



ARTIGO CIENTÍFICO

Degradação ambiental no entorno da bacia hidráulica do açude de Sumé-PB

Environmental degradation around the reservoir hydraulic of Sumé - PB

Layane Carmem Arruda da Rocha¹ George do Nascimento Ribeiro² Paulo da Costa Medeiros³ Hugo Morais de Alcântara³
Maikon Rodrigo Gomes de Barros¹ Aline Carla de Medeiros⁴

Resumo: Imagens de satélite tem sido uma ferramenta importante para estudos de degradação ambiental. Algumas atividades antrópicas e naturais têm contribuído para o avanço de tal modificação na natureza. Este trabalho teve como objetivo principal, identificar as principais atividades que estão causando a degradação e assim elaborar mapas temáticos que mostram a evolução espaço-temporal dessa degradação ambiental para as épocas consideradas secas na região do cariri paraibano, levando em consideração os anos de 1990, 2005, 2008 e 2010. As imagens usadas nesta pesquisa foram adquiridas a partir do catálogo de imagens do INPE; foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 e do Landsat 8 e utilizado o Spring 5.2.7 para fazer o processamento digital das imagens e o módulo Scarta para gerar os mapas. Pelos resultados obtidos observamos que, partindo do ano de 1990, a área de solo exposto teve um acréscimo de 21,17%, cerca de 42,92 km², até o último ano em estudo (2010), observou-se também, que cerca de 32,18% (15,87 km²), de vegetação densa, foi retirada desta área. O desmatamento e práticas agrícolas sem técnicas agrícolas adequadas destacaram-se como as principais atividades que aumentaram a degradação ambiental no entorno da bacia hidráulica do açude de Sumé-PB, causando uma alteração na biodiversidade e possivelmente vem provocando um grande assoreamento no manancial.

Palavras-chave: Índice de vegetação. Geotecnologias. Mapeamento não supervisionado.

Abstract: Satellite imagery has been an important tool for environmental degradation studies. Some anthropic and natural activities have contributed to the advance of such modification in nature. The main objective of this work was to identify the main activities that are causing degradation and to develop thematic maps that show the spatial-temporal evolution of this environmental degradation for the periods considered dry in the region of Cariri Paraibano, taking into account the years of 1990, 2005, 2008 and 2010. The images used in this research were acquired from INPE's image catalog; Images from Landsat 5 and Landsat 8 were used and Spring 5.2.7 was used to perform digital image processing and the Scarta module to generate the maps. From the results obtained, we observed that, from the year 1990, the area of exposed soil had an increase of 21.17%, about 42.92 km², until the last year in study (2010), it was also observed that about of 32.18% (15.87 km²), of dense vegetation, was removed from this area. Deforestation and agricultural practices without adequate agricultural techniques have stood out as the main activities that have increased environmental degradation around the Sumé-PB reservoir, causing a change in biodiversity and possibly provoking a major silting in the spring.

Key words: Index of vegetation. Geotechnology. Unsupervised mapping.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 10/10/2016; aprovado em 21/12/2016

¹Graduanda em Engenharia de Biossistemas, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé-PB; layanecarmem_256@hotmail.com

² Professor D, Sc. da Unidade Acadêmica de Engenharia de Biotecnologia, UFCG, Campus Sumé, PB, e-mail: george@ufcg.edu.br

³ Professor Doutor, Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento, UFCG, Campus Sumé, PB, e-mail: medeirospc@gmail.com; hugodabacia@yahoo.com.br

⁴ Doutoranda do PPGEP pela UFCG – Campina Grande – PB E-mail: alinecarla.edu@gmail.com

INTRODUÇÃO

O aumento populacional e a concentração em espaços urbanos vêm sendo acentuados nas últimas décadas em quase todas as cidades brasileiras, com ocupações desordenadas do solo e em áreas de risco que deveriam ser preservadas, como áreas de bacias hidrográficas. Em uma bacia hidrográfica é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e suas consequências sobre o equilíbrio hidrológico (WEISS et al., 2011).

Bacia hidrográfica é uma área delimitada por um divisor de águas que drena as águas de chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente, convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no mar ou em um grande lago (ROCHA e KURTZ, 2001). Já bacia hidráulica de um açude é o espaço ocupado pela massa de água, até o limite de seu vertedouro (FARIAS et al., 2012).

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba, com uma área de 20.071,83 km², é a segunda maior do Estado da Paraíba, haja vista abranger 38% de seu território, abrigando cerca de 1.828.178 habitantes, que correspondem a 52% de sua população total. Considerada uma das bacias mais importantes do semiárido nordestino, ela é composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto, Médio e Baixo Curso do rio Paraíba. Segundo o Comitê de Bacia Hidrográfica do Paraíba (2004) o Reservatório de Sumé localiza-se na sub-bacia do Taperoá e na região do Alto Curso do rio Paraíba, apresentando uma população inferior a 175.000 habitantes, com densidades demográficas abaixo de 35 hab/km². A região situa-se na parte sudoeste do Planalto da Borborema, no estado da Paraíba, e conforma-se sob as latitudes 7° 20'45" e 8° 26'21" Sul e entre as longitudes 36° 7'36" e 37° 21'15" a Oeste de Greenwich.

Estudos na bacia hidrográfica representativa de Sumé, tiveram início em 1972 e há atualmente um acervo considerável de pesquisas conduzidas não só sobre tal bacia, mas também sobre a bacia experimental de Sumé, haja vista haver um consenso partilhado pela comunidade científica sobre a necessidade de estudos hidrológicos de longo prazo, principalmente em ambientes específicos, como é o caso do semiárido brasileiro (SRINIVASAN & GALVÃO, 2003, p.7).

O sensoriamento remoto é definido por Moreira (2004) como sendo a utilização conjunta de sensores e equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves e espaçonaves, dentre outros, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta terra, em suas mais diversas manifestações.

A utilização de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento nas análises ambientais têm se tornado uma prática frequente, e contribuem de modo expressivo com rapidez, eficiência e confiabilidade nas análises que envolvem os processos de degradação ambiental, além de que essas técnicas permitem obtenções de dados reais através dos valores espectrais, ou seja, essas ferramentas permitem uma análise das respostas da energia eletromagnética (REM) em diferentes datas e anos, assim é possível uma maior noção real da retirada da cobertura vegetal, para que haja um maior controle e tomadas de decisões do território. (ROSENDO, 2005).

