



UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E OCUPAÇÃO DO SOLO
COMO INSTRUMENTOS DE ANÁLISE DA BACIA DO AÇUDE
CACHOEIRA II.**

ANTONIO GENESSIS BEZERRA DOS SANTOS

Orientador

Alan Cezar Bezerra

**SERRA TALHADA
2019**

ANTONIO GENESSIS BEZERRA DOS SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E OCUPAÇÃO DO SOLO
COMO INSTRUMENTOS DE ANÁLISE DA BACIA DO AÇUDE
CACHOEIRA II.**

Monografia apresentada ao curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte da exigência para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

APROVADA em 12 de dezembro de 2019.

Luciana Sandra Bastos de Souza
Professora Doutora UFRPE

**Antônio Henrique Cardoso do
Nascimento**
Professor Doutor UFRPE

Alan Cezar Bezerra

Orientador

**SERRA TALHADA
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C257agb dos Santos, Antonio Genessis Bezerra
sc Caracterização morfométrica e ocupação do solo como instrumentos de análise da bacia do açude
cachoeira II / Antonio Genessis Bezerra dos Santos. - 2019.
37 f. : il.

Orientador: Alan Cezar Bezerra.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Agronomia, Serra Talhada, 2019.

1. Geoprocessamento. 2. MAPBIOMAS. 3. QGIS. 4. Recursos Hídricos. 5. Semiárido. I. Bezerra, Alan
Cezar, orient. II. Título

CDD 630

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, irmãs e familiares que sempre estiveram comigo, me apoiando e me incentivando.

A minha companheira pelo apoio e o incentivo.

A todos os amigos e colegas que de alguma forma me deram apoio e contribuíram na minha formação acadêmica.

Aos professores pelos ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, todo poderoso, que através da minha fé e perseverança guiou os meus passos até aqui.

Agradecer aos meus pais José Carlos e Maria Ediclé por sempre me apoiarem, acreditarem em mim e por me ajudar em tudo que fosse possível.

Agradeço a minha companheira Janaina Cristina por sempre estar ao meu lado me ajudando e me incentivando.

As minhas irmãs Adria Gessiany e Maria Nataliny por acreditarem em mim e me acompanharem nessa jornada.

Aos meus familiares que torceram pela minha conquista e acompanharam minha trajetória.

Aos meus amigos, Pedro Felipe, Simone Andrea, Erisson Martins, Yuri Sobral, Francisco Jardel, Cibely Oliveira, Adriana Nunes, Tamires Eduvirgem, Tamires Keila, Fernando Augusto, e todos os amigos e colegas que me incentivaram e estiveram comigo durante minha jornada.

Agradeço ao meu orientador Alan Cézar, pela paciência, por estar sempre me orientando e me ajudando durante toda a minha graduação.

Há todos meu muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 Gerenciamento de recursos hídricos.....	11
2.2 Bacia hidrográfica.....	12
2.3 Parâmetros morfométricos.....	12
2.4 Influência da ocupação do solo nos recursos hídricos.....	15
2.5 Sensoriamento remoto.....	16
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 Geral.....	18
3.2 Específicos.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
6. CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS.....	30

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Parâmetros morfométricos e fórmulas.....	22
Tabela 2. Medidas e valores dos parâmetros morfométricos.....	23
Tabela 3. Valores das áreas de ocupação do solo nos anos de 2001, 2011 e 2018.....	27

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localização da bacia do açude Cachoeira II.....	20
Figura 2. Dados de Precipitação de Serra Talhada 1987 até 2019.....	21
Figura 3. Ordenamento da Rede de Drenagem do açude Cachoeira II pela classificação de STRAHLER (1997).....	25
Figura 4. Classificação do relevo da bacia do açude Cachoeira II.....	26
Figura 5. Ocupação da bacia hidrográfica do açude Cachoeira II nos anos de 2001, 2011 e 2018.....	27

RESUMO

Nos grandes centros urbanos, com elevada densidade populacional, requer uma maior demanda por água. Problemas gerados com a diminuição da quantidade e da qualidade das águas, junto com as mudanças climáticas, tem tornado as características físicas e bióticas da bacia, mas evidentes, com intuito de melhorar a análise destes problemas hídricos, melhorando o uso para o abastecimento humano. Com isso o estudo buscou determinar a morfometria e as mudanças da ocupação do solo sobre a bacia hidrográfica. O uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE), processados no *software Quantum GIS* (QGIS) com auxilio do complemento de análises hidrológicas TauDEM fornece os cálculos dos parâmetros morfométricos: Coeficiente de Compacidade, Fator de Forma, Densidade de drenagem, Índice de sinuosidade do rio principal (km/km), Índice de sinuosidade (%) e Tempo de concentração (h), além da cobertura do solo obtida através de dados do MAPBIOMAS. Os dados obtidos mostram que a bacia do açude Cachoeira II não apresenta riscos a enchente por conter uma forma alongada, a predominância do relevo é ondulado e suave ondulado, o rio principal apresenta baixa sinuosidade o que ocasiona em uma maior velocidade de escoamento, houve uma diminuição da vegetação natural da bacia, podendo ter influência na ocorrência de erosão e no transporte de sedimentos, além da diminuição das águas do açude para o abastecimento da cidade de Serra Talhada – PE.

Palavras-chave: Geoprocessamento, MAPBIOMAS, QGIS, Recursos Hídricos, Semiárido.

ABSTRACT

In large urban centers, with high population density, requires a higher demand for water. Problems generated by the decrease in water quantity and quality, together with climate change, have made the physical and biotic characteristics of the basin more evident, aiming to improve the analysis of these water problems, improving the use for human supply. Thus, the study sought to determine the morphometry and changes in land use and occupation over the watershed. The use of Digital Elevation Models (DEM), processed in Quantum GIS software (QGIS) with the aid of TauDEM hydrological analysis complement provides the calculations of the morphometric parameters: Compactness Coefficient, Form Factor, Drainage Density Index, main river (km / km), Winding Index (%) and Concentration Time (h), plus ground cover obtained from MAPBIOMAS data. The data obtained show that the Cachoeira II reservoir presents no flood risks because it has an elongated shape, the predominance of the relief is wavy and lightly hilly, the main river presents low winding which causes a higher flow velocity. In addition, the natural vegetation has decreased in the basin, which may cause erosion and sediment transport, as well as a decrease in the waters of the reservoir to supply the city of Serra Talhada - PE.

Keywords: Geoprocessing, MAPBIOMAS, QGIS, Water Resources, Semiarid.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso de extrema importância para sobrevivência de todos os organismos vivos, em especial para as atividades humanas. O Brasil possui cerca de 12% da água doce disponível no planeta, porém sua distribuição é desigual no território brasileiro (ANA, 2018). Os problemas ocasionados pela diminuição na qualidade e quantidade da água disponível, o aumento populacional que tem importante influência na poluição dos mananciais hídricos, devido à falta de uma infraestrutura de saneamento básico e ainda o quadro das mudanças climáticas, que tem provocado inundações e prolongados períodos de estiagens, tem gerado problemas no abastecimento de água nos grandes centros urbanos (ANA, 2018).

