

## AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO POR IMAGENS DE SATÉLITE

*Joel Medeiros Bezerra<sup>1</sup>; Geber Barbosa de Albuquerque Moura<sup>2</sup>; Glécio Machado Siqueira<sup>3</sup>; Paulo Cesar Moura da Silva<sup>4</sup>; Hélio Nogueira Bezerra<sup>5</sup>; Arthur Mattos<sup>6\*</sup>*

**Resumo** – Tomando-se por base o emprego crescente do sensoriamento remoto nos recursos naturais, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de realizar a avaliação da dinâmica espaço temporal da temperatura de superfície terrestre em área semi-árida do Brasil, visando identificar respostas espectrais dos diversos usos da terra, com base em imagens do Mapeador Temático do Landsat 5, no período de 2007 a 2010, utilizando-se métodos e técnicas advindos de geotecnologias. O presente trabalho foi realizado na área do Parque Nacional da Furna Feia e perímetro irrigado de baraúnas, localizados nos municípios de Mossoró e Baraúna - RN. Foram utilizadas seis imagens do satélite Landsat 5-TM, as quais foram obtidas no INPE, da órbita/ponto 216/63. Para a visualização e realização das operações matemáticas intra e inter banda, registro, recortes, classificação, fez-se necessário a utilização de Sistema de Informações Geográficas (SIG), no caso o ERDAS Imagine 9.1 da Leica Geosystems® e o Arcgis 9.3 da ESRI. Os resultados demonstram que: Presenciou-se a ampliação das ações antrópicas de substituição da cobertura vegetal nativa por áreas de agricultura irrigada, em virtude da elevação da temperatura da superfície terrestre; O uso de tais técnicas fomentam a implementação do planejamento, gerenciamento e monitoramento do uso do solo.

**Palavras-Chave** – técnicas espaciais, mapeamento, gerenciamento.

## ASSESSMENT OF THE DYNAMICS OF LAND SURFACE TEMPERATURE IN BRAZILIAN SEMIARID IN SATELLITE

**Abstract** – Taking as a basis the increasing use of remote sensing in natural resources, developed in this work aiming to perform the evaluation of spatial temporal land surface temperature in the semi-arid region of Brazil, to identify the different spectral responses land uses, based on images from the Landsat 5 Thematic Mapper, in the period 2007-2010, using methods and techniques coming from geotechnology. This study was conducted at the National Park of the Furna Feia area and the irrigated perimeter Baraunas, located in the municipalities of Mossoró and Baraúnas - RN. We used six Landsat satellite images TM-5, which were obtained at INPE, the orbit / point 216/63. For the visualization and implementation of mathematical operations within and between band record, clippings, classification, it was necessary to use Geographic Information System (GIS) in case the ERDAS Imagine 9.1 Leica Geosystems® and ESRI Arcgis 9.3. The results show that: Witnessed the broadening of anthropogenic replacement of native vegetation with areas of irrigated agriculture, because of the temperature rise of the earth's surface; Using such techniques foster the implementation of planning, managing and monitoring land use.

**Keywords** – space techniques, mapping, management.

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. joel\_medeiros@oi.com.br;

<sup>2</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. geber@depa.ufrpe.br;

<sup>3</sup> DCR CNPq/ FACEPE, UFRPE. gleciosiqueira@hotmail.com;

<sup>4</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UERSA. paulo.moura@ufersa.edu.br;

<sup>5</sup> Mestrando em Engenharia Sanitária – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. helionogueirab@gmail.com;

<sup>6</sup> Doutor em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. armattos@ct.ufrn.br.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o sensoriamento remoto tem assumido grande importância no monitoramento de diversos fenômenos meteorológicos e ambientais, oferecendo grande suporte as previsões de tempo e melhor entendimento das mudanças climáticas, visando atuar como mecanismo de gerenciamento, as técnicas espaciais de monitoramento e mapeamento da desertificação com imagens multitemporais de satélites em conjunto com bases de dados locais e mapas, têm sido utilizados para examinar a natureza, tendência e quantificar o processo de desertificação em diferentes ambientes.

