

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA VEGETAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO DE PERNAMBUCO¹

ANA PAULA NUNES DA SILVA^{2*}, GEBER BARBOSA DE ALBUQUERQUE MOURA³, PEDRO ROGÉRIO GIONGO⁴, ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA³

RESUMO - A desertificação gera e acentua a escassez de recursos naturais vitais para a sobrevivência humana, como água potável, solo agrícola e vegetação. Implicando em problemas sociais e econômicos nas áreas afetadas. 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. O presente estudo tem como objetivo analisar a evolução do processo de desertificação através do NDVI na região do Sertão do Estado de Pernambuco através de uma série temporal de imagens Landsat Thematic Mapper (TM) que inclui os anos 1994, 1997 e 2001. Usou-se o algoritmo SEBAL que, permitiu a geração de cartas de albedo e índice de vegetação por diferença normalizada para cada pixel da imagem. Foi verificado que a vegetação característica da região diminuiu sua área, mostrando que as áreas analisadas encontram-se em processo de perda da vegetação que pode levar ao processo de desertificação.

Palavras-chave: Desertificação. Landsat 5-TM. SEBAL.

SPATIAL-TEMPORAL DYNAMIC OF VEGETATION IN THE SEMI-ARID OF PERNAMBUCO STATE

ABSTRACT - The desertification generates and accents the scarcity of vital natural resources for the survival human being, as drinking waters, alone agriculturist and vegetation. Implying in social and economic problems in the affected areas. Recently the remote sensing and the techniques of geoprocessing has been used in diverse areas of the research, mainly in the ambient monitoring of Brazil. For its great territorial extension 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. The present study it has as objective to analyze the evolution of the process of desertification through the NDVI in the region of the Hinterland of the State of Pernambuco through a secular series of images Landsat Thematic Mapper (TM) that it includes years 1994, 1997 and 2001. It was applied the Surface Energy Balance Algorithm for Land – SEBAL, this algorithm calculated the albedo and the Normalized Difference Vegetation Index for each pixel of the images. It was verified that the characteristic vegetation of the region diminished its area, showing that the analyzed areas meet in process of loss of the vegetation that can lead to the desertification process.

Keywords: Desertification. Landsat 5-TM. SEBAL.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 04/10/2008; aceito em 03/08/2009.

²Departamento de Ciências Atmosféricas, UFCG, avenida Aprígio Veloso, 882, Bodoncongó, 58429-140, Campina Grande-PB; apns@ymail.com

³Departamento de Agronomia da UFRPE, rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife-PE

⁴Departamento de Agronomia, ESALQ/USP, avenida Pádua Dias, 11 Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba-SP

INTRODUÇÃO

A Agenda 21, 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 uma combinação de processos, incluídos os resultantes de atividades humanas e padrões de povoamento.

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 aumentando 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 se irá acentuar num futuro próximo nos países em desenvolvimento; onde estes fenômenos terão maior impacto devido à incapacidade dos próprios estados para lhes fazer face. (REIS, 2006).

O desmatamento diminui a biomassa e conseqüentemente a redução da capacidade de absorção de água pelo solo. Sem a cobertura vegetal o solo torna-se mais vulnerável a erosão e, exposto a luz solar há um aumento no albedo da superfície, oxidando a matéria orgânica, a morte dos microorganismos pelas altas temperaturas, diminuindo a fertilidade do solo e levando a perda do horizonte superficial. (BARBOSA et al., 2007).

No Brasil, as áreas mais susceptíveis localizam-se na região semi-árida do Nordeste, numa área que ultrapassa 900 mil Km², 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 qual se agrava principalmente devido à degradação da cobertura vegetal e do uso incorreto das terras, através da exploração predatória da caatinga, dos desmatamentos e queimadas.

Nos últimos anos a utilização do sensoriamento remoto e as técnicas de geoprocessamento vêm sendo usado em diversas áreas da pesquisa, principalmente no monitoramento ambiental do Bra-

sil. 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.

De acordo com Tucker (1979) “um dos índices mais utilizados nos estudos de caracterização da vegetação tem sido o “índice de vegetação por diferença normalizada” (Normalized Difference Vegetation Index/NDVI)”. Segundo Lourenço (2004) “as imagens do satélite Landsat 5-TM são amplamente utilizadas para fazer estudos sobre a cobertura vegetal, pois possui características espectrais particulares nas faixas do vermelho e infravermelho próximo: na faixa do vermelho a clorofila absorve a energia solar ocasionando uma baixa reflectância, enquanto na faixa do infravermelho próximo, tanto a morfologia interna das folhas quanto a estrutura da vegetação ocasionam uma alta reflectância da energia solar incidente. E quanto maior o contraste, maior o vigor da vegetação na área imageada e a combinação destas duas faixas espectrais realça as áreas de vegetação nas imagens”.