Gurgel et al. (2001) enfatizam que o surgimento do sensoriamento orbital, viabilizou o monitoramento espacial das mudanças na cobertura vegetal da superfície terrestre. Em relação a cobertura vegetal, é possível detectar mudanças nestas por meio dos cálculos dos Índices de Vegetação, e fazer uma análise comparativa entre datas. Santana et al. (2013) explicam que o sensoriamento remoto aliado ao geoprocessamento permitem, por exemplo, formulações dos índices de vegetação, que trabalham com níveis de refletância dentro dos comprimentos das ondas eletromagnéticas das faixas espectrais.

Conforme Francisco et al. (2012), várias técnicas já foram estudadas com o objetivo de se determinar quantitativamente e qualitativamente o estado da vegetação a partir de imagens de satélites, e índices de vegetação foram então desenvolvidos a fim de reduzir o número de parâmetros presentes nas medidas multispectrais. Tais índices têm sido usados na estimativa de vários parâmetros da vegetação como, por exemplo, a quantidade de biomassa verde.

Embora muitos índices vegetativos existam, o mais usado e conhecido atualmente é o denominado Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) proposta por Rouse em 1973, que permite o monitoramento da densidade e do estado de vigor da vegetação verde sobre a superfície terrestre (COSTA FILHO et al., 2007). O IVDN é a razão entre os valores de refletância no infravermelho próximo e vermelho nas porções de intervalos do espectro eletromagnético de 0,72 a 1,10 e 0,58 a 0,68 µm, respectivamente (WEISS et al., 2004). Matematicamente, as imagens índices de vegetação são modelos numéricos derivados de assinaturas espectrais da vegetação e guardam uma relação direta com a biomassa foliar verde (KUNTSCHIK, 2004). Jacobsen et al. (2004) afirmaram que além de proporcionar uma visão de como a cobertura vegetal se encontra distribuída na superfície, o IVDN permite um estudo da dinâmica da cobertura, evidenciando as variações apresentadas por ela em decorrência de forçantes climáticas isoladas, dos ciclos fenológicos anuais e de eventos episódicos.

Uma vegetação sadia em pleno crescimento ativo, isto é, com elevado vigor, tem baixa refletância na faixa do vermelho e alta refletância no infravermelho próximo; deste modo, alto valor de IVDN (COSTA FILHO et al., 2007); para a água e nuvens o IVDN geralmente é menor que zero. A vegetação, enquanto verde, caracteriza-se pela baixa refletância na porção visível do espectro, devido a grande absorção da radiação incidente pelos pigmentos das plantas, aumentando rapidamente na porção do infravermelho próximo, devido ao espalhamento da radiação no interior do mesófilo (BARET & GUYOT, 1991). Para vegetação seca, o IVDN é baixo, mas é alto para vegetação em pleno vigor. Isto ocorre devido à pigmentação da cor verde da vegetação sadia refletir mais no infravermelho próximo e menos no canal do visível, o que ocasiona altos valores para o IVDN (PARKINSON, 1997). De acordo com Barbosa et al. (2006) os valores do IVDN no Nordeste Brasileiro crescem à medida que ocorre aumento das chuvas devido ao aumento da densidade e vigor da vegetação e diminui consideravelmente em anos secos.

A degradação ambiental é entendida como o processo resultante dos danos causados ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais

como a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos naturais. Essa degradação vem ocorrendo tanto no meio urbano, quanto rural, principalmente através da pressão que a população exerce sobre os bens e serviços gerados pelos usos dos recursos naturais (FARIAS et al, 2012).

O município de Sumé, localizado na Microrregião dos Cariris Velhos, em função da interação das atividades antrópicas com as condições ecológicas semiáridas, apresenta fatores que limitam sua produção agropecuária, como a quantidade e qualidade dos recursos hídricos e o potencial produtivo dos solos (MOURA et al, 2005).

O açude de Sumé foi construído pelo DNOCS no período de 1957 a 1962 para uma capacidade inicial de armazenamento de cerca de 45 milhões de m³ de água. A sua bacia hidráulica é de 1.396,58 ha e a hidrográfica de 856,25 km² (DNOCS/PDRH-PB, 2004). No período de 1970 a 1976 foi implantado pelo DNOCS o perímetro irrigado de Sumé, com uma superfície irrigável de 273 ha, e em 1975 foi criada a Cooperativa Agrícola Mista dos Irrigantes de Sumé, onde atualmente encontra-se desativado. De acordo com a AESA (2015) o volume atual, relatado para o dia 23 de julho do corrente ano, é de 3.762.242 m³ de água, correspondendo a 8,4% do total, caracterizado como reservatório em estado de observação, por estar com menos de 20% de sua capacidade total.

Ademais, Alencar (2008) observou que na bacia do rio Sucuru, principal contribuinte do açude de Sumé-PB, predominam os níveis de degradação moderado grave, grave e muito grave de degradação das terras, também um grau acentuado de antropismo com desmatamento da cobertura vegetal de grandes áreas e as águas subterrâneas da bacia do rio Sucuru apresentam restrição ao uso agrícola no tocante ao problema de salinidade.

Diante do exposto, esta pesquisa ensejou detectar e mapear a degradação ambiental no entorno da bacia hidráulica do açude de Sumé-PB, retratando a evolução espaço-temporal desta, fazendo o uso de imagens satelitais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreende o município de Sumé, estado da Paraíba, com uma extensão de 838,6 km², localizado na mesorregião da Borborema e na microrregião do Cariri Ocidental (AESA, 2012) cuja principal rede de drenagem é caracterizada pelo rio Sucuru. A sede do município distancia da capital, João Pessoa, 264 km. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015) o município conta com uma população de 16.784 habitantes, para o último censo demográfico que ocorreu em 2010. Desta forma, apresenta uma densidade demográfica de 19,16 habitantes/km².

Seu solo e subsolo são de baixa permeabilidade, e seu clima se caracteriza por ser seco, semiárido, devido à insuficiência das precipitações, com média anual de 600 mm (MORAES NETO et al., 2003). A vegetação natural predominante na área de estudo é a Caatinga Hiperxerófila, com um conjunto de porte arbóreo baixo ou arbóreo-arbustivo. A vegetação da caatinga possui alta capacidade de adaptação à escassez hídrica; seus recursos bioquímicos e físicos a tornam altamente adaptada aos longos períodos de estiagem da região (RIBEIRO, 2014).

