

## Caracterização espectral de sensores eletroópticos

Cibele Teixeira Pinto<sup>1,2</sup>  
Marcos Antônio Avelisio<sup>1,2</sup>  
Ruy Morgado de Castro<sup>1,2</sup>  
Romero da Costa Moreira<sup>1,3</sup>  
Enio Salvatore C. Esposito<sup>1</sup>  
Marcos Cavalcante de Melo<sup>1</sup>  
Keila Viana Couto<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Estudos Avançados - IEAv/CTA  
Caixa Postal 6044 – 12.231-970 – São José dos Campos - SP, Brasil  
{cibele, avelisio, rmcastro, moreira, enio, cavalcante, keila}@ieav.cta.br

<sup>2</sup>Universidade de Taubaté - UNITAU  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - Taubaté - SP, Brasil  
rmcastro@unitau.br

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
romero@ltid.inpe.br

**Abstract.** This paper describes the data acquisition system developed to spectral characterization of electro-optical sensors. The acquisition system has been tested with a photodiode, used to simulate a generic sensor. These first results show a good agreement between the photodiode spectral response and its specifications from manufacturer.

**Palavras-chave:** remote sensing, calibration, characterization, electro-optical airborne sensor, airborne optical scanner, sensoriamento remoto, calibração, caracterização, sensor eletroóptico aerotransportado, HSS.

### 1. Introdução

Para que as imagens de sensores eletroópticos sejam utilizadas quantitativamente, de forma a possibilitar a inferência de propriedades radiométricas do objeto de estudo (como por exemplo, a reflectância da superfície), é necessário que estes estejam devidamente calibrados. A calibração desses sensores visa identificar o relacionamento funcional entre o fluxo radiante que entra na abertura de coleta ao sinal de saída proporcionado pelo imageador, sendo a sensibilidade espectral um dos principais parâmetros a ser caracterizado.

Um esforço neste sentido foi iniciado com a montagem do Laboratório de Radiometria e Caracterização de Sensores Ópticos (LabCal) do IEAv, cujo objetivo inicial é realizar a caracterização dos sensores HSS, Moreira (2005), e MSS, do Sistema de Vigilância/Proteção da Amazônia (SIVAM/SIPAM). O LabCal, vem sendo montado desde o segundo semestre de 2005 e conta atualmente com os equipamentos necessários para a realização de uma caracterização espectral.

Os principais desafios na montagem do LabCal têm sido a caracterização e a integração dos equipamentos de calibração adquiridos, bem como a elaboração de uma metodologia de calibração espectral que possa ser utilizado nos sensores eletroópticos mencionados. Nesta primeira etapa do projeto vem sendo realizada a integração dos equipamentos, que funcionam de forma independente e com diferentes sistemas de aquisição de dados.

## 2. Caracterização espectral

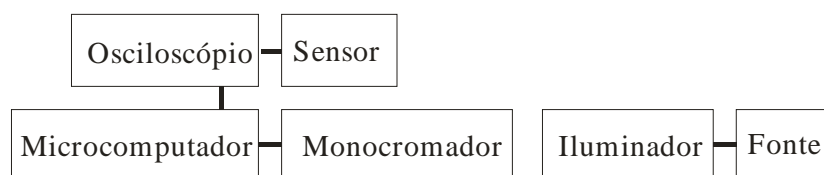
A caracterização espectral, Dinguirard (1999), é a determinação da sensibilidade do sistema sensor em relação ao comprimento de onda da radiação eletromagnética incidente. Nesse procedimento identifica-se a intensidade da resposta do sensor a um fluxo monocromático, com a qual se obtém a Função de Resposta Espectral (FRE). A técnica utilizada consiste em varrer, cada banda, em uma ampla faixa espectral, com um feixe de radiação monocromática projetado sobre a abertura do sensor.

A varredura espectral é obtida com o uso de um monocromador, o qual deve possibilitar uma boa amostragem espectral de cada banda do sensor. Para que isto seja possível, são utilizados tipos distintos de fontes incandescentes. Geralmente são utilizadas lâmpadas de filamentos de Tungstênio para as regiões do espectro visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, e um tipo de barra incandescente, conhecida como *Global*, para o infravermelho termal. Além, de possuir uma ampla faixa espectral, a fonte do feixe deve fornecer energia suficiente (intensidade) para sensibilizar os detectores em toda a região espectral a qual são sensíveis.

Outro aspecto que merece especial atenção é a resolução espectral do monocromador, pois para cada comprimento de onda fornecido por este equipamento, deve ser registrado o sinal gerado pelo detector do sensor. Sendo assim, quanto melhor for a resolução espectral do feixe, maior poderá ser a amostragem espectral e, conseqüentemente, melhor será a definição da FRE do sensor.

