

VII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota

Sexta Reunion Nacional
SELPER-Mexico

Latinoamérica Evaluada desde el Espacio
Puerto Vallarta, México

Memorias

Noviembre, 1995

AVALIAÇÃO ESPECTRAL DO ESPECTRORRADIÔMETRO SE-590

Elisabete Caria Moraes
Eugênio Sper de Almeida
Fábio Furlan Gama
José Luiz de Oliveira
Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais - INPE
C.P. 515 - CEP 12201-970 - S.J. Campos - BRASIL
E-mail: eugenio@dpi.inpe.br

Carlos Alberto Tissot
Centro Técnico Aeroespacial - CTA
12227-010 - S.J. Campos - BRASIL

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia de avaliação das características espectrais do espectrorradiômetro SPECTRON SE-590 e um modo de correção dos dados gerados pelo mesmo. Esta avaliação é de extrema importância na análise da assinatura espectral de alvos, pois permite detectar diferenças nas feições características do mesmo e identificá-las nas imagens geradas por sensores remotos, além de possibilitar a geração de dados de entrada em modelos de correção atmosférica nas faixas espectrais específicas dos canais dos satélites ambientais. Com esta finalidade realizou-se experimentos no Laboratório de Radiometria (LARAD) do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), onde foram utilizados uma fonte de iluminação padrão e um conjunto de filtros interferométricos nos comprimentos de onda de 558,3 nm, 589,6 nm, 630,5 nm e 732,0 nm, que foram posicionados entre a fonte e a unidade detetora do espectrorradiômetro. A partir dos sinais obtidos, gerou-se uma curva de calibração espectral através da interpolação desses valores, e comparou-se esta curva de calibração com os valores nominais do fabricante deste instrumento. Foi observado uma defasagem entre os canais e os seus respectivos comprimentos de onda, onde evidenciou-se a existência de degradação espectral do sensor. Recomenda-se, portanto, para garantir maior confiabilidade na análise dos dados obtidos através do espectrorradiômetro, o ajuste do sinal gerado pelo equipamento por meio desta metodologia.

1. INTRODUÇÃO

O espectrorradiômetro é equipamento essencial para o avanço da pesquisa básica em sensoriamento remoto, pois possibilita o conhecimento de feições espectrais do alvo ou do iluminante em estudo.

O principal objetivo da calibração de espectrorradiômetros é o de manter constante os resultados radiométricos obtidos com um mesmo alvo em épocas diferentes, sob as mesmas condições de iluminação e observação, pois os atributos inferidos pela medida são atributos do alvo e não do instrumento.

Infelizmente, a complexidade das condições físicas dos instrumentos, bem como os parâmetros da fonte existente no instante da medição, tornam a obtenção da calibração ideal um processo difícil, se não impossível. Desta forma, a regra básica que atende à necessidade de uma calibração ideal é, que deve ser perseguida é que a calibração deve ser conduzida sob condições que reproduzam e mantenham, tão completamente quanto possível, as condições sob as quais as medições serão realizadas.

A calibração de um instrumento requer um grupo funcional de dados relativos às características espectrais, espaciais, temporais e de polarização deste instrumento. Após a obtenção das informações relativos a estes quatro parâmetros, é necessário investigar a linearidade e o nível de ruído "background" do instrumento.

Este trabalho pretende demonstrar o método de avaliação das características de resolução espectral para uso em futuros trabalhos de calibração do espectrorradiômetro SE-590, através de experimentos realizados em laboratório.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O objetivo da calibração espectral é o de fornecer uma função que relaciona o comprimento de onda (λ) com o canal espectral do espectrorradiômetro, onde todos os comprimentos de onda de uma faixa espectral são amostrados simultaneamente.

O padrão ideal para este tipo de calibração é a utilização de uma fonte monocromática perfeita, equivalente a um gerador de onda senoidal eletrônico, que infelizmente não existe na prática. Entretanto, a calibração espectral pode ser realizada através do estímulo do espectrorradiômetro por uma fonte externa que possua características espectrais conhecidas. Desta forma, a fonte poderia ser de quatro tipos distintos:

- 1 - emissora radiante de faixa larga com filtros de interferência de faixa estreitas;
- 2 - emissora radiante de faixa larga com fluxo monocromático calibrado;
- 3 - emissora radiante de faixa larga com filtro de absorção de comprimentos de onda conhecidos; e
- 4 - emissora radiante com estrutura discreta de fluxo de emissão de comprimentos de onda conhecidos.

