

SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES



William Salvador de Oliveira Al CFOE FOT
 Israel Antonio Amaral Camargo Al CFOE FOT
 Marielcio Gonçalves Lacerda Al CFOE FOT

Adenilson Zanini 1° Ten Esp Fot¹

RESUMO

Durante um voo de reconhecimento de alvos, o fotointérprete a bordo da plataforma tem que atentar a muitos detalhes de operação do(s) sensor(es) em uso, além de estar atento às imagens geradas; pois, devido à velocidade da aeronave, pode perder algum detalhe de fundamental importância na cena imageada. Nesse contexto, o Sistema de Reconhecimento de Padrão (SRP) será uma ferramenta que auxiliará o intérprete a reconhecer determinados alvos de interesse na área sensoriada. Não se pretende, com isso, substituir a experiência e a capacidade de discernimento do ser humano, mas criar uma ferramenta que o auxilie no cumprimento perfeito da missão.

Palavras-Chave: Sistema de Reconhecimento de Padrão. Plataformas. Sensores. Fotointerpretação. Interpretação de imagens.

¹ Leitor técnico: do 1º/10º GAv e do GT Victor – Esquadrão VANT (BASM/RS)

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade, verifica-se a ocorrência de diversos conflitos, quase sempre motivados pela busca do poder, e que, em comum, trouxeram uma grande evolução para a sociedade moderna, seja no campo militar, seja, principalmente, no campo civil. Esse fato pode ser muito bem evidenciado nos grandes conflitos mundiais, basta verificar a evolução das nossas aeronaves, por exemplo, ou até de nossos sensores aerofotogramétricos.

Dentro dessa visão de desenvolvimento, destaca-se, na área de inteligência, a evolução dos sistemas de imageamento aéreo, com o emprego de sensores capazes de atuar com uma significativa porção do espectro eletromagnético a partir de vetores aéreos e até mesmo orbitais. Os sistemas atualmente utilizados como o *Sistema Sensor Multiespectral (MSS)*, o *Radar de Abertura Sintética (SAR)*, o *Sistema Óptico e Infravermelho (OIS)* e os *PODs Reccelite* permitem a exploração de uma larga faixa do espectro eletromagnético, o que possibilita a geração de uma grande gama de informações sobre os alvos de interesse dos setores de inteligência envolvidos. Do mesmo modo, a grande quantidade de dados coletados deve ser devidamente avaliada, para que sejam adequadamente processados e ocorra a difusão da informação de forma oportuna.

Visando facilitar e padronizar uma parte desse processo, este trabalho tem por objetivo apresentar como proposta a confecção de um sistema que execute, em tempo real, de acordo com o sensor utilizado, a comparação de padrões com base nos dados coletados para discriminar e indicar possíveis alvos de interesse militar. Um exemplo de aplicação desse sistema seria a aeronave R-99, voando na região da Amazônia, com o sensor MSS, em uma missão de apoio à Polícia Federal, em busca de pistas de pouso clandestinas associadas ao tráfico de drogas. O referido sistema, baseado nos dados do sensor e da aeronave, como altura de voo, ângulo de mergulho em relação ao alvo,

ângulo de incidência, dimensões do alvo no quadro, entre outros, associado a uma biblioteca de alvos, pode realizar cálculos de escala e indicar as dimensões reais da pista de pouso em investigação. Tais cálculos são efetuados em um banco de dados alimentado com informações dos diversos sensores em uso, e o operador poderá realizar a investigação acerca do alvo e concluir qual tipo de alvo está sendo observado e as características que o definem.

Como os cálculos envolvidos são de grande complexidade e os parâmetros inúmeros e de grande variabilidade, necessita-se de um software bem complexo, que vislumbre todas essas variantes, e de um processador dedicado, de modo que os dados sejam processados e imediatamente gerem as informações concretas dos alvos.

Neste artigo, o processo ficará limitado ao nível de aplicação teórica do método a pistas de pouso. Isto se deve à simplicidade e à praticidade dos dados necessários para os cálculos, visto tratar-se de um alvo plano e com reduzidos problemas de distorções centrais. Porém, o Sistema de Reconhecimento de Padrões (SRP) pode ser usado para qualquer tipo de alvo, bastando, para isso, uma biblioteca de dados muito bem alimentada e a capacidade de realizar todos os cálculos, por mais complexos que sejam, referentes aos mais diversos alvos de interesse militar, como aeronaves civis e militares, blindados e veículos de apoio, instalações militares permanentes e temporárias, embarcações mercantes e militares, instalações industriais de pequeno, médio e grande porte, entre outros.

Para que esse objetivo seja alcançado, o artigo inicialmente apresentará os cálculos envolvidos na elaboração do sistema, como altura de voo, ângulo de mergulho, distância da aeronave ao alvo, dimensões do alvo no sensor e dimensões reais, entre outros. Em seguida, serão abordadas as aeronaves utilizadas pela Força Aérea, destacando-se suas características e peculiaridades. Em um terceiro momento, serão detalhados os equipamentos sensores empregados nos esquadrões de reconhecimento,

como o MSS, o OIS, o SAR, os Eletro-ópticos do POD Reccélite, entre outros. Finalizando o artigo, destacar-se-á o SRP em si.

2 DESENVOLVIMENTO

O Sistema de Reconhecimento de Padrões baseia-se na análise das principais variáveis que caracterizam cada tipo de alvo, bem como nas variações dessas variáveis, nas características e peculiaridades das plataformas aéreas e dos diversos sensores utilizados nos esquadrões de Reconhecimento da Força Aérea Brasileira (FAB), de modo que se adapte a nossa realidade atual.

Assim, esse capítulo visa detalhar os parâmetros envolvidos na interpretação de imagens para uma compreensão mais completa do **SRP**.

2.1 Cálculos

Desde os tempos da fotografia convencional, tomando-se como base a inclinação do eixo óptico da câmera, divide-se a fotografia em dois tipos: vertical e oblíqua, sendo esta última subdividida em alta e baixa. A fotografia vertical é aquela cujo eixo óptico está na vertical ou forma um ângulo máximo de 3° (três graus) entre o eixo óptico e a vertical, e a fotografia oblíqua é aquela cujo eixo óptico possui uma inclinação maior que 3° (três graus), sendo considerada oblíqua alta aquela que apresenta a linha do horizonte em sua imagem e oblíqua baixa aquela que não apresenta a linha do horizonte.