Como consequência, tem-se formado uma ferramenta poderosa para a obtenção de informações necessárias ao manejo, gerenciamento e gestão de recursos naturais, como água, solo e vegetação (Batista e Almeida, 1998). O sensoriamento remoto aplicado a agricultura oferece diversas vantagens, possuindo cobertura espacial muito ampla, além das informações obtidas poderem ser espacializadas, em geral, revelando aspectos importantes para o planejamento ambiental e agrícola das áreas irrigadas (Bastiaanssen, 2000).

A temperatura da superfície terrestre (TST) constitui-se num parâmetro influenciado por variações no clima e no uso do solo, e cuja estimativa é de grande utilidade no monitoramento de gestão dos recursos naturais, parâmetros biofísicos e bioclimáticos da superfície (Silva e Santos, 2007). Atuando como um indicador de áreas propícias à ocorrência de incêndios, cujas condições de estresse hídrico a agricultura (baixa umidade, elevadas velocidade do vento e insolação), favorecem o agravamento do processo de desertificação.

Na região Nordeste observa-se um número crescente de estudos das implicações das variações da TST na cobertura vegetal e nos recursos hídricos, por meio de técnicas de sensoriamento remoto (SR) e geoprocessamento (Lima *et al.*, 2001; Lopes *et al.*, 2005; Folhes, 2007).

Tomando-se por base o emprego crescente do sensoriamento remoto nos recursos naturais, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de realizar a avaliação da dinâmica espaço temporal da temperatura de superfície em área semi-árida do Brasil, visando identificar respostas espectrais dos diversos usos da terra, com base em imagens do Mapeador Temático do Landsat 5, no período de 2007 a 2010, utilizando-se métodos e técnicas advindos de geotecnologias.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na área do Parque Nacional da Fuma Feia e perímetro irrigado de Baraúnas, localizados nos municípios de Mossoró e Baraúnas (5°33'03" S, 37°30'56" W), Estado do Rio Grande do Norte, estando situado na região semiárida do Nordeste brasileiro (Figura 1). O estudo contempla uma área contendo cobertura vegetal nativa de Caatinga, abrangendo atualmente 8.494,36 ha, além da presença do perímetro irrigado a oeste da área do Parque Nacional da Fuma Feia, conforme Figura 2.

