

# ADS-B: CUSTO-BENEFÍCIO PARA A AVIAÇÃO GERAL BRASILEIRA

Renan Emílio Scarso<sup>1</sup>; Roberto Márcio dos Santos<sup>2</sup>

## Resumo

A segurança operacional, os recursos, as facilidades, a automação e a redução da carga de trabalho do piloto, são alguns dos benefícios que a tecnologia consegue oferecer para a aviação. Uma das mais relevantes tecnologias incorporadas à aviação é a Vigilância Dependente Automática por Radiodifusão (ADS-B), um sistema que proporciona várias funcionalidades, tanto para o controle de tráfego aéreo, quanto para os pilotos. Este trabalho investigou a relação custo-benefício da instalação e operação do ADS-B, tanto para operadores de aeronaves da aviação geral brasileira, quanto para o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Comparou-se o serviço de vigilância Serviços de Tráfego Aéreo (ATS), baseado nos radares de vigilância ATS, que é usado atualmente no Brasil, com o serviço de vigilância ATS baseado no ADS-B, incluindo suas funcionalidades. O trabalho apontou as vantagens e desvantagens que o ADS-B proporciona para o DECEA e para os operadores, implicando na melhoria da segurança de voo. Foi analisado o custo-benefício da instalação do ADS-B nas aeronaves mundialmente e principalmente no Brasil, considerando a atual infraestrutura de vigilância ATS do país. Dessa forma, identificou-se que o Brasil não possui ainda uma infraestrutura ADS-B instalada, com exceção da Bacia de Campos, onde, existe a previsão para início das operações, segundo o DECEA no ano de 2018. Assim, pode-se concluir que a instalação de equipamentos ADS-B nas aeronaves não é vantajosa para os operadores.

**Palavras-chave:** Vigilância ATS; ADS-B NRA; ADS-B; Bacia de Campos; DECEA.

## Abstract

The flight safety, resources, facilities, automation and the reduction of pilot's workload are some of benefits that the technologies comes to aviation. One of the most substantial aviation technologies is the Automatic Dependent Surveillance- Broadcast (ADS-B), a system that provides many resources, both for the Air Traffic Control and for pilots. This research has studied the cost-benefit ratio of the ADS-B installation and operation, both for Brazilian general aviation and for Brazilian Department of Air Traffic Control (DECEA). We compare the ATS (Air Traffic Services) Surveillance based on ATS surveillance radars, which is in use currently in Brazil, with the ATS surveillance based on ADS-B capabilities, including its resources. This research look out the advantages and disadvantages that ADS-B provides to DECEA and for airplane operators, resulting in enhanced flight safety. We analyzed the cost-benefit of ADS-B installation in airplanes worldwide and especially in Brazil, holding the currently Brazil's ATS surveillance infrastructure. Thus, we identified that Brazil does not hold ADS-B infrastructure, saving the Bacia de Campos, where the offshore operation is performed, existing the starting forecast, according to DECEA, in 2018. Therefore, we concluded that the ADS-B installation in general aviation airplanes is not useful for operators.

**Keywords:** ATS surveillance; ADS-B NRA; ADS-B; Bacia de Campos; DECEA.

---

<sup>1</sup> Graduando em Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás-PUC-GO, piloto comercial de aeronaves. E-mail: scarsorenan@gmail.com.

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA e Mestre em Psicologia pela UFRGS, professor assistente do Curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás-PUC-GO. E-mail: rnrrock@outlook.com.

## Introdução

As tecnologias surgem para melhorar e tornar mais fáceis as tarefas do ser humano. A segurança operacional, os recursos para o piloto, as facilidades, a automação e a redução da carga de trabalho do piloto são alguns dos benefícios que a tecnologia consegue oferecer para a aviação. Uma das mais relevantes tecnologias incorporadas à aviação é a Vigilância Dependente Automática por Radiodifusão (ADS-B), um sistema que proporciona várias funcionalidades, tanto para o controle de tráfego aéreo, quanto para os pilotos.

Este trabalho tem como objetivo geral identificar a relação custo-benefício, para operadores da aviação geral<sup>3</sup> brasileira, da instalação e operação do ADS-B. Como objetivos específicos, descrever o serviço de vigilância ATS atualmente utilizado no Brasil, baseado nos radares de vigilância ATS, descrever o funcionamento do ADS-B; o serviço de vigilância ATS baseado no ADS-B; compreender as funcionalidades da tecnologia ADS-B (TIS-B, ADS-R e FIS-B); identificar o uso da tecnologia no Brasil e em outros países, analisar os custos de instalação, e o processo de certificação dos vários tipos de equipamentos ADS-B existentes; demonstrar os benefícios operacionais em aeronaves equipadas com ADS-B e por fim identificar as desvantagens da tecnologia ADS-B.

