

## Avaliação de alvos em áreas sob desertificação no semi-árido paraibano com base nos sensores Hyperion e LANDSAT 7 ETM+

Luciano José de Oliveira Accioly<sup>1</sup>  
Edlene Aparecida Monteiro Garçon<sup>1</sup>  
Marcia Rejane Oliveira Barros<sup>1</sup>  
Fabio Botelho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> EMBRAPA Solos – UEP Recife  
Rua Antônio Falcão, 402- Boa Viagem - Recife - PE, Brasil  
CEP: 51020-240  
oaccioly@uep.cnps.embrapa.br

**Abstract.** This paper describes the use of radiance spectra from a Hyperion scene to characterize the main targets present in the semiarid region of Paraíba state (Brazil) subject to desertification process. These spectra were also compared with Landsat 7 ETM+ radiance spectra. Target were: green vegetation, dry caatinga vegetation, silted water, clear water, degraded rangeland, and bare soil. The results showed the advantage of hyperspectral data set over broad band multispectral data in characterizing the targets and in obtaining spectral indices such as the normalized difference vegetation index (NDVI).

**Palavras-chave:** hyperspectral remote sensing, image spectroscopy, desertification, sensoriamento remoto hiperespectral, espectroscopia de imagem, desertificação.

### 1. Introdução

O uso e o manejo inadequado dos solos são apontados como as principais causas de origem antrópica relacionadas com a desertificação. O extrativismo vegetal e mineral, assim como o superpastoreio das pastagens nativas ou cultivadas e o uso agrícola por culturas que expõem os solos aos agentes da erosão são as principais causas dos processos de desertificação (Accioly, 2000). O sensoriamento remoto tem sido uma das principais ferramentas para a avaliação e o monitoramento dos processos de desertificação (Costa et al., 2002; Altobelli et al., 2001; Sommer, 2001). A utilização de sensores remotos hiperespectrais na avaliação do fenômeno da desertificação no semi-árido do Brasil ainda é incipiente. Sensores como AVIRIS (Airbone Visible/Infrared Imaging Spectroradiometer) imagearam áreas do Brasil, porém nenhuma imagem foi produzida para o bioma caatinga (principal área de ocorrência da desertificação no Brasil).

A perspectiva de que com a espectroscopia de imagem é possível identificar feições de absorção associadas à degradação ambiental do semi-árido motivou o interesse no uso de imagens hiperespectrais para identificação de áreas em processo de desertificação. Assim sendo este trabalho teve por objetivos o estudo de curvas espectrais extraídas do sensor Hyperion em áreas sob processo de desertificação e a comparação destas curvas com a resposta espectral do sensor ETM+.

### 2. Material e Métodos

A área de estudo (coberta pela cena Hyperion 216-65 de 20 de Julho de 2002) está localizada no semi-árido da Paraíba entre as latitudes 6°45'20''S e 6°46'12''S e longitudes 37°40'47''W e 37°54'52''W. Nesta cena estão localizados parte do açude de Coremas e a área urbana do município de Nova Olinda. Os solos desta área foram classificados e mapeados

(escala 1:500.000) por Jacomine et al. (1972) como Luvisolos Crômicos (cerca de 80% da área) e Neossolos Regolíticos. Segundo a classificação de Koppen o clima da região é quente e úmido com chuvas de verão-outono ( $Aw'$ ) com precipitação média anual de 800 mm (Jacomine et al., 1972). A cobertura dos solo da área estudada é composta por vegetação natural (caatinga hipoxerófila), pastagens, agricultura de subsistência, solo exposto e afloramento de rochas. Nas áreas com pastagens predomina o capim panasco (*Aristida* sp.). Vários pequenos açudes e barreiros compõem a paisagem da área alguns dos quais, devido à degradação da área, apresentam alto grau de assoreamento.

