Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Análise ambiental da bacia de drenagem do açude Mucutú/PB utilizando sensoramento remoto

José Antônio Vilar Pereira¹, Janaína Barbosa da Silva², Simone Mirtes Araújo Duarte³

¹Mestrando em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB. E-mail: joseantoniovilar36@gmail.com. ²Docente da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. E-mail: janainasimov@yahoo.com.br. ³Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. E-mail: mirtes599@hotmail.com.

Artigo recebido em 19/06/2018 e aceito em 12/02/2019

RESUMO

O Brasil é abundante em recursos hídricos, mas a distribuição desses recursos é irregular. Na região Nordeste a situação se agrava em decorrência dos longos períodos de estiagem. No entanto, as consequências desse fenômeno podem ser minimizadas com a utilização de tecnologias adequadas, como a construção dos reservatórios artificiais. Apesar da importância desses reservatórios, ao longo do tempo eles vêm sofrendo com o processo de poluição das suas bacias de drenagem e ocupação desordenada de suas margens. Esse trabalho objetivou determinar as características fisiográficas da bacia do açude Mucutú; analisar o uso e ocupação da terra no espaço-tempo de 10 anos; e delimitar a Área de Preservação Permanente (APP) desse reservatório. A delimitação e caracterização da bacia foi obtida através de imagens SRTM e a análise temporal do uso e ocupação da terra foi realizada através da interpretação de imagens Landsat do dia 07/03/2005 e 25/07/2015, a imagem mais recente também foi utilizada para fazer a delimitação da APP do reservatório. Identificou-se que as altitudes da bacia variam de 519m a 841m e a declividade encontrada ficou entre 0% a 46%. Constatou-se que para 2005, 77,88% do território da Bacia estava recoberto por algum tipo de vegetação, enquanto que para 2015 esse valor diminuiu para 68,52%, e a classe Solo Exposto/Área Urbana que em 2005 representava 80,38km² passou a ocupar 126,51km² da área total da bacia em 2015. Identificou-se que a APP ocupa uma área de 4,55km² com a presença de atividades antrópicas conflitantes com a legislação brasileira vigente.

Palavras-chave: Caatinga; Bacia hidrográfica; Área de Preservação Permanente; Hipsometria; Declividade.

Environmental analysis of the Mucutú/PB weir drainage basin using remote sensing

ABSTRACT

Brazil has abundance of water resources, but the distribution of those resources is irregular. In the Northeast, the situation worsens due to the long periods of drought. However, the consequences of this phenomenon can be minimized with the use of suitable technologies, such as the construction of artificial reservoirs. Despite the importance of these reservoirs, over time they have been suffering with the process of pollution of their drainage basins and disordered occupation of their margins. This study aimed to determine the physiographic characteristics of the Mucutu basin; to analyze the use and occupation of the land inside a space-time of 10 years; and delimit the Area of Permanent Preservation (APP) of this reservoir. The delimitation and characterization of the basin was obtained through SRTM images and the temporal analysis of land use and occupation was performed through the interpretation of Landsat images of 07/03/2005 and 25/07/2015, the most recent image was also used to delimit the APP from the reservoir. It was identified that the altitudes of the basin vary from 519m to 841m and the slope found was between 0% to 46%. It was verified that for 2005, 77,88% of the Basin territory was covered by some type of vegetation, while for 2015 this value decreased to 68,52%, and the Exposed Soil/Urban Area class, that in 2005 represented 80,38 km², occupied 126,51 km² of the total area of the basin in 2015. It was identified that the APP occupies an area of 4,55 km² with the presence of anthropic activities conflicting with the current Brazilian legislation.

Keywords: Caatinga; Hydrographic basin; Area Permanent Preservation; Hypsometry; Slope.

Introdução

O Brasil é privilegiado em relação à abundância de recursos hídricos, pois detém cerca de 12% da água doce superficial disponível no mundo, embora a distribuição geográfica desses recursos seja bastante irregular. A região Norte com 8,3% da população do país dispõe de 78% da água, enquanto a região Nordeste com 27% da população dispõe de apenas 3,3% (Paz, Teodoro e Mendonça, 2000; ANA, 2007).

De acordo com a Fundação Joaquim Nabuco (FUNDAJ, 1998), nessa região a escassez de recursos hídricos tem sua situação agravada em função das condições geomorfológicas que dão origem a longos períodos de estiagem. As secas são periódicas e enquanto fenômenos naturais não podem ser evitados (Mariano, 2011). Segundo a FUNDAJ 1998, suas consequências, no entanto, podem ser minimizadas com tecnologias adequadas que possibilitem a convivência do ser humano com esse fenômeno. A FUNDAJ 2002, aponta que em virtude da região Nordeste ser constituída 70% por embasamento cristalino e apresentar solos rasos com espessura de até 0,60 m, a exploração dos recursos hídricos subterrâneos não é viável, pois a água armazenada nas fraturas das rochas é escassa e altamente salina. Diante dessa situação, uma das alternativas mais utilizadas para o armazenamento água por longos períodos é a construção de reservatórios artificiais comumente denominados açudes.

Segundo Mariano 2011, no Nordeste existem mais de 70 mil reservatórios que acumulam cerca de 30 bilhões de m³ de água, planejados principalmente para o abastecimento populacional e para a aquicultura.

Apesar da importância desses reservatórios para o armazenamento de água objetivando o consumo humano, nos últimos tempos as áreas em seu entorno, assim como suas bacias de drenagem vêm sendo ocupadas desordenadamente e amplamente poluídas (Morais, Silva e Araújo, 2014; Palhiarini e Pagotto, 2015).

Segundo Rêgo 2014, o ser humano sempre procurou as margens de cursos d'água para morar e fazer plantios, devido à fertilidade das terras que são ricas em materiais orgânicos. Como reflexo dessa ocupação surgiu uma série de danos ao meio ambiente provocados pelo desenvolvimento das atividades antrópicas, que resultam na remoção da vegetação ripária ou mata ciliar e no consequente aumento de sedimentos a convergir para os cursos d'água ocasionando sérios problemas.

As matas ciliares, denominação dada à vegetação que margeia os reservatórios e rios são, segundo Crispim et al. 2013, responsáveis por proteger os corpos hídricos do assoreamento, erosão e da diminuição da qualidade da água, pois esse tipo de vegetação atua como filtro, retendo impurezas e sedimentos que chegariam aos reservatórios.

Diante dessa problemática é importante que haja uma mudança de comportamento por meio da criação de normatizações, instrumentos legais e ações corretivas de caráter multidisciplinar, que garantam a preservação dos recursos hídricos diante da possibilidade de uma crise na disponibilidade de água (Barbosa, 2006; Rêgo, 2014).

