

INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES
CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL GENERAL

2007/2008



TII

DOCUMENTO DE TRABALHO

O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A FREQUÊNCIA DO CURSO NO IESM SENDO DA RESPONSABILIDADE DOS SEUS AUTORES, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DA FORÇA AÉREA BRASILEIRA.

**A EVOLUÇÃO DA ANÁLISE OPERACIONAL NA FORÇA AÉREA
BRASILEIRA**

José Eduardo Portella Almeida
Cor Av



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

**A EVOLUÇÃO DA ANÁLISE OPERACIONAL NA FORÇA
AÉREA BRASILEIRA**

**José Eduardo Portella Almeida
Cor Av**

Trabalho de Investigação Individual do CPOG

Pedrouços 2008



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

**A EVOLUÇÃO DA ANÁLISE OPERACIONAL NA FORÇA
AÉREA BRASILEIRA**

José Eduardo Portella Almeida

Trabalho de Investigação Individual do CPOG

Orientador: Maj Gen Helder Brito

Pedrouços 2008



AGRADECIMENTOS

Às Minhas Queridas,
Bia, Bianka, Jéssica e Duda...



ÍNDICE

Resumo	v
Abstract.....	vi
Palavras-Chaves	vii
Lista de Abreviaturas.....	viii
Introdução.....	1
1. A Análise Operacional	2
a. O surgimento e a consolidação	3
b. A Análise Operacional na Marinha do Brasil.....	5
2. O antigo ciclo de aquisição e implantação de sistemas na FAB	5
a. Os maus resultados decorrentes	7
b. A incapacidade de desenvolver táticas	9
3. A implantação da Análise Operacional na FAB	10
a. A gerência.....	10
b. A Avaliação Operacional	10
c. O desenvolvimento de táticas	12
d. Formação de recursos humanos.....	13
e. Resultados da Análise Operacional na FAB.....	14
4. Análise Operacional em outros países.....	17
a. Análise Operacional na Royal Air Force.....	17
b. Análise Operacional na Armée de L'Air.....	19
c. Análise Operacional na USAF.....	21
5. Proposta de Evolução	25
a. Acompanhamento do ciclo de vida de materiais e sistemas	27
b. Unidade Aérea de Análise Operacional	28
c. Centro de Análise Operacional.....	29
d. Estande Operacional.....	30
6. Conclusão	38
BIBLIOGRAFIA	41



ÍNDICE DE APÊNDICES

1 – Metodologia da Análise Operacional	I-1
2 – Proposta de Inserção da AVAOP no Ciclo de Vida de Materiais e Sistemas	I-2

ÍNDICE DE ANEXOS

A – Conceção Básica do Estande	A-1
B – Conceção básica do sistema de simulação de ameaças	B-1
C – Esquema básico do sistema de acompanhamento.....	C-1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Conceção Básica do Estande.....	A-1
Figura 2 – Conceção básica do sistema de simulação de ameaças.....	B-1
Figura 3 – Esquema básico do sistema de acompanhamento.....	C-1



RESUMO

A evolução tecnológica dos meios militares precipitou o nascimento de uma metodologia, ainda durante a II Guerra Mundial. Terminada a guerra, as Forças Armadas de vários países adotaram-na em organizações especialmente criadas para solucionar problemas de cunho militar, denominando-a Análise Operacional (AO).

No Brasil, a Marinha foi pioneira, ainda nos anos 70, na adoção dessa metodologia. A Força Aérea Brasileira sentiu a necessidade de criar um grupo com conhecimento suficiente para implantar a AO, assim que começou a receber as aeronaves AMX, fruto de um programa conjunto entre Brasil e Itália.

A seção de AO foi implantada no Centro de Guerra Eletrônica do Comando-Geral de Operações Aéreas e está realizando trabalhos de grande importância para a operacionalidade da FAB. Nesta investigação, que foi realizada empregando o método dedutivo, com recurso à pesquisa documental e bibliográfica, verifica-se se o modelo implantado atende à FAB e se merece modificações que venham melhorar os serviços prestados.

A pesquisa expandiu-se sobre a forma com que a AO serve a três Forças Aéreas, dentre as mais desenvolvidas do mundo, que são a *Royal Air Force*, a *Armée de L'Air* e a *United States Air Force*. Esta abordagem trouxe elementos muito interessantes para se perspectivar as melhorias que podem ser incorporadas à evolução da AO na FAB, como a construção de um Estande Operacional, onde a simulação das ameaças atingiria alto grau de realidade.



ABSTRACT

Technological evolution in military equipment caused the beginning of a new methodology, during the Second World War. With the end of the war, the Armed Forces of several countries adopted this methodology in some organizations created to solve military problems, and named it Operational Analysis (OA).

The Brazilian Navy was the first military organization, in Brazil, to adopt this methodology. The Brazilian Air Force (BAF) got together a group with knowledge enough to start OA, as soon as received the first AMX fighter aircrafts, which was part of a program between Brazil and Italy.

The group started its work inside the Electronic Warfare Center of the Air Operations Command and ever since is working in some important projects to the BAF operational area. This investigation, done by the employment of the deductive method, with documental and bibliographic research, verifies if the way the OA group was established attends the BAF necessities or some modifications have to be introduced to improve the services they are providing.

The work included a research on the way the OA is made in three of the world's most developed Air Forces, the Royal Air Force, the *Armée de L'Air* (from France) and the United States Air Force. This part of the investigation was very important to foresee the suggestions to develop the OA in the BAF, like to build up an Operational Stand, where the threat simulation would have a high degree of reality.



PALAVRAS-CHAVE

Análise Operacional

Avaliação Operacional

Campo de tiro

Estande

Força Aérea Brasileira

Guerra Eletrônica

Investigação Operacional

Pesquisa Operacional

Qinetiq



LISTA DE ABREVIATURAS

ACMI – *Air Combat Manouvering Instrumentation*
AEW – *Airbone Early Warning*
AFMC – *Air Force Material Command*
AFOTEC – *Air Force Operational Test and Evaluation Center*
AMI – *Aeronáutica Militar Italiana*
AO – *Análise Operacional*
AVAOP – *Avaliação Operacional*
AWC – *Air Warfare Centre*
BA – *Base Aérea*
C2 – *Comando e Controle*
CASNAV – *Centro de Análise de Sistemas Navais*
CCCOA – *Centro de Comando e Controle de Operações Aéreas*
CEAM – *Centre d'Experimentacion Aeriennes Militaires*
CGEGAR – *Centro de Guerra Eletrônica do COMGAR*
COMGAR – *Comando-Geral de Operações Aéreas*
DCA – *Diretriz do Comando da Aeronáutica*
DoD – *Department of Defense*
EO – *Estande Operacional*
FA – *Força Aérea*
FAB – *Força Aérea Brasileira*
FFAA – *Forças Armadas*
GE – *Guerra Eletrônica*
GHz – *Giga Hertz*
GPS – *Sistema de Posicionamento Global*
IFF – *Identify Friend or Foe*
MB – *Marinha do Brasil*
NPS – *Naval Postgraduate School*
NOP – *Necessidade Operacional*
OTAN – *Organização do Tratado do Atlântico Norte*



P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PO – Pesquisa Operacional

PPGAO – Programa de Pós-graduação em Aplicações Operacionais

QG – Quartel-General

RAF – *Royal Air Force*

RH – Recursos Humanos

RWR – *Radar Warning Receiver*

SISDACTA – Sistema de Defesa Aérea e de Controle de Tráfego Aéreo

TSPI – *Time, Space and Position Indicator*

UAe – Unidade Aérea

USAF – *United States Air Force*

USAFWC – *USAF Warfare Center*

UHF – *Ultra High Frequency*

VHF – *Very High Frequency*



Introdução

Desde seus primórdios até o final dos anos 80, a Força Aérea Brasileira (FAB) utilizou-se quase que exclusivamente de material importado das nações que possuíam o domínio tecnológico no setor, para o adestramento de seus efetivos.

De maneira geral, não havia detalhamento das especificações. As necessidades resumiam-se à substituição de plataformas antigas por outras mais modernas, acreditando-se nos desempenhos detalhados nos manuais fornecidos. Os procedimentos de emprego que acompanhavam os produtos adquiridos passavam a ser a base do treinamento de pilotos e operadores.

Entretanto, em meados dos anos 70, a FAB iniciou um programa conjunto com a Aeronáutica Militar Italiana (AMI), que visava o desenvolvimento de uma aeronave de combate totalmente nova, o AMX. Esta plataforma seria especificada por requisitos de ambos os países, sendo fabricada em duas versões básicas, uma que atenderia à Itália e outra que viesse ao encontro das necessidades brasileiras.

Ao chegarem os primeiros AMX, a FAB iniciou o recebimento dos sistemas instalados, pelos órgãos responsáveis, e percebeu-se que não havia conhecimento suficiente, nem metodologia adequada, para avaliar o desempenho dos equipamentos que interagiam com o ambiente externo à aeronave, quando em funcionamento. Excluindo os mais simples, como rádios e de navegação-rádio, estes sistemas se resumiam aos equipamentos de Guerra Eletrônica da aeronave.

Para solucionar este problema, a FAB investiu na criação de uma organização capaz de realizar Análise Operacional de Sistemas, visando, inicialmente, gerar dois produtos: a Avaliação Operacional que trata de receber os sistemas adquiridos, certificando seus desempenhos no transcurso das missões e em confronto com os ambientes para os quais foram especificados; e a previsão da substituição ou da aplicação do sistema ou meio em outro cenário de emprego, considerando sua competência operacional.

Esta organização foi criada em 2003 e vem realizando várias tarefas desde então.

O trabalho de investigação em pauta pretende aprofundar-se na proposta inicial da implantação da Análise Operacional na Força Aérea Brasileira, investigar se o produto gerado pelas Avaliações já realizadas atende às necessidades da FAB, levantar como é realizada a Análise Operacional em Forças Armadas de outros países e, finalmente, propor em uma visão prospectiva os passos a serem seguidos para a evolução da atividade.



O objetivo desta investigação é rever os fundamentos da criação do órgão de Análise Operacional da FAB, avaliar a sua evolução e os resultados produzidos pelos trabalhos já realizados, a fim de perspectivar o desenvolvimento de novas estruturas e produtos que atendam melhor às necessidades da Força.

Pela importância de que se reveste para o futuro da FAB, o tema carece de um enquadramento que traduza, em uma só questão, toda a abrangência que se quer dar à investigação. Portanto a Questão Central será:

“Qual o impacto da implantação da Análise Operacional na Força Aérea Brasileira”

Deste enunciado decorre as seguintes questões derivadas:

- QD 1. Porque a Análise Operacional foi implantada na FAB?
- QD 2. Como a Análise Operacional foi implantada na FAB?
- QD 3. O modelo implantado atende às necessidades da Força?
- QD 4. Que caminhos poderá seguir o modelo implantado para melhor atender às necessidades atuais e futuras?

Finalmente, e no sentido de dar resposta às questões supra mencionadas, formulam-se as seguintes hipóteses:

H1: O impacto é negativo. A FAB não precisa de Análise Operacional (ANOP);

H2: O impacto é positivo e não necessita de melhoramentos ou alteração; e

H3: O impacto é positivo na gestão dos recursos humanos e dos sistemas operacionais, podendo ser melhorada com a introdução de implementos estruturais e organizacionais.

1. A Análise Operacional

Análise Operacional é um método científico cujo objetivo é fornecer aos decisores informações de base quantitativa, para serem utilizadas em decisões concernentes às operações sob seu controle.

Há centenas de anos, os mais bem sucedidos comandantes da história têm se utilizado de métodos científicos para prever o resultados de suas ações. Durante a Segunda Grande Guerra, designou-se uma ciência para estudar e propor metodologias para a solução de problemas militares. Atualmente, nos EUA, essa ciência é conhecida como Análise Operacional (AO).



a. O surgimento e a consolidação

Há exemplos do emprego de métodos matemáticos na solução de problemas militares desde a antiguidade. Mas foi na I Grande Guerra que pela primeira vez cientistas foram convocados para contribuir não só para o desenvolvimento de armas, mas para otimizar as formas de emprego.

Com o sucesso resultante das ações durante a guerra de 1914 a 1918 e também devido à complexidade de operação de algumas novas armas, na II Grande Guerra os Aliados iniciaram suas operações já apoiados por cientistas de diversas especialidades, trabalhando junto à maioria dos comandos mais importantes.

O surgimento do radar foi um dos grandes motivos dessa convocação. A complexidade de sua operação e as possibilidades diversificadas de seu emprego confundiam os operadores, que estavam acostumados com armas mais simples. A compreensão da eletrônica, necessária para dominar todos os recursos oferecidos pelo radar, estava acima do conhecimento dos militares da época, o que obrigou a formação de equipes técnicas para auxiliar os comandantes a decidir sobre a aplicabilidade de cada uma das funções disponíveis.

Ao mesmo tempo, as guerras recentes passaram a ser mais e mais representadas por séries de operações similares, ao invés de um conjunto de batalhas desconexas, tornando possível a análise estatística sobre o sucesso ou fracasso das operações.

Assim, o modelamento matemático com o objetivo de elucidar as funções dos sistemas mais complexos, bem como analisar estatisticamente o possível resultado de cada manobra de forma simulada, em ambiente tão real quanto possível, tornou-se prática comum dos comandantes militares durante a II Grande Guerra. Essa atividade recebeu a denominação de Pesquisa Operacional (PO).

Em 1941, já havia grupos de PO nas três forças armadas britânicas e, no final da II GM, os americanos contavam com 26 desses grupos distribuídos em suas Forças.

Em 1942, o comandante geral da Força Aérea do Exército dos EUA perguntou como os índices de precisão de bombardeamento poderiam ser melhorados, visto que menos do que 15 % das bombas lançadas atingiam os objetivos colimados. A resposta, derivada de estudos das seções de PO, melhorou a precisão dos ataques em 60% e fez com que as formações básicas de bombardeios diminuíssem de 18 a 36 aeronaves para 12 a 14 aeronaves.

A importância da aplicação dessa nova ciência em apoio às decisões dos chefes



militares ficou expressa no relatório final do Almirante King da Marinha dos EUA, em 08/12/45:

“A complexidade da guerra moderna quer em métodos ou meios, demanda a análise exata das medidas e contramedidas introduzidas em cada batalha por nossas forças e pelo inimigo. A pesquisa científica pode não só apressar a invenção e produção de armas, como também assegurar seu uso correto.”

A compreensão da metodologia de aplicação da PO é baseada na modelagem matemática. Esta é uma abordagem científica onde se procura descrever o que ocorre no mundo real em linguagem matemática. O Apêndice 1 traz uma explicação objetiva desse conceito.

Passada a guerra, os executivos reconheceram rapidamente a importância da aplicação da PO nas grandes empresas. A automação das linhas de produção tornaram as condições de trabalho dos funcionários semelhantes às dos militares que operavam os sistemas mais sofisticados; máquinas complexas executando eventos repetitivos.