Souza e Alvala (2004) fizeram simulações numéricas, utilizando o modelo CGA do CPTEC/COLA na resolução T062L28, acoplado ao esquema de superfície SSiB, para avaliar os impactos na precipitação devido à mudança da vegetação do semi-árido do Nordeste do Brasil e constataram que a modificação da cobertura natural de caatinga para deserto e para conversão em floresta leva à redução na precipitação em grande parte da região estudada.

Kazmierczak (1996), ao estudar o semi-árido brasileiro, afirma que “dentro do domínio de aplicações de dados de sensoriamento remoto, verifica-se uma grande falta de informações sobre a Formação da Caatinga: a extensão e o pouco conhecimento existente bastariam para determinar esta região como um dos mais promissores campos de aplicação das tecnologias de sensoriamento remoto, para prover informações sobre os seus recursos”.

Oliveira-Galvão e Saito (2003) analisando a suscetibilidade aos processos de desertificação da região semi-árida nordestina, através de parâmetros climatológicos, mapeamentos temáticos (solo, hidrologia, etc.), caracterização planialtimétrica e sensoriamento remoto (cobertura de vegetação) verificaram que o município de Floresta apresenta forte potencial para o desenvolvimento de processos de desertificação.

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.

Giongo (2008) comparou a metodologia proposta pelo SEBAL para estimar o balanço de radiação com dados de uma estação de superfície, em área irrigada 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.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a evolução do processo de desertificação na região do sertão do Estado de Pernambuco através do NDVI de uma série temporal de imagens Landsat Thematic Mapper (TM) que inclui os anos 1994, 1997 e 2001. Desta forma será possível conhecer o grau de degradação da área analisada, bem como verificar se há

menos suscetíveis ao processo de desertificação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O município de Floresta se localiza na mesorregião do São Francisco em PE, possui uma área de 3.643,970 km², com altitude variando de 300 a 1.050 m, sob as coordenadas geográficas de 8°36'02" de latitude Sul e 38°34'05" de longitude Oeste de Greenwich. (Figura 1).

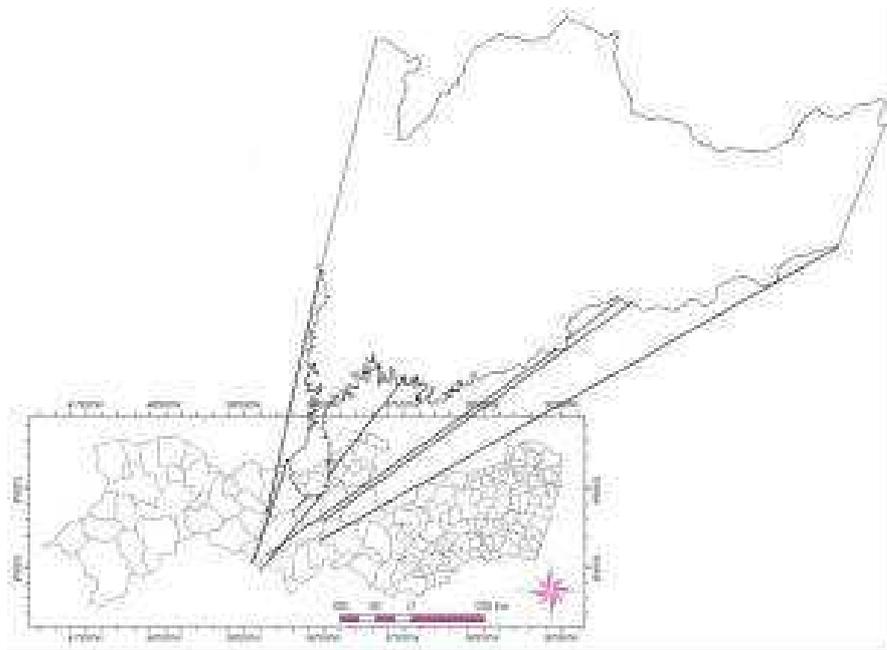


Figura 1. Localização do Município de Floresta-PE.

