

# Demandas e Condicionantes para Efetivação da Busca Eletrônica com o Radar SAR na FAB

Breno Ricardo de Araújo Leite<sup>1,2</sup>

1 Instituto de Estudos Avançados – IEAV

2 [breno@ieav.cta.br](mailto:breno@ieav.cta.br)

**RESUMO:** O mês de junho de 2009 entrou para a história da Força Aérea Brasileira (FAB), pois na madrugada do dia primeiro, o fatídico voo da empresa Air France, de número 447 (AF 447), caiu no Oceano Atlântico, dando início à maior missão de busca já realizada pela FAB e à primeira utilização, com essa finalidade, do Radar de Abertura Sintética (SAR) do R-99. Entretanto, passados mais sete anos do acidente, as lições aprendidas com o evento não se traduziram em modificações nos manuais de Busca e Salvamento, tampouco os manuais da aeronave R-99 refletem os ensinamentos e as técnicas aperfeiçoadas durante a operação. O objetivo desse trabalho é, portanto, identificar as demandas relacionadas com a utilização do SAR do R-99 em ambiente marítimo e as condicionantes que têm impedido a FAB de efetivar essa ferramenta. A metodologia utilizada no trabalho é a pesquisa bibliográfica e documental, tanto em temas ligados diretamente ao acidente do AF-447, bem como sobre iniciativas de outros países no emprego do SAR em proveito da Busca e Salvamento. Os dados levantados na pesquisa apontaram que existem estudos em diversas nações visando à utilização do SAR em missões de Busca e Salvamento e que a FAB dispõe da motivação, das justificativas e dos meios necessários para sua efetivação, bastando concretizar alguns procedimentos, previstos em legislação, além de outros identificados nesse estudo. Esse trabalho é de extrema relevância, pois esclarece o caminho para a implementação de profundas modificações na missão de Busca e Salvamento, conduzindo-a para um novo patamar: a Busca Eletrônica, que poderá refletir maior chance de resgate de vítimas de acidente aéreo no mar, além de recuperação de componentes da aeronave acidentada, de modo a facilitar as investigações e contribuir com a adoção de novas medidas de segurança para a atividade aérea.

**Palavras chave:** Air France 447, Busca e Salvamento, Busca em Ambiente Marítimo, Radar de Abertura Sintética.

## Demands and Constraints for the Implementation of Electronic Search by means of SAR Radars in the Brazilian Air Force

**ABSTRACT:** June 1, 2009 became part of the history of the Brazilian Air Force (FAB), as the day on which the fateful flight of Air France, number 447 (AF 447), crashed in the Atlantic Ocean, triggering the largest search mission ever conducted by the FAB, and the first use, for this purpose, of the R-99 aircraft Synthetic Aperture Radar (SAR). However, more than seven years after the crash, the lessons learned from the event did not translate into changes to the Search and Rescue manuals, nor do the R-99 manuals reflect the lessons learned and techniques perfected during the operation. The objective of this work is, therefore, to identify the demands related to the use of the R-99 SAR radar in maritime environment, and the constraints that have prevented the FAB from implementing this tool. The methodology utilized in the work is characterized by bibliographical and documentary research, both in relation to subjects directly related to the AF-447 accident, and in relation to initiatives taken by other countries which began to use the Synthetic Aperture radar in Search and Rescue missions. The data gathered in the research pointed out that there are studies in several nations aiming at the utilization of the aforementioned radar in Search and Rescue missions, and that the Brazilian Air Force has the motivation, justifications and means necessary for its implementation, by simply performing some procedures prescribed in the legislation, in addition to other ones identified in this study. This work is extremely relevant because it clarifies the way to implement in-depth changes in the Search and Rescue mission, leading it to a new level: the one of Electronic Search, which may reflect a greater chance of rescuing victims of an aircraft crash in the sea, as well as recovery of components of the accident aircraft, in order to facilitate investigations and contribute to the adoption of new safety measures for the benefit of the air activity.

**Key words:** Air France 447. Search and Rescue. Search in Maritime Environment. Synthetic Aperture Radar

**Citação:** Leite, BRA. (2016) Demandas e Condicionantes para Efetivação da Busca Eletrônica com o Radar SAR na FAB. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 7, No. 1, pp. 143-149.