Por isso, a metodologia passou a ser aplicada em órgãos governamentais e civis para analisar, inicialmente, operações específicas. Mais tarde, estendeu-se à operação global da organização, depois a todo um setor, chegando a problemas de nível nacional considerando, inclusive, os reflexos em outras nações.

Para formar os especialistas, as universidades passaram a oferecer cursos de pós-graduação em PO, orientando seus currículos para as mais diversas áreas de aplicação.

No início dos anos 60, algumas forças armadas dos EUA substituíram o termo Pesquisa Operacional por Análise Operacional (AO), de forma a representar com melhor propriedade o emprego dos complexos equipamentos militares da atualidade, bem como para identificar o suporte ao planejamento de missões. Nos EUA, os organismos que tratam de PO para aplicação militar são chamados de Centros de Análise de Defesa ou de Análise Operacional.

No Brasil, as grandes empresas, como a Vale do Rio Doce, Petrobrás e Souza Cruz foram pioneiras na utilização da PO como ferramenta de apoio à decisão e, desde o final dos anos 60, possuem grupos dedicados à essa atividade.

Já as FFAA Brasileiras, que foram pioneiras no tratamento do assunto, pois há registros que atestam entendimentos a respeito de AO desde 1961, pouco fizeram na prática até 1975, quando a Marinha do Brasil (MB) inaugurou o Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV).



b. A Análise Operacional na Marinha do Brasil

Quando o CASNAV foi criado, sua tarefa inicial era apoiar as decisões do Almirantado nas questões concernentes à operação das fragatas da classe Niterói, que, à época, estavam sendo adquiridas. Os sistemas dessas belonaves eram muito sofisticados e poderiam causar dificuldades na interpretação das ordens dos seus comandantes.

Outro problema foi o posicionamento dessa classe de navios na Esquadra. As táticas navais não estavam adaptadas às capacidades das fragatas e tiveram que ser modificadas.

O CASNAV tem feito sucesso na MB. Há mais de 30 anos, essa organização sugere o melhor emprego dos sistemas e apoia o desenvolvimento de novas táticas, além de outros serviços. A importância das análises realizadas por esse Centro pode ser medida pela diferença entre o posto do primeiro comandante para o do atual. Em 1975, um Capitão-de-Fragata ocupava o cargo de chefia, enquanto hoje há um Contra-Almirante a frente dos trabalhos.

Por várias circunstâncias, o exemplo do CASNAV não foi seguido pela FAB que, no início do anos 90, iniciou um processo de aquisição e de modernização de suas plataformas de combate. Esses novos sistemas eram dotados de uma tecnologia que suplantava o conhecimento dos seus operadores e requeriam uma metodologia na sua implantação que infelizmente não foi seguida, o que trouxe inconvenientes operacionais e financeiros. Seguidamente, será descrito o que ocorreu à altura.

2. O antigo ciclo de aquisição e implantação de sistemas na FAB

Desde seus primórdios até o final dos anos 80, a Aeronáutica utilizou-se quase que exclusivamente de material importado das nações que possuíam o domínio tecnológico no setor, para compor a capacidade de combate da FAB.

De maneira geral, não havia detalhamento das especificações. As necessidades resumiam-se à substituição de plataformas antigas por outras mais modernas, desde que estivessem autorizadas a serem vendidas a países do terceiro mundo. O Brasil não tinha acesso aos equipamentos de ponta da tecnologia e que possuíam o melhor desempenho operacional. Em alguns casos, a venda do material escolhido para atender às necessidades das FFAA brasileiras foi explicitamente negada, alegando-se que a compra do material pelo Brasil poderia precipitar uma corrida armamentista na região.

Para tentar sanar esses problemas, e seguindo suas diretrizes de ação política, a



FAB iniciou um programa conjunto com a Itália para desenvolver uma aeronave de combate, o AMX.

Baseado nessa experiência, o Comando da FAB percebeu que deveria metodizar a especificação de suas necessidades e o acompanhamento do ciclo de vida dos seus materiais e sistemas. Assim nasceu a Diretriz que orienta o ciclo de vida de materiais e sistemas, a DCA 400-6.

Esta diretriz tem por finalidade metodizar o planejamento e a execução das fases e principais eventos do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica, bem como regular a atuação e responsabilidade dos órgãos que intervém no processo.

Segundo a DCA 400-6, toda aquisição de equipamento para a Força tem que originar-se em uma Necessidade Operacional (NOP), que é a descrição de uma carência ou deficiência, encontrada dentro de um determinado cenário de emprego, que impeça a execução de qualquer das missões da Força Aérea. A NOP, normalmente, é gerada no Comando de Operações Aéreas (COMGAR), principal usuário dos meios de combate da FAB.

Logo que aprovada pelo Estado-Maior, é montado um grupo de trabalho que tem como objetivo analisar as necessidades e reescrevê-las em forma de requisitos. O próximo passo é a definição de quais são os requisitos técnicos e quais são os logísticos que atenderão ao requisito básico. Quem passa a tratar do projeto neste momento são os Comandos de Material e de Tecnologia da FAB, afastando-se do processo o Comando de Operações, que foi a origem do processo.

Assim que são definidos os fornecedores dos sistemas a serem adquiridos, são compostas as comissões de acompanhamento do projeto, que são designadas para acompanharem de perto o cumprimento do contrato. Essas comissões acompanham os testes que são realizados para comprovar o funcionamento do sistema, mas, normalmente, quem planeja os testes são os próprios fabricantes, e não é levado em consideração as muitas variáveis de um teatro de operações.

Logo que são dados como prontos pelas comissões de acompanhamento, os produtos são encaminhados para uma avaliação técnica e funcional por equipes de ensaios em vô (aeronaves ou sistemas aeroembarcados) mas, que, uma vez mais, não os submete ao confronto com o ambiente onde eles vão operar, ou pelo menos uma simulação em cenário o mais real possível.

A FAB possui uma divisão de ensaios em vô reconhecida mundialmente, fruto do



desenvolvimento da indústria aeronáutica brasileira. Os ensaios em vôo visam garantir que o sistema cumpra os requisitos de segurança aeronáutica, principalmente, mas não abordam sua utilização operacional.

Tendo sido aprovado pela área de ensaios em vôo, o material ou sistema é entregue ao Comando de Operações Aéreas, que o direciona para uma das Unidades Operacionais, que terá a responsabilidade de explorar as capacidades do novo sistema e desenvolver técnicas e táticas de utilização do mesmo, pressupondo que ele atendeu aos requisitos.

Mas os Esquadrões do COMGAR não possuem meios para mensurar o desempenho daquilo que elas recebem para operar e ficam reféns das avaliações técnicas realizadas. Quando um sistema não opera conforme previsto, inicialmente suspeita-se dos operadores, isto é, dos pilotos e mecânicos responsáveis pela operação do mesmo.

Os sistemas de armas das aeronaves de combate, exceto aqueles que se interagem com o espectro eletromagnético para cumprir suas funções, têm seus desempenhos confirmados em ensaios complexos, mas onde os fatores influentes são controlados e os resultados são medidos por instrumentação e por observação externa comparativa. Outra característica é que a reação do inimigo não precisa ser simulada, tanto que o estande de ensaios pode ser o mesmo utilizado para o treinamento regular dos pilotos.

Já os equipamentos que exercem suas funções através do espectro eletromagnético, necessitam de cenários operacionais o mais próximo possível da realidade do campo de batalha, para terem seu desempenho comprovado. A avaliação depende da reação simulada do inimigo e alguns dos fatores que influem nos testes são dificilmente observados.

Em função do exposto acima, alguns equipamentos em uso na FAB apresentaram grandes problemas de funcionamento nos primeiros anos de operação. Foram acumulados alguns prejuízos financeiros, que sempre se refletem como operacionais, na medida em que uma função não operante inviabiliza parte do desempenho esperado.

a. Os maus resultados decorrentes

A FAB teve de suportar grandes prejuízos por não possuir a capacidade de realizar Análise Operacional em seus sistemas mais modernos. A maioria das plataformas que operam sistemas de armas que interagem com o espectro eletromagnético, tais como radares e sistemas de ataque eletrônico, apoio eletrônico e de proteção eletrônica apresentaram restrições de funcionamento.

Um bom exemplo foi o do sistema RWR da aeronave AMX, um projeto conjunto



da EMBRAER com a Aermacchi da Itália. O mesmo foi adquirido da Eletronicca SPA de Itália e o modelo era idêntico ao instalado na versão italiana do AMX. Como parte do acordo de desenvolvimento, uma empresa brasileira (TECNASA) foi certificada para fazer a montagem do sistema, bem como prestar toda assistência técnica à FAB.

Segundo o manual de funcionamento, o equipamento possuía o modo de funcionamento sintético, quer dizer, através da inserção da assinatura eletrônica conhecida do emissor, o RWR poderia reconhecer a emissão e indicar ao piloto o grau de ameaça que ela representava, obviamente, por uma designação prévia inserida no sistema. Ainda, essa capacidade permitia o funcionamento do modo automático de acionamento das cargas de “chaff”, para proteção da aeronave, extremamente útil em situações em que o piloto está sobrecarregado com as atividades de cabine.

Pois esse modo de operação não funcionou nos primeiros anos de emprego do sistema e a resposta da empresa às indagações da Unidade Aérea (UAe), sempre foi de que o usuário não estava programando o sistema corretamente. A UAe indicou alguns pilotos e alguns especialistas em eletrônica para realizarem cursos de programação do sistema (foram contratados 3 cursos), durante o período em que o problema persistiu, mas não obteve sucesso. Seis anos após a entrega do RWR à UAe, o modo sintético ainda não havia funcionado e o Centro de Guerra Eletrônica do COMGAR, uma unidade ainda com pouca experiência à época, realizou testes criteriosos e provou, com segurança, que o RWR não funcionava.

Diante dessa prova, o construtor realizou uma pesquisa aprofundada no modelo instalado nas aeronaves brasileiras e descobriu que uma melhoria não havia sido instalada, ainda na fase de desenvolvimento. A responsabilidade pela instalação desse “upgrade” era da TECNASA, que a essa altura havia falido e não tinha como assumir a incorreção. Após uma intensa pressão política sobre o presidente da referida empresa, a correção foi realizada sem custo adicional algum.

Mas o tipo de problema relatado acima não é o que cause maior prejuízo à eficácia da FAB. A incapacidade de desenvolver táticas adequadas ao emprego dos novos sistemas, muitas vezes por não conhecer todas as suas funcionalidades, mas principalmente por não conhecer uma metodologia que as valide, é o maior prejuízo que uma força armada experimenta, por falta de conhecimento de Análise Operacional.



b. A incapacidade de desenvolver táticas

Outro grande desejo das tripulações operacionais da FAB era compreender melhor as técnicas para desenvolver e validar doutrinas e táticas de emprego para os produtos adquiridos. Na sua maioria, as em uso para as plataformas antigas eram ultrapassadas, mas como não havia outra forma de desenvolver táticas, essas passavam a ser a base do treinamento de pilotos e operadores.

A arte de empregar os meios em combate é fator primordial para o sucesso. Entretanto, a literatura militar brasileira é muito melhor servida de trabalhos a respeito de estratégia do que de tática.

A tática se situa em plano inferior à estratégia e é por ela condicionada. Todavia, esta interação também ocorre na direção oposta, não só porque os planos estratégicos têm que levar em conta as possibilidades táticas, mas também porque o resultado da aplicação da tática pode mudar as situações estratégicas.

Portanto, ter condições de dominar as metodologias disponíveis para o desenvolvimento de táticas torna-se tão importante quanto formular conceitos estratégicos.

Por questões históricas, a maioria das táticas que estiveram em vigor na FAB até o início deste século tiveram origem nos países fornecedores das plataformas aéreas e terrestres adquiridas para a Força, ou em cursos no exterior.

Mas as condições encontradas no Brasil merecem tratamento diferenciado. Não se pode simplesmente importar táticas operacionais de países que vivem outra realidade. As missões destinadas às Forças Aéreas dos EUA e da França, por exemplo, são, certamente, diferentes das que a FAB tem que se preparar para enfrentar. A economia, o território, o relacionamento com os vizinhos e muitos outros motivos, traduzem uma realidade ímpar, para a qual a defesa tem que ser adequada.

Outro fator de extrema importância é que o oponente não conheça a tática que será empregada. Desta forma, uma força aérea que treina seus pilotos e emprega suas aeronaves de acordo com a doutrina exportada pelos países mais desenvolvidos, não causará o efeito Surpresa, que é um dos mais importantes princípios de guerra.

O desenvolvimento de táticas ficou durante muitos anos condicionado aos conflitos, devido à necessidade natural. A complexidade das armas inviabilizou a continuidade desse processo, por isso é preciso um método científico que oriente o desenvolvimento de táticas. Hoje, a forma como uma força aérea será empregada tem que estar definida e testada muito antes dos primeiros embates, para que os pilotos possam treinar e assimilar os



procedimentos.

E foi concentrado na resposta mais adequada aos problemas relatados nos capítulos anteriores que o COMGAR iniciou a implantação da Análise Operacional, que como será visto a seguir, é o título sob o qual implantou-se as atividades necessárias para solucionar as incorreções.

3. Implantação da Análise Operacional na FAB

a. A gerência

O COMGAR, como já comentado, é o comando responsável pelo emprego tático da FAB e pelos equipamentos associados à essa tarefa, bem como é a autoridade superior ao Centro de Guerra Eletrônica (CGEGAR).

Os malefícios causados pelo modelo aplicado para adquirir sistemas de combate recaíam, em última instância, no COMGAR, onde as tripulações experimentavam, por vezes, a dificuldade de fazer com que um equipamento funcionasse em sua plenitude, bem como não conheciam técnicas adequadas para desenvolver procedimentos táticos. Dessa forma, o COMGAR assumiu a responsabilidade de gerenciar as atividades de Análise Operacional.

Sendo identificado que a grande maioria dos sistemas que apresentavam restrições no desempenho operacional eram aqueles que exerciam suas funções através do espectro eletromagnético, o CGEGAR recebeu o encargo de planejar e estruturar a implantação de um núcleo de Análise Operacional.

Existindo como organização, os primeiros trabalhos do Núcleo de AO foram as “Avaliações Operacionais”, que vieram principalmente para explorar as funcionalidades do sistema a ser recebido, dentro do prazo de garantia, a fim de evitar prejuízos financeiros.

b. A Avaliação Operacional

Em 1970, a comissão responsável pela reestruturação do Departamento de Defesa dos EUA emitiu o seguinte parecer:

“(...) nós acreditamos que grande parte das falhas de preparação para as guerras que lutamos teriam sido expostas, se um adequado programa de Avaliação Operacional tivesse existido.”

A Avaliação Operacional (AVAOP) é um dos produtos da AO. Esta é a técnica que determina a eficácia e a adequabilidade de sistemas, dos mais simples aos mais complexos, em ambiente operacional tão realista quanto possível.



Este conceito adéqua-se ao que já foi comentado acerca dos equipamentos que exercem suas funções através do espectro eletromagnético, quando foi dito que eles necessitam de cenários operacionais o mais próximo possível da realidade do campo de batalha, para terem seu desempenho comprovado.