A fonte emissora radiante de faixa larga com fluxo monocromático calibrado fornece um método conveniente para a calibração espectral. Os sinais de saída resultantes consistem de uma linha espectral simples, onde o ruído pode causar uma alteração aparente da posição da linha durante as medições. Assim, é importante encontrar uma posição média da linha em relação ao número de medições. Este procedimento é repetido para um número suficiente de comprimentos de onda, no sentido de determinar a seguinte função:

$$\lambda = f(\sigma) \quad (1)$$

onde σ é a porcentagem de medição. Esta função pode ser determinada através do uso de técnicas de ajuste de curvas padrão.

Neste trabalho optou-se pelo uso de filtros de interferência com faixa espectral de passagem conhecida, para, em função dos valores do fluxo luminoso transmitido obtidos, analisar as características de resolução espectral do espectrorradiômetro SE-590.

3. MATERIAL E MÉTODO

Os equipamentos utilizados para a realização da calibração espectral do espectrorradiômetro "Spectron" SE 590, que é um instrumento portátil de alta resolução espectral (nominal de 8 nm), projetado especialmente para operações de medição de campo, foram:

a - espectrorradiômetro "Spectron" SE 590, composto de unidade detectora CE 390WB S/N 1445, com óptica de 15° e, unidade controladora modelo CE 500 S/N 1469;

b - fonte de iluminação halógena "Trump Halog" BNDE 7719 tipo projetor de slides;

c - placa de referência Spectralon-11, que foi utilizada como uma superfície refletora;

c - filtros de interferência nos comprimentos de onda $\lambda_1=558,3$ nm, $\lambda_2=589,6$ nm, $\lambda_3=630,5$ nm e $\lambda_4=732,0$ nm com largura de banda de 1nm, 0,7nm, 1nm e 2nm respectivamente.

Também foram utilizados os seguintes recursos:

d. - microcomputador Lap-top Zenith e;

e - programa espectro, utilizado na redução de dados (Steffen, 1993).

Como o experimento tem por objetivos avaliar a banda efetiva e, verificar a veracidade da calibração espectral fornecida pelo fabricante do espectrorradiômetro SE-590, através dos valores do fluxo luminoso transmitido espectral obtidos, utilizou-se no experimento quatro filtros de interferência especificados para os seguintes comprimentos de onda: $\lambda_1=558,3$ nm, $\lambda_2=589,6$ nm, $\lambda_3=630,5$ nm e $\lambda_4=732,0$ nm. Estes filtros permitem a passagem do fluxo incidente numa largura de banda de 1nm, 0,7nm, 1nm e 2nm respectivamente.

A Figura 1 apresenta a montagem do experimento, no qual a fonte de luz encontrava-se posicionada a 45° em relação a placa de referência e a uma distância de 95cm e altura de 65cm da mesma. A unidade detectora, com uma abertura óptica de 15°, foi mantida a uma distância normal da placa de referência de 50cm, e próximo da unidade detectora foi fixado, através de um suporte específico, cada um dos quatro filtros.

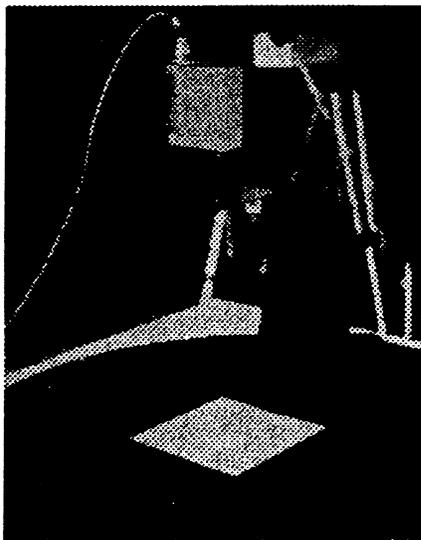


Fig. 1. Disposição parcial dos equipamentos utilizados no experimento.

