

Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFPR

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE PARARI-PB: UMA ANÁLISE POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO

ENVIROMENTAL DEGRADATION IN THE TOWN OF PARARI-PB: AN ANALYSIS BY MEANS OF REMOTE SENSING

(Recebido em 02.09.2014; Aceito em: 11.05.2016)

Glauciene Justino Ferreira da Silva

www.ser.ufpr.br/geografar

ISSN: 1981-089X

Doutoranda em Engenhria Civil e Ambiental Universidade Federal da Paraíba João Pessoa, PB, Brasil e-mail: glauc.geo@gmail.com

> Nadjacleia Vilar Almeida Prof^a Dr^a do curso de Ecologia Universidade Federal da Paraíba Rio Tinto, PB, Brasil e-mail: glauc.geo@gmail.com

RESUMO

A exploração não sustentada da cobertura vegetal, dos recursos hídricos e do solo em uma região traz sérias implicações à manutenção do equilíbrio ambiental. Em regiões semiáridas, por exemplo, a degradação das terras provoca o assoreamento dos rios, interfere nas propriedades físico-químicas dos solos e afeta a biodiversidade, modificando a paisagem. Para o monitoramento mais eficiente das alterações e o planejamento adequado no combate à destruição do bioma Caatinga é necessário o monitoramento da degradação. Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo quantificar a degradação da cobertura vegetal no município de Pararí-PB, fornecendo subsídios para analisar e caracterizar a dinâmica da vegetação de caatinga existente na área. Foram utilizados como suporte metodológico o Sensoriamento Remoto, o SIG e técnicas de análise espacial. A quantificação da cobertura das terras mostrou que a classe solo exposto em 1988 e 1999 representava, respectivamente, 89,54% e 80,59% da área total do município. Em detrimento da vegetação densa que em todo período representou os menores percentuais em relação à área de estudo. O NDVI variou de -1 e 0,40, sendo influenciado pela resposta da vegetação a precipitação nos meses considerados chuvosos e secos, o que afetou significativamente a resposta desse índice para a

área em estudo. Devido ao desmatamento, as áreas mais degradadas no município, apresentam solos com alto nível de desgaste que impossibilita o desenvolvimento da vegetação de caatinga densa, a umidade proporcionada pela precipitação não altera a paisagem das áreas degradadas.

Palavras-chave: cobertura da terra; NDVI; caatinga; Semiárido.

ABSTRACT

The exploration non- sustainable vegetable area, water sources and soil in a region provokes serious implications to the environmental equilibrium. In dry regions subjected by desertification, for instance, the degradation of the lands provokes rivers siltation and interferes in the chemical properties of the soil and affects the biodiversity. It also modifies the landscape. In order to monitor more efficiently these alterations and an appropriated plan to combat the destruction of the Caatinga (name given by a region very dry in Brazil) biome it is necessary a monitoring of the degradation. In this contest, this work has as a goal to analyze spatially the degradation of the vegetable areas in the town of Parari - Paraiba State - Brazil. We are aided by remote sensing, GIS and spatial analysis techniques. The quantification of the land cover showed that the export soil class on 1988 and 1999 represented, respective, 89,54% and 80,59% of the total area of municipality. On loss in the dense vegetation that on period represented the small percentage on relation to study area. The IDVN varied of -1 and 0,40 were influenced by vegetation response the rainfall in the months rain and dries, this affect significant the response this index for study area. Due to as deforestation, areas more degraded in municipality, represented soils with high level of deterioration that impossible the development of dense caatinga vegetation, the humidity supplied by rainfall don't change the landscape of the degraded areas.

Keywords: land cover; NDVI; Caatinga; Semiarid.

INTRODUÇÃO

O processo histórico de ocupação do semiárido brasileiro tem gerado a exploração predatória do bioma caatinga. Este fator provocado pelas ações humanas vem contribuindo com a redução gradativa de remanescentes florestais.

Não diferente dos estados inseridos no semiárido brasileiro, a Paraíba possui municípios com alto nível de degradação da cobertura vegetal, ocasionada por atividades como a agricultura de sequeiro e a pecuária extensiva.

A vegetação de caatinga, em grande parte do estado da Paraíba foi desmatada para dar lugar à agropecuária e para a retirada de lenha durante os períodos de escassez hídrica que garantiam o sustento da população local (SOUSA, 2008; ALMEIDA, 2012). No município de Parari, localizado no Cariri Paraibano, a



deterioração ambiental ocorre principalmente com a devastação da caatinga e degradação das terras, tornando áreas impróprias à agricultura e provocando desequilíbrio ambiental com perdas incomparáveis a biodiversidade.

Nesse sentido, a utilização de metodologias capazes de proporcionar o monitoramento das alterações humanas no meio ambiente, é fundamental para monitorar e propor formas de deter ou mitigar a degradação ambiental no semiárido nordestino. Para Sousa (2007), as geotecnologias permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes (sensoriamento remoto, Cartografia, trabalho de campo etc.). Em grande parte do monitoramento da superfície terrestre, dados obtidos por meio do sensoriamento remoto são imprescindíveis, pois proporcionarem a periodicidade necessária à realização de diagnósticos ambientais.

O sensoriamento remoto é a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do Planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações (NOVO, 2009).

Nesse contexto, os índices de vegetação, derivados de imagens satélites são amplamente utilizados por serem capazes de inferir sobre as modificações nas paisagens, auxiliando no monitoramento da dinâmica da vegetação em áreas degradadas ou em processo de degradação. A deterioração ocorre pela redução da cobertura de plantas perenes, que em conjunto com a degradação dos solos em áreas com menor cobertura vegetal provocam o aumento do albedo e da temperatura do solo.

Kazmierczak (1996) ao estudar suscetibilidade de desertificação no nordeste brasileiro, afirma que se verifica uma grande falta de informações sobre a Caatinga: a extensão e o pouco conhecimento existente bastariam para determinar este bioma como um dos mais promissores campos de aplicação das tecnologias de sensoriamento remoto, para prover informações sobre os seus recursos.

