

PROPOSIÇÃO PARA UM SISTEMA DE SENSORIAMENTO REMOTO AEROTRANSPORTADO

R.P. da Cunha, M.A. Siqueira, A.S. Montes,
A.R. de Paula Junior e J.C. Moreira

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - ENPq
CP 515 - 12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

É descrito um sistema aerotransportado de aquisição de dados. Este sistema inclui três câmaras do tipo CCD, um imageador eletro-ótico-mecânico, subsistemas de processamento, gravação e visualização de dados. O sistema de aquisição de dados é projetado tanto para a pesquisa como para aplicações em sensoriamento remoto e inclui operações de aquisição de dados versáteis e rápidas; entre elas configurações do tipo mapeador temático, sensoriamento remoto *inteligente* (Smart), espectrômetro-imageador e configuração do tipo tempo real. A flexibilidade deste sistema de aquisição de dados permite a interação do usuário no planejamento da missão de sensoriamento remoto.

ABSTRACT

An airborne data acquisition system for remote sensing purposes is described. This system includes three CCD-cameras, one electro-optical-mechanical scanner, data processing, recording and display sub-systems. The data acquisition system is designed for both research and applications in remote sensing and includes versatile and fast operations on data acquisition; among them, thematic mapper like, smart sensor, imaging-spectrometer and real time imaging configurations. The flexibility of this airborne data acquisition system permits the interaction of the user in the planning of the parameters of remote sensing missions.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve a proposição de um sistema de aquisição e análise de dados de sensoriamento remoto para usuários de dados de pesquisa e de aplicações em sensoriamento remoto. É um sistema de aquisição de dados versátil que também visa uma agilização no processo de coleta e análise de dados. Adicionalmente, este sistema é compatível com diversas facilidades de processamento e análise de dados existentes no INPE (e.g. Laboratório de Processamento de Imagens, Image-100, MDAS) ou com unidades

de análises de imagens em desenvolvimento as quais serão instaladas futuramente em diversos pontos do País (e.g. UAIs).

O sistema de sensoriamento remoto descrito é projetado para a Aeronave Bandeirante do INPE e apresenta diferentes modos de aquisição de dados, os quais podem ser selecionados pelo usuário. Entre eles incluem-se versões do tipo: mapeador temático para a simulação de sensoriamento remoto orbital; espectrômetro imageador para estudos radiométricos; "smart" e *tempo real* para missões de sensoriamento remoto que envolvam rápida inspeção de resultados ou que requeiram monitoramento de dados in loco. Esta versatilidade no modo de aquisição de dados é obtida através da utilização de quatro sensores com saídas digitais (três câmaras imageadoras e um imageador ótico-eleto-mecânico) e unidades de processamento, gravação e visualização de dados a bordo da aeronave. Parte destes componentes do sistema já existe ou está sendo desenvolvida no INPE (e.g. câmara imageadora, imageador de varredura, UAI-M etc.).

2. AQUISIÇÃO DE DADOS EM SENSORIAMENTO REMOTO

A aquisição de dados em sensoriamento remoto efetua-se em três níveis de coleta de dados: em nível de terreno, em nível aerotransportado e em nível orbital. Este trabalho trata de um sistema de aquisição de dados em nível aerotransportado.

Atualmente, a maior parte da aquisição de dados por sensoriamento remoto é obtida em nível orbital. Portanto, é importante que dados obtidos em outros níveis de coleta, como por exemplo em nível aerotransportado, sejam compatíveis com dados orbitais. Esta compatibilização permite utilizar as mesmas facilidades existentes para processamento e análise de dados de sensoriamento remoto (e.g. analisadores de imagens - Image-100).

As necessidades do usuário de dados de sensoriamento remoto são diversas devido aos diferentes tipos de aplicação ou pesquisa e aos diferentes tipos de resolução requeridas (e.g. resolução geométrica, radiométrica, temporal etc.). Portanto, o sistema de sensoriamento remoto aerotransportado descrito neste trabalho leva em consideração os seguintes fatores: (1) compatibilização com sistemas de aquisição (e.g. orbital), processamento e análise de dados já existentes e (2) a diversificação existente em pesquisa e aplicação em sensoriamento remoto. Isto requer que o sistema aerotransportado de sensoriamento remoto seja compatível com outros sistemas de aquisição de dados e versátil em seu modo de operação. Algumas características principais para o sistema de aquisição de dados são descritas a seguir.

3. CONFIGURAÇÕES DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Sistemas aerotransportados de sensoriamento remoto possibilitam uma grande flexibilidade nos modos de coleta de dados, o que por sua vez propicia introduzir diferentes versões para o sistema de aquisição de dados. Um sistema versátil de sensoriamento remoto permite que para cada tipo de missão de aquisição de dados seja selecionado um tipo de versão ou configuração adequada aos propósitos da pesquisa ou aplicação definida pelo usuário. Nesta seção são apresentadas algumas configurações básicas para

o sistema aerotransportado descrito neste trabalho. O modo de obtenção dos diferentes tipos de configurações para o sistema de aquisição são discutidos na seção 4.

3.1 - CONFIGURAÇÃO DO TIPO MAPEADOR TEMÁTICO

Aplicações ou pesquisas básicas em sensoriamento remoto requerem, em determinados casos, dados coletados em diferentes níveis de aquisição (e.g. aerotransportado, orbital), os quais podem ser obtidos, por exemplo, simultaneamente com a passagem de um determinado satélite. Através da configuração do tipo mapeador temático, o sistema aerotransportado permitiria a aquisição de dados que utilizam as bandas espectrais similares ao sensor de um satélite selecionado, como por exemplo os sensores multi espectrais (MSS) o Mapeador Temático (TM) dos satélites LANDSATs. Dados adquiridos com a configuração do tipo mapeador temático servem para efeitos comparativos ou verdade terrestre para dados coletados em nível orbital (Figura 1, Tabela 1). Esta configuração, assim como outras descritas neste trabalho, é obtida por exemplo utilizando filtros intercambiáveis existentes nos sensores. Esta configuração do tipo mapeador temático atenderia a um grande número de aplicações existentes na região visível ao infravermelho termal.