Nesse contexto destaca-se no Brasil a criação da Política Nacional de Recursos Hídricos, implementada através da Lei nº 9.433 de 1997 que estabelece as normas para a gestão dos recursos hídricos e determina a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão. As bacias hidrográficas ou de drenagem são definidas por Barrella et al. 2001, como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático.

Qualquer variação das propriedades físicas, químicas ou biológicas dos recursos naturais (solo, vegetação, ar, água, fauna) causada por alguma atividade antrópica afetam diretamente a bacia, causando condições nocivas à saúde da própria população que depende da drenagem dessa (Lima, Silva e Duarte, 2017). As bacias hidrográficas são áreas propensas a impactos ambientais, por isso são ótimas unidades espaciais de análise e são fundamentais na tomada de decisões. Portanto, Christofolletti 1980, elucida que a análise de aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia das bacias pode levar à compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental desses locais.

Destacam-se também na conservação dos recursos hídricos a criação da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 que define como Área de Preservação Permanente (APP), em zonas rurais ou urbanas, as faixas marginais de qualquer curso d'água, lagos ou lagoas naturais e as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais (Brasil, 2012) e a resolução nº 302, de maio de 2002 do Conselho Nacional Meio Ambiente (Conama) que

determina no art. 3º a APP para reservatórios artificiais situados em áreas urbanas, estabelecendo largura mínima de 30 m e 100 m para os reservatórios situados em áreas rurais, em projeção horizontal, medida a partir do nível máximo normal (Conama, 2002).

Segundo Nascimento et al. 2005, mesmo a legislação ambiental brasileira sendo considerada bastante ampla, as ações direcionadas para promover mudanças, continuam sendo implementadas de maneira consideravelmente tímida, devido à deficiência em meios e materiais para apurar com rigor as degradações ao meio ambiente.

Uma alternativa para suprir essa deficiência é a utilização do Sensoriamento Remoto aliado às geotecnologias, ferramentas com alta capacidade de armazenamento de informações e grande poder de manipulação de dados. Estas ferramentas possibilitam o mapeamento e a análise do uso da terra de maneira econômica, fortalecendo as ações ambientais de monitoramento, agindo como suporte para os instrumentos jurídicos de controle e fiscalização e permitindo aos gestores a adoção de medidas com base em informações precisas (Nascimento et al., 2005; Nardini et al., 2014; Mendonça e Silva, 2010).

Assim, diante da importância dos reservatórios para o armazenamento de água para a população que vive no semiárido nordestino, essa pesquisa objetivou determinar as características fisiográficas da bacia de drenagem do açude

Mucutú/PB; analisar o uso e ocupação da terra no espaço-tempo de 10 anos; e com base na legislação brasileira vigente, delimitar a Área de Preservação Permanente desse reservatório, estabelecendo o uso e ocupação da terra nas suas margens.

Material e métodos

Localização da Área de Estudo

O açude Mucutú está localizado no Estado da Paraíba na mesorregião da Borborema e entre as microrregiões do Seridó Oriental, Cariri Oriental e Cariri Ocidental. Pertence à bacia hidrográfica do Rio Paraíba e à sub-bacia do Rio Taperoá e sua área compreende em grande parte o município de Juazeirinho e em menor proporção os municípios de Santo André, Assunção e Taperoá (Figura 1) (Mariano, 2011).

Segundo dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) o açude tem capacidade de armazenar 25.370.000 m³ de água, o que o qualifica como pertencente à classe média. Os solos da área são rasos e pedregosos e a vegetação predominante é de Caatinga hiperxerófila. O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Bsh, quente e seco, com chuvas de verão (Mariano, 2011; Rodriguez, 2012; AESA, 2016; IBGE, 2016).

Figura 1. Localização da bacia de drenagem do açude Mucutú/PB. Base de Dados: AESA (2016); USGS (2016).

Procedimentos Metodológicos

Com base nos objetivos estabelecidos, os procedimentos metodológicos consistiram em: 1) levantamento bibliográfico; 2) aquisição das imagens; 3) processamento Digital das Imagens-PDI; 4) delimitação e quantificação da Área de Preservação Permanente e 5) estudo de campo.

Para a realização do PDI, delimitação da APP e elaboração dos mapas foram utilizados os

softwares Erdas Imagine 2010 e o ArcGIS 10, ambos licenciados para o Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) dos cursos de Pós-graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Para os demais procedimentos foram utilizados os aplicativos QGIS versão 2.16.2 e o Google Earth. No fluxograma da Figura 2 são apresentados os principais procedimentos metodológicos:

Figura 2. Fluxograma das etapas de trabalho.

Aquisição das Imagens

A imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), é disponibilizada de forma gratuita na internet, obtida através do GeoPortal da AESA, e corresponde a um mosaico de imagens de radar da missão SRTM (NASA) com resolução espacial de 90m com dados altimétricos de todo o Estado da Paraíba.

As imagens Landsat utilizadas foram obtidas através do site do Serviço de Geologia dos Estados Unidos (USGS). Essas cenas são provenientes dos satélites Landsat 5 e 8, capturadas pelos sensores Thematic Mapper (TM) e Operational Land Imager (OLI) respectivamente.

Foram adquiridas duas imagens da órbita/ponto 215-65 correspondentes as datas 07/03/2005 (sensor TM) em decorrência do volume máximo do açude e 25/07/2015 (sensor OLI) data mais recente, bem como da baixa porcentagem de nuvens nas datas.

Processamento digital das imagens (PDI)

- Imagens SRTM

Delimitação da bacia de drenagem do açude

Segundo Nardini et al., 2014, a delimitação de uma bacia hidrográfica é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno. Estas linhas são definidas pela conformação das curvas de nível existentes nas cartas planialtimétricas e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem.

Nesse contexto, para a delimitação da bacia de drenagem do açude Mucutú foi necessária a realização da caracterização física da área de estudo por meio do cálculo da hipsometria, declividade e a extração da rede de drenagem da área, procedimentos descritos a seguir:

Hipsometria

Elaborada a partir do aplicativo ArcGIS 10 através da opção *Classified*, a qual permite inserir valores de equidistância entre as cotas altimétricas, que foram divididas em sete classes com valores que variaram de 519 a 841 m.

Declividade

O mapa de declividade foi gerado a partir da ferramenta *Spacial Analyst Tools* do aplicativo ArcGIS e a delimitação das classes foi definida em valores variados de porcentagem que variaram entre 0 a 46%.