De acordo com o Zoneamento Agroecológico do Nordeste (SILVA et al., 1993), o município está localizado na unidade de paisagem denominada "Depressão Sertaneja". Esta paisagem é 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 estepo, com estação chuvosa compreendendo os meses

de janeiro a abril, apresentando precipitação média anual de 505 mm

O município está incluído no Núcleo de desertificação de Cabrobó. Cujas principais causas de início de processo de desertificação foram o sobrepastoreio, 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 adquiridas em Galindo (2007) e definidas pelas características constantes na Tabela 1. Os solos são usados para a pecuária extensiva. Desta forma foram analisadas duas áreas: CF (área conservada) e DF (área degradada).

Desta forma foram delimitados dois retângulos compreendendo as duas áreas de estudo: área conservada (CF) e área degradada (DF), como podem ser visto na Figura 2.

Tabela 1. Descrição das áreas estudadas.

Área	Coordenadas	Altitude	Vegetação	Relevo	Solo
CF1	08°33'11'' 38°35'36''	386,0	Caatinga hiperxerófila arbóreo-arbustiva densa	Plano	Luvissole crômico: Órtico vertissólico textura argilosa/muito argilosa
CF2	08°32'30'' 38°35'41''	379,5	Caatinga hiperxerófila arbóreo-arbustiva densa	Suave ondulado	Luvissole crômico: Órtico vertissólico, textura média/argilosa
CF3	08°28'47'' 38°28'23''	370,0	Caatinga hiperxerófila arbóreo-arbustiva pouco densa	Plano	Luvissole crômico: Órtico vertissólico solódico, textura média cascalhenta/argilosa
CF4	08°32'54'' 38°28'58''	366,0	Caatinga hiperxerófila arbóreo-arbustiva densa	Suave ondulado	Luvissole crômico: Órtico vertissólico solódico, textura média cascalhenta/muito argilosa
DF1	08°44'12'' 38°31'59''	330,0	Caatinga hiperxerófila arbustiva aberta	Suave ondulado	Luvissole crômico: Órtico lítico, textura argilosa
DF2	08°36'08'' 38°32'24''	336,0	Caatinga hiperxerófila arbustiva aberta	Suave ondulado	Luvissole crômico: Órtico planossólico solódico, textura média/argilosa
DF3	08°35'55'' 38°30'04''	337,0	Caatinga hiperxerófila arbustiva aberta	Suave ondulado	Luvissole crômico: Órtico vertissólico solódico, textura argilosa
DF4	08°35'31'' 38°31'14''	356,0	Caatinga hiperxerófila arbustiva aberta	Suave ondulado	Luvissole crômico: Órtico vertissólico textura argilosa

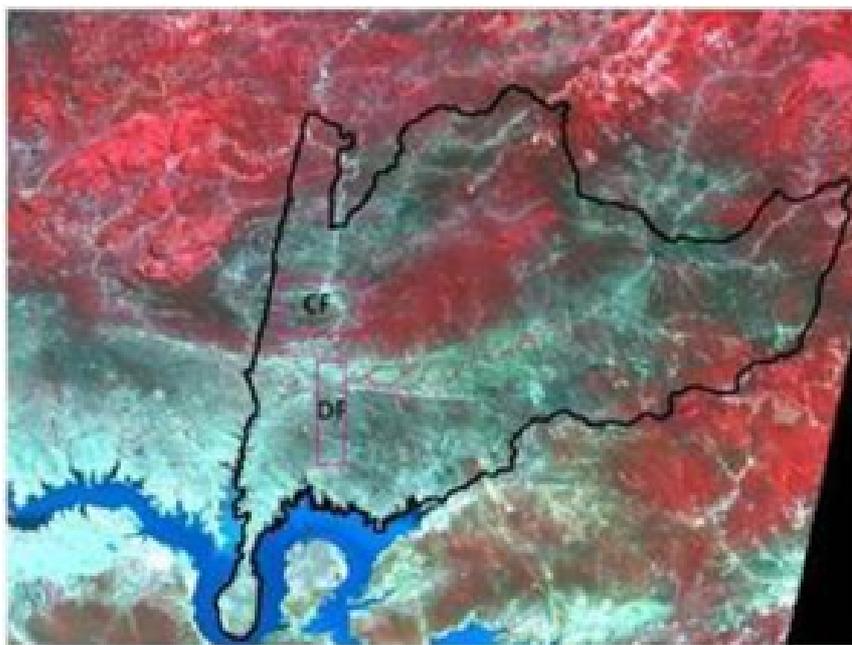
**Figura 2.** Delimitação das áreas de estudo



Figura 3. Área conservada.



Figura 4. Área degradada.

Variáveis meteorológicas

Os dados pluviométricos são imprescindíveis para uma escolha correta das imagens de satélite, pois a resposta espectral da vegetação de caatinga tem grande variabilidade com a presença de água, devido às suas características fisiológicas de adaptação às secas. (FREIRE, 2005).