Seguindo o princípio de formação da imagem na Óptica Convencional, devido à inclinação do eixo óptico, a formação da imagem no negativo (ou sensor eletro-óptico) ocorre de forma diferente nas fotografias vertical e oblíqua, sendo que, nesta segunda, existem mais parâmetros a serem computados para se determinar a escala da imagem, já que a escala na fotografia vertical é praticamente constante em toda sua extensão e, na

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------

fotografia oblíqua, a escala é variável, diminuindo à medida que os pontos se afastam do sensor imageador.

Vamos, inicialmente, trabalhar com os cálculos referentes à fotografia aérea vertical para depois tratar da fotografia aérea oblíqua.

2.1.1 Fotografia aérea vertical

Considerando a Óptica Convencional, a formação da imagem no negativo (ou sensor eletro-óptico) ocorre conforme demonstrado na figura 1.

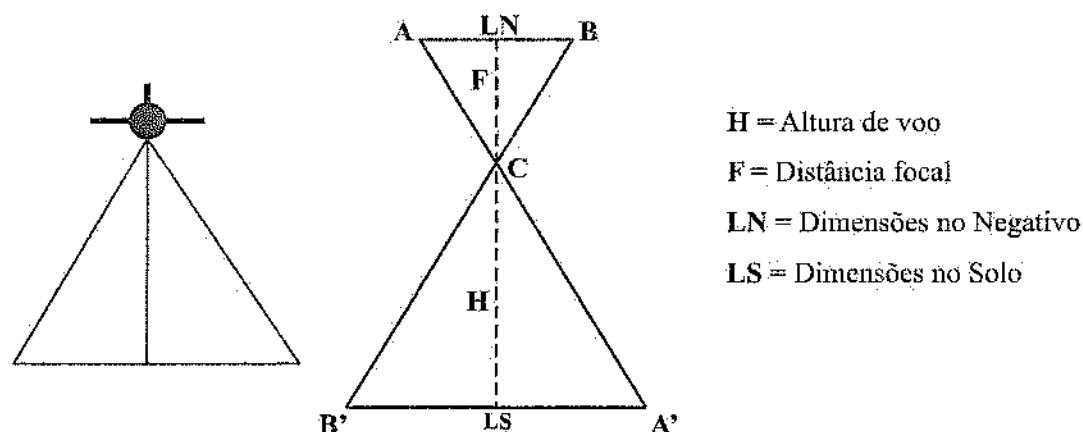


Figura 1: Cálculo de escala para fotografias verticais
Fonte: GOMES, 2009.

Considerando a semelhança de triângulos (ABC e A'B'C), temos que a relação de escala é dada por: $E = \frac{LN}{LF} = \frac{F}{H} = \frac{1}{e}$. Logo, para se determinar a dimensão de um objeto no solo (LS) tem-se a relação: $LS = LN \cdot e$.

A partir da relação anterior, pode-se determinar quaisquer dimensões que se fizerem necessárias na imagem sensoriada, bastando para isso o conhecimento da escala de voo, que sofrerá alterações conforme a variação da altura de voo, considerando que a

informação da distância focal pode ser fixada pelo operador e o tamanho do objeto no negativo. Tendo um sensor capaz de realizar essas medições, ou seja, um sensor digital, que seja capaz de distinguir as diferenças de padrões e tonalidade da imagem e medir dimensões, como, por exemplo, largura e comprimento, pode-se determinar as dimensões suficientes para uma pista de pouso, estando esses valores pré-determinados em um banco de dados.

Além disso, no momento em que a aeronave está passando sobre o alvo e no caso de ser dotada de um radar altímetro, pode-se determinar a distância da aeronave ao solo em todo o percurso, possibilitando verificar se está ou não ocorrendo elevação do terreno que o desclassifique como uma possível pista de pouso. É importante salientar que, para determinar a relação da escala, é necessário conhecer a altura de voo e não a altitude. Para uma melhor análise do alvo, outra informação importante que deve estar armazenada no banco de dados para obtenção de informações acerca das características do relevo na área do alvo são os Modelos Digitais de Elevações.

Para o caso de se determinar a altura dos objetos, por meio de cálculos realizados diretamente na imagem, pode-se utilizar o método de interpretação de imagens denominado “Método do Deslocamento Radial”, o qual não será abordado neste artigo por ser intenção demonstrar a aplicabilidade do Sistema de Reconhecimento de Padrões apenas para objetos planos, como é o caso de uma pista de pouso.

2.1.1 Fotografia aérea oblíqua

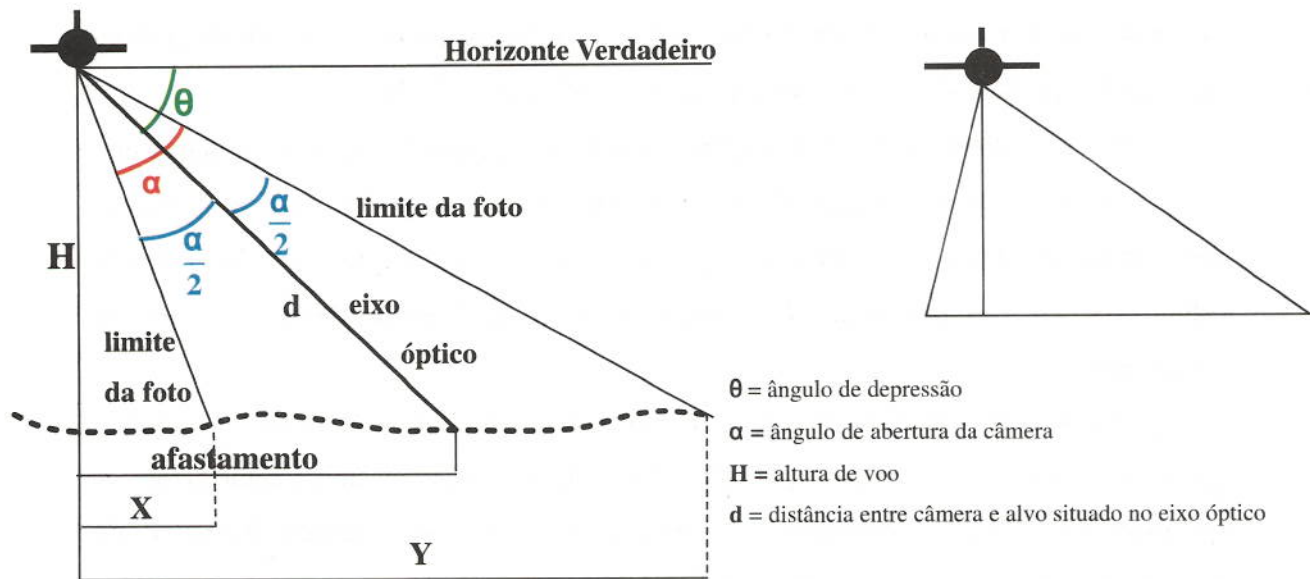


Figura 2: Cálculo de escala para fotografias oblíquas
Fonte: GOMES, 2009.

