

# Comportamento Espectral e Alvos Urbanos: simulação com as bandas espectrais do satélite CBERS

Rita de Cassya Almeida Sousa <sup>1</sup>

Hermann Johan Heinrich Kux

{rcassya, herman}@ltid.inpe.br

**Abstract.** This article describes the case of urban spectral signatures and the simulation

**Palavras-chave:** remote sensing, urban spectral signatures, CBERS, sensoriamento remoto, comportamento espectral alvos urbanos, CBERS

## 1. Introdução

O acelerado processo de crescimento das cidades é um fenômeno constante na realidade atual. Faz-se necessário um monitoramento permanente deste cenário. Neste sentido, o Sensoriamento Remoto apresenta-se como um instrumento de grande potencial para o levantamento e avaliação, devido à possibilidade de monitoramento em tempo quase real.

O estudo de áreas urbanas pode ser feito em várias escalas de acordo com a abordagem definida. Nestas diferentes escalas de abordagem, estão presente os produtos de sensores remotos.

A primeira escala de abordagem é aquela que tem por objetivo identificar a estrutura urbana-regional, ou seja, a visão da cidade e do seu entorno. Foresti (1990) acrescentou que os sensores remotos orbitais proporcionam uma visão integrada que permite avaliar as condições ambientais urbanas e, a análise multitemporal favorece o estudo de acompanhamento e alteração da expansão urbana.

A segunda escala de abordagem é o estudo do espaço intra-urbano, isto é, a estrutura interna da cidade e a distribuição dos elementos que compõem este ambiente. A fotografia aérea é a mais utilizada para isto devido à resolução espacial fina. Porém o alto custo de aquisição e processamento destes dados torna o seu uso economicamente inviável em muitos casos, principalmente se forem necessárias atualizações frequentes de informação.

O conhecimento das características espectrais dos alvos urbanos é uma informação importante na classificação do uso do solo através de imagens de satélites. Isto porque os alvos intra-urbanos são integrados num mesmo pixel quando se usa sensores de baixa resolução. Por esta razão o conhecimento do comportamento espectral dos componentes do pixel pode ser útil para a aplicação de modelos de mistura que permitem a decomposição da radiância em proporções de radiâncias de elementos puros ou “endmembers”.

As imagens dos sensores orbitais, disponíveis no momento, devido a baixa resolução espacial apresentam limitações na discriminação de alvos urbanos. Para os sensores de alta resolução espacial, por exemplo: Ikonos, Quick bird, o conhecimento do comportamento espectral de alvos urbanos não é relevante, porque o reconhecimento é feito pela forma, textura, arranjo e não espectralmente.

O objetivo deste trabalho é discutir a importância do conhecimento comportamento espectral de alvos urbanos para identificar o potencial das bandas do sensor CCD do satélite

CBERS de discriminá-los a partir de um estudo de caso realizado em São José dos Campos. O estudo do comportamento espectral de alvos urbanos pode ser um instrumento indicador das características e dinâmica de uma área.

Segundo Milton (1978) a importância e necessidade de medir a reflectância espectral das superfícies naturais ou artificiais podem ser justificadas, no mínimo, por três motivos:

1. A necessidade de ampliar o entendimento da relação entre a reflectância espectral e os mais variados tipos de superfícies.
2. O motivo para coleta de dados espectrais “*in situ*” é que ele permite avaliar o potencial de sensoriamento remoto das diferentes bandas espectrais para um alvo específico.
3. O dado espectral “*in situ*” é fundamental para avaliar a performance dos sistemas de sensoriamento remoto existente, através da sincronia das medidas feitas em campo com as medidas feitas pelo satélite na data da passagem pelo local de estudo.

A reflectância é uma grandeza de difícil medição em campo ou em laboratório, normalmente, utiliza-se uma grandeza equivalente chamada de fator de reflectância. Este é definido como a razão entre a radiância da amostra em um dado comprimento de onda e aquela de um elemento de superfície lambertiana ideal, nas mesmas condições de iluminação e visada, afim de minimizar os efeitos das variações das condições do campo de luz no momento da amostragem.

Na prática, a superfície ideal é representada por uma placa de referência de Sulfato de Bário ou Óxido de Magnésio, a qual deve ser calibrada em laboratório com relação a uma placa padrão. Resumindo, pode-se dizer, que o fator de reflectância é a relação, adimensional, entre a radiância da amostra e a radiância da placa de referência. Da mesma forma que a reflectância, o fator de reflectância depende não somente das propriedades da amostra mas também da geometria e da natureza espectral da aquisição dos dados (Steffen, 1993).

