

Análise dinâmica do processo de desertificação na região de Gilbués-PI, utilizando imagens do TM/Landsat 5

Madson Tavares Silva¹,
Vicente de Paulo Rodrigues da Silva¹
Maria da Conceição Marcelino Patrício¹
Everson Batista Mariano¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Caixa Postal 10078 - 58109-970 - Campina Grande - PB, Brasil
madson_tavares@hotmail.com, vicente@dca.ufcg.edu.br,
ceica@gmail.com, everson@dca.ufcg.edu.br

Abstract. Three Landsat-5 TM (Thematic Mapper) scenes were used to quantify the soil cover over a landscape located in the southwestern state of Piauí. The Geographic Information System (SPRING 5.0) was performed for processing of digital images. The thematic classification of images showed a high degree of soil degradation on study area, a result of irrational management strategies in agricultural. Result showed that soil covering by vegetation decreased from 1987 to 2008 in Gilbués. The impact of the desertification process affects the agriculture and rivers of the region, as well as the water supply for the population.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, NDVI, sensoriamento remoto, processamento de imagens, IVDN.

1. Introdução

O processo de desertificação ocorre em várias regiões do Brasil, dentre elas a região Nordeste, principalmente a parte semi-árida, cujas causas estão associadas ao desmatamento, à mineração, ao sobrepastoreio, ao cultivo excessivo, a irrigação inadequada e ao latifúndio. Os danos ambientais produzidos resultam em erosão dos solos, empobrecimento da caatinga e degradação dos recursos hídricos, com efeitos diretos sobre a qualidade de vida da população (Suertegary 1996). O município de Gilbués, que é localizado no sudoeste do Estado do Piauí, tem sido foco de reportagens da grande imprensa nacional por ser um dos quatro núcleos em grande processo de desertificação (Gilbués-PI, Cabrobó-PE, Seridó-RN e Irauçuba-CE). Esses núcleos de desertificação têm em comum o desmatamento indiscriminado, as queimadas e o pastoreio de caprinos e ovinos acima da capacidade de suporte do ambiente (Accioly, 2000). O núcleo de desertificação de Gilbués possui um grave quadro de erosão em sulco, tendo como as principais causas fatores antrópicos e naturais.

A desertificação é vista pelos mais diversos estudiosos da questão ambiental como um dos mais graves problemas ambientais enfrentados pela humanidade. Suas causas são as mais diversas, dentre as quais, os fatores econômicos, culturais, sociais ou políticas, climáticos e geológicos. O clima seco e úmido, com fortes chuvas intercaladas por fortes ventos faz a desertificação avançar nessa região rapidamente, matando rios, mananciais e deixando terras produtivas improdutivas. Além disso, os Rios Gurguéia e Uruçuí Preto, dois dos grandes afluentes do Rio Parnaíba, maior rio que nasce no Nordeste, estão seriamente ameaçados pelo assoreamento.

Técnicas de sensoriamento remoto há muito têm sido utilizadas em estudos de desertificação (Robinove et al., 1981; Matheson, 1987), visto que podem oferecer uma análise em escala espacial e temporal desses processos. As informações que podem ser produzidas

com base nos dados dessa tecnologia oferecem suporte para a tomada de decisões, tais como medidas de prevenção e recuperação (Geerken & Ilaiwi, 2004).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o emprego de imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat-5 para estimar a extensão da área degradada pelo avanço do processo de desertificação. Os resultados foram obtidos usando técnicas de processamento digital, classificação espacial e temporalmente da cobertura do solo.

2. Material e Métodos

A área de estudo compreende os territórios municipais de Gilbués, Barreiras do Piauí, Monte Alegre do Piauí e São Gonçalo do Gurguéia. Esse quadrante está localizado entre os meridianos $45^{\circ}38'51.71''$ e $45^{\circ}07'53.40''$ de longitude Oeste e os paralelos $10^{\circ}01'35.15''$ e $9^{\circ}46'49.64''$ de latitude Sul, fazendo parte da microrregião do Alto Médio Gurguéia (Figura 1).