A Constituição de 1988 e outras normas infraconstitucionais, em especial as que tratam da gestão dos recursos hídricos, produziram grandes avanços na visão estratégica da forma do uso desses recursos (Faria, 2018). Os mananciais hídricos servem a diferentes finalidades e o desafio da gestão passa por ações complexas e de investimento no planejamento, na execução e na operação das infraestruturas hídrica (Oliveira Filho, 2015).

O conhecimento da dinâmica da água na bacia de acordo com as características geomorfológicas e do tipo de cobertura vegetal fornece informações importantes para gestão hídrica, pois os aspectos físicos e bióticos exercem relevante papel nos processos do ciclo hídrico, já que, influência na infiltração, na qualidade da água produzida como deflúvio, na evapotranspiração e no escoamento superficial e sub-superficial (Tonello et al., 2006).

Nesse sentido, a caracterização morfométrica fornece informações para compreender as principais grandezas, nas relações entre a causa e o efeito que se estabelece entre as formas e nos processos pedológicos e hidrológicos, na formação da bacia hidrográfica (Christofolleti, 1974). Deste modo, caracterizar uma bacia hídrica com base nos aspectos morfométricos permite o conhecimento sobre a previsão de aspectos indicadores para acontecimentos

de enchentes, inundações e erodibilidade (Villela & Mattos, 1975; Cardoso et al., 2006). Logo, tais informações atreladas ao uso e ocupação do solo, permite melhorar o gerenciamento da bacia para armazenamento de água e uso no abastecimento dos grandes centros urbanos.

Para realizar as análises da superfície terrestre, as ferramentas de geoprocessamento usando produtos de sensoriamento remoto, possibilitam espacializar dados e informações através da geração de mapas e tabelas que os representam (Slovinski et al., 2009). Enquanto para compreender as mudanças de uso e ocupação do solo, o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura do Solo no Brasil (MAPBIOMAS), fornece diferentes imagens anuais de formas de uso e ocupação do solo, a partir de uma série de metodologias na plataforma Google Earth Engine e com imagens do satélite Landsat (Costa et al., 2018).

Nesse contexto, a cidade de Serra Talhada no sertão Pernambucano, com uma população de aproximadamente 86.350 habitantes (IBGE, 2017), tem um consumo diário de 102,2 litros/hab./dia (SNIS, 2017), demonstra a importância do gerenciamento dos reservatórios para o abastecimento da demanda populacional. A bacia hidrográfica do açude Cachoeira II é uma sub-bacia do Rio Pajeú no sertão Pernambucano, que sofre com a influência do clima da região, e contribui com o abastecimento de água da cidade de Serra Talhada - PE, tendo uma capacidade de 21 milhões de metros cúbicos de água na sua capacidade máxima (COMPESA, 2018), o gerenciamento dessa bacia favorece a população suportar os períodos de estiagem.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é analisar as características morfométricas e a ocupação do solo da bacia hidrográfica do açude Cachoeira II, na cidade de Serra Talhada – PE, com uso dos produtos de sensoriamento remoto, com intuito de entender suas influências na capacidade de armazenamento de água para consumo da população.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gerenciamento de recursos hídricos

A quantidade e a qualidade das águas doces continentais no planeta sempre foram essenciais para manter os ciclos de vida, a biodiversidade dos organismos e a sobrevivência da espécie humana. A quantidade de água disponível e com qualidade adequada têm componentes que são fundamentais para a economia regional, continental e mundial. Além disso, a água de boa qualidade é fundamental para manter a sustentabilidade e a saúde humana e, em última análise, a qualidade de vida de populações urbanas e rurais (Tundisi et al., 2003).

Apesar de ser essencial à vida humana e à economia de todas as regiões do planeta, há permanentes ameaças ao ciclo hidrológico, tanto em quantidade quanto em qualidade de água, devido ao uso excessivo da água para várias atividades humanas. A solução para todos os problemas referentes à água está centrada atualmente no desenvolvimento de sistemas adequados de gestão e de procura permanente de inovações tecnológicas, além da adoção de medidas estruturais e não estruturais para a gestão integrada e preditiva das águas (Tundisi et al., 2006).

O modelo de planejamento brasileiro adotado, sobretudo, após a Lei 9.433/97 (Política Nacional dos Recursos Hídricos), adverte a utilização de uma abordagem integrada envolvendo a bacia de drenagem e o conceito de ecossistema, ou seja, uma avaliação de como se desenvolvem as relações entre os meios bióticos e abióticos de uma bacia e seus recursos hídricos (Lima, 2015). No mesmo artigo, agora no parágrafo VI, essa Lei ratifica, ainda, como fundamento, que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (de Azevedo, 2012).

2.2 Bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (Silveira, 2001). Para os autores Braga et al. (2005) e Azevedo & Barbosa (2011), a bacia hidrográfica pode ser definida pela presença de um conjunto de drenagem que converge toda a água precipitada até o seu ponto mais baixo, conhecido como exutório.

O estudo da bacia hidrográfica permite observar em detalhes a variação dos diferentes processos que ocorrem nela e que, com base no registro das variáveis hidrológicas envolvidas, é possível entender melhor os fenômenos e procurar representá-los matematicamente. Isso porque a bacia hidrográfica possui características essenciais que permitem a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental, especialmente por ser um processo descentralizado de conservação e proteção do ambiente (Tucci, 1993). A utilização da bacia hidrográfica, como unidade de estudo, para a gestão das distintas formas de atividade e uso das potencialidades ambientais, tem como finalidade projetar, interceder, executar e manusear as melhores formas de apropriação e exploração de seus recursos naturais (Bordallo, 1995). Com isso, pode proporcionar o desenvolvimento sustentável, sem ocasionar perdas ambientais e na qualidade de vida.

2.3 Parâmetros morfométricos

Em termos de planejamento, a morfometria fornece subsídios para reestruturação regional, com intuito de auxiliar a tomada de decisão de projetos que envolvem o uso de recursos físicos da região. Ao mesmo tempo, a resposta hidrológica de uma microbacia hidrográfica também está relacionada aos diferentes usos do solo, o que representa uma forma de avaliação dos impactos ambientais, possibilitando nortear as ações de manejo (Menezes et al., 2014).

Caracterizar uma área com base nos aspectos morfométricos permite o conhecimento dos potenciais naturais existentes nela, de modo a facilitar a identificação de áreas de risco de ocupação, ambientes frágeis, impactos ambientais, interferência antrópica e a dinâmica da evolução natural da paisagem (Barbosa & Furrier, 2012). Desta forma, a análise permite conhecimentos a cerca de possíveis enchentes, inundações e erodibilidade.

Os parâmetros indicados pelos autores Horton (1945), Schumm (1956 e 1963), Freitas (1952), Mansikkaniemi (1970), Cardoso et al. (2006) e Villela & Mattos (1975) forneceram características relativas à forma da bacia e aos componentes da rede hidrográfica.