As cenas Hyperion fornecidas pelo USGS (nível 1 de processamento) vem em radiância (16 bits de resolução radiométrica) e apresentam uma relação sinal/ruído que varia entre 190 e 40 com o aumento do comprimento de onda. A faixa espectral das 220 bandas do sensor vai de 0,4 a 2,5  $\mu\text{m}$  com largura de banda em torno de 10 nm. Das 220 bandas, 198 são calibradas e duas representam um “overlap” nas regiões do infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas. Portanto, 196 bandas foram utilizadas neste estudo correspondendo as bandas de número 8 a 57 na faixa do visível e infravermelho próximo e as de número 79 a 224 na faixa do infravermelho de ondas curtas. A cena do sensor Hyperion foi corrigida a uma cena do Landsat 7 ETM+ obtida na mesma data. O erro de correção foi inferior a 0,5 píxels. As curvas espectrais de diferentes alvos foram analisadas e confrontadas com as curvas espectrais extraídas do sensor Landsat 7 ETM+. Para algumas das comparações o efeito de primeira ordem da atmosfera foi removido pelo método dos alvos escuros, utilizando-se para tanto a radiância de águas escuras de açudes onde, aparentemente, a ocorrência de sedimentos era baixa. Os dados do sensor ETM+ foram calibrados para radiância utilizando-se os valores de  $L_{\text{min}}$  (radiância mínima) e  $L_{\text{max}}$  (radiância máxima) conforme **Tabela 1**.

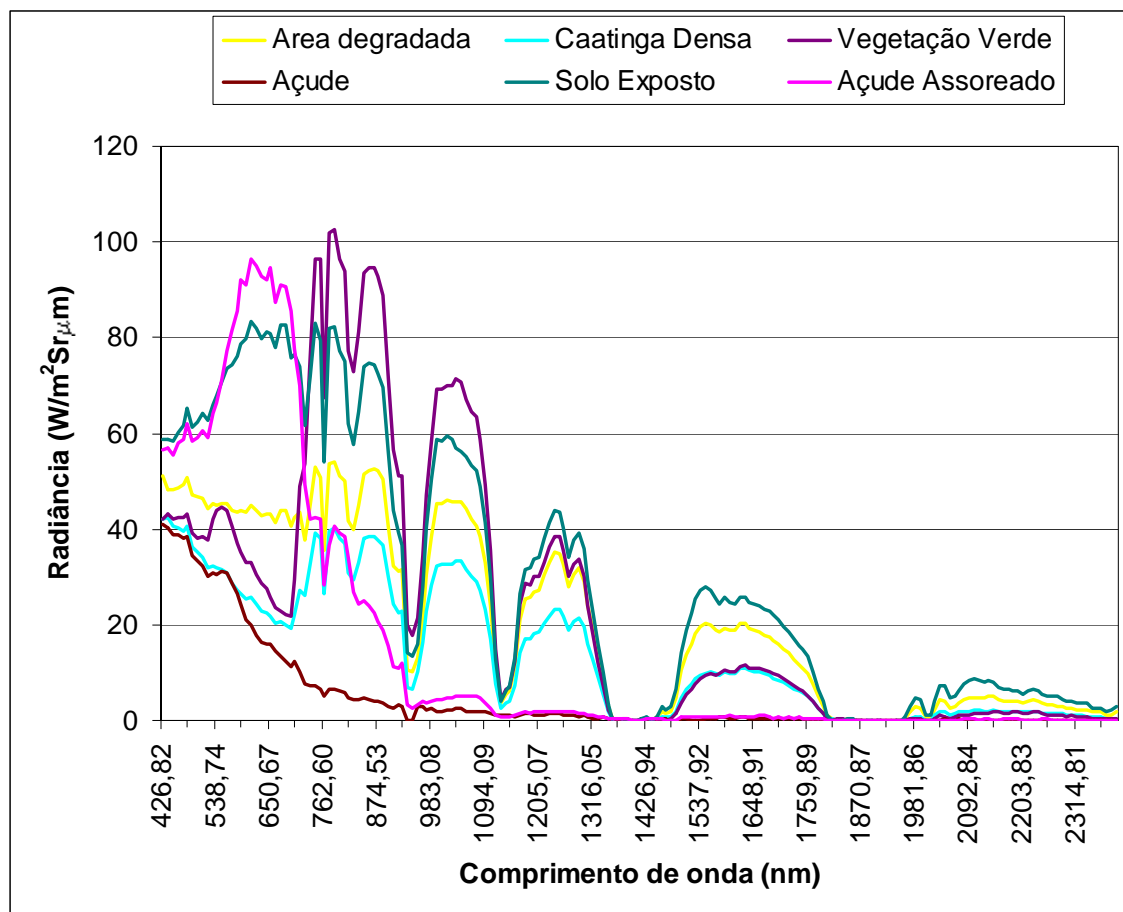
**Tabela 1.** Coeficientes de calibração utilizados na conversão de nível de cinza (NC) em radiância (L) para o sensor ETM+

