

Planejamento para aquisição de imagens com o sensor de varredura aerotransportado HSS instalado no R-95

Vitor Lopes Mendes
Romero da Costa Moreira
Ruy Morgado de Castro

Instituto de Estudos Avançados - IEAv/CTA
Caixa Postal 6044 – 12.231-970 – São José dos Campos - SP, Brasil
{mendes, moreira, rmcastro}@ieav.cta.br

Abstract. This work remarks about planning factors for imaging flights with the HSS sensor. HSS is a fifty-channel airborne imaging scanner operated by SIVAM from a R-95 Bandeirante aircraft. General procedures for airborne imaging flights are presented and specific parameters for HSS are introduced to clarify users about sensor-platform characteristics.

Palavras-chave: remote sensing, hyperspectral imaging, airborne electro-optical scanner, airborne imaging planning, sensoriamento remoto, imageamento hiperespectral, sensor eletroóptico aerotransportado de varredura, planejamento de imageamento aerotransportado, sensor HSS.

1. Introdução

Até pouco tempo, a aquisição de imagens em plataforma aérea restringia-se, no Brasil, à utilização de câmeras fotográficas. A implantação do Sistema de Vigilância/Proteção da Amazônia (SIVAM/SIPAM) promoveu, entretanto, uma rápida e profunda modificação na tecnologia de aquisição de imagens no país, com a disponibilização de dados de sensores radares de abertura sintética (SAR) e de sensores eletroópticos de capacidade multi e hiperespectral.

Para a utilização desses novos equipamentos, que em geral dispõem de uma grande variedade de opções e modos de operação, foram introduzidas novas técnicas de operação aérea, adequadas à tecnologia de cada um. Os benefícios advindos dos novos equipamentos trouxeram, também, a necessidade de aprimoramento técnico de seus operadores. O usuário, por sua vez, passou a dispor de uma variedade de tipos de dados antes não oferecida, mas que exige, de sua parte, conhecimento dos modos de operação de cada sensor de interesse, a fim de que possa avaliar que características poderá explorar em um ou outro tipo, dentro das vantagens e limitações de cada um.

Para que o aerolevante atinja os objetivos desejados, deve haver um planejamento detalhado, no qual sejam considerados os parâmetros a serem ajustados no sensor, os requisitos para operação da aeronave, bem como características da região onde será realizado o sobrevôo.

Neste trabalho são apresentadas características do sensor HSS (*Hyperspectral Scanner System*); da plataforma na qual se encontra instalado, a aeronave R-95 Bandeirante; assim como os demais aspectos que devem ser considerados no planejamento de uma campanha de imageamento com esse sensor.

2. Características do Sensor HSS

O sensor HSS é um espectrômetro imageador de varredura em linha, com possibilidade de aquisição de imagem em 50 canais, abrangendo as regiões do visível (VIS) ao infravermelho termal (TIR). Para o imageamento com tal abrangência espectral, o sensor necessita de refrigeração adequada do conjunto de detectores do canal 22 ao 50, que é realizada por meio

de um sistema de ciclo aberto, sem pressurização, utilizando-se nitrogênio líquido (N₂líq). São necessários cerca de 3 litros para o completo abastecimento dos três reservatórios de N₂líq, os quais, estando em perfeitas condições de vácuo, mantêm eficácia na refrigeração por cerca de 4 horas. Tal característica do sensor traz benefícios no que tange à manutenção, por tratar-se de um sistema mais simples, mas exige maior esforço de logística para o imageamento em localidades remotas, pois exige a alocação do produto nas proximidades da base de operações da aeronave, para que o sensor seja abastecido antes de cada voo. O N₂líq deve ser acondicionado de modo adequado, já que volatiliza com relativa facilidade, e requer manuseio por pessoal preparado, pois o contato direto com o líquido pode causar danos em virtude da temperatura extremamente baixa.

O N₂líq é, entretanto, um produto relativamente fácil de ser encontrado, por ter ampla aplicação, e barato, quanto comparado com outros custos que envolvem uma campanha de aerolevanteamento, como o combustível do deslocamento, a manutenção (hora-máquina), a hangaragem e a segurança da aeronave, assim como os cuidados com o pessoal envolvido na operação de voo e de campo. Uma forma de reduzir tais custos está na otimização das características da imagem para a aplicação que se deseja, a fim de reduzir o tempo de uma campanha de voo. Isto é possível à medida que se conhecem as características de varredura do sensor, que determinam a resolução espacial e a aérea abrangida em uma faixa.