Como mencionado anteriormente, no caso da fotografia oblíqua, deve-se considerar, além das mesmas informações consideradas na fotografia vertical, o ângulo de inclinação do eixo óptico, dado por θ .

Pode-se calcular a escala da linha central da imagem pela relação: $E = \frac{f}{d}$, sendo f a distância focal da câmera. Assim, a escala não é determinada pela altura de voo e, sim, pela distância entre a câmera e o alvo.

O afastamento é medido entre a vertical da aeronave e o ponto onde o eixo óptico encontra o solo. Para sensores com câmeras oblíquas de foco fixo, o afastamento e a altura são dados indispensáveis para que o objetivo saia na escala desejada e centralizado na imagem.

A área que a foto abrange no solo, na perpendicular ao eixo de voo, ficará sendo então a diferença entre Y e X ($Comp = Y - X$). É importante observar que, caso se trate de fotografia oblíqua alta, Y será infinito e não será possível fazer o cálculo do alcance máximo fotografado (Y), e, obviamente, nem da diferença $Y - X$.

Essas medições são válidas apenas nas linhas perpendiculares e paralelas que passam sobre o ponto principal da imagem para o qual se podem utilizar fórmulas trigonométricas. Fora dessa situação, a geometria fica mais complexa e exige maiores estudos. No entanto, para a grande maioria das vezes, as fórmulas descritas acima são suficientes.

Por meio do “Método de Alderton”, pode-se determinar as dimensões de objetos que estejam na imagem na linha paralela à linha de voo. Esse mesmo cálculo pode ser utilizado nos cálculos referentes à fotografia vertical. Esse método baseia-se na determinação da escala de voo obtida pela relação entre o deslocamento real no solo e o deslocamento da imagem na foto.

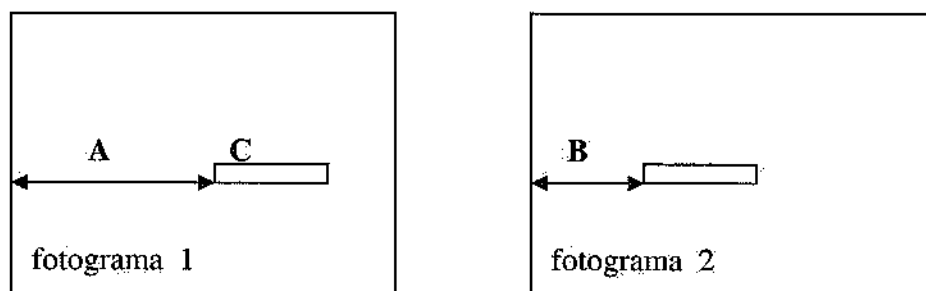


Figura 3: Cálculo de escala para fotografias oblíquas – Método de Alderton
Fonte: GOMES, 2009.

Conforme pode ser notado na figura ao lado, pode-se determinar o comprimento real de um determinado objeto, como uma pista de pouso, por exemplo, conhecendo-se as dimensões do objeto na imagem, o avanço da imagem (dado por $A - B$) e o avanço

da aeronave em relação ao alvo. Assim, sendo: **CRO** = o comprimento real do objeto, **C** = o comprimento da imagem do objeto, **AA** = o avanço da aeronave em relação ao alvo (*dado pela relação da velocidade da aeronave e o tempo de deslocamento*), e **AI** = o avanço da imagem (A – B), pode-se construir a relação:
$$\mathbf{CRO} = \frac{\mathbf{C.AA}}{\mathbf{AI}}$$
.

Para que esse cálculo seja o mais real possível, é imprescindível que a aeronave tenha a capacidade de manter a velocidade constante durante o sensoriamento. Da mesma forma, o sensor que estiver gerando informações para o **SRP** deve ser sensível a qualquer variação de velocidade e altura (relação V/H) da aeronave, indicando ao sistema, em tempo real, para as devidas correções e aumento da precisão dos cálculos. Os sensores digitais mais modernos já são dotados dessa capacidade.

Até este momento, procurou-se demonstrar os parâmetros envolvidos nos cálculos do **SRP**. A partir de agora, abordar-se-ão as características e peculiaridades das plataformas aéreas utilizadas pela Força Aérea Brasileira nos Esquadrões de Reconhecimento.

2.2 Plataformas de reconhecimento

A necessidade de as Forças Armadas obterem informações acerca do inimigo em um determinado cenário, de maneira remota e valendo-se de uma posição no espaço, remonta a meados do século XIX. Essas informações sobre as atividades inimigas eram coletadas em tempo de guerra ou de paz, visando ao planejamento de ações em caso de hipótese de emprego.

Em 1867, época marcada pela Guerra do Paraguai, o então General Duque de Caxias utilizou de balões de ar quente para avaliar os pontos de fortificação do inimigo e realizar a coleta de dados e informações sobre a disposição tática e os meios de combate utilizados pelo inimigo, como auxílio à tomada de decisões nos vários níveis de comando.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------

Desse pioneirismo, surgiu uma das importantes missões da aviação militar, o Reconhecimento Aéreo, que executa uma missão ímpar no contexto de um Teatro de Operações, concebida a partir de sensores embarcados em plataformas aeroespaciais.

Em 1947, nasce o primeiro Esquadrão de Reconhecimento Aéreo na FAB, o 1º/10º Grupo de Aviação de Reconhecimento. Na década seguinte, expande suas atividades criando o 6º Grupo de Aviação (Busca e Salvamento) que, posteriormente, constituiu o 1º/6º Grupo de Aviação (Reconhecimento Fotográfico). Já na última década do século XX, foi criado o 2º/6º Grupo de Aviação, Esquadrão equipado com modernos sensores já integrados à plataforma R-99.

