelo CGNA, o que facilitou a adaptação dos controladores. No início da era do PBN na TMA-SP vários pilotos não possuíam os novos procedimentos e também alguns não tinham habilidade para executá-los, exigindo a atuação dos controladores.

### **4) Tem algo a ser aprimorado?**

Sim, algumas mudanças foram feitas no projeto inicial visando aumentar a segurança, a melhoria da circulação e a economia da aviação. Podemos citar a entrada na TMA-SP pela PSN PUPSI para pouso em SBGR, que reduziu bastante a extensão dos voos, que podem se aproximar de 100 nm. Porém, as mudanças possíveis na circulação atual estão no limite, sendo necessária uma reformulação geral na TMA-SP.

Esta reformulação foi denominada como “Projeto TMA-SP Neo”, já está em andamento e com implantação prevista para outubro de 2020. Ele conta com a participação de todos os interessados, ou seja: ABEAR, ICAO, IATA, empresas aéreas, ABAG, ANAC, CGNA, APP-SP, TWR-SP, TWR-GR, TWR-KP, ICA, e DECEA.

### **5) O projeto PBN no Brasil foi realmente aplicado 100% na prática?**

Nas áreas dos quatro CINDACTA e na do SRPV-SP, que engloba o eixo RIO/SÃO PAULO, o PBN foi implantado em 100%.

Em algumas TMA não ocorreu a implantação do PBN, pois o usuário, ou seja, a aviação não demanda este tipo de navegação e também a exigência da ICAO é que pelo menos 70% das terminais sejam PBN, o que está plenamente contemplado pelo Brasil.

#### **6) Qual é a diferença para o ATC entre RNAV e RNP?**

Para o ATC, considerando o Controlador de Tráfego Aéreo, não existe diferença. Para o ATC, como órgão de controle, os procedimentos RNP são mais vantajosos, pois demandam separações menores nas aproximações e também podem ser utilizados sem vigilância ATS.

#### **7) *Workload* realmente diminuiu?**

Para os Controladores de Tráfego Aéreo não ocorreu diminuição da carga de trabalho com a implantação do PBN, pelo contrário, na TMA-SP em alguns setores ela aumentou com o advento de rotas diretas e cruzamento de níveis que exigem que as aeronaves saindo passem sobre as que estão chegando.

Para os pilotos a carga de trabalho é menor, porém devido às rotas diretas que em alguns momentos de grande movimento geram atrasos traduzidos em esperas, ela pode aumentar.

#### **8) Como ficou a divisão de funções no APP?**

Não foram alteradas as funções, o que ocorreu foi um aumento no número de setores com uma nova setorização, o que exigiu um número maior de Controladores.

O APP-SP tem como organograma (divisão de funções e cargos):

- a) Chefe de Equipe
- b) Supervisor
- c) Coordenador de região
- d) Controladores

**9) Qual foi o treinamento que os controladores receberam? Quanto tempo durou?**

Os controladores do APP-SP foram capacitados através de aulas teóricas com duração de cinco semanas (uma semana para cada equipe). O treinamento ocorreu em simulador instalado no Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), situado no CTA em São José dos Campos. Sua duração foi de dez semanas (duas semanas para cada equipe).

Este treinamento foi dividido em duas fases, sendo uma integrado com o ACC-CW, ACC-BS e APP-RJ, e outra de forma individual abrangendo apenas a TMA-SP.

**10) Existe alguma revalidação para o treinamento do ATC?**

Sim, anualmente ocorre treinamento em simulador com duração mínima de uma semana por equipe. Além da parte prática, aulas teóricas sobre vários assuntos são ministradas nas dependências do Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de São Paulo (DTCEA-SP).

São realizadas provas de proficiência da língua inglesa (EPLIS) com exigência mínima de nível 4 e provas teóricas sobre a atividade ATC com exigência mínima de grau 7.

**11) Existe alguma desvantagem no controle de uma área PBN?**

Não existem desvantagens na utilização do PBN pelo controle de tráfego aéreo, porém algumas aeronaves não são homologadas para operação com este sistema de navegação e também não existem procedimentos convencionais para atendê-las, o que exige dos órgãos ATC medidas diferentes das rotineiras.