Esta pesquisa será bibliográfica, documental e de caráter qualitativa, explorando de forma abrangente o assunto a ser investigado e será redigida através de elementos explicativos, através da abordagem direta de assuntos pertinentes ao tema. O método utilizado será o dedutivo e comparativo.

Esse trabalho se justifica pela necessidade de disseminar o conhecimento da tecnologia ADS-B, que tem o intuito de revolucionar o sistema de vigilância ATS e a navegação aérea, com potencial suficiente para substituir os antigos radares de vigilância ATS, que estão em uso desde a Segunda Guerra Mundial, além de oferecer outras funcionalidades para a aviação.

## 2 O serviço de vigilância ATS baseado no radar

De acordo com o DECEA (2016), o serviço de vigilância ATS - Serviço de Tráfego Aéreo é um dos serviços prestados pelo Departamento de Controle de Tráfego Aéreo (DECEA). Todo sistema que possua a capacidade de identificar aeronaves em voo é considerado um sistema de

---

<sup>3</sup> Aviação geral - inclui quaisquer tipos de aviação, que não sejam voos regulares (de linhas aéreas) ou aeronaves militares. Isto inclui desde pequenos aviões de propriedade particular até modernos jatos executivos, helicópteros, balonismo, voos de treinamento (para pilotos iniciantes) e outras atividades aéreas (ANAC, 2014).

vigilância ATS. Dessa forma, o serviço de vigilância ATS é prestado às aeronaves baseado neste sistema. O radar de vigilância ATS e o ADS-B são exemplos desses sistemas.

## **2.1 Radar de vigilância ATS primário**

O Radar de Vigilância ATS Primário (PSR) consiste de uma antena que emite pulsos eletromagnéticos em todas as direções. Esses pulsos emitidos atingem a fuselagem da aeronave que, por ser metálica, reflete os pulsos do radar, fazendo com que retornem para a antena emissora. Dessa forma, sabendo-se a velocidade de propagação dos pulsos, consegue-se saber a distância e a direção da aeronave em relação ao radar (SITRAER, 2008).

## **2.2 Radar de vigilância ATS secundário**

O Radar de Vigilância ATS Secundário (SSR) trabalha de maneira semelhante ao PSR, porém é uma vigilância cooperativa, pois necessita de um transponder<sup>4</sup> instalado na aeronave para obter informações. O funcionamento do SSR consiste de uma antena que emite ondas eletromagnéticas na frequência 1030MHz, como uma forma de interrogação, que são recebidas pela antena do equipamento transponder da aeronave. O transponder responde a essa interrogação emitindo ondas eletromagnéticas na frequência 1090MHz, que são recebidas pela antena do SSR (SITRAER, 2008).

A resposta que o transponder envia para o radar secundário é composta de informações sobre a aeronave, dependendo do modo que o transponder está sendo utilizado. Esses modos são chamados de modo A e modo C. No modo A, é enviada para a antena radar apenas a informação de identificação da aeronave, e no modo C, o transponder envia informação de identificação e também informação da altitude que a aeronave está mantendo, informação que tem como fonte o altímetro barométrico da aeronave. Há transponders mais modernos, que utilizam o modo S (Selective), que além de transmitir informação de matrícula e altitude da aeronave, consegue transmitir de forma agregada informações do ADS-B, via frequência 1090Mhz S<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Equipamento embarcado na aeronave que responde automaticamente via radiofrequência a uma interrogação do radar SSR.

<sup>5</sup> 1090Mhz ES: Frequência de 1090Mhz com transmissor estendido. Transmite até 49 parâmetros da aeronave simultaneamente, pelo menos uma vez por segundo, sem a necessidade de interrogação por um radar SSR. É uma das frequências usadas pelo ADS-B.

Assim sendo, o controlador de tráfego aéreo possui à sua disposição, na tela radar, as informações da aeronave (SITRAER, 2008). A seguir, uma figura do radar PSR e SSR, instalados juntos.

**Figura 1-** Radar PSR e SSR.



Fonte: Aeromagazine (2014).

### **3 O que é ADS-B?**

A Vigilância Dependente Automática por Radiodifusão (ADS-B) é um sistema de transmissão de dados provenientes da aeronave para o Controle de Tráfego Aéreo (ATC) e para outras aeronaves (MACHADO, 2017).