O povoado teve origem no local onde se encontram o Rio Sucuru e o Riacho São Tomé, riacho este cujo nome passou a identificar a localidade por ocasião de São Tomé ter sido elevado a distrito em 1911. Quando o distrito recebeu autonomia política através do governador José Américo de Almeida em 1951, foi-lhe atribuído o nome de Sumé. A cidade foi emancipada em 8 de fevereiro de 1951, sob a Lei de nº 513/51 (RAFAEL, 2003). Sumé apresentou vários ciclos econômicos no decorrer da sua história. Assim, a cidade se destacou pela criação de bovinos no final do século XIX. Posteriormente, a atividade que se sobressaiu foi a produção de farinha de mandioca, de sisal e de algodão (op. cit., 2003).

Dados e Metodologia

Para alcançarmos os objetivos propostos, foram utilizadas cenas obtidas a partir do catálogo de imagens do INPE. As imagens utilizadas foram adquiridas dos satélites LANDSAT 5, sensor TM, para órbita e cena 215/65, levando em consideração os anos de 1990, 2005, 2008 e 2010 ou seja, antes e depois do ano de 2008, haja vista que este ano foi considerado histórico na região, pois, em tempos atuais, o açude de Sumé-PB atingira seu volume máximo de 44.864.100 m³ (AESA, 2012). Essas cenas foram escolhidas para os trimestres de períodos secos (agosto, setembro e outubro) e úmidos (fevereiro, março e abril) na região do cariri Paraibano, de acordo com a AESA (2012). Além do mais, um dos critérios para as escolhas dessas cenas deu-se a partir da cobertura de nuvens para o quadrante no qual se apresentava a bacia hidráulica do Açude de Sumé-PB.

Por meio do site da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba), foram obtidos os dados pluviométricos destes respectivos meses e a média anual para a área em estudo. Para a época úmida, foram utilizadas imagens das datas: 14.03.1990; 07.03.2005; 16.04.2008 e 22.04.2010. De acordo com o *Glossary of Meteorology (2012)*, a estação chuvosa é a época do ano, abrangendo um ou mais meses, quando ocorre a maior parte da precipitação média anual de uma região. Para a época seca, foram utilizadas as imagens das datas: 21.08.1990; 01.10.2005; 23.09.2008 e 28.08.2010.

Utilizando o SPRING, versão 5.2.7, desenvolvido pela divisão de processamento de imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foi elaborado o processamento de informações georreferenciadas, no qual foram realizadas em duas etapas. No que concerne à primeira etapa, esta se subdivide nos pontos seguintes:

a) Elaboramos de um banco de dados no SPRING, para alocar os arquivos de imagens e consequentemente, produzir as análises, utilizando o gerenciador SQLite. Criamos um Projeto utilizando a projeção UTM, SAD 69, na zona 23, com as seguintes coordenadas geográficas: Longitude 1: o 37 51 37.54278947; Longitude 2: o 35 37 30.92764762; Latitude 1: s 8 22 20.07876790; Latitude 2: s 6 6 55.74078109;

b) Foram criados, para cada imagem e época, Modelos de Dados de Imagem;

c) Com objetivo de importar as imagens para o programa, criamos os Planos de Informação (PI), com tamanho de pixel X e Y de 30. Para cada Modelo de

Dados foram elaborados sete (07) PI's, no qual cada um representa uma banda da respectiva cena. Para importar as imagens, foi preciso registrá-las, e para isso utilizamos o Módulo IMPIMA 5.2.7, também disponibilizado pelo INPE. Para as imagens dos anos de 1990, 2005, 2008 e 2010, que foram obtidas do satélite LANDSAT 5, fizemos um recorte com os seguintes parâmetros da imagem de saída: X1: 2764; X2: 4377; Y1: 4200; Y2: 5730.

d) Após o procedimento do recorte das imagens para a produção da área de interesse (AOI), no qual delimita apenas a área em que se pretende trabalhar, as imagens foram importadas e feita uma composição falsa cor dos PI's ativos enviando as bandas para: b_5 (R), b_4 (G), b_3 (B).

e) Realizamos o processamento digital destas imagens, através da manipulação do Contraste das bandas 5, 4 e 3.

f) Os IVDN's de todas as imagens foram produzidos utilizando a Operação Aritmética seguinte:

$$g) \quad IVDN = Ganho * \left\{ \left(\frac{A - B}{A + B} \right) + Offset \right\}$$

Onde utilizamos os seguintes valores: Ganho = 200; Offset = 100; A = banda 4; B = banda 3.

h) Para esta avaliação usamos a Composição Multiespectral Ajustada (CMA), obtida pela transformação RGB. Para o Landsat 5, foram enviadas: bandas 3 (R), IVDN (G), e a banda 1 (B), os histogramas foram equalizados para uma melhor visualização final das CMA's. Adotou-se sob a CMA, a geração de uma imagem sintética, para cada cena.

i) Para concluirmos esta primeira etapa no SPRING, executamos a segmentação das imagens multiespectrais, selecionando as bandas 3, 4 e 5, pelo método de Crescimento de Regiões, com Similaridade igual a 10 e a Área de Pixel de 20. A segmentação tem como finalidade dividir a região correspondente às áreas de interesse de aplicação, como forma de facilitar a classificação na fase seguinte.

A segunda etapa corresponde à classificação de padrões IVDN segmentada. As amostras foram as regiões formadas na segmentação de imagens, e assim, foi possível vetorizar as

imagens classificadas através da função mapeamento, logo, foi possível promover uma quantificação das diferentes classes de cobertura vegetal, água e solo para a região estudada, para ao final, ser feito o mapeamento. Nesta etapa foi possível utilizar apenas as imagens da época distinguida como seca (trimestre mais seco da região que vai de agosto a outubro) datadas como 21.08.1990; 01.10.2005; 23.09.2008; 28.08.2010, uma vez que as demais imagens apresentaram uma quantidade de nuvens que acabou sendo impossível fazer sua classificação não supervisionada.

j) Logo após as etapas anteriores, foi feito um backup dessa matriz criada e procedeu-se mais uma vez os passos realizados na segunda etapa, porém dessa vez foi criado apenas para água e para o solo, tendo a água na cor azul e o solo na tonalidade amarela, para uma melhor definição do alvo "água".

k) Após a fase computacional inicial, que consistiu da etapa de Classificação Não Supervisionada, executamos um trabalho de campo, onde foi procedido o conhecimento geral da área para a caracterização dos diferentes tipos de vegetação e das classes de degradação e realizada visitas a campo para georreferenciar, fotoregistrar, descrição da vegetação e outras peculiaridades ambientais em caderneta específica de campo.