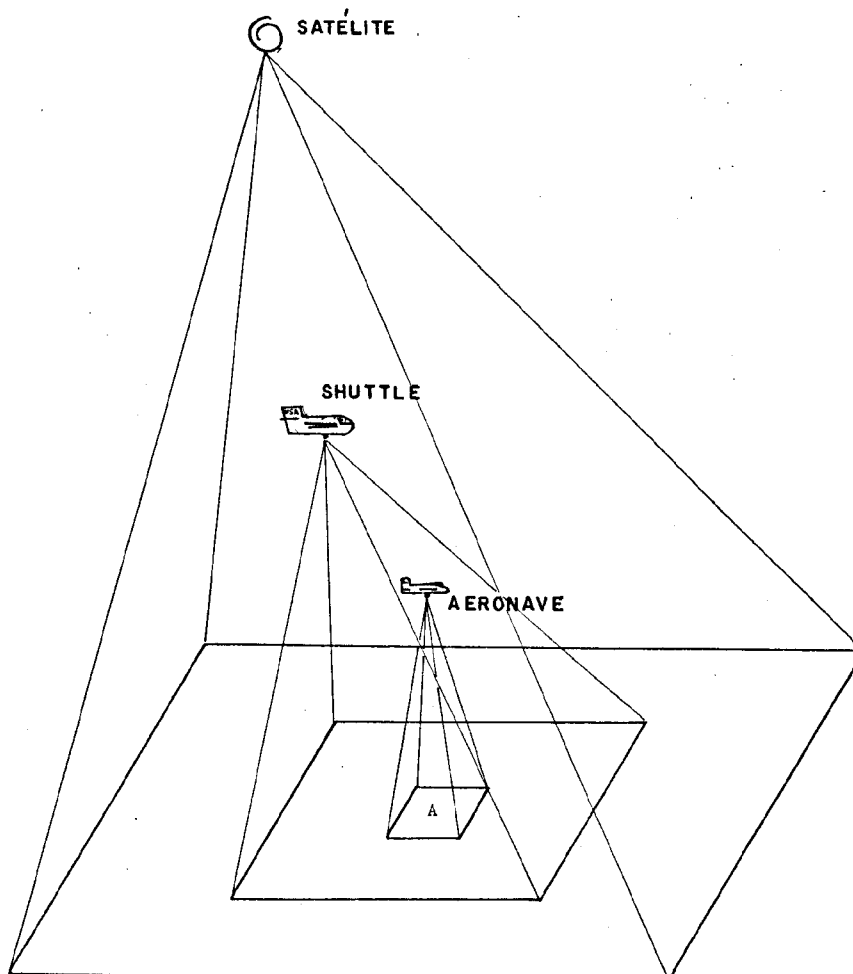


Fig. 1 - Coleta de dados em diferentes níveis de aquisição

TABELA 1

EXEMPLOS DE COMBINAÇÕES ENTRE SENSORES, DETETORES E FILTROS PARA OBTENÇÃO DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES PARA O SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

| CONFIGURAÇÃO | | CÂMARA | FILTRO | λ | CÂMARA | FILTRO | λ | CÂMARA | FILTRO | λ | FINALIDADE |
|---------------------|------|--------|--------|--------------|----------|--------|--------------|--------|--------|--------------|---|
| CÂMARAS IMAGADORAS | | | | | | | | | | | |
| MSS 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 - 0,6 | 2 | 1 | 0,6 - 0,7 | 3 | 1 | 0,7 - 0,8 | MSS LANDSAT, composição colorida |
| MSS 2 | 1 | 1 | 1 | 0,5 - 0,6 | 2 | 1 | 0,6 - 0,7 | 3 | 2 | 0,8 - 1,1 | MSS LANDSAT, composição em falsa cor |
| TM 1 | 1 | 2 | 2 | 0,45 - 0,52 | 2 | 2 | 0,52 - 0,6 | 3 | 3 | 0,63 - 0,69 | Mapeador Temático (TM), Vegetação, Oceanografia, etc. |
| TM 2 | 1 | 3 | 3 | 0,76 - 0,9 | 2 | 2 | 0,52 - 0,6 | 3 | 3 | 0,63 - 0,69 | Mapeador Temático (TM), Geologia, Vegetação, etc. |
| SPOT | 1 | 1 | 1 | (0,5 - 0,59) | 2 | 3 | 0,615 - 0,68 | 3 | 4 | 0,79 - 0,89 | SPOT |
| SMART 1 | 1 | 3 | 3 | 0,76 - 0,9 | 2 | 8 | 0,51 - 0,73 | 3 | 3 | 0,63 - 0,69 | Índice vegetativo |
| SMART 2 | 1 | 8 | 4 | 0,51 - 0,73 | 2 | 4 | 0,7 - 0,8 | 3 | 2 | 0,8 - 1,1 | Índice mineral (Fe ₂ O ₃) |
| Espectrômetro 1 | 1 | A | A | 0,425 - 0,45 | 2 | A | 0,45 - 0,475 | 3 | A | 0,475 - 0,5 | Espectrorradiometria (e.g. curvas espectrais) |
| Espectrômetro 2 | 1 | B | B | 0,5 - 0,525 | 2 | B | 0,525 - 0,55 | 3 | B | 0,55 - 0,575 | Espectrorradiometria (e.g. curvas espectrais) |
| Espectrômetro 3 | 1 | C | C | 0,575 - 0,6 | 2 | C | 0,6 - 0,625 | 3 | C | 0,625 - 0,65 | Espectrorradiometria (e.g. curvas espectrais) |
| Espectrômetro 4 | 1 | D | D | 0,65 - 0,675 | 2 | D | 0,675 - 0,7 | 3 | D | 0,7 - 0,725 | Espectrorradiometria (e.g. curvas espectrais) |
| Espectrômetro 5 | 1 | E | E | 0,725 - 0,75 | 2 | E | 0,75 - 0,775 | 3 | E | 0,775 - 0,8 | Espectrorradiometria (e.g. curvas espectrais) |
| Espectrômetro 6 | 1 | F | F | 0,8 - 0,825 | 2 | F | 0,825 - 0,85 | 3 | F | 0,85 - 0,875 | Espectrorradiometria (e.g. curvas espectrais) |
| Espectrômetro 7 | 1 | G | G | 0,875 - 0,9 | 2 | G | 0,9 - 0,925 | 3 | G | 0,925 - 0,95 | Espectrorradiometria (e.g. curvas espectrais) |
| Espectrômetro 8 | 1 | H | H | 0,95 - 0,975 | 2 | H | 0,975 - 1 | 3 | H | 0,1 - 1,1 | Espectrorradiometria (e.g. curvas espectrais) |
| | | | FILTRO | λ | DETECTOR | FILTRO | λ | | | | |
| IMAGADOR | | | | | | | | | | | |
| TM-Refletivo | InSb | 1 | 1 | 1,55 - 1,75 | InSb | 2 | 2,08 - 2,35 | | | | Mapeador Temático (TM), Geologia, Vegetação |
| TM-Refletivo-Termal | InSb | 1 | 1 | 1,55 - 1,75 | HgCdTe | - | 10,4 - 12,5 | | | | Mapeador Temático (TM) |
| TM-Refletivo-Termal | InSb | 1 | 1 | 2,08 - 2,35 | HgCdTe | - | 10,4 - 12,5 | | | | Mapeador Temático (TM) |