Além disso, a AVAOP deve se estender por todo o ciclo de vida de um sistema, desde os estágios iniciais de concepção até a extensão da vida de sistemas antigos, adaptando-os a novos usos.

Dessa forma, sempre que um sistema de combate entra em serviço na FAB, é realizada uma Avaliação Operacional. Nesta oportunidade, uma equipe de AVAOP é reunida para planejar e executar o recebimento operacional. Esta equipe é formada por especialistas em AO e por elementos com notório conhecimento técnico no sistema a ser operado, bem como militares (oficiais e/ou sargentos), designados pelos Comandantes das UAe, operadoras do sistema. Esse primeiro contato da área operacional com o sistema visa testá-lo fazendo atuar todas as suas funções, o que, naturalmente, aprofunda o conhecimento do operador acerca do sistema.

O cenário em que os testes são realizados procura refletir o ambiente em que o sistema será empregado. Mas a FAB ainda não possui uma área exclusiva, onde seja possível simular todo tipo de ameaça, criando um cenário operacional o mais próximo possível da realidade do campo de batalha.

Ainda não foram planejadas AVAOP para acompanhar o ciclo de vida dos sistemas. A DCA 400-6 ainda não foi atualizada para refletir a existência da AO e dificulta o acompanhamento mais próximo, tanto nas fases iniciais do projeto como para o acompanhamento de sua vida em serviço.

Mas as atividades de AVAOP que estão sendo realizadas já modificaram, em grande monta, a rotina de, algumas vezes, ter que conviver com problemas de operação em sistemas novos. O COMGAR, atualmente, tem a capacidade de provar ao fabricante que o desempenho de um equipamento está abaixo do contratado, dentro do prazo de garantia e, dessa forma, exigir a correção.

Com o sistema operando, e já o tendo explorado, inicia-se o desenvolvimento de procedimentos de utilização do mesmo para as missões que ele vai cumprir, considerando a presença de outros meios da Força, bem como das ameaças esperadas.



c. O desenvolvimento de táticas

Em seu famoso livro “A Arte da Guerra”, Sun Tzu descreve em alguns trechos a importância da tática e a dificuldade de sua execução. Assim, ele diz: “O guerreiro vence os combates não cometendo erros (...). Por isso o guerreiro hábil coloca-se numa posição que torna a derrota impossível (...). Depois disso vem a manobra tática e nada é mais difícil. A dificuldade consiste em transformar o desvio em linha reta, o infortúnio em vantagem.”

As citações acima, provindas de um gênio da guerra, dispensam comentários que realcem a importância da tática, bem como do domínio de técnicas que permita seu desenvolvimento.

O desenvolvimento de táticas se torna necessário sempre que uma nova plataforma entra em serviço ou mesmo quando uma já em uso recebe uma modernização de um ou mais sistemas de combate.

Para isso, é necessário conhecer os fatores listados abaixo, que influem diretamente na formulação de táticas.

- O conhecimento da eficácia dos sistemas disponíveis;
- A formulação operativa, que extrai da experiência dos operadores as supostas soluções táticas a serem analisadas;
- A modelagem matemática das soluções táticas;
- A validação dos modelos; e
- A implementação, que trata da incorporação da tática à doutrina existente.

Logo que as equipes de AO iniciaram seu trabalho, ficou claro que as táticas seriam decorrentes das AVAOP realizadas. O que ocorre hoje em dia é que as seções de operações das Unidades ficam responsáveis pela requisição do desenvolvimento de novas táticas, sempre que recebem um aviso de que uma AVAOP de algum de seus meios está sendo planejada.

Dessa forma, alguns oficiais são destacados para acompanhar o planejamento das avaliações, com a incumbência de montar um cenário o mais próximo do real possível para a realização da AVAOP. Esses oficiais são responsáveis por apresentar os problemas táticos constatados pelos Comandantes das UAe.

Assim que se encerram as atividades que levantam o desempenho do sistema, em



cujo planejamento participam mais elementos técnicos do que operacionais, é realizada uma compilação dos dados obtidos, para a extração de subsídios consistentes que determinam sua eficácia.

Já a formulação operativa é sugerida pelo operador, por intermédio dos oficiais representantes, que trazem a visão doutrinária. É importante que haja o apoio intenso da Inteligência nesta fase, definindo as possibilidades do inimigo. A partir daí inicia-se a fase de modelagem, cuja responsabilidade passa a ser conjunta dos elementos de Análise Operacional do COMGAR e dos representantes operacionais, pois o trabalho se avoluma em demasia e o nível de assessoramento para decisão cresce.

A validação é a parte mais complicada. Inicialmente, exige o trabalho de simulação, que pode ser feito em computador ou através de modelos físicos, dependendo da configuração dos sistemas envolvidos. Paralelamente, iniciam-se os ensaios de campo. Vale reforçar que a FAB ainda não instalou um estande operacional, onde as ameaças consideradas para delineamento da necessidade operacional (e dos requisitos) possam ser simuladas. Entretanto, as ações do inimigo são simuladas da maneira mais real possível, utilizando-se os meios instalados para a defesa aérea, bem como da Marinha e do Exército, visando obter a confirmação de que tanto a modelagem quanto a simulação seguem no rumo certo e, finalmente, a confirmação da eficácia do procedimento.

Assim, a tática é transformada em documento e é entregue à Unidade operadora como procedimento a ser implementado, encerrando as fases de desenvolvimento.

Dessa forma, foi resolvido um dos maiores problemas vividos pelos operadores de sistemas de armas na FAB, qual seja a certeza de estar aplicando seu treinamento naquilo que vai ser bem-sucedido em combate. Finalmente, vamos descrever como se passa a formação dos recursos humanos (RH) para atuarem em AO.

d. Formação de recursos humanos

A formação de especialistas em AO é realizada em cursos de pós-graduação, em níveis de especialização ou mestrado.

Como a FAB não possuía experiência na área de AO, utilizou-se, inicialmente, o modelo adotado pela Marinha do Brasil para formar seus RH em AO. A MB utiliza cursos de algumas universidades brasileiras para formar parte do seu pessoal. Apesar de serem ministrados em centros de excelência, não modelam o formando para exercer Análise Operacional, ou seja, Pesquisa Operacional voltada aos objetivos militares. Por isso, ela



mantém a formação de alguns oficiais no exterior, junto à Escola de Pós-graduação da Marinha dos EUA (Naval Postgraduate School – NPS), de forma a orientar o rumo dos trabalhos realizados pelo CASNAV.

Seguindo essa linha de conduta, em 2001, o COMGAR enviou 3 oficiais para mestrado em AO, dois foram para a NPS e um seguiu para a Universidade Federal do Rio de Janeiro. Em 2003, todos haviam terminado seus respectivos cursos e retornaram ao COMGAR.

Mas a FAB possui o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), uma das melhores escolas de engenharia do país, e iniciou a implantação de um programa de pós-graduação em aplicações operacionais (PPGAO), para atender áreas da atividade operacional que necessitavam de formação específica. Dentre essas, iniciou, em 2002, uma linha de pós-graduação em AO, em níveis de especialização (*latu sensu*) e de mestrado (*stricto sensu*). Essa iniciativa evitou que a formação ficasse dependente de organizações no exterior.

Dessa forma, a FAB conta hoje com dois cursos na área de AO, de especialização e mestrado, que atendem perfeitamente às necessidades de formação de RH. Os que se formam especialistas retornam para as Unidades Operacionais de onde saíram, para atuarem como assessores dos comandantes. Os mestres são colocados no QG do COMGAR, mormente no Centro de Guerra Eletrônica, onde planejam e gerenciam a execução das atividades de AO.

Nos parágrafos anteriores procurou-se retratar como está estruturada a AO na FAB. Desde 2003, importantes trabalhos foram realizados, alguns dos quais serão descritos seguidamente.

e. Resultados da Análise Operacional na FAB

Em 2001, quando foi tomada a decisão de implantar a AO na FAB, havia uma grande tarefa à frente, que era a de receber os sistemas instalados nas aeronaves recém-adquiridas, especialmente os R-99 e os P-3, bem como outros que seriam instalados nas modernizações das aeronaves P-95, F-5 e AMX.

O primeiro sistema a ser avaliado foi o RWR das aeronaves AMX, que foram reparados em Itália pela Eletronicca SPA e retornaram ao Brasil para serem reinstalados nas aeronaves, entre 2003 e 2004. Esta primeira tarefa da área de AO na FAB foi emblemática, pois fechou o ciclo completo de utilização da AVAOP como um instrumento de recebimento operacional dos sistemas adquiridos.



Como foi registrado no capítulo 2, o sistema ficou quase sete anos instalado na frota de AMX, apresentando um funcionamento irregular, não correspondente às capacidades descritas no manual do produto. Somente após uma investigação mais aprofundada, a partir da qual se gerou um relatório com provas irrefutáveis que comprovou o mal funcionamento do sistema, é que a FAB conseguiu forçar a empresa a efetuar o reparo nos RWR.

Os RWR foram reparados e novamente realizou-se uma AVAOP, que atestou a implementação da correção. Em seguida, iniciou-se a fase de desenvolvimento de táticas. Desta forma, cumpriu-se todas as fases propostas quando da implantação da Análise Operacional, realizando-se desde os testes de bancada até às explorações do sistema frente às suas ameaças, quando foram levantadas as capacidades e deficiências operacionais, o que proporcionou ao operador (UAe) de desenvolver e comprovar a eficiência de novos comportamentos táticos para a aeronave, em função da performance do RWR.

Para além da AVAOP do RWR do AMX, já resumida acima, foram realizadas as AVAOP dos sistemas de missão dos R-99 A e B, dos P-95 e dos F-5. Os P-3 não foram recebidos e o programa de modernização dos AMX ainda não se iniciou. Para que se compreenda melhor a metodologia de uma AVAOP, vamos, neste item, pormenorizar a AVAOP do sistema Erieye, que equipa as aeronaves R-99 A.

Um dos maiores desafios da AO foi receber o radar Erieye, dentro do prazo de garantia do sistema. A complexidade do sistema obrigou o planejamento da AVAOP em duas fases distintas. Uma que explorou suas características técnicas e funções e outra que aprofundou a análise anterior, visando estabelecer recomendações de emprego, as primeiras táticas de emprego da aeronave AEW (*Airbone Early Warning*) brasileira.

O Erieye foi o sistema escolhido para equipar a primeira aeronave AEW da FAB, o R-99 A. É um radar sueco, *phased array*, com varredura eletrônica, que opera na frequência de 3 GHz, fabricado pela Ericson, originalmente para ser instalado na aeronave SAAB 340. Possui um filtro de processamento Doppler, que permite a visualização de alvos móveis, tendo como pano de fundo o terreno.

Portanto, o objetivo da AVAOP foi de obter parâmetros de operação e, de posse destes, determinar o perfil de emprego que maximizasse as potencialidades do modo primário do radar ERIEYE, em operação de vigilância do espaço aéreo. Para isso, foram compostas quatro Questões Operacionais Críticas, a saber: determinar os ângulos cegos do radar resultantes da limitação da varredura horizontal; determinar os ângulos verticais de



detecção do radar resultantes da limitação do feixe de radiação e, por consequência, as distâncias mínimas de detecção nos diversos níveis, em função do nível de vôo do R-99A; determinar a velocidade radial limite de detecção, bem como os ângulos cegos resultantes do filtro Doppler do radar Erieye e determinar qual é a máxima distância de detecção do radar em diferentes níveis *on station*.

Cada uma dessas questões gerou medidas de desempenho que, por sua vez, foram transformadas em dados requeridos e, listados, eram coletados em vôo por operadores regulares do equipamento, em missões pré-planejadas.

Os resultados foram muito positivos e esclareceram possibilidades e limitações do sistema que poderiam levar anos sem serem percebidas.

Quanto aos ângulos cegos horizontais e verticais, houve pequenas alterações em comparação com a especificação técnica. Não foi formalizada uma reclamação à empresa, pois as diferenças entre os dados do manual e os valores obtidos foram consideradas insignificantes para a operação do sistema. Mas elas têm que ser do conhecimento dos operadores, para que eles tenham a exata noção da amplitude do feixe, o que determina o diagrama de detecção.

Com relação aos ângulos cegos resultantes do filtro Doppler, chegou-se à conclusão de que a área cega aumenta muito, em função da velocidade radial do alvo, tendo como referência a posição do AEW. A ocorrência deste fato exige um planejamento cuidadoso de posicionamento do R-99 A, em relação à velocidade e ao eixo mais provável de aproximação da ameaça.

O fato mais relevante da AVAOP resultou da fase em que o objetivo era determinar a máxima distância de detecção do radar, em diferentes níveis. Chegou-se à conclusão de que o radar testado não atingia os parâmetros mínimos de alcance e foi recomendada uma correção ao fabricante.

Os relatos acima resumem algumas das conclusões que resultaram em grandes evoluções operacionais e economia de recursos, por terem sido realizadas um grande número de experiências em poucas horas de vôo. Evidentemente, muitos outros dados não podem ser expostos, em virtude do natural sigilo que envolve avaliações deste tipo.

Tendo uma idéia clara de como a AO está estruturada na FAB, vamos passar a uma descrição de como essa atividade se desenvolve em outras forças aéreas, objetivando desvendar novos rumos que podem ser acrescentados ao exemplo implantado no Brasil.



4. Análise Operacional em outros países

Neste capítulo vamos verificar como se desenvolve a atividade de Análise Operacional em Forças Aéreas de três países, que são referências mundiais no desenvolvimento deste tipo de atividade, qual sejam, Inglaterra, França e EUA.

a. Análise Operacional na Royal Air Force

O caso que traz maiores diferenças conceituais é o caso inglês. O Ministério da Defesa Inglês contrata uma empresa especializada para realizar suas Avaliações Operacionais Iniciais, bem como intermediárias, que acompanham toda a vida útil do material ou sistema.

A *QinetiQ* provê teste e avaliação operacional para todos os sistemas militares, desde o recebimento do sistema até sua retirada do serviço. Ela possui o conhecimento e as facilidades para testar e avaliar quase todas as plataformas militares e civis, sistemas ou componentes em terra, mar ou ar.

São responsáveis por desenvolver tabelas que orientam a realização de testes e avaliações de sistemas de armas, por toda a vida útil do material ou sistema, podendo prever quando é necessária uma modernização, uma transferência para atuar em outro cenário ou a retirada do serviço ativo.

Possuem sistemas móveis para realizar suas avaliações operacionais, que podem ser instalados em qualquer estande de treinamento, permitindo que seja gerado um ambiente (ameaça) compatível com a avaliação a ser realizada, bem como a telemetria adequada ao teste. Desenvolvem alguns dos mais sofisticados sistemas de geração de ambientes sintéticos, baseados em dados reais e capazes de serem integrados aos produtos a serem testados.

A empresa está certificada para oferecer serviços de avaliação operacional e de suporte a treinamento de sistemas militares não só às FFAA inglesas, como às empresas fornecedoras de materiais e sistemas militares, assim como a países aliados da OTAN.