Para tal, foi necessária a observação conjunta dos elementos (drenagem, relevo, tonalidade, textura e uso da terra) onde foram gerados os mapas de interpretação preliminar, os quais foram complementados pelo trabalho de campo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma prévia análise, que corresponde à etapa de Classificação Não Supervisionada, observando as possíveis degradações ambientais na área em estudo para os anos de 1990, 2005, 2008 e 2010 do reconhecimento das características ambientais, no que concerne na fotointerpretação da imagem por meio da Chave de Fotointerpretação (Tabela 1), foram criadas algumas imagens e mapas da área do entorno do Açude de Sumé-PB.

Tabela 1 - Chave de fotointerpretação.

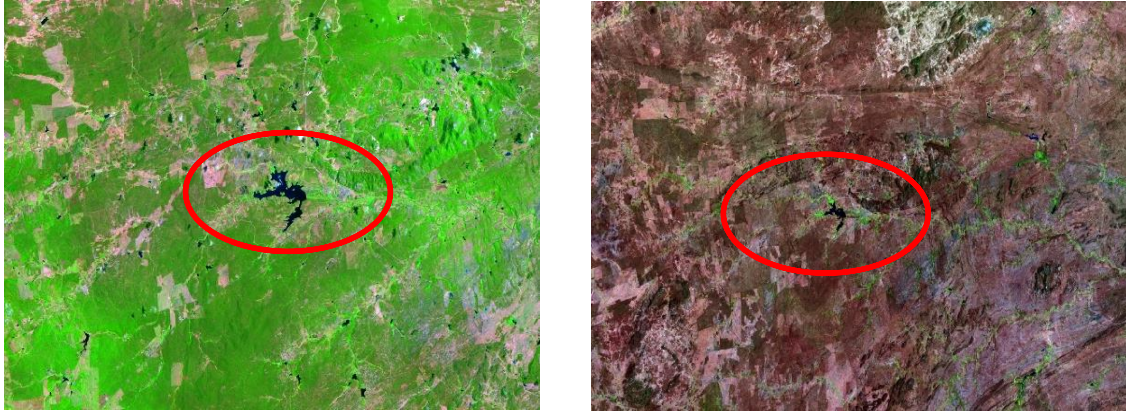
Tonalidade e Cor	Textura	Interpretação
Preto	Lisa	Corpos d'água
Magenta claro	Lisa	Solo exposto/nuvens
	Fina	Vegetação rala, de porte rasteiro, pastagem
Magenta escuro	Áspera	Vegetação rala, de porte rasteiro, culturas anuais, pastagem
Verde claro	Marmorizada	Vegetação rala, de porte baixo, culturais anuais/perenes, pastagem
	a	
Verde médio	Fina	Vegetação rala, de porte rasteiro, pastagem
Verde escuro	Grosseira	Vegetação densa, de porte alto, nativa

Fonte: O autor.

Com base na verificação de padrões, de acordo com a modificação no quantitativo vegetal da paisagem ao longo dos anos, fato este que pode ser observado na

composição falsa cor com PI's ativos, concernente ao período compreendido entre os anos de 1990 e 2005 (Figura 1 A e B). Essa área é considerada com área de interesse para o estudo, no qual foram realizados todos os processamentos digitais das imagens assim como o seu geoprocessamento.

Figura 1. Imagem gerada na composição falsa cor (RGB) para a região em estudo, destaque central para o açude de Sumé-PB, 14/03/1990 (A) e 07/03/2005 (B).



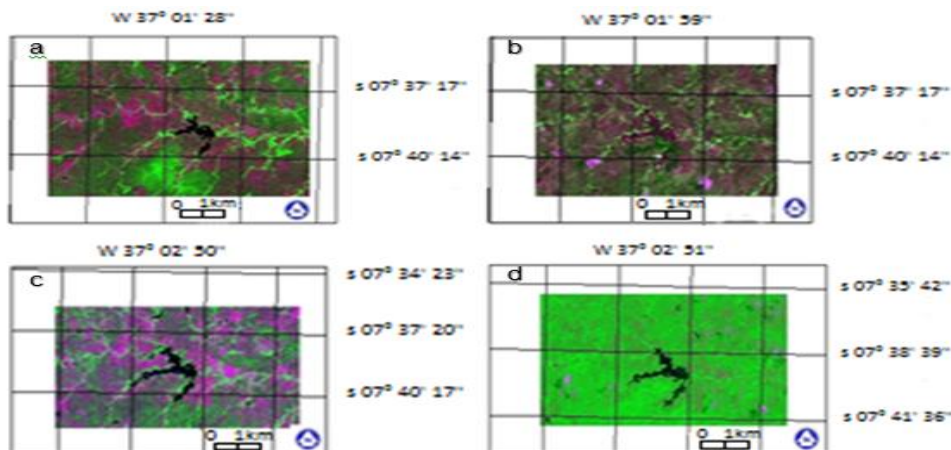
Fonte: O autor.

Ademais, foi possível observar que a cobertura florestal se manteve principalmente ao longo dos cursos dos rios e riachos locais, em decorrência da manutenção de umidade durante uma boa parte do ano, assim como nas áreas de maiores elevações, nesse caso os morros, picos e *inselbergs* regionais. O desmatamento ou ausência de vegetação se deu em todos os quadrantes observados na imagem.

Fazendo a aplicação da Composição Multiespectral Ajustada (CMA), utilizando a imagem do IVDN criado por cada ano estudado, foi possível gerar as imagens sintéticas para cada cena, dessa forma, utilizando o programa Scarta do SPRING, foi possível gerar os mapas das CMA's para os IVDN's nos anos estudados e para os períodos considerados secos, classificando conforme os padrões da Tabela 1.

De acordo com os resultados, pode-se observar que a técnica favorece o realce da resposta em que as áreas de altos valores de IVDN ajustada apareceram em coloração verde (ocorrência de vegetação), concernente à cobertura vegetal densa, esta predomina nos topos aplainados do relevo, no qual o antropismo é menor, e esta é caracterizada pela coloração verde escuro. Quanto às áreas em tons de verde mais claro, são as regiões de vegetação rala com plantio de culturas agrícolas temporárias e de subsistência (auto-consumo) e pastos, onde foi possível verificar que apresentaram altos padrões de degradação das terras (Figura 2).