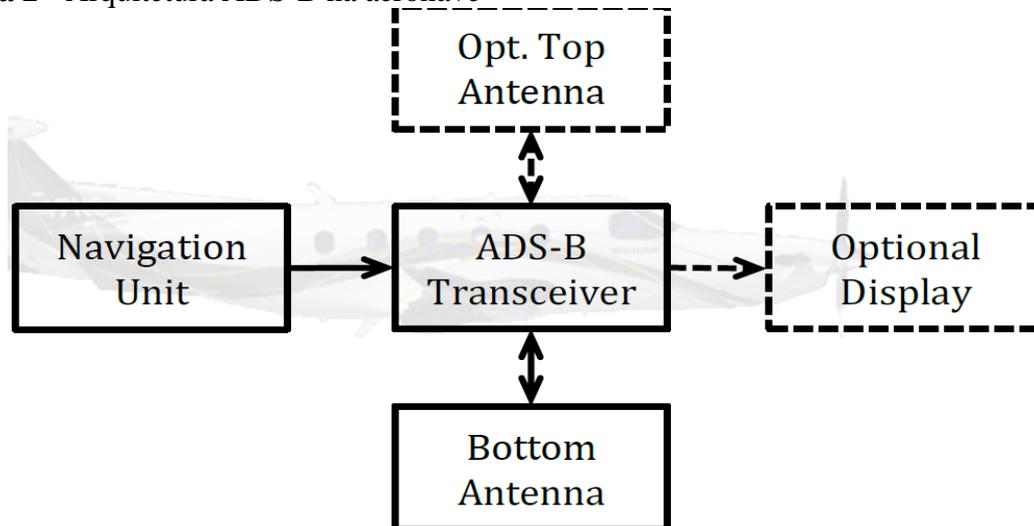
A sigla emprega a palavra “vigilância” por ser um sistema que tem como principal objetivo a vigilância ATS, “dependente” por ser um sistema que depende da aeronave para transmitir informações, “automático” por não necessitar de comandos do piloto. As informações são tramitadas automaticamente através de “radiodifusão”, ou seja, através de uma frequência rádio. Segundo Kunzi e Hansman (2011), a infraestrutura do ADS-B é dividida em três partes: aviônicos, infraestrutura de solo e procedimentos de operação.

#### **3.1 Aviônicos**

Três componentes são necessários estarem instalados na aeronave: uma unidade de navegação, um transceptor ADS-B e uma antena para transmissão e recepção de informações. As aeronaves podem possuir componentes extras, como uma antena que pode ser instalada na

parte superior da fuselagem para melhorar a transmissão e recepção de informações ADS-B, como mostrado na figura 2 (KUNZI; HANSMAN, 2011).

**Figura 2** - Arquitetura ADS-B na aeronave



Fonte: KUNZI e HANSMAN (2011).

### 3.1.1 Funcionamento dos aviônicos

Segundo Kunzi e Hansman (2011) e Woodman (2007), a unidade de navegação pode ser um GPS ou um sistema Inercial. Ambos possuem a função de determinar onde a aeronave está e a sua velocidade, porém trabalham com fontes de informação diferentes, o GPS através de constelações satelitais e o Inercial através de acelerômetros e giroscópios. O transceptor ADS-B possui a função de recolher informações da unidade de navegação, do altímetro barométrico e do computador de bordo, transmitindo essas informações. Por ser um transceptor, também consegue receber e interpretar mensagens ADS-B provenientes de outras aeronaves e do controle de tráfego aéreo, plotando essas mensagens no *display*.

A antena ADS-B recebe e transmite informações ADS-B através de ondas eletromagnéticas. O ADS-B dispõe de duas frequências para a transmissão de informações: 1090Mhz ES, a mesma utilizada pelo transponder da aeronave, e o Transceptor de Acesso Universal (UAT), que trabalha na frequência de 978Mhz. Caso a aeronave opere o ADS-B na frequência 1090Mhz ES, o ADS-B pode utilizar a antena do transponder para transmitir e receber informações, pois o transponder opera nessa frequência, porém se a aeronave operar o ADS-B na frequência UAT, deve ser instalada uma antena UAT separada, ou um diplexor na antena transponder, para que a antena consiga trabalhar com UAT e 1090Mhz ES.

### 3.2 Infraestrutura de solo

A infraestrutura de solo engloba as antenas em solo para receber os sinais ADS-B emitidos pela aeronave, instalações de controle de tráfego aéreo para poder controlar as aeronaves em voo e um canal de comunicação privado entre as antenas e as instalações de controle de tráfego aéreo, para que as informações recebidas pela antena possam ser tramitadas até a tela de vigilância do controlador. As antenas ADS-B recebem informações das aeronaves em ambas as frequências ADS-B, 1090Mhz ES e UAT. Além de receber informações das aeronaves, as antenas também enviam informações pertinentes para as aeronaves (KUNZI, HANSMAN, 2011). A figura 3 mostra uma antena ADS-B instalada ao lado de antenas do PSR e SSR, onde podemos identificar a diferença de tamanho entre ambas.

**Figura 3** - Antena ADS-B e radar PSR e SSR.



Fonte: DUNSTONE (2011).

### 3.3 Procedimentos de operação

Segundo Kunzi e Hansman (2011) e DECEA (2016), com a operação ADS-B, novos procedimentos de operação deverão entrar em vigor e exigirão treinamento e capacitação de pessoal para a prestação dos serviços ATS baseados no ADS-B.