- O **Coeficiente de Compacidade** (K_c) é um índice de forma relacionando o perímetro da bacia e a circunferência (perímetro) de um círculo de mesma área. Este coeficiente é um número adimensional, variando com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho, sendo que quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade (Villela & Mattos, 1975). Quanto mais próximo da unidade ($K=1$) for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo, podendo ser resumido da seguinte forma (equação 1):
 - 1,00 – 1,25 - bacia com alta propensão a grandes enchentes;
 - 1,25 – 1,50 - bacia com tendência mediana a grandes enchentes; e
 - >1,50 - bacia não sujeita a grandes enchentes.

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{eq.1}$$

Onde: K_c = coeficiente de compacidade; P = perímetro da bacia (km); A = área da bacia (km^2).

- O **Fator de Forma** (F) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo. Uma bacia com F baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, entretanto com fator de forma maior, equação 2 (Cardoso et al., 2006; Villela & Mattos, 1975). Os valores do fator de forma podem assumir os seguintes resultados:
 - 1,00 – 0,75 - sujeito a enchentes;

- 0,75 – 0,50 - tendência mediana; e
- <0,50 - não sujeito a enchentes.

$$Kf = \frac{A}{Lx^2} \quad \text{eq.2}$$

Onde: F= fator de forma; P= área da bacia (km^2); Lx= comprimento axial da bacia (km).

- A **Densidade de drenagem** (Dd) relaciona o comprimento médio de rios de uma bacia hidrográfica por unidade de área (Horton, 1945). A densidade de drenagem pode assumir os seguintes valores (equação 3):
 - <0,52 - Bacias com drenagem pobre;
 - 0,52 – 1,5 - Bacias com drenagem regular;
 - 1,5 – 2,5 - Bacias com drenagem boa;
 - 2,5 – 3,5 - Bacias com drenagem muito boa; e
 - >3,5 - Bacias excepcionalmente bem drenadas.

$$Dd = \frac{C}{A} \quad \text{eq.3}$$

Onde: Dd= densidade de drenagem (km/km^2); C= comprimento total dos canais (km); A= área da bacia (km^2).

- O **Índice de sinuosidade do rio principal** (Is) relaciona o comprimento verdadeiro do canal (em uma projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois pontos extremos do canal principal, equação 4 (Schumm, 1963). Pode assumir os seguintes valores:
 - <1,0 - Canal principal com tendência retilínea;
 - 1,0 – 2,0 - Canal principal com formas transicionais, regulares e irregulares; e
 - >2,0 - Canal principal tortuoso.

$$Is = \frac{L}{dv} \quad \text{eq.4}$$

Onde: Is= índice de sinuosidade do rio principal (km/km); L= comprimento do canal principal (km); dv= distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal (km).

- O **Índice de sinuosidade** (Is) é a relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento do talvegue, equação 5 (Mansikkaniemi, 1970). Onde podem ser observados os seguintes valores:
 - <20% - Muito reto;
 - 20 a 29,9% - reto;
 - 30 a 39,9% - divagante;
 - 40 a 49,9% - sinuoso; e
 - >50,0% - muito sinuoso.

$$Is = \frac{100(L-L_t)}{L} \quad \text{eq.5}$$

Onde: Is= índice de sinuosidade (%); L= comprimento do canal principal (km); Lt= comprimento do talvegue (km).

- O **Tempo de concentração** (Tc) é aquele tempo em horas necessário para que toda a água precipitada na bacia hidrográfica passe a contribuir na seção considerada, equação 6 (Kirpich, 1940).

$$Tc = 1,42 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad \text{eq.6}$$

Onde: Tc= tempo de concentração (h); L= comprimento do canal principal (km); ΔH= desnível máximo da bacia (m).

Segundo Silva et al. (2017), a caracterização morfométrica através de parâmetros pré-definidos pode definir a forma alongada da bacia, evidenciando um menor risco de inundações em condições normais de precipitação anual, fornecendo subsídios para a promoção de estudos na área ambiental e de recursos hídricos.

2.4 Influência da ocupação do solo nos recursos hídricos

Segundo Luis (2010), as características da ocupação do solo da bacia podem gerar consequências na qualidade da água com o carreamento de grandes quantidades de solo, matéria orgânica e insumos agrícolas para o leito dos cursos d'água nos períodos chuvosos, contribuindo significativamente com o aumento da concentração de sólidos e nutrientes na água dos mananciais.

Os fatores que influenciam o aporte de sedimentos em bacias hidrográficas são relevantes, tipos de solos, climas e usos e ocupação dos solos; dentre esses fatores a cobertura do solo tem influência decisiva nas perdas de água e solo (Silva et al., 2005).

De acordo com Silva et al. (2005), o efeito da cobertura do solo sobre as perdas de água e solo, pode ser explicado pela ação que a cobertura do solo tem em dissipar a energia cinética do impacto direto das gotas da chuva sobre a superfície, diminuindo a desagregação inicial das partículas de solo e, consequentemente, a concentração de sedimentos na enxurrada; além disso, a cobertura do solo representa um obstáculo mecânico ao livre escoamento superficial da água, ocasionando diminuição da velocidade e da capacidade de desagregação e transporte de sedimentos.

A disponibilidade dos recursos hídricos é apenas um fator a ser levado em consideração haja vista que o aspecto qualitativo começou a ganhar nova dimensão principalmente na produção agrícola de consumo in natura (Moura et al., 2011); assim, mananciais próximos às áreas urbanas merecem atenção especial em virtude da poluição difusa e de lançamentos de águas residuais de forma clandestina acarretando, sem dúvida, na sua degradação, prejudicando os múltiplos usos da água (Lima et al., 2004).

2.5 Sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto pode ser definido como a aquisição de informação sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato físico direto com ele. As informações sobre o objeto, neste caso, são derivadas da detecção e mensuração das modificações que ele impõe sobre os campos de força que o cercam. Estes campos de força podem ser eletromagnéticos, acústicos ou potenciais.

Neste contexto, o sensoriamento remoto mede as taxas energéticas entre aqueles fenômenos ou objetos e o meio ambiente. Essas trocas manifestam-se, basicamente, por emissão ou modificações na radiação eletromagnética e perturbações nos seus campos naturais. Em geral, os

sensores são sistemas ópticos-eletrônicos capazes de detectar e registrar, sob a forma de imagens, o fluxo de energia radiante que é refletido ou emitido por objetos da superfície terrestre. Em síntese, pode-se dizer que o sensoriamento remoto é um conjunto de técnicas que permite definir um determinado alvo à distância sem tocá-lo (Dainese, 2001).

O sensoriamento remoto e o geoprocessamento são técnicas fundamentais para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. As imagens de satélite, em forma digital ou papel, são muito importantes e úteis, pois permitem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento (Campos, 2004).

Os produtos de sensoriamento remoto podem auxiliar em diferentes áreas de estudos, tanto em nível nacional, regional e local. Nessa perspectiva, a análise do relevo e caracterização morfométrica de bacias hidrográficas podem ser estudadas usando os produtos de Modelos Digitais de Elevação (MDE), sendo o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) e ASTER GDEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer). Dentre eles, o SRTM é o produto mais utilizado em diferentes estudos de caracterização morfométrica e os resultados obtidos demonstram a viabilidade e precisão desse produto (Lopes; Leal; Ramos, 2018; Ferreira; Moura; Castro, 2015; Mioto et al., 2014).