O espelho de varredura do HSS, de uma única face, pode ser acionado a cinco de frequências de rotação: 6,25; 12,5; 25; 50 e 100 Hz. O sensor conta também com duas opções de campo de visada instantâneo (IFOV), 1,25 e 2,5 mrad, intercambiáveis em procedimento de manutenção, e possui campo de visada total (FOV) de 86° (Moreira et al., 2004). A frequência de varredura do sensor, que representa o número de linhas varridas em um dado intervalo de tempo, define a amostragem longitudinal (sentido do voo) da imagem, ou seja, o número de linhas que recobrem uma faixa da superfície. Ela também está relacionada ao ruído inerente da imagem (Castro et al., 2004). Na varredura transversal em linha, como é o caso do HSS, configuração em que é varrida apenas uma linha por vez, a frequência de varredura é coincidente com a frequência de rotação “ ω ” do espelho. Quanto maior ω , maior o número de linhas geradas em um determinado intervalo de tempo. A dimensão dessas linhas na superfície, conhecida por *Ground* IFOV (GIFOV), depende do IFOV “ α ” do sensor e da sua distância ao objeto, ou seja, a altura “ H ” de voo:

$$\text{GIFOV} = 2 \cdot H \cdot \text{tg}(\alpha/2) \quad [\text{L}].$$

Relação similar define a largura da faixa imageada (GFOV):

$$\text{GFOV} = 2 \cdot H \cdot \text{tg}(\beta/2) \quad [\text{L}],$$

onde β é o FOV do sensor.

O GIFOV determina o espaço máximo de translação da plataforma no intervalo de tempo necessário para varrer uma linha da imagem. Dessa lógica, obtém-se a relação entre os parâmetros da varredura longitudinal, que para o caso do HSS é resumida em:

$$V_s / H = \omega \cdot \alpha \quad [\text{T}^{-1}],$$

onde V_s é a velocidade da plataforma em relação à superfície.

Para cada par $\omega - \alpha$ haverá uma única razão V/H , relação que determina a velocidade máxima – ou a altura mínima – que a plataforma deverá estar para que a imagem seja formada adequadamente. A **Tabela 1** relaciona os parâmetros altura (H), velocidade em relação à superfície (V_s), o GIFOV e o GFOV, para um IFOV de 2,5 mrad e nas cinco velocidades de varredura possíveis para o HSS. Observe-se que nessa tabela as unidades de velocidades estão em nós (1 nó = 1 milha náutica/h = 1,852 km/h) e as unidades de comprimento são apresentadas em pés (ft) e/ou em metros (1 pé = 0,3048 m). Os valores das colunas relativas a

cada \mathcal{W} indicam as Vs máximas da plataforma para cada altura de vôo de modo a não causar a **subamostragem** da cena.

TABELA 1 – LIMITES V/H PARA O PLANEJAMENTO DE VÔOS DO HSS

Altura da Plataforma		Vs Máxima da Aeronave (nós) para o imageamento contínuo, à rotação do espelho \mathcal{W} de:					Largura de Faixa	GIFOV ao Nadir
Pés	Metros	6,25 Hz	12,5 Hz	25 Hz	50 Hz	100 Hz	Metros	Metros
500	152	4,63	9,26	18,52	37,03	74,06	284	0,4
1.000	305	9,26	18,52	37,03	74,06	148,12	568	0,8
1.500	457	13,89	27,77	55,55	111,09	222,18	853	1,1
2.000	610	18,52	37,03	74,06	148,12	296,24	1.137	1,5
3.000	914	27,77	55,55	111,09	222,18	444,36	1.705	2,3
4.000	1.219	37,03	74,06	148,12	296,24	592,48	2.274	3,0
5.000	1.524	46,29	92,58	185,15	370,30	740,61	2.842	3,8
6.000	1.829	55,55	111,09	222,18	444,36	888,73	3.411	4,6
7.000	2.134	64,80	129,61	259,21	518,42	1036,85	3.979	5,3
8.000	2.438	74,06	148,12	296,24	592,48	1184,97	4.548	6,1
9.000	2.743	83,32	166,64	333,27	666,54	1333,09	5.116	6,9
10.000	3.048	92,58	185,15	370,30	740,61	1481,21	5.685	7,6
12.000	3.658	111,09	222,18	444,36	888,73	1777,45	6.822	9,1
15.000	4.572	138,86	277,73	555,45	1110,91	2221,82	8.527	11,4

Obs.: Tabela calculada para IFOV de 2,5 mrad e FOV de 86°. Para o IFOV de 1,25 mrad, as Vs máximas devem ser divididas pela metade, assim como as dimensões do GIFOV ao Nadir.

