ALBEDO DE SUPERFÍCIE ESTIMADO A PARTIR DE IMAGENS LANDSAT 5 – TM NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Ana Paula Nunes da SILVA¹ Geber Barbosa de Albuquerque MOURA² Pedro Rogério GIONGO³ Bernardo Barbosa da SILVA⁴

RESUMO

Recentemente o sensoriamento remoto e as técnicas de geoprocessamento vêm sendo usado em diversas áreas da pesquisa, principalmente no monitoramento ambiental do Brasil. Por sua grande extensão territorial a aplicação destas ferramentas é de grande importância no país, haja vista que se pode assim realizar diagnósticos de áreas de difícil acesso por meio de transportes e de acordo com a resolução temporal dos satélites pode-se realizar um monitoramento efetivos destas áreas. Como até o presente momento não foram desenvolvidos trabalhos para avaliar em que estado se encontra o processo de desertificação na região de Floresta (PE) através de técnicas de sensoriamento remoto o presente estudo teve como objetivo analisar a evolução do processo de desertificação em duas áreas (uma conservada e outra degradada) na região do Sertão do Estado de Pernambuco através de uma série temporal de imagens Landsat Thematic Mapper (TM), visando conhecer o grau de degradação das áreas analisadas, bem como verificar se estas estão realmente susceptíveis ao processo de desertificação. Verificou-se que ambas as áreas analisadas apresentaram um aumento no albedo ao longo dos anos, podendo-se inferir que está havendo degradação das terras analisadas.

Palavras-chave: chuva, SEBAL, sensoriamento remoto

ABSTRACT

Recently the remote sensing come being used in diverse areas of the research, mainly in the ambient monitoring of Brazil. Because of territorial extension great the application of these tools is of great importance in the country, has seen that if it can thus carry through diagnostic of areas of difficult access by means of transports and in accordance with the secular resolution of the effective satellites can be carried through a monitoring of these areas. Until the present moment works had not been developed to evaluate where been if it finds the process of desertification in the region of Floresta (PE) through techniques of remote sensing the present study has as objective to analyze the evolution of the process of desertification in the region of State (PE) through techniques of the period sensing the process of desertification in the region of the evolution of the process of desertification in the region of State (PE) through techniques of the period sensing the process of desertification in the region of the evolution of the process of desertification in the region of the evolution of the process of desertification in the region of State (PE) through techniques of period sensing the process of desertification in the region of the process of desertification in the process of the process of desertification in the process of the proc

¹ Universidade Federal de Campina Grande. Departamento de Ciências Atmosféricas. Av. Aprígio, 882,

Bodocongó. Campina Grande-PB, CEP 58.109-970. E-mail: apns@ymail.com

² Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia. Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife-PE, CEP 52171-900. E-mail: geber@depa.ufrpe.br.

³ Departamento de Agronomia – Irrigação e Drenagem. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. USP. Av. Pádua Dias, 11 CP 9, Piracicaba – SP, CEP 13418-900. Email: prgiongo@esalq.usp.br.

⁴ Universidade Federal de Campina Grande. Departamento de Ciências Atmosféricas. Av. Aprígio, 882, Bodocongó. Campina Grande-PB, CEP 58.109-970. E-mail: bernardo@dca.ufcg.edu.br.

through a time series of images Landsat Thematic Mapper (TM), aiming at to know the degree of degradation of the analyzed area, as well as verifying if this it is really susceptible to the desertification process. It was verified that both analyzed areas had presented an increase in albedo throughout the years, then can be inferred that this having a degradation of analyzed lands.

Keys-words: rainfall, SEBAL, remote sensing

1. INTRODUÇÃO

A Agenda 21 (ONU, 1994), em seu capítulo 12, define o termo desertificação como sendo a "degradação da terra nas regiões áridas, semi-áridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas", sendo que, por degradação da terra se entende: a redução ou a perda da produtividade biológica ou econômica das terras agrícolas de sequeiro, das terras de cultivo irrigado, dos pastos, das florestas e dos bosques em zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, pelos sistemas de utilização da terra ou por um ou pela combinação de processos, incluídos os resultantes de atividades humanas e padrões de povoamento, tais como (FAO, 2005): (i) a erosão do solo causada pelo vento ou pela água; (ii) a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou das propriedades econômicas do solo e (iii) a perda duradoura da vegetação natural.