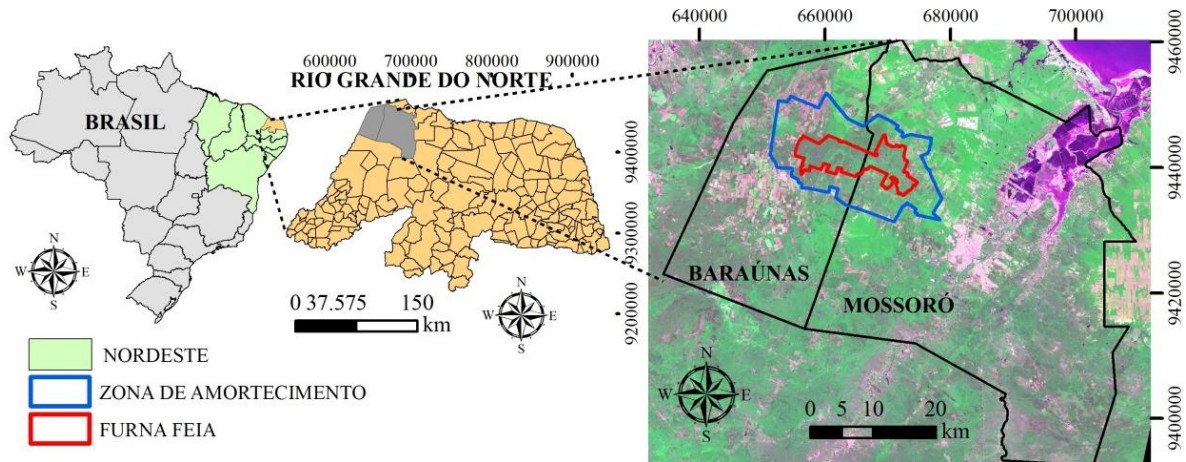


Figura 1 - Localização da região Nordeste do Brasil, Estado do Rio Grande do Norte e municípios de Mossoró e Baraúnas

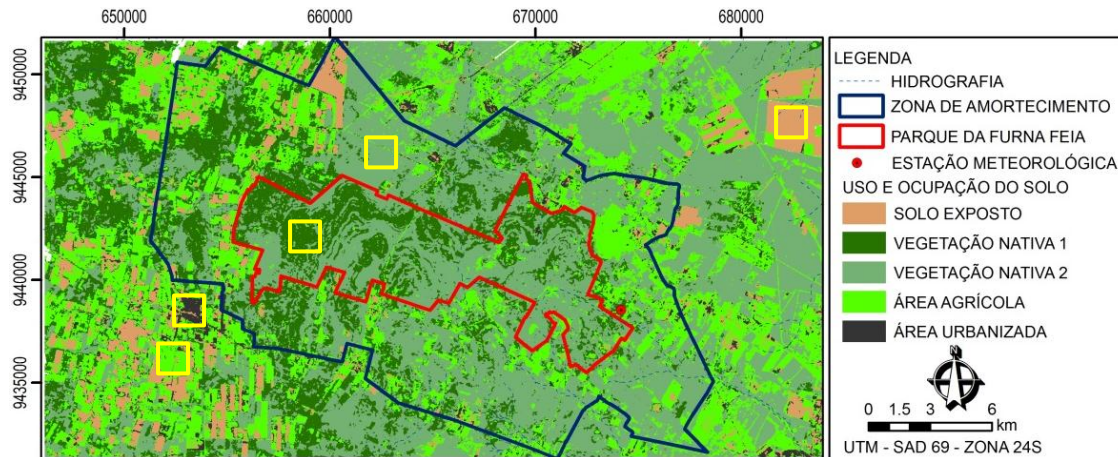


Figura 2 - Mapa da classificação do uso e ocupação do solo da área de estudo (retângulos indicam os fragmentos avaliados), 2007.

De acordo com a classificação de Köppen o clima predominante na região é do tipo BSw'h', caracterizado por ser muito quente e semiárido, com a estação chuvosa se atrasando para o outono (Figura 3).

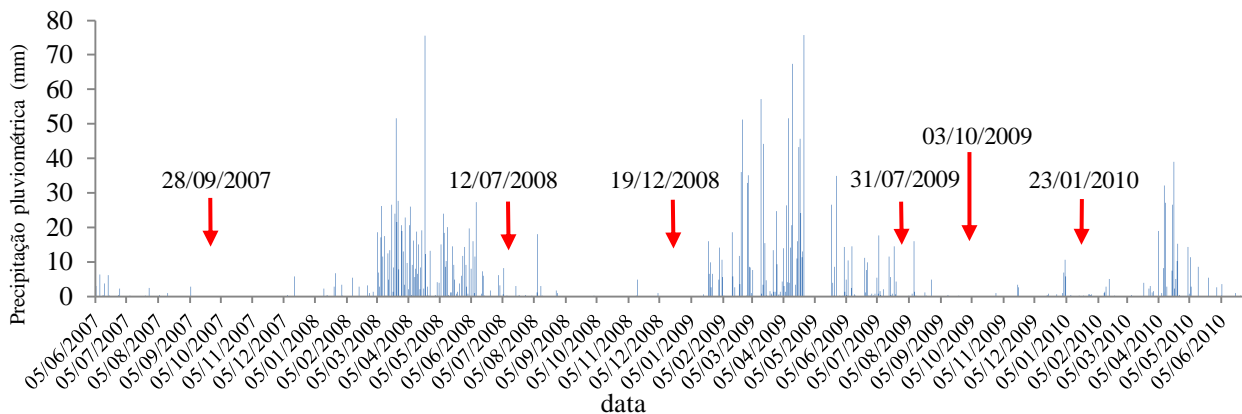


Figura 3 - Gráfico de precipitação pluviométrica da estação meteorológica de Mossoró/RN.