Diante do exposto, este artigo objetiva por meio das geotecnologias, analisar e quantificar a degradação da cobertura vegetal no município de Pararí, na tentativa de representar espacialmente a dinâmica da vegetação de caatinga e consequentemente servir de subsídio para diagnosticar a degradação da Caatinga.



MÉTODO

O município de Parari (Figura 1) está localizado na região central do Estado da Paraíba, Mesorregião Borborema e Microrregião do Cariri Ocidental. Encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, sub-bacia do Rio Taperoá. De acordo com Varejão-Silva et al. (1984) na classificação climática de Köppen o município de Parari está inserido no clima do tipo BS wh'. A média da precipitação anual (mm/ano) no período de 1960 a 2010 está entre 625,8 - 663,8mm (ALMEIDA, 2012).

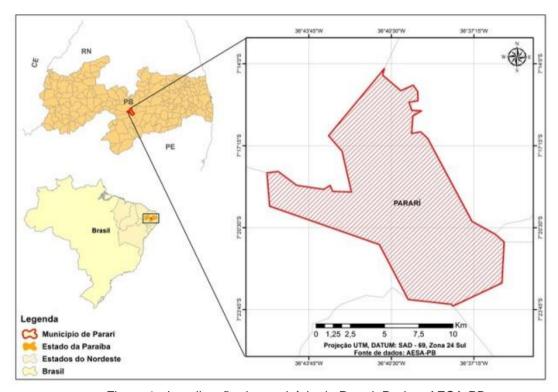


Figura 1 - Localização do município de Parari. Dados: AESA-PB.

Para o estudo os softwares escolhidos foram o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) na versão 5.2 e o software ArcGIS 9.1, versão educacional.

Foram utilizadas as imagens do satélite LANDSAT-5 sensor TM, capturadas em 08/03/1988, 20/09/1995, 08/04/1999 e 29/07/2005, órbita/ponto 215/065, disponibilizadas gratuitamente pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), e dados do Modelo Digital de Elevação com 90 metros de resolução



espacial, disponibilizados pela EMBRAPA, os quais são originários da missão de mapeamento do relevo terrestre SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Para apoiar as análises dos mapas foram utilizados os dados do acúmulo de chuvas no posto do município de São João do Cariri-PB em 1988; do posto Fazenda Nova no município de Sumé de 1995 cedidos pelo laboratório de hidrologia da UFCG; e para os anos de 1999 e 2005 foram utilizados dados dos postos do município de São José dos Cordeiros e de Parari, respectivamente, sendo que estes últimos foram disponibilizados pela AESA-PB.

Devido à falta de informações no posto de Parari nos anos de 1988, 1995 e 1999, optou-se por utilizar dados coletados em postos de municípios próximos e que estão localizados na mesma cena das imagens de satélite utilizadas. Os procedimentos metodológicos desenvolvidos na pesquisa podem ser verificados na figura 2.

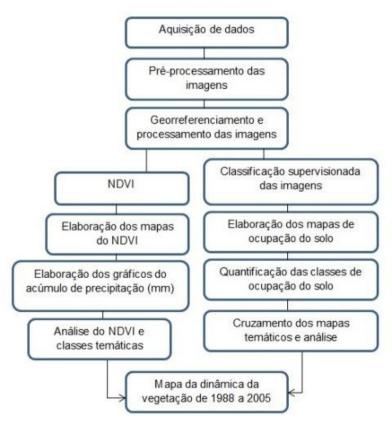


Figura 2 - Procedimentos metodológicos desenvolvidos.

Para o registro das imagens no SPRING foram escolhidos 16 pontos de controle, com precisão de aproximadamente 0,051 pixel para as imagens de satélite.



Ainda no SPRING após as imagens serem registradas, foi realizada a classificação das imagens escolhidas para o estudo. O método de classificação realizado foi o supervisionado, o classificador utilizado foi o MAXVER (máxima verossimilhança). Foram escolhidas as seguintes classes: solo exposto, vegetação densa, vegetação rala e água para as bandas 3, 4 e 5 do Landsat 5/TM. Ainda em ambiente SPRING, foram extraídos os valores correspondentes a exatidão global para classificação e o índice Kappa, com intuito de obter a validação das informações obtidas com a classificação. Os valores do índice Kappa observados foram avaliados segundo classificação proposta por Landis e Koch (1977), conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Nível de exatidão de uma classificação, conforme índice Kappa.

Valor índice Kappa	Qualidade da classificação		
< 0	Pobre		
0 - 0.2	Razoável		
0,2-0,4	Bom		
0,4-0,6	Satisfatório		
0,6 - 0,8	Substancial		
0,8 – 1	Perfeito		

Fonte: Adaptado de Landis e Koch, (1977)

Para o cálculo das áreas das classes existentes foi utilizada a ferramenta Medida de Classes do SPRING. A quantificação das classes foi necessária para elaboração dos gráficos de distribuição das classes de ocupação das terras do município.

No ArcGIS 9.1 foi realizado o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). A obtenção do NDVI foi definido pela razão entre as bandas 4 e 3 do sensor TM, correspondentes respectivamente pelo fluxo radiante refletido no infravermelho próximo e fluxo radiante refletido no vermelho (ROUSE et al. 1974), definido pela equação 1:

Com isso foram elaborados para os anos estudados mapas temáticos de NDVI. Os alvos com maiores valores de NDVI foram associadas às classes vegetação densa e vegetação rala, os alvos com valores negativos e próximos a zero foram



associadas às classes solo exposto e água, finalizando desta forma, a obtenção do NDVI.

Os mapas temáticos de cobertura da terra, oriundos da classificação das imagens, foram convertidos do formato raster para vetor através da opção MATRIZ > VETOR no SPRING. Após a conversão os vetores foram exportados como arquivos shapefile, formato de entrada de dados do software ArcGIS 9.1.