O espectrorradiômetro foi programado para que cada espectro coletado equivalesse a uma média de quatro espectros observados, garantindo maior representação do fluxo de energia transmitido pelo filtro do alvo em questão.

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Com a avaliação do sinal relativo ao fluxo de energia espectral transmitido pelos filtros, pode-se analisar a eficácia da banda efetiva e aferir a calibração espectral fornecida pelo fabricante do espectrorradiômetro para os comprimentos de onda relativos aos filtros utilizados.

A Figura 2 representa o fluxo luminoso transmitido pelos filtros interferométricos 558,3 nm, 589,6 nm, 630,5 nm, 732,0 nm, obtidos pelo espectrorradiômetro.

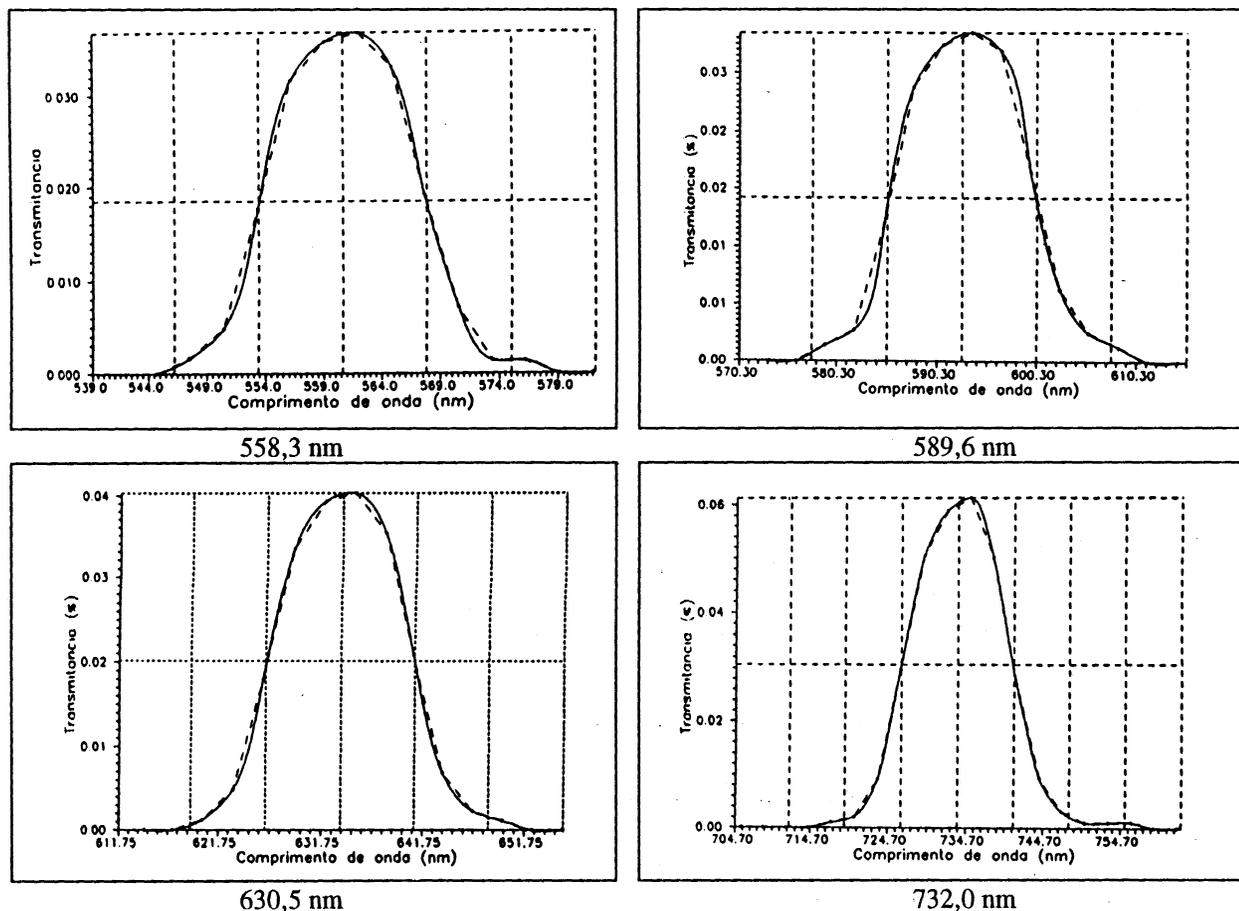


Fig. 2. Gráfico representativo da transmitância obtida no espectrorradiômetro SE-590 para o filtros interferométricos 558,3 nm, 589,6 nm, 630,5 nm, 732,0 nm.

É verificado que a banda efetiva (feixe de média potência) é de aproximadamente 14 nm, enquanto que a banda nominal especificada pelo fabricante é 1,78 vezes maior, ou seja, 8 nm. Conclui-se, portanto, haver uma deterioração do equipamento com o seu uso. Também verifica-se um desvio de aproximadamente 2 nm para as faixas de máxima transferência dos filtros de interferência utilizados.

Para a análise da banda efetiva foi realizada uma comparação entre valores de canal espectral (eixo "y" esquerdo), correspondentes aos valores de comprimento de onda nominal (eixo "y" direito) fornecida pelo fabricante, com os valores de comprimento de onda utilizados no experimento (eixo "x"). Neste caso, os valores

