



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
LUIZ RICARDO SERRILHO

**SISTEMAS E PROCEDIMENTOS PARA UMA OPERAÇÃO AÉREA SEGURA NA
AVIAÇÃO EM FACE A NOVAS TECNOLOGIAS.**

Palhoça

2021

LUIZ RICARDO SERRILHO

**SISTEMAS E PROCEDIMENTOS PARA UMA OPERAÇÃO AÉREA SEGURA NA
AVIAÇÃO EM FACE A NOVAS TECNOLOGIAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao Curso de graduação em
Ciências Aeronáuticas, da Universidade do
Sul de Santa Catarina, como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel.

Orientador: Prof. Angelo Damigo Tavares

Palhoça

2021

LUIZ RICARDO SERRILHO

**SISTEMAS E PROCEDIMENTOS PARA UMA OPERAÇÃO AÉREA SEGURA NA
AVIAÇÃO EM FACE A NOVAS TECNOLOGIAS.**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovada em sua forma final pelo Curso de Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 09 de novembro de 2021

Orientador: Prof. Angelo Damigo Tavares, MSc

Avaliador: Prof. Esp. Marcos Fernando Severo de Oliveira

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi estudar sobre o impacto das novas tecnologias para aviação no Brasil nos próximos anos, tornando as operações ainda mais seguras. Estudaram-se fontes bibliográficas e documentos específicos, com abordagem exploratória e a coleta de dados através de livros, artigos científicos e pesquisas na internet relacionadas ao assunto. Tecnologias que trouxeram grande segurança às operações aéreas, chegando aos mais modernos sistemas dos dias atuais com a era dos GNSS e os avanços na aviação, por meio dos sistemas de satélites, revolucionaram a forma de navegar, trazendo segurança, precisão e facilidades aos tripulantes com variadas informações. As constelações de satélites e suas tecnologias, antes utilizadas para fins militares, passou a ser disponibilizada também para o uso civil. Por meio deste estudo foi possível concluir que as tecnologias dos instrumentos de auxílio a navegação fizeram seu marco na história e deixaram um legado de aprendizado e lições, contudo, aprimoraram-se os sistemas de voo, tornando a aviação possível de ser operada com a máxima segurança. Entendeu-se como o Brasil evoluiu na forma de atender aos requisitos internacionais da aviação civil e se estabeleceu como ator relevante nesse cenário entre as principais nações do mundo.

Palavras-Chave: Tecnologia. Segurança. Auxílios à Navegação. Nações. Brasil.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el impacto de las nuevas tecnologías para la aviación en Brasil en los próximos años, haciendo las operaciones aún más seguras. Se estudiaron fuentes bibliográficas y documentos específicos, con un enfoque exploratorio y recolección de datos a través de libros, artículos científicos e investigaciones en internet relacionadas con el tema. Tecnologías que aportaron gran seguridad a las operaciones aéreas, llegando a los sistemas más modernos de la actualidad con la era GNSS y los avances en la aviación, a través de sistemas satelitales, revolucionaron la forma de navegar, aportando seguridad, precisión y facilidades a la tripulación con variada información. Las constelaciones de satélites y sus tecnologías, anteriormente utilizadas con fines militares, ahora también están disponibles para uso civil. A través de este estudio se pudo concluir que las tecnologías de los instrumentos de ayuda a la navegación dejaron su huella en la historia y dejaron un legado de aprendizajes y lecciones, sin embargo, se mejoraron los sistemas de vuelo, posibilitando la operación de la aviación con la máxima seguridad. Se entendió cómo Brasil evolucionó en la forma de cumplir con los requerimientos internacionales de la aviación civil y se consolidó como un actor relevante en este escenario entre las principales naciones del mundo.

Palabras clave: Tecnología. Seguridad. Ayuda para la navegación. Naciones. Brasil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1 – Painel de uma aeronave da década de 1930/40	16
Fotografia 2 – Estação de Rádio Não Direcional (NDB)	18
Fotografia 3 – Antena VOR	19
Fotografia 4 –Nova Concepção Operacional ATM Nacional e Internacional	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição de Frota de Aeronaves no Brasil	11
Figura 2 – Localizador	20
Figura 3 – <i>Glideslope</i>	21
Figura 4 – Comparação entre os tipos de auxílios	25
Figura 5 – Constelação de satélites	26
Figura 6 – Satélites mundiais	29
Figura 7 – Sistema ADS-B	30
Figura 8 – Comparação entre os sistemas Radar, ADS-B e ADS-C	34
Figura 9 – Conceito CSN/ATM	38

LISTA DE SIGLAS

ABAS	(<i>Aircraft Based Augmentation System</i>) Sistema de Aumento na Recepção Baseado na Aeronave
ADF	(<i>Automatic Direction Finder</i>) Encontrando a Direção Automaticamente
ADS-B	(<i>Automatic dependent surveillance – broadcast</i>) Vigilância Dependente Automática - Transmissão
ADS-C	(<i>Automatic dependent surveillance – Contact</i>) Vigilância Dependente Automática - Contrato
ANAC	Agencia Nacional da Aviação Civil
APV	(<i>Approach with Vertical Guidance</i>) Abordagem com orientação vertical
ATM	(<i>Air Traffic Management</i>) Gestão do TráfegoAéreo
ATS	(<i>Air Traffic Services</i>) Serviço de Tráfego Aéreo
ATSU	(<i>Air Traffic Services Unit</i>) Unidade de Serviços de Tráfego Aéreo
BDS	(<i>Beidou Sattelite</i>) Beidou Satélite Chinês
CAT	(<i>Category</i>) Categoria
CNS	(<i>Communications, Navigation, and Surveillance</i>) comunicações, navegação e vigilância
CPDLC	(<i>Controller Pilot Data Link Communications</i>) Comunicações do controlador de link de dados do piloto
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
ENRC	(<i>Enroute Aeronautical Chart</i>) Carta Aeronáutica de Rota
EXCOM	(Executive Comite) Comitê Executivo
FAA	(<i>Federal Aviation Administration</i>) Administração Federal de Aviação
GBAS	(<i>Ground Based Augmentation System</i>) Sistema de Aumento Baseado no Solo
GEO	(<i>Geostationary Earth Orbit</i>) Geoestacionário na Órbita Terrestre
GLONASS	(<i>Global Navigation Satellite System</i>) Sistema de Satélite de Navegação Global
GNSS	(<i>Global Navigation Satellite System</i>) Sistema de Satélite de Navegação Global

GS	(<i>Glieslope</i>) Indicador de Rapa de Pouso
GPS	(<i>Global Positioning System</i>) Sistema de Posicionamento Global
HERTZ	Frequência
ICAO	(<i>International Civil Aviation Organization</i>) Organização Internacional da Aviação Civil
IFR	(<i>Instrument Flight Rules</i>) Regras de Voo por Instrumentos
ILS	(<i>Instrument Landing System</i>) Sistema de Pouso por Instrumentos
LDE	(<i>Lateral Deviation Event</i>) Evento de Desvio Lateral
LRDE	(<i>Level Range Deviation Event</i>) Evento de desvio da faixa de nível
MHZ	(<i>Mega Hertz</i>) Mega Frequência
NDB	(<i>Non Directional Beacon</i>) Farol Não Direcional
PBN	(<i>Performance Based Navigation</i>) Navegação Baseada em Performance
RAIM	(<i>Receiver Autonomous Integrity Monitoring</i>) Receptor Autônomo de Monitoramento de Integridade
RNAV	(<i>Area Navigation</i>) Navegação de Área
RNP	(<i>Required Navigation Performance</i>) Performance de Navegação Requerida
SBAS	(<i>Satellite Based Augmentation System</i>) Sistema de Aumento na Recepção Baseada no Satélite
SID	(<i>Standard Instrument Departure</i>) Saída por Instrumentos Padrão
STAR	(<i>Standard Arrival</i>) Chegada por Instrumentos Padrão
VDB	(<i>VHF Data Broadcast</i>) Difusora de Dados VHF
VFR	(<i>Visual Flight Rules</i>) Regras de Voo Visual
VOR	(<i>VHF Omni-Directional Range</i>) VHF Alcance Omni-direcional
VRE	(<i>Vertical Rate Event</i>) Evento de Taxa Vertical
WCE	(<i>Waypoint Change Event</i>) Evento de Mudança de <i>Waypoint</i>
VHF	(<i>Very High Frequency</i>) Frequência Muito Alta
CGNA	Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	13
1.4 METODOLOGIA	14
1.4.1 Materiais e métodos	14
1.4.2 Organização do trabalho	15
2 O SURGIMENTO DOS DISPOSITIVOS DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO	16
2.1 <i>VHF OMNI-DIRECTIONAL RANGE (VOR)</i>	19
2.2 ILS - SISTEMA DE POUSO POR INSTRUMENTOS	20
3 GNSS – UM CONCEITO MODERNO PARA A NAVEGAÇÃO AÉREA	22
3.1 <i>ABAS - AIRCRAFT BASED AUGMENTATION SYSTEM</i>	22
3.2 <i>SBAS - SATELLITE BASED AUGMENTATION SYSTEM</i>	23
3.3 <i>GBAS - GROUND BASED AUGMENTATION SYSTEM</i>	24
3.4 RNAV – NAVEGAÇÃO DE ÁREA	24
3.5 GPS - SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL	26
3.6 GLONNAS	27
3.7 GALILEO	27
3.8 BDS - BEIDOU.....	28
4 O FUTURO DO TRÁFEGO AÉREO NO BRASIL E SUAS OPERAÇÕES	30
4.1 ADS-B - VIGILÂNCIA DEPENDENTE AUTOMÁTICA POR RADIODIFUSÃO.....	30
4.2 ADS-C - VIGILÂNCIA DEPENDENTE AUTOMÁTICA POR CONTRATO	31
4.3 GERENCIAMENTO DO TRÁFEGO AÉREO E VIGILÂNCIA	35
4.3.1 Sistema convencional	36
4.3.2 O gerenciamento de tráfego aéreo no conceito CNS/ATM	36
4.3.3 A implementação do ATM	37