Os processos de degradação, principalmente nos níveis mais altos, provocam impactos sociais, econômicos, culturais, políticos e ambientais, os quais se relacionam entre si e, ao longo dos anos, vem se intensificando e aumentado a vulnerabilidade da população, produzindo grandes perdas sociais e econômicas para a região nordestina (SOUSA, 2007). A desertificação gera e acentua a escassez de recursos naturais vitais para a sobrevivência humana, como água potável, solo agrícola e vegetação. A escassez de água potável, de recursos piscícolas, de recursos florestais e de solo agrícola, serão a causa próxima da provável desordem social que irá se acentuar no futuro aos países em desenvolvimento; onde estes fenômenos terão maior impacto devido à incapacidade dos próprios estados para lhes fazer face. (REIS, 2006).

Um dos indicadores da desertificação é a redução da cobertura de plantas perenes. Aliado a essa mudança está a degradação dos solos das áreas com menor cobertura vegetal. Essas duas condições tendem a aumentar o albedo das superfícies sujeitas à degradação (ACCIOLY et al., 2001). Charney (1975) com a finalidade de compreender a persistência da seca na região semi-árida no Sahel (Sul da África) por mais de 20 anos, investigou a alteração do albedo da superfície no impacto do clima, e verificou que o aumento do albedo causou uma redução na precipitação. No Brasil, as áreas mais susceptíveis localizam-se na região semi-árida do Nordeste, numa área que ultrapassa 900 mil quilômetros quadrados, onde vivem cerca de 18 milhões de pessoas, 42% da população nordestina e 11% da população do Brasil (IBGE, 2003). Essa região caracteriza-se por altas taxas de evapotranspiração, ocorrência de períodos de secas, solos de pouca profundidade e reduzida capacidade de retenção de água, o que limita conseqüentemente seu potencial produtivo. Todos esses elementos conjugados evidenciam um Ecossistema muito frágil, o que se agrava principalmente devido à degradação da cobertura vegetal e do uso incorreto das terras, através da exploração predatória da caatinga e dos desmatamentos e queimadas.

Nos últimos anos, o sensoriamento remoto tem permitido a obtenção e a estimativa, com elevado grau de precisão, do albedo da superfície, de índices de vegetação, da temperatura da superfície, da emissividade, dos balanços de radiação e de energia à superfície e da evapotranspiração. Sendo assim, é capaz de proporcionar subsídios sobre área irrigada, tipo de cultura, desenvolvimento de biomassa, produtividade das culturas, necessidade de água das culturas, salinidade e perdas de água.

Existem vários algoritmos utilizados para o cômputo do NDVI e da reflectância através das bandas espectrais dos sensores instalados nos satélites. O SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) foi proposto por Bastiaanssen (1995) e tem sido aplicado em diferentes países e em áreas irrigadas da região semi-árida do Nordeste brasileiro para estimar o NDVI e a reflectância. Lopes (2003) e Di Pace (2004) obtiveram através deste algoritmo o balanço de radiação à superfície. Mendonça (2007), usando o algoritmo SEBAL para área de plantação de cana-de-açúcar, observou valores de correlação superiores a 95%, quando comparada a metodologia de estimativa de albedo com dados medidos em campo.

Giongo (2008) comparou a metodologia proposta pelo SEBAL para estimar o balanço de radiação com dados de uma estação de superfície, em área de sequeiro no município de Santa Rita do Passa Quatro e, verificou que o algoritmo apresentou valores consistentes e satisfatórios para a aplicação, obtendo correlações acima de 98% entre os dados medidos e estimados.