Foram utilizadas seis imagens do satélite Landsat 5-TM, as quais foram obtidas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), da órbita/ponto 216/63 que recobrem a área de estudo, para as datas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Imagens TM/Landsat-5, com a data e cobertura das órbitas 216/63.

DSA	271	193	353	212	276	23
Data da Imagem	28/09/2007	12/07/2008	19/12/2008	31/07/2009	03/10/2009	23/01/2010
Hora Passagem	09:33:35	09:27:32	09:24:58	09:29:43	09:30:36	09:31:27
Dr	0,99844	0,96754	1,03230	0,97116	1,00128	1,03045

DSA: Dia Sequencial do Ano; dr: quadrado da razão entre a distância terra-sol e seu valor médio.

Para a visualização e realização das operações matemáticas intra e inter banda, registro, recortes, classificação, fez-se necessário a utilização de Sistema de Informações Geográficas (SIG), no caso o ERDAS Imagine 9.1 da Leica Geosystems® e o Arcgis 9.3 da ESRI.

A calibração radiométrica (radiância espectral monocromática  $L_{\lambda i}$ ) foi realizada para as bandas reflectivas do Landsat 5-TM (canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7) sendo utilizada relação, proposta por Markham e Baker (1987).

$$L_{\lambda i} = a_i + \left( \frac{b_i - a_i}{255} \right) ND \quad (1)$$

De posse das cartas temáticas de radiância espectral, informações sobre o co-seno do ângulo zenital do Sol ( $\cos Z$ ) e do fluxo direcional espectral no topo da atmosfera ( $K_{\lambda i}$ ) de cada banda, estimou-se a reflectância planetária de cada banda (Bastiaanssen, 2000).

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (2)$$

O Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) é a razão entre a diferença das refletividades do Infravermelho-próximo ( $\rho_{iv}$ ) e do vermelho ( $\rho_v$ ), pela soma das mesmas.

$$NDVI = \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{\rho_{iv} + \rho_v} \quad (3)$$

em que correspondem, respectivamente, as bandas 4 e 3 do Landsat 5 - TM. O NDVI atua como um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação. Para superfícies com alguma vegetação o NDVI varia de 0 e 1; já para a água e nuvens o NDVI geralmente é menor que zero.

Para o cálculo do IAF foi necessário obter o índice de vegetação ajustado por solo (*Soil Adjusted Vegetation Index* – SAVI) que é um índice que busca amenizar os efeitos do “background” do solo, é utilizado a expressão.

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{iv} - \rho_v)}{(L + \rho_{iv} + \rho_v)} \quad (4)$$

onde:  $\rho_{iv}$  e  $\rho_v$  correspondem, respectivamente, às bandas do infravermelho próximo e do vermelho e L é uma constante que depende do tipo de solo, o valor mais utilizado é 0,5 (Accioly *et al.*, 2002; Boegh *et al.*, 2002).