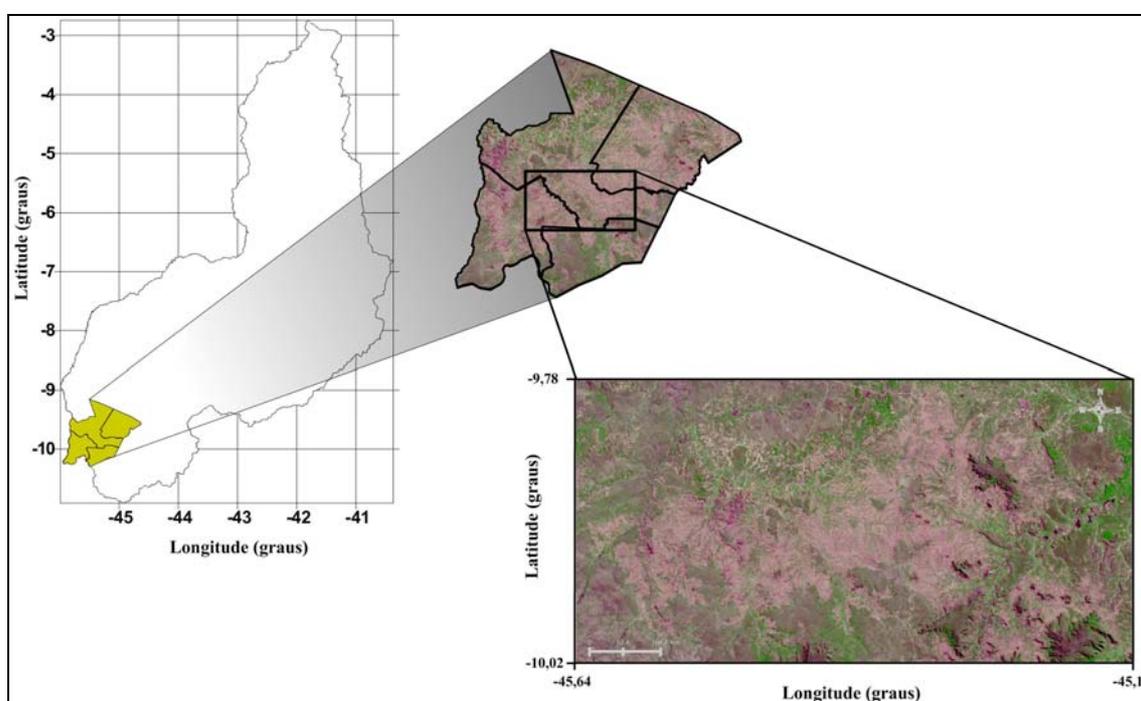


Figura 1. Localização da área do estudo.

As condições climáticas da área do estudo (com altitude da sede a 481 m acima do nível do mar) apresentam temperaturas mínimas de 25°C e máximas de 36°C , com clima quente e semi-úmido. A precipitação pluviométrica média anual é definida no Regime Equatorial Continental, com isoietas anuais em torno de 800 a 1200 mm e período chuvoso estendendo-se de novembro a dezembro e de abril a maio (IBGE, 1977).

Os solos da região, provenientes da alteração de arenito, conglomerado, folhelho, calcário, silexito e siltito, são espessos, jovens, com influência do material subjacente, compreendendo Latossolos Amarelos, álicos ou distróficos, textura média, associados com areias quartzosas e/ou podzólico vermelho-amarelo concrecionário, plíntico ou não-plíntico, fase cerrado tropical subcaducifólio e mata de cocais Jacomine et al. (1986). O acidente morfológico predominante é a ampla superfície tabular reelaborada, plana ou levemente ondulada, limitada por escarpas abruptas que podem atingir 600 m, exibindo relevo com zonas rebaixadas e dissecadas Jacomine et al. (1986).

A área de estudo está inserida na faixa de transição entre o domínio dos cerrados do Brasil Central e o domínio do semi-árido do nordeste brasileiro. Como consequência, sua cobertura vegetal caracteriza-se por uma variação entre cerrado e caatinga.

Para a realização deste estudo foram utilizadas: (1) três cenas do sensor TM/LANDSAT 5, órbita/cena 220/67, datadas de 13 de junho de 1987, 24 de junho de 1997 e 06 de junho de 2008 (Figuras 2); (2) layers de regionalização, contendo mapas de drenagem e limites dos municípios. As especificações das imagens estão apresentadas na Tabela 1.