Até o presente momento não foram desenvolvidos trabalhos para avaliar em que estado se encontra o processo de desertificação na região de Floresta (PE) através de técnicas de sensoriamento remoto. O presente estudo teve como objetivo avaliar a evolução do processo de desertificação na região do sertão do Estado de Pernambuco através de uma série temporal de imagens Landsat Thematic Mapper (TM), e da análise de resultados de albedo para a

região, estimar do grau de degradação da área analisada, mostrando se há áreas suscetíveis ao processo de desertificação.

2. MATERIAL E MÉTODOS 2.1. Área de estudo

O município de Floresta se localiza na mesorregião do São Francisco Pernambucano, e possui uma área de 3.643,970 km², com altitudes variando de 300 a 1.050 m. A sede municipal de Floresta se situa a 433,6 km de distância de Recife, sob as coordenadas geográficas de 8°36'02" de latitude sul e 38°34'05" de longitude oeste de Greenwich. (Figura 1).

De acordo com o Zoneamento Agroecológico do Nordeste (SILVA et al., 1993), o município está localizado na unidade de paisagem denominada "Depressão Sertaneja", paisagem típica do semi-árido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona. De acordo com Araújo Filho et al. (2001) predominam paisagens com superfícies aplanadas e relevos suaves, abrangendo de forma esparsa áreas íngremes de serras e/ou serrotes, destacando-se como principal elevação a Serra Negra, onde no seu topo o clima é mais ameno e úmido, o que possibilita o aparecimento de uma vegetação de floresta subcaducifólia. Segundo Melo (1988), a ausência relativa de elevações reduz as influências orográficas, acentuando as condições da semi-aridez do ambiente. Pela sistemática de Köppen, no município prevalece o tipo climático BSs'h', ou seja, muito quente, semi-árido, tipo estepe, com estação chuvosa compreendendo os meses de janeiro a abril, apresentando precipitação média anual de 505 mm



Figura 1. Localização do Município de Floresta (PE).

O município está incluído no núcleo de desertificação de Cabrobó. Cujas principais causas de início de processo de desertificação foram o sobrepastoreio, o desmatamento e a

salinização do solo. Este núcleo de desertificação foi o primeiro a ser identificado, na década de 70, pelo ecólogo Vasconcelos Sobrinho.

As áreas de estudo foram selecionadas de Galindo (2007) e definidas pelas características constantes na Tabela 1. Os solos são usados para a pecuária extensiva. Foram analisadas duas áreas: CF (área conservada) e DF (área degradada), delimitadas por dois retângulos (Figuras 2, 3 e 4).

Área	Coord	lenadas	Alt (m)	Vegetação	Relevo
CF1	-8,55	-38,59	386,0	Caatinga hiperxerófila	Plano
				arbóreo-arbustiva densa	
CF2	-8,54	-38,59	379,5	Caatinga hiperxerófila	Suave
				arbóreo-arbustiva densa	ondulado
CF3	-8,48	-38,47	370,0	Caatinga hiperxerófila	Plano
				arbóreo-arbustiva pouco	
				densa	
CF4	-8,55	-38,48	366,0	Caatinga hiperxerófila	Suave
				arbóreo-arbustiva densa	ondulado
DF1	-8,74	-38,53	330,0	Caatinga hiperxerófila	Suave
				arbustiva aberta	ondulado
DF2	-8,60	-38,54	336,0	Caatinga hiperxerófila	Suave
				arbustiva aberta	ondulado
DF3	-8,60	-38,50	337,0	Caatinga hiperxerófila	Suave
				arbustiva aberta	ondulado
DF4	-8,59	-38,52	356,0	Caatinga hiperxerófila	Suave
				arbustiva aberta	ondulado

Tabela 1. Descrição das áreas estudadas.



Figura 2. Delimitação das áreas de estudo.



Figura 3. Área conservada.



Figura 4. Área degradada.