Rede de drenagem

A extração da rede de drenagem foi feita no aplicativo ArcGIS por meio da ferramenta *Spacial Analyst Tools* através da opção *Hydrology* a fim de servir como base para delimitação da bacia de drenagem do reservatório.

Bacia de drenagem do açude

Depois da elaboração dos mapas hipsométrico, de declividade e da rede de drenagem foi possível, com o auxílio da ferramenta “Adicionar Polígono” do aplicativo *Google Earth*, criar um polígono, em formato *Kml*, delimitando a área correspondente a bacia de drenagem do açude Mucutú.

Essa delimitação foi realizada acompanhando-se os cursos d’água principais e os divisores de água da bacia representados pelas maiores cotas hipsométricas. Depois de gerado em formato *Kml*, o arquivo com a delimitação da bacia foi transformado em *Shapefile* no aplicativo QGIS 2.16.2.

- Imagens Landsat 5 e 8

Empilhamento

Essa etapa foi executada no software Erdas Imagine 10, e o procedimento consistiu no processamento em conjunto para todas as bandas, nesse caso as 3 e 4 do satélite Landsat 5 e as bandas 4 e 5 do Landsat 8.

Reprojeção das imagens

O sistema padrão de referência das imagens Landsat obtidas através da USGS está orientado para o Hemisfério Norte em *DATUM World Geodetic System (WGS) 1984 UTM Zona Norte*, sendo necessário, portanto fazer a reprojeção dessas cenas para o Hemisfério Sul, ou seja, *DATUM WGS 1984 UTM Zona Sul*. Essa tarefa foi realizada a partir da ferramenta *Reprojet Images* do software Erdas Imagine 2010.

- Landsat 5

Calibração Radiométrica

A calibração radiométrica, segundo Oliveira e Galvêncio 2008, consiste na conversão do nível de cinza de cada pixel e banda, em radiância monocromática que representa a energia solar refletida por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. A calibração radiométrica proposta por Markham e Baker (1987) é obtida através da equação (1):

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

Onde: a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima (Tabela 1); ND é a intensidade do pixel (número digital – número inteiro de 0 a 255); e i corresponde às bandas (1, 2, ... e 7).

Tabela 1. Descrição das bandas e faixas espectrais correspondentes ao TM - Landsat 5, coeficientes de calibração mínimo (a) e máximo (b) e irradiância solar espectral no topo da atmosfera ($ESUN_{\lambda}$).

Coeficiente de Calibração						
(W m ⁻² μm ⁻¹)						
Bandas	Faixa espectra l (μm)	De 01/03/1984 até 31/12/1991		Após 01/01/1992		ESUN _λ (W m ⁻² μm ⁻¹)
		A	B	A	B	
1 (azul)	0,45 – 0,52	-1,52	169,00	-1,52	193,00	1983
2 (verde)	0,52 – 0,60	-2,84	333,00	-2,84	365,00	1796

3 (vermelho)	0,63 – 0,69	-1,17	264,00	-1,17	264,00	1536
4 (IV-próx.)	0,76 – 0,90	-1,51	221,00	-1,51	221,00	1031
5 (IV-médio)	1,55 – 1,75	-0,37	30,20	-0,37	30,20	220
6 (IV-termal)	10,4 – 12,5	1,2378	15,303	1,2378	15,303	-
7 (IV-médio)	2,08 – 2,35	-0,15	16,50	-0,15	16,50	83,44

Fonte: Chander *et al.*, 2007 e 2009.

Cômputo da reflectância

A reflectância pode ser definida como sendo a razão entre o fluxo e radiação solar refletida pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, obtida segundo Allen *et al.* (2002) através da equação (2):

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

Onde: L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda; k_{λ_i} é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2} \mu m^{-1}$); Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

- Landsat 8

Cômputo da Reflectância

Segundo Araújo, Silva e Machado (2016) para o cálculo da reflectância do Landsat 8 é necessária a utilização dos elementos fornecidos no arquivo metadados (MTL) disponível na imagem utilizada. A reflectância é obtida através da equação (3) disponibilizada pela USGS (2016):

$$\rho\lambda' = \frac{(M \rho * Q_{cal} + A \rho)}{\cos Z} \quad (3)$$

Onde: $\rho\lambda'$ é igual a reflectância planetária, sem correção para o ângulo solar; $M\rho$ é o fator multiplicativo (disponível no arquivo metadados); $A\rho$ é o fator aditivo (disponível no arquivo metadados) e Q_{cal} corresponde aos valores de pixel calibrados do produto padrão Quantized (DN).

IVDN (Índice de vegetação da diferença normalizada)

Esse índice permite estudar respostas distintas entre a vegetação e o solo exposto através do contraste entre imagens de satélite. O IVDN é calculado a partir da equação (4) proposta por Rouse *et al.* (1973):

$$NDVI = (\rho_{iv} - \rho_v) / (\rho_{iv} + \rho_v) \quad (4)$$

Onde: ρ_{iv} é a banda do infravermelho e ρ_v a banda do vermelho.

IVAS (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo)

Foi proposto por Huete 1998, com o intuito de diminuir a influência da resposta espectral do solo mediante a inclusão de um fator de ajuste (L) que é variável com o grau de recobrimento do dossel das plantas (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). Conforme os autores supracitados, o fator de ajuste do IVAS foi obtido de forma que o índice resultante tivesse o mesmo valor para vegetação, independente se o solo fosse claro ou escuro. Esse pode variar no valor do L onde 0 é para coberturas vegetais mais densas a 1 para vegetação menos densa, e o valor padrão utilizado para a maioria das aplicações é 0,5 o que corresponde a uma densidade vegetal intermediária. O IVAS é calculado através da equação (5) proposta por Huete (1998):

$$IVAS = (1 + L) * \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{L + \rho_{iv} + \rho_v} \quad (5)$$

Onde: L é um fator de função da densidade da vegetação e sua determinação requer um conhecimento *a priori* da quantidade de vegetação; ρ_{iv} é a banda do infravermelho e ρ_v a banda do vermelho.

Classificação das Imagens

Essa etapa foi realizada no software ArcGIS onde é possível por meio da análise do

histograma das imagens obter a quantidade de pixel da imagem em cada classe. De acordo com a FUNDAJ 2015, cada pixel da imagem tem a dimensão de 30 m x 30 m, sendo possível obter a área em metros quadrados por classe analisada multiplicando-se o valor total do pixel por classe pelo tamanho da área de um pixel (900m²).

Delimitação da área de preservação permanente

A delimitação foi realizada de acordo com a Lei n° 12.651 e a Resolução n° 302 do CONAMA. A *shapefile* da APP foi gerada (*buffer*) na ferramenta *Arc Tool Box* do aplicativo ArcGIS 10.