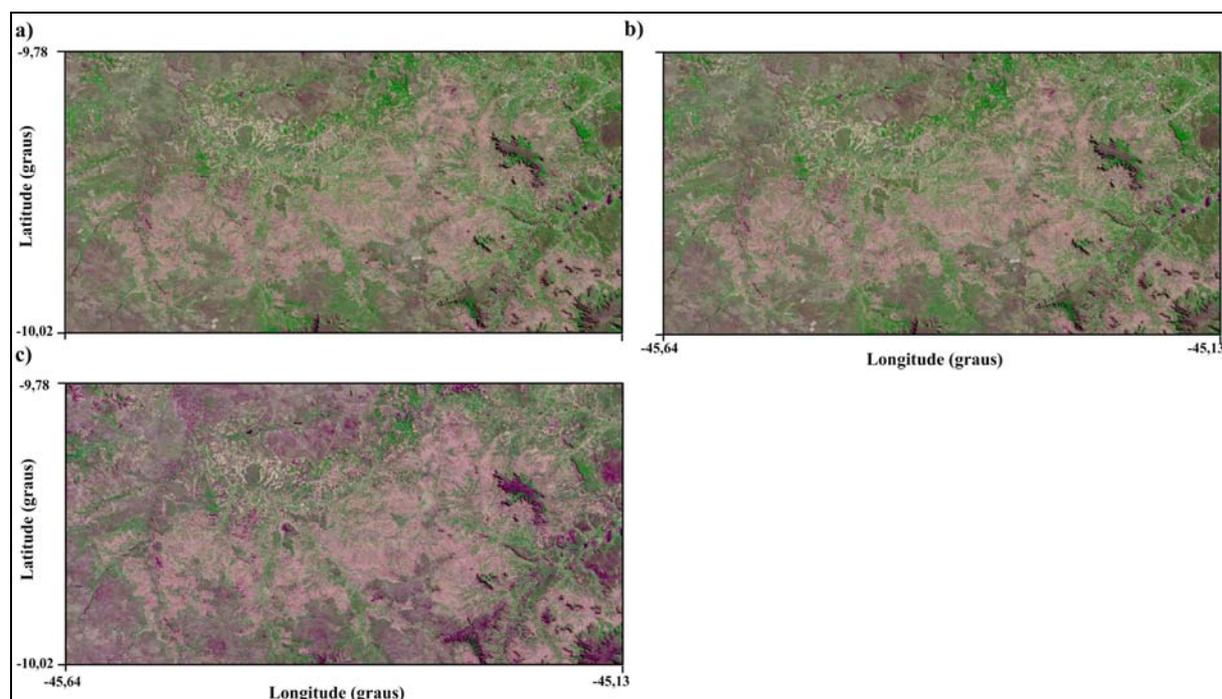


Figura 2. Imagem TM/Landsat 5 em composição das bandas (RGB342) referente à área de estudo, no dia 13/06/1987 (a), no dia 24/06/1997 (b) e no dia 06/06/2008 (c).

Na realização da delimitação espacial da vegetação do município, na construção do banco de dados geográfico e na integração de todas as informações disponíveis da área de estudo, utilizou-se o software SPRING 5.0 (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) - Câmara et al. (1996). As etapas desenvolvidas nesta pesquisa estão resumidas e descritas na seqüência abaixo.

O estudo utilizou as seguintes etapas: Georreferenciamento; Determinação do NDVI; Segmentação; Classificação não-supervisionada e Elaboração dos mapas temáticos e determinação da área ocupada por cada classe temática.

Tabela 1. Características das imagens TM/Landsat 5.

	Descrição dos Canais	Comprimento de onda - μm
Bandas espectrais	Banda 2 (verde)	0,53 – 0,61
	Banda 3 (vermelho)	0,62 – 0,69
	Banda 4 (infra-vermelho próximo)	0,78 – 0,90
Resolução espacial	30m x 30m	
Órbita/Ponto	220/67	
Data	13/06/1987, 24/06/1997 e 06/06/2008	

Georreferenciamento - As imagens utilizadas foram obtidas do satélite LANDSAT 5, sensor TM, para órbita e cena 215/65, datadas de 13 de junho de 1987, 24 de junho de 1997 e 06 de junho de 2008. Inicialmente, a imagem de 1987 foi georreferenciada através de pontos de controle extraídos das cartas geográficas da drenagem do estado (mapa para imagem). Essa imagem foi utilizada para registrar as imagens de 1997 e 2008 (imagem para imagem). No término desta etapa, todas as imagens estavam georreferenciadas e tendo como projeção o sistema de coordenadas UTM e modelo do elipsóide SAD 69.