3.2 - CONFIGURAÇÃO DO TIPO ESPECTRÔMETRO-IMAGEADOR

Um sistema multiespectral aerotransportado de sensoriamento remoto pode ser utilizado como um instrumento de pesquisa em sensoriamento remoto (Reichert, 1978). A aquisição de dados espectrorradiométricos através de uma aeronave inclui as seguintes vantagens: obtenção de um grande número de amostras em um intervalo relativamente pequeno e obtenção de amostras cujo tamanho individual é significativo (e.g. folhas versus plantas; "pixels" puros versus "pixels" misturados).

Dados para estudos de resposta espectral de alvos são geralmente obtidos em formas de gráficos (e.g. curvas de reflectância). Uma combinação mais vantajosa é a obtenção simultânea de *curvas espectrais* e imagens correspondentes a segmentos destas curvas, isto é, um espectrômetro imageador (Welman et alii, 1982, Welman et alii, 1983). A obtenção de *curvas espectrais* e imagens permitiria o estudo de alvos em dois domínios: espectral e espacial; possibilitando, conseqüentemente análises quantitativas (e.g. gráficos) e qualitativas (e.g. inspeção visual de imagens). Como uma das metas no estudo da resposta espectral de alvos é a seleção de bandas espectrais mais propícias para imageamento, este estudo poderia ser feito através da seleção do próprio conjunto de imagens obtido pelo espectrômetro-imageador.

Para o sistema aerotransportado descrito neste trabalho o modo de operação do tipo espectrômetro-imageador consistiria em estabelecer diferentes combinações de sensores e detetores com filtros intercambiáveis (e.g. roda de filtros) durante sucessivas linhas de vôo (Figura 2). Neste modo sinérgico de aquisição de dados, a obtenção de dados para a pesquisa em sensoriamento remoto (e.g. respostas espectrais) poderia ser realizada, por exemplo, em conjunto com outras missões de aerolevanteamento, (e.g. inventários aerofotográficos), as quais geralmente envolvem sucessivas passagens sobre alvos de um mesmo tipo, classe ou espécie, distribuídos ao longo das linhas de vôo. Para os exemplos mostrados na Tabela 1, através de oito linhas de vôo poder-se-ia obter uma *curva espectral* de 0,4 a 1,1 μ m, em intervalos de 0,025 μ m (Figura 2). Gráficos, Tabelas etc., correspondentes a respostas espectrais de alvos, são obtidos através de um sistema de análise de imagens (e.g. Image 100).

3.3 - CONFIGURAÇÃO DO TIPO "SMART"

Sensores do tipo "smart" geralmente coletam informações, enquanto sensores convencionais coletam dados (Breckenridge and Husson, 1979). Portanto, esta configuração visa aplicações específicas.

Na Região Amazônica, por exemplo, existe uma preocupação com a biomassa (e.g. desmatamento). A biomassa existente em uma área pode ser estimada através de *índices vegetativos*, os quais podem ser obtidos através de medidas radiométricas em diferentes regiões do espectro-eletromagnético (Curran and Milton, 1983). Estes índices espectrais permitem a separação de áreas do terreno em classes (Figura 3). Estas classes podem ser registradas diretamente em uma imagem (i.e. informação). Entre as vantagens da aquisição de imagens formadas por classes incluem-se: (1) rápida avaliação dos resultados; (2) inspeção de resultados em unidades de análise de imagens relativamente simples; (3) simplificação na edição de dados e (4) registro de dados utilizando formas de armazenamento simples e de baixo custo (e.g. cassetes, videocassetes, disquetes).