Trabalho de campo

Foi realizado no entorno do açude Mucutú/PB e em pontos preestabelecidos da bacia

de drenagem com a finalidade de validar as informações obtidas nas imagens de satélites. Nessa atividade foram utilizados uma máquina fotográfica digital e dois GPS da marca Garmim eTREX 10 para registros das coordenadas e mapa de caminhamento.

Resultados e discussão

Caracterização física da bacia do açude mucutú

A partir da delimitação da área de drenagem do açude Mucutú, identificou-se que sua bacia compreende em grande parte a área dos municípios de Juazeirinho, Assunção e Tenório respectivamente, e em menor proporção os municípios de Santo André e Taperoá (Figura 3).

Figura 3. Bacia de drenagem do açude Mucutú/PB. Fonte: Elaborado a partir da base de dados da USGS (2016) e AESA (2016).

A bacia do açude Mucutú está inserida na sub-bacia do rio Taperoá que faz parte da bacia do rio Paraíba (Figura 4). De acordo com Lima, Silva e Duarte 2017, quanto à geomorfologia da sub-bacia, essa é do tipo uniforme, compreendida pelo Planalto da Borborema, com formas tabulares e pequenos trechos com formação convexa e aguçadas. E segundo Ab' Sáber 1974, os seus terrenos são formados por superfícies de

pediplanação, resultante da exposição a partir de sedimentos do Cretáceo ou Terciário, que cobriam rochas do escudo cristalino brasileiro.

Assim, a sub-bacia do rio Taperoá apresenta pouca movimentação do relevo, com ligeiras elevações situadas em áreas serranas onde se originam os pequenos cursos de água que seguem em direção as áreas mais baixas e desaguam no rio Taperoá.

Figura 4. Localização da bacia do açude Mucutú/PB. Fonte: Elaborado a partir da base de dados da AESA (2016) e USGS (2016).

A partir do cálculo da hipsometria, identificou-se a menor altitude em 519m a sul da bacia do açude Mucutú, enquanto a maior elevação em 841m localizada principalmente a nordeste e noroeste, e média hipsométrica em 637m na transição das áreas mais elevadas para as menores cotas (Figura 5).

Segundo Mariano 2011, nas proximidades do açude, as unidades geomorfológicas são formadas por colinas suaves, com vales em forma de “V”, que são originados do processo erosivo fluvial do riacho Mucutú, sobre a superfície de aplainamento.

Figura 5. Hipsometria da bacia de drenagem do açude Mucutú/PB. Fonte: Elaborado a partir da base de dados da AESA 2016.

Quanto à declividade, foram encontrados valores percentuais que variaram de 0% a 46%. Identifica-se que a maior porção da bacia apresenta relevo plano de 0 a 3% de declividade com hipsometria de 519 m a 607m. As áreas com declividade de 21% a 46% estão associadas às áreas

mais elevadas (841m), situadas a nordeste e a sudeste, representando os divisores de água da bacia em áreas de serras (Figura 6).

Figura 6. Declividade da bacia de drenagem do açude Mucutú/PB. Fonte: Elaborado a partir da base de dados da AESA 2016.

Ao correlacionar o mapa hipsométrico com a declividade, tem-se que o relevo da bacia é predominantemente plano a suave ondulado e de declividade predominante inferior a 5,1%, resultado que corrobora informações encontradas por Francisco et al. 2013 e Lima, Silva e Duarte 2017, ao realizarem a análise física da bacia do rio Taperoá. Entretanto, constatou-se que nem sempre as áreas com maior altitude correspondem aquelas com maior declividade, pois a porção nordeste da bacia apresenta áreas com cotas altimétricas superiores aos 700m, mas sua declividade atinge o máximo de 5,1%.

Tal resultado explica a presença de vegetação preservada principalmente nas áreas de maiores altitudes do relevo, já que nessas a declividade é mais acentuada, dificultando práticas agrícolas e as demais ações antrópicas. Já nas áreas mais planas, que são predominantes na bacia, o processo é inverso, as atividades antrópicas são mais intensas, principalmente a agricultura e a agropecuária, visto que essas são utilizadas como

campo para plantações e pastagens, resultando em extensas áreas que podem vir a ser degradadas.

Quanto à análise da rede de drenagem, tem-se que os principais afluentes do açude Mucutú são os riachos Juazeiro e Mucutú, ambos de regime intermitente, ou seja, secam no período de estiagem (Figura 7). Conforme Christofletti 1980, a bacia se classifica como exorréica, visto que os cursos d'água principais organizam-se em forma de rede e dirigem-se em direção ao rio Taperoá, tributário do rio Paraíba, que deságua no mar.

Quanto à forma, a bacia é classificada como dendrítica ou arborescente, recebendo essa denominação segundo Christofletti 1980, por apresentar desenvolvimento semelhante a de galhos de uma árvore, onde os rios confluem em ramos agudos, formando várias ramificações.

Figura 7. Drenagem da bacia do açude Mucutú/PB. Fonte: Elaborado a partir da base de dados da AESA 2016.

O conhecimento da declividade é considerado importante para estudos sobre bacias, visto que, essa está intrinsecamente relacionada aos processos de erosão que contribuem para a geração de sedimentos que favorecem o assoreamento de açudes. Logo, além de diminuir a sua vida útil, também está relacionado ao escoamento e à infiltração superficial das águas, à distribuição do tipo da vegetação, além de ser um dos fatores que influenciam nas características dos solos (Porto, 1999; Xavier et al., 2012).

Com base em informações disponibilizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA, 2016), tem-se que a maior parte da área de estudo é coberta por solos do tipo Planossolo Nátrico Órtico. Nessa pesquisa a sua ocorrência está associada à áreas com relevos mais planos a suave ondulados, com declividade de até 5,1%. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2017) esse tipo de solo tem alta suscetibilidade à erosão e apresenta caráter salino o que associado com a elevada saturação por sódio o torna inadequado para a agricultura, sendo mais utilizado para a pastagem.

Nas áreas com relevos mais íngremes, superiores a 5,2% até 46% de declividade, há de acordo com o Mapa de Solos da AESA 2016, a predominância de solos Neossolo Litólico Distrófico, principalmente na porção sudeste da bacia e Neossolo Litólico Eutrófico a noroeste. Segundo a EMBRAPA 2017, esses tipos de solo

apresentam pouca profundidade, presença de rochas e declives acentuados devido a sua área de ocorrência, o que gera limitações quanto ao seu uso e grande susceptibilidade à erosão, sendo normalmente indicados para áreas de preservação.