Determinação do NDVI – Da operação algébrica dos níveis de cinza (parâmetros na Tabela 2) dos canais vermelho (banda 3) e do infravermelho próximo (banda 4) obteve-se o mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI). Este mapa é usado para identificar a presença de vegetação verde na superfície, o que permite caracterizar sua distribuição espacial, bem como a evolução do seu estado ao longo do tempo, a qual é determinada pelas variações das condições climáticas dominantes. O índice de vegetação por diferenças normalizadas foi definida pela Equação 1:

$$\text{NDVI} = \text{ganho} * [(banda\ 4 - banda\ 3) / (banda\ 4 + banda\ 3)] + \text{offset} \quad (1)$$

Segmentação - Consiste na divisão em regiões correspondentes às áreas de interesse de aplicação para facilitar a classificação na fase seguinte, ou seja, áreas de vegetação. Utilizou-se a técnica de segmentação de imagem: crescimento de regiões (Tabela 2). Essa técnica é um processo iterativo pelo qual os pixels vão sendo agrupados, segundo um critério de similaridade e formando regiões Bins et al. (1996).

Classificação não-supervisionada – Consiste em um algoritmo no qual a classificação avalia em que classe alocar cada região em função de seus atributos estatísticos, mostrou um melhor desempenho neste experimento. Para classificar as regiões nas imagens segmentadas utilizou-se a técnica de classificação não-supervisionada ISOSEG, ver parâmetros na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros utilizados no processamento das imagens (TM/Landsat 5).

NDVI	Ganho = 185	OffSet = 125
Segmentação	Similaridade = 20	Área (pixel) = 30
Classificação	Limiar de aceitação = 95%	

Elaboração dos mapas temáticos e determinação da área ocupada por cada classe - O resultado de uma classificação digital é representado por classes espectrais (áreas com características espectrais semelhantes) constituintes de um mapa de pixels classificados, representados por símbolos gráficos ou cores (mapa temático de uso do solo). O resultado da classificação serviu de base para a geração de duas cartas temáticas de cobertura de solo do município, bem como para quantificar esta classe temática nas duas datas de estudo. A quantificação das áreas das classes existentes foi obtida, gerando-se um plano de informação contendo o resultado da classificação dentro do limite da área do estudo. Na combinação das bandas gerou-se uma composição colorida atribuindo às bandas 2, 3, e NDVI com as respectivas cores, azul, vermelho e verde. Com essa combinação, obteve-se uma nova imagem com uma composição de cores que foi possível identificar, com mais nitidez, as diferentes classes. O levantamento da vegetação teve como base classificatória e de suporte conceitual aqueles propostos por Jacomine et al. (1986) e do espectro visual da carta do NDVI. Foram adotadas quatro classes referentes à cobertura do solo, vegetação rala, vegetação arbustiva, vegetação sub-arbustiva e a classe de solo exposto.

3. Resultados e Discussão

Nas imagens do NDVI para os dias 13/06/1987 (Figura 3a), 24/06/1997 (Figura 3b) e 06/06/2008 (Figura 3c), os níveis de cinza mais claros expressam valores que representam índices de vegetação com maior desenvolvimento, enquanto os níveis de cinza mais escuros representam baixos índices de vegetação com valores próximos a zero. Esses valores baixos correspondem a alvos urbanos como área construída, solo exposto e água.