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	41

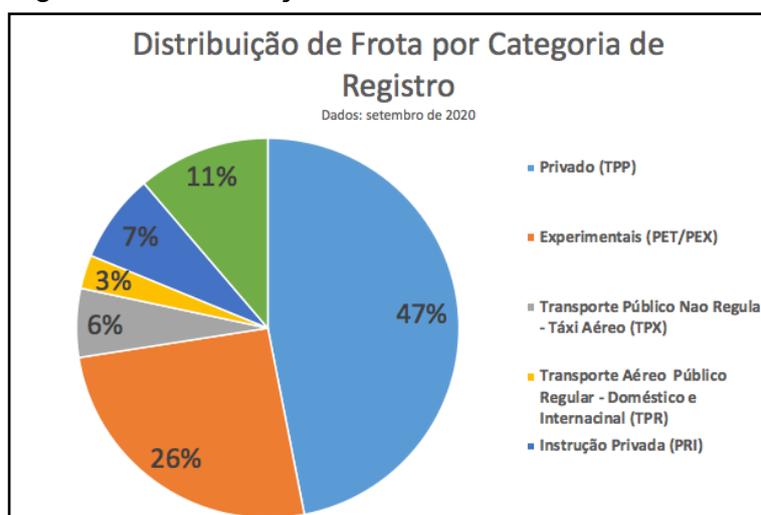
1 INTRODUÇÃO

O setor de transporte aéreo é de grande importância para o Brasil, o que o faz essencial para o transporte de cargas e para a expansão de serviços. Por vezes, em função da extensão territorial do país e de suas deficiências nos ramos ferroviário e rodoviário, o modal aéreo é o único meio de acesso a determinadas localidades. Além disso, a aviação civil promove a integração nacional e do Brasil com outros países. Assim, o setor possibilita o crescimento da economia, uma vez que permite o fluxo de agentes de negócios e o escoamento produtivo, bem como viabiliza o turismo nacional, entre outros benefícios (BRASIL,2010).

O transporte aéreo é de suma importância para o desenvolvimento da nação e havendo oferta e demanda crescentes por esse modal, faz-se necessário que empresas, profissionais e governo se organizem para atuar no presente e planejar o futuro (BRASIL, 2010). No âmbito deste setor encontra-se a aviação geral, a qual desempenha um papel importante na interligação de áreas brasileiras onde o único meio de transporte é pelo ar.

De acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) no Brasil, estão registradas 22.410 aeronaves, das quais 47% pertencem a aviação privada, 26% aviação experimental e 6% taxi aéreo, as demais pertencem a aviação de instrução, aviação regular e outros (BRASIL, 2020).

Figura 1 – Distribuição de Frota de Aeronaves no Brasil



Fonte: BRASIL, 2020

As aviações privada e executiva compõem o mais heterogêneo segmento da aviação civil brasileira, contando com uma vasta gama de modelos de aeronaves que incluem desde planadores até grandes jatos executivos. O que caracteriza esse tipo de aviação é o propósito do voo, no qual o proprietário da aeronave o realiza para fins particulares ou recreativos, não envolvendo remuneração pela venda de um serviço relacionado à atividade aérea (BRASIL, 2019).

O cenário evolutivo da aviação civil brasileira tendo em vista o desempenho da segurança operacional, mostra que os acidentes iniciando em 1979 até os dias atuais apresentaram uma queda significativa em seu número, tratando em termos absolutos (BRASIL, 2019).

O fato é que, com o passar do tempo, obsoletas aeronaves ainda voam, aeronaves estas que eram fabricadas nos anos setenta e ainda compõem a frota da aviação brasileira; algumas delas apresentam sistemas modernos implantados na cabine de pilotagem e outras sustentam condições da época de sua fabricação. Este é um dos desafios da segurança operacional para a aviação geral, num cenário onde cada vez mais se aprimoram os procedimentos em aeroportos. Nesse sentido, cabe aos proprietários e operadores de aeronaves se adaptarem com isso, implementando instalações e promovendo atualizações de novos sistemas, capazes de aderirem à tecnologia oferecida pelo sistema aéreo atual, como o RNAV, que vem sendo implantado em muitos aeroportos do Brasil.

As tecnologias descobertas no período das guerras se implantaram na aviação civil e continuamente surgem novidades que proporcionam operações mais precisas e seguras. O fato é que há de se levar em conta o custo dessas tecnologias, uma vez que, com a desvalorização da moeda nacional em relação ao dólar, torna-se mais difícil a compra de materiais pelo elevado preço, fazendo com que o consumidor deixe de adquirir produtos voltados ao meio aeronáutico como rádios, instrumentos digitais e sistemas de navegação por satélite, ocasionando a obsolescência de alguns componentes materiais.

Nesse sentido, abordar-se-á a evolução de equipamentos de navegação aérea, desde o seu início aos mais sofisticados sistemas de última geração.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Como será o impacto das novas tecnologias voltadas à segurança para aviação civil no Brasil nos próximos dez anos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Estudar como será o impacto das novas tecnologias voltadas à segurança para aviação civil no Brasil nos próximos dez anos.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Demonstrar como ocorreu o início das operações por instrumento no passado e sua evolução até os dias atuais.
- b) Estudar como a tecnologia dos auxílios à navegação evoluíram e como atuam na segurança operacional nos dias de hoje.
- c) Conhecer os impactos tecnológicos que beneficiarão o futuro das operações aéreas no Brasil.

1.3 JUSTIFICATIVA

A cada dia se observa amplo processo de inovação tecnológica na aviação, o que permite maior confiabilidade e sofisticação ao segmento aeronáutico mundial. As aeronaves atuais, incluindo as de menor porte, contam com sistemas que há pouco tempo atrás eram simples instrumentos analógicos, mas que hoje estão automatizados com alta tecnologia embarcada. Com isso, surgiu a ideia de entender tais tecnologias, as quais tornam possíveis a precisão da navegação e os procedimentos inerentes a ela.

O presente tema é uma oportunidade de aumentar o conhecimento no meio aeronáutico nacional sobre a importância de se manter atualizado na área operacional aérea em relação aos sistemas modernos auxiliares ao voo, em um momento onde frequentemente surgem novidades e aperfeiçoamentos na área tecnológica. O

trabalho trará ainda, a oportunidade de elucidar o funcionamento de tais tecnologias, contribuindo para o aumento na segurança operacional em todos os aspectos.

Aos que iniciam na atividade aérea, será uma oportunidade de conhecer detalhes adicionais referentes aos equipamentos aeronáuticos e o que representam para o incremento da segurança de voo. Muito dos profissionais que hoje estão em atividade no setor aéreo se deparam com tais tecnologias e este material proporcionará uma visão mais detalhada nas características de equipamentos empregados na navegação aérea.

1.4 METODOLOGIA

A pesquisa caracterizou-se como explicativa e documental. Desse modo, teve como finalidade fazer uma comparação entre diferentes tipos de sistemas facilitadores de voo, demonstrando sua finalidade, e sua importância nos desafios da atividade aérea.

A bibliografia que contempla o assunto serviu de base para a coleta de dados. De maneira alinhada à visão de Rauen (2002, p. 65) mostrou-se relevante ao estudo a busca de informações bibliográficas relevantes para a tomada de decisão em todas as fases da pesquisa. As buscas por referências foram realizadas na internet, websites, artigos acadêmicos, manuais, trabalhos, assim como documentos relacionados a área da navegação aérea para que fossem respondidas as questões que levaram a este trabalho.

A abordagem foi qualitativa e a natureza foi básica, por meio do entendimento acerca dos tipos de equipamentos a bordo das aeronaves e auxílios a navegação disponíveis atualmente e que corroboram para a melhoria da segurança operacional da aviação no Brasil.

1.4.1 Materiais e métodos

Os materiais da pesquisa foram levantados principalmente junto à Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), *Federal Aviation Administration* (FAA), Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO) e Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Os métodos abordados foram de forma bibliográfica, utilizando documentos e livros de fontes científicas e específicas do assunto, como:

Bibliográficos: Regulamentos Brasileiros da aviação civil (RBAC), livros e publicações de especialistas, além de documentos de fabricantes de equipamentos e seus manuais.

Documentais: Documentos diversos sobre a legislações e os estudos publicados a respeito do tema, como documentos oficiais da aeronáutica.

1.4.2 Organização do trabalho

O trabalho foi desenvolvido da seguinte forma:

No primeiro capítulo, abordaram-se assuntos referentes ao setor aéreo no Brasil, enfatizando os impactos que as novas tecnologias trazem à aviação. Também enfatiza a problemática das aeronaves que, com o passar do tempo, tornam-se obsoletas, aumentando as dificuldades das operações.

No segundo capítulo, destacaram-se os antigos sistemas de auxílio à navegação, assim como sua evolução e implantação na aviação civil no pós-guerra.

No terceiro capítulo, demonstra-se a criação e utilização de novos sistemas de navegação aérea, dos quais permitem obter grandes vantagens, o melhor aproveitamento do espaço aéreo, eficiência e segurança para as operações. O uso de satélites como moderna forma de tornar o espaço aéreo mais otimizado.

No quarto capítulo, faz-se uma menção aos sistemas de navegação aérea do Brasil com a modernização do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro e a eficaz melhoria que tais tecnologias proporcionaram a segurança das operações.