Linhas de Vôo (diferentes λ)

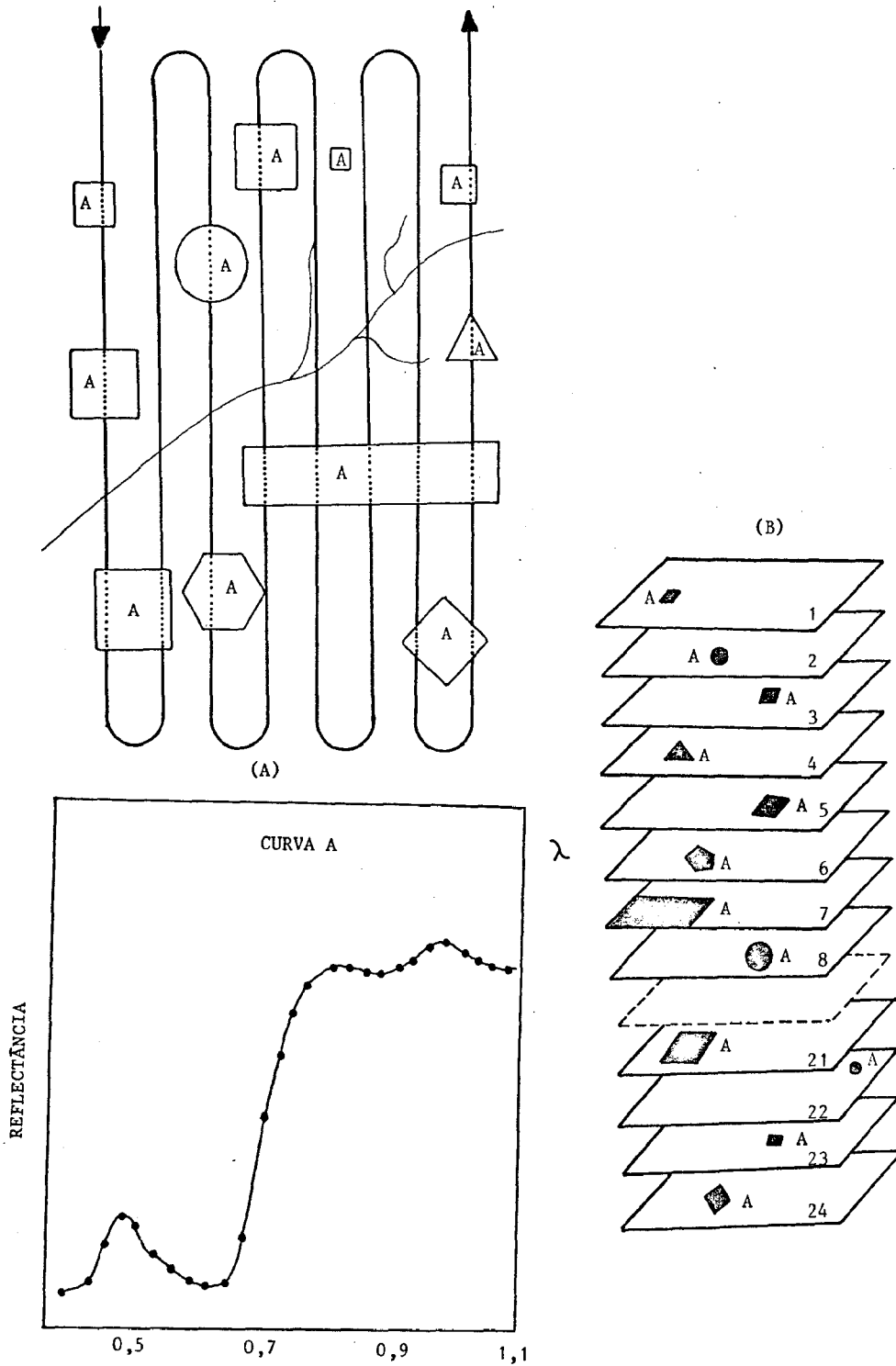


Fig. 2 - Esquema simplificado para um espectrômetro imageador. (A) aquisição dos dados - diferentes filtros para cada linha de vôo; (B) imagens geradas em cada linha de vôo - diferentes bandas; (C) curva espectral obtida através das imagens

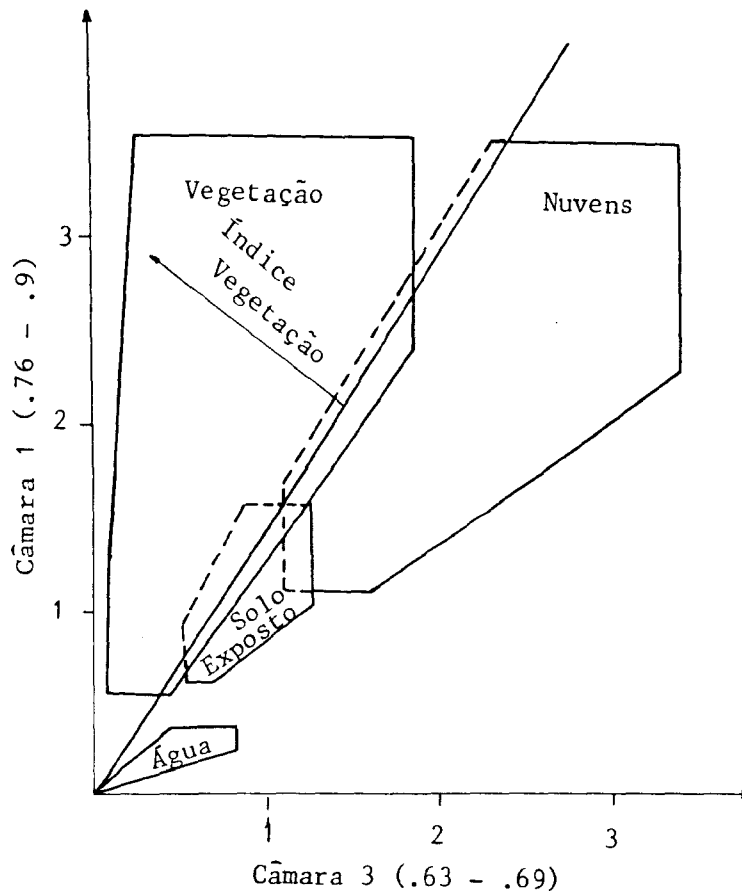


Fig. 3 - Exemplo de um algoritmo simples para processamento de dados a bordo da aeronave. (Modificado de Schappell et alii, 1979).