2.2. Variáveis meteorológicas

A partir de dados do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE 2008), analisou-se a distribuição espacial da precipitação média anual no município, bem como sua distribuição espaço-temporal no período analisado, pois, de acordo com Freire (2005), os dados pluviométricos são imprescindíveis para uma escolha correta das imagens de satélite, dado que a resposta espectral da vegetação de caatinga tem grande variabilidade com a presença de água, devido às suas características fisiológicas de adaptação às secas. Foi utilizada a média de dois postos monitorados pelo LAMEPE: P1(-8,62°, -38,57°) e P2 (-8,60°, -38,58°).

2.3. Dados de sensoriamento remoto

As imagens Landsat-TM foram adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), na órbita 216, ponto 066, com a seguinte resolução temporal: 19/05/1994, 28/06/1997 e 06/05/2001, todas obtidas após o período chuvoso da região, época em que o solo está bem suprido de água, favorecendo o desenvolvimento da vegetação. De acordo com Carvalho & Almeida-Filho (2007) a análise de imagens adquiridas em duas estações distintas mostra que dependendo da estação do ano, a classes de uso do solo variam em extensão, com transição de uma para outra, em função da regeneração da cobertura vegetal por efeito das chuvas.

Foi obtido o modelo de elevação digital do terreno (DEM), obtido gratuitamente no site do SRTM referente ao mosaico x29 e y14, grade que compreende a área de estudo. As imagens foram reamostradas com o DEM, pois este possui resolução espacial de 90 x 90 m, sendo reamostrado para que a imagem a ser trabalhada possuísse resolução espacial de 30 x 30 m.

Para a visualização e realização de operações matemáticas intra e inter bandas, recortes, classificação, e outras operações, foi utilizado o software ERDAS Imagine 8.5. Para o processamento das imagens foram desenvolvidos modelos matemáticos através da ferramenta Model Maker.

2.4. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land)

Radiância espectral

Esta radiância representa a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite Landsat (705 Km) para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7; para a banda 6, essa radiância representa a energia emitida por cada pixel. No cálculo da radiância espectral de cada banda $(L_{\lambda i})$, ou seja, efetivação da calibração radiométrica, o número digital (*ND*) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral monocromática. Sua calibração é efetivada segundo a Equação 1, proposta por Markham & Baker (1987).

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \tag{1}$$

Em que $a \in b$ são as radiâncias espectrais mínimas e máximas (Tabela 2), ND é a intensidade do pixel (número digital – número inteiro de 0 a 255); e *i* corresponde às bandas (1, 2, 3,...7) do satélite Landsat 5 - TM.

Bandas	Comprimento de Onda	Coefici Calib (Wm ⁻² s	entes de pração sr ⁻¹ µm ⁻¹)	Irradiância Espectral no Topo da Atmosfera
	(µm)	Mínimo (a)	Máximo (b)	$(Wm^{-2}\mu m^{-1})$
1 (azul)	0,45 - 0,52	-1,52	193,0	1957
2 (verde)	0,52 - 0,60	-2,84	365,0	1826
3 (vermelho)	0,63 - 0,69	-1,17	264,0	1554
4 (IV-próximo)	0,76 - 0,79	-1,51	221,0	1036
5 (IV-médio)	1,55 - 1,75	-0,37	30,2	215,0
6 (IV-termal)	10,4 - 12,5	1,2378	15,303	-
7 (IV-médio)	2,08 - 2,35	-0,15	16,5	80,67

Tabela 2. Descrição das bandas do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5.

Fonte: CHANDER & MARKHAM, 2003.

Reflectância

O cômputo da reflectância monocromática de cada banda $(\rho_{\lambda i})$, definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação refletida e o fluxo de radiação incidente, é obtida segundo a Equação 2, proposta por Allen et al. (2002).

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi . L_{\lambda i}}{\mathbf{k}_{\lambda i} . \cos Z. \mathbf{d}_{\mathrm{r}}}$$
(2)

Em que $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $k_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera (Tabela 1), Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia seqüencial do ano (*DSA*), que de acordo com Iqbal (1983), é dada pela Equação 3.

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{DSA2\pi}{365}\right) \tag{3}$$

Em que o argumento da função cos está em radianos. O valor médio anual de d_r é igual a 1,00 e o mesmo varia entre 0,97 e 1,03, aproximadamente.