Contudo, a aviação de reconhecimento começou a expandir-se ainda na década de 70, com o recebimento pelas unidades de reconhecimento de plataformas mais compactas e versáteis para a atividade, possibilitando a realização do levantamento aerofotogramétrico de boa parcela do território nacional e de cumprimento de missões de reconhecimento tático. No período, o avanço da aviação militar aliou-se à adaptação de sensores de reconhecimento, formando um binário, plataforma-sensor, atendendo às necessidades operacionais das Missões de Reconhecimento. Com essa nova aviação, atingiu-se um patamar doutrinário na área da Aviação de Reconhecimento nunca vivenciado antes na Força Aérea Brasileira.

Contemporaneamente, a Aviação de Reconhecimento é representada pelos Esquadrões Poker (1º/10º GAv – Santa Maria/RS), Carcará (1º/6º GAv – Recife/PE) e Guardiã (2º/6º GAv – Anápolis/GO), sendo servidos por um conjunto de aeronaves dotadas de sensores diversos conforme a função de cada unidade. Há também o Grupo de Trabalho “Victor” (GTV), constituído com a finalidade de avaliar o Sistema Hermes-450, aeronave não tripulada de fabricação israelense fornecida à FAB sob contrato de comodato por um ano. O GTV está sediado na Base Aérea de Santa Maria-RS e é precursor neste tipo de aviação na América Latina. Esses esquadrões contam com Técnicos em Informações de Reconhecimento (TIR) e Fotointérpretes (FI) capacitados

para identificar, analisar e reconhecer todos os tipos de alvos previstos nos Manuais do Comando da Aeronáutica (MCA).

As unidades de reconhecimento estão recebendo um *upgrade* de sensores, destacando-as como as mais modernas nessa atividade. A aviação de Reconhecimento, representada pelo 1º/10 GAv, 1º/6º GAv, 2º/6º GAv e pelo Grupo de Trabalho “Victor”, utiliza de todo o sistema logístico da FAB para manter suas plataformas e seus sensores em condições operacionais, com uma taxa de disponibilidade acima da média.

Sabe-se que, na FAB, o Planejamento Operacional envolve Tarefas e Missões Aéreas e Terrestres definidas pelo resultado pretendido e não pelos tipos de vetores utilizados. Com base nesse conceito, pode-se dizer que as Operações Aéreas são ações que podem ser realizadas de maneira independente ou integrada a Forças de Superfície. Empregam vetores aéreos, tripulados ou não, operando a partir de bases fixas ou de locais preparados realizando operações classificadas como aeroestratégicas, aerotáticas e especiais, as quais raramente ocorrem isoladamente em um cenário hostil.

Inseridos no contexto de Teatro de Operações, têm-se a Missão de Reconhecimento Aéreo da Tarefa de Sustentação ao Combate, portanto as Organizações e suas Unidades Aéreas sediadas dão suporte técnico e logístico de maneira a potencializar o poder de combate dentro de uma Missão Operacional, elevando sua capacidade de reconhecimento, de inteligência e de vigilância. Estes elementos são considerados indissociáveis para o cumprimento dos propósitos da Força Aérea.

Atualmente, conforme os manuais da aviação de reconhecimento, existem dezoito categorias de objetivos que definem os alvos táticos de interesse militar num teatro de operações. Estes podem ser considerados como objetos relevantes de estudo para a aplicação do Sistema de Reconhecimento de Padrões apresentado neste artigo. As informações obtidas neste sistema visam à otimização do processo de reconhecimento e à interpretação de alvos em tempo real, disponibilizando as informações básicas e subsidiárias que os analistas de imagem necessitam para a confecção de seus relatórios

de missões empregados como auxílio na tomada de decisões.

Com a aquisição de novas e modernas aeronaves e de sensores multipropósito, a atividade de reconhecimento e fotointerpretação precisou ajustar-se. Atualmente, os profissionais dessas atividades tornaram-se operadores de sistemas, alimentados por suporte operacional, doutrinário e logístico, condicionando a análise das imagens aos índices padronizados de interpretação NIIRS (NATO INTERPRETABILITY RANTING SCALE) da OTAN, criados levando em consideração as características dos sensores e plataformas empregados.

No âmbito da atividade de inteligência mundial, o conceito de NIIRS é cada vez mais utilizado e considerado de fundamental importância. A escala de distância para interpretabilidade criada pela OTAN diz respeito aos níveis de resolução do alvo na imagem, de forma a possibilitar sua detecção, reconhecimento e interpretação. São vários os fatores que interferem na definição do NIIRS, como a qualidade do sensor e o afastamento do sensor em relação ao alvo, entre outros fatores. De uma maneira simplificada, pode-se entender que, quanto maior o valor do NIIRS, melhor será a resolução da imagem gerada e maior será a qualidade para sua interpretação. Consequentemente, melhores serão as condições de análise possível nos produtos gerados pelo sensoriamento, pois mais confiáveis serão as informações obtidas.

2.2.1 Características das plataformas de reconhecimento da FAB

2.2.1.1 Aeronave R-95 (Bandeirante)

É a versão do C-95 adaptada para o cumprimento de missões de reconhecimento. As várias missões efetuadas pelo R-95 o caracterizam como um avião versátil, tendo em sua estrutura os sensores ZEISS RMK-A e aviônicos específicos para o cumprimento das missões de reconhecimento aerofotográfico, que exigiam velocidades específicas,

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------

estabilidade, alcance e autonomia.



Figura 4: Aeronave Learjet R-35 A
Fonte: DANTAS, 2009.

Características:

- Tripulantes: 5
- Motores: Bimotor turboélice de 550 e 680 SHP da Pratt & Whitney
- Peso vazio: 3402 Km
- Peso máximo de decolagem: 5600 Km
- Envergadura: 14,22 m
- Comprimento: 15,33 m
- Altura: 4,73 m

Desempenho:

- Vel. Máxima: 452 Km/h
- Vel. Máxima de Cruzeiro: 341 Km/h
- Teto de serviço: 8260 m
- Alcance: 1900 Km
- Autonomia: 5 horas

2.2.1.2 Aeronave Learjet – GATES (R-35 A)

O Gates R-35A Learjet, fabricado pela Bombardier, tem características operacionais diferentes do R-95, pois é considerado um jato, com equipamentos de navegação mais precisos e procedimentos automatizados. Também executa missões de reconhecimento e utiliza sensores e aviônicos para obtenção de fotografias e/ou imagens verticais em altitudes mais elevadas que o R-95.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------



Figura 5: Aeronave Learjet R-35 A

Fonte: DANTAS, 2009.