Com a velocidade Vs adequada, a imagem é formada com a exata justaposição dos pixels ao Nadir, como representado na **Figura 1(a)**. A utilização de Vs inferiores aos limites de uma determinada altura, como ilustrado na **Figura 1 (b)** provocará a **superamostragem** da cena, que não constitui necessariamente um problema, pois o excesso de linhas poderá ser eliminado durante o processamento. A **subamostragem**, entretanto, resulta em falhas na continuidade da cobertura da superfície, conforme ilustrado na **Figura 1(c)**, defeito da imagem que não pode ser corrigido.

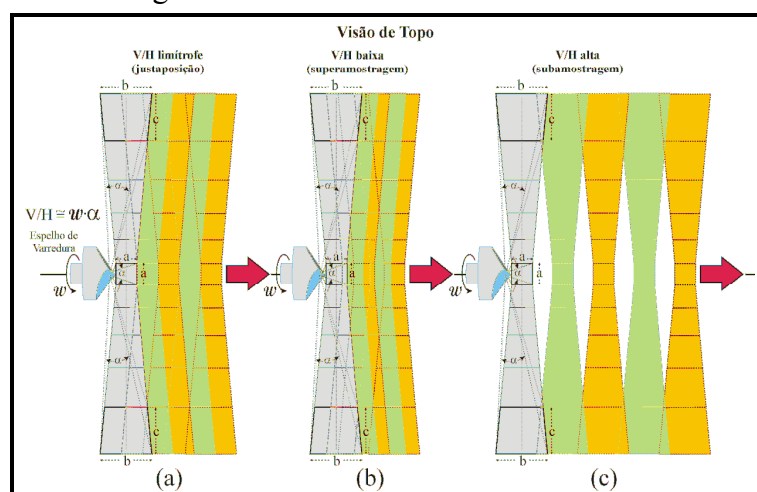


Figura 1 – Influência da razão V/H na formação da imagem. Em (a) é apresentada situação limítrofe ($V/H = \mathcal{W} \cdot \alpha$), que resulta na exata justaposição das linhas de varredura, tomando-se o pixel central de cada linha como referência. Em (b) e (c) são ilustradas as situações de superamostragem e subamostragem, respectivamente.

Infelizmente, nem todas as velocidades da Tabela V/H de um sensor aerotransportado podem ser utilizadas, devido aos limites de velocidade da aeronave utilizada como plataforma, o que impõe restrições ao GIFOV e, conseqüentemente, à resolução espacial.

3. Características da aeronave R-95

O modelo de aeronave do qual o HSS tem sido operado, o R-95, é uma variação do consagrado C-95 Bandeirante, preparado para a instalação de sensores imageadores. Trata-se de um bimotor de asa baixa, adaptado com uma janela corrediça ventral, sob a fuselagem, e telescópio de navegação, próprios para a utilização em aerolevante de visada vertical. Pelo fato de não ser pressurizada, o vôo nessa aeronave restringi-se a altitude 12.500 pés, em virtude do efeito da redução da pressão sobre a tripulação.

Na configuração lisa (trem de pouso e flapes recolhidos), o R-95 desenvolve velocidades aerodinâmicas (velocidade em relação à massa de ar - V_a) entre 90 nós (velocidade de mínima sustentação - Estol) e 230 nós (velocidade nunca a exceder - VNE), mas para o vôo de cruzeiro, configuração de traslado, são geralmente utilizadas velocidades entre 150 e 200 nós. Esses limites estão disponíveis nos gráficos de desempenho fornecidos pelo fabricante da aeronave e variam com a pressão atmosférica, com a altitude e com o peso da aeronave. Em casos específicos, é possível reduzir a velocidade mínima de vôo com a utilização dos flapes (superfícies de sustentação adicional da aeronave), mas, em geral, quanto mais baixa a velocidade, maior é a instabilidade da aeronave em vôo, o que pode comprometer a qualidade da imagem com distorções. A utilização dos flapes e a mudança de velocidade também provocam alterações na atitude de arfagem (variação vertical do nariz) devendo ser dosados de forma a possibilitar o nivelamento do sensor e a estabilidade do vôo. Em testes realizados, chegou-se aos limites mínimos de V_a de 130 nós, na configuração lisa, e 110 nós, com flapes a 50%, para a altitude de 3.000 pés. Para maiores altitudes, é provável a necessidade de velocidades proporcionalmente maiores para que seja mantido um vôo com a estabilidade necessária ao imageamento.