Analisou-se a distribuição espacial da precipitação média anual no município, bem como sua distribuição espaço-temporal no período analisado. Para tanto se utilizou a média dos postos sob coordenadas 8°37'00''S, 38°34'00''W e 8°36'5''S, 38°34'32''W, ambos monitorados pelo Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE).

Sensoriamento remoto

As imagens foram adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), órgão ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, na órbita 216, ponto 066. As imagens possuem a seguinte resolução temporal: 19/05/1994, 28/06/1997 e 06/05/2001, todas após o período chuvoso da região, haja vista que nesta época o solo está bem suprido de água, favorecendo o desenvolvimento da vegetação. De acordo com Carvalho e 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.

O modelo de elevação digital do terreno (DEM, foi obtido gratuitamente no site do SRTM) referente ao mosaico x 29 e y 14. As imagens foram reamostradas para 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 são desenvolvidos modelos matemáticos através da ferramenta Model Maker do ERDAS Imagine 8.5.

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

Bandas	Comprimento de Onda (μm)	Coeficientes de Calibração ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)		Irradiância Espectral no Topo da Atmosfera ($\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$)
		Mínimo (a)	Máximo (b)	
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

Fonte: Chander e Markham (2003).

Surface Energy Balance Algorithm for Land – SEBAL

Radiância espectral

Essa 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 e Baker (1987).

Em que a e 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 as bandas (1, 2, 3,... e 7) do satélite Landsat 5 - TM.

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

Em que a e 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 as bandas (1, 2, 3,... e 7) do satélite Landsat 5 - TM.

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 que é obtida segundo a Equação 2,

proposta por Allen et al. (2002).

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

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 2), 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.

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{DSA \cdot 2\pi}{365}\right) \quad (3)$$

Em que o argumento da função cosseno 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, ou declividade 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:

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \quad (4)$$

Em que o argumento do \cos está em radiano.

Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

Obtido através da razão entre a diferença das refletividades do Infra-vermelho-próximo (ρ_{iv})

e do vermelho (ρ_v), pela soma das mesmas, de acordo com a Equação 5.

$$NDVI = \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{\rho_{iv} + \rho_v} \quad (5)$$

Em que ρ_{iv} e ρ_v correspondem, respectivamente, as bandas 4 e 3 do Landsat 5 - TM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição espaço-temporal da precipitação

Na Figura 5 encontra-se a distribuição espacial da precipitação média observada no Município de Floresta. Percebe-se que a área conservada apresenta precipitação anual média de 520 mm, enquanto a área degradada possui precipitação média de 430 mm, 20% inferior daquela observada na área conservada.

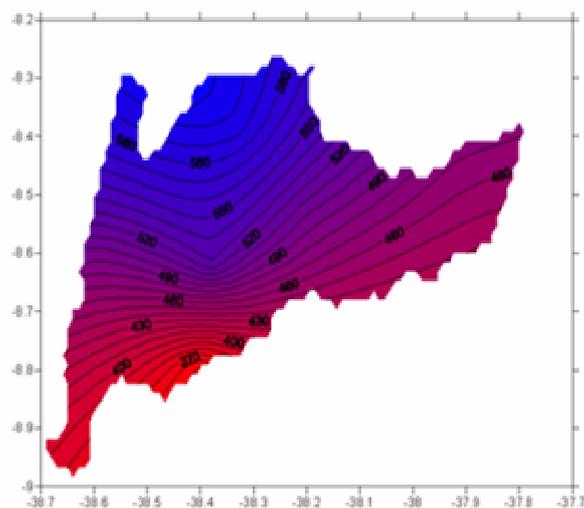


Figura 5. Distribuição espacial da precipitação média anual no Município de Floresta-PE.

A precipitação no período analisado, como se pode ver na Figura 6, teve média mensal de 27,1 mm, tendo uma máxima de 289 mm no mês de março de 1994.

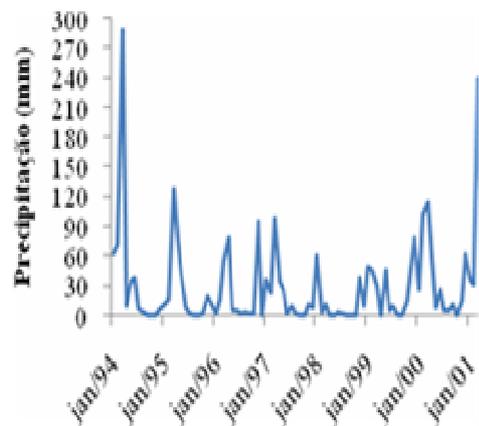


Figura 6. Distribuição temporal da precipitação nas áreas analisadas

Análise espaço-temporal do NDVI

De acordo com Huete e Tucker (1991), os valores de NDVI para solo exposto estão geralmente 0,05 e 0,30, porém, devido às propriedades óticas do solo não se pode definir uma faixa rigorosa de valores de NDVI para solos com pouca ou nenhuma vegetação.