Características:

- Tripulantes: 5
- Motores: 2 Garret TFE 731
- Envergadura: 11,97 m
- Comprimento: 14,71 m
- Altura: 3,71 m
- Peso vazio: 4.590 Kg
- Peso max. de decolagem: 8.235 Kg

Desempenho:

- Vel. de Cruzeiro: 950 Km/h
- Teto de serviço: 13.700 m
- Alcance máximo: 5.295 Km
- Autonomia: 6 horas

2.2.1.3 Aeronave AMX (RA-1)

Utilizado para missões de reconhecimento tático pelo “Poker”, pode engajar funções de ataque, interdição e apoio aéreo aproximado, e tem provisões para levar sensores no compartimento Pallet e nos POD’s.



Figura 6: Aeronave RA-1, com o POD Reccelite.

Fonte: SILVEIRA, 2010.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------

Características:

- Tripulantes: (1 monoplace , 2 biplace)
- Comprimento: 13,23 m
- Envergadura: 8,87 m
- Altura: 4,55 m
- Peso vazio: 6.730 kg
- Peso carregado: 10.750 kg
- Peso máximo: 13.000 kg
- Motor: 1 turbofan Rolls-Royce Spey 807
- Empuxo: 4994 kgf (11.000 lbf)

Desempenho:

- Velocidade máxima: 1.020 km/h
- Alcance: 3.330 km
- Teto de serviço: 13.000 m (42.600 pés)
- Razão de ascensão: 10.240 pés/min
- Relação empuxo/peso: 0,47

Armamento:

- 1 canhão rotativo de 20 mm M61 Vulcan (aviões italianos) *ou*
- 2 canhões de 30 mm DEFA 554 (aviões brasileiros)
- 2 mísseis ar-ar AIM-9 Sidewinder ou MAA-1 Piranha nos trilhos das pontas das asas
- 3.800 kg de carga bélica em 5 pontos duros, incluindo bombas de emprego geral e bombas guiadas por laser, mísseis ar-superfície, foguetes e pods de reconhecimento.

2.2.1.4 Aeronave R-99 (EMB - 145)

O R-99 é uma plataforma de sensoriamento capacitado a fornecer imagens e informações eletrônicas sobre alvos no solo. Equipado com uma variada gama de sensores complexos, incluindo o radar de abertura sintética (SAR) de alta performance, os sensores eletro-ópticos e multiespectrais, além de sistemas de comunicação e inteligência eletrônica.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------



Figura 7: Aeronave R-99
Fonte: ALVES, 2010.

Características:

- Envergadura: 20,04 m
- Comprimento: 29,87 m
- Altura: 6,75 m
- Peso máximo de decolagem: 24.000 kg
- Tripulação: 2 (piloto e co-piloto) + 6 operadores de sistemas
- Motor: 2 *turbofans* Rolls-Royce AE 3007A1s de 3.368 kgf de empuxo unitário, com FADEC

Desempenho:

- Velocidade máxima: *Mach* 0.78
- Alcance: n/d
- Teto de serviço: 11.278 m
- Autonomia: +6 h (*on station*)
- Distância de decolagem / pouso: 2.270 m (MTOW) / 1.345 m

2.2.1.5 Veículo aéreo não-tripulado (VANT) HERMES 450

É um veículo aéreo não tripulado (VANT) produzido pela empresa israelense Elbit Systems, fornecido ao Ministério da Defesa sob contrato de comodato pelo

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------

período de um ano. Esta plataforma está sendo operada pelo Grupo de Trabalho Victor, constituído para avaliar a viabilidade do emprego deste equipamento pelas Forças Armadas do Brasil, realizando as análises técnicas e operacionais sobre a aeronave e o sensor associado.



Características:

- Comprimento: 6,07 m
- Envergadura: 10,5 m
- Peso máximo na decolagem: 450 Kg
- Carga útil: 150 Kg

Desempenho:

- Velocidade máxima: 85 Kt
- Velocidade de cruzeiro: 60 Kt
- Alcance: 150 Km
- Teto de serviço: 18000 Ft
- Autonomia: 16h

Figura 8: Veículo Aéreo Não-Tripulado 450

Fonte: SILVEIRA, 2010.

As plataformas acima discriminadas e seus respectivos sensores servem como parâmetros de análise para a aplicação do sistema de reconhecimento de padrões (SRP), pois já apresentam as especificações operacionais necessárias para o cumprimento das missões de reconhecimento. Apenas o Hermes-450, dotado do payload COMPASS IV, não tem características específicas de reconhecimento, realizando missões de busca e vigilância e designação de alvos.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------

2.3 Sensores aerotransportados

Sensores Aerotransportados são aqueles instalados a bordo de aeronaves (tripuladas ou não), balões ou outros veículos, capazes de gerar imagens (analógicas ou digitais).

Sistemas analógicos: utilizam os princípios ópticos e fotográficos para obtenção das imagens, com base no registro do terreno em filme fotossensível (preto e branco, colorido ou infravermelho).

Sistemas digitais: utilizam os princípios ópticos e/ou eletrônicos para a obtenção das imagens, com base na medição de sinais elétricos captados por detectores de radiação ou antenas receptoras.

2.3.1 Primeiro Esquadrão do décimo Grupo de Aviação – 1º/10º GAV

O 1º/10º GAV, para cumprir as missões de reconhecimento, opera atualmente dois sistemas sensores: o POD GESPI e o RecceLite. Este Esquadrão realiza ensaios também com o POD Littering.

O POD GESPI tem sua operação prevista para encerrar em dezembro de 2010. Ele está equipado com quatro câmeras fotográficas Vinten TYPE 360/140, sendo uma frontal, uma vertical, uma oblíqua esquerda e uma oblíqua direita, e é destinado ao levantamento fotográfico à baixa altura. Essas câmeras usam filme de largura 70 mm com perfuração dupla, e o tamanho da imagem formada no negativo é de 55,5 mm x 57 mm.

No entanto, diante das tecnologias disponíveis no mercado e perante a escassez de insumos fotossensíveis, o Esquadrão passou a operar desde janeiro de 2010 o sistema de reconhecimento digital *RecceLite*. Trata-se de um sistema de origem israelense, produzido pela empresa *Rafael Advanced Defense Systems*. O equipamento multisensor

para reconhecimento tático consiste de um POD acrotransportado, uma estação portátil chamada *RecceLite Portable Station (RPS)* e uma estação de exploração de solo denominada *Ground Exploitation Station (GES)*. Este sistema tem ainda capacidade de transmissão em tempo real via Datalink, a *Ground Data Link Station (GDLS)*, não incluído no pacote adquirido pela FAB.