### 1 BIOGRAFIA

O Major Aviador Breno Ricardo de Araújo Leite possui graduação em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea (AFA) (2001), Pós-graduação Lato Sensu em Geoprocessamento pela Universidade de Brasília (UNB) (2010) e em Gestão Pública pela Universidade da Força

Aérea (UNIFA) (2012). Atualmente é pesquisador do Instituto de Estudos Avançados (IEAV) do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), ocupando o cargo de Chefe da Coordenadoria de Gestão da Inovação e aluno de mestrado do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, no Programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologias

Espaciais. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

## 2 INTRODUÇÃO

O mês de junho de 2009 entrou para a história da Força Aérea Brasileira (FAB), pois na madrugada do dia 1º, o fatídico voo da empresa Air France, de número 447 (AF 447), que havia decolado do Rio de Janeiro para Paris, com 216 passageiros e 12 tripulantes a bordo do Airbus A330, caiu no Oceano Atlântico, próximo ao arquipélago de São Pedro e São Paulo (FRANÇA, 2012). Teve início, nesse momento, a maior missão de busca já realizada pela FAB.

A operação, que durou 26 dias, teve o envolvimento direto de 14 aeronaves brasileiras, que voaram mais de 1300 horas e contou também com o apoio de aviões da França, dos EUA e da Espanha. O resultado final foi o resgate de 50 corpos e mais de 600 partes e componentes estruturais do Airbus, além de bagagens diversas (BRASIL, 2010).

Na percepção da Aviação de Reconhecimento, entretanto, o fato mais marcante de toda a missão foi a utilização, pela primeira vez, da aeronave R-99 e seu Radar de Abertura Sintética (SAR), que atuou diretamente na localização dos destroços e garantiu a continuidade das buscas, sem interrupções, pois esteve engajada mesmo no período noturno e quando a meteorologia era muito desfavorável à busca visual (BRASIL, 2009c). Mas esse não foi o maior desafio enfrentado pelos tripulantes do R-99 na ocasião.

Apesar do SAR possuir duas antenas de bandas diferentes, X e L, e uma diversidade de modos de operação disponíveis, nunca se havia imaginado utilizar o sensor num cenário de busca marítima, inclusive tal emprego sequer foi planejado por seu fabricante (MDA, 2000) e não havia metodologia nem bibliografia específica para esse fim (BRASIL, 2011).

Portanto, houve a necessidade de se adequar a melhor configuração possível que permitisse a identificação dos destroços, enquanto a aeronave já se encontrava em deslocamento de Anápolis para Fernando de Noronha.

Apesar dessas dificuldades, os tripulantes conseguiram adaptar os modos de operação do radar, de modo que foi possível a localização de vários destroços do AF 447, conferindo uma importante participação ao R-99 para o sucesso da missão e o rompimento da barreira da busca visual, empregando de forma pioneira o Radar de Abertura Sintética em um cenário marítimo (BRASIL, 2009c).

Entretanto, passados mais de sete anos do acidente, as lições aprendidas com o evento não se traduziram em modificações nos manuais de Busca e Salvamento da FAB, tampouco os manuais da aeronave R-99 refletem os ensinamentos e as técnicas aperfeiçoadas durante a operação (Leite, 2013).

O objetivo desse trabalho é, portanto, identificar as demandas relacionadas com a utilização do SAR do R-99 em ambiente marítimo e as condicionantes que têm impedido a FAB de efetivar essa ferramenta.

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Radar de Abertura Sintética da Aeronave R-99

O Radar de Abertura Sintética é um sensor ativo, que se utiliza da faixa de micro-ondas para geração de imagens de alta resolução espacial. O termo sensor ativo significa que ele é capaz de gerar sua própria radiação eletromagnética (i.e. não depende da presença da radiação solar), podendo gerar imagens também no período noturno.

Outra grande vantagem do SAR é a capacidade de sensoriar os alvos a despeito da existência de cobertura de nuvens, devido ao comprimento de suas ondas eletromagnéticas, que atravessam a grande maioria dos obstáculos, exceção feita às nuvens cumulonimbus, que barram a radiação eletromagnética da banda X.

Essas duas características foram primordiais para o sucesso da R-99 na operação, pois o sensor permitiu a continuação das buscas mesmo em condições meteorológicas severas, ou no período noturno, garantindo a não interrupção das buscas.

O SAR da aeronave R-99 possui muitos modos de operação, sendo que, para o emprego em ambiente marítimo, foi utilizado o Modo de Vigilância Wide Area Search (WAS) (BRASIL, 2009c) (Fig. 1).