No quinto capítulo, apresenta-se a conclusão.

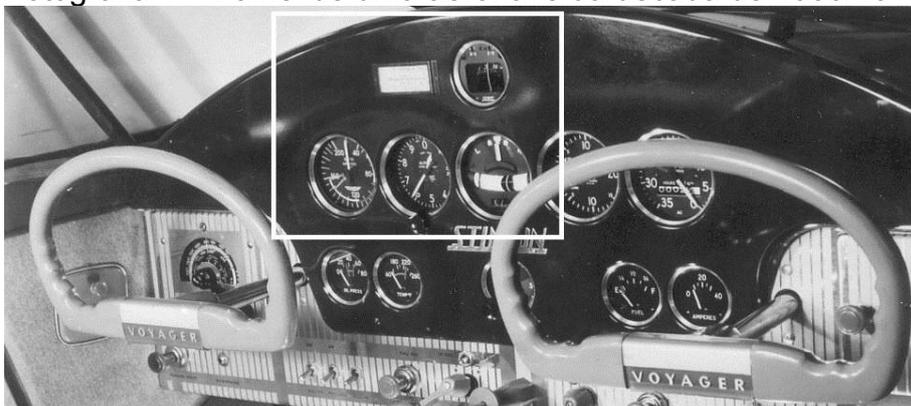
2 O SURGIMENTO DOS DISPOSITIVOS DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO AÉREA

O avião, como uma importante ferramenta para se chegar com rapidez de um ponto a outro, passou a ser um item de extrema importância para os interesses dos Estados, especialmente após o primeiro conflito mundial. No período após as grandes guerras a navegação aérea foi se desenvolvendo em termos de tecnologia, utilizando recursos que não eram até então disponíveis ao mundo civil, como uso de balizadores em solo e instrumentos a bordo, havendo então, a possibilidade de se voar em condições adversas. As tecnologias foram sendo aprimoradas e implantadas em aeronaves comerciais, tornando-as habilitadas a realizarem voos de forma segura em locais onde nem sempre era favorável o deslocamento no terreno e apresentava restrições.

A partir desse período, a constante evolução dos aviões e o transporte aéreo aliou-se à necessidade de ligações aéreas entre áreas longínquas. Isso forçou os países a implantarem “auxílios” no solo, para que os pilotos pudessem se orientar e se localizar, principalmente no período noturno ou mediante condições de baixa visibilidade e camadas de nuvens baixas.

Os primeiros auxílios à navegação começaram a ser utilizados a partir da década de 1920. Tais equipamentos, ajudavam na orientação em voo e uma melhor capacidade em visualizar e identificar por parte dos pilotos cidades que serviam de referência. Era um sistema que apresentava uma confiabilidade para voos em período noturno, embora ainda fossem insatisfatórios para a meteorologia, quando em condições adversas (KAYTON, 1997).

Fotografia 1 – Painel de uma aeronave da década de 1930/40



Fonte: *Aviation in focus*, 2015

Contudo, havia ainda a necessidade de um outro instrumento que viabilizasse de forma concreta a maneira de se voar em rota sem a dependência de observação de referências externas à aeronave com o solo. Esse equipamento seria capaz de proporcionar orientação ao piloto em rota marcando uma linha entre duas ou mais localidades. Implementando-se tal equipamento a bordo, não demandaria mais a necessidade de se olhar para fora da cabine de pilotagem a fins de orientação e localização durante o voo, como se fazia anteriormente através de pontos geográficos ou constelações de estrelas (HELFRICK, 2002).

Para que a aviação comercial pudesse operar em condições de tempo adverso, seria necessário algum sistema capaz de fornecer uma precisa orientação durante o voo. Com isso, viabilizar-se-iam rotas cada vez mais longas e levando o maior número de passageiros e cargas. Com a melhoria dos processos de navegação, haveria um aumento na necessidade comercial para países, empresas aéreas e fabricantes de aeronaves, pois, dotados de tecnologias que cobrissem distâncias mais longas seria possível projetar aeronaves maiores e mais potentes a fim de voar rotas mais distantes.

Foi implementado inicialmente no ano de 1929 nos Estados Unidos, o uso das ondas de rádio para fins de navegação aérea, instalando em solo transmissores de ondas de rádio de baixa e média frequência denominados radiofaróis. Com isso, aeronaves que fossem equipadas com receptores adequados poderiam receber os devidos sinais, possibilitando navegarem com indicações obtidas na leitura dos instrumentos, como rumos das antenas instaladas em solo.

Este passo fez com que a aviação experimentara sua primeira revolução no processo da navegação aérea em rota, pois a partir daí seria possível uma navegação com sinais provenientes do solo deixando as referências visuais e astronômicas desnecessárias para tal. O processo expandiu-se para fora dos Estados Unidos, estendendo-se para outros pontos como América do Sul e do Norte, França e Norte da África (KAYTON, 1997).

Os processos de navegação baseados em emissões de onda de rádio por estações transmissoras em solo e radiofaróis possibilitou a navegação aérea se manter orientada e se localizar por meio de marcações com direções recebidas de estações de terra, algo revolucionário que se difundiu principalmente nas aeronaves comerciais.

Um radiofarol de baixa ou média frequência permite a transmissão de sinais não direcionais por intermédio dos quais o piloto pode determinar a direção e local da estação. Banda de frequência - 190 a 535 quilohertz - Os radiofaróis, com exceção dos localizadores de bússola, fazem uma transmissão e identificação contínua de três letras em código, exceto durante as transmissões de voz (FAA, 2021).

Tais equipamentos, como o ADF- *Automatic Direction Finder* (Localizador Automático de Direção) que utilizam sinais de rádio, sofrem distúrbios que acarretam problemas de indicação, ocasionando rumos incorretos em suas marcações. Erros de precisão desses componentes são causados por fatores meteorológicos como relâmpagos, precipitações estáticas, etc. Durante a noite, os radiofaróis são vulneráveis a interferência de estações localizadas a distancias consideráveis. Pode-se receber ruídos quando a agulha do ADF apresenta irregularidades. Ruídos outros geram indicação errônea e podem indicar um rumo incorreto ao piloto.

Como os receptores ADF não têm uma “bandeira¹” que alerta o piloto quando informações de rumo erradas estão sendo exibidas, o piloto deve monitorar continuamente a identificação do NDB (FAA, 2021).

Fotografia 2 – Estação de Rádio Não Direcional (NDB)



Fonte: Aeroexpo, 2021

No Brasil, este sistema vem sendo desativado gradativamente. Segundo a ANAC, as desativações serão precedidas por uma análise de impacto operacional e com ações necessárias para suprir a falta do NDB, dentre elas, a substituição das marcações do NDB por outros auxílios. Quando possível, novas providências como

¹Marcação de alerta, geralmente em forma de uma placa, que aparece no instrumento de navegação indicando que algo mudou durante a operação ou não está funcionando.

adoção do RNAV, substituição do NDB por VOR e modificação das rotas e procedimentos de subida, descida e chegada nas cartas do tipo Rota (ENRC), saída(SID), aproximação (IAC), Carta de Chegada Padrão por Instrumentos (STAR) e de área (ARC) trarão outros padrões à navegação aérea como decorrência natural dessas melhorias (BRASIL, 2011).

2.1 VHF OMNI-DIRECTIONAL RANGE (VOR)

O *VHF Omnidirectional range* (VOR) consiste em um sistema de navegação de aeronaves que opera na faixa de VHF. Os VOR transmitem um sinal composto de rádio VHF, que inclui o identificador de código Morse da estação (às vezes um identificador de voz), os quais permitem ao equipamento de recepção aerotransportado derivar o rumo magnético da estação para a aeronave. Essa linha de posição é denominada "radial". Alternativamente, o VOR radial pode ser combinado com o rumo magnético da bússola da aeronave para fornecer um rumo em relação ao eixo da aeronave, podendo ser utilizado para localizar o farol. Os *VOR Beacon* são frequentemente usados como pontos de passagem em sistemas convencionais de vias aéreas ou como base para uma procedimento de aproximação ou subida de não precisão (SKYBRARY 2017).

Fotografia 3 – Antena VOR.



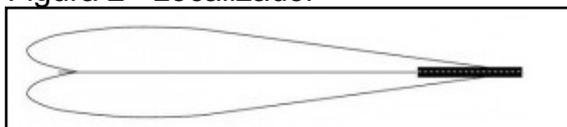
Fonte: FAA, 2021

2.2 ILS – SISTEMA DE POUSO POR INSTRUMENTOS

O ILS (*Instrument Landing System*) refere-se a um tipo de auxílio de aproximação e precisão dotado de dois feixes de rádio que, juntos, fornecem ao piloto a orientação horizontal e vertical em uma trajetória de pouso.

O LOC (*localizer*) envia ao instrumento no painel da aeronave uma orientação azimutal, enquanto o *Glideslope* (GS) fornece uma informação de perfil de descida vertical correta. Existem, também, faróis de marcação e luzes de pista de alta intensidade que são instalados para auxiliar o ILS (SKYBRARY, 2021).

Figura 2– Localizador



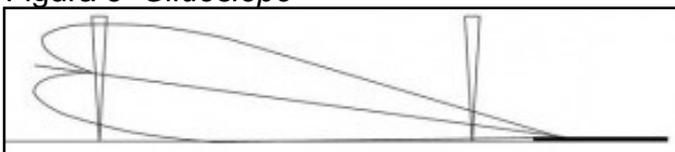
Fonte: Skybrary, 2021

As Antenas ILS LOC são instaladas acerca de trezentos metros após a cabeira onde se executa a aproximação e emite sinais de rádio modulados em 90 Hz e 150 Hz. Os sinais se separam no alinhamento da pista, provendo um alcance aproximado de 18 milhas náuticas com cobertura de 35 graus para cada lado do eixo, até 10 milhas náuticas e 10 graus para cada lado do prolongamento em relação ao eixo central da pista, após 10 milhas náuticas.