Outros exemplos de aplicações específicas para este tipo de configuração são: a discriminação de minerais indicativos (e.g. hematita goetita) para a pesquisa de recursos minerais (Raines and Gabel, 1982; Segal, 1982; Peters, 1983) e a obtenção de índices para estimativas agrícolas (e.g. Heilman et alii, 1982). Em ambos os exemplos empregam-se razões entre bandas espectrais.

Para a configuração do tipo "smart", o sistema aerotransportado descrito utilizaria três sensores: dois utilizados para a obtenção de índices espectrais e a formação de uma imagem e um terceiro sensor (e.g. *pancromático*) para efeitos comparativos e de contexto (orientação geográfica). A Tabela 1 mostra alguns exemplos de bandas espectrais utilizadas para a obtenção de uma configuração do tipo "smart". Esta configuração inclui operações aritméticas (e.g. razão entre canais) e comparação de tabelas executadas por um processador instalado a bordo da aeronave.

3.4 - CONFIGURAÇÃO DO TIPO "TEMPO REAL"

Determinadas aplicações em sensoriamento remoto requerem a inspeção ou o acompanhamento da aquisição de dados in loco. Isto ocorre principalmente no caso de observação de fenômenos efêmeros ou transientes e em situações que requeiram tomada de decisões rápidas. Estas aplicações incluem fenômenos ou fatores relacionados ao clima (e.g. geadas), ao ambiente

(e.g. poluição), catástrofes (e.g. enchentes, incêndios), acompanhamento de produção (e.g. safras) e danos (e.g. geadas, pragas), policiamento (e.g. parques nacionais, reservas indígenas, etc.).

A inspeção de dados adquiridos por um sistema de sensoriamento remoto no próprio local de aquisição ou a bordo (i.e. em tempo real) facilitaria as aplicações acima e, adicionalmente, permitiria o *monitoramento* da missão de aquisição de dados. O simples *monitoramento* da aquisição de dados in loco poderia evitar, por exemplo, deslocamentos desnecessários da aeronave, causados por eventuais panes nos sistemas de aquisição de dados.

Para esse tipo de configuração, o sistema aerotransportado incluiria uma unidade de memória - gravação de dados e um monitor de vídeo (e.g. UAI - Master).

4. SENSORES

Para o sistema aerotransportado descrito neste trabalho, os critérios adotados para a escolha dos sensores são devidos aos seguintes fatores: (1) aproveitamento de sensores já existentes ou em desenvolvimento no INPE e (2) utilização de sensores de construção simples (e.g. ótica simples). Estes critérios visam: (1) redução do custo e (2) compatibilização com outros projetos em desenvolvimento.

Os dois tipos de sensores utilizados são descritos a seguir. A Figura 4 ilustra a integração destes sensores com os outros subsistemas de aquisição e análise de dados a bordo da aeronave e no solo.

4.1 - CÂMARAS IMAGEADORAS (CCD)

Câmaras imageadoras do tipo CCD teriam por finalidade obter dados na região do espectro eletromagnético do visível ($0,4\mu\text{m}$) ao infravermelho próximo ($1,1\mu\text{m}$). Os dados obtidos por estas câmaras servem para simular sensoriamento remoto do tipo orbital (e.g. LANDSATs, SPOT, Space Shuttle), obter configurações do tipo espectrômetro imageador e do tipo "smart". Estas aplicações ficam beneficiadas pelo emprego de sensores do tipo CCD, os quais permitem a obtenção de dados com alta resolução geométrica e radiométrica (e.g. 0,5% NE ρ P, para bandas de $0,020\mu\text{m}$ de largura, Schnetzler e Thompson, 1979). Estas características de resolução do sensor, combinadas com a possibilidade de variação em escala para sistemas aerotransportados, permitiriam atender a quase todos os tipos as aplicações ou pesquisas em sensoriamento remoto.

Para o sistema descrito seriam necessárias três câmaras imageadoras. A construção destas câmaras obedeceria a um projeto de construção simples e de baixo custo, através da utilização de sistemas óticos simples (i.e. ótica comercial) e sistema de detetores do tipo CCD comerciais (e.g. 1728 elementos).

A Figura 5 mostra um exemplo de uma câmara imageadora desenvolvida pelo INPE, a qual possui um dispositivo do tipo CCD, com 1728 elementos, o que permite uma resolução geométrica de 76cm a 3000m de altura. Este tipo de câmara atenderia aos propósitos descritos neste trabalho. As câmaras multiespectrais são dispostas de modo a observarem uma mesma área no terreno, conforme mostra a Figura 5b.