O POD *RecceLite* está integrado à aeronave RA-1, localizado na parte ventral da aeronave e, quando instalado, realiza sua missão automaticamente. Os sensores do POD *RecceLite* coletam simultaneamente imagens em duas faixas do espectro eletromagnético: visível e infravermelho termal. Além disso, esses sensores podem variar o *Field of View (FOV)* de acordo com a área que se deseja recobrir, bem como a resolução espacial requerida. Ele pode assumir 4 (quatro) FOV's no visível (WFOV, MFOV, NFOV, SNFOV) e 3 (três) FOV's no infravermelho Termal (WFOV, MFOV, NFOV). Os dois sensores do POD "olham" para a mesma cena simultaneamente.

Atualmente, os países que operam o POD *RecceLite* são: Estados Unidos, Alemanha, Israel, Suécia, Espanha, Holanda, Itália e Brasil.

2.3.2 Primeiro Esquadrão do sexto Grupo de Aviação – 1º/6º GAV

Na realização de aerolevantamentos, confecção de cartas, fotocartas ou mosaicos e no cumprimento de missões de reconhecimento, o 1º/6º GAV emprega como sensor principal a câmera fotogramétrica ZEISS RMK-A.

A câmera ZEISS RMK-A utiliza filme fotográfico de 240 mm. É uma câmera de grande formato, com distância focal fixa, sendo que existem câmeras com distância focal de 85 mm (*RMK 8,5/23*), 150 mm (*RMK 15/23*), 300 mm (*RMK 30/23*) e 600 mm (*RMK 60/23*). O tempo de exposição é de 1/100 até 1/1000 do segundo, sem escalonamentos, para todas as câmeras, exceto a RMK a 8,5/23 cujo tempo é de 1/50 até 1/500 do segundo. Os ajustes de exposição, velocidade e abertura do diafragma são

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------

realizados pelo operador.

O Esquadrão Carcará está em processo de aquisição da câmera LEICA ADS 80, um sensor aerotransportado de alta resolução digital, com características fotogramétricas, que gera imagens contínuas ao longo das faixas de voo. Adquire imagens de cinco bandas do mesmo ângulo, simultaneamente (Vermelho – R, Verde – G, Azul – B, infravermelho próximo (IR) e pancromático), sendo: uma visada com inclinação anterior ao ponto nadir; a outra, com inclinação no nadir (vertical); e a última com inclinação posterior ao ponto nadir. Tem abertura de visualização no solo FOV (Field of View) de 64°. Suas imagens podem apresentar até 5 cm de resolução espacial, dependendo dos parâmetros de voo usados na coleta das faixas.

2.3.3 Segundo Esquadrão do sexto Grupo de Aviação – 2º/6º GAV

O 2º/6º GAV, além de executar missões de Reconhecimento, tem importante papel na Vigilância e Proteção da Amazônia para o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), com a atribuição de auxiliar no controle de ocupação e uso do solo, vigilância e controle de fronteiras, identificação e combate a atividades ilícitas, vigilância e controle do tráfego aéreo, entre outras.

Para tanto, recebeu aeronaves produzidas pela EMBRAER, modelo EMB-145, as quais receberam a denominação R-99 e E-99, cumprindo as missões de Reconhecimento Aéreo e Controle e Alarme em Voo respectivamente. As características dessas aeronaves habilitam a Unidade Aérea a agir em pronta-resposta e engajamento na ação com grande capacidade de permanência. Este artigo tratará apenas do R-99, aeronave que executa as missões de Reconhecimento Aéreo e que possui os seguintes sensores integrados: sistema óptico e infravermelho (OIS), multispectral scanner (MSS) e Radar de abertura sintética (SAR).

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------

2.3.3.1 Sistema Óptico e Infravermelho (OIS)

O Sistema Óptico e Infravermelho (OIS) é um sensor de alta resolução que trabalha na faixa do visível e do infravermelho termal para operações aerotransportadas de detecção diurna e noturna e identificação de alvos. Consiste de uma Torreta (TFU), Unidade de Controle do Sistema (SCU), Unidade Central Eletrônica (CEU) e Unidade de Visualização (VDU).

A torreta giratória, estabilizada em três eixos, tem campo de trabalho de + 20° a - 120° na vertical e 360° na horizontal e contém: sensor FLIR com FOV variável; câmera TV com FOV variável contínuo e câmera de TV Spotter (teleobjetiva).

Este sensor com varredura bidimensional não necessita do deslocamento da plataforma para formação do quadro. Uma pequena matriz de detectores varre a cena em alta velocidade (microscan) para formação da cena.

2.3.3.2 Multiespectral Scanner (MSS)

O MSS é um sensor completo com capacidade para escanear, processar, gravar e exibir os dados da imagem em tempo real com visada de 90° em relação ao terreno.

O principal papel do sensor é coletar informações do terreno voltadas para a exploração mineral, exploração dos recursos de energia, qualidade da água, localização de derramamento de óleo, mapeamento de terrenos alagados, safras e avaliação da vegetação, monitoramento de queimadas, mapeamento geológico e outras aplicações.

O MSS é um mapeador aerotransportado que escaneia o terreno numa direção perpendicular à linha do voo, captando a radiação do cenário de vigilância e provendo meios de informações espectrais coletadas em 11 ou 31 canais espectrais, sendo 8 ou 28 canais no visível e infravermelho próximo, 2 canais no infravermelho médio e 1 canal no infravermelho termal.

R. CFOE	Belô Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------

A aquisição correta da imagem é realizada utilizando três parâmetros: velocidade da aeronave, altura de voo e taxa de varredura. Tais parâmetros, quando ajustados, geram resolução espacial de 50 cm a 20 m.

O sensor tem GPS e ROLL GYRO incluídos no canal de trabalho para geolocalização.

2.3.3.3 Radar de Abertura Sintética (SAR)

Trata-se de um sistema que, por meio de gravações e processamento dos sinais de retorno, cria uma antena virtual centena de vezes maior que seu tamanho físico. Também utiliza visada lateral.

Um radar é composto de transmissor e receptor conectados a uma antena direcional. O transmissor envia pulsos de energia de micro-onda pela antena. A energia se propaga pelo ar até atingir um alvo. Uma porção da energia que atinge o alvo retorna para a antena que é captada pelo receptor. O radar então calcula o tempo de ida-e-volta desta energia para a geração de imagem.