Figura 2 – Composição Multiespectral Ajustada (CMA) de acordo com o IVDN para a região em estudo para os anos de 1990 (a), 2005 (b), 2008 (c) e 2010 (d) em destaque central para o açude de Sumé-PB.



Fonte: O autor.

Já para as áreas de baixa ocorrência de vegetação, ou seja, baixos índices de IVDN se apresentaram na coloração

magenta, resultante da adição do vermelho com azul, estas são configuradas como sendo áreas de vegetação rala, de

porte baixo e menos densa, com níveis graves de degradação das terras. Para as áreas que aparecem com a coloração magenta mais clara são as que apresentam os solos desnudos, de alto grau de degradação e/ou áreas antropizadas, como a cidade, vilas e lugarejos. Com relação aos corpos d'água, estes são denotados pela coloração preto.

Fazendo uma comparação visual das CMA's para as datas de 21/08/1990 (Figura 2a), 01/10/2005 (Figura 2b), 23/09/2008 (Figura 2c) e 28/08/2010 (Figura 2d), é possível observar a evolução espaço-temporal do comportamento da cobertura vegetal. A dinâmica espacial das CMA's demonstra uma diminuição nas áreas de ocorrência de todas as classes de vegetação com o passar dos anos e a principal causa dessa diminuição possivelmente é a exploração desenvolvida sem planejamento, ou seja, sem a utilização de técnicas agropecuárias corretas para as condições semiáridas.

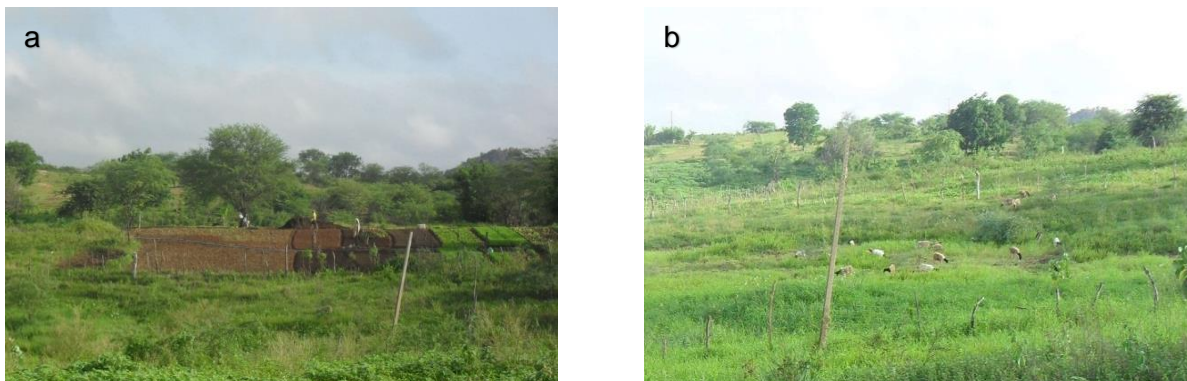
Os resultados apontam uma evolução do processo de supressão da vegetação nativa ao longo da bacia. Na Figura 2a (1990) podemos observar que a bacia apresenta variações espaciais significativas na cobertura vegetal, representada pelos tons de verde e outras indicando presença de solo exposto (tons de magenta). Na Figura 2b (2005) a quantidade de solo exposto é relativamente maior que o da imagem anterior, podemos notar que a vegetação rala aparece com mais frequência do que a vegetação semi-densa e até mesmo maior que a vegetação densa. Na figura 2c (2008) mesmo

sabendo que foi um ano no qual o açude em estudo atingiu seu volume máximo, podemos observar uma grande quantidade de áreas de solo exposto e/ou vegetação rala. Já na figura 2d (2010) observamos a predominância da pigmentação verde claro. De acordo com a AESA (2010), o açude de Sumé chegou a atingir 81,8% da sua capacidade total esse ano. Então, possivelmente devido ao volume de chuvas, a facilidade para que ocorresse o crescimento de vegetação rala foi maior.

Não obstante, é possível observar a falta da ação de políticas públicas voltadas à população rural, dentre elas a extensão rural promovida por órgãos competentes tal como a EMATER (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba), EMEPA (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária). Quando há a atuação desses órgãos isso está apenas vinculado à distribuição de sementes e ao cadastro de produtores rurais no Programa Federal Seguro SAFRA, para aqueles que perderam suas produções em decorrências da estiagem prolongada e perda da produtividade.

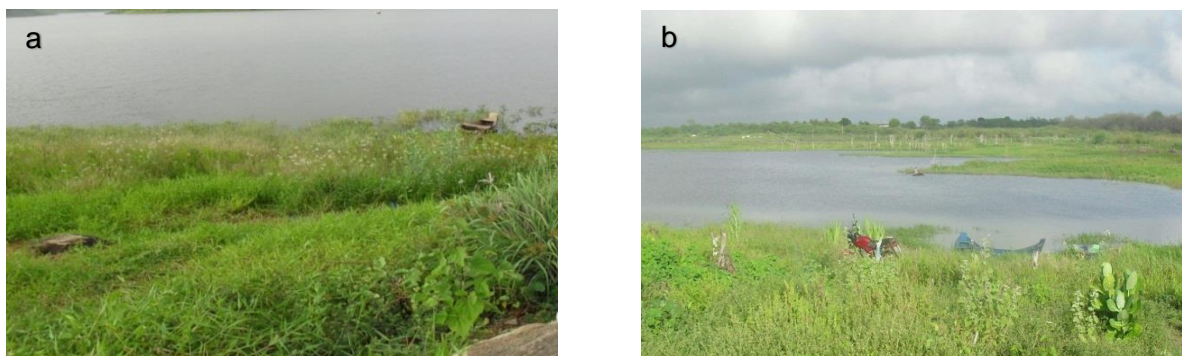
No ambiente estudado foi possível observar que o local está sendo primordialmente usado para cultivo de subsistência e para o plantio de capineiras (Figura 3a), para a criação de animais de grande e pequeno porte (Figura 3b) e construções rurais, assim, alterando padrões de organização social e econômica da região, e conseqüentemente, afetando, o processo de integração e desenvolvimento.

Figura 3 – Imagem representativa de cultivos (a) e criação de animais (b) na região em estudo.



Fonte: O autor (fotos extraídas dia 14/02/2016).

Figura 4 – Imagem representativa de área de pesca na região em estudo.