Quando a área de estudo tem pequena declividade, ou mesmo seja nula, o cosseno do ângulo de incidência da radiação solar é simplesmente obtido a partir do ângulo de elevação do Sol (E), que se encontra no cabeçalho da imagem, ou seja, obtida pela equação 4.

$$\cos Z = \cos(\frac{\pi}{2} - E) \tag{4}$$

Em que o argumento do cos está em radiano.

Albedo planetário

O albedo planetário (α_{toa}) é o albedo não ajustado à transmissividade atmosférica, que é obtida pela combinação linear das reflectâncias monocromáticas, obtida pela Equação 5. $\alpha_{toa} = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7$ (5) Em que $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5$ e ρ_7 são os albedos planetários das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

Albedo da superfície

É o albedo corrigido para os efeitos atmosféricos, obtido pela Equação 6.

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \tag{6}$$

Em que α_p é a radiação solar refletida pela atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04; para o modelo SEBAL é recomendado o uso do valor de 0,03, com base em Bastiaanssen (2000) e τ_{sw} é a transmissividade atmosférica, que para condições de céu claro, pode ser obtida (Allen et al., 2002) através da Equação 7.

$$\tau_{\rm sw} = 0.75 + 2.10^{-5} \, z \tag{7}$$

em que z é a altitude de cada pixel (m).

Resultados e discussão Distribuição espaço-temporal da precipitação

Na Figura 5 encontra-se a distribuição espacial da precipitação média observada no Município de Floresta (PE). Percebe-se que a área conservada apresenta precipitação anual média de 520 mm, enquanto a área degrada possui precipitação média 20% inferior, ou seja, 430 mm.

A precipitação no período analisado (Figura 6), teve média mensal de 27,1 mm, com máxima de 289 mm no mês de março de 1994.



Figura 5. Distribuição espacial da precipitação média anual no Município de Floresta (PE).



Figura 6. Distribuição temporal da precipitação nas áreas analisadas.

3.2. Análise espaço-temporal do albedo

Correia et al. (2002) citam que os valores elevados de albedo de superfície estão associados a superfícies suaves, secas e de coloração clara, enquanto que albedos menores são associados a superfícies rugosas, úmidas e de coloração escura.

O menor valor de albedo mínimo foi de 4% no ano de 1997, ano da fase inicial de um El-Niño considerado forte, no qual, porém, o impacto deste sobre o regime pluviométrico da região analisada ainda não havia causado fortes conseqüências, fazendo com que o solo permanecesse úmido após a estação chuvosa. O maior albedo foi obtido no ano de 1994, com valor de 50,6%. Pelo desvio padrão observou-se que os valores apresentaram baixa dispersão, provavelmente devido à homogeneidade da vegetação da região, que é composta de arbustos.

Na Figura 7 são mostradas as cartas de albedo de superfície para a área conservada. Em todas as cartas percebe-se que os menores valores foram encontrados em superfícies de água e áreas adjacentes, apresentado coloração azul fraco e azul forte. Também se observa forte mancha próxima ao curso d'água, com valores elevados de albedo, mostrando ser uma área com solo desnudo, provavelmente por conta da salinização do solo, devido ao manejo inadequada de irrigação. Esta região apresentou valores de albedo superiores a 27%.

Boegh et al. (2002) em estudo na Dinamarca com imagens Landsat 5 TM, em áreas de solo descoberto, obtiveram valores de albedo igual a 35%. Silva et al. (2005), em estudo com o mesmo sensor e satélite obtiveram albedo de 31 e 33%, para os anos de 2000 e 2001, respectivamente, para a região de caatinga próxima ao Lago de Sobradinho (BA).

Percebe-se que, apesar de não apresentar crescimento linear, a área de solo exposto cresceu entre 1994 e 2001. Deve-se considerar que a imagem do ano de 1997 foi obtida no mês de junho, diferentemente das demais que foram obtidas em maio. Comparando-se com a Figura 6, percebe-se que em 1997 a precipitação na estação chuvosa, foi mais bem dividida,

do que nos demais anos, onde houve uma maior concentração no mês de janeiro; por isto, possivelmente, esta carta encontra-se com uma maior quantidade de áreas de espelho d'água.