Quanto às antenas ILS GS, normalmente encontram-se nas imediações de onde o pouso irá ocorrer, entre 750 e 1250 pés para dentro da pista, a partir da cabeceira, com um deslocamento de 250 a 600 pés lateralmente relativo ao eixo da pista. Além disso, como qualquer obstáculo nas proximidades de um aeroporto não pode ser muito alto, tal antena deve possuir algo em torno de 55 pés de altura (FAA, 2012).

Essas antenas transmitem dois feixes estreitos que se cruzam entre si, um deles ligeiramente abaixo do perfil vertical exigido e o outro ligeiramente acima; no cruzamento de ambos, é apresentada a informação de rampa de aproximação (GS) no instrumento da aeronave, o que indica o seu deslocamento abaixo ou acima do padrão emitido no sinal (SKYBRARY, 2021).

Figura 3–*Glideslope*



Fonte: Skybrary, 2021

O ILS possui três categorias (CAT). Cada uma em grau de mais “potente” que a anterior e capaz de auxiliar pousos em condições meteorológicas degradadas.

O ILS – CAT I torna possível uma aproximação em que a altura de decisão (posição em que o piloto deve optar por continuar com o pouso, ou continuar voando para uma nova tentativa) não é menor que 200 pés de altura e a visibilidade horizontal não é menor que 550 m. (SKYBRARY, 2021).

No ILS CAT II a altura de decisão se reduz para 100 pés e visibilidade de até 300 metros. (SKYBRARY, 2021).

O ILS CAT III pode ser dividido em três tipos, chegando ao máximo de auxílio possível:

- a) ILS CAT III Alpha: altura de decisão menor que 100 pés e visibilidade de até 200m;
- b) ILS CAT III Bravo: decisão de 50 pés e até 50 m de visibilidade;
- c) ILS CAT III Charlie: sem altura de decisão e sem restrições de visualização de pista; viabiliza o pouso automático da aeronave (SKYBRARY, 2021).

3 GNSS – UM CONCEITO MODERNO PARA A NAVEGAÇÃO AÉREA

São duas as principais constelações de satélites denominadas de GPS e GLONASS, fornecidas pelos Estados da América e pela Federação Russa, respectivamente. Esses dois sistemas são recursos independentes e podem ser usados em combinação com futuras constelações de satélites centrais e sistemas de aumento (ICAO, 2005).

O receptor GNSS consiste em uma antena e um processador que calcula a posição, o tempo e, possivelmente, demais informações dependendo do aplicativo utilizado. As medições necessitam o mínimo de quatro satélites para estabelecer a posição e o tempo tridimensionais. A exatidão depende da precisão das medições dos satélites e as posições geométricas relativas dos satélites utilizados (ICAO, 2005).

Tais constelações de satélites existentes não atendem estritamente aos requisitos da aviação. Para atender aos requisitos operacionais para várias fases do voo, as constelações de satélites principais exigem incrementação na forma de sistema de aumento baseado em aeronave (ABAS), sistema de aumento baseado em satélite (SBAS) e sistema de aumento baseado em solo (GBAS). A ABAS depende de um processamento de aviônicos, técnicas ou integração aviônica para então conseguir atender aos requisitos da aviação. Os demais aumentos são empregados em solo por meio de monitoramento, para verificar a validade dos sinais de satélite, calcular as correções e aumentar a precisão do ponto de localização na qual o equipamento encontra-se. O SBAS fornece tais informações por meio de um satélite de órbita terrestre geoestacionária (GEO), enquanto o GBAS usa dados VHF transmitidos (VDB) de uma estação terrestre (ICAO, 2005).

3.1 ABAS - AIRCRAFT BASED AUGMENTATION SYSTEM

A ABAS possui uma técnica mais comum, denominada monitoramento de integridade autônoma do receptor (RAIM), que requer medições de alcance de satélite redundantes para detectar sinais com falha e alertar o piloto. O requisito para sinais redundantes resulta em que a orientação de navegação com integridade fornecida pela RAIM pode não ser disponível cem por cento do tempo. A sua disponibilidade depende do tipo de operações, sendo menor para aproximações de não precisão do

que para operações terminais e menor para operações terminais do que para operações em rota. É por esta razão que aprovações GPS/RAIM têm normalmente restrições operacionais. Outras técnicas de ABAS envolvem a integração dos sistemas GNSS com outros sensores a bordo das aeronaves, tais como sistemas de navegação por inércia. (ICAO, 2005).

3.2 SBAS - SATELLITE BASED AUGMENTATION SYSTEM

A tecnologia SBAS aumenta as constelações de satélites principais, proporcionando alcance, integridade e correção de informações por meio de satélites geoestacionários (ICAO, 2005).

Ao fornecer correções diferenciais, sinais de alcance extra via satélite geoestacionário e informações íntegras para cada satélite de navegação, o SBAS oferece uma disponibilidade de serviço muito maior do que constelações de satélites apenas com ABAS. Em determinadas configurações, o SBAS suporta procedimentos de aproximação com orientação vertical (APV).

Existem dois níveis de APV, o APV I e APV II. Ambos utilizam as mesmas superfícies de obstáculos laterais que os *localizers*; contudo o APV II pode ter mínimos menores devido a uma melhor performance vertical. Para uma determinada pista só poderá existir um tipo de aproximação APV, baseada no nível de serviço que o sistema SBAS consegue fornecer a essa pista. Os dois tipos de aproximações APV são idênticos da perspectiva dos aviônicos e dos procedimentos envolvidos. Em muitos casos, o sistema SBAS possibilita o fornecimento de mínimos inferiores do que aqueles associados às aproximações de não-precisão, resultando num aumento da utilização do aeroporto. Em quase totalidade, as aproximações baseadas em SBAS oferecem a capacidade de orientação vertical, aumentando assim a segurança de forma significativa (ICAO, 2005).

Os mínimos das aproximações APV (chegando até uma altitude de decisão de 250 pés) são mais altos que os mínimos das aproximações de Categoria I, mas as aproximações APV não requerem estruturas no solo; assim este aumento na segurança está ao alcance financeiro de um maior número de aeroportos. (ICAO, 2005).

3.3 GBAS - GROUND BASED AUGMENTATION SYSTEM

Os subsistemas de solo do GBAS são destinados a proporcionar um serviço de aproximação de precisão e, opcionalmente, podem fornecer um serviço de posicionamento. O serviço de aproximação de precisão se propõe a fornecer orientação de desvio para segmentos de aproximação final, enquanto o serviço de posicionamento GBAS fornece informações de posição para apoiar operações RNAV bidimensionais em áreas terminais. Uma estação terrestre no aeroporto transmite correções localmente relevantes, parâmetros de integridade e dados de abordagem para aeronaves na área terminal na banda 108 - 117,975 MHz (ICAO, 2005).

Na instalação GBAS, normalmente haverá provimento de correções que suportam aproximações em múltiplas pistas de um único aeroporto. Em alguns casos, os dados também podem ser usados para aeroportos e heliportos próximos. A infraestrutura do GBAS inclui equipamentos eletrônicos, podendo ser instalados em qualquer edifício de aeroporto, com antenas capazes de transmitir dados e receber os sinais de satélite. A localização da antena é independente da configuração da pista, mas requer uma avaliação cuidadosa das fontes locais de interferência, bloqueio de sinal e multipercurso.² Para as operações pretendidas, é necessário que a localização da antena de transmissão VHF tenha uma área de cobertura suficiente (ICAO, 2005).

3.4 RNAV – NAVEGAÇÃO DE ÁREA

O Sistema de navegação baseada na performance, conhecido como PBN, subdivide-se em dois tipos – RNAV e RNP.

- RNAV – Navegação de Área: como a navegação convencional, está baseada em auxílios instalados em solo e possui a desvantagem de depender do alcance de tais equipamentos, além de ser necessário que a aeronave siga o voo entre dois auxílios, impedindo uma linha reta da partida ao destino. A navegação de área utiliza o sistema de bordo da aeronave, o que possibilita a geração da informação

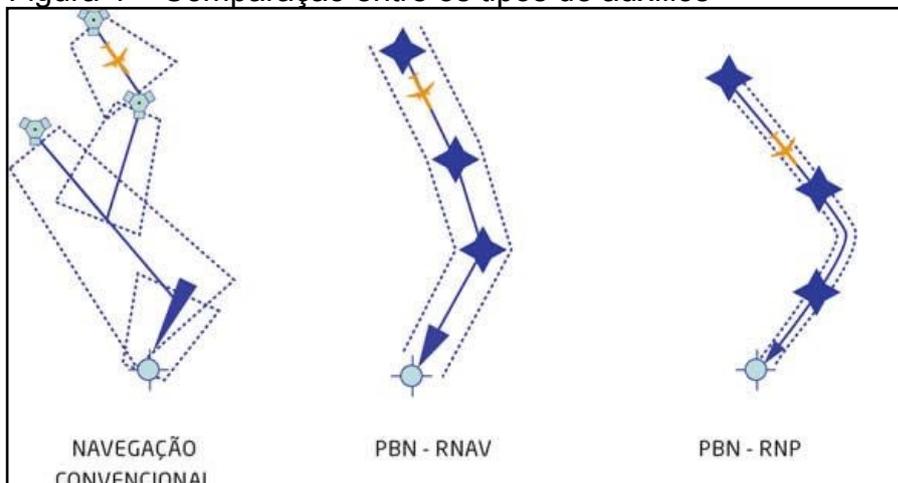
²Multipercurso – a presença de objetos que refletem ou espalham o sinal cria um canal que faz variar constantemente o sinal recebido em amplitude, fase e tempo. Estes efeitos resultam em múltiplas versões do sinal transmitido que chegam na antena receptora deslocados entre si no tempo e no espaço.

de posição e orientação a partir de dados oriundos de Satélites, (GPS), de Sistema de Referência Inercial (IRS), de auxílios VOR e DME instalados no solo, ou combinações entre eles. Essas tecnologias, proporcionam a possibilidade de se realizar um voo em linha reta em qualquer parte do globo terrestre resultando em uma viagem mais rápida (SANTOS, 2018).