No ArcGIS 9.1, foi escolhida a ferramenta de análise espacial *Identity*. O comando permite cruzar duas camadas vetoriais mantendo as informações de ambas no arquivo resultante da operação. No caso do estudo em questão, foram cruzadas informações das classes de vegetação existentes em 1988 com o mapa temático exportado do ano de 1995, gerando um novo arquivo shape, que herda em sua tabela de atributos as informações dos shapes de origem, o mesmo procedimento foi realizado para os demais shapes correspondentes a vegetação nos anos de 1999 e 2005.

Para a análise das áreas de vegetação existentes em cada mapa temático quanto à preservação e a supressão da cobertura vegetal no período em estudo, foi realizado o cruzamento dos arquivos *shapefile* através da ferramenta *identity* exemplificada na Figura 3.



Figura 3 - Metodologia para o cruzamento dos mapas temáticos por meio da ferramenta *identity*.

A partir destes resultados criou-se um novo campo na tabela de atributos do shape resultante do cruzamento; esse campo foi denominado SIT. Desta forma, as áreas de vegetação que se mantiveram em 1995 foram classificadas como PRESERVADAS através da ferramenta *Field calculator*, enquanto as áreas de matas que foram substituídas por solo exposto foram classificadas como SEM COBERTURA VEGETAL no novo campo.



Realizou-se então, a seleção por atributo das áreas de mata preservadas e desmatadas para a criação dos arquivos shape a partir da seleção corrente, representando as áreas de mata preservadas e desmatadas no período de 1988 a 1995. A metodologia foi reproduzida para os demais anos selecionados para a realização do estudo.

Ainda em ambiente SIG foi elaborado o mapa hipsométrico, oriundo do dado SRTM. Para tal procedimento foram extraídas curvas de nível de 10 em 10 metros por meio do conjunto de ferramentas 3D *analyst* do ArcGIS 9.1. Em seguida foi realizada criação do TIN (*Triangular Irregular Network*). Após essa etapa foi realizada a classificação da hipsometria em Parari, foi utilizado o método *natural breaks* sendo escolhidas 9 classes hipsométricas com intuito de analisar as classes de elevação presentes no município e colaborar com a avaliação das áreas de cobertura vegetal.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da cobertura das terras e da álgebra de mapas

Com a análise do mapa hipsométrico observa-se que boa parte da cobertura vegetal densa concentra-se nas áreas mais elevadas do município (Figura 4), essas áreas correspondem as porções noroeste, sul e sudoeste de Parari. As áreas com maiores altitudes possivelmente dificultam a utilização das suas terras para plantio dos cultivos mais exercidos na região, o que confere a conservação da vegetação existente nessas áreas, podendo ser verificado na Figura 5a e 5b, que correspondem à distribuição espacial da cobertura da terra em 1998 e 1995.

Observando a Figura 5a, as maiores concentrações da classe vegetação rala encontram-se ao norte e ao sudeste do município. Enquanto, as classes de vegetação densa são representadas por pequenos polígonos por toda a área, sendo evidente que essas estão fragmentadas (Figura 5a).

Na data em que a imagem foi obtida (08/03/1988) o município de Parari (Figura 5a) estava em pleno período chuvoso com precipitação superior a 150 mm no mês anterior (fevereiro) à captura da imagem, permanecendo com ocorrências de chuvas até o mês de abril, tornando o solo úmido, favorecendo o desenvolvimento da



vegetação rala em algumas áreas do município, conforme pode ser verificado na Figura 6.

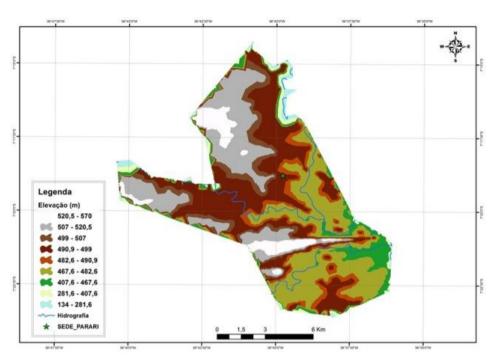


Figura 4 – Mapa hipsometrico do município de Parari.

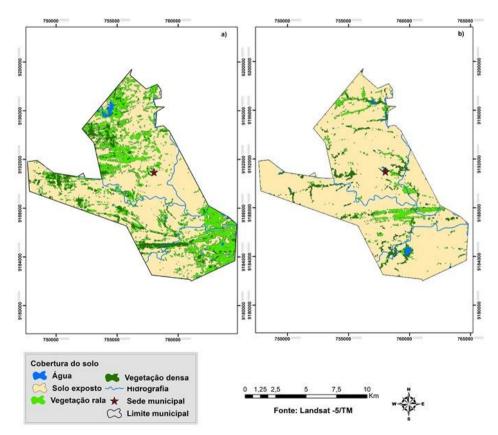


Figura 5 – a) Cobertura da terra em 08/03/1988 e b) Cobertura da terra em 20/09/1995.



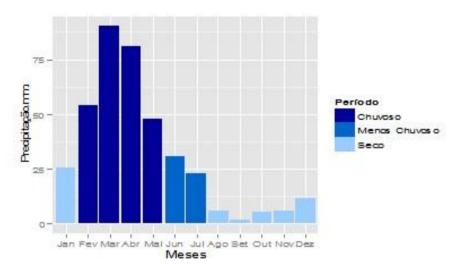


Figura 6 - Totais mensais da precipitação para o posto de São João do Cariri em 1988. Fonte de dados: HidroUFCG.

O mês de março é tido tradicionalmente como o período de preparo do solo ao plantio de muitas culturas como as de milho e feijão que representam a agricultura de subsistência na região; de certo esse fato justifica o valor apresentado pela classe solo exposto nesse período.