Para a obtenção da temperatura da superfície é utilizada a equação de Planck invertida, válida para um corpo negro. Como cada pixel não emite radiação eletromagnética como um corpo negro, é necessário introduzir a emissividade de cada pixel no domínio espectral da banda termal  $\epsilon_{NB}$ , qual

seja: 10,4 – 12,5  $\mu\text{m}$ . Segundo Allen *et al.*, (2002), a emissividade  $\epsilon_{\text{NB}}$  pode ser obtida, para NDVI > 0, segundo:

$$\epsilon_{\text{NB}} = 0,97 + 0,00331\text{IAF} \quad (5)$$

E para pixels com IAF>3, como corpos de água (NDVI<0), utilizaram-se os valores de  $\epsilon_{\text{NB}} = 0,99$ . Para a obtenção da temperatura da superfície ( $T_s$ ) são utilizados a radiância espectral da banda termal  $L_{\lambda,6}$  e a emissividade  $\epsilon_{\text{NB}}$  obtida na etapa anterior. Dessa forma, obtém-se a temperatura da superfície (K) pela seguinte expressão:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{\text{NB}}K_1}{L_{\lambda,6}} + 1\right)} \quad (6)$$

Segundo Chander e Markhan (2003),  $K_1 = 607,76 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$  e  $K_2 = 1260,56 \text{ K}$  são constantes de calibração da banda termal do Landsat 5 –TM.

A fim de avaliar a resposta espectral de cada uso e cobertura do solo, realizou-se amostragem de fragmentos específicos de uso do solo (Figura 2), posteriormente sendo realizada correlação entre os parâmetros de NDVI e TST.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças da temperatura da superfície terrestre são função das propriedades físico-químicas dos corpos, atribuindo-lhes comportamento térmico diferenciado. Observam-se, por meio dos mapas da Figura 4, as mudanças da temperatura de superfície terrestre para os anos em estudo, as quais sofrem influência direta do uso do solo e do regime climático local.

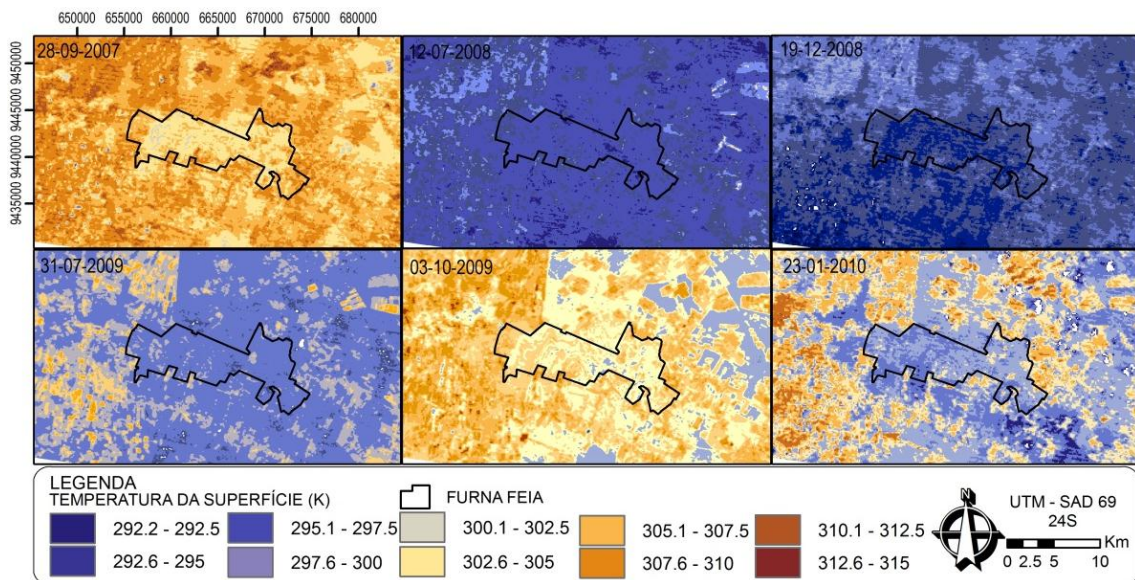


Figura 4 - Mapa temático da temperatura da superfície terrestre da área de estudo.