- RNP – Performance de Navegação Requerida: consiste em navegação de área realizada por aeronaves que empregam o uso de sensores com a capacidade de monitorar a precisão, integridade, continuidade e funcionalidade dos equipamentos de navegação, garantindo uma precisão no trajeto do voo (ICAO, 2013).

O RNAV5 otimiza o voo permitindo que a aeronave mantenha 95% do tempo afastada de, no máximo, 5 milhas náuticas da rota proposta. Portanto, se durante os 5% restantes a aeronave se afastar dessa margem, o piloto não será avisado pelo sistema de navegação da aeronave. No RNP5, além do que ocorre no RNAV5, o piloto será avisado, caso a aeronave saia da margem prevista de 5 milhas. (ICAO, 2013).

Figura 4 – Comparação entre os tipos de auxílios

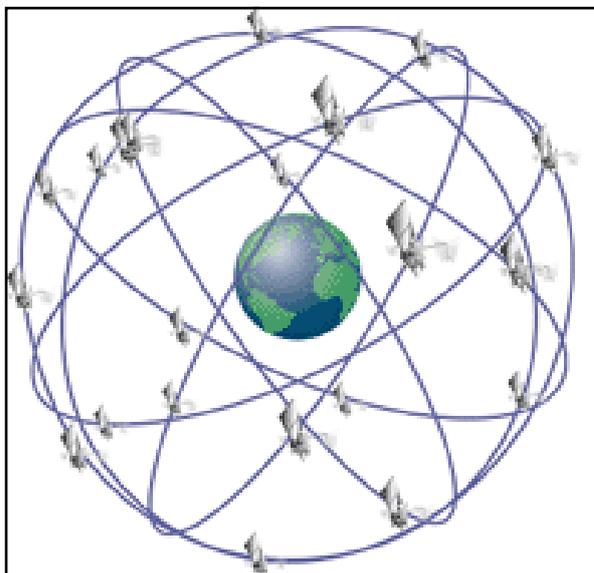


Fonte: Aeromagazine, 2012

A Navegação baseada em performance (PBN) não é unicamente um processo de navegação, pois se utiliza de outros meios para ser executada, tais como navegação por satélite, navegação inercial ou radionavegação, contudo proporciona um voo mais linear para se deslocar entre dois pontos (ICAO, 2013).

3.5 GPS - SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL

Figura 5 – Constelação de satélites



Fonte: FAA, 2021

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é um sistema de radionavegação baseado no espaço, que consiste de constelação de satélites que transmitem sinais de navegação e uma rede de estações terrestres e de controle de satélite usados para monitoramento e controle. Atualmente, 31 satélites GPS orbitam a Terra numa altitude de aproximadamente 20 quilômetros, fornecendo informações precisas aos usuários sobre posição, velocidade e hora em qualquer lugar do mundo assim como todas as condições climáticas (FAA, 2021).

O GPS é operado e mantido pelo Departamento de Defesa Norte-americano (DoD). O Comitê Executivo (EXCOM) de Posicionamento, Navegação e Tempo Baseados no Espaço Nacional (PNT) fornece orientação ao DoD em questões relacionadas ao GPS que afetam as agências federais, para garantir que o sistema atenda às prioridades nacionais, bem como aos requisitos militares. O DoD e o Departamento de Transportes copresidem o EXCOM. A Guarda Costeira dos EUA atua como a interface civil para o público para questões de GPS e recebe relatórios de problemas de usuários civis. A Administração Federal de Aviação supervisiona o uso de GPS na aviação civil e recebe relatórios de problemas de usuários da aviação (FAA, 2021).

3.6 GLONASS

O GLONASS (*Global Orbiting Navigation System*) consiste em um sistema de navegação por satélite baseado em rádio desenvolvido pela ex-União Soviética e agora operado para o governo russo pelas Forças Espaciais Russas. Começou a ser desenvolvido em 1976, com uma meta de cobertura global em 1991. A partir de 1982, vários lançamentos de satélites fizeram o sistema avançar até a constelação ser concluída em 1995. Após a conclusão, o sistema rapidamente caiu em degradação com o colapso da Economia russa. A partir de 2001, a Rússia se comprometeu a restaurar o sistema até 2011 (SKYBRARY, 2017).

De fato, esse sistema de navegação é aversão russa do sistema americano *Global Positioning System* (GPS) e do sistema europeu GALILEO. O GLONASS possui uma constelação de vinte e um satélites e mais três sobressalentes. Esses satélites orbitam a uma altitude de 19.100 km e cada satélite transmite em uma frequência única usando o mesmo código de pseudo-ruído³. O nível de precisão do GLONASS se assemelha ao GPS operando no modo C/A (SKYBRARY, 2017).

3.7 GALILEO

O Galileo consiste em um sistema de posicionamento global criado para atuar no mercado de GNSS em conjunto com os sistemas já existentes, o GPS e o GLONASS. Uma vez que o projeto já passara por muitas dificuldades do ponto de vista político e financeiro, desde que foi oficialmente lançado em 2002, é considerado estratégico por possibilitar à comunidade europeia o acesso independente aos dados de posicionamento global, além da promessa de um produto diferenciado ao mercado.

O Galileo teve o seu desenvolvimento voltado ao uso civil, diferentemente de outros sistemas já existentes que eram destinados ao uso militar. Embora os conceitos fossem diferentes, sua tecnologia é semelhante aos demais no mercado tanto no seguimento orbital, segmento solo como no gerenciamento do sistema (EUSPA, 2021). O lançamento dos dois primeiros satélites operacionais para o Galileo ocorreu em 21 de outubro de 2011. No total, o Galileo consistirá de 30 satélites,

³qualquer grupo de sequências binárias que apresentam propriedades aleatórias parecidas as do ruído. As sequências de pseudo-ruído distinguem-se das sequências aleatórias de verdade que têm uma periodicidade.

centros de controle localizados na Europa e uma rede de estações de sensores e estações de *uplink* instaladas em todo o mundo (EUSPA, 2021).

3.8 BDS – BEIDOU

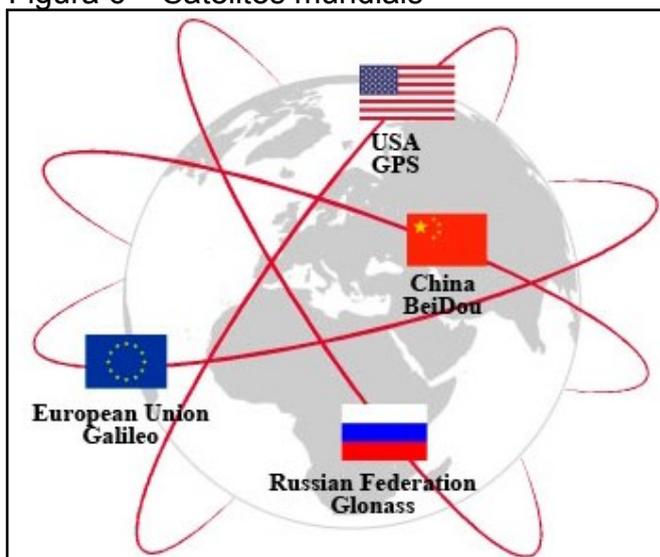
O sistema de navegação por satélite Beidou é um sistema global de navegação por satélite construído e operado de forma independente pela China com foco nas necessidades de segurança nacional e desenvolvimento econômico e social (BBC, 2020).

Tal sistema tem sido amplamente utilizado em transporte, agricultura, silvicultura e pesca, monitoramento hidrológico, previsão do tempo, tempo de comunicação, despacho de energia, alívio e mitigação de desastres, segurança pública e outros campos (BBC, 2020).

No final do século 20, a China começou a explorar o caminho de desenvolvimento de sistemas de navegação por satélite adequados às condições nacionais e gradualmente formou uma estratégia de desenvolvimento de três etapas: no final de 2000, o sistema Beidou -1 foi construído para fornecer serviços para China; no final de 2012, foi construído o sistema Beidou-2, destinado a prestar serviços para a região Ásia-Pacífica e, em 2020, o sistema Beidou-3 foi concluído para fornecer serviços ao mundo como o GPS americano (BBC, 2020). Compõe-se de três partes: a seção do espaço, a seção do solo e a seção do usuário (BBC, 2020). São Elas:

- a) Seção de espaço. O segmento espacial do sistema Beidou é composto de vários satélites em órbita geoestacionária, satélites em órbita geossíncrona inclinada e satélites em órbita terrestre médio-circular (BBC, 2020).
- b) Seção geral. Corresponde ao segmento terrestre do sistema Beidou, é formado pela estação de controle principal, a estação de sincronização/injeção de tempo e a estação de monitoramento, bem como as instalações de operação e gerenciamento de link entre satélites (BBC, 2020).
- c) Segmento de usuário. Inclui produtos básicos como chips, módulos e antenas compatíveis com outros sistemas de navegação por satélite, bem como produtos terminais, sistemas de aplicativos e serviços de aplicativos (BBC, 2020).