<0,03 0,03-0,06 0,06-0,09 0,09-0,12 0,12-0,15 0,15-0,18 0,18-0,21 0,21-0,24 0,24-0,27 >0,27 **Figura 7.** Cartas de albedo da área conservada em 1994 (A), 1997 (B) e 2001 (C).

Na Figura 8 estão os histogramas de freqüência dos valores de albedo para as cartas geradas. Percebe-se uma maior dispersão na Figura 8C, mostrando que há duas regiões modais: uma se refere à vegetação de caatinga e outra, com maior freqüência, referente a solos desnudos.



Figura 8. Histogramas de freqüência do albedo na área conservada em 1994 (A), 1997 (B) e 2001 (C).

Na área degradada, os valores de albedo mínimo e médio foram superiores aos da área conservada, porém os valores máximos são inferiores, bem como o valor modal. Os valores apresentam pouca variação, principalmente, devido ao solo já estar desgastado

impossibilitando o crescimento de novas espécies vegetais, fazendo com que a área apresente pouca heterogeneidade.

Na Figura 9 são mostradas as cartas de albedo para a área degradada. Percebe-se que em todos os anos analisados o albedo é elevado. Silva et al. (2005) encontrou albedo em torno de 16 e 17% para áreas com culturas irrigadas (manga, banana, goiaba, uva etc.), na margem do Rio São Francisco. Percebe-se que os valores albedo das cartas na Figura 9 são superiores aos encontrados por Silva et al. (2005), fato que corrobora o já exposto anteriormente sobre o desgaste que o solo desta região vem sofrendo: os solos rasos se localizam entre manchas de caatinga arbustiva, esta também com elevados graus de devastação.

Na Figura 10 são mostrados os histogramas de freqüência, onde se pode perceber pouca dispersão dos valores do albedo obtidos pela metodologia. Nos anos de 1994 e 1997 estes valores apresentaram maior freqüência para valores de albedo inferior à média, enquanto que no ano de 2001, houve uma distribuição normal.



<0,03 0,03-0,06 0,06-0,09 0,09-0,12 0,12-0,15 0,15-0,18 0,18-0,21 0,21-0,24 0,24-0,27 >0,27 **Figura 9.** Cartas de albedo para a área degradada em 1994 (A), 1997 (B) e 2001 (C).



Figura 10. Histograma de freqüência do albedo da área degradada em 1994 (A), 1997 (B) e 2001 (C).

Analisando o albedo da superficie da área de estudo é perceptível constatar um maior número de valores de albedo superiores a 0,30 em áreas de solo exposto (área degradada). Áreas que apresentaram solo exposto proporcionaram uma variação de albedo entre 25 e 45%, enquanto que a área de floresta ou solo úmido, o albedo variou entre 5 e 25% e em superficie d'água próximo de zero. Nas superficies vegetadas exibiram diferentes valores de albedo, que variaram de acordo com o estágio de desenvolvimento e tipo de vegetação, as quais apresentaram valores que variaram entre 0,10 e 0,30. Para estas superficies cobertas por vegetação, o albedo diminuiu em decorrência da maior utilização pelas plantas da energia incidente, seja nos processos de fotossíntese ou transpiração.

4. CONCLUSÕES

A precipitação média no Município de Floresta apresentou moderada distribuição espacial, sendo a parte norte do município com precipitação superior a porção sul. Com relação à regularidade, a precipitação apresentou grande variabilidade, com precipitação concentrada no mês de janeiro.

Verificou-se que na área degradada os valores de albedo foram superiores aos da área conservada e apresentaram uma menor dispersão em torno da média, mostrando a homogeneidade de solos desnudos.