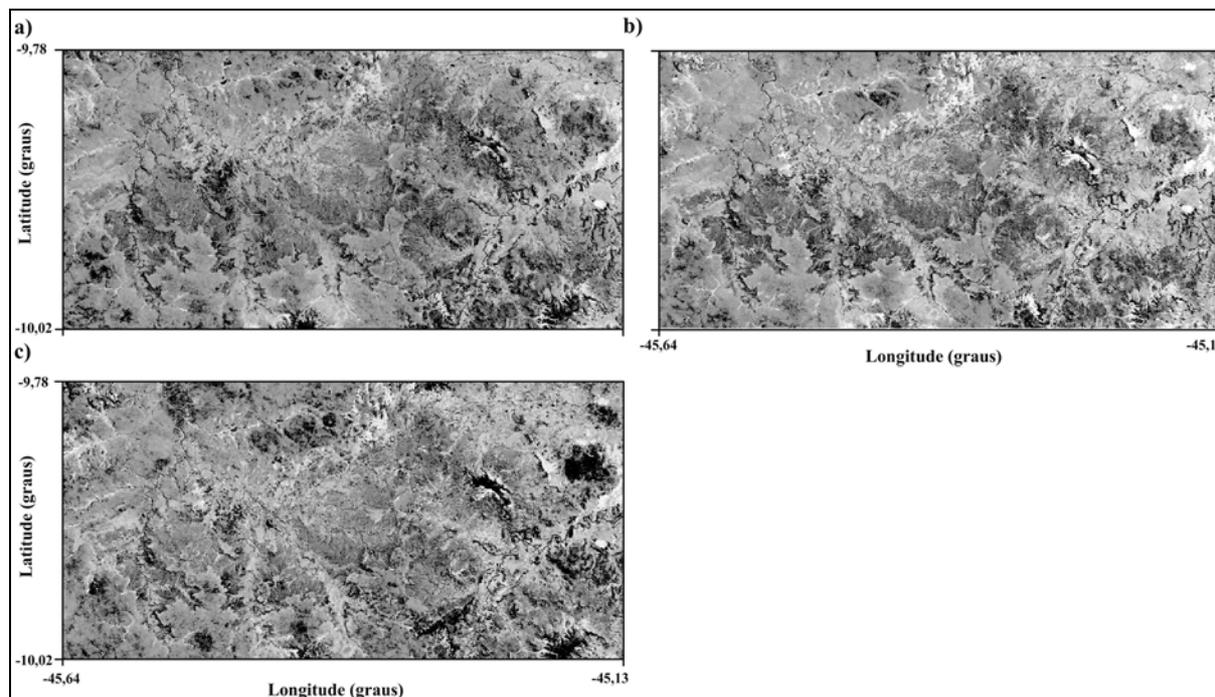


Figura 3. Composição monocromática da imagem do NDVI, (a) nos dias 13/06/1987, (b) 24/06/1997 e c) 06/06/2008.

Os resultados da segmentação e classificação das imagens das bandas 2, 3 e NDVI são apresentados para os dias 13/06/1987 (Figura 4a), 24/06/1997 (Figura 4b) e 06/06/2008 (Figura 4c). Para facilitar a interpretação dos resultados, a composição foi fatiada em apenas quatro classes. A classe temática que corresponde às áreas submetidas ao maior nível de degradação e/ou menor desenvolvimento foi associada à fatia de NDVI, com níveis de cinza mais escuros, e as de NDVI com níveis de cinza mais claros, a áreas de maior vigor vegetativo, como resultado do levantamento da situação da cobertura de terra da área, foi obtido um mapa temático com as classes de vegetação especificadas. Assim, foram gerados os valores quantitativos com relação as suas áreas de abrangência e percentagem dispostos na Tabela 3.

Através do processo de quantificação das classes de cobertura vegetal existente na área de estudo, verificou-se que para o ano de 1987 havia 298 Km² de cobertura do tipo solo exposto, para o ano de 1997 havia 341,4 Km² e para o ano de 2008 a mesma classe apresentou o valor de 358,6 Km². Essa classe representa a área de maior incidência ao processo de desertificação e degradação do solo (Tabela 3). No período entre 1987 e 2008 houve um aumento de 4% na área de cobertura dessa classe, que corresponde a uma área de 60,6 Km². As demais classes perderam ou mantiveram as mesmas taxas ao longo do período do estudo. A classe de vegetação sub-arbustiva, representava do ano de 1987, apresentou cerca de 47,4% da área total; porém para o ano de 2008 a mesma classe representa 44,7 %, logo uma redução de cerca de 3%.