A antena do radar é direcional em um sentido de modo que focalize as energias transmitidas e recebidas ao longo de um determinado setor angular do feixe da antena.

A antena é caracterizada por sua largura de feixe em azimute e elevação, sendo que a largura de feixe é dada em função do tamanho da antena. Quanto maior o tamanho de antena, mais estreita será sua largura de feixe.

O sistema é combinado com uma *workstation* aerotransportável, consoles do Subsistema de Controle e Monitoração (C&DS), um sistema de Navegação Inercial (INS) e um Sistema de Posicionamento Global (GPS). Essas unidades ficam localizadas a bordo da aeronave R-99 e permitem imageamento em tempo real dentro de um ambiente controlado pelo operador.

O SAR opera em qualquer tempo, dia ou noite, em duas diferentes bandas de

frequência, a banda L e a banda X, para a geração de imagens de alta resolução.

O SAR também opera com duas antenas na banda X simultaneamente para provê-lo de capacidade interferométrica facilitando, assim, o mapeamento de terrenos elevados.

2.4 Sistema de Reconhecimento de Padrões

Nos itens anteriores deste capítulo, procuraram-se apresentar os tópicos que vão interferir nos cálculos necessários para que o SRP seja uma ferramenta que permita à aviação de reconhecimento uma redução considerável no tempo de observação, reconhecimento e interpretação de alvos. Nessa perspectiva, estudaram-se os parâmetros que interferem nos cálculos das imagens aéreas, as plataformas aéreas usadas nos esquadrões de reconhecimento da Força Aérea Brasileira e os sensores utilizados nessas plataformas. A partir desse ponto, será conceituado e definido o Sistema de Reconhecimento de Padrões (SRP).

O primeiro conceito diz respeito aos sensores. Todos os sensores de reconhecimento têm um ângulo de visada com o qual obtêm as imagens dos alvos. Esse ângulo é conhecido como *Field of View (FOV)* e é representado pela letra grega Ω . As câmeras fotográficas mais antigas, como a Zeiss utilizada pelo 1º/6º GAv, por exemplo, não permitiam uma variação da distância focal e, conseqüentemente, não havia variação do FOV, haja vista que essas duas variantes possuem ligação direta, pois quanto maior a distância focal, menor será o FOV do equipamento e vice-versa. Dessa forma, o sensor sempre apontaria para o alvo com o mesmo ângulo de visada. Já os sensores eletro-ópticos mais modernos, como o RecceLite utilizado pelo 1º/10º GAv, por exemplo, possuem a capacidade de variação do FOV e conseqüente variação da distância focal. No item 2.1, comentou-se que o valor da distância focal é imprescindível para a definição da escala. Portanto, é fundamental que o sensor tenha a capacidade de

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------

transmitir para o **SRP** o valor correto e atualizado da distância focal em uso ou do FOV, em tempo real, para que os cálculos sejam tão precisos quanto desejável.

Da mesma forma, para a definição da escala, é fundamental o conhecimento da altura de voo. Para isso, é necessário que o sensor forneça essa informação por meio do uso de um radar-altímetro, laser-altímetro ou do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Com isso, outra característica importante do sensor é a de que o instrumento utilizado tenha a capacidade de fornecer a altura de voo, pois é um parâmetro fundamental no cálculo da escala.

Conhecidos esses dois parâmetros, o FOV e a altura de voo, é desejável que os valores e suas variações sejam informados em tempo real para o SRP. A partir de então, este já terá a capacidade de gerar uma escala aproximada da imagem a partir da visada do sensor, instantaneamente, o que possibilitará o cálculo das dimensões dos alvos nas imagens.

No caso da obtenção de uma imagem oblíqua, como na figura 6, o sensor deve ter a capacidade, ainda, de gerar a distância do sensor ao alvo situado no centro óptico (**d**), pois é essa variável que deve ser considerada no cálculo da escala, como foi demonstrado no item 2.1. Esse valor pode ser dado diretamente pela medição da distância ou medida de forma indireta por meio do triângulo retângulo formado pela a altura de voo (**H**), a distância horizontal entre a projeção do eixo óptico no solo e o alvo no centro do eixo óptico (**afastamento**) e a própria distância inclinada (**d**).

Encontrada a escala da imagem em relação ao solo e definidos padrões de resposta do alvo, textura, forma, tonalidade, dimensões, entre outros dados relacionados com o alvo sensoriado, todas essas informações serão inseridas no **SRP**, o qual reportará, com alto grau de confiabilidade, tratar-se de um alvo de determinada categoria.

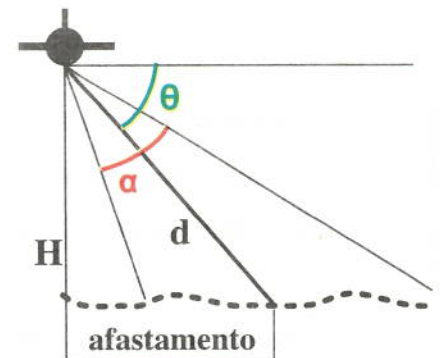


Figura 6: Cálculo da Escala Oblíqua
Fonte: GOMES, 2009.

No caso de uma pista de pouso, é uma figura retangular, de modo que possa calcular as dimensões reais do alvo, como comprimento e largura. Baseado nessas medidas, o **SRP** irá comparar com as informações contidas em seu banco de dados e definirá se é possível ou não que o alvo analisado seja uma pista de pouso. Poderá também, analisando as informações do banco de dados, informar quais aeronaves podem operar nesse aeródromo.

Porém não são apenas as dimensões que determinarão se um determinado trecho do terreno trata-se de uma pista de pouso. Outro fator muito importante para essa determinação é o conhecimento da variação de altura (desnívelamento) do terreno em questão, pois um terreno com variação crescente e uniforme superior a 10° não oferece condições de operar como uma pista de pouso. É importante salientar que, mesmo ocorrendo variações, estas devem ocorrer gradativamente, em forma de rampa, pois se as variações forem muito abruptas, dentro da área analisada, descaracterizarão o terreno como sendo uma pista de pouso. Sendo assim, o **SRP** deve ter condições de analisar a altura de todos os pontos do alvo analisado e descartar aqueles que, devido a sua variação de inclinação, não oferecem condições para operar como aeródromo. Essa análise pode ser realizada se o banco de dados em uso for alimentado com algum tipo de Modelo Numérico do Terreno.