A área conservada apresentou processo de degradação dos solos, pois a análise através do albedo demonstrou que a porcentagem de solo desnudo cresceu entre 1994 e 2001. A área degradada revelou crescimento nos valores de albedo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N. Avaliação de Mudanças no Albedo do Núcleo de Desertificação do Seridó através de Imagens do Landsat TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2001.

AGENCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO. Anuário estatístico de Pernambuco. Recife: CONDEPE, v. 40, 1994.

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL** (Surface Energy Balance Algorithms for Land), Advanced training and users manual. Idaho: Implementation, v.1.0. 2002.

BASTIAANSSEN, W. G. M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate. PhD. Dis., CIP Data Koninklijke Biblioteheek, Den Haag, the Netherlands. 272 p., 1995.

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

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

CARVALHO, C. M.; ALMEIDA-FILHO, R. **Avaliação da desertificação no sudoeste do estado do Piauí, com técnicas de sensoriamento remoto**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4357-4363.

CHARNEY, J. G. Dynamics of deserts and drought in the Sahel. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, n.101, p. 193-202. 1975

CHANDER; G.; MARKHAM; B. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and post calibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. v.41, n.11, p.2674-2677, Nov. 2003.

CORREIA, F. W. S.; ALVALA, R. C. S.; GIELOW, R. Albedo do Pantanal Sul Matogrossense durante o período de transição seco-úmido de 2001-2002, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., Foz do Iguaçu. Anais... Rio de Janeiro: SBMET, 2002.

DI PACE, F. T. Estimativa do Balanço de Radiação à Superfície Terrestre Utilizando Imagens TM-Landsat 5 e Modelo de Elevação Digital. Campina Grande-PB: UFCG, 2004. Originalmente apresentada como tese de Doutorado em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2004. 120p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África (CCD). Disponível em: < http://www.fao.org/desertification/default.asp?lang=en>. Acesso em: 11 nov. 2008. FREIRE, N. C. F.; PACHECO, A. P. **Aspectos da detecção de áreas de risco a desertificação na região de Xingó**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 525-532.

GALINDO, I. C. L. **Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no Estado de Pernambuco**. Recife, PE: UFRPE, 2007. Originalmente apresentada como tese de Doutorado em Ciência do Solo. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007. 255p.

GIONGO, P. R. Estimativa do balanço de radiação com técnicas de sensoriamento remoto e dados de superfície. Recife, PE: UFRPE, 2008. Originalmente apresentada como dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008. 92p

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico de 2000: características da população e dos domicílios. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

IQBAL, M. An Introduction to Solar Radiation. New York: Academic Press. 1983. 212p.

LABORATORIO DE METEOROLOGIA DE PERNAMBUCO. **Série de dados pluviométricos**. Disponível em: < www.itep.br/lamepe >. Acesso em 10 Nov 2008.

LOPES, G. M. **Balanço de Radiação em Áreas Irrigadas Utilizando Imagens Landsat 5** – **TM**. Campina Grande-PB: UFCG, 2003. Originalmente apresentada como dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande, 2003.

MENDONÇA, J. C. Estimativa da evapotranspiração regional utilizando imagens digitais orbitais na região Norte Fluminense. Rio de Janeiro: UENF, 2007. Originalmente apresentada como tese de Doutorado em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2007. 145p.

REIS, A. S. Z. **Desertificação e segurança na Região Mediterrânea**. In: I Conferencia Lusófona sobre o Sistema Terra. Lisboa, Portugal. 2006.

SILVA, B. B., LOPES, G. M., AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 – TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.2, p.201-211. 2005.

SILVA, F. B. R.; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUSA NETO, N. C.; BRITO, L. T. L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, A. B.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LEITE, A. P. Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1993. 2 v.

SOUSA, R. F. **Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semiárido paraibano**. Campina Grande, PB: UFCG, 2007. Originalmente apresentada como tese de Doutorado Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande, 2007. 180p

SRTM.ShuttleRadarTopographyMission.NationalAeronauticsandSpaceAdministration-NASA.Disponívelem:<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/listImages.asp>.Acesso em: 18 Mai.2007.