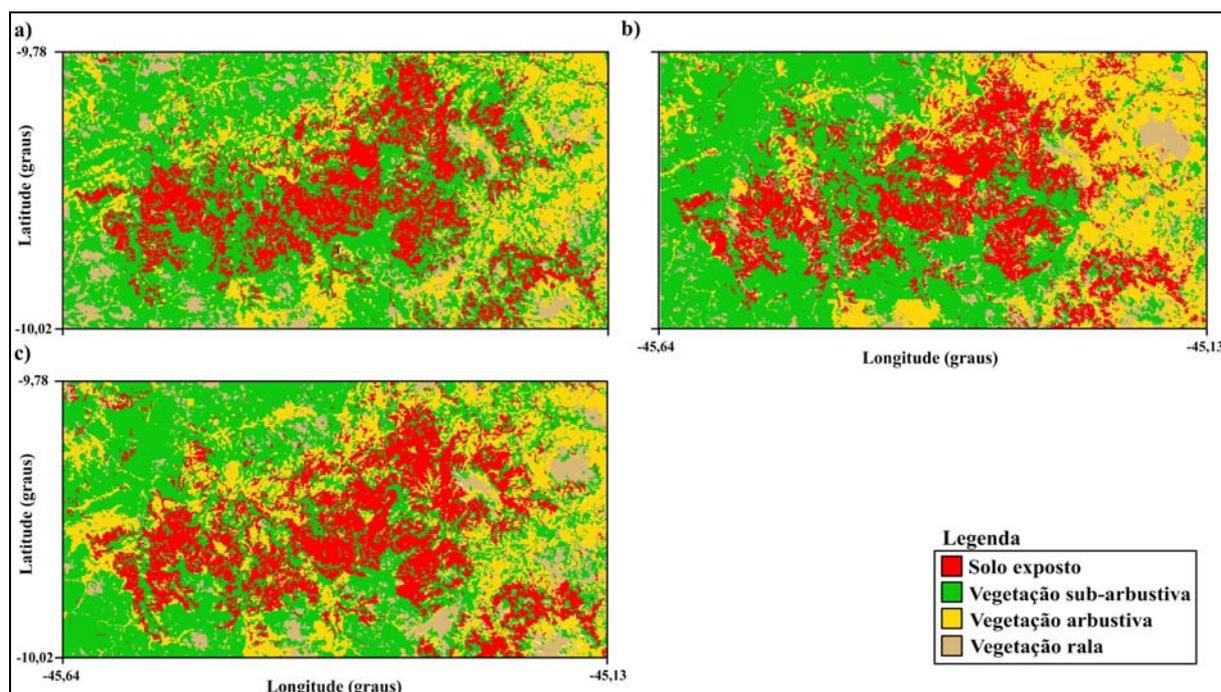


Figura 4. Mapa temático da cobertura do solo para área de estudo, solo exposto, vegetação rala, vegetação sub-arbustiva e vegetação arbustiva em 13/06/1987 (a), 24/06/1997 (b) e 06/06/2008 (c).

Essa dinâmica da vegetação pode ser associada às atividades antrópicas, tais como agricultura, agropecuária e mineração, que através de práticas de manejo desordenado, resultou numa grande mudança na paisagem natural da região. Ainda, somam-se a esses fatores as características edafoclimáticas da região, tais como, as fortes chuvas que transportam grande quantidade de sedimentos. Os resultados ainda evidenciam que as margens dos rios, e algumas áreas da classe vegetação arbustiva, não sofreram grandes reduções o que indica a conservação dessas áreas ao longo do período estudado.

Tabela 3. Estimativa da cobertura do solo na área de estudo nos anos de 1987, 1997 e 2008, utilizando imagens do satélite TM/Landsat 5.

Tipo de Cobertura	Ano					
	1987		1997		2008	
	Área		Área		Área	
	(Km ²)	%	(Km ²)	%	(Km ²)	%
Solo exposto	298	19,4	341,4	22,2	358,6	23,3
Vegetação rala	138	9	123	8	120,1	7,8
Vegetação sub-arbustiva	730	47,4	689	44,8	687,5	44,7
Vegetação arbustiva	372	24,2	384,6	25	371,8	24,2
Área total das classes	1538	100	1538	100	1538	100

O resultado da classificação indica também que, em termos de abrangência, as vegetações de pequeno porte predominam em cerca de 52% da área de estudo (Tabela 3). A vegetação do tipo arbustiva (Figura 4) se apresenta com maior frequência na área leste, onde os trechos de vegetação rala estão dispersos em todas as datas estudadas. Entretanto, para essa classe foi verificado que para o ano de 1997, e com maior incidência para o ano de 2008, essas áreas estão sendo usadas para práticas de agriculturas, caracterizando-se, possivelmente, no remanejamento de uso de solo, por conta do processo de degradação e desertificação da cena estudada.