## 4 O serviço de vigilância ATS baseado no ADS-B

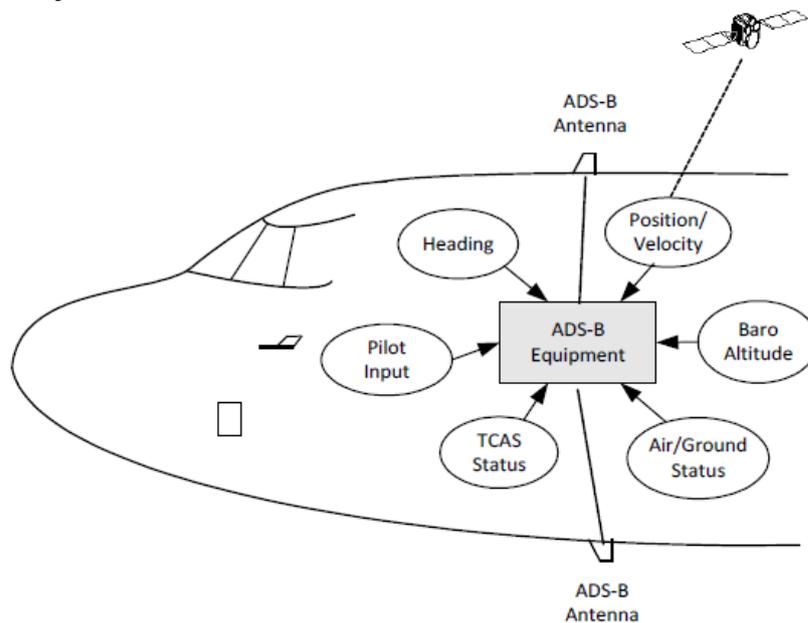
O principal propósito do ADS-B é a vigilância ATS, proporcionando uma vigilância mais eficiente, por ser mais precisa em relação ao radar. O ADS-B pode ser usado em conjunto com a operação radar (PSR e SSR) ou usado de forma independente, chamada de ADS-B NRA (Non-radar Areas) (DECEA, 2016).

[...] ADS-B é eficaz em áreas remotas ou terrenos montanhosos onde não há nenhuma cobertura radar, ou onde a cobertura de radar é limitada. Também, o ADS-B ajuda a vigilância na superfície do aeroporto, onde pode ser igualmente usado para monitorar o tráfego nas pistas de táxi e nas pistas de pouso/decolagem [...] (DECEA, 2013, p.11).

Segundo a ICAO (2016) e DECEA (2013), nas operações ADS-B NRA, é imprescindível que a integridade dos dados fornecidos pela aeronave esteja adequados para fins de vigilância ATS, pois, nessas operações ADS-B NRA, se houver falha da integridade dos dados ADS-B o sistema de vigilância ATS fica comprometido.

Para efetuar operações ADS-B NRA, a aeronave deve proporcionar ao ATC as seguintes informações: identificação da aeronave, identificação de posição especial (SPI), indicador de emergência, altitude barométrica, posição da aeronave (latitude/longitude), *status* de emergência e indicador de qualidade dos dados. (DECEA, 2013). Entretanto, os equipamentos ADS-B possuem a capacidade de fornecer mais informações além das citadas, como: velocidade, razão de subida/descida, rumo, *status* do TCAS<sup>6</sup>, localidade de partida e destino. A figura 4 mostra que todas essas informações são enviadas para o transceptor ADS-B, que irá transmiti-las através da antena.

**Figura 4** - Informações ADS-B



Fonte: FAA (2015).

<sup>6</sup> Sistema de Anticolisão de Tráfego. É um equipamento instalado na aeronave que detecta outras aeronaves em voo nas proximidades, a fim de evitar colisões.

## **5 Funcionalidades da tecnologia ADS-B (TIS-B, ADS-R E FIS-B)**

O ADS-B oferece, ainda, outras funcionalidades, além da vigilância ATS, que são o TIS-B, ADS-R e FIS-B. Para que isso seja possível, desenvolveu-se o ADS-B In, que permite que a aeronave receba informações de outras aeronaves e do órgão ATS (FAA, 2014).

### **5.1 Serviço de Informação de Tráfego por Radiodifusão (TIS-B)**

O serviço de Informação de Tráfego por Radiodifusão, TIS-B, possui a finalidade de proporcionar informação de tráfego aos pilotos. Dessa forma, eles podem identificar onde outras aeronaves estão. O TIS-B funciona recebendo informações ADS-B de outras aeronaves através da antena ADS-B. Essas informações são processadas e enviadas para um *display* no *cockpit* da aeronave, que plota a posição das aeronaves que enviaram as informações ADS-B. Além de plotar a posição da aeronave, o TIS-B proporciona outras informações ao piloto, como: altitude que as aeronaves estão mantendo o rumo e velocidade (FAA, 2014).