Os valores estatísticos de NDVI para as áreas de estudos constam na Tabela 3. Percebe-se que houve uma diminuição do NDVI da área coberta por vegetação, ao longo dos anos estudados, os valores médios variaram entre 0,373 (1994) e 0,261 (2001). Silva et al. (2005) analisando o NDVI encontraram valores de 0,75 e 0,78, 0,16 e 0,17, -0,30 e -0,33, 0,71 e 0,71, 0,15 e 0,16 para dezembro de 2000 (mês chuvoso) e outubro de 2001 (mês seco) em área de vegetação irrigada, solo exposto, Lago de Sobradinho, frutíferas e área de caatinga, respectivamente.

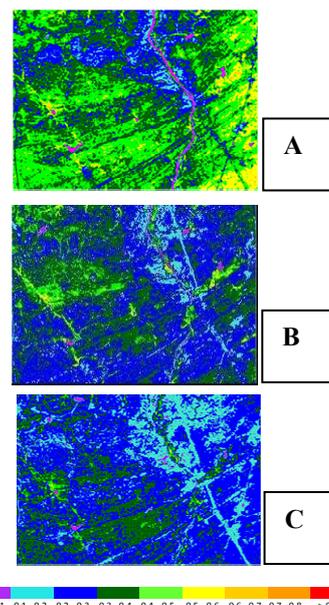


Figura 7. Cartas de NDVI para a área conservada em 1994 (A), 1997 (B) e 2001 (C).

Na Figura 7 mostram-se as cartas de NDVI para a área conservada. Nota-se que os valores negativos encontram-se na cor magenta e representam os

corpos d'água, já os pixels de cor violeta indicam ausência de vegetação.

Tabela 3. Valores dos parâmetros estatísticos obtidos na análise do NDVI na área conservada.

Ano	mín	médio	máx	mediano	moda	D. PAD
1994	-0,535	0,373	0,726	0,373	0,425	0,101
1997	-0,551	0,295	0,711	0,287	0,287	0,078
2001	-0,313	0,261	0,637	0,258	0,251	0,066

Na Figura 8 encontram-se os histogramas de frequência para o NDVI calculado para a região conservada e, percebe-se que ao longo dos anos os

valores dos pixels foram se deslocando para o lado esquerdo do gráfico, revelando que a intensidade de vegetação diminuiu.