A Tabela 2 mostra a quantificação das classes no período analisado, na qual é possível constatar que as áreas de vegetação densa e rala correspondiam respectivamente a 836,64 ha e 3.076,38 ha. Juntas, essas classes equivalem a 30,53% do município ao mesmo tempo em que, a classe solo exposto possuía 8.811,54 ha, isto é, 68,73% da área estudada.

Com o mapa de cobertura da terra em 1995 (Figura 05b) é possível identificar mudanças significativas em relação à distribuição das áreas que representam a vegetação. Observa-se que os maiores fragmentos de vegetação densa verificados em 1988 foram reduzidos.

Durante o período em estudo, mudanças gradativas ocorreram em Parari. Entretanto, elas são atribuídas não somente às condições climáticas e à pluviosidade na região, conforme depreende-se da Figura 08, mas estão associados a esses fatores as atividades agropecuárias e o extrativismo vegetal.

A redução nas classes vegetação densa e rala foi significativa se comparadas ao ano de 1988. A maior redução ocorreu com a classe vegetação rala que ocupava em 1988 e 1995 aproximadamente 3.076,38 ha e 735,93 ha, respectivamente. Isto representa redução de 2.340,45 ha no período de sete anos. Pressupondo que



substituições nas áreas vegetadas podem ser diretamente associadas à classe solo exposto, como verifica-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Quantificação das classes de cobertura do solo de 1988 a 2005.

Ano	Classe	Área em (ha)	Percentual em relação à área de estudo (%)
1988	Solo exposto	11.478,78	89,54
	Água	56,34	0,44
	Vegetação densa	549,18	4,28
	Vegetação rala	735,93	5,74
	Total	12.820,23	100
1995	Solo exposto	8.811,54	68,73
	Água	95,67	0,75
	Vegetação densa	836,64	6,53
	Vegetação rala	3.076,38	24
	Total	12.820,23	100
1999	Solo exposto	10.331,91	80,59
	Água	28,08	0,22
	Vegetação densa	1.508,76	11,77
	Vegetação rala	951,48	7,42
	Total	12.820,23	100
2005	Solo exposto	9.476,10	73,92
	Água	63,00	0,49
	Vegetação densa	144,18	1,12
	Vegetação rala	3.136,95	24,47
	Total	12.820,23	100

Em termos percentuais, a área ocupada pela classe vegetação densa também foi reduzida, ocupando 4,28% do município. Deve-se considerar que por se tratar do bioma Caatinga em que a maioria das espécies de plantas são caducifólias, isto é, possui folhas que caem no período de estiagem, a resposta espectral da vegetação pode ter sido afetado por este fato, pois com a redução da folhagem a radiação atinge o solo diretamente, este por sua vez, reflete a radiação incidente influenciando a resposta da vegetação no local.

Para Anderson e Shimabukuro (2007) a variação da reflectância da cobertura vegetal em diferentes bandas de sensores remotos depende, principalmente, da quantidade de folhas e da arquitetura do dossel e até das espécies existentes.

As folhas da vegetação de caatinga no período considerado seco, também tornam-se mais esbranquiçadas o que pode afetar a resposta espectral desse alvo, fazendo com que as folhas aumentem sua reflectância na faixa do infravermelho próximo, que no sensor TM a bordo do Landsat-5 corresponde a banda 4, empregada para obtenção dos mapas das classes de cobertura do solo. Para



Jensen (2010) na região do infravermelho próximo, a vegetação verde sadia é geralmente caracterizada por uma alta reflectância (40 - 60%).

A diminuição das folhas na vegetação de caatinga favorece a interferência da resposta espectral do solo nas áreas de vegetação arbustiva, o que pode aumentar ainda mais os valores apresentados pela quantificação da classe solo exposto para o ano de 1995.

O mês em que a imagem de 1995 foi obtida é considerado seco, em que a pluviosidade atinge índices relativamente baixos se comparadas a outras regiões (Figura 7) com que alguns rios sequem completamente em períodos específicos do ano, o que os tornam perenes. Este fator faz com que alguns rios sequem completamente em períodos específicos do ano, o que os tornam perenes (SOUZA, 2008).

Isso pode explicar a diminuição apresentada na classe água, e também nas classes de vegetação rala e densa. Observa-se (Figura 4) que nas áreas mais elevadas a cobertura vegetal densa não é verificada, o que pode ser explicado pelos baixos índices pluviométricos em setembro de 1995.

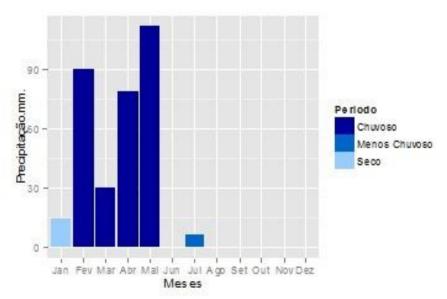


Figura 7 - Totais mensais da precipitação para o posto de Sumé/ Fazenda Nova em 1995. Fonte: EMBRAPA.

A vegetação rala e densa ainda presente podem ser explicadas pela irrigação, presença de mata ciliar as margens dos rios que, devido ao tipo de solo nestes locais conservam a umidade favorecendo a manutenção da mata ciliar, formada por



algumas espécies de médio e grande porte, além de espécies exóticas conforme explicitam as figuras Figura 8a e 8b.



Figura 8 - a) Vegetação de grande porte as margens do leito seco de rio em Parari. b) Algaroba (*Prosopis juliflora*) na estrada para Parari, em janeiro de 2012.

Grande parte das terras do município encontra-se em um nível de degradação que não possui cobertura vegetação densa ou rala, o que torna o solo mais propício aos efeitos erosivos causados pelas chuvas intensas e irregulares. Conforme já mencionado, isto significa que, as terras no município encontram-se a mercê das intempéries climáticas, pois a cobertura vegetal que possibilita sua proteção foi reduzida e em boa parte suprimida por completo.