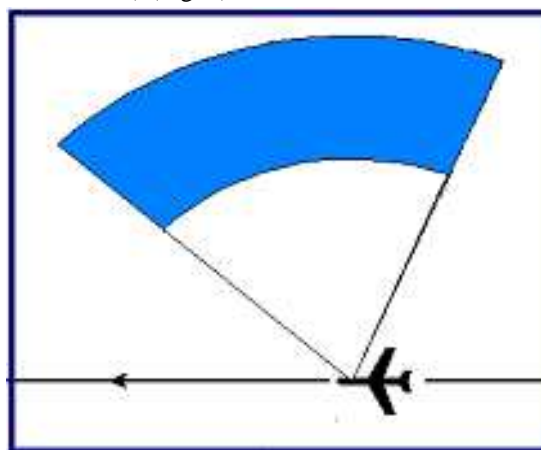


Fig. 1: Modo de varredura WAS. Fonte: MDA (2000).

O WAS utiliza tecnologia Doppler e Moving Target Indicator (MTI), ferramentas que auxiliam na detecção e acompanhamento dos alvos plotados pelo radar. Seu funcionamento básico consiste em uma varredura em setores pré-selecionados de 60° ou 120°, com resolução espacial de 6 m e 18 m, respectivamente, e angulação relativa entre +120° e -120° em relação ao nariz da aeronave (BRASIL, 2008a).

### 3.2 Utilização do SAR no acidente do AF 447

A aeronave R-99 e o sensor SAR foram devidamente descritos nos estudos de Marinho (2011) e Leite (2012), que detalharam como ocorreu a utilização pioneira do SAR para a

busca marítima, a despeito de não existir metodologia definida para essa finalidade.

Os tripulantes apoiaram-se principalmente no conhecimento que possuíam acerca dos princípios físicos do sensoriamento remoto e as particularidades envolvendo o ambiente marítimo para adaptar os modos do radar, de modo que os destroços conseguissem sensibilizar os receptores do equipamento, ao ponto de serem apresentados na tela, destacando-se da superfície do mar.

Os trabalhos supracitados descrevem com riqueza de detalhes a metodologia empregada na busca, os testes realizados, as configurações e outros ajustes no equipamento, além de vários tipos de alvos diferentes que foram localizados.

O principal resultado da missão foi a localização da galley (Fig. 2) e da empenagem (Fig. 3) da aeronave A330, pois esses alvos foram confirmados visualmente por outro avião, poucos minutos após a localização pelo radar, o que atestou a eficácia do SAR do R-99 para busca marítima.

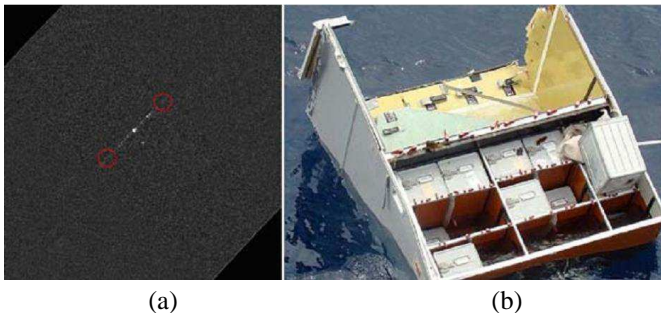


Fig. 2: Na imagem (a), o alvo é apresentado na tela do radar e na (b) destaca-se o alvo respectivo, a galley do avião. Fonte: Marinho (2011).

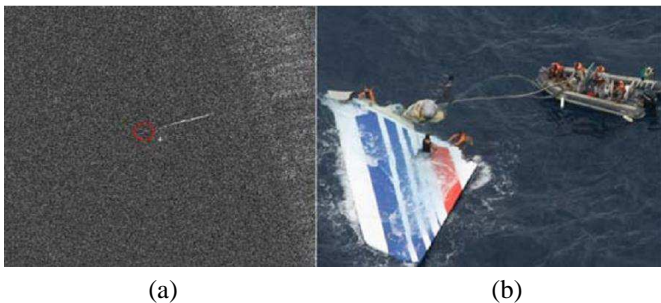


Fig. 3: A imagem (a) apresenta o alvo na tela do radar e na (b) observa-se o alvo respectivo, a empenagem do avião, sendo resgatada pela Marinha do Brasil. Fonte: Marinho (2011).