Fonte: O autor (Fotos extraídas em 14/02/2016).

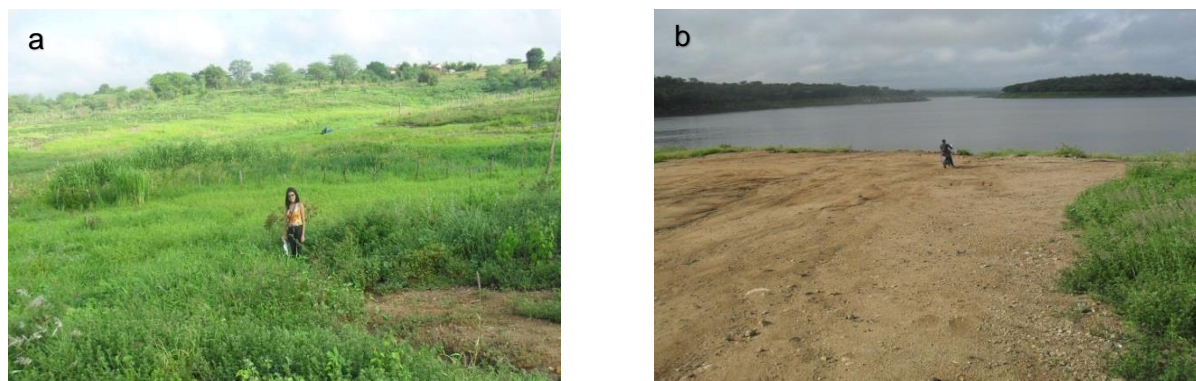
Algumas áreas apresentam um relevo caracterizado por depressões e outras áreas no qual o relevo é plano (Figuras 5a

e b), no qual se caracteriza na maior parte do entorno do açude, esta é predominada por vegetações de pequeno e

médio porte (áreas de baixios) sabendo que existem muitas fazendas no entorno onde são existentes práticas agrícolas de subsistência, além do mais, os produtores locais utilizam

essas áreas de baixio para produção de forragens em época seca para a alimentação animal.

Figura 5 – Imagem representativa do relevo (a) e áreas de baixios (b).



Fonte: o autor (extraída em 02/03/2016).

Para classificação de padrões, onde as amostras foram as regiões formadas pela segmentação de imagens, logo após vetorizadas através da função mapeamento, dessa forma possibilitando uma quantificação das diferentes classes de

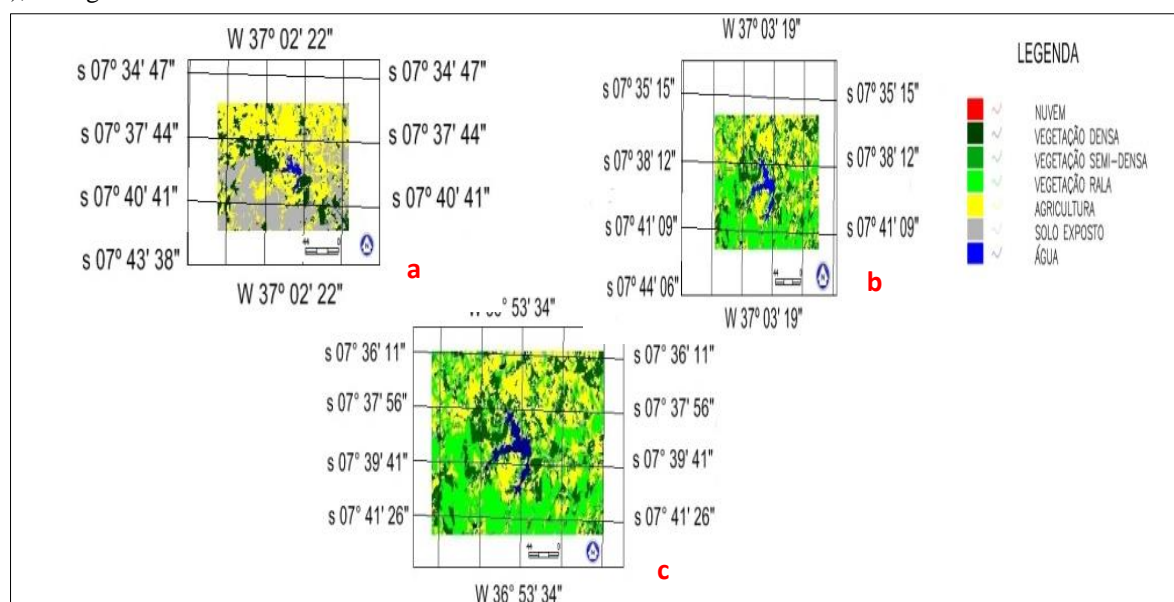
cobertura vegetal, água e solo para a região estudada, foi possível gerar o mapeamento de sete classes (Figura 9), com sete tonalidades diferentes (Chave de Fotointerpretação - Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação utilizada para a fotointerpretação.

Tonalidade e cor	Textura	Características
Azul	Lisa	Corpos d'água
Cinza	Lisa	Solo Exposto
Amarelo	Rugosa	Agricultura
Verde claro	Fina	Vegetação rala, de porte rasteiro, culturas anuais, pastagem
Verde médio	Áspera	Vegetação semi-densa, de porte médio, culturas perenes/anuais
Verde escuro	Grosseira	Vegetação densa, de porte alto, nativa
Vermelho	Lisa	Nuvens

Fonte: O autor.

Figura 9 – Mapeamento não supervisionado do uso da terra para agosto de 1990 (a), outubro de 2005 (b) e setembro de 2008 (c), da região em estudo.



Fonte: O autor.

Para um melhor entendimento, foi calculado o quantitativo das áreas classificadas de acordo com o observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantificação das áreas classificadas.

Classes	Agosto de 1990		Outubro de 2005		Setembro de 2008		Agosto de 2010	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Água	2.73	1.35	7.01	3.46	7.01	3.46	5.00	2,47
Solo exposto	72.84	35.93	4.74	2.34	4.74	2.34	115.77	57,10
Agricultura	93.95	46.34	71.88	35.45	71.88	35.45	62.00	30,58
Vegetação rala	0,07	0.034	68.59	33.83	68.59	33.83	18.77	9,26
Vegetação semi-densa	0.03	0.013	9.65	4.76	9.65	4.76	0.094	0,05
Vegetação densa	33.01	16.28	40.62	20.04	40.62	20.04	0.83	0,41
Nuvem	0.10	0.05	0.24	0.71	0.24	0.71	0.27	0,13
Área total (AT)	202.74 km ²							
AT não classificada	1.46 km ²							
AT do PI	204.19 km ²							

Fonte: O autor.