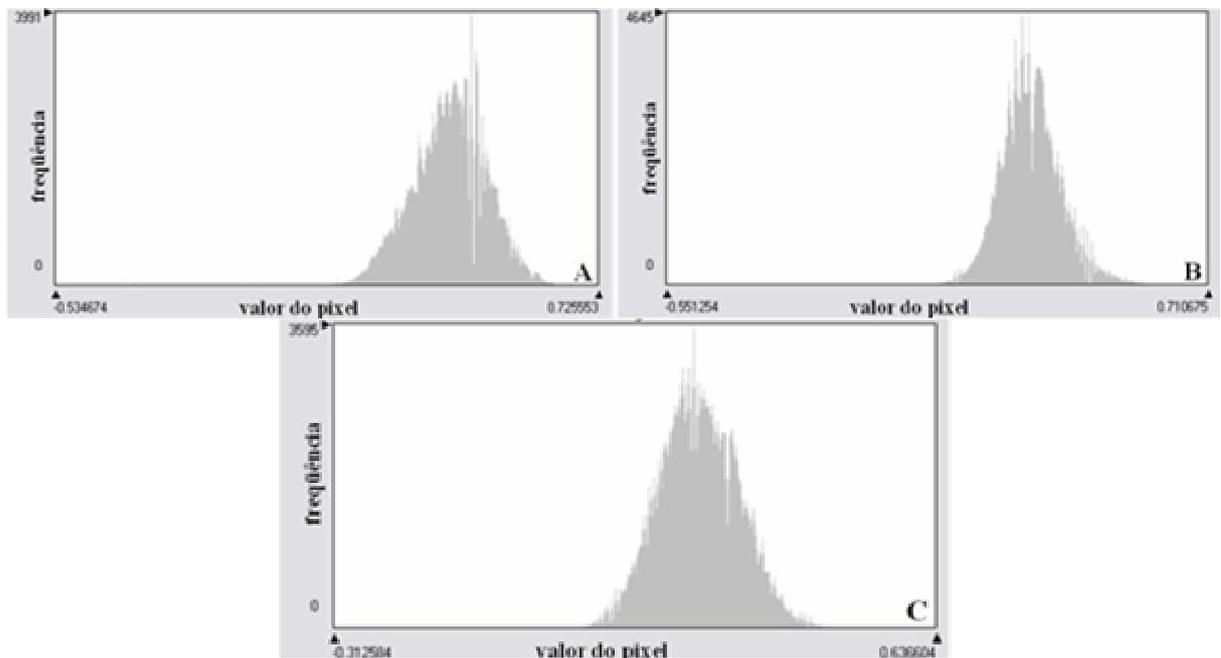


Figura 8. Histogramas de frequência do NDVI da área conservada em 1994 (A), 1997 (B) e 2001 ©.

Os valores estatísticos das cartas de NDVI para a área degradada encontram-se na Tabela 4. Os valores são inferiores aos das áreas conservada e possui menor variação, haja vista que nesta área a

vegetação é bastante rala quando não ausente, deixando o solo exposto. O maior índice máximo apresentou valor de 0,749 e foi decrescendo a medida dos anos, já para os valores médios o menor foi encontrado em 1997.

Tabela 4. Valores dos parâmetros estatísticos obtidos na análise do NDVI na área degradada.

Ano	mín	médio	máx	mediano	moda	D. PAD
1994	-0,490	0,281	0,749	0,280	0,294	0,090
1997	-0,557	0,194	0,726	0,190	0,180	0,072
2001	-0,316	0,227	0,622	0,226	0,248	0,071

Na caatinga do Nordeste Brasileiro (NEB) Formigoni *et al.* (2007) obtiveram NDVI entre 0,15 e 0,8, para o período seco e chuvoso, respectivamente e, valor médio de 0,25, corroborando com este trabalho.

Na Figura 9 encontram-se as cartas de NDVI para a área degradada. Nesta percebe-se a destruição espacial da recuperação de vegetação entre 1997

e 2001. Entretanto este decréscimo deveu-se à baixa precipitação na região, devido a um evento de escala global (El-Niño) que afeta negativamente a precipitação na região analisada. Em 2001 apesar de haver um aumento nos valor médio do índice de vegetação, este ainda foi inferior ao obtido no ano de 1994, mostrando que está havendo perda de vegetação na área analisada.