Figura 6 – Satélites mundiais



Fonte: Poder Aéreo, 2020

4 O FUTURO DO TRÁFEGO AÉREO NO BRASIL E SUAS OPERAÇÕES

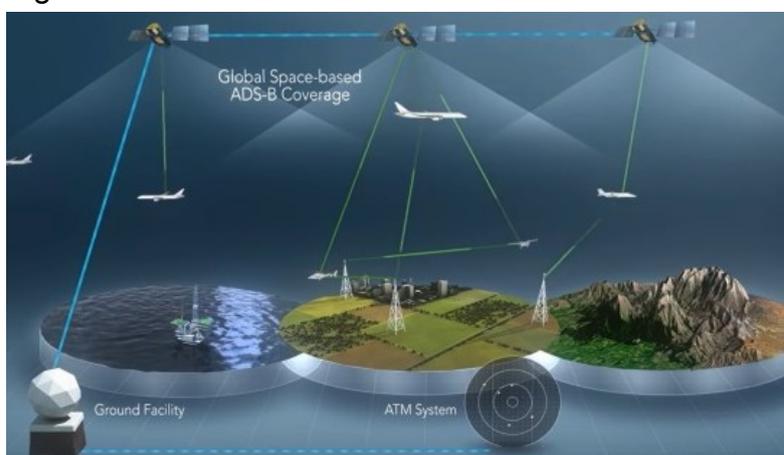
Conforme ocorre a modernização do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), será comum a expressão “vigilância dependente automática” também conhecido como ADS (*Automatic Dependent Surveillance*). Esse recurso, adotado pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), tornará a transmissão automática de dados pela aeronave em relação ao voo extremamente relevantes. Uma contínua visualização precisa da posição das aeronaves tornará racional todo o espaço aéreo, algo semelhante ao serviço proporcionado por um radar. Há, no entanto, duas diferenças: o custo muito inferior e a capacidade de abrangência muito maior (BRASIL, 2011).

4.1 ADS-B – VIGILÂNCIA DEPENDENTE AUTOMÁTICA POR RADIODIFUSÃO

A ADS-B é um sistema capaz de fazer com que as aeronaves transmitam informações como posição, altitude, velocidade, identificação, radial, destino, origem e razão de subida ou descida, por meio da frequência utilizada pelo equipamento transponder da aeronave. Esses dados são difundidos (de uma a duas vezes por segundo) de modo automático para os centros de controle de tráfego (BRASIL, 2011).

Essa ferramenta proporcionará melhorias determinantes na vigilância das aeronaves, permitindo um maior fluxo de dados e informações como parâmetros dos voos do que era convencionalmente possível realizar com o radar secundário (BRASIL, 2011).

Figura 7 – Sistema ADS-B



Fonte: AIRJOB, 2020

A ADS-B poderá exercer também a vigilância nas superfícies de aeroportos, monitorando o tráfego nas *taxiways* e nas pistas de decolagem, trazendo um aumento na segurança operacional, com isso, evitando ocorrências como incursão de pistas, por exemplo (BRASIL, 2011).

A capacidade “ADS-B Out” a bordo é habilitada por transponders em interface com os sistemas aviônicos como o GNSS, altímetros de pressão, etc. A capacidade “ADS-B In” requer um receptor, um sistema de processamento (computador de tráfego) e uma Interface Homem- Máquina (HMI) (SKYBRARY, 2020).

O uso operacional do ADS-B requer certificação e aprovação operacional pelas autoridades regulatórias. Os documentos de certificação relevantes são EASA AMC 20-24 para ADS-B em espaço aéreo sem radar ou CS-ACNS para “ADS-B out” (SKYBRARY, 2020).

4.2 ADS-C - VIGILÂNCIA DEPENDENTE AUTOMÁTICA POR CONTRATO⁴

Ainda que os nomes se assemelhem, o ADS-C e o ADS-B são dois aplicativos diferentes. A Vigilância dependente automática por transmissão (ADS-B), assim como o Radar de Vigilância Primária (PSR) e o Radar de Vigilância Secundária (SSR) é um sistema de vigilância de tráfego aéreo, que permite que o órgão de controle acesse dados de forma automática e repetida de todas as aeronaves devidamente equipadas. Isso permite que se utilizem e transmitam informações para outras aeronaves que também possuam tais equipamentos dentro de determinado alcance. A Vigilância automática dependente por contrato (ADS-C) utiliza os sistemas a bordo da aeronave para transmitir automaticamente informações semelhantes como posição da aeronave, altitude, velocidade, elementos de intenção de navegação e dados meteorológicos apenas a algumas Unidades de Serviços de Tráfego Aéreo Específicas (ATSU), Controle Operacional Aeronáutico (AOC) e instalações para vigilância e monitoramento de conformidade de rota. O contrato ADS-C identifica os tipos de informações e as condições sob as quais os relatórios devem ser enviados

⁴ Um meio pelo qual os termos de um acordo ADS-C serão trocados entre o sistema de solo e a aeronave, por enlace de dados, especificando em que condições os informes ADS-C seriam iniciados e quais dados estariam contidos nesses informes. O termo abreviado “contrato ADS” é normalmente usado para referir-se a contrato de evento ADS, contrato de demanda ADS, contrato periódico ou um modo de emergência ADS.

pela aeronave. Alguns tipos de informações são incluídos em todos os relatórios, enquanto outros tipos são fornecidos apenas se especificados numa solicitação de contrato de ADS. A aeronave também pode enviar relatórios de emergência ADS-C não solicitados a qualquer unidade de serviços de tráfego aéreo específica que tenha um contrato ADS com a aeronave. A ATSU pode solicitar vários contratos simultâneos de ADS com uma única aeronave, incluindo um contrato periódico e um contrato de evento, que pode ser complementado por qualquer número de contratos de demanda. Até cinco sistemas terrestres separados podem solicitar contratos ADS com uma única aeronave (SKYBRARY, 2020). Depois de receber uma solicitação de *logon*, o ATSU precisará estabelecer um contrato ADS com a aeronave antes de receber qualquer relatório ADS-C. Existem três tipos de contratos de ADS:

- Contrato periódico;
- Contrato de demanda; e
- Contrato do evento.

O sistema terrestre pode estabelecer contratos ADS sem que haja ação da tripulação de voo, desde que ADS-C no sistema da aeronave não seja selecionado como desativado. A tripulação de voo tem a possibilidade de cancelar todos os contratos selecionando ADS-C desligado e alguns sistemas da aeronave permitem que a tripulação de voo cancele um contrato ADS com um ATSU específico (SKYBRARY, 2020).

- Contrato Periódico

O contrato periódico permite que um ATSU especifique o intervalo de tempo em que o sistema da aeronave envia um relatório ADS-C, e os grupos ADS-C opcionais que devem ser incluídos no relatório periódico. Cada grupo opcional pode ter um módulo único que define a frequência com que o grupo opcional é incluído com o relatório periódico (por exemplo, um módulo de cinco indica que o grupo opcional seria incluído a cada cinco relatórios periódico enviado) (SKYBRARY, 2020).

- Contrato de demanda

O contrato de demanda permite que um ATSU solicite um único relatório periódico ADS-C. Esse modelo não cancela ou modifica quaisquer outros contratos de ADS que possam estar em vigor com a aeronave (SKYBRARY, 2020).

O aplicativo ADS-C também oferece suporte a alertas de emergência nesse padrão de contrato. Um relatório de emergência ADS-C é um relatório periódico marcado como um relatório de “emergência”, o que permite que esse tipo de situação seja destacado para o ATC (SKYBRARY, 2020).

Uma emergência ADS-C pode ser acionada pela tripulação de voo de várias maneiras:

- a) Manualmente, selecionando a função de emergência ADS-C;
- b) Indiretamente, acionando outro tipo de sistema de alerta de emergência (por exemplo, transmissão de um relatório de posição CPDLC ou seleção de um código de emergência SSR); e
- c) Disfarçadamente (a disponibilidade dessa funcionalidade pode variar entre os tipos de aeronaves).

Uma vez que uma emergência ADS-C tenha sido acionada, em circunstâncias normais o transponder continuará a transmitir relatórios periódicos de emergência ADS-C até que a tripulação de voo desmarque a função de emergência ADS-C (SKYBRARY, 2020).

- Contrato de Evento

O contrato de evento permite que um ATSU solicite um relatório ADS-C sempre que um evento específico ocorrer. Um ATSU pode estabelecer apenas um contrato de evento com uma aeronave por vez. Porém, o contrato de evento pode conter vários tipos de eventos. Tais eventos opcionais incluem:

- a) Evento de mudança de *waypoint* (WCE).
- b) Evento de desvio da faixa de nível (LRDE).

c) Evento de desvio lateral (LDE).

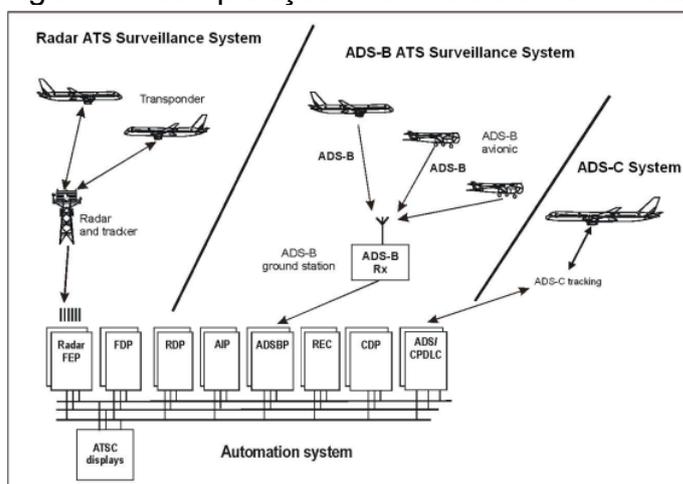
d) Evento de mudança de taxa vertical (VRE).