Mas não poderia ser somente uma empresa civil a realizar todo o espectro da Análise Operacional. O desenvolvimento de táticas é tarefa de uma organização da Força Aérea (RAF), chamada *Air Warfare Centre*.

O *Air Warfare Centre* (AWC), sediado em Waddington, com facilidades em 11 outros locais, abriga o Centro de Guerra Eletrônica da Defesa, que suporta as necessidades de GE para os três ramos das FFAA Inglesas. A missão do AWC é contribuir para a



capacidade militar do Comando de Combate da RAF (STC), desenvolvendo e implementando doutrina operacional e tática e provendo suporte a missões das unidades operacionais da RAF, em tempo de guerra e de paz. Adicionalmente, contribui para a capacidade operacional dos três ramos das FFAA, produzindo e mantendo o banco de dados de GE e provendo o suporte de GE necessário ao Quartel-General Permanente (PJHQ) e a todas as unidades operacionais.

O AWC possui quatro áreas de responsabilidade:

- Divisão de Desenvolvimento – responsável pela implementação e supervisão das funções de desenvolvimento e pelo processo de aquisição, do qual provê todo o apoio necessário ao AWC.

- Divisão de Operações – coordena e fornece a sustentação integrada à missão (IMS) para operações, treinamentos e experimentações. Tem como responsabilidades realizar jogos de guerra, desenvolver táticas aéreas e estabelecer a seleção de armamento para as missões de combate. Estão incluídos nas responsabilidades da divisão os cursos acerca da doutrina da guerra aérea e da coordenação do treinamento sintético de comando e controle. A divisão é responsável, ainda, pelo desenvolvimento da capacidade de C2 da RAF e pelo fornecimento de informações, dados e suporte de software de GE às Unidades da linha de frente e de suporte de sistemas.

- Divisão de Apoio a Operações – provê todo tipo de inteligência operacional aérea (já fundida) e de planeamento de inteligência. Atua como o foco para a seleção de armamento e apoia o AWC na responsabilidade de fornecer o IMS. É responsável pelo gerenciamento do banco de dados de GE da Defesa, provendo as informações necessárias aos três ramos das Forças Armadas, sendo responsável, inclusive, pela Ordem de Batalha Eletrônica Nacional.

- Elemento de Análise Operacional – conduz estudos e provê base científica para os assuntos que afectam a condução das Operações Aéreas.

Associado ao AWC está o Esquadrão 41, que é a unidade de avaliação operacional de armas e de jatos rápidos (FJWOEU). Esta unidade possui quatro tipos de aeronaves: Jaguar GR3/3A, Tornado GR4, Tornado F3 e Harrier. Tem como missão principal o desenvolvimento de táticas e avaliação de sistemas de armas e de armamento. Realiza sua tarefa em contato próximo com as empresas de defesa, os institutos de pesquisa e as unidades operacionais. Utiliza o estande de Spadeadam para produzir um ambiente tão real quanto possível para os testes de sistemas de armas e de armamento.



O estande de Spadeadam foi criado no final dos anos 50, como área para teste dos mísseis balísticos britânicos. Nos anos 60, foi sede da Organização para o Desenvolvimento do Lançador Europeu (ELDO), empreendimento conjunto da Inglaterra, com a França e a Alemanha. Em 1976, tornou-se uma organização da RAF e foi transformado no primeiro estande tático de Guerra Eletrônica da Europa ocidental.

O estande permite a montagem de uma verdadeira ordem de batalha eletrônica, utilizando radares reais, simulados e emulados, provendo um ambiente aéreo hostil para que as tripulações possam desenvolver táticas, manobras e contramedidas eletrônicas, em experimentos ou em preparação para destacamentos para operações reais. Há locais especiais para desenvolvimento de experimentos científicos, que representam restrições para as avaliações operacionais.

Atualmente, o estande possui várias ameaças-radar, representadas por sistemas de mísseis superfície-ar, tais como o SA-2, 3, 6, 8, 10, 11, assim como os radares diretores de tiro dos sistemas de canhões GUNDISH e SKYGUARD. Além disso, possui alvos visuais simulados, como lançadores de mísseis SCUD e STYX, dentre outros, que servem para treinamento da doutrina de TST. Também são simulados lançamentos de mísseis infravermelhos, do tipo SA-7, 14 e 16, para que os pilotos possam visualizar este tipo de ameaça.

b. Análise Operacional na Armée de L'Air (Força Aérea Francesa)

A Força Aérea Francesa (FAF) parece ser pioneira na implantação de um centro especializado em realizar avaliação operacional e desenvolvimento de táticas. Em 1933, o primeiro chefe de Estado-Maior da *Armée de L'Air* criou o Centro de Experiências Aéreas Militares (CEAM), com o objetivo de “definir as regras de emprego dos materiais antes de eles serem entregues às Unidades.”

O CEAM é um organismo externo ao Estado-Maior, encarregado de aconselhar o mesmo acerca dos trabalhos de desenvolvimento de futuros materiais, de experimentar os materiais e sistemas, ou seja, efetuar as avaliações operacionais, de definir os métodos de emprego e de manutenção, de preparar o suporte dos sistemas e de elaborar a documentação correspondente, de assegurar a formação operacional e técnica inicial das unidades que receberão o material ou sistema e de suportar as forças em operações.

O CEAM exerce, basicamente, duas grandes atividades:



- Acompanhar o desenvolvimento: nesta fase, a equipe designada aconselha o Estado-Maior para a correta redação das especificações de um produto e depois, o mais cedo possível, verifica o desenvolvimento do mesmo, comparando-o com a necessidade operacional. Essa atividade é essencial para otimizar os atrasos e os custos de desenvolvimento e para permitir que o produto atinja a maturidade operacional antes de ser avaliado pela *Armée de L'Air*.

- Avaliação Operacional: esta fase é considerada fundamental pela *Armée de l'Air* e é realizada pelas Esquadrões do CEAM. Permite precisar aos futuros operadores o desempenho dos sistemas que irão receber, assim como os contornos de utilização do novo produto. A AVAOP permite fornecer às forças um modo de emprego operacional (assim como de apoio logístico), a fim de que elas possam, após uma fase inicial de formação orientada pelo CEAM, utilizar o novo material ou sistema da forma mais eficaz possível, sem correr o risco de descobrir no campo de batalha eventuais inaptações do mesmo.

Atualmente, o CEAM está envolvido em diversos programas, sendo os mais importantes o do **Rafale**, do helicóptero **EC-725**, do avião de transporte **A-400 M** e do centro de comando e controle móvel **C3M V1**. De maneira geral, o CEAM experimenta a maioria dos materiais e sistemas previstos de equipar a *Armée de l'Air* nos meses ou anos anteriores a suas entradas em serviço, em domínios muito variados tais como vigilância e o controle do espaço aéreo, sobrevivência das tripulações, drones, transporte aéreo, combate aéreo, comando e condução de operações, comunicações, redes informáticas, simulação, armamento, etc.

Para realizar a sua missão, o CEAM dispõe de amplas áreas de treinamento (terrestres e aéreas), onde é gerada a simulação dos meios que em combate real confrontam os materiais e sistemas que estão sendo avaliados. Além disso, possui esquadrões que recebem os meios a serem testados e planejam e executam as avaliações operacionais. São as seguintes:

- Esquadrão de Experimentação de Drones: encarregada de realizar as avaliações de drones da FAF e de aconselhar o Estado-Maior para a aquisição de novos sistemas e aeronaves pilotadas do solo;

- Esquadrão de sobrevivência e de pára-quedistas de ensaio: encarregada de estudar e avaliar os materiais de sobrevivência e os pára-quedas em serviço na FAF;



- Esquadrão de suporte técnico: encarregada de estudos e de avaliações relativas ao material de apoio à manutenção, equipamentos de aviões e materiais e produtos aerofotogramétricos;

- Esquadrão de Eletrônica: encarregada de estudar e avaliar os sistemas de informações e de comando e controle, bem como dos sistemas lógicos acessórios;

- Esquadrão de Caça: encarregada de estudar e avaliar os aviões de treinamento e de combate da FAF e os sistemas de preparação e de reconstituição de missões. Também está encarregado do centro de treinamento de combate aéreo;

- Esquadrão de programação e de instrução de guerra eletrônica: encarregada das avaliações, da programações e da instrução no domínio da guerra eletrônica.´

Ao todo, 959 pessoas trabalham para o CEAM, sendo 209 oficiais com diversas formações técnicas suplementares (dado de Setembro de 2006).

c. Análise Operacional na United States Air Force

A história da AO na USAF remonta a II Guerra Mundial (II GM), quando a ainda US Army Air Force possuía 26 seções de AO, com um total aproximado de 245 analistas, atuando em todas as Forças Aéreas de combate e em outras organizações dentro e fora dos EUA. Os estudos eram dedicados à busca de soluções que otimizassem o emprego da Força Aérea em combate, tais como, na parte ofensiva, com precisão de bombardeamento e análise de danos nos alvos atacados e, na parte defensiva, com o desenvolvimento de formações defensivas para os bombardeiros, análise de danos de batalha e perdas de aeronaves, bem como acerca da defesa aérea sobre as bases aliadas. Tratava também de assuntos diversos, tais como: estudos sobre controles de cruzeiro (piloto automático), procedimentos e facilidades de manutenção, prevenção de acidentes e conforto das tripulações em vôo, dentre outros.

Atualmente, a USAF possui uma estrutura muito interessante na área de AO. Possui um Centro de Teste e Avaliação Operacional (AFOTEC), diretamente subordinado ao Chefe do Estado-Maior da USAF; um Centro de Atividades de Guerra (USAFWC), subordinado ao Comando Aéreo de Combate, que possui a responsabilidade por realizar AVAOP e desenvolvimento de táticas; e uma estrutura dedicada à AVAOP no Comando de Material, dedicada aos ensaios em vôo e às avaliações de armamento. Seguidamente, vamos explorar cada uma dessas organizações.



(1) O AFOTEC é considerado uma agência independente, responsável pela avaliação, sob condições operacionais reais, de novos sistemas em desenvolvimento para a Força Aérea. Acompanha o sistema desde o desenvolvimento do seu conceito de operação até sua prova de campo, avaliando seu desempenho operacional e determinando sua efetividade e sua adequabilidade para seu emprego futuro no campo de batalha.

Conduz, independentemente, o planejamento, a execução e os testes e avaliações operacionais em programas de aquisição, sistemas novos ou já em serviço, modernizações, itens *comercial-off-the-shelf* e aquisições evolucionárias, considerando as necessidades da USAF, das missões conjuntas e combinadas e dos aliados, bem como é responsável pelos relatórios decorrentes. Participa do processo de aquisição da USAF, sem influência imprópria de agências de desenvolvimento, empresas ou usuários.

Só é incluído em um programa quando orientado diretamente pelo Chefe do Estado-Maior da USAF e pode apoiar as unidades de combate na formulação das suas necessidades, no desenvolvimento, na demonstração e na avaliação de seus conceitos doutrinários e nas exigências para o desenvolvimento de novas potencialidades.

Para realizar suas atividades está dividido em cinco destacamentos, distribuídos em BA. O primeiro se situa na BA de Eglin e é responsável pela AVAOP da capacidade operacional, da efetividade e da adequabilidade dos sistemas aéreos para uso na USAF e nos outros ramos, conduzindo testes em ambiente operacional tão real quanto possível.

O segundo destacamento, na BA de Kirkland, é o responsável pela AVAOP dos sistemas *Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance* (C4ISR), em confronto com a realidade do campo de batalha. O terceiro, na BA de Peterson, lida com os sistemas espaciais, mísseis e sistemas de mísseis para defesa, no contexto do emprego operacional e do ambiente de combate.

O quarto destacamento, localiza-se na BA de Edwards e procura garantir que os combatentes possuam as ferramentas corretas para conduzir a logística no campo de batalha. Finalmente, o quinto destacamento situa-se na BA de Nellis e é responsável por conduzir as AVAOP das aeronaves de combate, aproveitando-se do estande de Nellis para garantir um ambiente tão real quanto possível.

O AFOTEC presta informações de suas AVAOP aos altos comandos da USAF, bem como a outros componentes do DoD, à Guarda Nacional, ao comando da reserva da USAF, aos comandos combatentes, ao Secretário de Defesa, ao Congresso, e a outras agências do governo.



Em resumo, é uma agência do Chefe do EM da USAF que participa do acompanhamento inicial dos projetos, avaliando a pertinência e a correta condução das empresas desenvolvedoras, bem como serve de órgão prestador de informações técnico-operacionais acerca dos projetos e dos sistemas em uso na USAF, aos órgãos do governo.

(2) O USAFWC pertence ao Comando de Combate Aéreo (ACC), que é o principal representante do poder aéreo dos EUA. O ACC é responsável por organizar, treinar, equipar e manter as forças de pronto-emprego da USAF que podem ser empregadas, estrategicamente, em qualquer parte do globo terrestre. Ao todo, o ACC gerencia o emprego de mais de duas mil aeronaves de combate.

O USAFWC, sediado na BA de Nellis é responsável pela condução do treinamento tático, gerencia o treinamento avançado dos pilotos e realiza as Avaliações Operacionais dos sistemas de combate do ACC. Para cumprir suas missões, conta com duas alas operacionais, a *57th Wing* e a *53th Wing*.

A *57th Wing* tem por missão planejar e executar todo o treinamento de emprego da USAF, sendo a sede, dentre outras Unidades, do Grupo de Treinamento e Inovação de C2, da USAF *Weapons School* e da Esquadrão de treinamento de combate 414, responsável por realizar os exercícios *Red Flag* e seus derivados.

A *53th Wing*, sediada na BA de Eglin, é a responsável por realizar as AVAOP e o desenvolvimento de táticas no âmbito do ACC. Para isso conta com alguns Grupos, que terão suas funções descritas abaixo:

- Grupo de Guerra Eletrônica 53 – Atua como o Centro de GE da USAF, fornecendo todo tipo de suporte técnico, operacional e de manutenção dos meios de GE, bem como é o órgão responsável pela AVAOP dos sistemas de GE. Neste escopo, avalia também as programações dos sistemas, de acordo com os teatros de operações a serem confrontados. Possui 3 esquadrões e 2 destacamentos;

- Grupo de Avaliação de Armas 53 – Composto de 5 esquadrões e 2 destacamentos. Ele é responsável pela avaliação dos programas de sistemas de armas ar-ar e ar-terra da USAF, chamados *Combat Archer* e *Combat Hammer*, respectivamente. Suporta os cursos da *Fighter Weapons School*, no que diz respeito a técnicas de emprego de armamento. Provê os alvos aéreos para o departamento de defesa nos campos de tiro no Golfo e os alvos reais que são usados no estande de mísseis de *White Sands*.