### 3.3 Regulamentação Brasileira sobre a Busca Eletrônica

Cerca de quatro anos após o acidente do AF 447, outro trabalho de Leite (2013) utilizou-se de mapas cognitivos para estabelecer uma comparação crítica entre o modelo de condução e execução de busca marítima, demandado pela regulamentação brasileira, e a metodologia empregada no uso do SAR da aeronave R-99, durante as buscas do AF 447, com o intuito de identificar elementos comuns e divergências quanto a conceitos, abordagens ou mesmo requisitos.

A conclusão da pesquisa revelou que a metodologia utilizada pela tripulação do R-99 estava plenamente de acordo com o que preconizam os estudos da comunidade acadêmica sobre o uso do SAR em ambiente marítimo e, da mesma forma, estava alinhada com o disposto nos princípios básicos de funcionamento do radar e princípios físicos de sensoriamento remoto, que serviram de embasamento, tanto para a aplicação do sensor pelo R-99, quanto para as pesquisas científicas.

Entretanto ficou constatado que, nas normas regulatórias de Busca e Salvamento, alguns aspectos de utilização do SAR não estão descritos em conformidade com esses conceitos (Fig. 4). Essa situação pode interferir no emprego do radar nas buscas marítimas, visto que esses manuais são a base sobre a qual o Coordenador de Missão vai planejar e conduzir suas tarefas, de forma que os militares coordenadores de missão de busca não estão preparados ou amparados para executar esse tipo de missão.



Fig. 4. Extrato de um dos mapas cognitivos, onde se destacam os pontos em vermelho e azul, que apontam discrepâncias nas normas de busca. Para maior detalhamento, sugere-se consultar a referência indicada Fonte: Leite (2013).

### 3.4 Metodologias e Possibilidades de Emprego do SAR em Busca Marítima

Ainda em 2013, uma pesquisa foi publicada expandindo um pouco mais o conhecimento, à medida que estabeleceu as metodologias e possibilidades de emprego para a utilização do radar SAR do R-99 em busca marítima (Leite e Habermann, 2013).

As principais possibilidades (ou impossibilidades) de emprego do SAR destacadas no estudo foram:

- Detecta destroços de aeronaves acidentadas;
- Excelente para priorização dos alvos;
- Busca noturna ou meteorologia adversa;
- Excelente velocidade de cobertura da área;
- Capacidade multimissão;
- Pode atuar de forma autônoma;
- Não detecta corpos ou pessoas; e
- Não permite identificar os alvos.

Foram apresentadas também cinco metodologias diferentes para utilização do SAR, abordando as vantagens e

desvantagens de cada uma, além de outras características especiais. A indicação das metodologias será citada a seguir:

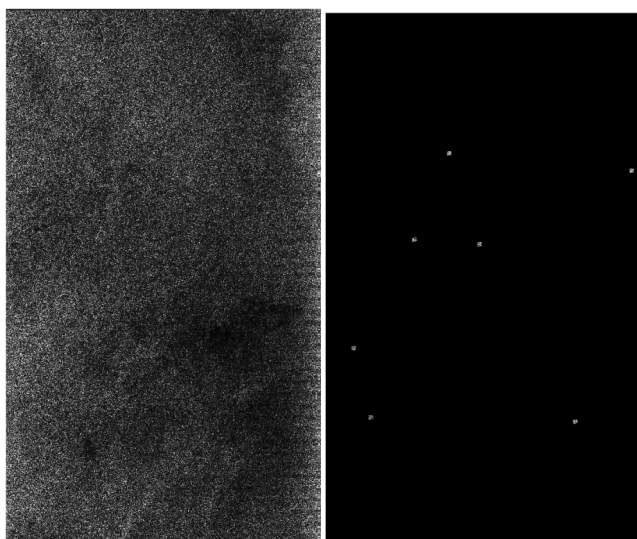
- Busca autônoma;
- Busca visual, com coordenação do SALVAERO;
- Busca visual, com coordenação do R-99;
- Operação unicamente noturna; e
- Missões secundárias de apoio à operação.

### 3.5 Uso de SAR Satelital para localização dos destroços do AF 447

Além desses estudos mencionados anteriormente, que trataram exclusivamente de análises sobre o SAR do R-99, a pesquisa de Paes et al (2011) também abordou a temática de localização dos destroços do AF 447, porém utilizou-se do SAR da plataforma satelital COSMO-SkyMed, de fabricação italiana e que possui alta resolução temporal.

O trabalho analisou as imagens dos dias seguintes a tragédia do AF 447, comparando com o relatório dos avistamentos mencionados pelas aeronaves de busca envolvidas na operação (BRASIL, 2009b).