O TIS-B trabalha nas frequências 1090 MHz ES e 978 Mhz. Porém, há um problema devido a essas frequências serem distintas. Uma aeronave que recebe informações TIS-B na frequência 1090 MHz ES não irá conseguir obter informações TIS-B de outra aeronave que utilize a frequência 978 MHz, por serem frequências distintas. Do mesmo modo ocorre no sentido inverso, a aeronave que recebe informações na frequência 978 MHz não possui a capacidade de receber informações da frequência 1090 MHz ES. Para resolver esse inconveniente, desenvolveu-se o ADS-R (FAA, 2014).

#### **5.1.1 O TIS-B por meio do ADS-R<sup>7</sup>**

O ADS-R, possui o papel de retransmitir informações TIS-B de uma aeronave para outra, de forma que essas duas aeronaves “conversem” entre si, mesmo que elas trabalhem em frequências distintas. O ADS-R nada mais é do que uma antena instalada em solo que possui o papel de receber informações TIS-B em uma determinada frequência, como por exemplo, na frequência 1090 MHz ES, converter essas informações TIS-B recebidas para a frequência UAT e retransmiti-las para aeronaves que trabalhem na frequência UAT. O mesmo ocorre no sentido inverso (FAA, 2014). Dessa maneira, todas as aeronaves que possuírem capacidades ADS-B In conseguem receber informações de tráfego de outras aeronaves, independentemente da

---

<sup>7</sup> (Vigilância Dependente Automática-Retransmissão).

frequência utilizada, através do ADS-R. A figura abaixo mostra o TIS-B em um *display* de múltiplas funções (MFD).

**Figura 5** - Informação de tráfego via ADS-B em um MFD



Fonte: ICAO (2016).

## 5.2 FIS-B<sup>8</sup>

Através do FIS-B, as aeronaves conseguem obter informações meteorológicas importantes para o voo. Ao contrário do TIS-B, o FIS-B trabalha somente com uma faixa de frequência, a UAT. A frequência 1090 MHz ES não é empregada, pois não possui largura de banda suficiente para suportar o FIS-B, tendo em vista que o transponder e o TCAS já trabalham com essa frequência, portanto a mesma já está muito ocupada (FAA, 2014).

O FIS-B consegue proporcionar ao piloto informações de METAR, TAF, SIGMET, AIRMET, informações sobre o espaço aéreo e imagens de radar meteorológico de solo. Essas são informações meteorológicas dos aeródromos e informações para o voo em rota, necessárias para o voo. Essas informações providas pelo FIS-B são transmitidas para as aeronaves através das antenas ADS-B instaladas em solo, atualizadas a cada cinco minutos, na frequência UAT (GARMIN, 2011).

## 6 ADS-B no brasil e no mundo

Atualmente, no Brasil, a certificação ADS-B não é necessária, pois o país ainda não possui espaços aéreos com operação ADS-B. A partir de julho de 2017, o DECEA realizará

<sup>8</sup> (Serviço de Informação de Voo por Radiodifusão).

análises no sistema ADS-B da terminal<sup>9</sup> Macaé, no estado do Rio de Janeiro, que tem data prevista para entrar em operação ADS-B NRA a partir de 31 de dezembro de 2017. A partir desta data, somente aeronaves certificadas para a operação ADS-B poderão operar na terminal Macaé, visto que os serviços ATS serão prestados através de ADS-B NRA (DECEA, 2016). O movimento de aeronaves na terminal Macaé é de aeronaves engajadas na operação *offshore*, entre o litoral e as plataformas de petróleo. O país que está com a operação ADS-B mais desenvolvida é o Estados Unidos da América, pois já presta o serviço de vigilância ATS ADS-B RA em todo o espaço aéreo e também proporciona o FIS-B e TIS-B para as aeronaves. O Estado determinou que até 2020 as aeronaves devem estar equipadas para a operação ADS-B (FAA, 2017).

## **7 Custos de instalação e processo de certificação de equipamentos ADS-B nas aeronaves**

### **7.1 Custos dos equipamentos ADS-B**

Os custos dos equipamentos variam muito, pois há diversas marcas e modelos disponíveis no mercado e os equipamentos ADS-B possuem outras funções, além de somente transmitir e receber mensagens ADS-B. Os custos dos equipamentos para a operação ADS-B Out e In variam entre \$10,700 dólares e \$21,200 dólares, considerando que a aeronave não possua nenhum equipamento GPS e transceptor ADS-B já instalado. Esse valor, porém, não capacita a aeronave a operar somente ADS-B, mas também proporciona outros recursos, pois a unidade de navegação (GPS) que é necessária para prover informações ADS-B também provê inúmeros outros recursos aos pilotos, como a capacidade de operações RNAV<sup>10</sup>, operar como Sistema de Aviso de Terreno<sup>11</sup> (TAWS), Stormscope<sup>12</sup>, dentre outros (GARMIN, 2011).