Para Freire et al. (2013), os estudos morfométricos realizados a partir de imagens SRTM e ASTER em bacias hidrográficas apresentaram resultados estatisticamente distintos para a densidade de drenagem, declividade máxima e declividade média. Em relação à área, perímetro, coeficiente de compacidade, comprimento dos canais, altitude máxima, altitude mínima, altitude média e declividade mínima, não foram detectadas diferenças significativas. Silva et al. (2017), realizou a caracterização física e a determinação da rede de drenagem através do complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* – TauDEM, e para o uso e ocupação do terreno

aplicou a técnica de classificação semi-automática de uma imagem do satélite *Sentinel – 2*, por meio da extensão *Semi-Automatic Classification Plugin – SCP*.

Por sua vez, a compreensão do uso e ocupação do solo pode ser feito através dessa ferramenta, que apresenta a vantagem do alcance espacial e a repetição temporal. Com essas características, é possível monitorar a dinâmica e as mudanças do uso e ocupação com confiança, além de entender os mecanismos de degradação e o diagnóstico do uso e ocupação do solo (Coelho et al., 2014). É possível realizar a classificação das formas de uso e ocupação do solo por diferentes métodos, como supervisionado (Faustino; Ramos; Da Silva, 2014), classificador orientado ao objeto baseado em regras (Farias Nunes & Llacer Roig, 2015), entre outros métodos. Contudo, o projeto de Mapeamento Anual de Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS), que compõem diferentes órgãos e participantes das áreas de sensoriamento remoto, biomas, usos da terra, SIG e ciência da computação, fornecem um catálogo de imagens de uso e ocupação do solo para o Brasil (de Almeida et al., 2018). Esse projeto possui uma configuração de processamento em nuvem e classificadores automatizados, a partir da plataforma Google Earth Engine, que gera uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil (MAPBIOMAS, 2018).

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Analizar a morfometria da bacia do açude Cachoeira II e a ocupação do solo com uso de geotecnologias.

3.2. Específicos

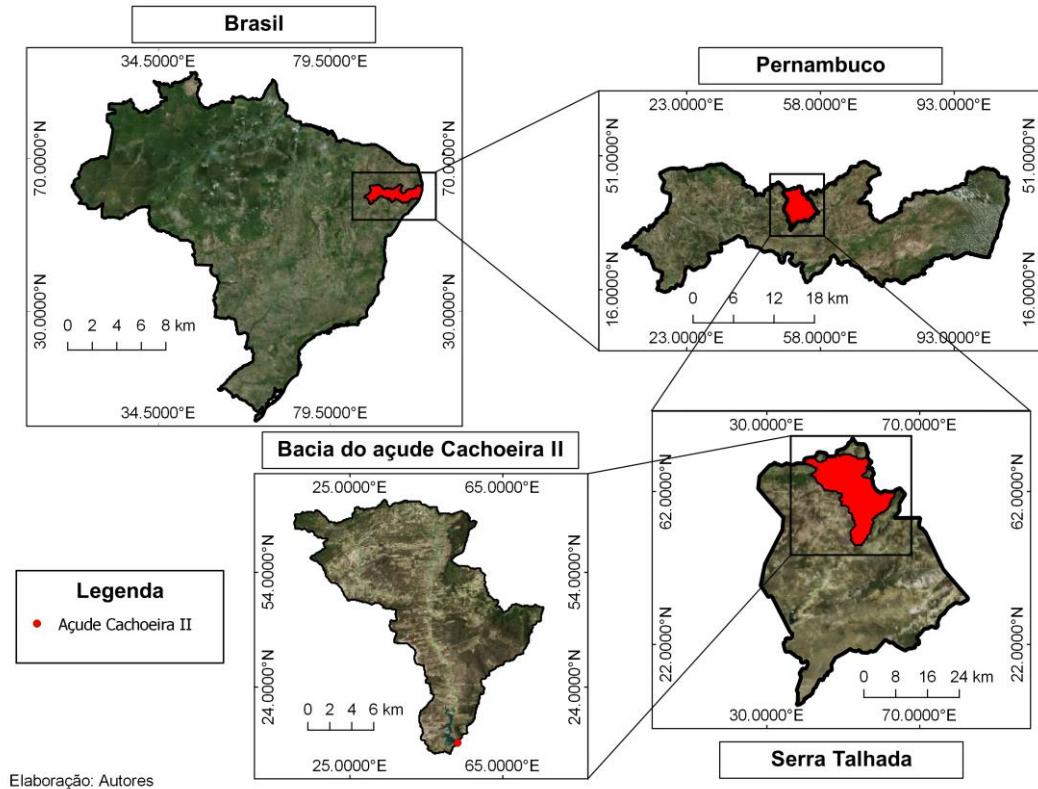
- Elaborar um banco de dados espaciais em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas – SIG.

- Delimitar a bacia hidrográfica do açude Cachoeira II e sua rede de drenagem.
- Determinar os parâmetros morfométricos da bacia do Cachoeira II.
- Analisar as condições morfométricas da bacia do açude Cachoeira II.
- Analisar o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Cachoeira II.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do açude Cachoeira II, localizado no município de Serra Talhada, Pernambuco – Brasil, o clima da região é semiárido quente, segundo Koeppen é classificado por BSh, no qual se caracteriza por chuvas escassas e irregularidade em sua distribuição, temperaturas médias em torno de 27º C. O índice anual de precipitação está entre 250 mm a 750 mm, ocorrendo em poucos meses e de forma concentrada, provocando enchentes (EMBRAPA, 2019). A bacia hidrográfica do Açude Cachoeira II é classificada como endorréica, ou seja, formada por drenagens internas que não possuem escoamento direto até um Oceano (Christofoletti, 1980), visto que suas águas convergem para o Rio Pajeú, afluente da margem esquerda do rio São Francisco. O Açude Cachoeira II está situado na latitude 7°58'7.98" Sul e na longitude 38°19'57.75" Oeste, com uma altitude de 435 metros (Figura 1). O Açude Cachoeira II, formado principalmente pela contribuição do córrego Luanda possui uma capacidade de acumulação de 21 milhões de metros cúbicos (COMPESA, 2018). Possui como principal uso o abastecimento público da cidade de Serra Talhada - PE.

Figura 1. Localização da bacia do açude Cachoeira II.



Os parâmetros foram obtidos através das imagens de radar interferométricas da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 30 metros, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. A montagem do processamento da imagem foi desenvolvida no software *Quantum GIS* (QGIS) versão 2.18.24, com o auxílio do complemento de análises hidrológicas *Terrain Analysis Ucantar Digital Elevation Models* - TauDEM com base nos Modelos Digitais de Elevação (MDEs), essa ferramenta consiste em uma biblioteca de algoritmos de análises hidrológicas, usado para os seguintes processos: Remover Depressões (*Pit Remove*); Direção de Fluxo (*Flow Direction*) pelo método D-8; Área de Contribuição (*Contributing Area*) pelo método D-8; Rede de Drenagem (*Stream Definition by Threshhold*).