Ainda com relação à área degradada, na literatura não foi encontrado um valor em comum para a abrangência da área referente ao processo de desertificação no sudoeste do Estado do Piauí. Segundo Sema (1986), essa área degradada é de 1.250 Km², mas para Costa (1993) é de apenas 389 km², enquanto para Nery (1982) é de 600 km². Por outro lado, o relatório final do projeto BRASIL (1973) indica uma área de degradação de 1.500 Km². Portanto, os valores obtidos nesse estudo são bem inferiores daqueles encontrados na literatura. Entretanto, ressalta-se que a área do presente estudo estudada ocupa 1538 Km²; além disso, a época escolhida para o estudo corresponde ao término do segundo período chuvoso.

4. Conclusões

As técnicas de sensoriamento remoto na identificação da vegetação, solo e águas superficiais podem ser consideradas adequadas para a tomada de decisão para gerar ações que mitiguem os impactos da ocupação de terras em regiões susceptíveis ao processo de desertificação. As técnicas de processamento de imagem utilizando o software SPRING 5.0 se mostraram eficiente na divisão e quantificação das classes de cobertura de solo. Os resultados obtidos no presente estudo indicam uma tendência de crescimento nas áreas de desertificação e, conseqüentemente, uma redução das demais classes de vegetação encontradas na região de Gilbués. O período de estudo evidencia o impacto do processo de desertificação na região, não somente na disponibilidade de áreas agricultáveis, como também no assoreamento dos rios adjacentes da região estudo e no fornecimento de água para a população.

Referências Bibliográficas

- Accioly, L.J.O. **Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil**. Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p.23-25, 2000.
- Bins, L. S.; Fonseca, L. M. G.; Erthal, G. J.; Mitsuo II, F. Satellite Imagery Segmentatio: A region Growing Approach. VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Salvador, Brasil, 1996. **Anais**.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAM. Parte das folhas SC. 23. Rio São Francisco e SC. 24. Aracaju. **Levantamentos de recursos naturais**. Rio de Janeiro, v.1, 1973.
- Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object oriented data modelling. J. Computers & Graphics, 20: (3) 395, May Jun 1996.
- Costa, F. L. M. **Caracterização geo-ambiental da desertificação em Gilbués-PI**. 1993. Monografia - UFPI, Teresina, 1993.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil. **Região Nordeste**. Rio de Janeiro, SERGRAF. IBGE, 1977
- Geerken, R. & Ilaiwi, M. Assessment of rangeland degradation and development of a strategy for rehabilitation. **Remote Sensing of Environment**, 90: p.490-504, 2004.
- Jacomine, P.K.T. **Levantamento exploratório e reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro. EMBRAPA-SNLCS/SUDENE-DRN. 1986. 782 p.
- Matheson, S.R.W. Spectral assessment of indicators of range degradation in the Botswana hardveld environment. **Remote Sensing of Environment**, 23: 379-396, 1987.
- Nery, M. **Os pontos mais críticos do Brasil**. Revista Desafio do Desenvolvimento. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/edicoes/22/artigo17700-3.php>. Acesso em: 10/10/2008.
- Robinove, C.J.; Chavez Jr.; P.S.; Gehring, D. & Holmgren, R. Arid land monitoring using Landsat albedo difference images. **Remote Sensing of Environment**, 11: p.133-156, 1981.

SEMA-Secretaria Especial para o Meio Ambiente. Seminário sobre Desertificação no Nordeste. **Documento Final**, Brasília, 1986.

Silva, A.P. **Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Açude Namorado no Cariri Oriental Paraibano**. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2002.

Suertegary, D.M.A. Desertificação: Recuperação e Desenvolvimento Sustentável. In: Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. RJ: Bertrand Brasil, 1996.