Banda	Faixa espectral ( $\mu\text{m}$ )	$L_{\text{min}}$ ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{Sr}\mu\text{m}$ )	$L_{\text{max}}$ ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{Sr}\mu\text{m}$ )
1	0,45 – 0,52	-6,20	191,60
2	0,52 – 0,60	-6,40	196,50
3	0,63 – 0,69	-5,00	152,90
4	0,76 – 0,90	-5,10	157,40
5	1,55 – 1,75	-1,00	31,06
7	2,08 – 2,35	-0,35	10,80

### 3. Resultados e discussão

A **Figura 1** apresenta as curvas espectrais extraídas dos principais tipos de cobertura encontradas na cena dos sensor Hyperion. Na referida figura os efeitos de primeira ordem da atmosfera (“upwelled-radiance” ou a radiância que atinge diretamente o sensor proveniente da atmosfera) podem ser visualizados na curva espectral das águas não assoreadas (alvos para os quais se esperam radiâncias próximas a zero na faixa espectral do sensor Hyperion) de um dos açudes da área imageada. Devido a contribuição do espalhamento do tipo Rayleigh a radiância que chega ao sensor diretamente da atmosfera é maior nos comprimentos de onda menores (faixa do azul).

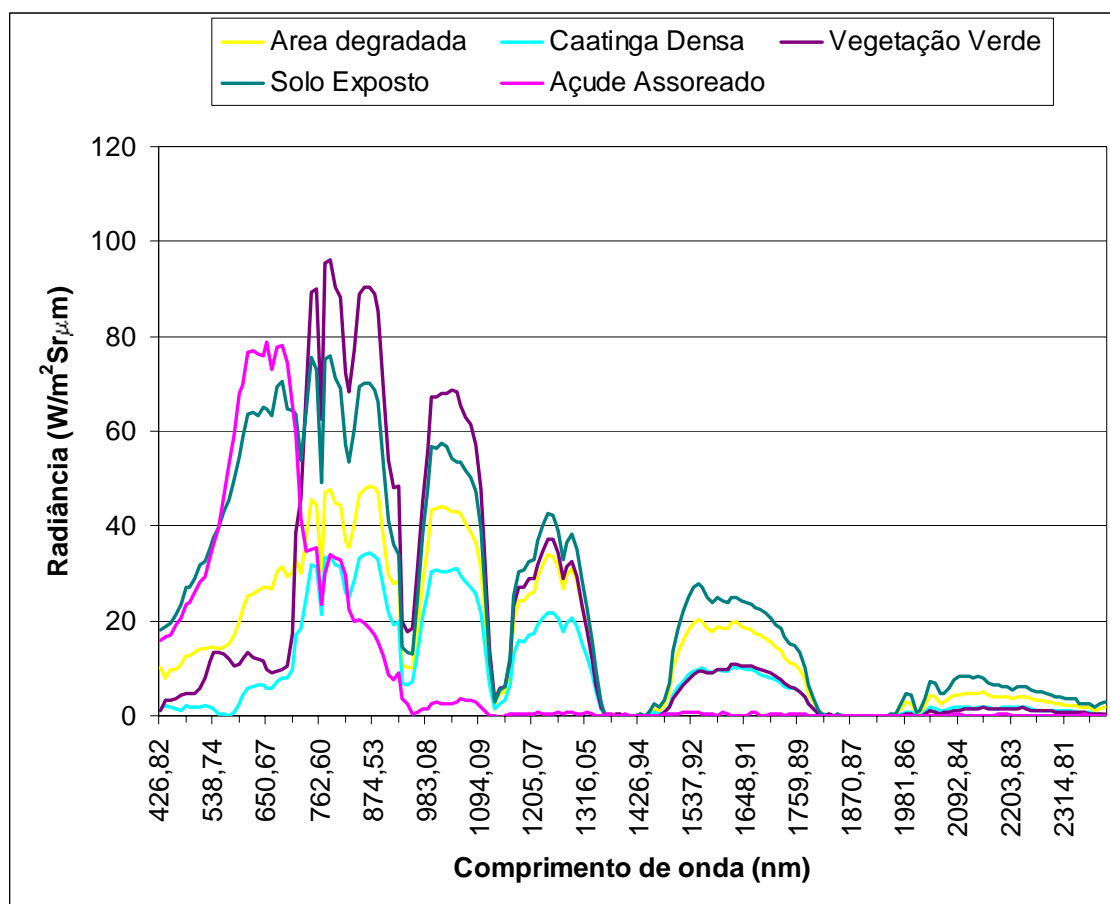
A remoção da “upwelled-radiance” é uma das maneiras de se aumentar o contraste entre os alvos nesta região do espectro eletromagnético. A **Figura 2** apresenta as curvas espectrais da vegetação verde (mata ciliar), caatinga seca densa, solo exposto, área degradada (pastagem em processo de desertificação) e açude assoreado após a remoção da “upwelled-radiance”.



**Figura 1.** Curvas espectrais dos principais tipos de cobertura presentes na cena Hyperion.

As três áreas vegetadas (área degradada com pastagem, área com caatinga densa seca e áreas com vegetação verde) apresentam curvas espectrais diferentes tanto na magnitude da radiação quanto na intensidade das feições de absorção. São notadas na curva espectral da vegetação verde as bandas de absorção provocadas pela clorofila na região do azul e do vermelho e um pequeno pico de radiação na região do verde. Nota-se, também, a acentuada mudança nos valores de radiação no limite entre as regiões do vermelho e do infravermelho próximo (fronteira do vermelho ou “red edge”). Na caatinga densa e seca as feições de absorção pela clorofila são pouco pronunciadas e, como era de se esperar, há ausência do pico de radiação na região do verde. Quando comparada à vegetação verde, a ausência de folhas da caatinga densa seca, responde pelos baixos valores de radiação na região do espectro eletromagnético situada entre, aproximadamente, 700 e 1300 nm. A resposta espectral nesta região tem sido utilizada para detectar estresse hídrico em plantas (Campbell, 1987). Além dos 1300 nm as diferenças entre a vegetação verde e a caatinga seca são mascaradas pelas