As características referentes à declividade, altitude e tipos de solos, indicam que a bacia é vulnerável à degradação, onde a ausência de planejamento e de manejo adequados contribuem para intensificação de processos erosivos por exemplo, e consequentemente perda de fertilidade. Isso favorece possíveis núcleos de desertificação e desencadeia problemas não apenas ambientais, mas também sociais.

Análise espaço-temporal do uso e ocupação da terra na bacia de drenagem

Para a realização da análise do uso e ocupação da terra, inicialmente foi necessário testar qual índice de vegetação melhor se aplicava à área de estudo. Foram testados o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS). A partir da atividade de campo constatou-se que o índice que melhor ajustou-se à área trabalhada e melhor serviu para distinguir as classes de uso da terra foi o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS).

Após a escolha do índice realizou-se a classificação das imagens, identificando-se as classes de uso e ocupação da terra: Água, Solo

Exposto/Área Urbana, Vegetação Herbácea, Vegetação Arbustiva, Vegetação Arbórea e a classe Nuvem/Sombra de Nuvem apenas na

imagem de 2005, perfazendo um total de 406,5km² (Figura 8).

Figura 8. Uso e ocupação da terra na bacia do açude Mucutú/PB (25/07/2015). Fonte: Elaborado a partir da base de dados da USGS 2016.

Com base no mapeamento para o ano de 2015 identificou-se três classes diferentes de vegetação quanto ao seu porte: o primeiro e que ocupou a maior área foi a Vegetação Arbustiva com 154,51 km², o que representa 38,01% da área total da bacia, o segundo foi Vegetação Herbácea com 119,76km² (29,46%), verificada em campo como sendo áreas destinadas a pastagens, e o terceiro a Vegetação Arbórea, localizada nas áreas de maior altitude, com 4,25km² (1,05%).

A classe Solo Exposto/Área Urbana encontra-se predominantemente em áreas planas e próximas aos principais canais de drenagem, ocupando uma área de 126,51km², ou 31,12%. A agregação dessas categorias ocorreu devido aos alvos terem resposta espectral semelhantes. A categoria que ocupou menor área foi a classe Água com 1,56km² (0,38%)

A Tabela 2 apresenta todas as classes de acordo com sua área em quilômetros quadrados (km²) e porcentagem de área ocupada.

Tabela 2: Classes de uso da terra na bacia de drenagem do açude Mucutú/PB (25/07/2015).

Classe	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Vegetação Arbustiva	154,51	38,01
Solo Exposto/área urbana	126,51	31,12
Vegetação Herbácea	119,76	29,46
Vegetação Arbórea	4,25	1,05
Água	1,56	0,38
Total	406,5	100

Os resultados encontrados foram corroborados a partir da realização do trabalho de campo, onde foi possível também validar com base nas imagens da classificação supervisionada as classes mapeadas (Tabela 3).

Para o ano de 2005 a Vegetação Herbácea foi a classe que ocupou a maior área em detrimento das demais, com 205,72km² o que representa 50,62% da área total da bacia (Figura 9).

De acordo com a distribuição em classes, identificou-se que a Vegetação Arbustiva compreendeu uma área de 105,15km² (25,87%) e a Vegetação Arbórea ocupou 5,66km² (1,39%). Já a classe Solo Exposto/Área Urbana ocupou 80,38km² (19,77%). As classes classificadas como Água e Nuvem/Sombra de Nuvem ocuparam 5,71km² (1,40%) e 3,97km² (0,98%) respectivamente (Tabela 4).

A análise comparativa das imagens para as datas 07/03/2005 e 25/07/2015 (escolhidas conforme o item 2.2.1 da metodologia) permitiu observar as mudanças que ocorreram na vegetação nos municípios que compõem a bacia em um período de dez anos. Analisando os dados da Figura 10, é possível constatar o considerável

aumento da classe Vegetação Arbustiva em 49,36km², enquanto as classes Vegetação Herbácea e a Vegetação Arbórea tiveram uma redução de área de 85,96km² e 1,41km².

Para o ano de 2005, unindo-se as classes vegetais, constatou-se que a Vegetação Herbácea (205,72km²), Arbustiva (105,15km²) e a Arbórea (5,66km²) somadas compreendem um total de 316,53km² o que representa 77,87% do território da Bacia do Mucutú cobertos por algum tipo de vegetação. Já para o ano de 2015 as classes Vegetação Arbustiva (154,51km²), Herbácea (119,76km²) e Arbórea (4,25km²) somadas compreendem um total de 278,52km² o que corresponde a 68,52% da área total da bacia. Assim, no período analisado houve uma redução da vegetação em 38,01km² ou 12,01%.

Em contrapartida à diminuição da vegetação, a classe Solo Exposto/Área Urbana que representa as áreas onde a cobertura vegetal foi removida, aumentou 46,13km², passando de 80,38km² em 2005 para 126,51km² em 2015. A classe Água apresentou uma redução de 4,15km². A classe Nuvem/Sombra de Nuvem não foi comparada já que na imagem de 2015 não foi identificada a presença dessa categoria.

Tabela 3: Classes mapeadas na bacia de drenagem do açude Mucutú/PB

Classe	Em campo
Vegetação Arbórea
Vegetação Arbustiva

Figura 9: Uso e ocupação da terra na bacia do açude Mucutú/PB (07/03/2005). Fonte: Elaborado a partir da base de dados da USGS 2016.

Tabela 4: Classes de uso da terra na bacia de drenagem do açude Mucutú/PB (07/03/2005).

Classe	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Vegetação Herbácea	205,72	50,62
Vegetação Arbustiva	105,15	25,87
Solo Exposto/Área Urbana	80,38	19,77
Água	5,71	1,40
Vegetação Arbórea	5,66	1,39
Nuvem	3,97	0,98
Total	406,5	100

Figura 10. Evolução das classes de uso e ocupação da terra na bacia de drenagem do açude Mucutú (2005 – 2015).

O processo de diminuição da vegetação do bioma Caatinga pode ser causado pelas próprias condições do ambiente, visto que, segundo Souza et al. 2015, durante o período seco há redução da área foliar da cobertura vegetal e algumas espécies desse bioma liberam suas folhas, diminuindo a área da superfície que permitiria a perda de água sob a forma de vapor através dos estômatos, como também pelas atividades antrópicas desenvolvidas desde o processo de ocupação do semiárido nordestino.

Nesse sentido, tentando compreender as possíveis causas que justifiquem a redução da vegetação durante o período analisado, correlacionou-se dados pluviométricos com a data

de captura das imagens de satélite. Segundo Rodriguez 2012, o período chuvoso para a área analisada ocorre entre os meses de fevereiro e maio.