- Grupo de Avaliação Operacional 53 – Composto de seis esquadrões e seis destacamentos, o 53º é responsável por executar avaliações operacionais, desenvolvimento de táticas e avaliação de projetos no âmbito do ACC. O Grupo possui as seguintes aeronaves: F-15, F-16, B-1, B-52, A-10, HH-60, Global Hawk, Predator e F-22. As Unidades Aéreas componentes do Grupo 53 estão distribuídas em BA dos EUA continental e utilizam-se dos diversos estandes da USAF para realizar suas AVAOP e desenvolvimentos de táticas.

- Grupo de Gerência de Testes 53 – Provê o suporte necessário aos outros Grupos da *53th Wing* para que possam realizar seus testes e avaliações.

Como pôde ser visto, o USAFWC concentra toda a capacidade de AVAOP e de desenvolvimento de táticas do comando operacional da USAF. Apesar de possuir enorme quantidade de meios, em essência, realiza os mesmos serviços que o AWC realiza para a RAF e o CEAM para a *Armée de l’Air*.

(3) O Comando de Material (AFMC) é responsável por equipar a USAF com os melhores sistemas de armas, incluindo aeronaves, sistemas eletrônicos, mísseis e munições. Durante o serviço ativo do sistema, este poderá ser reparado, modernizado, aposentado ou vendido pelo AFMC. Após adquiridos, os produtos são testados em dois Centros de testes que serão descritos a seguir:

- Centro de Ensaio em Vôo – em *Edwards AFB*, é onde se realizam os recebimentos dos sistemas e aeronaves adquiridos pela USAF. Essencialmente, realiza os ensaios em vôo no âmbito da USAF, mas, se necessário, pode realizar testes e avaliações de sistemas e aeronaves, em apoio a missões de combate. Utiliza-se do estande da BA de Edwards e possui unidades subordinadas, entre elas a escola de pilotos de ensaios da USAF.

- Centro de desenvolvimento de engenharia de Arnold – situado na BA de Arnold, possui o maior complexo de avaliação operacional em terra de produtos aeronáuticos do DoD.

Realiza testes e avaliações científicos e de engenharia nos produtos aeronáuticos em desenvolvimento para as Forças Armadas, para outros órgãos do governo e para a indústria aeroespacial dos EUA.

Com a estrutura de avaliação do AFMC completa-se o ciclo de Análise Operacional da USAF, compreendendo desde o acompanhamento do projeto, junto às empresas



desenvolvedoras, passando pela AVAOP de recebimento da área logística e chegando ao recebimento operacional e desenvolvimento de táticas. É uma estrutura bem completa e recheada de meios, e com uma grande discriminação das atividades, sendo fácil identificar todas as etapas da Análise Operacional.

Tendo detalhado como está estruturada a AO na FAB, conhecendo os produtos que gera, e percebendo como três dos países mais desenvolvidos do planeta executam AO em suas forças aéreas, é possível passar a uma fase de proposta de evolução da atividade já implantada no Brasil.

5. Proposta de evolução

Basicamente, todos os centros responsáveis por AO que foram pesquisados realizam AVAOP para o recebimento operacional dos materiais e sistemas e desenvolvem táticas para o emprego dos mesmos. Ademais, conforme foi observado, há ligações estreitas entre as organizações que realizam AO e os centros de guerra eletrônica.

Entretanto, há algumas atividades que eles realizam e que não foram observadas dentre as responsabilidades da AO na FAB. As principais diferenças serão destacadas e analisadas abaixo, quanto à viabilidade de se tornarem propostas de melhoria para a FAB:

- Os centros pesquisados não se restringem a realizar avaliações de sistemas que interagem com o espectro eletromagnético para cumprir suas funções, bem como realizam *avaliações de armamento*. Como foi dito, a FAB tem uma área de ensaios em vôo muito bem estruturada e com funções bem definidas. Os meios que a FAB adquire são recebidos inicialmente pela Divisão de Ensaios em Vôo do Comando de Tecnologia Aeroespacial que garante que a sua operação é segura, conferindo o funcionamento dos sistemas instalados. Não há composição de cenário, como já foi dito, mas todos os sistemas são ligados e verifica-se suas funções. Também são realizados testes de precisão dos sistemas de pontaria e a avaliação de trajetória e de envelope de fragmentação de armamentos lançados.

Desta forma, na FAB, somente os equipamentos que dependem da interação com o ambiente externo, ou seja, da composição de um cenário eletromagnético que simule as condições em que o sistema será empregado, são os que necessitam de uma avaliação posterior à que é realizada pelo órgão de ensaios em vôo. Portanto, considera-se que a forma como essa atividade está sendo conduzida na FAB atende às necessidades atuais.

- Os centros pesquisados são responsáveis pela *avaliação dos sistemas de C2* das



respectivas FA. Na FAB, o Centro de Comando e Controle de Operações Aéreas (CCCOA) é o responsável pela doutrina e pelos requisitos para desenvolvimento das ferramentas necessárias para a atividade de C2. Recebe o apoio do Centro de Computação de São José dos Campos, para o desenvolvimento de sistemas de C2. Portanto, essa atividade já possui uma adequada estrutura para seu completo gerenciamento;

- Os centros pesquisados realizam *seleção de armamento*. O Centro de Inteligência Aérea já realiza a seleção de armamento, no âmbito da FAB. Portanto, essa atividade já é realizada por outro órgão e tem atendido às necessidades da Força;

- Os centros pesquisados realizam o acompanhamento do *ciclo de vida* de materiais ou sistemas em uso na Força Aérea. Como ficou registrado nas pesquisas realizadas, os órgãos responsáveis pelas atividades de AO se envolvem em todo ciclo de vida útil dos sistemas e materiais em uso na Força, e não somente, no recebimento dos mesmos, como é feito na FAB. Claramente, pode-se melhorar a eficiência do emprego de um material ou sistema fazendo com que os especialistas em AO acompanhem todo o ciclo de vida dos mesmos. Portanto, esta é uma atividade que poderá ser incorporada ao grupo de AO da FAB.

- Os centros pesquisados possuem *Unidades Aéreas* especializadas em realizar AO. Nos três países pesquisados verificou-se que há esquadrões de vôo, compostos com os principais meios da FA, para realizar AVAOP e desenvolver táticas. Na FAB, como ficou claro, utilizam-se as aeronaves e os pilotos da UAe detentora do material ou sistema. As AVAOP são atividades que demandam grande conhecimento técnico para serem realizadas e não podem estar sob responsabilidade das UAe operacionais. Portanto, a existência de uma UAe destinada à realizar as AVAOP e os desenvolvimentos de táticas parece ser excelente idéia a ser implantada na FAB.

- Os centros pesquisados são as sedes dos *centros de guerra eletrônica* das respectivas forças aéreas. Na FAB, o centro de guerra eletrônica iniciou as atividades de AO e, atualmente, assume como tarefas a AVAOP e o desenvolvimento de táticas, pelos motivos detalhados nos capítulos anteriores. Mas, mesmo na FAB, com a pouca experiência acumulada até agora, se compararmos com a dos centros pesquisados, já se percebe que a atividade de GE é, na verdade, assessória às tarefas da AO e não o contrário. Portanto, esta é uma experiência que deve ser seguida na estruturação da AO na FAB.

- Os centros pesquisados possuem *campos de tiro* onde se simula a presença de contra-posição aérea, onde se realizam as atividades de AO. Enquanto a FAB realiza suas



atividades de AO utilizando como pano de fundo os meios que estão em uso corrente no sistema de defesa aérea e de controle de tráfego aéreo (SISDACTA), no Exército ou na Marinha, nas FA pesquisadas há campos de tiro especialmente montados para gerar o ambiente mais próximo do real possível, a fim de simular a presença do adversário, o que exige uma resposta mais fiel do sistema testado. Essa necessidade é essencial para se desenvolver AO com resultados fiáveis, para serem usados pelas unidades operacionais. Portanto, deve ser considerada como uma das evoluções da AO na FAB.

Em resumo, dentre as atividades desenvolvidas pelos centros de AO que foram objeto da pesquisa, restaram quatro propostas de melhoria para a AO na FAB, que serão detalhadas a seguir, ou seja, o acompanhamento do *ciclo de vida dos materiais e sistemas*; a *Unidade Aérea de AO*; a abertura de um *centro de AO*, que incorpore o centro de GE; e o *Estande Operacional*. Passemos a comentar a primeira delas.

a. Acompanhamento do ciclo de vida de materiais e sistemas

É muito importante que a AVAOP seja incorporada ao ciclo de vida dos materiais e sistemas da FAB, descrito na DCA 400-6. Ela pode e deve ser utilizada para apoiar as equipes que são formadas para assessorar as autoridades que decidem o que vai ser adquirido, desde o início do processo de escolha. Mas, também devem acompanhar toda a vida em serviço, apoiando decisões de emprego, modernizações e a retirada do serviço, quando for o caso.

O planejamento da AVAOP deve ser inserido na fase de Viabilidade, onde são traçados os planos preliminares para avaliação das alternativas. É muito importante que uma AVAOP preliminar seja montada para cada uma das alternativas que forem aceitas como opção de desenvolvimento. Já nessa fase, através principalmente de simulação, é possível confrontar o sistema com seu cenário de utilização.

Na fase de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), deve-se inserir a AVAOP de desenvolvimento, que será responsável por avaliar os modelos de engenharia, sempre com o enfoque operacional, visado auxiliar o processo de P&D nas necessidades de documentação, na melhora da *performance* e na determinação das deficiências.

A AVAOP propriamente dita encaixa-se na fase de utilização, onde a DCA 400-6 orienta o controle de garantia. É fundamental que ela seja realizada antes da expiração dos prazos de garantia, pois só assim pode-se contestar, cientificamente, o desempenho dos sistemas adquiridos.



Os resultados obtidos na AVAOP devem ser utilizados para o planejamento da vida em serviço do sistema, extrapolando os resultados obtidos nas avaliações iniciais. Assim, baseado no desgaste constatado nas medições realizadas nos primeiros anos de vida, fundamenta-se com melhor propriedade as propostas de revitalização, de modernização e de desativação do sistema.

É importante que a AVAOP ainda seja utilizada anteriormente à decisão pela desativação do sistema, visto que há possibilidade de reorientar o emprego do mesmo em outras missões, sem modificação do cenário original, ou direcioná-lo para outro cenário, onde sua capacidade de operação, já degradada pelo tempo em serviço, ainda se presta para o cumprimento das tarefas.

A experiência acumulada pelo pessoal responsável pelas AVAOP será muito útil na fase conceptual dos sistemas ou materiais, que forem considerados necessidades operacionais em qualquer órgão da Aeronáutica, completando-se a retroalimentação de todo ciclo de aplicação da AVAOP. O gráfico constante do Apêndice 2 resume a participação da AO em todas as fases do ciclo de vida de materiais e sistemas da FAB.

Tendo exposto o acompanhamento do ciclo de vida dos materiais e sistemas adquiridos, poder-se-á visualizar a seguir alguns aspectos da proposta da unidade aérea de análise operacional.

b. Unidade Aérea de Análise Operacional

Como foi levantado nas pesquisas realizadas, os centros de AO referenciados possuem Unidades Aéreas subordinadas, compostas com as aeronaves de combate mais modernas de suas respectivas FA. Ter o meio de combate à mão, certamente, facilita o trabalho das equipes de AO, para realizar as AVAOP e os desenvolvimentos de táticas, além de permitir que o acompanhamento do ciclo de vida operacional seja monitorado todo o tempo.

As principais tarefas de uma UAe como essa serão o desenvolvimento de táticas e a avaliação operacional dos meios da força. Mas poderá abranger algumas responsabilidades que hoje são realizadas pelo centro de ensaios em vôo, mas que são de grande interesse do COMGAR, tais como a avaliação do emprego do armamento utilizado pelas aeronaves de combate, que vem ao encontro de uma melhor capacidade de seleção de armamento, e a exploração dos aviônicos e *softwares* operacionais.

A missão da UAe deverá ser cumprida em contato próximo com as empresas



produtoras do material que está sendo avaliado, bem como com os institutos de pesquisa e com as unidades operacionais. Caso haja algum esquadrão destacado em frente de combate, a unidade de AO deverá priorizar o atendimento às suas necessidades, empenhando todos os meios pessoais e materiais para esse fim.

Todas as tarefas da unidade de AO irão requerer a montagem de cenários que simulem a presença do inimigo, portanto ela deverá estar posicionada próxima ao estande operacional.

A UAe deverá ter em seu acervo as aeronaves de combate mais modernas em uso na FAB, equipadas com todos os sistemas disponíveis para as unidades operacionais. A quantidade de cada tipo deverá ser determinada pela fase ou tarefa que se pretende realizar. Ou seja, no período de acompanhamento da produção (fase 3), as primeiras unidades, após a aprovação inicial da divisão de ensaios em vôo, deverão seguir para a unidade de AO, ainda com o intuito de corrigir alguma discrepância nos modelos de produção. Os pilotos deverão ser experientes e com formação de pilotos de recebimento ou de ensaios.

Na fase de utilização, para a AVAOP de recebimento do sistema e desenvolvimento das táticas iniciais que vão incorporá-lo ao emprego conjunto da Força, um número adequado de meios devem ser destacados para a unidade de AO. Para acompanhamento do ciclo de vida, e para dar suporte às necessidades que se configurem com a evolução dos cenários, a quantidade poderá variar sempre, de acordo com o trabalho a ser executado.

Esta unidade estará vinculada ao Centro de Análise Operacional, responsável pelo planejamento de execução das AVAOP e do desenvolvimento de táticas, no âmbito da Força Aérea, conforme será detalhado a seguir.

c. Centro de Análise Operacional

Desde a sua concepção, previu-se que a atividade de AO iria avançar além de seu posicionamento inicial, como uma tarefa subsidiária do centro de GE. Mas verificou-se também, como já relatado, que o conhecimento de GE seria essencial aos trabalhos a serem realizados no âmbito daquilo que seria a AO para a FAB. Atualmente, a proposta de evolução para um centro maior, que tenha a atividade de GE como uma de suas tarefas, é perfeitamente aceitável.

O centro de AO deverá estar posicionado na estrutura do COMGAR, mas terá entre suas atribuições a de assessorar o Estado-Maior acerca dos trabalhos para o



desenvolvimento de futuros materiais ou sistemas a serem adquiridos para emprego operacional na FAB.

Deverá disponibilizar pessoal para acompanhar o ciclo de vida dos materiais e sistemas adquiridos, em todas as fases listadas no item a deste capítulo, além realizar a formação operacional e técnica inicial das unidades que receberão o material ou sistema.