A maior exposição do solo as elevadas temperaturas no período seco, impossibilita o desenvolvimento até mesmo das espécies mais resistentes a escassez hídrica, além do aumento das taxas de evaporação (MACÊDO, 2015).

O mapa (Figura 9a) caracteriza as classes de cobertura da terra em 08 de abril de 1999. De imediato chama a atenção as poucas áreas com vegetação rala, ocupando áreas que em 1995 eram tidas como solo exposto. Além, disso há um aumento gradativo da classe vegetação densa. Essa mudança apresentada na cobertura vegetal pode ser explicada pelo início da estação chuvosa onde a vegetação de caatinga recupera seu vigor vegetativo e restaura a funcionalidade da fotossíntese.

Apesar da diminuição da classe de solo exposto, ela ainda representa uma parcela significativa da área do município (Tabela 2), o que torna esse fato preocupante, devido a essa classe indicar áreas degradas onde o solo, geralmente



se encontra bastante desgastado e com pouca capacidade de regeneração. A vegetação presente em solos com tal nível de antropização se resume a vegetação rala, ou seja, essas áreas não respondem mais a umidade que possibilita o desenvolvimento de vegetação com grande porte.

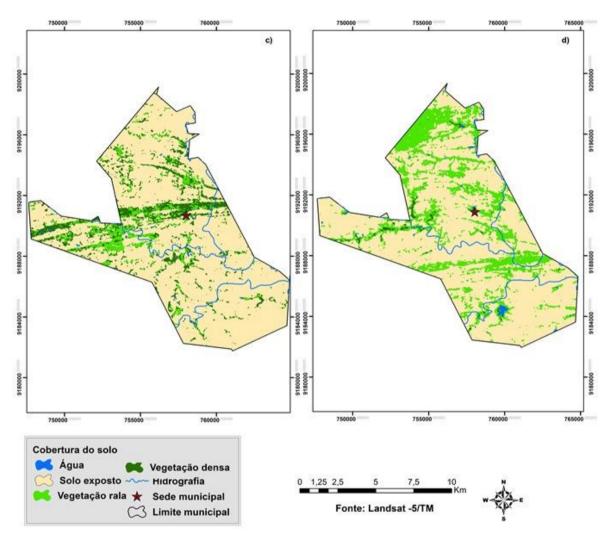


Figura 9 - a) Cobertura do solo em 08/04/1999; b) Cobertura do solo em 29/07/2005.

Apesar de no mês de abril não ter ocorrido chuvas (Figura 10), os meses anteriores mostraram acúmulo significativo capaz de alterar o estado da vegetação em alguns locais do município. Muitas vezes, a umidade retida no solo, como por exemplo, sopé de lajedos (afloramentos rochosos) proporciona o desenvolvimento de vegetação com porte mais denso, favorecendo por um período maior a manutenção de seu vigor vegetativo.



Período Chuvoso Menos Chuvoso Seco

Figura 10 - Totais mensais da precipitação para o posto de São José dos Cordeiros em 1999. Fonte: AESA-PB.

Jul Ago Set Out Nov Dez

Jan Fev Mar Abr Mai Jun

O mapa da Figura 09b apresenta as classes de cobertura da terra em 29 de julho de 2005, período que se caracteriza como final do período chuvoso, em que o volume de chuva costuma ser reduzido (Figura 11). Pode-se perceber que a classe vegetação rala se apresenta distribuída em toda a área, fato que pode ser associado à umidade ainda presente nos solos.

A classe vegetação densa está espacialmente fragmentada, até mesmo as áreas mais elevadas não apresentam vegetação de porte mais expressivo. O estado em que se encontrava a vegetação densa em 2005, sugere que essas áreas no município foram quase que devastadas no período de 1988 a 2005.

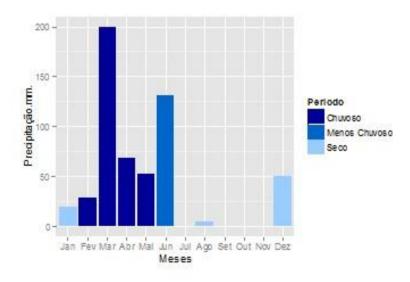


Figura 12 - Totais mensais da precipitação para o posto de Parari em 2005. Fonte: AESA-PB.



Para efeito de comparação da classe vegetação entre as figuras 09 a e b percebe-se que no mapa de 2005 a vegetação rala ocupa áreas que em 1999 estavam sem cobertura vegetal.

No período compreendindo entre 1988 e 2005, os mapas de cobertura das terras mostraram que a vegetação de maior porte (densa e fechada) apresentou-se sempre nas áreas com maiores altitudes (Figura 4). Essas áreas possiblitaram a permanência da vegetação densa por mais tempo, isso pode ser explicado pela relativa dificuldade de práticas agrícolas nessas áreas, ou até mesmo da presença de um solo que não proporciona o desenvolvimento de culturas agrícolas.

Os valores do índice Kappa obtidos com a classificação de cada imagem podem ser verificados na Tabela 3. Os melhores resultados foram observados para as imagens de 20/09/1995 com valor de k = 88,06% que e 08/04/1999 com valor K = 95,61%. Segundo Landis e Koch (1977), podem ser atribuídos a esses valores os conceitos substancial e perfeito, respectivamente.

Tabela 3 - Valores da Exatidão Global (D.G) e índice Kappa obtidos para classificação das imagens.

Imagem classificada	D.G	Карра	Qualidade índice Kappa
08/03/1988	96,39%	71,54%	Substancial
20/09/1995	93,97%	88,06%	Substancial
08/04/1999	99,32%	95,61%	Perfeito
29/07/2005	79,53%	55,17%	Satisfatório

Como resultado da operação da álgebra de mapas para a situação das áreas de vegetadas entre 1988 e 2005 foi criado o mapa, conforme explicita a Figura 13 o qual ilustra a devastação provocada no município. A evolução do desmatamento da cobertura vegetal permite inferir que, as alterações nos polígonos de vegetação (densa e rala) ocorreram entre 1988 e 1995 (áreas em bege claro). Nesse período, a população local exercia a agricultura subsistência de forma mais intensa e, durante os períodos de estiagem a geração de renda ocorria com a venda da lenha oriunda da caatinga.