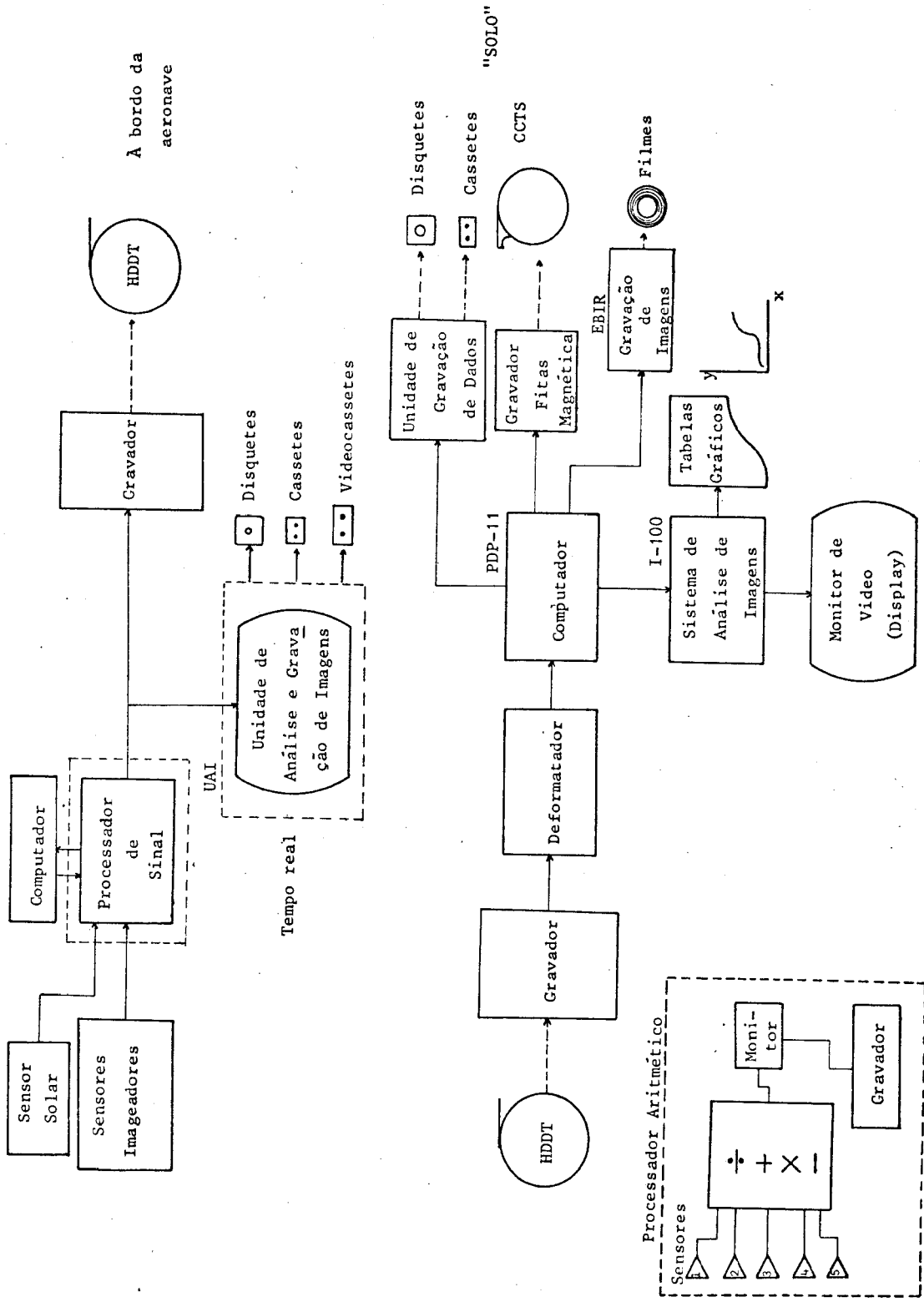


Fig. 4 - Diagrama esquemático para o sistema de sensoriamento remoto.

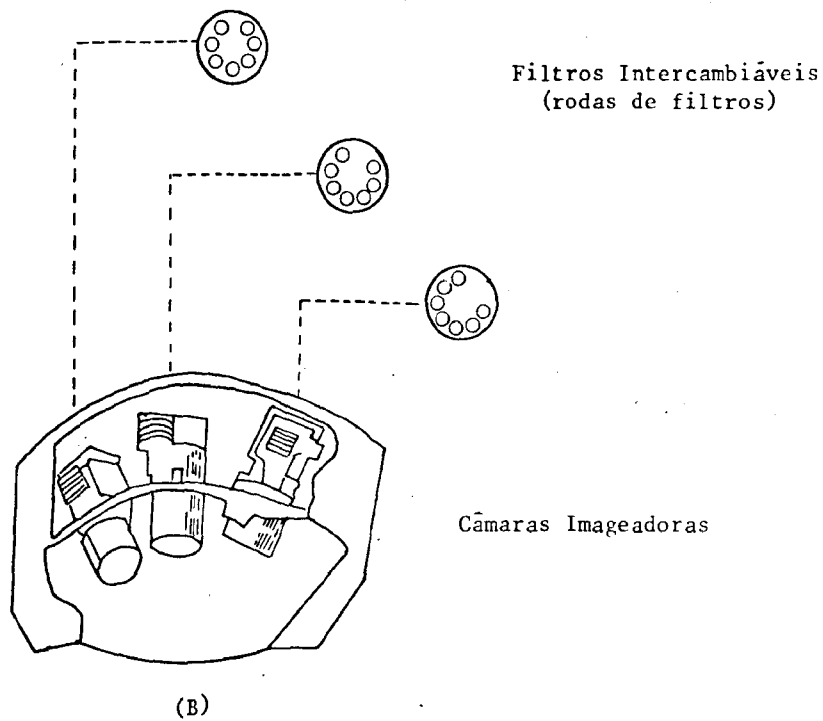
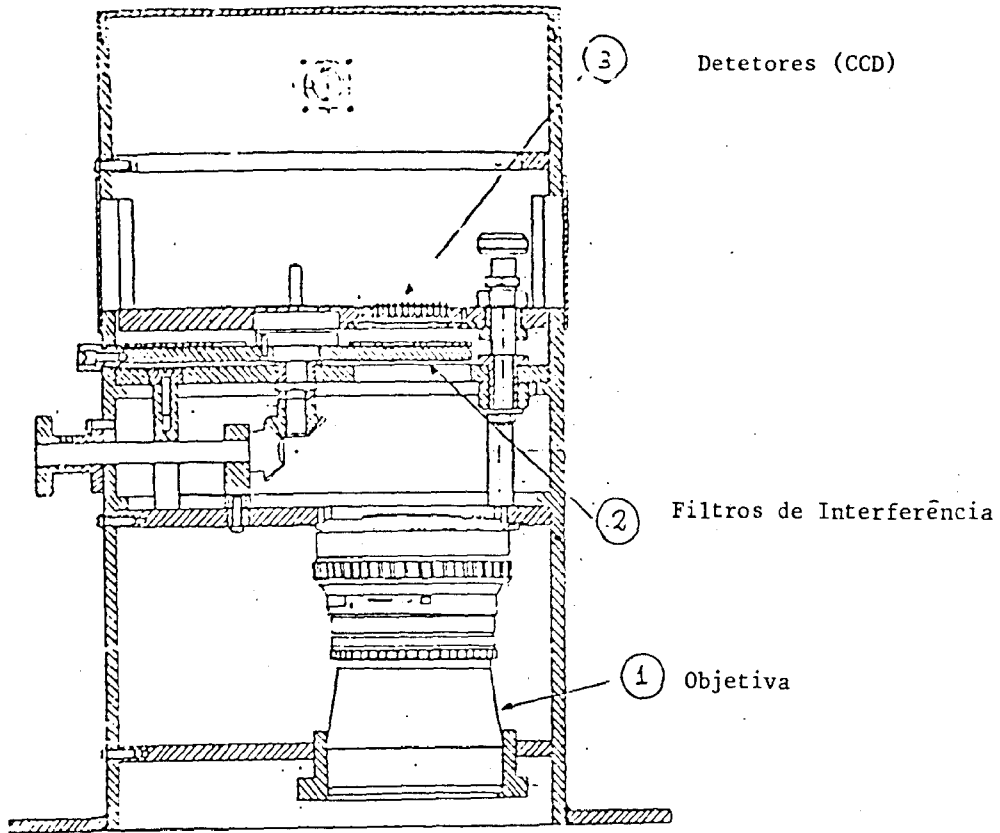