Tomando por base o modelo francês, com algumas modificações, por parecer ser o mais adequado para ser implantado na FAB, o centro de AO exercerá, principalmente, duas grandes atividades:

- Acompanhar o desenvolvimento – nesta fase, a equipe designada aconselhará o Estado-Maior para a correta redação dos requisitos técnicos, materiais e logísticos de um produto e depois, o mais cedo possível, verificará o desenvolvimento do mesmo, de acordo com a proposta do ciclo de vida, comparando-o com a necessidade operacional. Essa atividade é essencial para minimizar os atrasos e os custos de desenvolvimento, sendo exercida em estreita cooperação com a empresa desenvolvedora. Mas o grande objetivo dessa fase é permitir que o produto atinja a maturidade operacional antes de ser entregue ao COMGAR;

- Avaliação Operacional – nesta fase, o produto já estará entregue à Força e o Centro de AO será o responsável pelo planejamento da AVAOP e pela execução da mesma, por intermédio de sua UAe subordinada. Permitirá precisar aos futuros operadores o desempenho dos sistemas que irão receber, assim como as táticas iniciais mais adequadas à utilização do novo produto. A AVAOP fornecerá às UAe um modo de emprego operacional documentado, em consonância com a necessidade operacional que gerou a sua aquisição e acompanhará todo o ciclo de vida do sistema, de acordo com a DCA 400-6.

A AVAOP será realizada no estande operacional, onde poderá ser simulada a presença das armas aéreas e antiaéreas que deram origem à especificação dos seus sistemas de autodefesa, permitindo mensurar a eficiência dos mesmos, além de conferir a precisão dos sistemas de tiro. Esse estande será o maior desafio a ser implementado a partir da proposta de evolução da AO na FAB e, por isso, será descrito com maior detalhamento no item a seguir.

d. Estande Operacional

Para validar o treinamento operacional e possibilitar uma avaliação real do poder de combate das aeronaves, e da FAB como um todo (o que envolve doutrina, táticas, técnicas



e equipamentos), é imprescindível possuir capacidade de simulação de ameaças correspondente ao potencial adversário, em local onde seja remota a probabilidade de conflitos de tráfego, e onde haja total comando e controle sobre todos os envolvidos.

A construção de um estande para realizar as tarefas derivadas da AO é um projeto de grande monta, considerando sua dimensão e sua abrangência para realizar outras atividades de interesse da FAB. A descrição que se segue engloba mais do que o que seria necessário para realizar simplesmente uma AVAOP ou desenvolver táticas, mas considerou-se que não seria racional propor um investimento enorme em infra-estruturas para gerar somente os produtos derivados da AO. O que será descrito é um estande onde se poderá realizar, além das atividades de AO, grandes exercícios de força aérea, com envolvimento de grande quantidade de aeronaves e de infra-estruturas de comando e controle. Portanto, doravante, passaremos a denominá-lo Estande Operacional.

A avaliação operacional e treinamentos realizados em estandes requerem a análise de todos os dados obtidos através de um contínuo registro da posição e da situação espacial de todos os sistemas envolvidos, temporalmente correlacionados.

A fim de localizar a origem de estandes com a finalidade descrita acima é necessário retornar a 1970, quando ainda não havia tecnologia que permitisse replicar os combates ar-ar com emprego de mísseis. A demanda por elevação do padrão de eficiência dos pilotos da Marinha norte-americana, durante o conflito do Vietnã, foi a motivação para o desenvolvimento de um sistema de instrumentação embarcada, que se tornou o elemento central da escola de aviação *Top Gun*.

A USAF seguiu a idéia e desenvolveu seu próprio conjunto, que passou a ser conhecido como sistema *Red Flag*. A concepção inicial era a de um pod que transmitisse as informações de posição da aeronave para estações no solo, distribuídas por toda a extensão de um estande. Essas estações retransmitiam os dados a um centro de controle que tinha a capacidade de analisar as informações provenientes de todos os vetores envolvidos. Isto permitia o julgamento da eficiência do emprego de mísseis, por meio de comparação com parâmetros pré-estabelecidos, e a transmissão dos resultados aos pilotos, em tempo real. O recurso também permitia aos pilotos verificarem seu desempenho, após a missão, com recursos de visualização em estações especializadas. A desvantagem era que estes sistemas iniciais dependiam de estações fixas de solo. Sua proliferação obrigou a expansão da infra-estrutura de apoio. O sistema foi instalado em diversos estandes nos EUA, e em outros países, como Inglaterra e Tailândia.



As tecnologias que emergiram nos últimos anos tornaram-se mais acessíveis e reduziram os custos envolvidos na implantação de estandes completos, essenciais à manutenção da operacionalidade de uma força aérea.

A modernização dos seus meios aéreos obrigará a FAB a se adaptar a um avanço substancial em sua capacidade de combate. Aviões e equipamentos de GE modernos projetarão seu potencial de combate pelo menos 30 anos à frente de nossa capacidade atual.

Constatou-se que o treinamento constante e completo é a única forma de manter o nível de operacionalidade requerido. Para que isto fosse possível, foi necessário idealizar um ambiente com características muito próximas às reais, inclusive as condições eletromagnéticas. Daí nasceu a idéia da implantação de Estandes Operacionais.

Países mais desenvolvidos podem destinar significativa parcela de seus investimentos na área militar à manutenção de numerosos estandes e de variados sistemas fixos para apoio às suas operações. O Brasil, face às restrições orçamentárias normalmente impostas às suas Forças Armadas, precisa aperfeiçoar o emprego futuro das verbas destinadas às aplicações militares, buscando implementar alternativas que ofereçam menor custo.

Os exercícios e manobras atualmente executados pela FAB, principalmente os de maior vulto, ocorrem, normalmente, em áreas comuns ao tráfego aéreo geral, o que requer grande capacidade de coordenação, devido ao alto potencial de risco envolvido. Além do mais, a configuração de ameaças fica limitada aos meios antiaéreos de nossas Forças Armadas. Atualmente, este tipo de cenário é incapaz de atender à demanda dos novos vetores e das táticas a serem desenvolvidas, ou seja, as necessidades da FAB.

Para atender às necessidades emergentes das reflexões comentadas acima, surge a idéia de um estande operacional, que será descrito a seguir, com seus aspectos principais subdivididos em:

- Área;
- Sistemas de objetivos;
- Alvos;
- Comunicações e Enlace de Dados;
- Simulação de Ameaças;
- Sistema de vigilância;
- Sistema de Acompanhamento de Aeronaves.

Uma concepção básica do Estande Operacional encontra-se no anexo A.



(1) Área

O local escolhido deverá possibilitar o emprego de munição de exercício, de forma irrestrita, bem como deverá possuir áreas reservadas para o emprego de armamento real.

O Estande Operacional (EO) deve ser instalado, ou construído, em uma área que possa ser utilizada, com exclusividade e sem restrições, por aeronaves envolvidas em operações militares. Deve possibilitar o treinamento da Força Aérea conforme esperado em combate, levando-se em consideração sua doutrina de emprego. Há que ser considerado, ainda, o emprego de aeronaves que simulem forças adversárias, sendo, portanto, desejável a construção de dois aeródromos com pistas de pouso que recebam aeronaves a jato de alto desempenho, em locais distantes entre si de, no mínimo, 150 km.

O local escolhido deve possibilitar o emprego de munição de exercício, de forma irrestrita, bem como possuir áreas reservadas para o emprego de armamento real. A área deve apresentar topologia e vegetação semelhantes às encontradas nos locais de possível emprego da Força e ser localizada em área com reduzida circulação geral, com a finalidade de diminuir a possibilidade de ocorrência de conflitos de tráfego aéreo.

O Estande deve possuir área mínima de 20.000 km², com dimensão lateral mínima de 80 km. Estas dimensões horizontais visam permitir o voo de aeronaves a Mach 1.0, sem preocupação com eixo de aproximação, por, no mínimo, oito minutos, tempo este considerado suficiente para treinamento de missões de interceptação. Seus limites verticais devem estender-se do solo a, no mínimo, 40.000 pés, com o objetivo de ser possível realizar missões de grande altitude.

(2) Sistemas de Objetivos

Os sistemas de objetivos a serem construídos, ou simulados, deverão ser os mais variados possíveis, de forma a atender o que preconiza a doutrina de emprego da FAB, visando oferecer o grau de realismo necessário ao perfeito treinamento das equipagens.

(3) Alvos

Os alvos deverão ser construídos em material que apresente resistência tal que garanta a integridade dos mesmos, quando expostos às intempéries, por, no mínimo, 5 (cinco) anos.

Os alvos a serem designados para sistemas guiados a radar devem possuir intensificadores de Seção Reta Radar, de forma a apresentar propriedades de reflexão semelhantes às dos alvos reais a serem replicados.



Maquetes a serem utilizadas como alvos para armamentos guiados a laser devem apresentar índices de refletividade semelhantes aos dos alvos reais, para que reflitam aquelas emissões de forma mais realista.

Alvos destinados ao emprego de armamento com guiamento infravermelho devem apresentar sistemas acessórios de produção de energia infravermelha.

Os alvos a serem utilizados para análise de emprego de armamento, com vistas à seleção de armamento, deverão utilizar o mesmo material e possuir a mesma estrutura de resistência das construções que eles representam.

Durante os treinamentos, a avaliação do emprego será realizada pelo sistema embarcado de instrumentação. Entretanto, o estande deve possuir sistemas de triangulação, por meio de gravação de vídeo, portáteis, que possam ser distribuídos nos alvos do estande, para avaliação do emprego de armamento de exercício em qualquer ponto da área. Estes sistemas devem ser acionados pelo centro de comando e controle e devem ser capazes de computar o horário da imagem gerada e sua posição exata, através de GPS.

(4) Comunicações e enlace de dados

O EO deverá possuir um sistema de comunicações e enlace de dados com capacidade de trâmite de voz, dados e imagens de forma rápida e adequada a uma operação aérea de grande vulto, em tempo real.

Para possibilitar a obtenção da cobertura adequada à ampla área de operação, é interessante que haja ao menos uma estação retransmissora localizada em ponto que favoreçam o horizonte-rádio requerido. Para tanto, pode ser necessário utilizar antenas instaladas em torres com grande dimensão vertical, ou em pontos mais altos do terreno. Ela receberá os dados/comunicações provenientes dos diversos participantes (aviões, simuladores, radar e outros) e os remeterá à Estação Central, a qual distribuirá os mesmos ao Centro de Comando e Controle do Estande. Também será utilizado o sentido inverso, no caso de comandos remotos e de enlaces de comunicações duplex.

(5) Simulação de Ameaças

Os sistemas de simulação de ameaças deverão ser capazes de efetuar o acompanhamento radar ou ótico das aeronaves-alvo e de efetuar a recepção de qualquer emissão de contramedidas eletrônicas proveniente da aeronave, de forma a permitir sua análise posterior. Alinhadas com o radar ou com o sistema auxiliar de acompanhamento, devem ser instaladas câmeras de vídeo, que operem na faixa do visual e do infravermelho. As imagens geradas durante o acompanhamento dos alvos devem ser transmitidas em



tempo real ao centro de comando e controle do estande, a fim de comporem a síntese da missão, bem como gravadas para posterior análise.

O envio de imagens e dados, bem como a recepção de comandos de guiamento e de controle, deverão ocorrer através de links de microondas de UHF ou de VHF. Além dos recursos citados, os simuladores deverão possuir sistemas precisos de registro de posição, como os baseados em GPS, e capacidade de registro temporal das simulações geradas, para possibilitar o correlacionamento posterior com os dados colhidos pelas aeronaves envolvidas no exercício.

O EO deverá apresentar diversos pontos preparados para o desdobramento destes simuladores, de forma a permitir a flexibilização do cenário. Estes sistemas, portanto, deverão ser autopropulsados ou rebocáveis e também facilmente transportáveis por helicópteros, em carga externa.

O Centro de Controle de Simulações deverá possuir estações de controle de ameaças, para visualização e registro de imagens dos acompanhamentos de aeronaves detectadas, bem como para possibilitar o comando de direcionamento dos simuladores. O Centro de Controle de Simulações deverá receber os dados de TSPI (*Time, Space and Position Indicator*) do Centro de Acompanhamento, órgão que será especificado a posteriori.

A concepção básica do Sistema de simulação de ameaças é apresentada no anexo B.

O EO deverá apresentar os seguintes simuladores de ameaças:

- Sistemas radar, ou somente emissores, para simulação de radares de tiro;
- sistemas de emissão de energia infravermelha e ultravioleta, para simulação de lançamento de mísseis superfície-ar;
- sistemas emissores de fumaça, para simulação visual de lançamento de mísseis superfície-ar e de armamento de cano; e
- sistemas emissores de luzes, para simulação de emprego de armamento antiaéreo de cano.

A quantidade e os tipos de simuladores a serem distribuídos pelo terreno dependerão dos cenários a serem reconstituídos para cada treinamento.

Os sistemas de simulação de radares de direção de tiro podem ser radares, ou somente sistemas transmissores de emissões eletromagnéticas, com capacidade de variação dos sinais gerados; precisam ter potência e polarização ajustáveis, de forma produzir sinais semelhantes aos dos sistemas simulados; frequência de operação de 2 a 40 GHz; capacidade



de simulação simultânea de, no mínimo, 3 ameaças; sistema de acompanhamento eletro-óptico, ou por acompanhamento de sinais de alvos cooperativos (IFF ou semelhante), para os sistemas sem capacidade de operação radar; e software integrado de simulação.

Os sistemas de emissão de energia infravermelha e ultravioleta para simulação de lançamento de mísseis superfície-ar deverão produzir emissões compatíveis com o perfil espectral de lançamento e aceleração de mísseis superfície-ar reais. Maior atenção deverá ser voltada às faixas de 3 a 5 e de 8 a 12 μm de comprimento de onda, mais empregadas nos detectores modernos, e à faixa de ultravioleta.

Os sistemas de simulação visual de lançamento de mísseis são equipamentos que permitem a reprodução das trilhas de fumaça características dos lançamentos de mísseis, de forma a obter-se o necessário nível de realismo requerido ao treinamento da consciência situacional das tripulações.

Os sistemas de simulação visual de armamento de cano superfície-ar são equipamentos que permitem a reprodução da emissão de fumaça e de emissões na faixa do visível (luzes), também de forma a atingir o requerido realismo.

(6) Sistema de vigilância

A capacidade de acompanhamento de todo e qualquer movimento aéreo existente na área de exercício é fator crítico para a análise das táticas empregadas e para a manutenção do alto nível de segurança, primordial às operações aéreas.

Uma das formas de coleta das informações de localização e identificação dos tráfegos é o emprego de um radar de vigilância. O EO deverá possuir, no mínimo, um radar que permita acompanhar os tráfegos que estejam voando dentro ou próximo à sua área. Este radar deverá ser, preferencialmente, móvel ou transportável, para atender a possíveis mudanças na necessidade de cobertura.

Caso o ponto ideal para sua instalação não esteja próximo do Centro de Controle de Tráfego, localizado no Centro de Comando e Controle do Estande, o radar deverá ser capaz de operar continuamente, de forma autônoma, e de transmitir seus dados àquele Centro. Também deverá ter condições de ser controlado remotamente. O Centro de Controle de Tráfego será o órgão responsável pelo acompanhamento e controle dos tráfegos e deverá ser capaz de prover a visualização da situação aérea corrente aos interessados.

(7) Sistema de acompanhamento

A popularização do emprego dos sistemas de posicionamento global por satélites (GPS) possibilitou a absorção desta tecnologia em diversos campos da atividade humana,



mas seu emprego militar ainda é o mais conhecido e o que mais impressiona. O GPS é responsável pela navegação de mísseis de cruzeiro e de veículos não tripulados, fornece dados importantes a tropas, navios e carros de combate e permite um controle preciso de posição, velocidade e altitude aos pilotos, entre outros usos.