Segundo Jensen(1986) alguns fatores influenciam na resposta espectral dos alvos, a saber, a relação geométrica entre a energia incidente e o ângulo de visada do sensor, os efeitos atmosféricos e as propriedades físicas dos materiais estudados. Aliado a estes fatores, as superfícies adjacentes, contribuem na medida do fator de reflectância do alvo estudado.

A assinatura ou o comportamento espectral de um alvo representa, como e quanto esse alvo reflete ou emite ao longo do espectro eletromagnético.

Forster (1985) esclarece que uma área urbana é formada por diversos tipos variados de alvos (concreto, asfalto, telhados de vários materiais, solo exposto, grama, água etc...), e muitos destes alvos, são menores que a resolução de um pixel.

Um estudo para identificar as propriedades refletivas da superfície do asfalto e do concreto foi realizado por Staenz e Itten,(1982). Foram feitas oito medidas radiométricas, seis do concreto e duas do asfalto, em estrutura, estado da superfície e tempo de uso diferentes, num período de 5 meses (maio/setembro). O resultado mostrou um largo intervalo de variação do fator de reflectância do concreto. Na região do visível, de 9 – 35 %, contra 5 – 11% do asfalto, no infravermelho próximo variaram de 12 – 40% e 6-13%, respectivamente. Segundo os autores, a variação do fator de reflectância do concreto está relacionada à composição do material, ao tipo de estrutura da superfície, ao tempo de uso e à geometria de iluminação. Os autores concluem ainda, que o desgaste da superfície do concreto não influenciou no fator de reflectância por um período de 4 meses, o que descarta a necessidade de medidas radiométricas num curto intervalo de tempo para este material.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1 Área de Estudo**

A área selecionada para este estudo está situada no bairro Jardim Paulista, no município de São José dos Campos, Estado de São Paulo. Escolheu-se esta área por esta reunir os materiais utilizados com maior frequência nas coberturas de residências e comerciais brasileira.

Trata-se de uma área de uso Misto II, segundo a lei de zoneamento do Uso do solo do Município, onde é permitida a instalação de lojas, hotéis, bares. O bairro Jardim Paulista, com a instalação do Terminal Rodoviário F Ozanam e a proximidade do centro comercial do município, entre outros fatores, auterou o uso do solo permitido no bairro de predominantemente residencial para uso misto. A área de estudo corresponde a 400m<sup>2</sup>, e está situada no cruzamento das ruas Itororó e Genésia B. Tarantino, em frente ao terminal Rodoviário Interestadual.

## 2.2 Materiais estudados

Para melhor entendimento dos resultados, a tabela 1 apresenta uma descrição das características dos materiais estudados.

Tipo de material	Características da Superfície			
	Cor	Estrutura	Tempo de Uso	Estado da Superfície
Telha de Amianto 1	Cinza	amianto+cimento	± 20 anos	resíduos orgânicos
Telha de Amianto 2	Cinza	idem anterior	± 20 anos	resíduos orgânicos
Telha de Barro	Avermelhada	argila+água	± 8 meses	limpo.
Telha de Zinco 1	Metálica	zinco	± 3 anos	limpo
Telha de Zinco 2	Metálica	zinco	± 10 anos	Oxidação e camada Impermeabilizante.
Concreto	Cinza-claro	areia+cimento+brita	indefinido	poeira fina
Asfalto	Preto	brita+betume	indefinido	poeira fina

Tabela 1 – Características da superfície dos materiais estudados

Foram utilizados os seguintes materiais:

Equipamentos:

- Clinômetro – Dispositivo utilizado para medir o grau de inclinação das superfícies.
- Bússola – Aparelho utilizado para obtenção do ângulo de orientação dos alvos em relação ao norte magnético.
- Espectroradiômetro – SPECTRON, modelo SE 590. Aparelho portátil desenvolvido para operações de medição de campo. Fabricado pela empresa norte-americana Spectron Eng. Inc.
- Placa de referência- Estojo com superfície interna recoberta com Sulfato de Bário (BaSO<sub>4</sub>).
- Tripé – Dispositivo utilizado para apoiar o radiômetro SPECTRON com objetivo de garantir estabilidade ao aparelho durante a leitura radiométrica .