A verificação dos dados processados no QGIS resultou na obtenção das seguintes características morfométricas: características geométricas, características do relevo e caracterização da rede de drenagem. Com

fornecimento de dados da área total da bacia; perímetro total da bacia; coeficiente de compacidade; fator de forma; índice de conformidade; diferença entre altitude máxima, média e mínima; ordens dos canais, de acordo com o esquema de ordenação de Strahler (1952); comprimento total dos rios; comprimento do rio principal; densidade de drenagem; declividade media do rio principal; sinuosidade do rio principal; índice de sinuosidade; tempo de concentração, segundo Kirpich (1940). A tabela 1 fornece as fórmulas utilizadas dos parâmetros morfométricos utilizados nesse estudo.

Para compreender a dinâmica de mudança de uso e cobertura do solo na Bacia do Açude Cachoeira II e seus possíveis efeitos sobre o reservatório de água, foram utilizadas as imagens fornecidas por MAPBIOMAS dos anos de 2001, 2011 e 2018. A escolha desses anos foi devido ao interesse de observar como a bacia se comportava no inicio da série histórica desse produto – 2001, e como os efeitos da estiagem, dos anos 2012 até 2017, modificaram a paisagem dentro da bacia, para tanto, se verificou antes da estiagem no sertão pernambucano – 2011- e após a estiagem – 2018. Conforme a Figura 2 apresenta os dados de precipitação de Serra Talhada obtidos na Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Lins et al., (2017) encontraram uma média de 644 mm para os anos considerados normais para Serra Talhada e identificou um período de estiagem durante 2012 até 2016.

Figura 2. Dados de Precipitação de Serra Talhada 1987 até 2019.

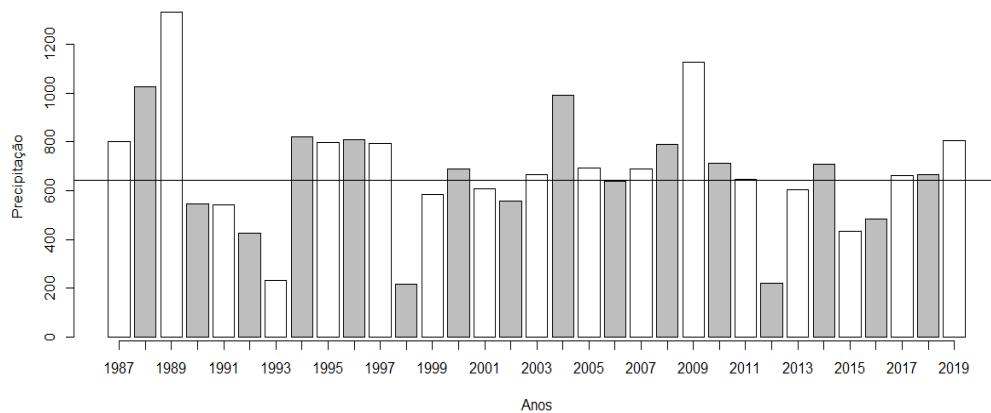


Tabela 1. Parâmetros morfométricos e fórmulas.

Parâmetros Morfométricos	Fórmulas
Coeficiente de Compacidade	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$
Fator de Forma	$Kf = \frac{A}{Lx^2}$
Densidade de drenagem	$Dd = \frac{C}{A}$
Índice de sinuosidade	$Is = \frac{L}{dv}$
Índice de sinuosidade (%)	$Is = \frac{100(L - Lt)}{L}$
Tempo de concentração (h)	$Tc = 1,42 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$

Onde: A = área da bacia (km^2); P= perímetro da bacia (km); L = comprimento do canal principal (km); LX = comprimento axial da bacia (km); C = comprimento total dos canais (km); dv = distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal (km); Lt = distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal (km); ΔH = desnível máximo da bacia (m).

O MAPBIOMAS disponibiliza de imagens por municípios, dessa forma, foi necessário realizar alguns processamentos digitais das imagens para fazer suas análises. Inicialmente, as imagens foram reprojetadas para o datum SIRGAS2000 e, seguida, as imagem foi recortada com o arquivo vetorial da bacia do Açude Cachoeira II, obtida nas etapas anteriores. Posteriormente, foi realizada uma contagem da área de cada classe. Para tanto, a ferramenta *r.report* foi utilizada, pois possibilita estimar a área de cada classe. Com isso, foi possível perceber as mudanças ocorridas ao longo do período estudado. Por fim, houve a confecção de mapas temáticos com os dados da altimetria, declividade, rede de drenagem e uso e ocupação do solo, que permitiram compreender a variabilidade espacial dessas informações.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices morfométricos e medidas geométricas da Bacia Hidrográfica do açude Cachoeira II encontram-se no (Tabela 2). As medidas da bacia hidrográfica do açude Cachoeira II mostram uma área de 347,6724 km² e perímetro de 147,6143 Km. Os parâmetros das características geométricas Fator de Forma (F) = 0,3646 e Coeficiente de Compacidade (Kc) = 2,2167 da bacia do açude Cachoeira II indicam uma baixa tendência a enchentes em condições normais de precipitação de acordo com Villela & Mattos (1975) (Tabela 2).

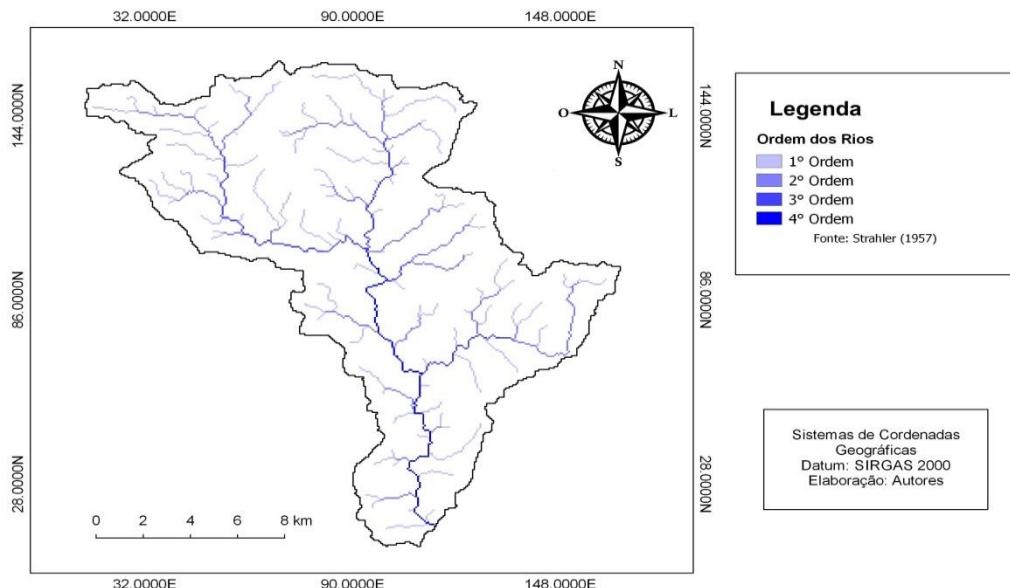
Tabela 2. Medidas e valores dos parâmetros morfométricos.

Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica	Resultados
Características geométricas	
Área total (km ²):	347,6724
Perímetro total (km):	147,6143
Coeficiente de Compacidade:	2,2167
Fator de Forma:	0,3646
Características de relevo	
Altitude máxima (m):	848
Altitude média (m):	562,223
Altitude mínima (m):	440
Caracterização da rede de drenagem	
Ordem:	4
Comprimento total dos rios (km):	265,749
Comprimento do rio principal (km):	22,936
Densidade de drenagem (km/km ²):	0,7644
Declividade média do rio principal (%):	1,7789
Sinuosidade do rio principal (km/km):	1,3556
Índice de sinuosidade (%):	26,2339
Tempo de concentração (h):	5,2309

Esses parâmetros em conjunto, indicam que a bacia apresenta uma forma comprida e ambientalmente com tendências a conservação da ocupação do solo, segundo a classificação ambiental proposto por Nardini et al. (2013). Os dados obtidos demostram que em condições normais climatológicas a bacia do açude Cachoeira II não apresenta tendência de ocorrer inundações no seu exutório, portanto, para o represamento de água de uso no abastecimento não é interessante. Essa afirmativa se justifica conforme Mello (1964), que diz que as lagoas que são alimentadas pelo excesso de água das enchentes são importantes para a regularização do rio e para armazenar de água até o período de estiagem.

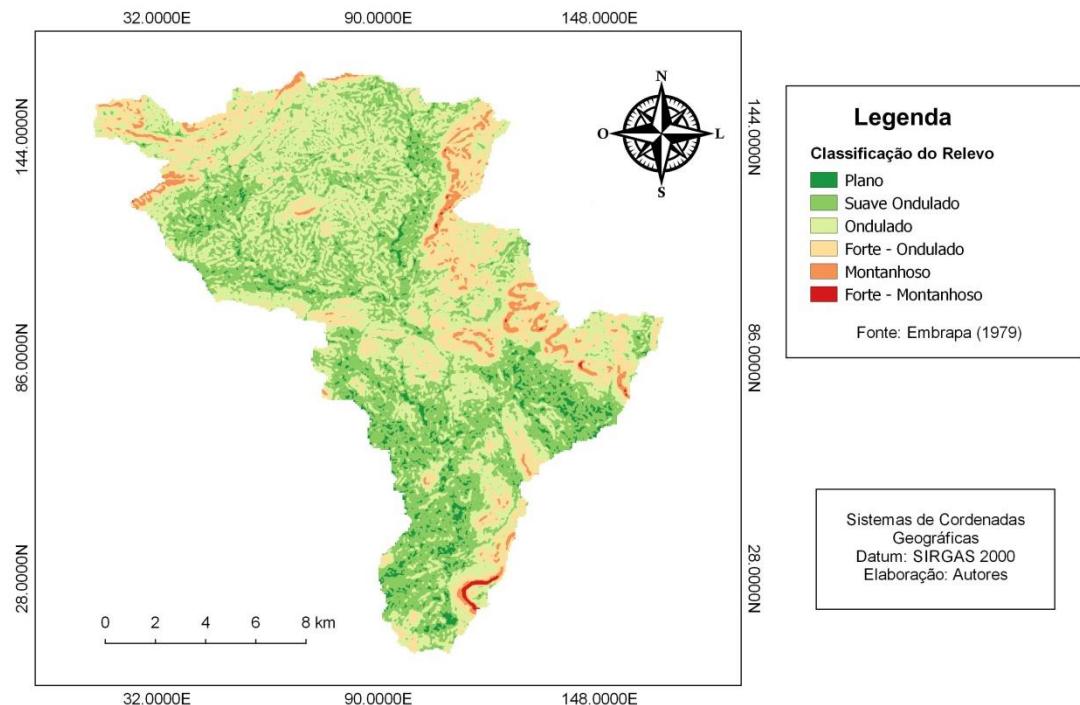
De acordo com a densidade de drenagem encontrada de $0,7644 \text{ km km}^{-2}$, a bacia possui uma capacidade de drenagem regular (Villela & Mattos, 1975), e é classificada ambientalmente com baixo escoamento superficial e maior infiltração (Nardine et al., 2013), demonstrando a fragilidade da bacia em drenar água até o seu exutório. A sinuosidade do curso d'água de $1,3556 \text{ km.km}^{-1}$, indica situação intermediária entre formas regulares e irregulares (Freitas, 1952). O índice de sinuosidade de 26,2339% indica que o canal principal tem tendência reta (Mansikkanemi, 1970). Analisando estes valores em conjunto, segundo Santos (2012), quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor o que influência no maior tempo de escoamento até o seu exutório. Para estes valores conclui-se que a bacia do Cacheira II por apresentar baixa sinuosidade tem uma maior velocidade de escoamento, como pode ser observado também no curto tempo de concentração de 5,23 horas (Kirpich). A rede de drenagem da bacia hidrográfica do açude Cachoeira II foi considerada de 4^a ordem (Strahler, 1957) como pode ser observado na (Figura 3).

Figura 3. Ordenamento da Rede de Drenagem do açude Cachoeira II pela classificação de STRAHLER (1997).



Analizando a declividade do terreno da bacia (Figura 4), verifica-se predominância das classes de relevo ondulado e suavemente ondulado (EMBRAPA, 1979), com valores de 13.995,70 ha e 12.426,58 ha, respectivamente. Para as classes de relevo forte - ondulado, Plano e montanhoso as áreas totais são de 5.475,41 ha, 1.205,31 ha e 1.097,25 ha, respectivamente. As menores áreas de relevo pertencem à classe forte – montanhoso com 68,22 ha. Regiões que apresentam declividade suave ondulada podem ser desenvolvidas atividades como a agricultura e a pecuária utilizando-se práticas simples de manejo do solo (MIOTO et al., 2017).

Figura 4. Classificação do relevo da bacia do açude Cachoeira II.