### **7.2 Processo de certificação de equipamentos ADS-B**

O processo de certificação de equipamentos ADS-B é feito pela autoridade competente que, no Brasil, é a Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC). O processo de certificação de equipamentos ADS-B ocorre através do processo de Homologação Suplementar de Tipo (HST). Concluído o processo, a aeronave recebe o Certificado de Homologação Suplementar de tipo (CHST). Aeronaves que sofrem grandes modificações na sua operação, seja em relação à

---

<sup>9</sup> Espaço aéreo com dimensões definidas, utilizado para prestar serviços ATS para aeronaves saindo e chegando em um aeródromo.

<sup>10</sup> Navegação de Área. Permite que a aeronave navegue através de informações baseadas em GPS.

<sup>11</sup> Sistema que possui a função de alertar o piloto sobre a aproximação de terreno, a fim de evitar colisão.

<sup>12</sup> Detector de descargas elétricas atmosféricas.

aviônicos, motores, hélices ou sistemas, devem passar pelo processo HST. O processo consiste de documentações técnicas e administrativas, ensaios em solo e em voo, relatório de análise de falhas, dentre outros, e não possui prazo de validade (ANAC, 2010).

## **8 Benefícios operacionais**

As maiores evidências dos benefícios operacionais para o DECEA são observadas quando se compara o ADS-B ao radar e, para os pilotos, quando se observa os recursos embarcados que o ADS-B oferece.

### **8.1 Benefícios para o DECEA**

De acordo com Rod Machado (2017), conforme a aeronave se distancia do radar, os pulsos emitidos por ele se enfraquecem, fazendo com que as informações sobre a aeronave se tornem menos acuradas. Esse inconveniente não ocorre com o ADS-B. Sendo que este proporciona informações mais acuradas da aeronave para o órgão ATS, pois essas informações são provenientes do GPS da aeronave e de aviônicos modernos, ao contrário da vigilância aérea através do radar, que nem sempre possui informações precisas da aeronave, além de outras desvantagens, como as seguintes:

[...] Igualmente está sujeito, em baixas altitudes, a severas limitações de cobertura - limitada à “linha de visada” e o seu preço de aquisição, instalação e manutenção também é bastante significativo, ademais do já citado baixo número de códigos disponíveis para a identificação das aeronaves, no modo 3/A. A solução para estes inconvenientes adviria de novas tecnologias de vigilância, tais como a multilateração e a vigilância dependente automática. [...] (SITRAER 7, 2008, p. 411).

Outra vantagem sobre o radar que o ADS-B consegue proporcionar é a quantidade de informações. O ADS-B consegue transmitir até 49 informações simultaneamente, em uma taxa de atualização de uma vez por segundo. Em relação ao radar, o ADS-B possui uma manutenção mais simples e barata, tendo em vista que as antenas ADS-B dos órgãos ATS, instaladas no solo, são muito compactas e não possuem componentes rotativos e complexos, como o radar primário e secundário, e ainda pode ser instalada em áreas remotas como florestas e regiões montanhosas, onde o emprego do radar não é viável devido ao difícil acesso a essas áreas (SITRAER, 2008)

A vigilância de aeronaves no solo também é outro recurso interessante do ADS-B. O controlador da torre de controle dos aeroportos controla as aeronaves não através do radar, mas visualmente. Portanto, o ADS-B, para vigilância de aeronaves no solo, é útil quando o aeroporto opera em condições de baixa visibilidade, onde o controle visual das aeronaves não pode ser feito, devido às condições meteorológicas (DECEA, 2016).

O FIS-B proporciona aos pilotos informações sobre espaços aéreos e informações meteorológicas. Dessa forma, o FIS-B consegue reduzir a taxa de ocupação da frequência de comunicação piloto-controlador, pois não há a necessidade do piloto obter informações meteorológicas via radiofrequência, com o controlador, pois o piloto obtém essas informações através do FIS-B. Portanto, a frequência de comunicação piloto-controlador permanece mais livre. O serviço de busca e salvamento também pode ser beneficiado em caso de acidente, pois o ADS-B informa a posição exata da aeronave, possibilitando o acionamento de recursos de busca e salvamento de modo mais eficiente (DECEA, 2016).