Fig. 5 - Câmaras imageadoras. (a) Esquema simplificado da câmara imageadora do INPE, (b) arranjo esquemático para as três câmaras imageadoras.

4.2 - IMAGEADOR DE VARREDURA MECÂNICA

O imageador de varredura mecânica visa a obtenção de dados nas regiões do infravermelho refletido e termal, correspondentes, por exemplo, às bandas espectrais do Mapeador Temático do LANDSAT. Com a utilização deste sensor, o sistema de sensoriamento remoto descrito ficaria completo para atender às aplicações e pesquisas em sensoriamento remoto (exceto microondas).

O imageador de varredura mecânica do INPE já se encontra em fase de teste e, para o sistema de sensoriamento remoto descrito neste trabalho, o sensor deve incluir dois elementos detetores, sendo um do tipo HgCdTe, adequado para a região do infravermelho termal, e outro detetor do tipo InSb, próprio para a região do infravermelho refletido (e.g. bandas 5, 6 e 7 do mapeador temático do LANDSAT). O sistema óptico deverá incluir um elemento dicróico de forma a separar a energia incidente em dois feixes, um para cada detetor (Figura 6). Filtros de interferência, antepostos aos detetores e utilizando diferentes combinações de detetores, permitem a obtenção de dados em diferentes porções do espectro na região do infravermelho como mostrado na Tabela 1.

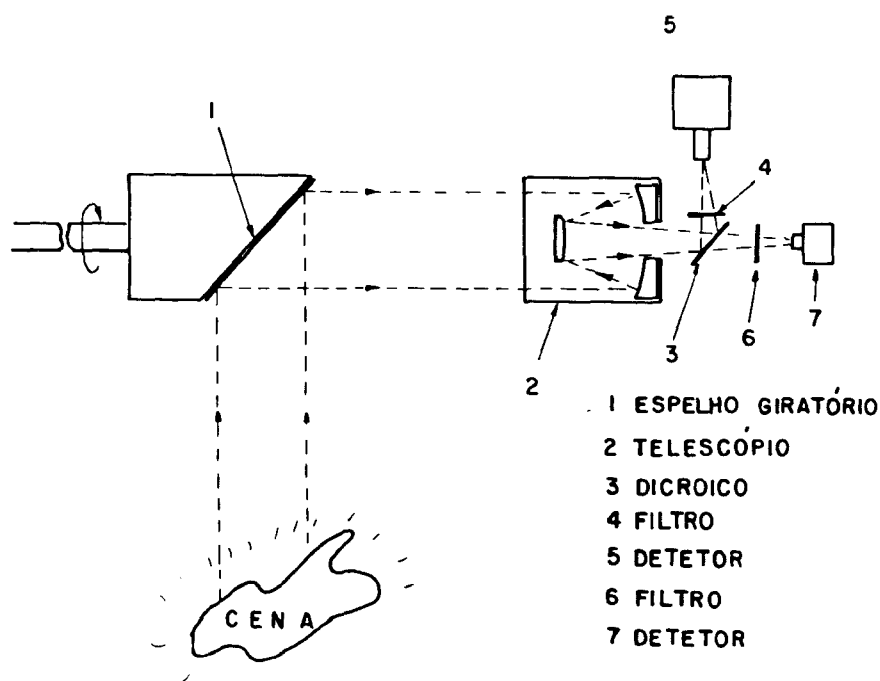


Fig. 6 - Representação esquemática do imageador para a região do infravermelho próximo e termal.

5. PROCESSAMENTO, GRAVAÇÃO E CONTROLE DE BORDO

Como mostrado na Figura 4, após a aquisição de dados através dos sensores descritos, estes dados passam através de um processador o qual pode executar diferentes funções, dependendo dos propósitos da missão de sensoriamento remoto ou da configuração seleccionada. Esta seleção é feita através de um microcomputador de bordo. Este microcomputador teria, portanto,

a finalidade de controlar qualquer tipo de operação a ser executada (e.g. tipo de processamento, gravação, visualização de dados, etc.) e serviria também para atualizações dos parâmetros da unidade de processamento (e.g. constantes, tabelas de comparação, etc.).