utilizados no experimento correspondem aos comprimentos de onda dos filtros de interferência utilizados, ou seja, $\lambda_1=558,3\text{nm}$; $\lambda_2=589,6\text{nm}$; $\lambda_3=630,5\text{nm}$ e $\lambda_4=732,0\text{nm}$. A interpolação destes quatro pontos fornece uma reta (contínua), chamada de reta de calibração espectral, correspondente à situação encontrada neste experimento. Os eixos "y" direito e "x" possuem uma correspondência biunívoca direta representada pela reta pontilhada.

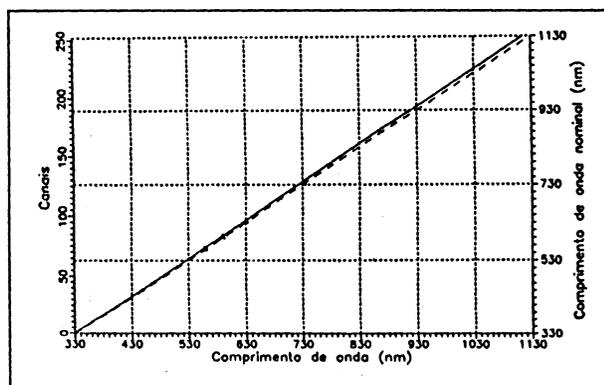


Fig. 3 Calibração espectral do espectrorradiômetro SE 590 S/N 1445.

A interpretação desta figura fornece, através da função geradora da reta ou curva contínua, o valor real do comprimento de onda em função do canal espectral resultante do processo de medição. É interessante observar, que a situação ideal esperada seria aquela onde as duas retas contínua e pontilhada coincidissem, porém observa-se um pequeno desvio para a correspondência dos valores de comprimento de onda esperado (nominal/real), verificado através da reta de interpolação.

Este processo de obtenção da calibração espectral é tão mais preciso, quanto maior for o número de pontos medidos no eixo "x", determinando uma função de calibração espectral mais próxima da realidade. Outra maneira de se obter esta função, seria através do uso de uma fonte de luz com raios definidas e conhecidas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Slater, P.N., (1988), Remote Sensing, Optics and Optical, Addison-Wesley, 575 p.
 SPECTRON SE-590, (1980), Operating Manual, Spectron Engineering Inc., 40 p.
 Steffen, C.A., Moraes, E.C. e Gama, F.L., Tutorial 2: Radiometria. VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10-14 de maio, Curitiba, Brasil, 26p.
 Wyatt, C.L., (1978), Radiometric calibration: theory and methods. 1ª ed. New York, Academic Press, Inc., 200 p.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Carlos Alberto Steffen pelo apoio durante a realização do experimento.