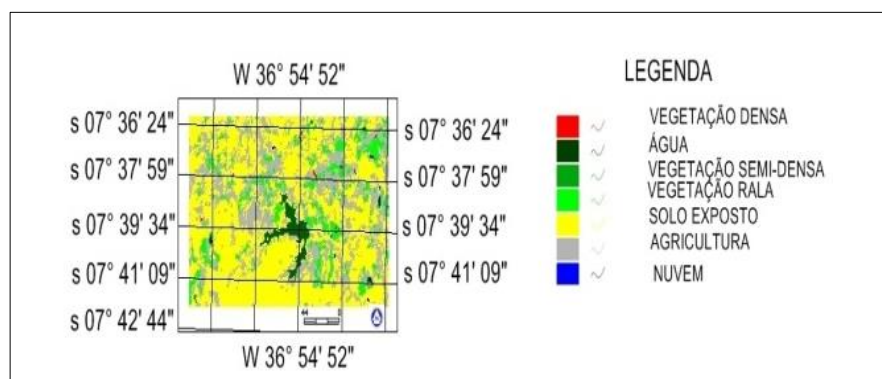
Nos mapas gerados (Figura 9a) e de acordo com a quantificação realizada, podemos verificar que no ano de 1990 que a classe solo exposto apresenta uma área de 72,84 km² (35,93%) (Tabela 3). A classe Água apresenta 2,73 km² (1,35%), a classe Agricultura 93,95 km² (46,34%), a classe Vegetação rala tem área de 0,07 km² (0,034%), a classe Vegetação semi-densa com 0,03 km² (0,013%), a classe Vegetação densa 33,01 km² (16,28%), e a classe nuvem 0,10 km², representando 0,05% da área total das classes de 202,74 km².

Para o ano de 2005 (Figura 9b) obtivemos que a classe solo exposto apresenta uma área de 4,74 km² (2,34%) (Tabela 3). A classe Água apresenta 7,01 km² (3,46%), a classe

Agricultura 71,88 km² (35,45%), a classe Vegetação rala tem área de 68,59 km² (33,83%), a classe Vegetação semi-densa com 9,65 km² (4,76%), a classe Vegetação densa 40,62 km² (20,04%), e a classe nuvem 0,23 km², representando 0,71%. Observamos que a quantificação feita para o ano de 2005 e de 2008 (Figura 9c) foi à mesma.

Já para o ano de 2010 (Figura 10), temos a classe solo exposto com uma área de 115,77 km² (57,10%) (Tabela 3). A classe Água apresenta 5,00 km² (2,47%), a classe Agricultura 62,00 km² (30,58%), a classe Vegetação rala tem área de 18,77 km² (9,26%), a classe Vegetação semi-densa com 0,094 km² (0,05%), a classe Vegetação densa 0,83 km² (0,41%), e a classe nuvem 0,27 km², representando 0,13% da área total.

Figura 10 – Mapeamento não supervisionado do uso da terra e agosto de 2010, da região em estudo.



Fonte: O autor.

Fazendo uma comparação, vemos que de 1990 a 2008 a quantidade de água aumentou, no ano de 1990 a cidade de Sumé teve 259,7 mm de chuva e em 2008 a AESA aponta que teve 777,2 mm de chuva na cidade (AESA, 2012. Adaptado da publicação SUDENE - Dados Pluviométricos do Nordeste - Série Pluviometria, Recife 5, 1990). Em 2010 esse valor

volta a cair em relação a 2008, nesse ano a AESA aponta 522,9 mm de chuva. Consequência de maior nível de chuva é muitas vezes, o preparo da terra para plantio, assim aumenta-se de agricultura.

Em 2005, segunda a AESA, choveu 685,8 mm na cidade em questão, um valor muito próximo do ano de 2008. Tanto

os valores da vegetação rala, semi-densa e densa apresentam-se maiores nesses dois anos. Observa-se que no ano de 2010 a área de solo exposto é maior do que a dos demais anos em estudo, essa área de solo exposto foram classificadas levando em consideração a agricultura (área descoberta para preparo da terra), a retirada de vegetação para alimentar animais, para carvoarias, e áreas de mau uso da terra.

As áreas em grandes quantidades e solo exposto são áreas de pouca fertilidade, pois acabam perdendo os seus nutrientes. Observa-se que a área de solo exposto apresenta-se maior no ano de 2010, conseqüentemente se sobressaindo uma área maior de vegetação rala, comparado aos outros tipos de vegetação em estudo. No ano de 1990, a área de solo exposto é menor que a do último ano em análise, menos quantidade de solo exposto, melhor será a fertilidade deste

CONCLUSÕES

Foi possível observar a devastação espaço-temporal do comportamento da degradação ambiental, onde se notou que os índices de vegetação variam de acordo com a ocorrência ou não de chuva, ou seja, período seco/chuvoso ocasiona uma diminuição/aumento no IVDN.

Para os anos em estudo, foi possível verificar um aumento no quantitativo de solo exposto, levando em consideração que nos anos de 2005 e 2008 esses valores permaneceram estáveis. Pelos resultados obtidos observamos

REFERÊNCIAS

AESA, 2012. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/sort.do?layoutCollection=0&layoutCollectionProperty=&layoutCollectionState=1&pagerPage=1>>. Acesso em 08 de junho de 2016.

ALENCAR, M. L. S. (2008). Os sistemas Hídricos, o bioma Caatinga e o Social na bacia do Rio Sucuru: Riscos e Vulnerabilidades. 2008. 157p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.

BARBOSA, H. A., HUETE, A. R., BAETHGEN, W. E. A. 20 year study of IVDN variability over the Northeast Region of Brasil. *Journal of Arid Environments*, v. 67, p. 288-307, 2006.

BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment*, New York, v.35, p.161-173, 1991.

COSTA FILHO, J. F. da; FRANCISCO, P. R. M.; ANDRADE, M. V. de; SILVA L. da; DANTAS, R. L. Estimativa do índice de vegetação da diferença normalizada (IVDN) na microrregião de Sousa-PB utilizando imagens do CBERS-2. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, 2007, Aracaju. Anais.... Aracaju, 2007. CD Rom.