Aplicativos:

- Espectro – Programa desenvolvido no laboratório de Radiometria – LARAD do INPE, com o objetivo de facilitar a transferência e o tratamento de espectros obtidos com o SPECTRON

SE 590 e permitir a geração de arquivos compatíveis com outros programas de tratamento de dados de processos experimentais.

## **2.3 Método**

As etapas desenvolvidas neste trabalho corresponderam a 3 fases, a saber: Coleta de dados, Pré-processamento e Processamento.

### **2.3.1 Coleta de Dados.**

Iniciada com a coleta dos dados radiométricos utilizando o SPECTRON SE-590 com ângulo de visada ajustado para 1°, acoplado a um tripé.

Logo após, foi determinado o número de medidas a serem realizadas para cada amostra para obtenção do espectro médio. Neste experimento foram determinadas 3 medidas por amostra.

O espectoradiômetro foi colocado sob o primeiro alvo, com ajuda de uma escada, o clinômetro garantiu o ângulo de visada a nadir, sendo então iniciada a medição dos espectros com a tecla SCAN/WRITE: primeiro a leitura da placa de referência, em seguida, a leitura da amostra.

Em paralelo a leitura dos espectros foi realizada a medição do azimute, inclinação das superfícies e ângulo de orientação dos alvos, em relação ao norte magnético para cada uma das amostras. Estes dados foram anotados numa planilha de campo.

Estes procedimentos foram repetidos para os demais alvos, telha de amianto, telha de barro, concreto e asfalto. O único material medido de forma diferente foi a cobertura de zinco 2, pois não foi possível subir na cobertura devido a altura. A solução adotada foi a simulação da cobertura no chão, com as mesmas características (inclinação, orientação e tipo de placa).

### **2.3.2 Pré-Processamento**

Esta etapa foi realizada no Laboratório de radiometria – LARAD. A unidade controladora SE-590 conectada a um microcomputador, onde o programa Espectro está instalado, permitiu a leitura, transferência e o tratamento dos dados gravados na fita cassete.

A etapa seguinte foi realizada no microcomputador utilizando o programa ESPECTRO. Inicialmente, aINSPEÇÃO/ESPECTROS permite visualizar os espectros após a operação realizada no arquivo. Na sequência, foi executada a CALIBRAÇÃO/RELATIVA obtendo-se a razão espectral de dois espectros de um mesmo arquivo, sendo que foi necessário codificar de forma SELETIVA cada espectro, como amostra ou referência. Após este procedimento foi acionado a opção de CALIBRAÇÃO. Foi escolhido o modo TEMPORAL de calibração já que os pares amostra/referência possuem horários de medição muito próximos.

Na sequência, aplicou-se um FILTRO do tipo mediana, opção de 3 pontos, com objetivo de reduzir o nível de ruído nos espectros. Em seguida, obteve-se a MÉDIA dos espectros. esta etapa foi necessário identificar, a partir de uma planilha de apoio, os espectros referentes às amostras estudadas. No caso deste trabalho, os três primeiros pares de espectro (amostra/placa) referem-se à cobertura de amianto, recebendo o número 1, e assim, sucessivamente até a última amostra.

### **2.3.3 Processamento**

O processamento foi realizado com a transferência do arquivo UR12G.DAT para o programa em IDL, onde foi possível exibir os gráficos das curvas espectrais dos alvos e um gráfico do fator de reflectância espectral médio dos alvos relacionados às bandas do sistema CBERS

### 3. Resultado e Discussão

A figura a seguir, exibe a curva de distribuição do fator de reflectância de alvos urbanos, em função do comprimento de onda.