Relacionando as Figuras 3 e 4, tem-se que a precipitação pluviométrica interfere na análise da dinâmica da temperatura de superfície em escalas espaço-temporal, mascarando parte do comportamento da superfície, corroborando com Cunha *et al.* (2012). Tal fato é verificado a partir das imagens de julho de 2008 e 2009, (com exceção a cena de dezembro de 2008, que apresentou elevada nebulosidade atenuando a detecção dos comprimentos espectrais, além da possibilidade de

problemas no sensor de imageamento do comprimento do infravermelho termal) onde estas apresentam os valores mais baixos dentre o período analisado, pois se situam mais próximos dos eventos de precipitação pluviométrica, promovendo o efeito de produção acentuada de biomassa na cobertura vegetal nativa de Caatinga, além da maior disponibilidade de conteúdo de água no solo. Enquanto que durante o período de estiagem a resposta espectral dos cultivos agrícolas sobrepõem a vegetação nativa, pois apresentam a maior disponibilidade de conteúdo de água em virtude do manejo das áreas irrigadas (fato constatado nas imagens de 03/10/2009 e 23/01/2010).

Nos mapas da Figura 4, averiguou-se que as menores temperaturas de superfície estão situadas nas áreas com cobertura vegetal nativa (ao centro do PNFF) entre 292.5 K e 297.5 K durante período de inverno, enquanto as maiores temperaturas estão em áreas de solo exposto (à nordeste do PNFF), área urbana e áreas agrícola (após a colheita propiciando solo exposto), entre 307.6 K e 315 K, ao decorrer do período de estiagem.

Na Tabela 2 tem-se discriminado os valores médios de NDVI e TST para os fragmentos de usos e cobertura do solo.

Tabela 2 – Valores dos parâmetros de NDVI e TST das Imagens TM/Landsat-5, amostrados de acordo com o uso do e cobertura do solo

Uso do Solo	Datas das imagens											
	28/09/2007		12/07/2008		19/12/2008		31/07/2009		03/10/2009		23/01/2010	
	NDVI	TST	NDVI	TST	NDVI	TST	NDVI	TST	NDVI	TST	NDVI	TST
Vegetação1	0,239	307,41	0,71	292,22	0,256	297,59	0,71	297,64	0,478	304,32	0,582	300,77
Vegetação 2	0,256	304,25	0,551	293,92	0,23	294,98	0,613	299,68	0,324	305,8	0,558	300,38
Solo Exposto	0,219	304,79	0,258	295,52	0,209	296,8	0,492	301,31	0,326	307,21	0,279	304,08
Área Agrícola	0,197	308,32	0,492	292,99	0,21	296,03	0,55	301,1	0,289	309,01	0,319	305,76
Área Urbana	0,201	305,44	0,269	293,36	0,181	294,46	0,282	303,06	0,217	308,16	0,249	304,74

A partir dos valores observados na Tabela 3, observa-se que os valores das correlações entre estes parâmetros, garantiram correlações decrescentes para os usos do solo. Desta forma, pode-se classificar as correlações, como forte (1 a 0,8) à fraca (0,5 a 0,1).

Tabela 3 – Correlação linear entre os parâmetros NDVI e TST, de acordo com o uso do e cobertura do solo

Uso do Solo	Datas das imagens					
	28/09/2007	12/07/2008	19/12/2008	31/07/2009	03/10/2009	23/01/2010
	correlação linear NDVI x TST					
Vegetação1	-0,208	-0,539	-0,327	-0,438	-0,713	-0,392
Vegetação 2	-0,366	-0,403	-0,345	-0,740	-0,384	-0,651
Solo Exposto	-0,733	-0,532	-0,574	-0,860	-0,808	-0,603
Área Agrícola	-0,425	-0,721	-0,386	-0,860	-0,748	-0,607
Área Urbana	-0,021	-0,075	-0,112	-0,476	-0,0915	-0,08

Constata-se, ainda que os maiores valores para correlação estejam associados aos eventos de precipitação, acentuando a heterogeneidade da resposta espectral dos distintos usos e cobertura da superfície terrestre.