Diferentemente dos outros estudos citados, essa imagem não foi gerada e utilizada em tempo real, pois passou por um processamento computacional para reduzir os ruídos, a fim de apresentar somente os alvos, o que gerou resultados promissores, indicando sua eficácia para localização de pequenos objetos metálicos no mar (Fig. 5). Não foi possível calcular um índice de eficiência da detecção dos objetos, pois o horário de coleta da imagem não coincidia exatamente com o horário dos avistamentos.



(a)

(b)

Fig. 5. Imagem do COSMO-SkyMed SCS SAR antes do processamento (a) e após o processamento (b), cada ponto brilhante corresponde a um provável destroço do AF 447. Fonte: Paes et al (2011).

### 3.6 Outros estudos acadêmicos envolvendo SAR para missão de busca

Além desses estudos supracitados, que são referentes ao acidente do AF 447 ou ao SAR do R-99, a literatura científica aponta também vários outros trabalhos que corroboram na direção traçada nessa pesquisa.

A mais proeminente agência dedicada aos estudos em temas dessa área é o Search and Rescue Mission Office da National Aeronautics and Space Administration (NASA), que se dedica exclusivamente à pesquisa de sensores remotos, entre eles o SAR, dedicados à Busca e Salvamento, pesquisando aplicações como processamento computacional avançado e algoritmos de detecção automática de alvos, incluindo testes em campo e em laboratório.

De todos os artigos publicados pela NASA, o trabalho de Chotoo et al (2000) é o mais correlato com essa pesquisa, pois ele identificou as principais características e vantagens de se utilizar o Radar de Abertura Sintética, para depois propor uma metodologia para localização de aeronaves acidentadas, baseada na combinação de imagens SAR polarimétricas com reconhecimento automático de padrões (Fig. 6).

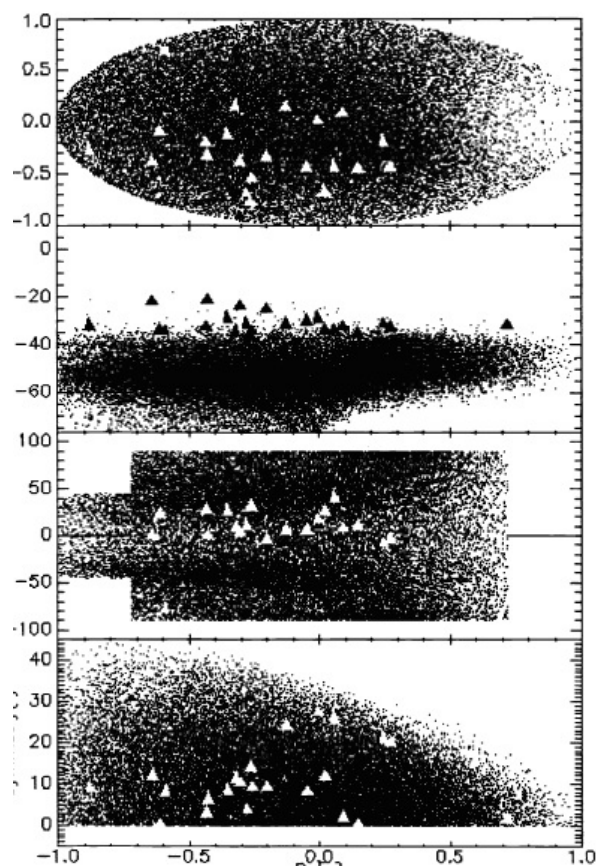


Fig. 6. Exemplos de imagens SAR com algoritmo de reconhecimento automático de padrões. Cada triângulo na imagem corresponde a um provável local de acidente aeronáutico. Para maior detalhamento, sugere-se consultar a referência indicada. Fonte: Chotoo et al (2000).

Outra agência especializada nesse tema é a Canada Centre for Remote Sensing, que realizou diversos estudos



para desenvolver metodologias visando ao uso do SAR para localização de aeronaves acidentadas, prioritariamente utilizando imagens do satélite canadense RADARSAT 1 e RADARSAT 2.

O resultado apresentado pela Fig. 7 foi alcançado na pesquisa de Lukowski e Charbonneau (2004), que utilizaram imagens do RADARSAT 2 e processamento digital de imagens, desenvolvendo técnicas baseadas em Single Look Complex (SLC), imagens de intensidade de sinal e métodos interferométricos para a detecção de aeronaves acidentadas.