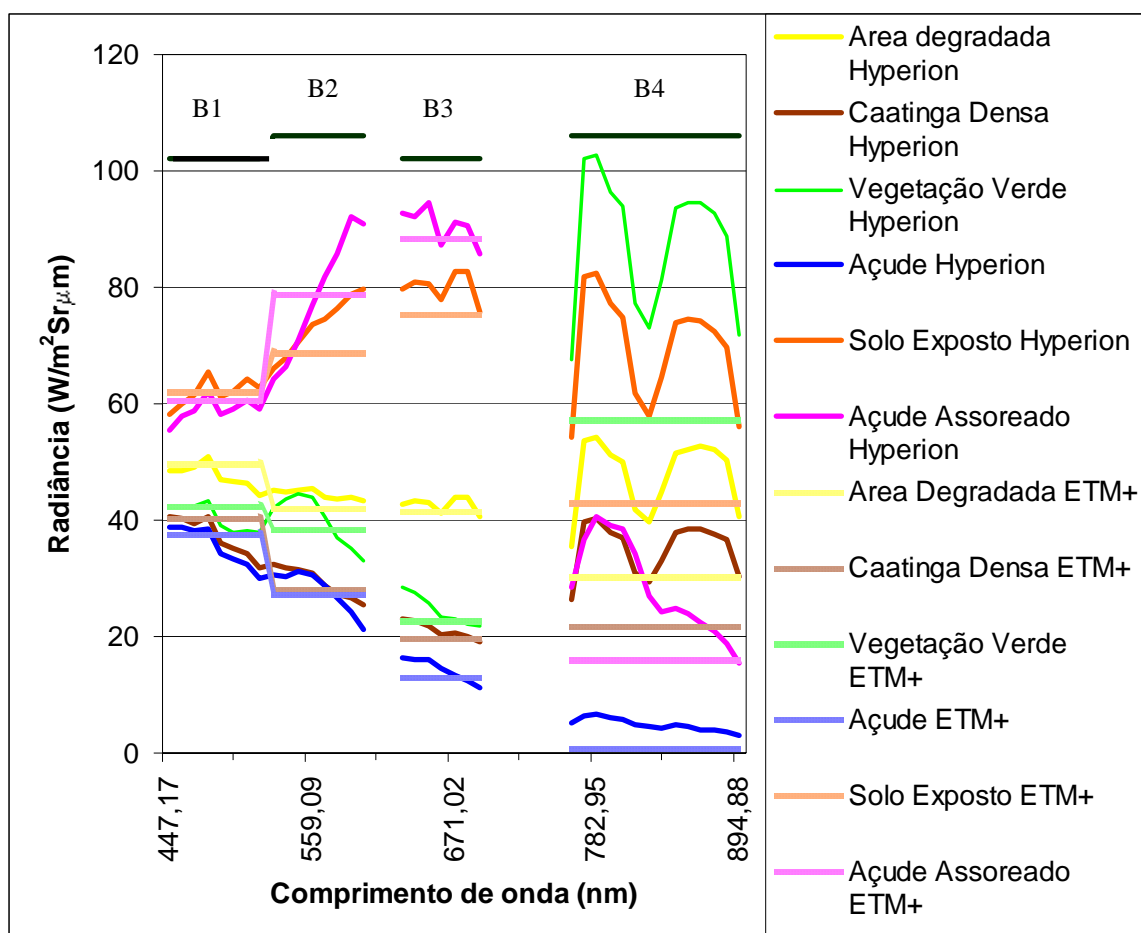
bandas de absorção da água presente na atmosfera (em torno dos 1400 nm e 1900 nm). A influência do solo sobre a resposta espectral da pastagem degradada (composta, principalmente pelo capim panasco seco) reduz, substancialmente, as feições de absorção e as características de reflectância encontradas na vegetação verde. A resposta espectral do solo exposto apresenta uma banda de absorção nas proximidades de 2200 nm característica de ligações Al-OH, presentes no mineral de argila caulinita (vide detalhe na **Figura 4**). A água do açude assoreado apresenta elevada resposta espectral nas regiões do visível e do infravermelho próximo chegando a quase zero a partir de, aproximadamente, 980 nm.