Quando este recurso ainda não estava disponível, informações de posição de aeronaves (ou outros artefatos) somente podiam ser obtidas, com relativa precisão, por meio do acompanhamento por radares de solo, ou por triangulação de sistemas óticos. Assim foram equipados os primeiros estandes.

O potencial oferecido pelo advento do GPS e da tecnologia avançada, aplicada a *data links*, permitiu a criação de sistemas autônomos de Instrumentação de Manobras de Combate Aéreo (ACMI – *Air Combat Manouvering Instrumentation*), os quais não requerem a presença de estações de solo. A miniaturização dos componentes permitiu a inserção dos sistemas em *pods* que podem ser carregados nas estações de armas da aeronave. Seu valor estratégico elevou-se consideravelmente, a partir do envolvimento das FFAA norte-americanas em conflitos além-mar, com a consequente necessidade de instrumentação autônoma para manutenção operacional das tripulações deslocadas. Neste caso, até mesmo os empregos armados ar-ar e ar-superfície podem ser simulados e avaliados.

O EO deverá ser capaz de disponibilizar, às aeronaves, sistemas de instrumentação para coleta de dados de indicação de posição, tempo e atitude TSPI, do tipo ACMI, montados em *pods* para aeronaves de caça, e em plataformas para aeronaves de maior porte ou helicópteros. Estes sistemas visam permitir a gravação dos dados e/ou a transmissão dos mesmos a um centro de acompanhamento, localizado no centro de C2 do estande, em tempo real.

Os sistemas TSPI, para produzirem e registrarem todos os dados necessários à reconstituição de cada missão, devem apresentar, inicialmente, os seguintes sub-sistemas:

- de navegação e posicionamento, baseado em plataformas giro-estabilizadas e/ou GPS, controladas por processadores dedicados;
- de distribuição de energia, gerada na aeronave e somente convertida (caso necessário) e distribuída para os demais sub-sistemas;
- de extração de dados do barramento das aeronaves;
- de gravação para coleta e registro de todos os dados gerados; e
- de transmissão de dados, em VHF/UHF.



Deve ser estudada a possibilidade de instalação de uma estação GPS diferencial (DGPS), no solo, de forma a possibilitar a obtenção de maior precisão nas medidas de posição. É importante ressaltar que é primordial a capacidade de gravação dos dados gerados pelo sistema, a fim de possibilitar a reconstituição dos vôos, após o término da missão, mesmo que seja perdida a capacidade de transmissão de dados em tempo real. O anexo C retrata o esquema básico de um sistema de acompanhamento.

Seguindo os passos descritos acima, torna-se possível iniciar os trabalhos para construir um EO que atenda às necessidades da AO e aos grandes exercícios operacionais da FAB. Tendo abordado todas as propostas de melhoria, é possível passar à conclusão da presente obra, fazendo uma recapitulação do que foi tratado.

6. Conclusão

A evolução tecnológica dos meios militares, muito acelerada em todo curso do século passado, impeliu os comandantes a buscarem soluções que os auxiliassem a decidir sobre a aplicabilidade dos mesmos. A complexidade das ações, quer em métodos ou meios, na II Grande Guerra, foi o grande indutor do desenvolvimento de métodos científicos específicos para a solução de problemas militares, que, mais tarde, se transformaram numa atividade denominada Análise Operacional.

No Brasil, as grandes empresas foram pioneiras na utilização dos métodos da AO, em sua vertente civil, como ferramenta de apoio à decisão, mas foi a Marinha que primeiro utilizou-se dessa ciência para resolver problemas militares brasileiros. O principal motivo foi a chegada das fragatas da classe Niterói, que possuíam sistemas muito sofisticados os quais poderiam causar dificuldades para seus comandantes. Para gerenciar as atividades de AO a Marinha criou o CASNAV, que tornou-se uma organização de grande sucesso e tem gerado excelentes resultados para a operacionalidade da Marinha do Brasil.

A FAB só reconheceu que deveria possuir um órgão responsável por realizar AO a partir do momento que passou a desenvolver projetos próprios. E o projeto AMX foi o primeiro a revelar esta necessidade. O programa ítalo-brasileiro tinha como objetivo desenvolver uma aeronave totalmente nova, especificada pelos países participantes, atendendo às características de suas geografias e possibilidades de conflito.

O AMX foi recebido pela área de ensaios em vôo da FAB, mas ao ser entregue à UAe que iria operá-lo apresentava problemas de funcionamento no sistema de guerra eletrônica que o equipava. Ficou patente que os sistemas de GE precisavam da montagem



de um cenário que simulasse o ambiente onde o sistema iria ser operado com a maior realidade possível. Além disso, era necessário criar condições para desenvolver táticas para enquadrar a nova aeronave no contexto de emprego da FAB.

Assim a FAB criou uma área de competência em AO dentro do Centro de Guerra Eletrônica do COMGAR, que pareceu ser o local ideal para sua implantação, pois agrupava a necessidade de conhecer os fundamentos de GE à proximidade com o comando operacional, detentor dos meios de combate da Força e responsável pela eficácia seu emprego. Esta seção do CGEGAR ficou encarregada principalmente de realizar avaliações operacionais (AVAOP), no recebimento dos sistemas, e de desenvolver táticas para introduzi-los no *modus operandi* da força.

A estrutura de AO instalada no CGEGAR já realizou muitos trabalhos e obteve excelentes resultados com a aplicação dos métodos de AO orientados para recebimento de sistemas e desenvolvimento de táticas.

O objetivo deste trabalho foi analisar o impacto da implantação da AO na FAB e perspectivar possibilidades de melhorias estruturais e organizacionais, caso o modelo implantado precisasse de alguma modificação. Dessa forma, após orientar o porque e o como a AO foi implantada na FAB, bem como mostrar alguns resultados decorrentes da sua implantação, passou-se a relatar como a AO serve a FA de três poderosos países, Inglaterra, França e Estados Unidos da América, de forma a buscar inspiração para sugerir algumas melhorias para a FAB.

Constatou-se que havia grandes semelhanças entre a atividade de AO implantada na FAB e a que está em uso nas forças aéreas mencionadas, tais como a proximidade entre a atividade de AO e de GE, o desenvolvimento de táticas e o recebimento de sistemas novos. Mas havia algumas diferenças que foram destacadas e que podem servir de referência para melhorias a serem implantadas no modelo de AO que está implantado na FAB.

A primeira delas é o acompanhamento do ciclo de vida dos materiais e sistemas. A AO poderá ser inserida em várias fases do ciclo de vida dos materiais e sistemas em uso na força aérea. A normatização dessa matéria passa por uma reformulação da DCA 400-6, principal documento que rege a vida em serviço dos meios da FAB, sincronizando as fases do ciclo de vida com avaliações operacionais que se inserem desde a viabilidade do programa, passando pelas fases de pesquisa e desenvolvimento e de utilização do produto já no seio da força, e finalizando no encerramento da vida útil do material, quando poder-se-á ponderar pela sua modernização, transferência para utilização em outro cenário ou a



simples desativação.

Em seguida, vem a idéia de criar uma unidade aérea de AO. Esse esquadrão será formado por pilotos experientes e pelas aeronaves mais modernas da força, equipadas com todos os sistemas distribuídos para as unidades operacionais. A missão da unidade será realizar as AVAOP e o desenvolvimento de táticas, e será cumprida em contato próximo com as empresas produtoras do material que está sendo avaliado, bem como com os institutos de pesquisa e com as unidades operacionais. Há que se considerar que todas as atividades do esquadrão de AO serão realizadas em cenários que simulem a presença do adversário, sendo a sua localização ideal nas proximidades do estande operacional.

A terceira é a criação de um centro de AO. A atividade de AO perspectiva-se como maior do que a de GE, sendo coerente que o centro de AO tenha a GE como atividade subsidiária e não o contrário. O Centro será o órgão superior ao esquadrão de AO e terá como responsabilidade acompanhar o desenvolvimento dos sistemas a serem colocados em uso na FAB, além de monitorar seus ciclos de vida, por intermédio das AVAOP.

Por fim, será necessário construir um estande operacional. A atividade de AO necessita de um ambiente que reproduza tão real quanto possível o campo de batalha, para que os sistemas instalados e os pilotos possam se confrontar com aquilo que realmente os ameaçará em situação de emprego real. Mas a dimensão de um campo de tiro como esse não pode ficar restrita às atividades de AO, por isso as especificações devem ultrapassar as necessidades da AO e abranger as de realização de grandes exercícios da FAB.

Com as sugestões acima citadas, a atividade de AO na FAB receberia um grande impulso e estaria em condições de atender a todas as necessidades da Força nessa área do conhecimento. Assim, como ficou patente, a hipótese que prevaleceu é a que indica que o impacto da implantação da AO na FAB é positivo na gestão dos recursos humanos e dos sistemas operacionais, podendo ser melhorada com a introdução de implementos estruturais e organizacionais, dando sentido a todo trabalho desenvolvido nesta obra.

"O general que vence uma batalha fez muitos cálculos(...) antes de ser travado o combate. O general que perde (...) fez poucos cálculos antes. Portanto, fazer muitos cálculos conduz à vitória, poucos à derrota. É graças a esse ponto que posso prever quem, provavelmente, vencerá ou perderá."

Sun Tzu



BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, José E. P. (2004). *Estande Operacional*. In ABRA-PC NOTÍCIAS n° 44. INCAER. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Pilotos de Caça : Biblioteca.

BRAGA, Mário J. F. (1982). *Análise de Sistemas e Decisões Militares*. Revista Marítima Brasileira, Rio de Janeiro, p. 89-105, 3° trim.

BRAGA, Mário J. F. (1984). *Desenvolvimento de Tática*. Revista Marítima Brasileira, Rio de Janeiro, p. 59-84, 1° trim.

PRZEMIENIECKI, J. S. (1994). *Mathematical Methods in Defense Analysis*. Ohio : Air Force Institute of Technology, 425 p.

STEVENS, Roger T. (1979). *Operational Test and Evaluation*. New York : Robert E. Krieger Publishing Company, 275 p.

U.S. NAVY. Naval Postgraduate School. (1996). *OA: A Scientific Basis for Operational Decisions*. Monterey. (Apostila).

WRIGHT, Frederick L. (1993). *Operational Test and Evaluation of Eletronic Combat Systems*. Alabama : Air University Press, 101 p.

RAF – Royal Air Force – Spadeadam [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.raf.mod.uk/rafspadeadam>>.

RAF – Royal Air Force – Air Warfare Centre [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.raf.mod.uk/rafwaddington/aboutus/airwarfarecentre.cfm>>.

RAF – Royal Air Force – 41 Squadron [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.raf.mod.uk/structure/41squadron.cfm>>.

Qinetiq – Test, Evaluation and Training-Support Services [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <http://www.qinetiq.com/ix/defence/test_and_eval_and_training_support.html>.

Ministère de la Défense – Armée de L’Air [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.defense.gouv.fr/air/>>.



Ministère de la Défense – L’Armée de L’Air en 2008 [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.defense.gouv.fr/air/content/download/102857/905226/file/organisation-aa.pdf>>.

Ministère de la Défense – BA 118 Mont de Marsan [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <http://www.defense.gouv.fr/air/decouverte/l_organisation/bases_aeriennes/metropole/region_aerienne_sud/ba_118_mont_de_marsan>.

U.S. Air Force – Air Force Link – Air Force Operational Test and Evaluation Center [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.af.mil/factsheets/factsheet.asp?fsID=146>>.

U.S. Air Force – Nellis Air Force Base [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.nellis.af.mil/library/factsheets/factsheet.asp?id=4082>>.

U.S. Air Force – Air Force Link – Air Combat Command [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.af.mil/factsheets/factsheet.asp?fsID=137>>.

U.S. Air Force – Eglin Air Force Base – 46th Test Wing [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.eglin.af.mil/46tw/>>.

U.S. Air Force – History of the 53th Wing [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.53wg.acc.af.mil/units/>>.

U.S. Air Force – Air Force Link – Air Force Materiel Command [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.af.mil/factsheets/factsheet.asp?fsID=143>>.

U.S. Air Force – Air Force Operational Test and Evaluation Center [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.afotec.af.mil/>>.

U.S. Air Force – Nellis Air Force Base – 98th Range Wing [Em linha] [referência de 10 de Março de 2008]. Disponível na internet em <<http://www.nellis.af.mil/library/factsheets/factsheet.asp?id=4099>>.



APÊNDICE I METODOLOGIA DA ANÁLISE OPERACIONAL

A abordagem da metodologia de AO é a mesma de qualquer abordagem científica. Suponha-se de um lado o mundo real e do outro o matemático. A figura abaixo é uma referência dos passos que virão a seguir.

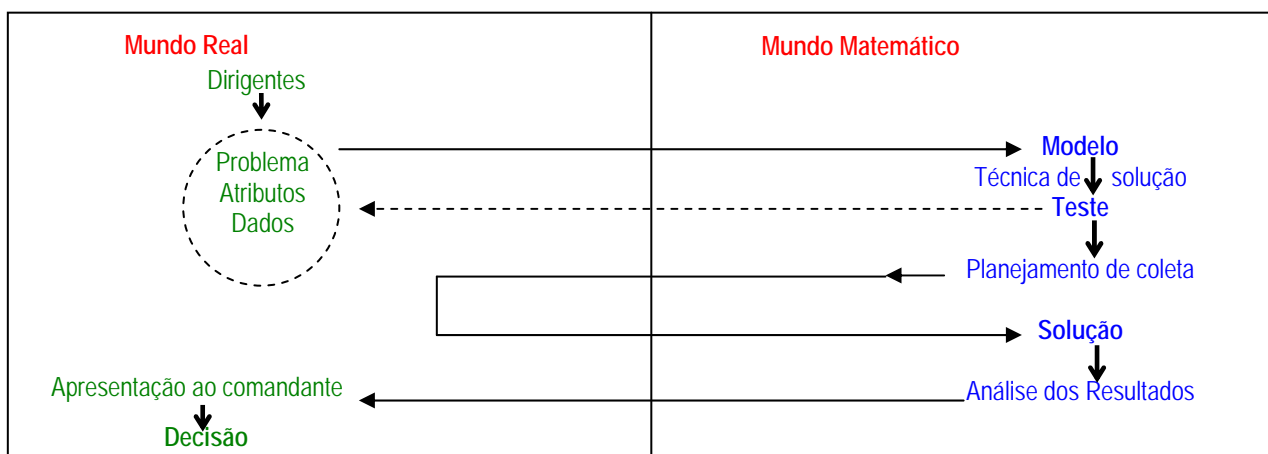
O primeiro passo é delimitar a área em que o problema existe, deixando, através do estabelecimento do objetivo, a ligação com o que lhe é externo. Logo após, cria-se um modelo, descrevendo o que acontece no mundo real em linguagem matemática, ou seja, descrever as relações entre os atributos do problema através de equações.