DNOCS/PDRH-PH. Cadastro de Açudes. Capítulo 2. 2004.

solo e, conseqüentemente, apresentará uma maior área de vegetação densa, assim, dando uma maior proteção ao solo evitando o assoreamento dos mananciais.

O mau uso dos recursos naturais feito no entorno da bacia hidráulica do açude de Sumé-PB, tem causado grandes problemas de ordem ambiental; entre outros, através de relatos de moradores locais, é possível observar ações antropogênicas degradantes (retirada das matas do entorno da bacia hidráulica e dos riachos que desaguam no açude, o que vem causando um grande assoreamento) assim como atividades no interior da bacia hidráulica, para o aproveitamento de terras úmidas quando do período seco (plantio morro abaixo, queimadas, retirada de lenha e argila para o fabrico de telhas e tijolos, loteamentos, currais de gado, pescaria, caça e retirada de água clandestina).

que, partindo do ano de 1990, a área de solo exposto teve um acréscimo de 21,17% até o último ano em estudo (2010). E que cerca de 32,18% (15,87 km²), de vegetação densa, foi retirada do local em estudo.

Verificou-se também, que ações antrópicas são uma das principais causas para tal agravante da degradação, na retirada de material vegetal, assim como superpastoreio com animais de pequeno e grande porte.

FARIAS, A. A.; SOUZA, J. T. A.; ALVES, T. L. B.; SILVA, V. M. A.; MORAES NETO, J. M. Degradação Ambiental no Entorno da Bacia Hidráulica do Açude Manoel Marcionilo, Taperoá-PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, vol. 04, p. 863-876, 2012.

FRANCISCO, P.R.M.; CHAVES, I.B.; CHAVES, L.H.G.; LIMA, E.R.V. Detecção de mudança da vegetação de caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v. 06, p. 1473-1487, 2012.

GLOSSARY OF METEOROLOGY. "Rainy season" (em inglês). Arquivado desde o original em 19 de março de 2012. Consult. 12 de setembro de 2015.

GURGEL, H. C.; FERREIRA, N. J.; LUÍS, A. J. B. Análise da Variabilidade Espacial e Temporal do NDVI sobre o Brasil. In: *Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*, 10, 2001, Foz do Iguaçu. Anais. São José dos Campos: INPE, 2001. Artigos, p. 1617-1624. CD-ROM, On-line. Disponível em: URL <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.24.09.18/doc/1617.1624.062.pdf>> Acesso em: 19 mai. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira, 2012. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/ma_nuais_tecnicos/manual_tecnico_. Acesso em 25 de janeiro de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: URL. Acesso em 2 de jul. de 2016.

JACÓBSEN, L. O; FONTANA, D. C; SHIMABUKURO, Y. E. Efeitos associados a El nino e La nina na vegetação do Estado do Rio Grande do Sul, observados através do

- IVDN/NOAA. Revista Brasileira de Meteorologia, v.19, n.2, p.129-140, 2004.
- KUNTSCHIK, G. Estimativa de biomassa vegetal lenhosa em Cerrado por meio de sensoriamento remoto ótico e de radar. 154p. Tese (Doutorado em Ciências). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo – Departamento de Ecologia: USP, 2004.
- MORAES NETO, João Miguel. de. Gestão de Riscos a Desastres ENOS (El Niño Oscilação Sul) no Semi-árido Paraibano: uma análise comparativa. 2003. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2003.
- MOREIRA, M.A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 2.ed., Viçosa – MG:UFV, 2004, 307p.
- MOURA, G.S.S. de; BARBOSA, M.P.; MOURA, C.S. de; ARAÚJO, A.E. de; MOURA, A.E.S.S. de; SOUZA, M.M.P. de. Uso de imagens TM/Landsat-5 na avaliação da degradação ambiental e riscos a desastres ENSO, no Município de Sumé –PB. In: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 205-212.
- PARAÍBA. Proposta de instituição do comitê da bacia hidrográfica do rio Paraíba, conforme resolução n° 1, de 31 de agosto de 2003, do conselho estadual de recursos hídricos do estado da Paraíba. 2004. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/comites/paraiba/>. Acesso em 09 de julho de 2016.
- PARKINSON, C. L. Earth from above. University Sciences Books, Sausalito. Land vegetation, 1997. p.107-111.
- RAFAEL, Rita Rabino. Sumé que eu trago na memória. Imprima Editora. João Pessoa, 2003. Disponível em: <http://sonielsonsilva.sites.uol.com.br/ritinha.htm>. Acesso em 06 de julho de 2016.
- RIBEIRO, G. do N. Uso de geotecnologias no estudo da degradação das terras no município de Sumé-PB. 2014. 128f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2014.
- ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S.M.J.M. Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. 4. ed. Santa Maria: Edições UFSM, CCR/UFSM, 302 p. 2001.
- ROSENDO, J. S. Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na bacia do rio Araguaí–MG, utilizando dados do sensor MODIS. 2005. 152 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.
- ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; DEERING, D. W.; SCHELL, J. A. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Austin: Texas A. M. University, College Station, 1973.
- SANTANA, S. H. C.; LAURENITO. M. L. S.; GALVINCIO. J. D. Aplicação do sarvi em fragmentos de mata no município de Recife-pe como alternativa de análises ambientais em áreas urbanas. In: BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 15, 2013, Foz do Iguaçu. ANAIS. São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, P. 1121-1128. CD-ROM, ON-LINE. Disponível em: URL Acesso: 12 de setembro de 2015.
- SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" Camara G, Souza RCM, FreitasUM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.
- SRINIVASAN, Vajapeyam Srirangachar; GALVÃO, Carlos de Oliveira. Bacia Experimental de Sumé: Descrição e Dados Coletados. Campina Grande: UFCG/CNPq, 2003.p.7
- WEISS, J. L.; GUTZLER, J. S.; ALLRED COONROD, J. E.; DAHM, C. N. Long-term vegetation monitoring with NDVI in a diverse semi-arid setting, central New Mexico, USA. In: Journal of Arid Environments. Vol. 58, p. 248-271, 2004.
- WEISS, L.P.; PINHEIRO, R.; HINSCHING, M.A.O. Levantamento dos animais sinantrópicos da sub-bacia hidrográfica urbana Pilão de Pedra, em Ponta Grossa-PR. In: XVIII Semana de Geografia - Geografias não mapeadas? Perspectivas da ciência geográfica para o século XXI. Ponta Grossa: DEGEO/DAGLAS, ISSN 2176-6967, 2011.