## **8.2 Benefícios para os pilotos**

O ADS-B através do TIS-B e FIS-B, conseguem melhorar a segurança operacional com base no Processo de Tomada de Decisão (ADM), que de acordo com a FAA (2013), é um processo mental de avaliação de um conjunto de circunstâncias para determinar a melhor solução, portanto, quanto mais informações o piloto tiver à disposição, melhor será o ADM. O FIS-B e TIS-B proporcionam exatamente isso, se a tripulação consegue observar onde outras aeronaves que possam causar risco de colisão estão, através do TIS-B, e também interpretar as condições meteorológicas que estão afetando o voo ou irão afetar, através do FIS-B, o piloto tem um aumento na consciência situacional, dessa forma, conseguindo tomar decisões assertivas acerca do voo, aumentando a segurança operacional.

## **9 Desvantagens do ADS-B**

### **9.1 Desvantagens para o DECEA**

Para que seja prestado o serviço de vigilância ATS por meio do ADS-B, é necessário que sejam tomadas algumas medidas. Segundo o DECEA (2016), além da infraestrutura para a operação ADS-B, é necessário realizar avaliações de performance do sistema, para se determinar as separações mínimas entre aeronaves em voo e proporcionar as informações necessárias para a operação do sistema. Também se faz necessário a capacitação dos recursos humanos para a operação ADS-B e as regulamentações e procedimentos operacionais sejam estabelecidos. Tudo isso demanda custos, pois um novo sistema será implantado. Outra possível desvantagem é quanto à operação ADS-B NRA. Nesse tipo de operação, a vigilância ATS é baseada somente no ADS-B, não tendo o radar de vigilância ATS como *backup*, portanto, caso alguma aeronave envie mensagens sem a acurácia necessária para as estações ADS-B em solo, o sistema de vigilância ATS pode ficar comprometido.

Além disso, o DECEA não poderia desativar os radares PSR, pois também são utilizados com o propósito de defesa aérea, sendo o principal meio de identificação de aeronaves inimigas.

## **9.2 Desvantagens para os operadores**

Para que o ADS-B funcione independentemente do radar, é necessário que todos os proprietários de aeronaves instalem os equipamentos ADS-B. Entretanto, o custo de instalação se torna uma barreira. Porém, há de se levar em consideração as localidades que a aeronave normalmente opera. Voos para o exterior, em espaços aéreos como dos EUA e Europa, por exemplo, onde o ADS-B já está em uso, pode ser um incentivo para que a instalação do ADS-B seja viável, assim como a instalação do GPS na aeronave que é necessária para a operação ADS-B e que, por sua vez, também proporciona outras inúmeras vantagens para a operação da aeronave.

## **10 Resultados, discussão e conclusões**

O sistema de vigilância ATS atualmente em uso no Brasil é o baseado no radar primário e secundário, que proporciona informações de posição, identificação e altitude. Esse sistema necessita da cooperação da aeronave através de um transponder instalado a bordo para transmitir as informações de identificação e altitude da aeronave. No Brasil, atualmente, a infraestrutura de vigilância ATS é baseada somente em radares PSR e SSR (SITRAER 2008; DECEA, 2016).

O futuro da vigilância ATS é o ADS-B, que utiliza os aviônicos da aeronave para transmitir informações automaticamente, de forma que essas informações possam ser captadas por qualquer aeronave equipada para tal e pelos órgãos de tráfego aéreo, para fins de vigilância ATS. A taxa de atualização dessas mensagens é de uma vez por segundo. É necessária uma infraestrutura de solo que seja implementada pelo DECEA, para que a vigilância ATS funcione baseada no ADS-B (KUNZI, HANSMAN, 2011).

A vigilância ATS através de ADS-B NRA deve seguir alguns requisitos para garantir que a operação ocorra de maneira segura, preservando a qualidade dos dados fornecidos pelas aeronaves, visto que em espaços aéreos ADS-B NRA não há radar de vigilância (DECEA, 2016). Além do principal propósito do ADS-B, a vigilância ATS, o ADS-B proporciona outros recursos, o FIS-B e TIS-B. Através deles, os pilotos conseguem observar as condições meteorológicas que possam interferir no voo e observar o tráfego de aeronaves ao redor, respectivamente (FAA, 2014).

Internacionalmente, o ADS-B está em fase de implantação e, em alguns países, já está operacionalmente em uso, visto que o ADS-B é mais vantajoso que o sistema de vigilância ATS baseado no radar. No Brasil, atualmente, o ADS-B não está em uso. As operações estão

previstas para começar a partir de 31 de dezembro de 2017, na terminal Macaé, Rio de Janeiro, para cobrir a operação offshore das plataformas de petróleo (DECEA, 2016).

O custo de instalação de equipamentos ADS-B nas aeronaves se torna um problema para a implantação do sistema no Brasil. Porém, deve-se ter em vista que os operadores obterão outros benefícios além do ADS-B, quando os equipamentos embarcados estiverem instalados. Foi identificado que o ADS-B traz benefícios para o DECEA e pilotos. Para o DECEA, informações mais acuradas sobre a aeronave, com uma maior taxa de atualização e também mais parâmetros da aeronave, além disso, o ADS-B possui um custo operacional mais baixo se comparado ao radar e pode ser instalado em locais remotos (MACHADO, 2017; SITRAER 2008).