Na aviação em geral, a quantidade de combustível, que determina diretamente a autonomia de vôo, é dosada de acordo com a necessidade de carga e o peso da tripulação a ser embarcada. Esses, somados ao peso básico da aeronave e ao do sensor, resultam no peso total da aeronave, cujo limite é um fator crítico de operação, principalmente, para decolagens e pousos, e restritivo no cálculo de uma etapa de vôo. Para a operação do HSS com o R-95, considerando os limites de peso com a tripulação básica necessária à missão, tem sido verificada a disponibilidade de combustível que permite uma autonomia de até 4 horas de vôo. Nesse tempo, deve ser contabilizado todo o vôo, desde a partida ao corte do motor após o pouso. Sendo assim, quanto mais distante for a área onde será realizado o aerolevante, menor será a disponibilidade de tempo para o efetivo imageamento.

Logo após a chegada da aeronave sobre a área de interesse, são iniciados os procedimentos para o imageamento propriamente dito. Nessa etapa, há o tempo necessário ao correto alinhamento da aeronave para o sobrevô das faixas planejadas. A aeronave em vôo está sujeita à influência do vento e, para manter um curso de vôo (também tratado como rumo) pré-estabelecido, deve-se realizar correção que compense o desvio lateral promovido pela componente transversal do vento na rota de vôo, chamado de deriva, ilustrada na **Figura 2(a)**. O tempo necessário para verificação de deriva e ajustes para sua correção é de cerca de 20 minutos para cada sobrevô da área e deve ser contabilizado na estimativa do tempo total do aerolevante.

A correção da deriva implica em manter o nariz da aeronave adequadamente apontado para o lado de onde o vento sopra, conforme ilustrado na **Figura 2(b)**, o que resulta em um desalinhamento entre o eixo longitudinal da aeronave e o curso de deslocamento. O ângulo de correção de deriva, formado entre o curso desejado e o apontamento do nariz (proa de vôo) dependerá da intensidade da componente lateral do vento. Na aeronave R-95, o HSS é instalado sobre um berço, apresentado na **Figura 2(c)**, que permite realizar ajustes de correção de ângulo de deriva em até 30° para cada lado, de modo que o sensor esteja sempre

alinhado com o rumo da faixa. Apesar de toda essa amplitude, condições de vento de intensidade muito variável ou que necessitem de correção superior a 8° de deriva não são adequadas ao imageamento.