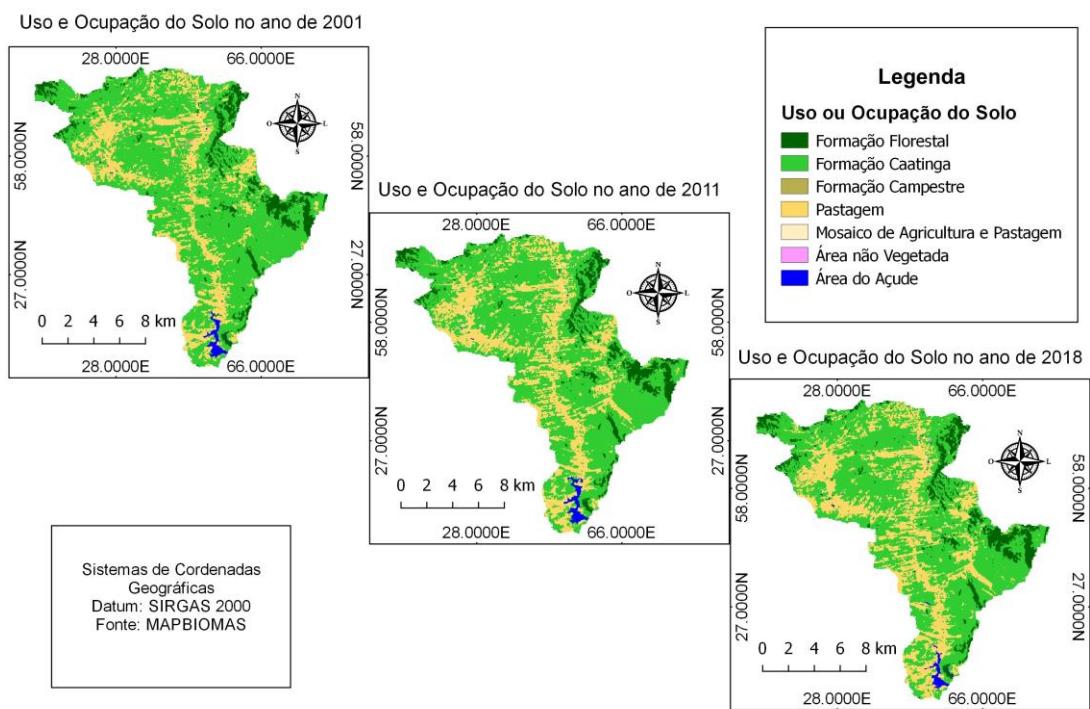


Em relação a ocupação do solo da bacia do açude Cachoeira II no ano de 2001 (Figura 5), referente ao inicio da serie histórica do produto, observa a predominância da formação caatinga (MAPBIOMAS), com área de 23.140,43 ha (Tabela 5). A mesma tendência segue para os anos de 2011 (ano anterior a estiagem no nordeste) e 2018 (ano seguinte ao fim da estiagem no nordeste), onde as áreas maiores de uso e ocupação do solo são de formação caatinga, com 21.688,35 ha e 21.174,66 ha, respectivamente.

Tabela 3. Valores das áreas de ocupação do solo nos anos de 2001, 2011 e 2018.

Tipos de Ocupação do Solo	2001	2011	2018
	Área (ha)		
Formação Florestal	2.743,68	2.811,80	2.994,75
Formação Caatinga	23.140,43	21.688,35	21.174,66
Formação Campestre	162,75	19,05	24,36
Pastagem	7.716,07	8.804,42	9.443,33
Mosaico de Agricultura e Pastagem	111,88	549,26	298,72
Área não Vegetada	33,22	2,92	17,01
Água	289,59	321,83	244,79

Figura 5. Ocupação da bacia hidrográfica do açude Cachoeira II nos anos de 2001, 2011 e 2018.



Elaboração: Autores

Esses dados mostram que as áreas de caatinga diminuíram entre os anos de 2001 a 2011, o que pode gerar uma diminuição na eficiência dos processos de escoamento ou infiltração das águas precipitadas, e por consequência, uma menor capacidade de acúmulo de água no reservatório. As

áreas de pastagem tiveram um aumento em relação ao ano de 2001 e 2018, com aumento de 1.727,26 ha. A formação florestal não teve uma diferença de área expressiva entre os anos, mantendo-se quase que semelhante, ocorrendo apenas um aumento de 251,07 ha, entre 2001 e 2018. O mosaico de agricultura e pastagem teve um aumento expressivo entre 2001 e 2011, com área cultivada aumentada em 437,38 ha, isso se deve ao aumento significativo do açude que teve um aumento de 32,24 ha entre 2001 e 2011, porém após o período de estiagem na região, houve uma diminuição na área cultivada de 250,53 ha e diminuição de 77,04 ha nas áreas do açude Cachoeira II, devido a estiagem.

Por conta do aumento do açude da área cultivada nos anos de 2001 a 2011 as áreas não vegetadas diminuíram 30,30 ha, porém após a estiagem observou um aumento de 14,09 ha. As áreas de formação campestre tiveram diminuição em relação ao ano de 2001, de 143,70 ha para o ano de 2011 e de 138,39 ha para 2018. No geral os efeitos das mudanças na ocupação do solo sobre o reservatório de água ocorreram por conta do período de estiagem que influenciou na diminuição da área do açude Cachoeira II, e no aumento das áreas não vegetadas, o que favorece o aumento da vulnerabilidade da bacia hidrográfica a erosão hídrica (BRUNO, 2017). O aumento das áreas de pastagens e diminuição da formação caatinga também influenciaram na diminuição do reservatório, pois ocorreu uma alteração na vegetação natural da região que desfavorece na proteção do solo em relação aos riscos de ocorrer erosão hídrica e no transporte de sedimentos para calha do rio principal ou afluentes da bacia.

6. CONCLUSÃO

A Bacia Hidrográfica do açude Cachoeira II apresenta forma alongada, o que indica uma baixa tendência a enchentes em condições normais de precipitação, a bacia apresenta uma baixa sinuosidade ocasionando uma maior velocidade de escoamento da água até o exutório. A bacia apresenta predominância nas classes de relevo: suave ondulado e ondulado.

Os dados de uso e ocupação mostram que a maior ocupação da bacia é de formação caatinga. A estiagem no período de 2012 a 2017 junto com a diminuição das áreas de caatinga e o aumento das áreas de pastagem, que favorece na ocorrência de erosão e no transporte de sedimentos na bacia, influenciaram na diminuição do açude Cachoeira II.

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. Mudanças climáticas e recursos hídricos. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/mudancas-climaticas-recursos-hidricos>>. Acesso em: 07 dez. 2019. Brasília, 2019.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2019. Brasília, 2019.
- AZEVEDO, H. A. M. A.; BARBOSA, R. P. Gestão de recursos hídricos no Distrito Federal: uma análise da gestão dos Comitês de Bacia Hidrográfica. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 5, n. 13, p. 162-182, 2011.
- BARBOSA, T. S.; FURRIER, M. Avaliação morfológica e morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Marés – PB, para verificação de influência neotectônica. **Cadernos de Geociências**, Salvador, v. 9, n. 2, p. 112-120, 2012.
- BORDALLO, C. L. A. A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento dos Recursos Hídricos. Belém: **NUMA/UFPA**, 1995.
- BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 318p, 2005.
- BRUNO, L.O. GRASS. A free and open source solution for hydrographic body analysis. **Nativa**, v.5, n.1, p.24-30, 2017.
- CAMPOS, S.; JÚNIOR, A. A. J.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; PIROLI, E. L. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu - SP. Engenharia Agrícola. **Associação Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 431-435, 2004.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Rio de Janeiro, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: **Universidade de São Paulo**, 1974. 149p

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia, 2^a edição. **Editora Edgard Blucher**, São Paulo 188 p, 1980.

COELHO, V. H.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. D. N.; LIMA, E. D.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 64-72, 2014.