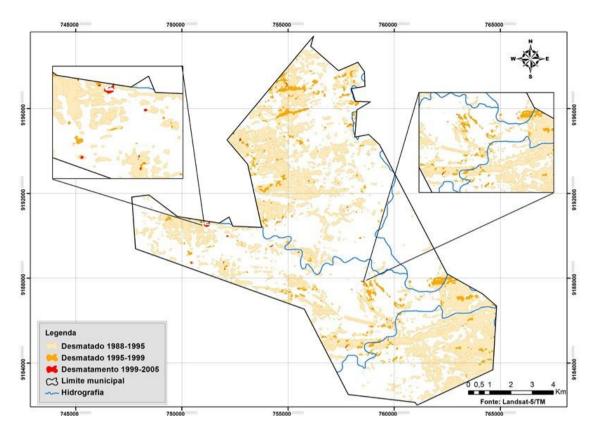


Figura 13 - Mapa da evolução do desmatamento de 1988 a 2005.

Entre 1995 e 1999, percebe-se os fragmentos de caatinga suprimidos (áreas em laranja). Da mesma forma, de 1999 a 2005, o desmatamento ocorreu de forma pontual (áreas em vermelho) nas porções norte e oeste do município.

De fato, o desmatamento de menores áreas não significa uma redução no desmatamento, pois constatou-se que ao longo do período poucas áreas de caatinga foram conservadas e mantidas sem antropização. Muitas das áreas com cobertura vegetal de grande porte, segundo a classificação das imagens, eram na verdade compostas principalmente por algaroba e algumas espécies frutíferas.

Análise do NDVI

Devido o período em que as imagens foram obtidas e a interferência que a umidade do solo acarreta na resposta espectral dos alvos, optou-se por realizar a análise comparativa dos mapas de NDVI, levando-se em consideração o acúmulo de chuvas no município durante os meses que antecederam a obtenção da imagem.

De acordo com Jensen (2009, p.388) as vantagens do NDVI vão desde o monitoramento das mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e na



atividade da vegetação até a redução proporcionada pela razão de muitas das formas de ruído multiplicativos (diferença de iluminação solar, sombras de nuvens, algumas atenuações atmosféricas, algumas variações topográficas) que estão presentes em muitas bandas de imagens de múltiplas datas.

Desta forma, foram comparados os mapas temáticos das imagens obtidas em 08/03/1988 e 08/04/1999, considerados como período chuvoso e as imagens obtidas em 20/09/1995 e 29/07/2005 datas consideradas como do período seco.

A análise do NDVI facilitou a caracterização do tipo de vegetação de caatinga existente no município em quatro classes, de acordo com o porte e a densidade das espécies verificadas em loco durante os trabalhos de campo.

Os valores de NDVI variam entre -1 e 0,40 e foram organizados na Tabela 4, levando em consideração a nomenclatura das fitosionomias para vegetação adotada por Almeida (2012).

Valores de NDVI

-1 - 0

Água/Nuvens

0 - 0,10

Solo exposto

0,10 - 0,20

Vegetação arbustiva aberta

0,20 - 0,30

Vegetação arbustiva fechada

0,30 - 0,40

Vegetação arbustivo-arbórea-fechada

>0,40

Vegetação arbústivo-arbórea-fechada

Tabela 4: Valores de NDVI para as classes de cobertura das terras.

O NDVI temático referente ao dia 08/03/1988 (Figura 14a) exibe as classes geradas com a associação dos valores de NDVI a cores para melhor discriminação dos alvos. Na faixa de valores entre 0 e 0,10 a classe solo exposto representa áreas de solo desnudos.

Verifica-se ainda, que a classe vegetação arbustiva aberta compreendida na faixa de valores entre 0,10 e 0,20 associadas à cor verde claro, se encontrava distribuída em toda área do município. A ocorrência das chuvas nos dois meses anteriores possibilitou a vegetação de caatinga manter-se por mais tempo em pleno vigor vegetativo.

De acordo com Silva et al. (2009a) as áreas de porte herbáceo (plantas rasteiras) a superfície do solo, com dossel de pequeno porte, apresentam valores de



NDVI baixos em relação a vegetação de caatinga, devido a menor densidade de biomassa e exposição do solo.

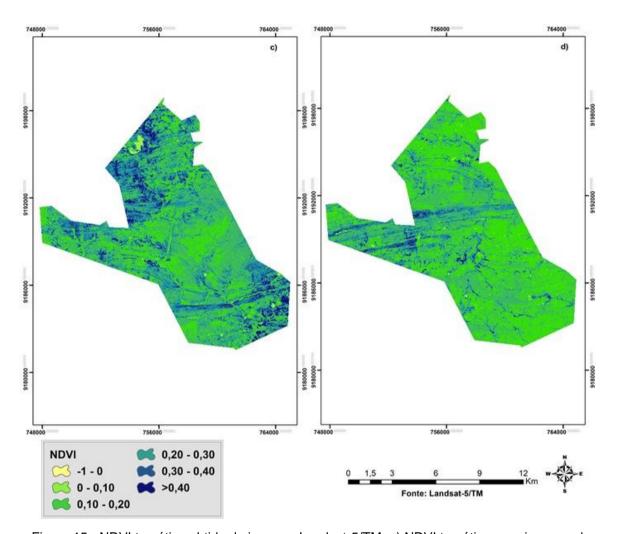


Figura 15 - NDVI temático obtido da imagem Landsat-5/TM. a) NDVI temático para imagem de 08/03/1988 e b) NDVI temático para imagem de 08/04/1999.