Um contrato de evento permanece em vigor até que a ATSU o cancele ou até que os eventos usados para acionar o relatório ocorram. O contrato de evento de mudança de *waypoint* disparará um relatório para todas as mudanças de *waypoint*. Todos os outros contratos de evento irão disparar um relatório na primeira ocorrência e então, se necessário, o ATSU precisará solicitar um novo contrato de evento indicando todos os tipos de eventos desejados. (SKYBRARY, 2020).

O ATSU pode usar o relatório ADS-C para diversos fins, descritos a seguir:

- Estabelecer e monitorar os mínimos tradicionais de separação com base no tempo;
- Estabelecer e monitorar padrões de separação baseados na distância;
- Sinalizar *waypoints* como "sobrevoados";
- Atualizar estimativas para *waypoints*;
- Monitorar rota e nível de conformidade;
- Atualizar a exibição do símbolo de posição ADS-C e a extrapolação associada;
- Gerar ou limpar alertas;
- Gerar ou limpar emergências ADS-C;
- Atualizar as informações meteorológicas; e
- Atualizar as outras informações do plano de voo em poder da ATSU.

Figura 8 - Comparação entre os sistemas Radar, ADS-B e ADS-C



Fonte: International Federation of air Traffic Controllers (IFATCA), 2014

4.3 GERENCIAMENTO DO TRÁFEGO AÉREO E VIGILÂNCIA

Em face à implementação do conceito CNS/ATM, surge um novo tempo para a atividade de vigilância aérea no país, com cobertura nos mais de vinte e dois milhões de quilômetros quadrados de espaço aéreo sob a responsabilidade do Estado brasileiro (BRASIL, 2011).

Outros aprimoramentos serão implantados no espaço aéreo brasileiro para uma otimização de posições para as aeronaves, visto que o gerenciamento de tráfego aéreo alterará os paradigmas do transporte aéreo no Brasil em face à comunicação aeronáutica, navegação aérea e vigilância aérea (BRASIL, 2011).

Para exercer uma melhor capacidade, vem sendo empregado o ATM (Gerenciamento de Tráfego Aéreo) com características de se gerir o tráfego aéreo com um aproveitamento significativamente expressivo. Para que isso se torne uma realidade, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) vem empregando uma série de medidas visando uma harmonização de padrões de procedimentos de comunicação, navegação e vigilância aérea adequando-se às necessidades exigidas. Com essa prática, será possível proporcionar aos operadores de aeronaves uma economia através de ajustes de custo/benefício como proposto no plano mundial da ICAO (BRASIL, 2011).

Fotografia 4 – Nova Concepção Operacional ATM Nacional e Internacional



Fonte: BRASIL, 2021

4.3.1 Sistema convencional

Com o aumento do volume do tráfego aéreo, intensificaram-se as demandas sobre os provedores de serviços de navegação aérea e do gerenciamento do tráfego aéreo. Em face às técnicas convencionais mantidas e ao crescimento dos movimentos no setor aéreo, não seria possível evitar uma série de restrições que tornam o sistema de atendimento aos usuários precário em todo o mundo. Isto porque o sistema convencional era mantido atuando como um centro de controle tático, destinado a prover a separação entre as aeronaves. Devido o menor número de tráfego do passado, não era preocupante ou mesmo a necessário um centro gestor estratégico para o planejamento e a organização dos fluxos de tráfego. Dessa forma, prestavam-se os Serviços de Controle de Tráfego Aéreo em aerovias e terminais e os demais serviços relacionados à atividade de forma descentralizada.

4.3.2 O gerenciamento de tráfego aéreo no conceito CNS/ATM

No ano de 2003, a décima primeira Conferência de Navegação Aérea, aprovou-se o Conceito Operacional ATM Global, elaborado pela OACI. Dentre tantas observações, tal documento ressaltou a necessidade de uma modificação significativa nos fundamentos do controle do tráfego aéreo, apresentando duas novas demandas: o gerenciamento da informação e a decisão colaborativa (BRASIL, 2011).

De forma integrada, o gerenciamento da informação, utilizando sistemas, recursos e procedimentos inteligentes agiliza as atividades componentes do ATM Global como um todo, uma vez que o processo de decisão colaborativa substitui o conceito unilateral de decisão, ampliando a participação dos usuários (BRASIL, 2011).

No Brasil, o DECEA antecipou-se ao cronograma mundial, criando em 2005 um órgão específico para o gerenciamento estratégico do tráfego aéreo brasileiro: o CGNA (Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea). O trabalho do CGNA tem por objetivo criar harmonia do gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo, do espaço aéreo e das demais atividades relacionadas à navegação aérea, proporcionando a gestão operacional das ações correntes do SISCEAB e a efetiva supervisão de todos os serviços por ele prestados (BRASIL, 2011).

Atuando estrategicamente, na fase de planejamento dos voos regulares, e taticamente, durante as operações diárias, o CGNA busca reduzir impactos

decorrentes do desequilíbrio entre capacidade e demanda, com a finalidade de garantir a segurança das operações, a regularidade e a pontualidade dos voos (BRASIL, 2011).

4.3.3 A implementação do ATM

A partir de observações, análises e da busca pelas alternativas adequadas em face ao novo conceito de gerenciamento, o DECEA colocou em prática um planejamento de implementação. Tal ação desencadeou uma série de iniciativas já em curso; Nova estrutura do espaço aéreo brasileiro, tratamento centralizado para os planejamentos de voo, ferramenta de sequenciamento de aproximação, catálogos de rotas alternativas, ferramentas de modelagem e simulação ATC, ferramentas e processos para previsão da demanda de tráfego aéreo e rotas aleatórias. Outros serão adotados a curto, médio ou longo prazo, consolidando efetivamente a estrutura ATM no Brasil. Criou-se uma nova rede de rotas para o espaço aéreo superior adequadas aos novos perfis de voo viabilizados pelo conceito CNS/ATM. O planejamento de aproximação e saída das terminais de maior movimento também foi aprimorado (BRASIL, 2011).

O gerenciamento de todo o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) passa a ser exercido de uma forma homogênea, abarcando as informações de todos os órgãos regionais. O sistema convencional de planejamento descentralizado, efetuado pelo Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aérea (CINDACTA) dá vez, portanto, a um órgão que enxerga o espaço aéreo brasileiro como um todo. Outro fator de melhoria é a ferramenta de sequenciamento de aproximação, criada a partir da observação e análise dos movimentos aéreos. A ordem ideal de aeronaves para aproximação, de modo a não gerar desacelerações desnecessárias nas aeronaves (BRASIL, 2011).

Destaca-se, também o recurso de catálogos de rotas alternativas, por meio do qual as aeronaves terão mais flexibilidade para reformulação de seus trajetos de voo. Um catálogo de rotas alternativas, certificadas previamente, proporcionará aos usuários do sistema mais opções para os trajetos de voo (BRASIL, 2011).

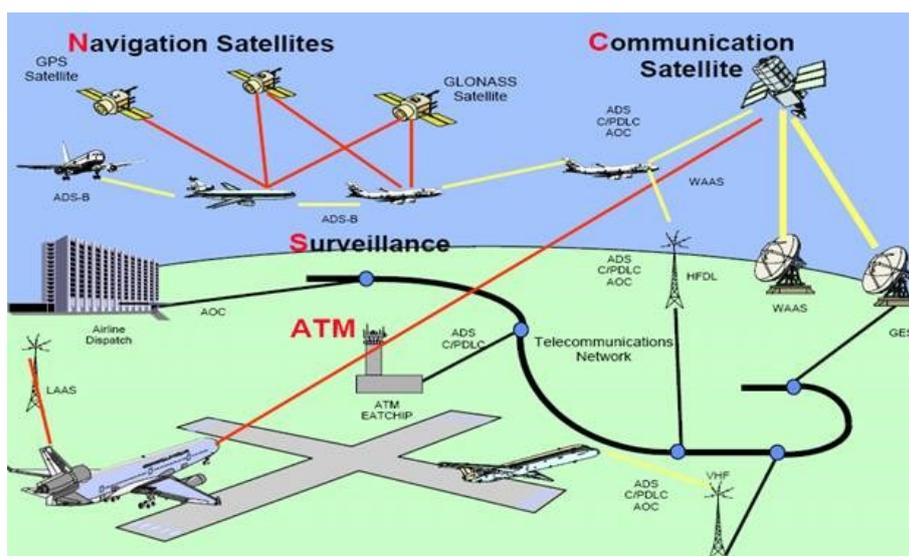
Programas desenvolvidos para a atividade de controle e comunicação permitirão, após análises automatizadas, definir a melhor configuração do espaço aéreo simulando os cenários e sugerindo as estratégias que melhor se adaptam a um

determinado contexto pesquisado. Trata-se de uma ferramenta adequada para aplicações em planejamento, simulação de operações, visualização e análise dos resultados de simulação (BRASIL, 2011).

A partir da observação e do cruzamento de dados dos movimentos aéreos e outras informações, softwares conseguirão prever com antecedência a demanda de tráfego aéreo, auxiliando a organização gestora da atividade em seu planejamento estratégico (BRASIL, 2011).

Com tal precisão no âmbito dos novos conceitos de Navegação Baseada em Performance, as aeronaves poderão voar nas rotas aleatórias durante a fase de rota, flexibilizando operacionalmente os estágios finais da implantação do conceito CNS/ATM, quando voando no espaço aéreo superior (BRASIL, 2011).