Aplicando-se uma técnica de solução, passa-se ao teste. Durante este, volta-se ao mundo real para conferir se o teste descreve com razoável fidelidade o resultado das equações.

Conferindo a adequabilidade das equações, planeja-se a coleta de dados no mundo real e volta-se às equações para a solução.

A análise de resultados avalia impacto dos diferentes graus de precisão dos dados recolhidos no resultado do problema.

Finalmente ela segue para a apresentação ao comandante, que a utilizará na tomada de decisão.

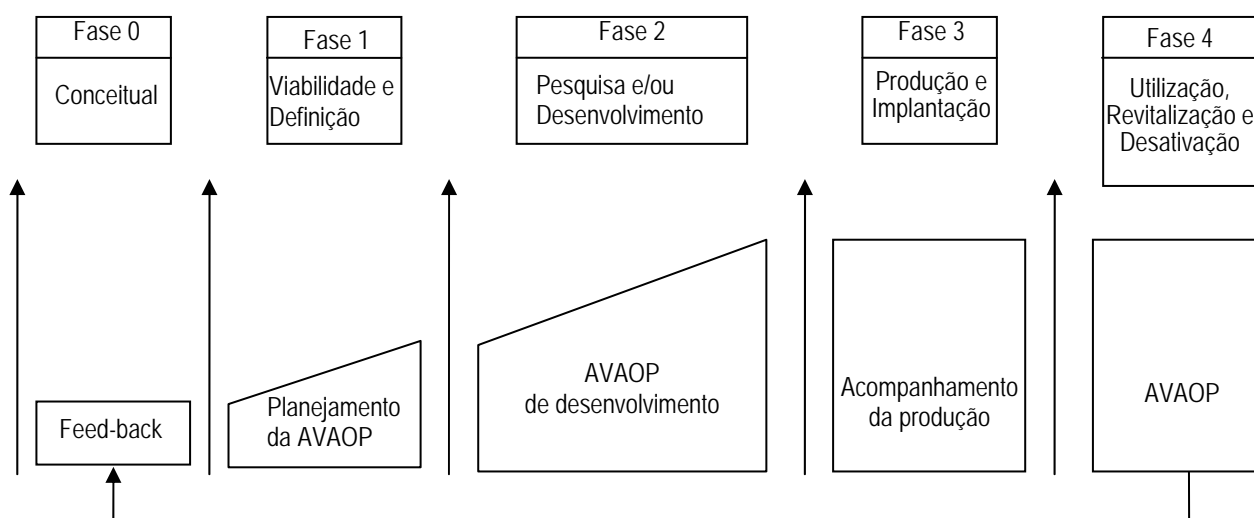


Metodologia de Análise Operacional



APÊNDICE II

PROPOSTA DE INSERÇÃO DA AVAOP NO CICLO DE VIDA DE MATERIAIS E SISTEMAS



Inserção da AVAOP nas fases do Ciclo de Vida de Materiais da Aeronáutica.



ANEXO A
CONCEPÇÃO BÁSICA DO ESTANDE

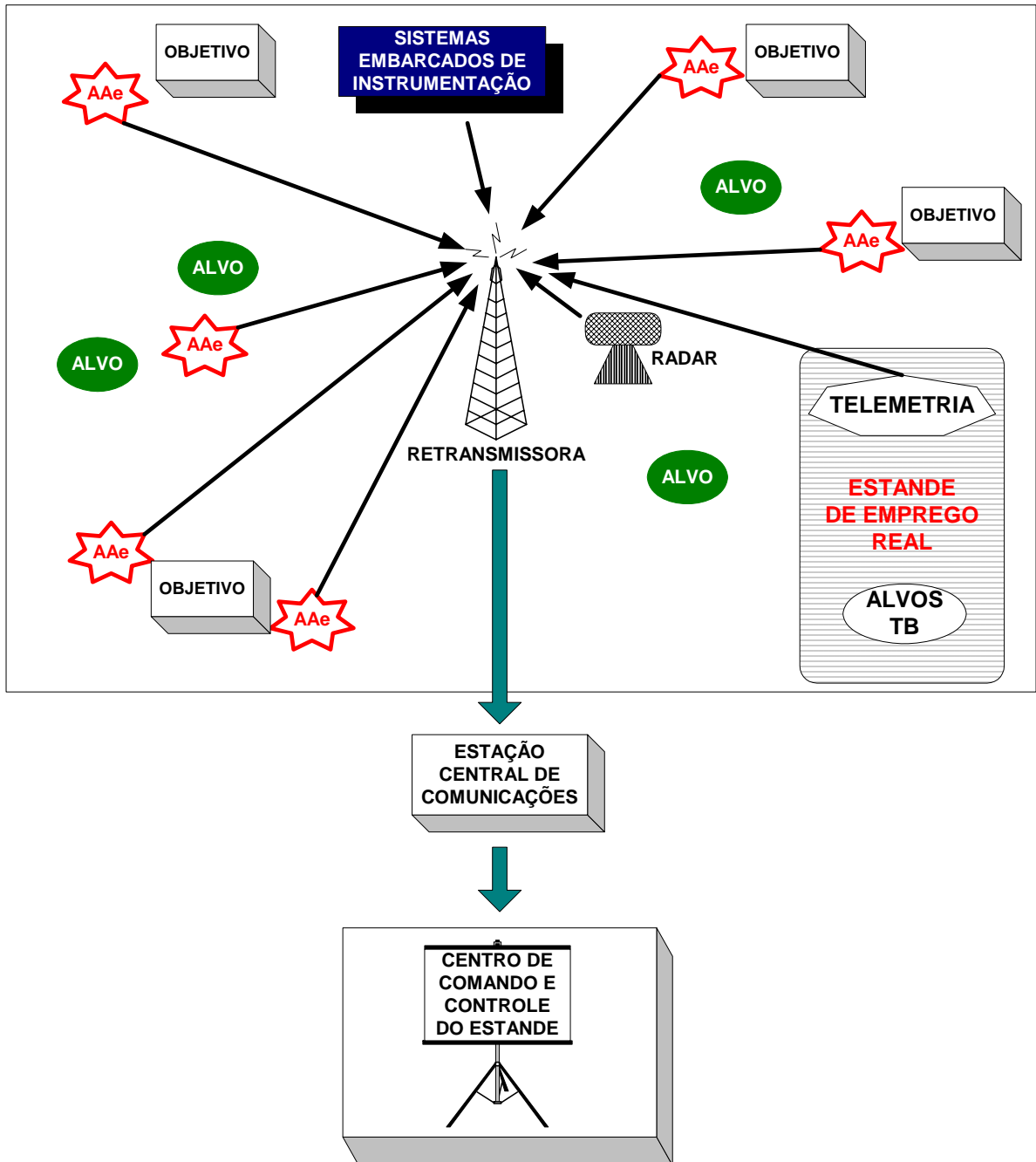


Figura 1 – Concepção Básica do Estande

Fonte – ALMEIDA, José E. P. (2004). *Estande Operacional*.



ANEXO B

CONCEPÇÃO BÁSICA DO SISTEMA DE SIMULAÇÃO DE AMEAÇAS

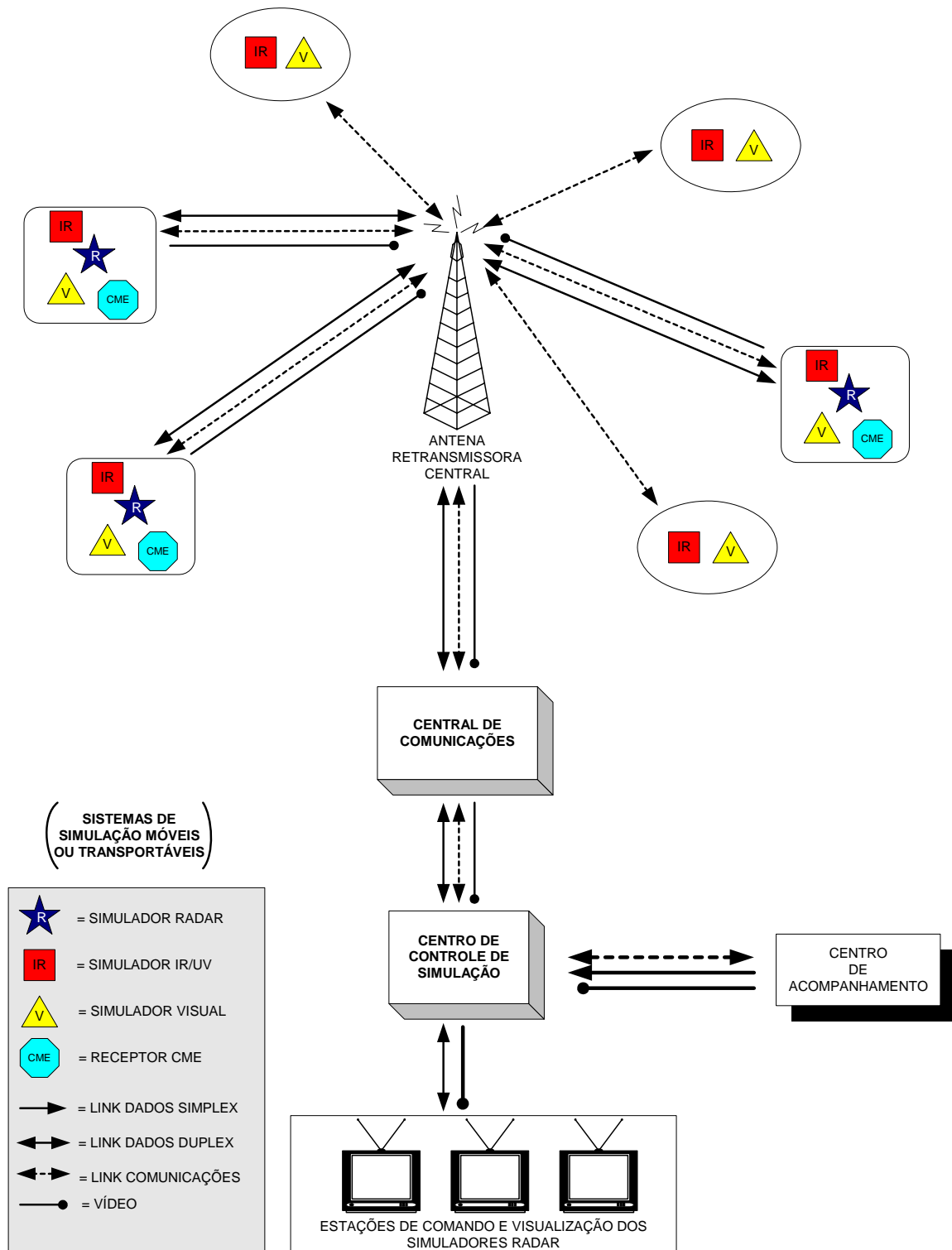


Figura 2 – Concepção Básica do Sistema de Simulação de Ameaças

Fonte – ALMEIDA, José E. P. (2004). *Estande Operacional*.



ANEXO C

ESQUEMA BÁSICO DO SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO

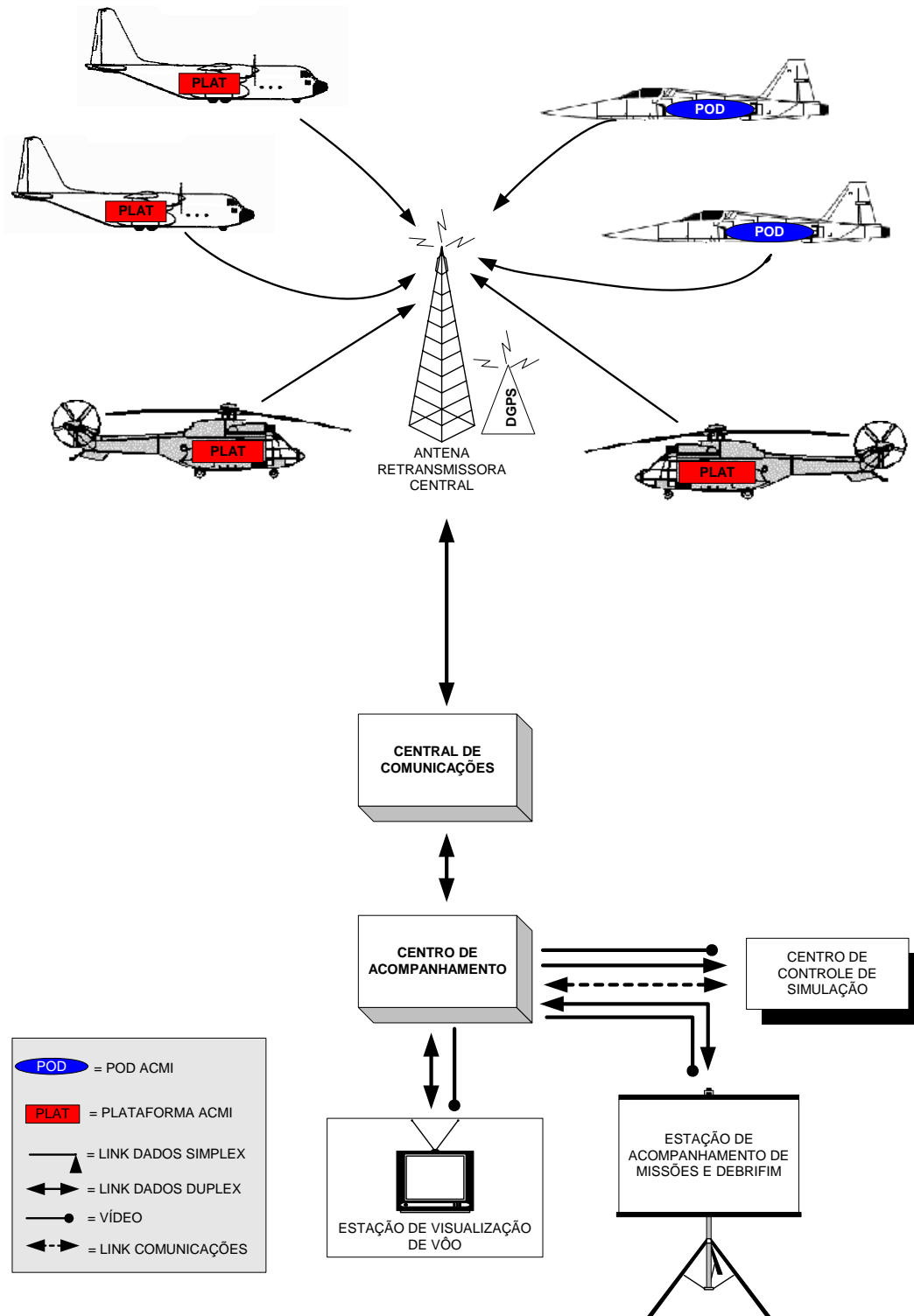


Figura 3 – Esquema Básico do Sistema de Acompanhamento

Fonte – ALMEIDA, José E. P. (2004). *Estande Operacional*.