COMPESA. Barragem Cachoeira II se recupera e melhora abastecimento de Serra Talhada. Recife, 19 de abril de 2018. Disponível em: <<https://servicos.compesa.com.br/barragem-cachoeira-ii-se-recupera-e-melhora-abastecimento-de-serra-talhada/>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

COSTA, D. P.; DOS SANTOS, J. J.; CHAVES, J. M.; DE VASCONCELOS, R. N. Novas tecnologias e sensoriamento remoto: aplicação de uma oficina didática para a disseminação das potencialidades dos produtos e ferramentas do mapbiomas. **Sustainability, Agri, Food and Environmental Research**, v. 6, n. 3, 2018.

DAINENSE, R. C. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não supervisionada e análise visual. 2001. 186 f. **Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista**, Faculdade de Ciências Agronômicas, 2001.

DE ALMEIDA, D. N. O.; DE OLIVEIRA, L. M. M.; CANDEIAS, A. L. B.; BEZERRA, U. A.; DE SOUSA LEITE, A. C. Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 2018.

DE AZEVEDO, D. C. F. Água: importância e gestão no semiárido nordestino. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Polêmica (UERJ)**, v. 11, n. 1, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAAGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: **reunião técnica de levantamento de solos**, 10.1979, Rio de Janeiro. Súmula... Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAAGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Disponível em: <<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 08 dez. 2019.

FARIA, Ana Maria Jara Botton. Gerenciamento de recursos hídricos. 2018. Disponível em: <<http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/1377/Gerenciamento%20de%20Recursos%20Hídricos.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

FARIA NUNES, J.; LLACER ROIG, H. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore**, vol. 39, núm. 1, pp. 25-36, 2015.

FAUSTINO, A. B.; RAMOS, F. F.; DA SILVA, S. M. P. Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em Sensoriamento Remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. **Sociedade e Território**, v. 26, n. 2, p. 18-30, 2014.

FERREIRA, R.; MOURA, M.; CASTRO, F. Uso de plataforma SIG na caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pancas-Brasil. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 210-216, 2015.

FREIRE, A. J.; LAGE, G. B.; CHRISTÓFARO, C. Comparação entre parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas gerados por dados SRTM e ASTER GDEM: estudo de caso para bacias do Vale do Jequitinhonha-MG. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Paraná, 2013.

FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 11, p. 53-57, 1952.

HORTON, R. **Erosional development of streams and their drainage basins: hidrophysical approach to quantitative morphology.** New York: Geological Society of American Bulletin, v.56. p. 807-813, 1945.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População estimada: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/serra-talhada/panorama>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

KIRPICH, Z. P. Time of concentration of small agricultural watersheds. **Civil Engineering**, Reston, v. 10, n. 6, 1940.

LIMA, E. C.; SILVA, E. V. Estudos geossistêmicos aplicados à bacias hidrográficas. **Revista Equador (UFPI)**, Vol. 4, Nº 4, p.3-20, 2015.

LINS, F. A. C.; DA SILVA, J. L. B.; DE ALBUQUERQUE MOURA, G. B.; ORTIZ, P. F. S.; OLIVEIRA, J. D. A.; ALVES, M. V. C. Quantile technique to precipitation, rainfall anomaly index and biophysical parameters by remote sensing in Serra Talhada, Pernambuco. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v.7, n.6, p.334-344, 2017.

LOPES, I.; LEAL, B. G.; RAMOS, C. M. C. Morphometric characterization of the basin in the semi-arid region of Pernambuco using SRTM data in free software. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing** v. v. 8, n. 1, p. 31-40, 2018.

LUIZ. S. V.; FERNANDO B. T. H.; RENATO A. M. F. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol.14 no.1, 2010.

MANSIKKANIEMI, H. (1970). The sinuosity of rivers in northern Finland. **Publicationes Instituti Geographici Universitatis Turkuensis**, n.52, p.16-32.

MAPBIOMAS. Disponível em < <http://mapbiomas.org>>. Acessado em: 03 de Dezembro de 2019.

MELO, T. A. A cultura do Sorgo na Várzea do Açu. **Anais da Associação Brasileira dos Geógrafos Brasileiros**, São Paulo, vol. 13, 1964.

MENEZES, J. P. C.; FRANCO, C. S.; OLIVEIRA, L. S. C.; BITTENCOURT R. P.; FARIAS, M. S.; FIA, R. Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p.659-672, 2014.

MIOTO, C.L., OLIVEIRA RIBEIRO, V., QUEIROZ SOUZA, D.M., PEREIRA, T.V., ANACHE, J.A.A., PARANHOS FILHO, A.C. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.37, n.2, p.16-22, 2017.

MIOTO, C. L., RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A.; FILHO, A. C. P. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 16-22, 2014.

NARDINI, R.C.; POLLO, R.A.; BARROS, Z.X.; CARDOSO, L.G.; GOMES, L.N. Análise morfométrica e simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga**, Botucatu, v.18, n.4, p.687-699, 2013.

OLIVEIRA FILHO, G. R. A crise da água na região metropolitana de São Paulo em 2014 e a ineficiente gestão dos recursos hídricos. **CES Revista**, v. 29, n. 1, p. 5-20, 2015.

OLIVEIRA, R. C. de M.; LIMA, P. V. P. S.; SOUSA, R. P. Gestão ambiental e gestão dos recursos hídricos no contexto do uso e ocupação do solo nos municípios. **Gestão & Regionalidade**, v. 33, n. 97, p. 48-64, 2017.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de

Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, n. 67, p. 597-646, 1956.

SCHUMM, S. A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. **Geological Society of America Bulletin**, v. 74, n. 9, p. 1089-1100, 1963.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas. São Carlos: **RIMA**, 140 p 2004

SILVA, C. V. T.; FILHO, J. C. R.; SILVA, P. C. M.; FILHO, L. C. A. L.; BRASIL, J. L. FREITAS, R. O. Caracterização morfométrica, uso e ocupação de uma bacia hidrográfica. **Revista Engenharia na Agricultura**, Minas Gerais, V. 25, n. 05, p.436-444, 2017.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.409-419, 2005.

SILVEIRA, A.L.L. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. São Paulo: EDUSP, p 35-51, 2001.

SLOVINSCKI, N. C.; SOUZA, N. C.; DORNELAS, T. S. Uso de produtos de sensoriamento remoto e geoprocessamento como subsídio para análise morfométrica de bacias hidrográficas: um estudo de caso das bacias dos rios Capivari, Bacaxá e Alto São João – RJ. In: **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, 2009.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Volume de água consumido: Municípios, informações e indicadores municipais consolidados, ano de referência 2017. Disponível em: Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; FIRME, J. D.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

TUCCI, C. E. M. Controle de Enchentes. In: **TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre, RS: ABRH-Edusp, cap. 4, 1993.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRÍGUEZ, S. L. Gerenciamento e Recuperação das Bacias Hidrográficas dos Rios Itaqueri e do Lobo e da Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa). **IIE, IIEGA, PROAQUA, ELEKTRO**, 2003.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para gestão de recursos hídricos. **REVISTA USP**, São Paulo, n.70, p. 24-35, 2006

VILLELA, S.M. & MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: **McGraw-Hill do Brasil**. 245p, 1975.