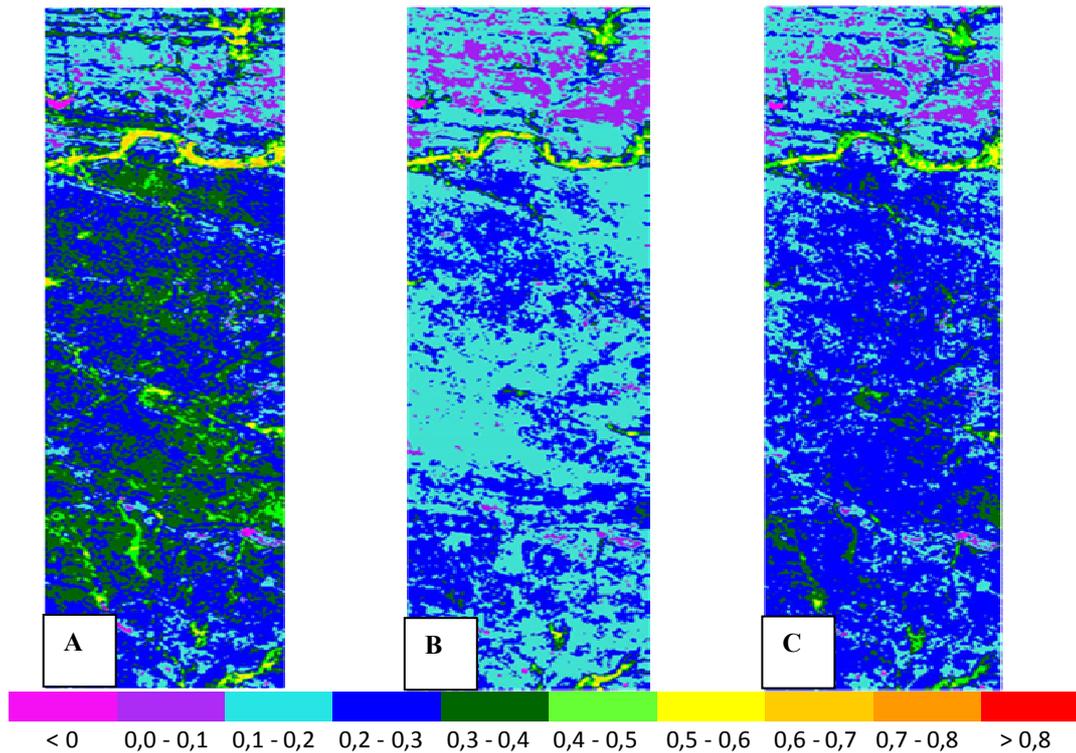


Figura 9. Cartas de NDVI para a área degradada em 1994 (A), 1997 (B) e 2001 (C).

Os histogramas para o NDVI na área degradada encontram-se na Figura 10. Percebe-se que há pouca dispersão dos valores dos pixels, havendo uma maior concentração no ano de 1997 em torno do valor 0,2. Os histogramas das figuras 10A e 10C apresentam comportamento semelhante, porém para va-

lores de NDVI diferentes, no ano de 1994 há uma maior presença de vegetação comparando com a observada em 2001, onde os pixels modais são de 0,3 (1994) e 0,25 (2001).

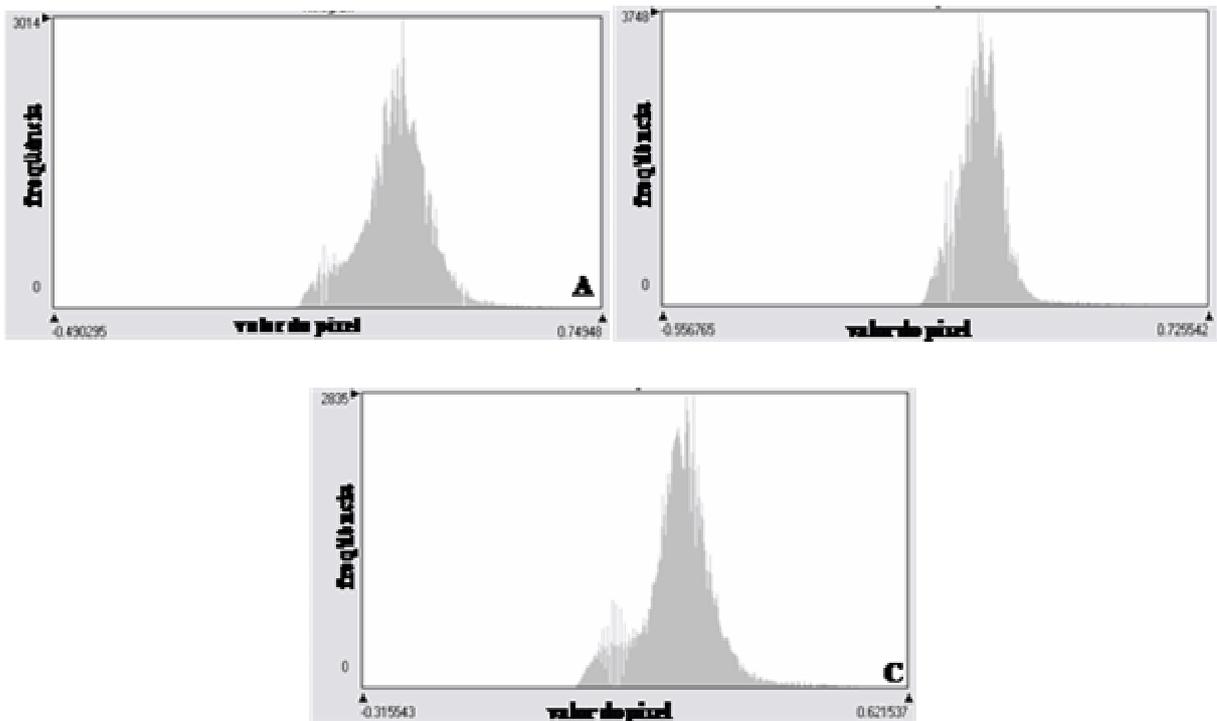


Figura 10. Histograma de frequência do NDVI da área degradada em 1994 (A), 1997 (B) e 2001 (C).