Segundo dados pluviométricos disponibilizados pela AESA 2016, nos trinta dias anteriores à captura da imagem de 2005 havia precipitado 106,3mm nos três principais municípios que compõem a bacia, e no ano de 2015, mesmo a imagem sendo capturada no mês de julho que se caracteriza como seco para a área, foi registrada uma precipitação de 177,4mm nos trinta dias anteriores à captura da imagem, não justificando assim a redução da vegetação pelo fator climático.

Francisco et al. 2013, apontam que nos Cariris da Paraíba o sistema de produção voltado para o cultivo do algodão, a criação de gado, o reflorestamento com algaroba (*Prosopis Juliflora*) e a implantação de pastagem com capim “Buffel” (*Cenchrus Ciliaris* L.), contribuíram em grande parte para o desmatamento indiscriminado da Caatinga nessa região.

No trabalho de campo foi constatado que as principais atividades econômicas desenvolvidas na área da bacia do açude Mucutú estão voltadas para a agricultura de subsistência, a produção de lenha para padarias e olarias, a mineração, e principalmente a pecuária, atividade que mais contribui para o desmatamento por necessitar de

grandes áreas destinadas a pastagens, geralmente criadas a partir da retirada da vegetação natural.

Tais resultados de campo corroboram os dados do censo agropecuário realizado em 2006 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, para o intervalo entre as imagens analisadas, pois embora o número de bovinos tenha diminuído, houve um aumento na criação dos rebanhos nos três principais municípios que compõem a Bacia em 7.722 cabeças, com os caprinos e ovinos ocupando maior destaque, conforme a Tabela 5. Portanto, a expansão da pecuária aliada a outras atividades de menor expressão foram os fatores determinantes para a redução da vegetação.

Tabela 5: Evolução do rebanho de bovinos, caprinos e ovinos na bacia do açude Mucutú (2005-2015)

Tipo de rebanho	Nº de cabeças (2005)	Nº de cabeças (2015) *
Bovino	7.355	6.994
Caprino	11.480	14.295
Ovino	3.470	8.738
Total	22.305	30.027

Fonte: Base de dados do IBGE (2016)

*Estimativa

Seabra et al. 2014, ao fazerem o mapeamento do uso e ocupação da terra na bacia do rio Taperoá-PB utilizando uma imagem Landsat 5 de 2009, identificaram que 71% da área da bacia apresentou a agropecuária como a classe predominante, enquanto as classes vegetais representaram apenas 26,5% da área total. Os autores constataram que essa atividade econômica foi a que mais contribuiu para a redução da cobertura vegetal, estando o baixo percentual da vegetação fortemente relacionado ao número de cabeças por km².

Silva et al. 2010, ao realizarem a caracterização morfométrica e fisiográfica da bacia de drenagem do açude Soledade, localizada no estado da Paraíba, constataram que 6,6% da área total da bacia apresentaram algum tipo de uso conflitante da terra. Os autores salientaram a importância da adoção de medidas imediatas para a preservação e recuperação dessas áreas, pois os conflitos de uso da terra são um dos maiores

responsáveis pela erosão e assoreamento de rios e açudes.

Validação do mapeamento

Para validação dos mapas de uso e ocupação da terra, foram selecionados 60 pontos da classificação das imagens Landsat para comparação e validação com os dados de referência ou verdade de campo. Dos pontos selecionados, 33 correspondem a classe Vegetação Arbustiva, 14 a Vegetação Herbácea, 2 a Vegetação Arbórea, 9 a Solo Exposto e 2 a Água. De acordo com a Tabela 6, dos pontos selecionados apenas dois apresentaram erro, correspondentes a classe Vegetação Herbácea e Solo Exposto. Sendo assim, o mapeamento apresentou 96,67% de acurácia de acertos.

Tabela 6: Validação do Mapeamento na bacia do açude Mucutú/PB

Classe	Total	Acertos	Acertos (%)
Vegetação Arbustiva	33	33	100
Vegetação Arbórea	2	2	100
Vegetação Herbácea	14	13	92,86
Solo Exposto	9	8	88,88

Água	2	2	100
Total	60	58	96,67

Delimitação e análise do uso da terra da Área de Preservação Permanente do açude Mucutú/PB

Foi respeitado o limite máximo de armazenamento do reservatório (leito de estrangulação) que ocorreu em março de 2005, quando o mesmo transbordou. Desta maneira foi possível identificar a maior área do espelho de água, para a partir de então delimitar a APP, que considera a distância de 100m estabelecida pela Lei

nº 12.651 de 25 de maio de 2012 e a resolução nº 302 de maio de 2002 do CONAMA.

Identificou-se que a área correspondente à APP compreende 4,55km², onde na classificação das imagens foram detectadas as presenças das classes Solo Exposto, Vegetação Herbácea e Vegetação Arbustiva (Figura 11). As categorias mapeadas foram confirmadas a partir do trabalho de campo realizado nas margens do reservatório.

Figura 11. Uso e ocupação da terra na área de preservação permanente do açude Mucutú/PB 2015. Fonte: Elaborado a partir da base de dados da USGS 2016.

Observou-se que as classes que ocuparam maior área foram a Vegetação Herbácea com 2,13km², o que corresponde a 46,81% e a categoria Solo Exposto com 1,37km² ou 30,11% da área total da APP. Já a classe Vegetação Arbustiva somou

1,05km² ou 23,08%. Os dados podem ser observados com a ordem e porcentagem que cada classe detectada ocupou em relação a área total da APP na Tabela 7.

Tabela 7: Classes de uso e ocupação da terra na área de preservação permanente do açude Mucutú/PB

Classes	Área (km ²)	Porcentagem %
Vegetação Herbácea	2,13	46,81
Solo Exposto	1,37	30,11
Vegetação Arbustiva	1,05	23,08
Total	4,55	100%

A partir do mapeamento e trabalho de campo, tornou-se evidente a presença em toda a APP de áreas de Solo Exposto, classe que representou 30,11% da área total. Essa é resultante do processo de extração das matas ciliares no entorno do reservatório por meio de ações antrópicas. Tal resultado evidencia o descumprimento da Lei nº 12.651, tendo em vista a presente substituição da vegetação natural em detrimento a práticas agrícolas e principalmente à pecuária.