**Figura 2.** Curvas espectrais dos principais tipos de cobertura presentes na cena Hyperion após a remoção da radiação detectada diretamente pelo sensor proveniente, exclusivamente, da atmosfera (“upwelled-radiance”)

As **Figuras 3 e 4** apresentam comparações das respostas espectrais, em termos de radiação, entre os sensores Hyperion e ETM+. Em ambas as Figuras foram mantidas as radiações provenientes de alvos escuros (“upwelled-radiance”) para efeito de comparação entre o detalhe apresentado pelo sensor Hyperion e a resposta do sensor ETM+ com relação a esta contribuição da atmosfera. Os valores de radiação obtidos com a calibração radiométrica do sensor ETM+ foram comparáveis para todas as bandas aos do sensor Hyperion, exceto, para a banda 4 onde os valores de radiações do sensor ETM+ foram, sensivelmente, menores do que

os apresentados pelo sensor Hyperion (**Figura 3**). As feições de absorção detalhadas pelo sensor Hyperion são integradas dentro das faixas espectrais do sensor ETM+ e, portanto, não aparecem nas curvas espectrais deste sensor, havendo, portanto, perda de informação espectral. O detalhamento da curva espectral apresentada pelo sensor Hyperion proporciona a seleção de bandas mais adequadas para a obtenção de índices, tais como o índice de vegetação da diferença normalizada (IVDN) dado pela seguinte equação :



**Figura 3.** Comparações entre as respostas espectrais dos sensores Hyperion e ETM+. B1, B2, B3 e B4 denotam, respectivamente, as faixas espectrais cobertas, aproximadamente, pelas bandas 1, 2, 3 e 4 do sensor ETM+.

$$IVDN = (Rad. NIR - Rad. Verm.) / (Rad. NIR + Rad. Verm.) \quad (1)$$

Onde:

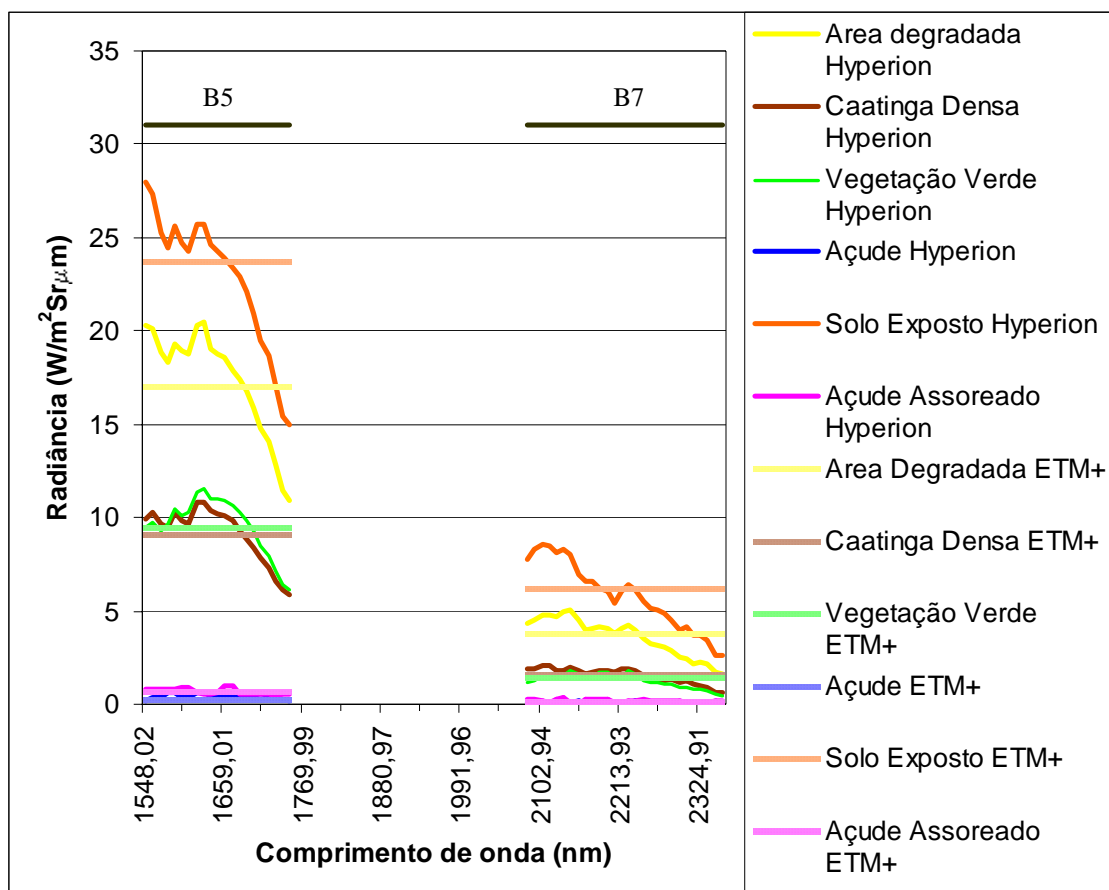
Rad. NIR = Radiância no Infravermelho Próximo