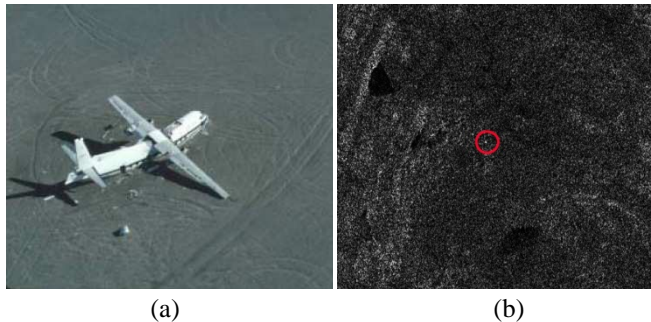


Fig. 7. Exemplo de detecção de aeronave acidentada com o uso de SAR. O ponto em destaque na imagem (b) refere-se à detecção positiva da aeronave da imagem (a). Fonte: Lukowski e Charbonneau (2004).

#### 4 DEMANDAS PARA EFETIVAÇÃO DA BUSCA ELETRÔNICA NA FAB

Como observado no tópico anterior, todo esse conhecimento acumulado envolvendo o emprego de SAR para missões de busca já seria suficiente para justificar sua implantação da FAB, visto que já se dispõe da motivação, além dos meios necessários para sua efetivação, que serão apresentados no último tópico.

As lições aprendidas com o acidente do AF 447 deixaram uma herança relacionada com essa questão, pois uma reunião entre os dois maiores interessados nesse tema, o Comando-Geral de Operações Aéreas (COMGAR), responsável pelas aeronaves R-99, e o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), responsável pela coordenação das atividades de Busca e Salvamento, assinaram uma ata de reunião (BRASIL, 2009a) comprometendo-se a realizar uma avaliação operacional (AVAOP) para verificar as competências do SAR do R-99 para localizar destroços de aeronaves no mar e comprovar sua eficácia para este fim.

Essa AVAOP, de acordo com o documento, não seria apenas mandatória, mas também o ponto de partida para que todas as demais providências fossem tomadas, com o intuito de implantar a busca eletrônica na FAB.

Essa demanda indicada na ata de reunião (BRASIL, 2009a) definiu um critério indispensável para a validação das capacidades do SAR, pois ele seria submetido a criteriosos testes, em um ambiente controlado, para certificar a sua precisão.

Infelizmente, mais de sete anos se passaram e ainda não houve AVAOP alguma e, da mesma forma, nenhuma outra providência relacionada a essa questão foi tomada.

Existem, aliás, justificativas emanadas por órgãos superiores que demandam essa AVAOP, como a Estratégia Nacional de Defesa (END), documento assinado pelo Presidente da República que, na sua Diretriz número 20, determina que é tarefa prioritária para o país o aprimoramento dos meios existentes e da capacitação do pessoal envolvido com as atividades de busca e salvamento nas águas jurisdicionais brasileiras, em decorrência de compromissos internacionais (BRASIL, 2008b).

Fica bastante claro que a questão é ainda maior do que apresentada anteriormente, pois não é apenas um item de uma reunião interna da FAB que está em jogo, mas o cumprimento de uma determinação do Comandante Supremo das Forças Armadas Brasileiras.

Aliás, ainda nesse íterim de capacitação de pessoal, cabe ressaltar, inclusive, a grande oportunidade que está sendo desperdiçada pela FAB, em desenvolver as capacitações de seu pessoal para operação e coordenação de buscas eletrônicas com o SAR, tendo em vista a provável incorporação do satélite Lessônia.

O Lessônia será um satélite que terá embarcado um sensor SAR de alta resolução, que está previsto para ser lançado em 2019, de acordo com o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) (Veiga, 2013).

Todo o conhecimento gerado pela AVAOP do R-99 poderia ser replicado para utilização nesse SAR satelital, o que economizaria muito tempo para sua futura operação com esse intento, mas principalmente serviria de validação dos requisitos que estão ainda em fase de análise, para a definição dos parâmetros do satélite Lessônia.

Esse procedimento poderia conduzir ao correto dimensionamento das capacidades do sensor, redução dos custos, aumento da eficiência operacional e a garantia de que o satélite seria capaz de cumprir missões de busca de destroços de aeronaves acidentadas no mar.