Como identificado em campo, a pecuária é o principal fator responsável pelo não cumprimento da legislação ambiental. Foi

constatado que as áreas que correspondem ao tipo de vegetação herbácea são comumente utilizadas como pastagens, sendo comum a presença de animais as margens do reservatório (Figura 12). Segundo Moraes, Silva e Araújo 2014, a APP têm como função manter a integridade e a perenidade dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, bem como proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, ou seja, são locais que só excepcionalmente podem receber intervenções.

Figura 12: Animais as margens do açude Mucutú/PB. Fonte: José Antônio Vilar Pereira, 2016.

Constatou-se que as classes Vegetação Herbácea (46,81%) e Vegetação Arbustiva (23,08%) somadas representam que 69,89% da área total da APP que está coberta por algum tipo de vegetação. Esse resultado poderia representar a preservação do ambiente analisado, contudo, essas são características de áreas que enfrentam um considerável grau de degradação, visto que, em áreas mais impactadas, onde a vegetação do tipo lenhosa é desmatada há a substituição pela vegetação do tipo gramínea. No caso do bioma Caatinga, a vegetação de extrato arbóreo e arbustivo é substituída pelo herbáceo, que surge com maior frequência no período chuvoso e logo desaparece no período seco.

Em campo foi observado que as áreas que correspondem à classe Vegetação Arbustiva no mapeamento, tem uma grande concentração de algaroba (*Prosopis juliflora* Sw. DC), uma espécie invasora do bioma Caatinga, segundo Amador e Corrêa 2010. (Figura 13).

De acordo com Lima 1987, a Algaroba tem sua ocorrência relacionada a áreas degradadas, agrícolas, de pastos, ao longo de canais de irrigação e próximo a açudes. Pegado et al. 2006, ressaltam que um dos fatores que contribuem para a dispersão dessa espécie é a ação antrópica, pois em função da agricultura e da pecuária há o desmatamento de espécies nativas da Caatinga o que favorece a invasão da algaroba. Ainda segundo os autores, a *P. juliflora* é uma espécie bastante agressiva para o

ambiente, pois reduz drasticamente a participação das espécies nativas, eliminando-as por competição ou impedindo que muitas delas se desenvolvam.

Figura 13. Presença de algaroba (*Prosopis juliflora* Sw. DC) na área de preservação permanente. Fonte: José Antônio Vilar Pereira, 2016.

Resultados semelhantes aos dessa pesquisa também foram encontrados por Mendonça e Silva 2010, que ao fazerem a análise do uso e ocupação do solo na APP do açude Taperoá, os autores observaram que grande parte das áreas do açude destinadas à preservação permanente apresentavam uso conflitante ao estabelecido por Lei. Sendo que 44,6% das áreas já haviam passado por algum processo de antropização, 38,7% estavam ocupadas por caatinga arbustiva arbórea fechada e a caatinga arbustiva arbórea aberta representava apenas 17,2% do total.

Moraes, Silva e Araújo 2014, ao realizarem a análise espacial da APP do açude Eptácio Pessoa localizado no município de Boqueirão/PB em 2010, a fim de analisar o seu uso e ocupação do solo, constataram que o perímetro do reservatório tem área total de 20.511ha dos quais, aproximadamente 3.980ha correspondem à vegetação densa, 11.298ha à vegetação rala, 2.170ha à agropecuária e 5.132ha à solo exposto ou afloramentos rochosos. Os autores também identificaram que a agropecuária foi a principal atividade que substituiu as áreas de vegetação

natural e o fator preponderante para o surgimento de áreas de solo exposto na APP do reservatório.

Os resultados encontrados nesse trabalho certificam as informações de Rodrigues e Pissarra 2014, que afirma que mesmo sendo consideradas áreas de preservação permanente, protegidas por lei, as matas ciliares vêm sofrendo alterações significativas desde 1850. O grande problema do uso inadequado do solo nessas áreas é resultante da falta de fiscalização, e de pesquisas mais abrangentes, principalmente em regiões de clima semiárido como os municípios aos quais o açude Mucutú está inserido.

Diante desse contexto e da importância do reservatório analisado para a sociedade dos municípios que se beneficiam da água armazenada, destaca-se a importância da adoção de medidas que ajudem a cumprir a legislação vigente, garantindo assim a manutenção da capacidade e a qualidade da água armazenada.

Conclusões

A bacia de drenagem do açude Mucutú/PB está inserida na sub-bacia do rio Taperoá e na bacia

do rio Paraíba. Seu relevo apresenta pouca movimentação, com ligeiras elevações correspondente à áreas de serras onde se originam os principais cursos de água. As altitudes variam de 519 a 841 m e a declividade também varia entre 0 a 46%. Sua drenagem é classificada como exorréica e a forma é dendrítica ou arborescente.

A partir da análise temporal para o intervalo de 10 anos, constatou-se que para 2005, 77,88% do território da Bacia estava recoberto por algum tipo de vegetação, enquanto que para 2015 esse valor diminuiu para 68,52%, uma redução da vegetação de 12,09% no período analisado. Em detrimento à diminuição da vegetação, a classe Solo Exposto/Área Urbana que em 2005 representava 80,38km² passou a ocupar 126,51km² da área total da bacia em 2015. A partir da atividade de campo constatou-se que a agropecuária aliada a outras atividades econômicas de menor expressão foram os fatores determinantes para redução da vegetação da bacia no período analisado.

Na delimitação da APP do açude Mucutú, identificou-se que a mesma ocupa uma área de 4,55km², recoberta por Vegetação Herbácea com 2,13km², Solo Exposto com 1,37km² e Vegetação Arbustiva com 1,05km². A partir do mapeamento corroborado com o trabalho de campo foi averiguado a presença de atividades antrópicas na APP, representadas principalmente pela retirada da vegetação natural para ser utilizada como pastagem e a criação de animais as margens do reservatório. Tal situação está em desacordo com a Lei nº 12.651 de maio de 2012, atualmente em vigor no país.