Rad. Verm = Radiância no Vermelho

Assim sendo o IVDN para o alvo vegetação verde é 0,43 para o sensor ETM+ e 0,65 quando são consideradas as bandas 34 (691,37 nm) e 43 (782,95 nm) nas regiões do vermelho e do infravermelho próximo, respectivamente, do sensor Hyperion. Espera-se, portanto, que

índices de vegetação obtidos com o sensor Hyperion, como o IVDN, sejam mais sensíveis às variações no verdor dos vegetais imageados.

Da mesma forma, em se tratando de alvos minerais, o solo exposto apresenta uma feição na curva espectral extraída do sensor Hyperion na faixa de 2200 nm que pode ser atribuída à presença do mineral de argila caulinita (não evidente na resposta espectral do sensor ETM+) (Figura 4).



**Figura 4.** Comparações entre as respostas espectrais dos sensores Hyperion e ETM+. B5 e B7 denotam, respectivamente, as faixas espectrais cobertas, aproximadamente, pelas bandas 5 e 7 do sensor ETM+.

#### 4. Conclusões

- 1 – O detalhamento das curvas espectrais do sensor Hyperion permite uma melhor distinção entre alvos, comumente, presentes em áreas sob processo de desertificação;
- 2 – Feições de absorção presentes nas curvas espectrais do sensor Hyperion permitem melhorar técnicas de realce (como os índices de vegetação) o que não é possível com o sensor ETM+;

## 5. Referências

Accioly, L.J. de O. Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.25,n.1., p.23-25, 2000.

Almeida Filho, R.; Shimabukuro, Y. E. Detecting areas disturbed by gold mining activities through JERS-1 SAR images, Roraima State, Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 17, p. 3357-3362, 2000.

Altobelli, A.; Feoli, E.; Vuerich, L.G.; Woldu, Z. Data integration and scenario simulation in a degraded and degrading area of East Africa (Tigray, Ethiopia). In: Enne,G; Peter, D.; Pottier, D. Desertification convention – Data and information requirements for interdisciplinary research. European Commission, Alghero, 2001. p.69-77.

Campbell, J.B. Introduction to remote sensing. New York: The Guilford Press, 1987. 551 p.

Costa, T.C.C.; Accioly, L.J.O.; Oliveira, M.A.J.; Burgos,N.; Silva, F.H.B.B. Phytomass mapping of the “Seridó Caatinga” vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indeces. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 4, p. 707-715, 2002.

Jacomine, P.K.T.; Ribeiro, M.R.; Montenegro, J.O.; Silva, A.P da.; Melo Filho, H.F.R de. Levantamento Exploratório – Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. *SUDENE, Boletim de Pesquisa* 15, 1972. 667p.

Sommer, S. Assessment of data requirements and availaility for remote sensing based land degradation and desertification monitoring in the mediterranean basin. In: Enne,G; Peter, D.; Pottier, D. Desertification convention – Data and information requirements for interdisciplinary research. European Commission, Alghero, 2001. p.141-150.