#### 5 CONDICIONANTES PARA EFETIVAÇÃO DA BUSCA ELETRÔNICA NA FAB

A primeira condicionante para a efetivação da busca eletrônica com o SAR na FAB diz respeito à AVAOP, condição sem a qual nenhuma outra providência será tomada, pois essa avaliação irá validar o SAR do R-99 para a missão de busca no mar e definir os seus parâmetros de operação.

Para a realização da AVAOP, será necessário que quatro aspectos sejam observados: local adequado para realização, meios aéreos disponíveis, coordenação da operação e avaliação técnica dos resultados, que é a própria AVAOP.

Interessante observar, como será abordado a seguir, que a FAB dispõe de todos os meios necessários para realizar essa AVAOP, com custos bastante reduzidos e em aproveitamento de outras missões.

1) Local para realização (apoio administrativo): a Base Aérea de Florianópolis (BAFL) costuma sediar, anualmente, o Exercício Operacional Carranca, cujo foco é estritamente treinamento de equipagens e coordenadores para missões de busca e salvamento, dispondo de toda a infraestrutura de alojamentos, redes de telecomunicações e salas de coordenação instaladas para a operação.

2) Meios aéreos disponíveis: outro ponto indispensável para a AVAOP e que a FAB conseguiria atender facilmente é a disponibilidade da aeronave R-99 com o sensor SAR operacional, bastando reservar algumas horas de voo para essa finalidade.

3) Coordenação da Operação: assim como a BAFL, a Seção de Planejamento de Busca e Salvamento (SPSAR) acumula o know-how de cinco Operações já coordenadas e dificilmente deixará de ser a responsável pela Carranca, visto que é a idealizadora do evento e responsável pelo gerenciamento da doutrina de Busca e Salvamento na FAB. Para a realização do voo de imageamento do R-99 serão necessárias algumas coordenações com órgãos externos à FAB, que ficarão a cargo da SPSAR, além da definição da área da operação e disponibilização dos localizadores GPS que serão acoplados aos alvos.

4) Avaliação técnica dos resultados: o Instituto de Estudos Avançados (IEAV) e o Núcleo do Instituto de Aplicações Operacionais (NUIAOP) possuem capacidades plenas de efetuar essa avaliação técnica dos resultados do SAR. O IEAV terá a incumbência de analisar os parâmetros de coleta, a qualidade das imagens e a localização precisa dos alvos, para fornecer os dados para o NUIAOP, que ficará responsável pela análise estatística da defasagem entre a posição real dos alvos e a localização apresentada na imagem SAR, com o intuito de definir se o SAR do R-99 é efetivo, ou não, para a localização de destroços de aeronaves no mar.

Caso o resultado seja positivo, terá início a segunda condicionante para a efetivação do SAR para busca marítima, que é a definição de uma doutrina de operação do R-99 para essa finalidade, tarefa que deverá ser conduzida em conjunto pelo IEAV e pelo 2º Esquadrão do 6º Grupo de Aviação (2º/6º GAV), operador da aeronave.

As demais condicionantes, por serem mais simples de serem abordadas, serão apenas citadas em forma de tópicos:

3ª) 2º/6º GAV – revisão dos manuais da aeronave;

4ª) SPSAR – revisão de toda a documentação relacionada à Busca e Salvamento;

5ª) 2º/6º GAV e SPSAR – curso de capacitação para disseminar a nova doutrina de busca que será implantada. Sugere-se que o curso seja em conjunto, para facilitar a interação e troca de informações; e

6ª) 2º/6º GAV e SPSAR – Exercício Operacional dedicado a treinar as tripulações da aeronave e as equipes de coordenação de missão de busca, visto que a busca eletrônica exige um cabedal de conhecimentos totalmente diferente da busca visual.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho demonstrou que, passados mais de sete anos do acidente AF 447, as lições aprendidas com o evento ainda não se traduziram em modificações nos manuais de Busca e Salvamento, tampouco os manuais da aeronave R-99 refletem os ensinamentos e as técnicas aperfeiçoadas durante a operação.

A pesquisa bibliográfica e documental revelou que a FAB dispõe da motivação, das justificativas e dos meios necessários para efetivação do SAR do R-99 em missões de busca marítima, inclusive identificou iniciativas de importantes agências internacionais para implantar o uso do SAR com essa finalidade.

Foram apresentadas, também, as demandas e as condicionantes que devem ser observadas pela FAB, caso leve adiante esse intento de capacitar o R-99 com mais uma missão, sendo que a AVAOP é a principal condicionante que deve ser superada, para que as demais providências possam ser tomadas.