Para os pilotos, todos os benefícios se resumem em aumento da segurança operacional, através do ADM. Na operação das aeronaves, segurança é a prioridade.

Contudo, o ADS-B apresenta desvantagens. Para o DECEA (2016), essas desvantagens foram identificadas no que se refere à instalação do sistema ADS-B em solo, que é mais barato em relação ao radar, entretanto há um custo. Deverá ser feita a capacitação de recursos humanos, novas regulamentações e procedimentos operacionais deverão ser implantados. Tudo isso pode ser visto como desvantagens, porém é inevitável, pois quando se implanta um novo sistema, alterações são necessárias.

Considerando o cenário atual do espaço aéreo brasileiro, a instalação por parte dos operadores é desvantajosa, pois o Brasil não possui a infraestrutura ADS-B para a vigilância ATS e também não presta os serviços FIS-B e TIS-B. Dessa forma, a única vantagem que o operador da aeronave irá obter com o ADS-B é o TIS-B entre aeronaves, porém, para funcionar é necessário que ambas operem ADS-B Out e In.

Entretanto, o operador que instale os equipamentos ADS-B na aeronave terá outras vantagens que fogem dos recursos proporcionados pelo ADS-B. Isso é possível através do GPS que é necessário para a operação ADS-B e que proporciona aos pilotos inúmeros recursos operacionais, como Stormscope, TAWS, RNAV e outros (GARMIN, 2011).

Dessa forma, há de se analisar detalhadamente o custo de instalação em aviões da aviação geral, levando em consideração o custo de instalação, os recursos oferecidos pelo ADS-B e os recursos oferecidos pelo GPS.

## 11 Considerações finais

O objetivo deste trabalho foi identificar a relação custo-benefício, para operadores da aviação geral brasileira, da instalação e certificação do ADS-B, compreendendo o funcionamento do sistema. Para os operadores da aviação geral brasileira, os benefícios do ADS-B, atualmente são nulos, com exceção do TIS-B, o qual funciona parcialmente no Brasil, pois funciona somente entre aeronaves que operam ADS-B na mesma frequência. Considerando diante dos levantamentos que a infraestrutura do país não permite a operacionalização do ADS-B.

Conclui-se que há a necessidade de estudos e ações do DECEA e da ANAC para a efetivação do sistema ADS-B no Brasil, considerando as vantagens que proporciona para o DECEA e os operadores.

## Referências

ANAC. **Instrução Suplementar IS Nº 21-021**. [S.l.]: ANAC, 2014. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/CI/Textos/IS-21-021A-P.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

FAA. **INS and Outs of ADS-B**. **Revista Safety Briefing**. [S.l.]: FAA, 2017.

DECEA. **ICA 100-37, Serviços de Tráfego Aéreo**. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2016. 206 p.

\_\_\_\_\_. **AIC N 22/16 Vigilância Dependente Automática Por Radiodifusão (ADS-B) Na TMA Macaé**. Rio de Janeiro: DECEA, 2016. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4424&refresh=AF1D4A56-23B1-44CF80472DB8EADD7D4F>>. Acesso em: 23 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Circa 121-7 Inspeção Em Voo Para Vigilância Automática Dependente Por Radiodifusão (ADS-B)**. 1. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013. 23 p.

FAA. **ADS-B Broadcast Services**. [S.l.]: FAA, 2014. 2 p.

GARMIN. **GTN 725/750 Pilot's Guide**. 1. ed. [S.l.]: GARMIN, 2011. 418 p.

KUNZI, F.; HANSMAN, J. **ADS-B Benefits to General Aviation and Barriers to Implementation**. 2011. 103 p. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2011. Disponível em: <<http://adsbforgeneralaviation.com/wp-content/uploads/2011/12/Kunzi-ICAT-Report2.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2017.

ICAO. **Air Traffic Management**. 16. ed. Montreal: [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://flightservicebureau.org/wp-content/uploads/2017/03/ICAO-Doc4444Pans-Atm-16thEdition-2016-OPSGROUP.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

MACHADO, R. **Rod Machado's Instrument Pilot's Handbook**. 2. ed. [S.l.: s.n.], 2017. 626 p

**SITRAER. Vigilância aérea. Desmistificando as tecnologias de vigilância dependente automática por radiodifusão e multilateração.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2008. Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/trabalho-academico-ads.html>>. Acesso em: 08 mar. 2017.

**WOODMAN, O. An introduction to inertial navigation.** Cambridge: [s.n.] 2007. Disponível em: <<http://www.cl.cam.ac.uk/>>. Acesso em: 10 mar. 2017.