A unidade de análise de imagens, por exemplo do tipo UAI-Master, inclui um monitor de vídeo a cores e uma unidade de memória. Imagens analisadas através desta unidade de imagens podem ser selecionadas para gravação a bordo usando armazenamento de dados relativamente simples (e.g. disquetes, cassetes, etc.).

A aquisição de imagens pode também envolver somente gravação de dados a bordo em forma de fitas magnéticas de alta densidade. Neste caso, o processamento e a análise de dados ocorrem no *solo*, como mostrado na Figura 4.

6. CONCLUSÕES

A implementação de um sistema aerotransportado de sensoriamento remoto com as características descritas neste trabalho torna-se simplificada pelos seguintes fatores:

- 1) Disponibilidade de uma plataforma de coleta de dados (i.e. Aeronave Bandeirante).
- 2) Ocorrência frequente de missões de aerolevanteamento em diversos pontos do País.
- 3) Disponibilidade de sensores. Um imageador para a região do infravermelho próximo e termal já se encontra praticamente operacional. Uma câmara imageadora para a região do visível-infravermelho já foi testada pelo INPE.
- 4) Existência de sistemas de processamento, gravações e análise de dados (e.g. Image-100, EBIR).
- 5) Aproveitamento de sistemas de processamento, gravação e análise de dados desenvolvidos para outros experimentos do INPE.

Do ponto de vista de pesquisa e desenvolvimento, o sistema de sensoriamento remoto traria os seguintes benefícios ao usuário:

- 1) Oportunidade para desenvolvimento e teste de sistemas sensores.
- 2) Simulação de sensoriamento remoto orbital (e.g. Satélite Brasileiro e Space Shuttle).
- 3) Obtenção, a curto prazo, de dados para estudo de resposta espectral para diferentes alvos em diferentes regiões do País. Seleção de bandas espectrais mais propícias para o imageamento em diferentes áreas de aplicação (Geologia, Oceanografia, Agronomia, etc.).
- 4) Obtenção concomitante de dados auxiliares para sensoriamento remoto orbital.

As aplicações em sensoriamento remoto poderiam beneficiar-se dos seguintes fatores:

- 1) existência de facilidades e "software" para a análise de dados;
- 2) obtenção rápida de dados em diferentes épocas, horários e locais es colhidos;
- 3) Possibilidade de interação do usuário no processo de definição dos parâmetros da missão de sensoriamento remoto (e.g. resolução, bandas espectrais, etc.);
- 4) diversidade em produtos disponíveis (filmes, fitas magnéticas, cassetes, etc.).

- Abreviaturas

Image-100 - Analisador de Imagens Multiespectrais

MDAS - Multispectral Data Analysis System

UAI - Unidade de Análise de Imagens

MSS - Multispectral Scanner

TM - Thematic Mapper

SPOT - Systême Probatoire d'Observation de la Terre

µm - Micrometros

"Smart" - Sistema de sensoriamento remoto *inteligente*

CCD - Charge Coupled Device

NEρP - Sensitividade radiométrica

InSb - Antimoneto de índio

HgCdTe - Telureto de mercúrio-cádmio

CCT - Computer Compatible Tape

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRECKENRIDGE, R.A.; HUSSON, C. Smart sensors in space-craft: Impact and Trends. In: AMERICAM INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS. *Remote Sensing of Earth from Space: role of "smart sensors"*. New York, 1979. cap. 1, p. 3-12. (Progress in Astronautics and Aeronautics, v. 67).

CURRAN, P.J.; MILTON, E. The relationship between the chlorophyll concentration, LAI and reflectance of a simple vegetation canopy: *International Journal Remote Sensing*, 4(2):247-255, 1983.

HEILMAN, J.L.; HEILMAN, W.E.; MOORE, D.G. Evaluating the crop coefficient using spectral reflectance. *Agronomy Journal*, 74(6):967-971, 1982.

PETERS, D.C. Use of airborne multispectral scanner data to map alteration related to roll-front uranium migratium. *Economic Geology*, 78(4):641-653, 1983.

- REICHERT, P.G. The multispectral scanner as a research tool for signature measurements. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING FOR OBSERVATION AND INVENTORY OF EARTH RESOURCES AND THE ENDANGERED ENVIRONMENT, Freiburg, Germany, July 2-8, 1978. *Proceedings*, Freiburg, ISP/IUFRV, 1978, v. 1, p. 695-704 (International Archives of Photogrammetry, v. 27-7).
- SCHAPPELL, R.; TIETZ, J.C.; THOMAS, H.M.; LOWRIE, J.W. *Experimental and simulation study results for video land mark acquisition and tracking technology*, Washington, DC, NASA, 1979, 77 p. (NASA C.R. 158997).
- SCHNETZLER, C.C.; THOMPSON, L.L. Multispectral resources sampler: an experimental satellite sensor for the mid-1980s. In: SOCIETY OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS. *Space Optics*. Huntsville, Alabama, 1979. (Proceedings of SPIE, v. 183, p. 255-262).
- SEGAL, D. Theoretical basis for differentiation of ferril-iron bearing minerals using Landsat MSS data. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT AND THEMATIC CONFERENCE: REMOTE SENSING FOR EXPLORATION GEOLOGY, 2., Fort Worth, TX, 1982. *Proceedings*. Ann Arbor, MI, ERIM, 1982, v. 2, p. 949-951.
- WELMAN, J.B.; BRECKINRIDGE, J.B.; KUPFERMAN, P.; SALAZAR, R.P.; SIGURDSON, K.B. Imaging spectrometer technologies for advanced earth remote sensing. In: SOCIETY OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS. *Advanced multispectral remote sensing technology and application*. Bellingham, Washington, 1982. (Proceedings of SPIE, v. 345, p. 32-37).
- WELMAN, J.B.; GOETZ, A.F.H.; HERRING, M.; VANE, G. A Shuttle imaging spectrometer experiment for the late 1980's. *IEEE National Telesystems Conference*, California, Nov. 1983.