Observa-se que de modo geral, a espacialização da elevação da temperatura da superfície ocorre inversamente similar à distribuição da cobertura vegetal e do conteúdo de água no solo, corroborando com Lopes *et al.* (2010), variando com uso da terra e cobertura do solo.

Sendo constatado que as áreas com maiores valores de temperatura estão relacionados diretamente a ação antrópica (pela supressão vegetal, exposição do solo em áreas cultivadas e impermeabilização das áreas urbanas), corroborado pelos períodos prolongados de estiagem do regime pluviométrico.

## CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que: a) Presenciou-se a ampliação das ações antrópicas de exploração dos recursos naturais, pela ação de substituição da cobertura vegetal nativa por áreas de agricultura irrigada, em virtude da elevação da temperatura da superfície terrestre (áreas de solo exposto). b) O uso da técnica e produtos do sensoriamento remoto auxilia o manejo da agricultura de precisão, indicando a espacialização de áreas heterogêneas, tal como a resposta espectral da cobertura vegetal e uso do solo, além de sua respectiva temperatura de superfície. c) O uso de tais técnicas fomentam a implementação do planejamento, gerenciamento e monitoramento do uso do solo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro. Além da instituição da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pela disposição de dados meteorológicos e ao Instituto Chico Mendes (ICMBio) por ter concedido informações técnicas sobre o Parque Nacional da Fumaça.

## REFERÊNCIAS

ACCIOLY, L. J.; PACHECO, A.; COSTA, T. C. C.; LOPES, O. F.; OLIVEIRA, M. A. J. (2002). Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/Landsat. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.3, p.492-498.

BATISTA, G. T.; ALMEIDA, S. E. (1998). Índice de vegetação versus precipitação na Amazônia. *IX Simpósio Brasileiro de sensoriamento remoto*. Santos-SP, setembro, 1998. Anais. São José dos Campos, INPE.

BASTIAANSSEN, W. G. M. SEBAL - Based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. *Journal of Hydrology*, v. 229, p.87-100. 2000.

BOEGH, E.; SOEGAARD, H.; THOMSEN, A. (2002). Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance. *Remote Sensing of Environment*, v.79, n.1, p.329-343.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. (2003). Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*. v. 41, n. 11, p.2674-2677.

CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B.; CHAVES, I. B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.539-548, 2012.

FOLHES, M. T. *Modelagem da evapotranspiração para a gestão hídrica de perímetros irrigados com base em sensores remotos*. Tese (Doutorado em do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos. 2007.

LIMA, C. O.; BARBOSA, M. P.L.; VERA, L. A. S., MIGUEL, J. Uso de imagens TM/Landsat-5 e termometria na identificação e mapeamento de solos afetados por sais na região de Sousa, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, p.361-363, 2001.

LOPES, H. L. CANDEIAS, A.L.B. ACCIOLY, L.J.O. TAVARES JÚNIOR J. R. Utilização dos parâmetros físicos albedo e temperatura na identificação de áreas degradadas na Bacia do Rio Brígida –PE. In: *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, INPE, p. 3119-3127. 2005.

LOPES, H. L.; CANDEIAS, A. L. B.; ACCIOLY, L. J. O.; SOBRAL, M. C. M.; PACHECO, A. P. Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.1210–1219, 2010.

MARKHAM, B. L. & BARKER, J. B. (1987). Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing*, v. 8, n. 3, p. 517-523.

SANTOS, C.M.A. *Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem*, Lisboa, Edições Sílabo, 261p. 2007.

SILVA, J. W. F.; SANTOS, R. L. Estimativa da temperatura da superfície do solo de uma região semi-árida a partir do IRMSS (banda 4) do CBERS-2. In: *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, INPE, p. 1159-1166. 2007.