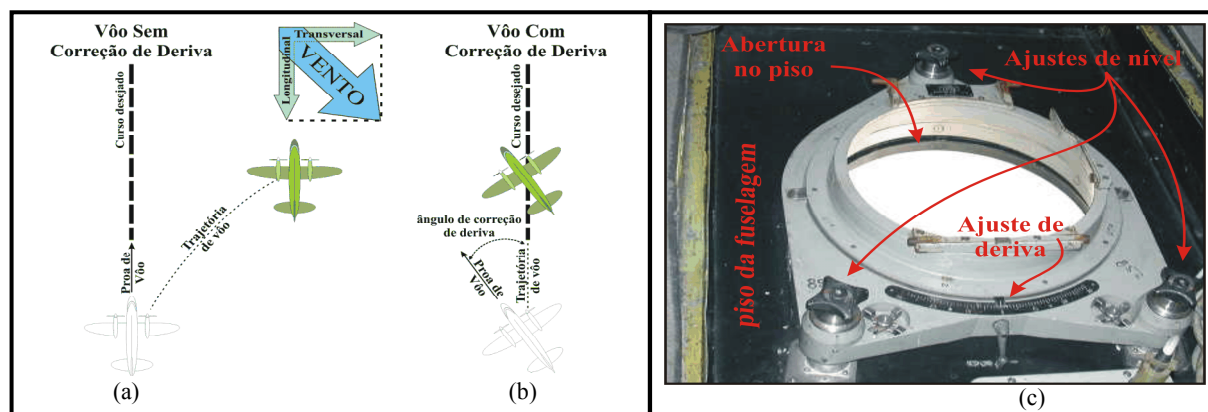


Figura 2 – Sem a correção de deriva a aeronave afasta-se do curso (a); com a correção de deriva a trajetória de vôo da aeronave coincidirá com o curso desejado (b); o berço ajustável permite compensar a deriva da aeronave, mantendo o sensor alinhado com o curso, bem como manter o sensor efetivamente nivelado, compensando variações de arfagem (c).

Os movimentos da aeronave em vôo, também conhecidos por variações de atitude da mesma, ocorrem por intenção dos pilotos, para manobrá-la, ou por influência de fatores externos (ex.: vento, nebulosidade, correntes ascendentes, etc.). O movimento de arfagem ocorre em torno do eixo transversal da aeronave, que eleva ou abaixa o nariz. Além de possibilitar o ajuste da deriva, o berço no qual está instalado o HSS possui ajuste manual de nível para compensar pequenas variações de arfagem, até inclinações de $\pm 5^\circ$, resultantes de mudança intencional de velocidade ou de configuração da aeronave.

Contudo, o ajuste de nível do berço não é eficiente para compensar mudanças bruscas de atitude da aeronave, causadas por arfagem, rolagem ou por guinada. Rolagem é o movimento em torno do eixo longitudinal da aeronave e guinada, em torno do seu eixo vertical. Essas mudanças bruscas de atitude acontecem com mais frequência quando a aeronave é sujeita a condições de excessiva turbulência. Daí a preferência por realização de vôos de aerolevantamentos no período da manhã, quando há menor probabilidade de ocorrência desse fenômeno.

Os movimentos de rolagem da aeronave, ocorridos durante a aquisição de faixas por sensores de varredura de linha, provocam distorções na imagem, pois afetam o posicionamento relativo de linhas consecutivas de uma mesma faixa. Embora as variações de rolagem não possam ser compensadas pelo ajuste do berço, pois em geral são movimentos rápidos e imprevisíveis, seus efeitos são corrigidos automaticamente pelo sistema HSS, até inclinações de $\pm 15^\circ$, ainda no processo de aquisição da imagem. Essa correção é realizada por meio das informações de variação de rolagem fornecidas por um dispositivo giroscópico instalado sobre a caixa do sensor (Moreira et al., 2004). Essas informações são utilizadas pelo sistema para acertar o posicionamento das linhas de varredura (**Figura 3**).

A guinada, rotação da cauda e nariz da aeronave no plano horizontal, quando ocorrida durante a aquisição das faixas, também provoca distorções na imagem. Os movimentos bruscos de guinada não são compensados pelo sistema HSS. Entretanto, mudanças intencionais de proa, até o limite de 1° , necessárias para ajuste de ângulo de correção de deriva da aeronave durante a aquisição da imagem, podem ser compensadas pelo dispositivo de correção de deriva do berço do sensor.



Figura 3 – Correção na imagem HSS da distorção provocada pela rolagem da aeronave.

4. Avaliação da área de interesse, período para sobrevôo e execução das faixas

Conhecidas as características do conjunto sensor-plataforma, deve-se verificar se os dados a serem adquiridos no aerolevantamento são adequados para a aplicação pretendida, no que diz respeito aos requisitos espectrais (número de bandas, seu posicionamento e largura no espectro eletromagnético), espaciais (resolução espacial e distorções geométricas das imagens) e radiométricos (relação sinal-ruído). Após isso, devem ser levantadas informações sobre a área de interesse (local onde será realizada a aquisição de imagens). Aspectos como localização da área, suas dimensões, relevo, clima, data e hora do sobrevôo, juntamente com as características do sensor e da plataforma, devem ser considerados durante o planejamento. Todos esses aspectos são interdependentes e devem ser analisados em conjunto para definição dos procedimentos para execução do aerolevantamento.