Outro fator que pode auxiliar na definição de um trecho do terreno como pista de pouso é a análise das adjacências, pois uma pista de pouso deve ter, próxima a si, pelo menos uma via de comunicação, seja ela rodoviária, ferroviária ou hidroviária, para transporte de pessoal e material. Além disso, muitas vezes existirão galpões para que a aeronave seja ocultada de um sensoriamento. Dessa forma, o **SRP** deve ter uma visão ampliada da região sensoriada, tendo a capacidade de reconhecer as referidas linhas de comunicação da área de abrangência. Esse fator pode ser aprimorado através do uso de cartas topográficas digitalizadas, georreferenciadas, e inseridas no **SRP**, que terá a capacidade de associar a imagem obtida com a carta da região considerada. É claro que

temos aqui mais uma dificuldade, que é a confecção e atualização de cartas topográficas, principalmente da região Amazônica, e o fator da facilidade da criação de vias de comunicação terrestre, principalmente dentro da floresta, porém a identificação de vias hidroviárias é bem mais simples. Dentro do exposto, pode-se identificar a necessidade da informação das coordenadas geográficas do alvo, a qual pode ser obtida no GPS, que deve estar interligado com o SRP.

Além disso, ainda com relação às adjacências, muitas vezes existirão instalações para que a aeronave seja ocultada de um sensoriamento, quer seja visual, quer seja termal. Sendo assim, quase sempre não será possível verificar a aeronave, mas as instalações que a estão abrigando.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intenção deste artigo é, pois, disseminar uma ideia embrionária, que poderá ser muito útil à Força Aérea Brasileira, principalmente aos esquadrões de reconhecimento. A criação de um *software* capaz de reconhecer padrões baseados em uma biblioteca de banco de dados seria um auxílio de grande valia ao Intérprete de Imagens e aos operadores dos sistemas sensores de reconhecimento, na identificação de alvos de interesse militar, diminuindo consideravelmente o tempo de identificação de determinados tipos de alvos, fator vital para a tomada de decisões.

Ao longo deste trabalho, procurou-se demonstrar a viabilidade do SRP para o reconhecimento de pistas de pouso; mas, como já afirmado anteriormente, por meio de algoritmos complexos e ferramentas computacionais adequadas, o SRP pode reconhecer todos os tipos de padrões pré-estabelecidos em seu banco de dados.

Não se pretende, com isso, afirmar que o SRP é um sistema mais apurado que o fotointérprete treinado, mas que esta ferramenta pode ser utilizada conjuntamente com a análise do técnico para aferir a este maior confiabilidade de acerto. Além disso, durante

uma missão de reconhecimento, o operador deve estar atento a muitos detalhes, como funcionamento do sistema de gravação, parâmetros de voo, parâmetros de funcionamento dos sensores, funcionamento do sistema de imageamento, preenchimento de relatórios, comunicação com os demais membros da tripulação, entre outros, o que não permite que sua atenção esteja durante todo o sensoriamento voltada para a região imageada. Com o uso do SRP, seu trabalho teria um ganho significativo de eficácia.

Deve-se destacar também que a imagem, na maioria dos sensores atualmente disponíveis nos esquadrões de reconhecimento da FAB, é apresentada ao operador em movimento, ou seja, não permite a este analisar a imagem durante muito tempo, sendo necessária, em muitas ocasiões, uma pronta-resposta por parte do operador, o que pode não ser possível devido aos fatores citados.

Ao final desse trabalho, pode-se concluir que a criação de um sistema do porte do SRP traria um grande ganho para a FAB e, principalmente, para os órgãos que utilizam as imagens aerofotográficas para a coleta de dados e geração de informações.

REFERÊNCIAS

ALVES, Sérgio Alexandre Saloio. **Sensores aerotransportados III**. Belo Horizonte: CIAAR, 2010. (Apostila).

AMX International. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/AMX_International_AMX>. Acesso em: 01 jul. 2010.

ASSOCIAÇÃO AEROESPACIAL BRASILEIRA. Disponível em: <<http://www.aeroespacial.org.br/>>. Acesso em: 01 jul. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PILOTOS DE CAÇA. Histórico do 1º/10º Gav. Disponível em: <<http://www.abra-pc.com.br/poker.html>>. Acesso em: 13 jul. 2010.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Operações Aéreas. **MCA 200-2**: manual de reconhecimento e interpretação de objetivos. Brasília: COMGAR, 2000.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Operações Aéreas. **MCA 200-3**: manual de descrição de objetivos – aeródromos. Brasília: COMGAR, 2000.

C-95 / EC-95 / SC-95 / XC95 Bandeirante. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/portal/aeronaves/htm/c95.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

DANTAS, Norman de Moraes. **Sensores aerotransportados I**. Belo Horizonte: CIAAR, 2009. (Apostila).

ELISEU. **Inteligência Operacional I**. Belo Horizonte: CIAAR, 2009. (Apostila).

EMB 110 Bandeirante. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Embraer_EMB-110_Bandeirante>. Acesso em: 05 ago. 2010.

FERNANDES, Flávio Thiago. **Inteligência operacional II**. Belo Horizonte: CIAAR, 2009. (Apostila).

FERREIRA, Gilberto Antônio da Silva. **Voo fotogramétrico**. Belo Horizonte: CIAAR, 2009. (Apostila).

FORÇA Aérea Brasileira. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/For%C3%A7a_A%C3%A9rea_Brasileira>. Acesso em: 01 jul. 2010.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------

GOMES, José Carlos. **Fotointerpretação**. Belo Horizonte: CIAAR, 2009. (Apostila).

PODER Aéreo: dia da aviação de reconhecimento. Disponível em: <<http://www.aereo.jor.br/2009/06/25/dia-da-aviacao-de-reconhecimento/>>. Acesso em: 13 jul. 2010.

ROCHA, Assuésio Mendonça da. **Cartografia I**. Belo Horizonte: CIAAR, 2009. (Apostila).

SEGURANÇA e defesa. Disponível em: <<http://www.segurancaedefesa.com/links.html>>. Acesso em: 01 jul. 2010.

SILVEIRA, Leandro Rogério Camboim. **Sensores aerotransportados II**. Belo Horizonte: CIAAR, 2010. (Apostila).

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 5	p. 117 - 145	2010
---------	----------------	------	--------------	------