No município de Parari, valores de NDVI entre 0,10 e 0,20, também representam áreas de uso agropecuário que, em março de 1988, possivelmente estavam em regime de repouso após terem sido preparadas para o plantio, isso afetou significativamente os valores de NDVI desses locais.

Em verde escuro a classe vegetação arbóreo-arbustiva-fechada com valores de NDVI variando de 0,20-0,30, que compreende as áreas ao norte e sudeste do município, onde são encontradas as maiores proporções de cobertura vegetal densa, representa os resquícios de vegetação de caatinga mais densa e fechada.



Sá et al. (2011) em estudo sobre a degradação ambiental na região do Araripe pernambucano, obteve valores de NDVI de 0,3210 e 0,3885 para vegetação semidensa.

Em 08/04/1999 o setor sul do município é recoberto principalmente por vegetação arbustiva-aberta e solo exposto (Figura 14b), o que pode indicar maior intensidade das atividades humanas no setor e consequentemente maior devastação da cobertura vegetal. Vale salientar que no município de Parari e em toda região circunvizinha o tipo de agricultura predominante é a de sequeiro.

Sendo assim, a análise da degradação no período considerado como chuvoso no intervalo de apenas onze anos é preocupante. Observa-se ainda, a permanência de cobertura vegetal apenas ao longo das margens dos rios e em pontos isolados. Modificações também podem ser verificadas ao norte, onde na imagem NDVI de 1988 foi identificado corpo d'água; o mesmo não ocorrendo em 1999.

Silva et al. (2009b) obtiveram valores de NDVI menores de 0 e maiores que 0,8 para áreas de caatinga conservadas e degradas no semiárido pernambucano, nos anos de 1994, 1997 e 2001. Os valores médios de NDVI nesse período foram de 0,373, 0,295 e 0,261, respectivamente.

No município de Parari, é evidente que os valores de NDVI atribuídos ao solo exposto foram predominantes durante o período chuvoso o que demonstra o nível de desgaste das terras no município em questão.

Diante disso, o solo exposto apresenta maior reflectância e por isso acaba por interferir na resposta espectral da vegetação arbustiva-aberta. Solos expostos sem qualquer tipo de proteção seja por cobertura vegetal ou outro tipo de matéria orgânica, tornam-se mais vulneráveis a exposição direta da radiação solar, levando a evaporação ocorrer de forma mais acentuada. Esses solos degradados permanecem mais secos e também aumentam sua reflectância, com o espaçamento do dossel da vegetação arbustiva arbórea havendo possível interferência na resposta da vegetação. Com o mapa temático do NDVI em 20/09/1995 (Mapa 15b) verificou-se que a distribuição da classe vegetação arbóreo-arbustiva fechada apresentou valores superiores a 0,40, correspondendo às áreas com maior quantidade de vegetação fotossinteticamente ativa, presente nas margens dos rios e dos reservatórios, o que deixa evidente a relação entre a vegetação de caatinga com



a umidade e o quanto essa pode ter sua resposta espectral influenciada pela quantidade de umidade presente nas folhas e também no solo.

Oliveira et al. (2006) em estudo sobre o padrão de variações e comportamentos sazonais da vegetação, afirmam que nos estados do Piauí e Ceará o maior vigor da vegetação ocorre nos meses chuvosos, isto é, entre fevereiro e abril, nos meses secos de agosto a outubro, ocorre a queda no vigor vegetativo, o que demonstra os diferenciados processos fenológicos da caatinga mediante a precipitação, ficando evidente sua sazonalidade.

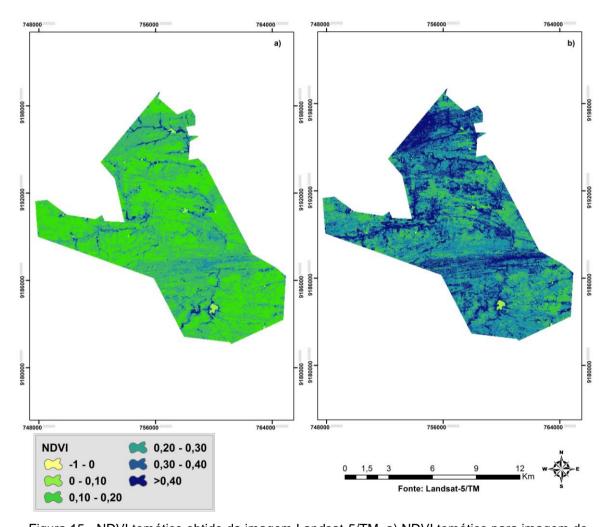


Figura 15 - NDVI temático obtido da imagem Landsat-5/TM. a) NDVI temático para imagem de 20/09/1995 e b) NDVI temático para imagem de 29/07/2005.

Essas áreas com vegetação arbóreo-arbustiva fechada podem reter por período maior a umidade do solo, como consequência disso o aumento da quantidade de água utilizada pelas plantas para suas atividades.



A vegetação arbustiva fechada, ainda resistente aos efeitos da estiagem, estava distribuída em diferentes setores do município, o que proporcionou a formação de ilhas de vegetação, que funcionam como refúgios para espécies animais que sobrevivem à época de estiagem utilizando os recursos encontrados nesses locais, o que é determinante para a conservação da biodiversidade local.

A imagem NDVI temática (Figura 14b) para a data de 29/07/2005; época considerada como fim do período chuvoso (Figura 12) apresenta a classe vegetação arbóreo-arbustiva fechada em todo o município e não somente em áreas próximas aos reservatórios e as margens dos rios.

No setor norte do município verificou-se uma grande área de vegetação densa, isso pode ser explicado pela umidade ainda presente no solo o que proporciona a conservação da vegetação por mais tempo.