Uma vez definida a área onde será realizada a aquisição das imagens, esta será delimitada sobre um mapa ou imagem, com escala adequada à navegação aérea. Normalmente, a área delimitada toma a forma geométrica de um retângulo, nesse caso é aconselhável que os eixos das faixas sejam paralelos à maior distância, pois do contrário será necessário maior número de faixas, perdendo-se mais tempo com reposicionamentos da aeronave.

Com base na finalidade do imageamento e nos parâmetros da tabela de V/H, será definida a altura de vôo (distância entre o sensor e o plano médio do terreno). Com os parâmetros altura de vôo e FOV de 86° , calcula-se a largura de cada faixa projetada no terreno. De posse da largura da faixa, estando definidos seus rumos e conhecendo-se as dimensões da área de interesse, são então calculados o número e o comprimento das faixas necessárias à cobertura total da área, lembrando que sempre deverá haver um recobrimento (sobreposição) lateral entre as faixas.

O recobrimento lateral deve ser de no mínimo 15 % da largura da faixa, para que não haja lacunas entre elas. Entretanto, se a finalidade do aerolevantamento requer uma maior fidelidade geométrica da imagem, o recobrimento deve ser maior. Isto possibilita que, no processo de mosaicagem, sejam desprezadas as bordas de cada faixa, que sofrem maior influência das distorções inerentes ao imageamento por varredura de linha.

As faixas podem ser realizadas no mesmo rumo ou em rumos opostos, dependendo de sua extensão, do afastamento de seus eixos e do raio de curva da aeronave. Faixas muito extensas devem ser realizadas em rumos opostos (**Figura 4b e 4c**), para que não se perca muito tempo no retorno da aeronave para o ponto de início. No caso de faixas pouco extensas, deve-se optar para que sejam realizadas no mesmo rumo (**Figura 4a**), de modo que não se perca tempo com ajustes para correção de deriva, que normalmente será inversa em rumos opostos.

Antes de iniciar a aquisição de imagens, além do tempo necessário à verificação de deriva (20 minutos), há o tempo necessário para o reposicionamento da aeronave em cada faixa. Nesse tempo, a aeronave deve tomar a altura e curso de vôo planejados, o sensor deve ser preparado para imageamento e devem ser feitos os ajustes de inclinação e de ângulo de deriva

no berço do sensor. Para tanto, é necessário que seja definido um ponto de aproximação, localizado a cerca de 2 minutos de voo no ponto de início da faixa e alinhado com seu eixo. Do mesmo modo, é definido o ponto de afastamento, localizado no prolongamento do eixo da faixa, a cerca de 2 minutos de voo do seu ponto de término. O tempo necessário a esses procedimentos, cerca de 5 minutos por faixa, deve ser contabilizado na estimativa do tempo total de voo.

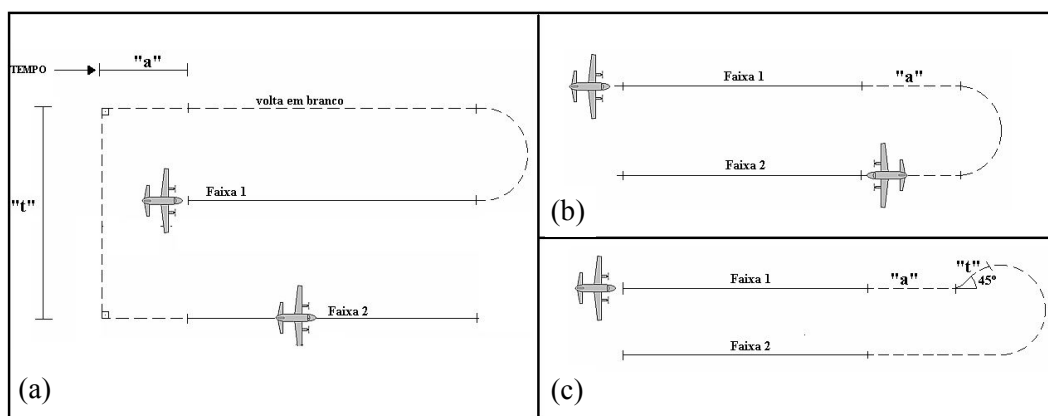


Figura 4 – Exemplos de procedimentos para execução de faixas paralelas. Faixas com pouca extensão normalmente são realizadas no mesmo rumo (a). Faixas muito extensas são realizadas em rumos opostos, sendo que há procedimentos para faixas com afastamento dentro dos limites para curva direta da aeronave(b) e com afastamento que necessita de curva indireta (c).