## 3. Arranjo experimental e aquisição dos dados

O arranjo experimental utilizado nesse trabalho consiste de: um monocromador Spectra Pro 2500i da Acton Research, que pode ser controlado por uma interface RS232; uma lâmpada incandescente de tungstênio de 50W, alimentada por uma fonte de tensão da Spectra Physics, e colocada em um iluminador, também da Spectra Physics; de um osciloscópio TDS2012 da Tektronix, que pode ser controlado por meio de uma interface GPIB; um microcomputador; e um sensor. O arranjo foi montado de acordo com o esquema apresentado na **Figura 1**.



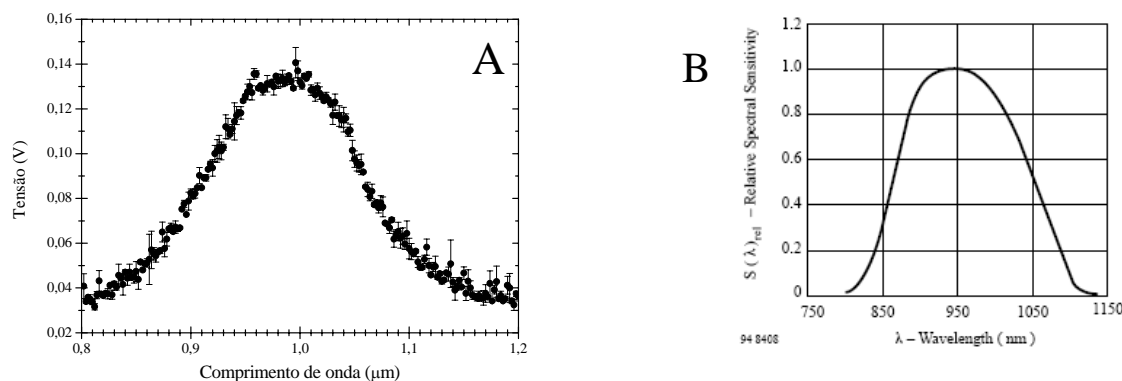
**Figura 1:** Diagrama esquemático do Arranjo Experimental. Neste arranjo, a radiação eletromagnética proveniente da lâmpada incide no monocromador, que por sua vez “seleciona” um comprimento de onda “monocromático” que incide no sensor.

Como os equipamentos utilizados possuem, originalmente, um funcionamento independente, foi necessário realizar a integração destes por meio de um programa desenvolvido na plataforma LabVIEW, que permitiu uma aquisição rápida e eficiente dos dados, dinamizando o processo de caracterização do sensor de teste.

O programa desenvolvido realiza automaticamente a seleção do comprimento de onda monocromática (dentro de uma faixa espectral determinada pelo operador) que emerge do monocromador em um dado instante, e solicita que seja realizada a medição da tensão no sensor. O programa apresenta graficamente o resultado da medição e registra os dados obtidos em um arquivo.

#### 4. Primeiros resultados

Para testar o arranjo experimental, bem como o sistema de aquisição de dados, foi utilizado com o sensor um fotodiodo BPW41N, BPW41N (1999), associado a um circuito eletrônico amplificador. O sensor de teste foi varrido espectralmente e, através do programa desenvolvido, foram registrados os comprimentos de onda da radiação emergente e as tensões medidas pelo osciloscópio. A partir dos dados obtidos foi elaborado o gráfico da FRE do sensor de teste, como pode ser observado na **Figura 2A**, sendo o resultado obtido é semelhante à especificação do fabricante do fotodiodo, **Figura 2B**.



**Figura 2:** A resposta espectral de um fotodiodo BPW41N obtida no teste de laboratório (A) é comparada à especificação do fabricante (B).

#### 5. Conclusão

Um teste de caracterização espectral de um fotodiodo comercial comum, foi realizado utilizando-se um programa de integração de dados de desenvolvido próprio do Laboratório de Caracterização de Sensores Ópticos do IEAv (LabCal). Os resultados mostraram-se concordantes com a especificação do fabricante para o componente utilizado como sensor de teste.

O trabalho vem sendo ampliado para a integração de novos equipamentos, a fim de possibilitar a utilização do LabCal para a completa caracterização de sensores eletroópticos imageadores. Muito embora os resultados alcançados sejam significativos, ainda é necessário realizar muitos outros estudos, como a caracterização isolada dos equipamentos, a fim de estabelecer os limites de funcionamento, e elaborar procedimentos que possibilitem a determinação das incertezas envolvidas nas medições.

#### Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao IEAv pela bolsa da Sra. Cibele T. Pinto e ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica do Sr. Marcos A. Avelisio.

#### Referências

BPW41N, Vishay Semiconductors, Silicon PIN Photodiode *Datasheet*, 1999. Disponível em <<http://www.vishay.com/docs/81522/81522.pdf>>. Acesso em 13 nov 2006.

Dinguirard, M.; Slater, P.N., **Calibration of space-multispectral imaging sensor: a review**, Remote Sensing of Environment, v. 68, p. 194-205. 1999.

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., 2005, Goiânia.

**Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 4517-4524. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.03.16.58/doc/4517.pdf>. Acesso em: 15 nov 2006.