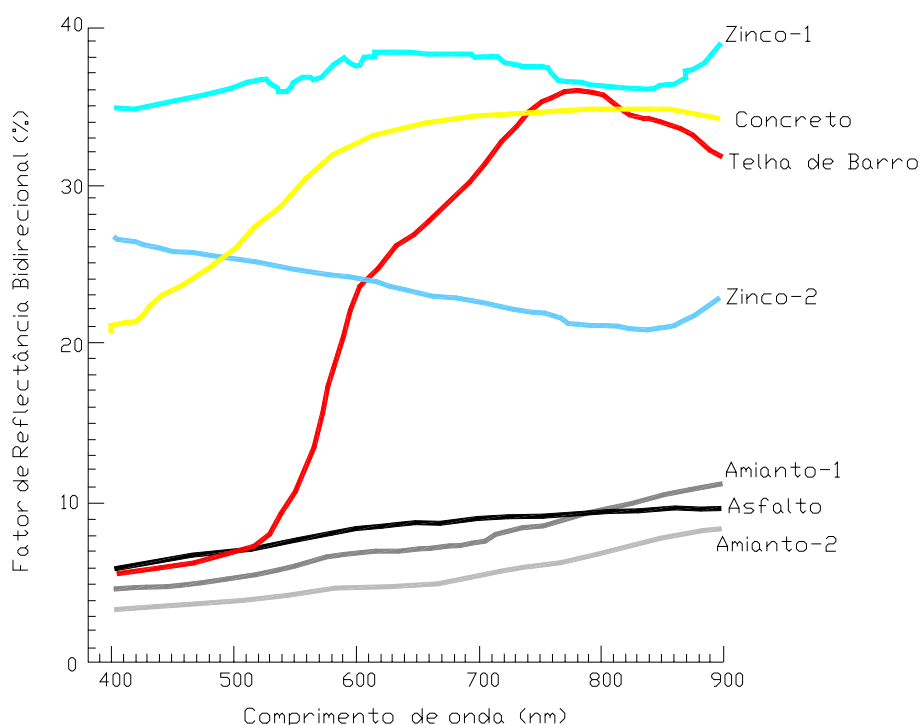


Fig. 2 - Comportamento espectral dos alvos estudados neste trabalho.

O concreto e o asfalto, as telhas de amianto 1 e 2, apresentam subida na região do azul (400–500 nm) ao infravermelho (700-800 nm), ou seja, aumentando as suas reflectâncias em função dos comprimentos de onda. Segundo Bowker et al (1985), este é um comportamento típico de alguns materiais encontrados em ambientes urbanos.

Entre os materiais estudados neste trabalho, o valor mais elevado do fator de reflectância bidirecional, em torno de 40%, corresponde ao maior comprimento de onda, 900 nm. Estes valores pertencem à cobertura de Zinco 1. No entanto, o mais baixo fator de reflectância de aproximadamente 3,5%, foi encontrado no menor comprimento de onda, 400 nm., trata-se dos valores atribuídos à cobertura de amianto do tipo 2.

Nota-se, a similaridade do comportamento espectral referentes às coberturas de amianto 1 e 2. As curvas iniciam-se na região do azul, em subida suave até seu cume em 900 nm, região do infravermelho próximo. Esta semelhança era esperada visto que os materiais apresentam a mesma constituição estrutural, situação da superfície e tempo de uso, conforme descrito na Tabela1.

As respostas espectrais das coberturas de zinco 1 e 2, geraram uma semelhança entre as curvas a partir do infravermelho. Este comportamento pode ser justificado pela mesma composição estrutural e geometria dos alvos durante a leitura (inclinação da cobertura, azimute e ângulo de elevação solar). O curto intervalo de tempo entre a tomada de medida das amostras tornou a variação do ângulo de incidência solar desprezível.