Para a definição dos rumos de passagem da aeronave para aquisição das faixas, devem ser avaliadas também as características do relevo da área de interesse. Preferencialmente, as faixas devem ser paralelas aos aspectos do relevo (vales, orlas marítimas e serras) que seguem padrões lineares, para que se evite grande variação de altura de voo em uma mesma faixa, o que causa aumento das distorções geométricas das imagens. Além disso, o efeito de sombreamento na imagem é resultado da combinação de aspectos do relevo local com o azimute e elevação solar.

Faixas planejadas para rumos alinhados com o azimute solar (na direção de deslocamento do Sol), favorecem o equilíbrio radiométrico da imagem na direção de varredura do sensor. A posição do Sol depende da localização geográfica, da época do ano e da hora local. Assim, tabelas com ângulos de elevação solar em função da latitude, da data e da hora local devem ser consultadas para escolha dos rumos das faixas e do período mais adequado (datas e horários) para o aerolevantamento.

Para definição do melhor período para o aerolevantamento, devem também ser consultados dados estatísticos sobre o clima da região de interesse, como probabilidade de chuva, cobertura de nuvens, temperatura e outros fatores climáticos que possam afetar as imagens. Uma vez definido o período, alguns dias antes, deve-se iniciar o monitoramento da meteorologia local, de forma a ajustar, dentro da flexibilidade possível, o acionamento dos vôos. Esse monitoramento deve continuar durante toda a campanha de imageamento, para que faça melhor uso dos meios e do tempo disponível.

Na escolha da base de operações da campanha de aerolevantamento, deve-se atentar para a distância desta até a área onde será realizada a aquisição de imagens, de modo que haja a maior disponibilidade possível de tempo para o sobrevôo da área. A infra-estrutura da base de operações deve ser avaliada nos seguintes aspectos: existência de pista de pouso adequada aos requisitos da aeronave; meios para abastecimento de combustível para a aeronave e de

nitrogênio líquido para o sistema de refrigeração; local para abrigar equipamentos de processamento e verificação dos dados; e condições de alojamento para tripulantes e operadores envolvidos.

5. Considerações Finais

Com base nas considerações apresentadas neste trabalho, conclui-se que uma campanha de aerolevanteamento deve iniciar muito antes do vôo de aquisição em si, com a realização de um planejamento detalhado das ações que envolvem essa atividade.

Foram descritos aspectos sobre o funcionamento do sensor HSS, sobre as características da plataforma utilizada para sua operação, a aeronave R-95 Bandeirante, bem como fatores relacionados à área escolhida para realizar o aerolevanteamento, tais como: localização, relevo, clima, entre outros. Verificou-se a importância de conhecer todos esses fatores que, devido sua relação de interdependência, devem ser analisados em conjunto para um melhor planejamento e, conseqüentemente, um melhor aproveitamento dos benefícios advindos com os novos equipamentos e tecnologias para aquisição de dados de sensoriamento remoto.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração da CCSIVAM, CTA, INPE, COMGAR, III FAE e 1º/6ºGAv., que contribuíram diretamente para a coleta de informações para esse trabalho.

Referências

Castro, R.M.; Moreira, R.C.; Esposito, E.S.C.; Lucca, E.V.D. Avaliação do ruído em sensores eletroópticos: abordagem da imagem escura no HSS. In.: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 12., Goiânia, 2005. **Anais**. Epiphonio, J.C.N.[et al.]. São José dos Campos: INPE, p. 355-362. 2004.

Moreira, R.C.; Castro, R.M.; Esposito, E.S.C.; Lucca, E.V.D. Sensor hiperespectral HSS: sumário das características técnicas. In.: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 12., Goiânia, 2005. **Anais**. Epiphonio, J.C.N.[et al.]. São José dos Campos: INPE, p. 4517-4524. 2004.

Osterwisch, F.G. <fred.osterwisch@sensytech.com>. **About HSS Optics**. Moreira, R.C. <moreira@ieav.cta.br> Sep 09, 2004).

Sensytech Inc. **AA5201 Airborne hyperspectral scanner system**: operator manual. Ann Arbor, Apr 2004a. v. 1. (Sensytech MN52011A Rev.2).