Referências

- Ab'Sáber, A. N., 1974. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. *Geomorfologia* 43, 1-39.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2016. Geo Portal. João Pessoa/PB.
- Allen, R. G., Trezza, R., Tasumi, M., 2002. Surface energy balance algorithms for land. *Advance training and users manual* [online] 1. Disponível: <http://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2016/09/MET-479-Waters-et-al-SEBAL.pdf>. Acesso: 23 jun. 2016.
- Amador, M. B. M., Correa, A. C. B., 2010. A presença da algarobeira na cobertura vegetal de Monteiro/PB. *Fórum Ambiental da Alta Paulista* 6, 513-524.
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2007. *GEO Brasil: recursos hídricos*. Brasília/DF.
- Araújo, E. D. S., Silva, J. B., Machado, C. C. C., 2016. Identificação de Ilhas de Calor na Cidade de Campina Grande-PB Utilizando Sensoriamento Remoto. *Revista Brasileira de Geografia Física* 9, 614-626.
- Barbosa, L. M., 2006. Manual para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares do estado de São Paulo. Instituto de Botânica [online] 1. Disponível: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municpioverdeazul/2011/11/ManualRecupAreas%20Degradadas.pdf>. Acesso: 25 jul. 2017.
- Barrella, W., Petrere Jr, M., Smith, W. S., Montag, L. F., 2001. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. *Matas ciliares: conservação e recuperação* 2, 187-207.
- Brasil, 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio.
- Chander, G., Markham, B., Barsi, J. A., 2007. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 4, 490-494.
- Chander, G., Markham, B. L., Helder, D. L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment* 113, 893-903.
- Christofolletti, A., 1980. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2002. Resolução nº 302 de 20 de março de 2002. Brasília.
- Crispim, D. L., Leite, R. P., Chaves, A. D. C. G., Maracaja, P. B., Silva, L. A., 2013. Proposta de recuperação da mata ciliar do açude do bairro santo amaro em Pombal - PB. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental* 7, 20-23.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2017. EMBRAPA Solos. Brasília.
- Francisco, P. R. M., Chaves, I. B., Chaves, I. H. G., Brandão, Z. N., Lima, E. R. V., Silva B. B. Da., 2013. Mapeamento da Vulnerabilidade das Terras da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6, 271-286.
- Huete, A. R., 1998. Adjusting vegetation indices for soil influences. *International Agrophysics* 4, 367-376.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. *Censo Agropecuário*. Brasília.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. *Recursos Naturais e Estudos Ambientais*. Brasília/DF.

- FUNDAJ. Fundação Joaquim Nabuco, 1998. Vontade Política é a Verdadeira Seca no Nordeste. Recife.
- FUNDAJ. Fundação Joaquim Nabuco, 2002. Semiárido: proposta de convivência com a seca. Recife/DF.
- FUNDAJ. Fundação Joaquim Nabuco, 2015. Mapeamento e análise espectro-temporal das unidades de conservação de proteção integral da administração federal no bioma caatinga. Recife/DF.
- Lima, F. N., Silva, J. B., Duarte, S. M. A., 2017. Caracterização ambiental da sub-bacia do rio Taperoá/Paraíba. *Ambiência* [Online] 3. Disponível: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4222/0>. Acesso: 28/04/2018.
- Lima, P. C. F., 1987. Produção de vagens de algaroba. *Revista da Associação Brasileira de Algaroba* 1, 151-170.
- Mariano, I. P., 2011. A Construção da Barragem Mucutú, no Município de Juazeirinho/PB, Como Alternativa de Convivência com a Seca – Uma Análise Ambiental. TCC (Graduação). Campina Grande/PB. Universidade Estadual da Paraíba.
- Markham, B. L., Barker, L. L., 1987. Thematic Mapper Bandpass Solar Exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing* 8, 517-523.
- Mendonça, I. F. C., Silva, J. E. R., 2010. Adequação do Uso do Solo em Função da legislação Ambiental na Bacia Hidrográfica do Açude jatobá, Patos/PB. *Geografia* 19, 49-62.
- Morais, R. D.; Silva, J.B.; Araújo, A. R., 2014. Análise Espacial das Margens do Reservatório de Água Epitácio Pessoa-PB: Reflexões sobre a capacidade de Armazenamento. *Revista de Estudos Ambientais* [Online] 16, Disponível: <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/4130>. Acesso: 23 jul. 2015.
- Nardini, R. C., Campos, S., Gomes, L. N., Campos, M., Garcia, Y. M., Silveira, G. R. P., Felipe, A. C., 2014. Determinação do conflito de uso da terra nas APPs da rede hidrográfica da microbacia do Ribeirão Água-Fria, Bofete (SP). *Agrarian* 7, 271-279.
- Nascimento, M. C., Soares, V. P., Ribeiro, C. A. Á. S., Silva, E., 2005. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. *Ciência Florestal* 15, 207-220.
- Palhiarini, W. S., Pagotto, J. P. A., 2015. A Importância da Vegetação Ripária Para Ambientes Aquáticos Continentais. *SaBios* 10, 66-74.
- Paz, V. P. S; Teodoro, R. E. F; Mendonça, F. C., 2000. Recursos Hídricos, Agricultura Irrigada e Meio Ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 4, 465-473.
- Pegado, C. M. A., Andrade, L. A., Félix, L. P., Pereira, I. M., 2006. Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 20, 887-898.
- Ponzoni, F. J., Shimabukuro, Y. E., 2007. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação, Parêntese 1.
- Porto, R. L., 1999. Bacias hidrográficas. Escola politécnica da USP [online]. Disponível: http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=6572 Acesso: 01 abr. 2013.
- Rêgo, V. A. M., 2014. Análise da Degradação no Açude Engenho Velho em São Gonçalo do Piauí. *Revista do Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica* 2, 19-34.
- Rodriguez, J. L., 2012. Atlas Escolar Paraíba: Espaço Geo-Histórico e Cultural, Grafset 4.
- Rodrigues, F. M., Pissarra, T. C. T., 2014. Conflitos nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal/SP. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* 7, 75-83.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D.W., 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium* 1, 309-317.
- Seabra, V. S., Xavier, R. A., Damasceno, J., Dornellas, P. C., 2014. Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo da Bacia do Rio Taperoá: Região Semiárida do Estado da Paraíba. *Caminhos de Geografia* 15, 127-137.
- Silva, L., Lima, E. R. V. de., Almeida, H. A. de., Costa Filho, J. F. da., 2010. Caracterização Geomorfométrica e Mapeamento dos Conflitos de Uso na Bacia de Drenagem do Açude Soledade. *Revista Brasileira de Geografia Física* 3, 112-122.
- Oliveira, T., Galvêncio, J., 2008. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do Rio Moxotó-Pe

usando sensoriamento remoto termal. Revista Brasileira de Geografia Física [online]1.Disponível:<http://www.ufpe.br/rbgf/index.php/revista/article/view/43/37>. Acesso: 22 Abr. 2017.

- Souza, B. I., Artigas, R. C., Lima, E. R. V., 2015. Caatinga e desertificação. Revista Mercator 14, 131-150.
- USGS. Sistema Geológico dos Estados Unidos, 2016. Using the USGS Landsat 8 Product. Washington, D.C.
- Xavier, R. A., Dornellas, P. C., Maciel, J. S., Bu, J. C., 2012. Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do rio Paraíba-PB. Revista Tamoios 8, 15-28.