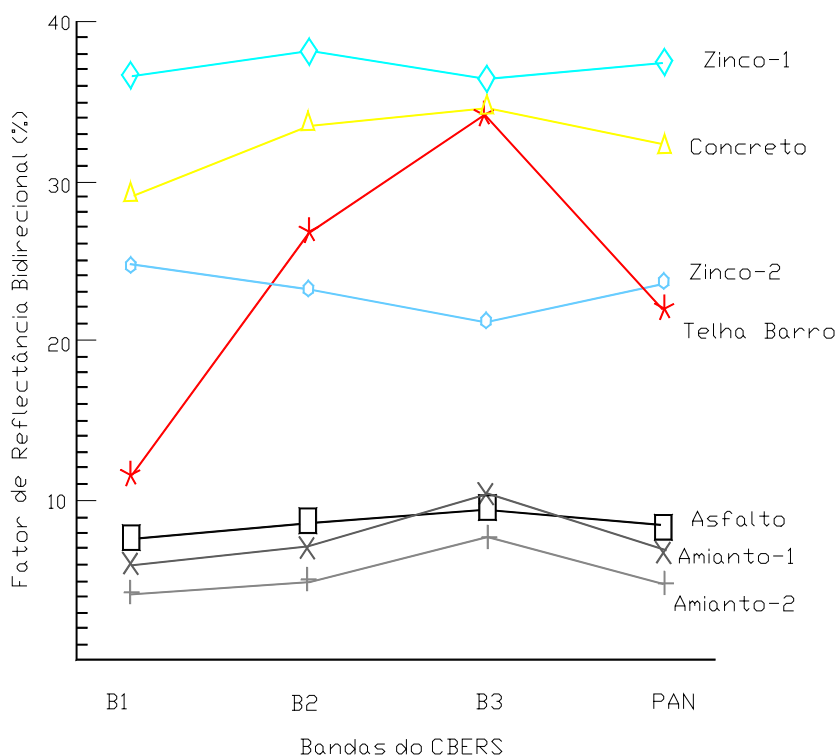
Em torno de 850 nm localiza-se uma suave concavidade de absorção, presente nas duas curvas. A razão mais provável para esse fato, é a influência de um dos elementos que compõe o material. A faixa do visível, é onde as diferenças, tanto a espectral, quanto do ponto de vista real, são facilmente perceptíveis. A telha de zinco 1 possui uma superfície limpa, brilhante e de forma canelada, enquanto a telha 2, modelo ondulado, encontra-se revestida por um produto impermeabilizante de cor branca e superfície oxidada em alguns pontos. As características citadas explicam a resposta espectral do alvo, na região do visível, após interagir com a radiação solar.

Ainda na faixa do visível, na região do verde, a pequena interrupção na ascendente curva espectral da cobertura de zinco 1, pode caracterizar-se como uma banda de absorção. O mesmo não acontece com a curva espectral da cobertura de zinco 2, que apresenta-se de forma decrescente, sem indicar picos de absorção ou reflectância.

A telha de barro apresenta-se com uma faixa ampla de absorção na região do azul e parte do verde. A partir daí, inicia uma ascensão brusca, concentrando-se mais na região do vermelho, até o seu valor mais elevado de reflectância de 36%, na região do infravermelho próximo ( $\pm 870\text{nm}$ ), para então, iniciar uma suave diminuição do seu fator de reflectância.

A maior concentração no vermelho, justifica-se pela pigmentação avermelhada da telha e pelo seu bom estado de conservação com a superfície limpa e sem nenhum resíduo acumulado, ocasionado pelo pouco tempo de uso. O pico de reflectância no infravermelho pode ser justificado por um dos elementos estruturais do material.

Analizando as curvas espectrais referentes às bandas do satélite CBERS, B1, B2, B3 e Pancromática relacionadas com as respostas espectrais dos materiais estudados. Obteve-se o Gráfico 1 abaixo.



Na banda 1 apresenta-se como uma boa opção para discriminação dos elementos estudados. O concreto apresenta-se bem diferenciado da telha de zinco 1.

A banda 2 apresenta um acréscimo na reflectância da telha de barro, em torno de 16 %, uma pequena queda de 3% na reflectância da telha de zinco tipo 2 e um pequeno acréscimo na reflectância do concreto de 5%. Decorrente desse comportamento, a utilização desta banda para diferenciação de alguns elementos fica prejudicado, por exemplo: a telha de barro e a telha de zinco tipo 2. No entanto, estes dois são bem discriminados na banda 1.

O asfalto e as telhas de amianto 1 e 2 apresentam-se com pouca variação do fator de reflectância em relação à banda 1 e Pancromático.

A banda 3 apresenta uma situação defavorável na discriminação da telha de barro, concreto e telha de zinco 1, devido a diferença de aproximadamente 2,5% entre seus valores do fator de reflectância. O mesmo acontece com o fator de reflectância do asfalto e da telha de amianto. Esta banda seria indicada para discriminação entre as coberturas de telha de zinco tipo 2 e concreto, visto que a maior diferença encontra-se entre os dois materiais, na ordem de 14%.

A banda Pancromática apresenta uma boa discriminação entre alguns materiais estudados. No entanto, encontra-se com a menor diferenciação entre as coberturas de telha de barro e a de zinco tipo 1 e 2, na ordem de 2,5 %.

O asfalto apresenta uma baixa reflectância (menor que 10%) em todas as bandas. Um recurso útil, para discriminação das coberturas de amianto seria a razão de bandas.