Os diversos desdobramentos científicos advindos da realização desta campanha de AVAOP poderão incorporar novas técnicas e criar uma base científica sólida que irá, no futuro, suportar esta nova aplicação e o desenvolvimento de novos produtos e serviços, podendo contar com a parceria de várias instituições de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que estão desenvolvendo projetos científicos para estudo do assunto. Tal fato é muito relevante, pois a realização desta AVAOP poderia desencadear projetos de P&D nesta área do conhecimento, colocando o Brasil em pé de igualdade com outras instituições a nível mundial.

Por fim, ressalta-se a relevância desse trabalho, que se propôs a esclarecer o caminho para a implementação de profundas modificações na missão de Busca e Salvamento, conduzindo-a para um novo patamar: a Busca Eletrônica, que poderá refletir maior chance de resgate de vítimas de acidente aéreo no mar, além de recuperação de componentes da aeronave acidentada, de modo a facilitar as investigações e contribuir com a adoção de novas medidas de segurança para a atividade aérea.

## AGRADECIMENTOS

À Seção de Planejamento de Busca e Salvamento (SPSAR) do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), pelo convite para participar da Operação Carranca 2016, evento que originou a motivação para a realização desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Ata de Reunião n. 21/SDOP-SAR/2009. Rio de Janeiro, RJ, 2009a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Relatório de

- Avistamentos da Operação de Busca e Salvamento AF 447 (Sightings). Rio de Janeiro, RJ, 2009b.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Relatório Final de Busca e Salvamento. Rio de Janeiro, RJ, 2010.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Segundo Esquadrão do Sexto Grupo de Aviação. Manual do Coordenador Tático do R-99. Anápolis, GO, 2011.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Segundo Esquadrão do Sexto Grupo de Aviação. Manual do Operador do Radar de Abertura Sintética. Anápolis, GO: Comando da Aeronáutica, 2008a.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Segundo Esquadrão do Sexto Grupo de Aviação. Relatório Final de Operação n. 2/2009. Anápolis, GO, 2009c.
- BRASIL. Presidência da República. Decreto n. 6.703, de 18 de dezembro de 2008. Aprova a Estratégia Nacional de Defesa e dá outras providências. Brasília, DF, 2008b.
- CHOTOO, K.; HUXTABLE, B. D.; MANSFIELD, A. W.; RAIS, H. Probability of detection of downed aircraft using SAR polarimetry. In: CONFERENCE SPIE AUTOMATIC TARGET RECOGNITION X, 10., 2000, Orlando, FL. Anais eletrônicos... Orlando: NASA, 2000. Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=906105>>. Acesso em: 29 set. 2012.
- FRANÇA. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Bureau d'Enquêtes et d'Analyses. Rapport Final vol AF 447. Paris, France: Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2012.
- LEITE, B. R. A. Emprego do Radar de Abertura Sintética em missões de busca marítima: revisão de conceitos. Revista da UNIFA, v.26, p.75 - 85, 2013.
- LEITE, B. R. A. Emprego do SAR do R-99 na busca do Air France 447. Revista ZOOM. Brasília-DF, p.29 - 30, 2012.
- LEITE, B. R. A., HABERMANN, M. Utilização do SAR R-99 para busca marítima: metodologias e possibilidades de emprego In: Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa, 2013, São José dos Campos. Anais do XV SIGE. São José dos Campos: Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), 2013. v.15. p.102-106.
- LUKOWSKI, T. I. CHARBONNEAU F. J. Synthetic aperture radar for search and rescue: polarimetry and interferometry. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Anais.... 2004 IEEE International (Volume:4).
- MDA - Macdonald Dettwiller and Associates. SIVAM Airborne System – Operations Manual (SDRL A006-1). Vancouver: [s.n.], 2000.
- MARINHO, C. A. B. Utilização do Radar de Abertura Sintética da aeronave R-99 na busca marítima dos destroços do voo Air France 447. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba, PR. Anais eletrônicos... São José dos Campos, SP: INPE, 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0136.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2012.
- PAES, R. L. et al. Cosmo-SkyMed SAR Data to Observe Small Metallic Objects from Ocean Crashed Aircraft. In: INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM 2011 (IGARSS'11), 2011, Vancouver, Canada. Anais... Vancouver: IEEE, 2011, p. 2869-2872.
- VEIGA, R. Q. Programa Estratégico de Sistemas Espaciais. Palestra ministrada no Curso de Extensão em Defesa Nacional. Campo Grande, MS, 2013.