Figura 9 - Conceito CNS/ATM



Fonte: Aviation Engine, 2011.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi estudar como será o impacto das novas tecnologias para aviação no Brasil nos próximos anos, tornando as operações ainda mais seguras. Tais tecnologias, voltadas à navegação aérea, sofreram uma evolução considerável e rápida, pois partiu-se para modernos sistemas confiáveis em solo e a bordo das aeronaves, em menos de um século. Tais ações se resultaram de estudos, desenvolvimento de programas e invenção de aparelhos capazes de conseguir grandes mudanças para uma melhoria da segurança posteriormente ao período de guerra.

Com os antigos NDB, cuja operação sofria interferência de sinal, migrando ao VOR, passou-se a utilizar sistemas mais desenvolvidos tecnologicamente, o que facilitou a operação pelas tripulações deixando as condições de pouso e decolagem mais seguras e com menores chances de erro. Iniciou-se, então, o uso do ILS e seus sistemas de antenas, possibilitando a precisão do pouso em suas categorias I, II e III. Isso viabilizou melhorias, tanto na navegação lateral quanto o perfil da rampa ideal de descida para o pouso com o *localizer* e o *glideslope*.

Com a era dos satélites, houve a invenção do sistema GNSS, um sistema que utiliza uma antena e um processador capaz de calcular a posição, tempo e outras informações relevantes à navegação, a depender do aplicativo utilizado. O uso das constelações de satélites na aviação demanda modificações com sistemas de aumento⁵ baseado em três possíveis segmentos - aeronaves (ABAS), em satélite (SBAS) e em solo (GBAS). Nessa gama de possibilidades permitidas pelo GNSS, foi possível a utilização do RNAV, dividindo-se em navegação baseada em performance (PBN) e performance de navegação requerida (RNP).

Cada constelação de satélites proporciona o funcionamento do sistema em seus respectivos países. Nos Estados Unidos há o GPS, na Rússia o GLONNAS, o GALILEO na União Europeia e, por último, a China que ingressou nessa tecnologia por meio da implantação do BEIDOU.

⁵ Os sistemas de aumento baseado em satélite (SBAS) nada mais são do que sistemas utilizados para corrigir os sinais que os Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) transmitem para o receptor GPS do usuário. Tais sistemas melhoram o posicionamento horizontal e vertical do receptor e fornecem informações sobre a qualidade dos sinais.

Notou-se que os sistemas implantados tornaram a aviação e o controle de tráfego aéreo mais otimizados, melhorando a operação em sua plenitude. Com a modernização do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), passou-se a utilizar a expressão "vigilância dependente automática", recurso este, adotado pela ICAO para tornar as transmissões de dados dos voos automática fazendo com que se racione o espaço aéreo e se permita melhor fluxo de aeronaves, com segurança provida de forma criteriosa. Os sistemas ADS-B e ADS-C, baseados em radiodifusão e contrato, respectivamente proporcionam melhorias na vigilância, tanto em relação à área abrangida como em alcance.

A melhoria na capacidade de gerenciamento do tráfego aéreo vem crescendo no Brasil, ao passo que oferece inúmeros benefícios aos usuários, seja na comunicação e controle, ou no custo/benefício de se voar, levando em consideração as medidas e adoções das práticas recomendadas pela organização internacional da aviação Civil (ICAO).

Percebeu-se, ainda, que com o material e conhecimento disponível da época do início dos radiofaróis até o que se tem disponível hoje, houve uma constante evolução dos sistemas de navegação e com a alta tecnologia disponível na atualidade e amplamente utilizada, proporciona-se maior alcance aos usuários. No Brasil, tem-se buscado uma atualização dos sistemas de navegação, fazendo com que se otimize o espaço aéreo e se permita uma melhor gestão das posições e controle das aeronaves, impactando diretamente na diminuição do consumo de combustíveis, e consequentemente diminuição de poluentes, no momento que o mundo se volta para esse tema.

A segurança da aviação e a continuidade das operações das aeronaves, dependerão de um constante *upgrade* nos sistemas de voo e navegação, para que possam continuar operando conforme novas regras e controles do espaço aéreo, mesmo em regiões remotas.

Assim, entende-se que este estudo alcançou o objetivo geral proposto e pode servir de base para futuras pesquisas na área da navegação aérea e seus sistemas associados, bem como ser utilizado para futuros estudos utilizando-se deste material e dados nele contidos, para uma ampliação de estudos voltados ao tema.

REFERÊNCIAS

AEROEXPO. **Rádio Não direcional**. Disponível em:

<https://www.aeroexpo.online/pt/prod/azimut-jsc/product-171010-2963.html>. Acesso em: 17 ago. 2021.

AEROMAGAZINE. **PBN no Brasil**. Disponível em:

https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/pbn-no-brasil_507.html Acesso em: 21 ago. 2021.

AVIATION IN FOCUS. **Journal of aeronautical science**. Disponível em:

<http://docplayer.com.br/docview/63/50088362/#file=/storage/63/50088362/50088362.pdf> Acesso em: 05 ago. 2021.

BBC. **BDS: como é o novo sistema de navegação por satélite chinês que quer concorrer com o americano GPS**. 2020. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-53176664> Acesso em: 26 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. DECEA. **AIC N 03/13: plano de desativação gradual das estações NDB**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:

<https://publicacoes.decea.mil.br/api/storage/uploads/files/26093644-656f-4ff7-b274dfb9e06a99bf.pdf> Acesso em 22 ago. 2021.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. DECEA. **Como será o gerenciamento do tráfego no futuro (CNS/ATM)**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://www.fab.mil.br>. Acesso em: 22 ago. 2021.

BRASIL. Comando da Aeronáutica, Departamento de Controle do Espaço Aéreo. DECEA. **Concepção Operacional ATM Nacional**. Disponível em: <https://www.fab.mil.br> Acesso em: 22 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. FAB. **Como será o gerenciamento do tráfego no futuro (CNS/ATM)**. Disponível em:

<https://www.fab.mil.br/noticias/imprime/8541/capa/> Acesso em: 20 set. 2021.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Agência Nacional de Aviação Civil. **Dados e Estatísticas – Aeronaves**. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/aeronaves> Acesso em: 25 jul. 2021.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Agência Nacional de Aviação Civil.

Planejamento Estratégico. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/arquivos/anac-20planejamento-20estrategico-1.pdf> Acesso em: 25 jul. 2021.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Agência Nacional de Aviação Civil. **Relatório Anual de Segurança Operacional**. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt->

br/assuntos/seguranca-operacional/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/raso_2019.pdf Acesso em: 25 jul. 2021.

EUSPA. *European Union Agency for Space Programme. GALILEO*. Disponível em: <https://www.euspa.europa.eu/european-space/galileo/What-Galileo> Acesso em: 24 ago. 2021.

FAA. *Federal Aviation Administration, US Department of Transportation. Instrument Flying Handbook*. 2012.

FAA. *Federal Aviation Administration. US Department of Transportation. Aeronautical Information Manual AIM*. 17 jun. 2021. ver. atual. Disponível em: <http://www.faa.gov> Acesso em: 07 ago. 2021.

FAA. *Federal Aviation Administration, US Department of Transportation. Navegação por satélite - Sistema de Posicionamento Global (GPS)*. Disponível em: https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/ Acesso em: 24 ago. 2021.

HELFRICK, Albert. *Principles of avionics. 2ª ed. Leesburg*: Avionics Communications Inc.; 2002.

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

ICAO-International Civil Aviation Organization. *Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual*. 2005. Disponível em: [https://www.icao.int/Meetings/PBN-Symposium/Documents/9849_cons_en\[1\].pdf](https://www.icao.int/Meetings/PBN-Symposium/Documents/9849_cons_en[1].pdf) Acesso em: 24 ago. 2021.

IFATCA. *Study Space-Based Automatic Dependent Surveillance – Broadcast* Disponível em: <https://www.ifatca.org/wp-archive/2014-gran-canaria/b-53-study-space-based-automatic-dependent-surveillance-broadcast.pdf> Acesso em: 21 set. 2021.

KAYTON M, Fried WR. *Avionics navigation systems. 2ª ed*. New York: John Wiley & Sons Inc.; 1997.

PODER AEREO. *China lança satélite final do sistema Beidou semelhante ao GPS*. 2020. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2020/06/24/china-lanca-satelite-final-do-sistema-beidou-semelhante-ao-gps/> Acesso em: 26 ago. 2021.

SANTOS, Ivanelson Lobato, *Navegação Aérea Descomplicada - Segunda Parte - Piloto Comercial, Voo por Instrumentos, Controlador de Tráfego Aéreo. 4ª. ed*. 2018.

SKYBRARY. *VHF Omnidirectional Radio Range (VOR)*. Disponível em: [https://www.skybrary.aero/index.php/VHF_Omnidirectional_Radio_Range_\(VOR\)](https://www.skybrary.aero/index.php/VHF_Omnidirectional_Radio_Range_(VOR)) Acesso em: 17 ago. 2021.

SKYBRARY. **Sistema de pouso por instrumento (ILS)**. Disponível em: [https://www.skybrary.aero/index.php/Instrument_Landing_System_\(ILS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Instrument_Landing_System_(ILS)) Acesso em: 23 ago. 2021.

SKYBRARY. **Global Orbiting Navigation System (GLONASS)**. 2017. Disponível em: [https://www.skybrary.aero/index.php/Global_Orbiting_Navigation_System_\(GLONASS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Global_Orbiting_Navigation_System_(GLONASS)) Acesso em: 23 ago. 2021

SKYBRARY. **Vigilância Dependente Automática - Contrato (ADS-C)**. Disponível em: [https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic_Dependent_Surveillance_-_Contract_\(ADS-C\)#cite_note-1](https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic_Dependent_Surveillance_-_Contract_(ADS-C)#cite_note-1) Acesso em: 20set. 2021.