Após o inicio do período de estiagem e com o fim das chuvas o solo perde a umidade e a vegetação perde seu vigor vegetativo se torna cada vez mais esparsa e as espécies encontradas são aquelas mais resistentes às condições adversas do clima semiárido.

Deve-se avaliar que no mapa de 1995 a resposta espectral dos alvos pode ter sido influenciada por baixos valores de precipitação nos meses anteriores a obtenção da imagem. Em 2005 (Figura 15b) a resposta espectral da vegetação arbustiva-aberta, foi alterada pelas precipitações nos meses anteriores.

Observa-se a ocorrência de vegetação arbustiva fechada às margens da estrada (Foto 16a), porém a espécie predominante encontrada é a Algaroba (*Prosopis juliflora*), planta exótica, presente nas duas margens da estrada. A vegetação arbustiva-aberta que recobre boa parte do solo no município, diminui nos meses seguintes e deixou o solo ainda mais exposto (Figura 16b).



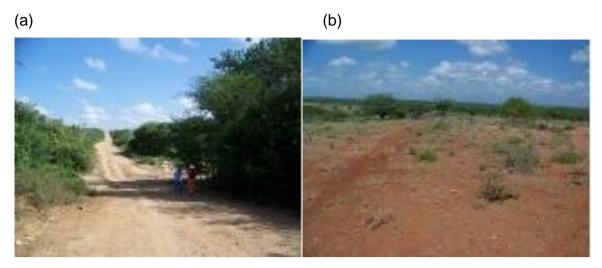


Figura 16 - a) Vegetação densa verificada as margens de estrada em Parari. b) Pavimento desértico nas proximidades da estrada para o município de Parari em Janeiro de 2012.

Fonte: Autores, (2012).

CONCLUSÃO

A análise dos resultados obtidos no trabalho demonstraram a dinâmica da degradação das áreas de vegetação no município de Parari-PB entre 1988 e 2005, fornecendo informações necessárias para diagnosticar o quadro de degradação da vegetação. A degradação das áreas de vegetação densa, em sua maioria, se deu pela substituição da vegetação de caatinga por solo exposto (desnudo). Fato explicado pelo desmatamento que se mostrou intenso entre as décadas de 1980 e 1990, impulsionado pela agropecuária e expansão urbana, esta última decorrente da municipalização de Parari.

A análise dos mapas temáticos de NDVI confirmou que em áreas de caatinga a evidente à relação entre a pluviosidade e vegetação se mostra mais acentuada, tendo em vista as características que o bioma em questão apresenta. Com isto, pode-se afirmar que a metodologia apresentada possibilitou estabelecer uma análise comparativa entre a dinâmica natural da vegetação de caatinga e as alterações provocadas pela ação humana, além de analisar o comportamento dos demais alvos presentes em cada imagem.

Diante do quadro apresentado pela vegetação nesse estudo, torna-se necessário o estabelecimento de políticas de planejamento do uso das terras no município, além da aplicação de tecnologias para recuperação das áreas já degradadas, estas podem apresentar melhores resultados se respeitaram as



características semiáridas da paisagem local. Entende-se também, que a preservação dos poucos remanescentes de caatinga no município tem importância não somente ecológica, mas socioambiental.

Referências

ALMEIDA, N. V. Ordenamento territorial geoambiental da bacia hidrográfica do rio Taperoá, semiárido paraibano. 2012. 223 p. Tese (Doutorado em Geografia) – UFF. Niterói-RJ.

ANDERSON, L. O; SHIMABUKURO, Y. E. **Monitoramento da cobertura terrestre: Fenologia e Alterações antrópicas**. In: O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil/ Organizadores, Bernardo F.T.Rudorff, Yosio E. Shimabukuro, Juan C. Ceballos. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira ed., 2007.

JENSEN, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Epiphânio (coordenador), São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

KAZMIERCZAK, M. L. Proposta metodológica para geração de imagens NDVI derivadas do AVHRR/NOAA-14 na FUNCEME. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8. (SBSR), 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 465-470,. 1996.

LANDIS, J.; KOCH, G.G. The measurements of agrément for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.3, p.159-179, 1977.

MACÊDO, M. L. A. **Análise Estatística e Geotecnologias no estudo da desertificação nos "Cariris Velhos-PB"**. 119 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2015.

OLIVEIRA, L. M.T.; COSTA, T.C.C.; NICÁCIO, R. M.; ANTUNES, M. A. H.;& FRANÇA, G. B. Análise das interferências no NDVI do AVHRR e conjunto de dados alternativos. In: **III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**, Aracaju, out., 2006.

ROUSE, J.W; HAAS, R.H; SCHELL, J.A; DEERING, D.W & HARLAN; J.C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 1974, 371 p.

SÁ, I.S.; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M.S.B.; SÁ, I.B. Avaliação da Degradação Ambiental na Região do Araripe Pernambucano Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 4, p. 1292-1314, 2011.



SILVA, B.B.; LOPES, G.M.; AZEVEDO, P.V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM, Revista Brasileira de Meteorologia, vol. 20, n. 2, p.243-252, 2005.

SILVA, A.P.N.; MOURA, G.B.A.; GIONGO, P.R.; SILVA, A.O. Dinâmica espaçotemporal da vegetação no semi-árido de Pernambuco. Revista Caatinga, vol. 22, n.4, p. 195-205, 2009.

SOUSA, F.R. Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semi-árido paraibano. 180 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - UFCG, Campina Grande, 2007.

SOUZA, B. I. Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação. 198 p. Tese (Doutorado em Geografia) - UFRGS, Porto Alegre, 2008.

VAREJÃO-SILVA, M. A., BRAGA, C. C., AGUIAR, M. J. N., NIETZCHE M. H. e SILVA, B. B. Atlas climatológico do Estado da Paraíba. 1ª Ed. Campina Grande: UFPB/FINEP/BNB, 1984.

(Recebido em 29.05.2015; Aceito em: 11.05.2016)