CONCLUSÕES

A precipitação média no município de Floresta/PE apresenta moderada distribuição espacial, sendo a parte norte do município com precipitação superior a porção sul. Com relação à temporalidade a precipitação apresenta grande variabilidade, com precipitação concentrada no mês de janeiro;

O NDVI apresenta decréscimo nas duas áreas analisadas, revelando que ambas as regiões estão em processo de desertificação, por perda de vegetação e por processos pedológicos;

A área conservada apresenta processo de degradação dos solos. A análise temporal através do NDVI mostra que a vegetação torna-se ainda menos densa, caracterizando degradação por perda de vegetação;

Na área degradada o índice de vegetação apesar de apresentar-se baixo em 1997, em 2001 apresenta um pequeno acréscimo, porém sendo o índice ainda inferior ao período inicial analisando, mostrando que numa análise geral, houve perda de vegetação entre os períodos limites do estudo;

Percebe-se que a área degradada apesar de apresentar um leve aumento no NDVI, este ainda é inferior ao menor índice obtido na área conservada;

Recomenda-se realizar um estudo de campo para verificar a presença de determinadas particularidades no solo, onde aparece uma faixa similar a uma nuvem *Cirrus*, porém este aspecto é causado pelo albedo do solo, devido ao material deste na região em questão.

REFERENCIAS

ALLEN, R.G. et al. (Surface Energy Balance Algorithms for Land), Advanced training and users manual. Idaho: Implementation, v.1.0. 2002.

ARAÚJO FILHO, J.C. et al. **Diagnóstico ambiental do município de Floresta**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2001. (Circular Técnica).

BARBOSA, M.P. et al. **Estudo da degradação de terras** – município de Picos - PI. In: SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p.4357-4363.

BASTIAANSEN, 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 Bibliotheek, Den Haag, the Netherlands. 272 p., 1995.

BASTIAANSEN, 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.

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.

CHANDER; G.; MARKHAM; B. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and post calibration dynamic ranges. **Ide transactions on geoscience and remote sensing**, v.41, n.11, p.2674-2677, 2003.

DI PACE, F.T. **Estimativa do Balanço de Radiação à Superfície Terrestre Utilizando Imagens TM-Landsat 5 e Modelo de Elevação Digital**. 2004. 120f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

FORMIGONI, M.H.; QUARTO, J.P.; XAVIER, A.C. Análise temporal de área irrigada e caatinga na região de Petrolina por meio de dados EVI do MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007.

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**. 2007. 255f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GIONGO, P.R. **Estimativa do balanço de radiação com técnicas de sensoriamento remoto e dados de superfície**. 2008. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

HUETE, A.R.; TUCKER, C.J. Investigation of soil influence in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.12, p.1223-1242. 1991.

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.

- KAZMIERCZAK, M.L. Desenvolvimento de um Algoritmo para modelar a suscetibilidade de Desertificação no Nordeste Brasileiro: Algoritmo ISD. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1675-1691.
- LABORATORIO DE METEOROLOGIA DE PERNAMBUCO. Série de dados pluviométricos. Disponível em: <<http://www.itep.br/LAMEPE.asp>>. Acesso em 10 Nov 2008.
- LOPES, G.M. **Balço de Radiação em Áreas Irrigadas Utilizando Imagens Landsat 5 –TM**. 2003. 97f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- LOURENÇO, R.W.; LANDIM, P.M.B. Estudo da variabilidade do 'Índice de Vegetação por Diferença Normalizada/NDVI' utilizando krigagem indicativa. **Holos Environment**, v.4, n.1, p.38-55, 2004.
- MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International. Journal of Remote Sensing**, v.8, n.3, p.517-523, 1987.
- MELO, M.L. **Áreas de exceção da Paraíba e dos Sertões de Pernambuco**. Recife: SUDENE, 1988. 321 p. (Série Estudos Regionais, 19).
- OLIVEIRA-GALVAO, A.L.C.; SAITO, C.H. A modelagem dos dados temáticos geoespacializados na identificação das diferentes níveis de susceptibilidade à desertificação da região semi-árida do Nordeste brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2002, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2002.
- REIS, A.S.Z. **Desertificação e segurança na Região Mediterrânea**. In: I Conferencia Lusófoa sobre o Sistema Terra. Lisboa, Portugal. 2006.
- SILVA, B.B.; LOPES, G.M.; AZEVEDO, P.V. Balço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 - TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.2, p.243-252, 2005.
- SILVA, F.B.R. et al. **Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1993. 2 v.
- SOUZA, R.F. **Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semi-árido paraibano**. Campina Grande: UFCG, 2007. 180p.
- SOUZA, S.S.; ALVALA, R.C.S. Anomalias de precipitação devido à mudança de vegetação no semi-árido do Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, 2004.
- TUCKER, C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v.8, n.2, p.127-150, 1979.