Destaca-se que a banda 2 apresentou resultado bastante próximo à banda pancromática. No entanto a melhor banda, vai depender do tipo de material mais encontrado na área que pretende-se estudar.

#### **4. Considerações Finais**

Este trabalho permitiu conhecer alguma das características do ambiente urbano, especialmente as feições espectrais dos diferentes materiais que compõem a paisagem urbana.

Os resultados obtidos mostram a validade do experimento e sugere ampliação do experimento, objetivando minimizar quaisquer distorções e contribuir para a posterior classificação digital dos dados CBERS

É importante destacar que os resultados apresentam coerência (Staenz e Itten, 1982) (Bowker et al, 1985), no entanto são preliminares devido a sua pouca representatividade quantitativa e qualitativa.

Conhecer o comportamento espectral, dos diversos elementos que compõem os alvos urbanos e sua distribuição, possibilitará caracterizar, de forma mais precisa, os diferentes usos da terra urbana, se forem realizados estudos sistemáticos de espectroradiometria. Por exemplo, o concreto e as telhas de zinco são bons indicadores de áreas industriais.

Para melhorar a caracterização dos materiais e superfícies do ambiente urbano, sugere-se através de medidas radiométricas, utilizar uma quantidade maior de amostras, efetuar leituras num intervalo de tempo aproximado de 4 meses e sob ângulos de inclinação diferentes, o mais próximo do mundo real.

Finalmente, a continuidade deste trabalho pelo INPE poderá contribuir fortemente na otimização do uso de dados CBERS no estudo de alvos urbanos.

#### **Referências Bibliográficas**

BEGNI, G. Adaptation of the SPOT spectral bands to spectral signatures of objects. **International Symposium of Remote Sensing of environment**, 16, v2, Ann Arbor, Michigan, ERIM, 1982

- BOWKER, D. E.; DAVIS, R. E.; MYRICK, D. L.; STACY, K.; JONES, W. T. **Spectral reflectance of natural targets for use in remote sensing studies**. Washington, DC, NASA, 1985 (NASA RP 1139)
- COSTA, S.M.F; **Avaliação de técnicas de processamento digital de imagens TM LANDSAT aplicado à delimitação de áreas urbanas**. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos , INPE, 1990.
- EPIPHANIO, J. C.; FORMAGGIO, A R.; VALERIANO, M. M.; OLIVEIRA, J. B. **Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo**, 1992
- FORESTI, C. **Avaliação e monitoramento ambiental da expansão urbana do setor oeste da área metropolitana de São Paulo: através de dados e técnicas de sensoriamento remoto**. Tese de doutorado em Geografia Física, USP, Dept. de Geografia FFLCH, 1986.
- FORSTER, B. C. **An examination of some problems and solutions in monitoring urban from satellite platforms**. International Journal of Remote Sensing, v.6(1): 139-151, 1985.
- \_\_\_\_\_ **Prediction of urban surfaces reflectance from LANDSAT data using mixed surfaces models**. Signatures spectrales d'objects en teledetection Colloque. Avignon, France, 8-11, 1981.
- \_\_\_\_\_ **Some urban measurements from LANDSAT data**. Photogrametric Engineering and Remote Sensing, 49 (12) 1693-1707, 1983.
- FORSTER, B. C.; Jones, C. **Urban density monitoring using high resolution spaceborne systems**. International Symposium on Photogrametry and Remote Sensing XIXth Congress, Kyoto, 189-195, 1988.
- JENSEN, J. R. **Urban/Suburban land use analysis**. Manual of Remote Sensing, 2ed. Falls Church, American Society of Photogrametry, 1983, V2, Chapter 30, p. 1571-1666.
- MILTON, E. J. **Portable multiband for ground data collection in remote sensing**. 5<sup>th</sup> Annual Conference of the Remote Sensing Society, Durham, England, 1978.
- PADILHA, R.C. B. L.A. **Sensoriamento em estudos intra-urbanos**. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, INPE, 1995.
- STEFFEN, C. A DE OLIVEIRA, J. L.; F F. GAMA. **O Programa Espectro**, 1992 (NT LARAD 01/92)b
- STEFFEN, C. A, **Radiometria Espectral**, VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, 1993.
- WELCH, R. **Spatial resolution requirements for urban studies**. International Journal of Remote Sensing, 3(2): 139-146, 1982.