

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS PRINCESA ISABEL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL DE MUNICÍPIOS

CAIO SÉRGIO SABINO ALVES

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE BACIA HIDROGRÁFICA: ESTUDO
DE CASO DA MICROBACIA DO AÇUDE CATOLÉ I DE MANAÍRA-PB**

PRINCESA ISABEL-PB

2022

CAIO SÉRGIO SABINO ALVES

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE BACIA HIDROGRÁFICA: ESTUDO
DE CASO DA MICROBACIA DOAÇUDE CATOLÉ I DE MANAÍRA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Princesa Isabel, como requisito necessário para a obtenção do Grau de Especialista em Gestão Ambiental de Municípios.

Orientador: Prof. Dr. Erickson Melo de Albuquerque

PRINCESA ISABEL-PB

2022

Alves, Caio Sérgio Sabino.

A474c Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica: estudo de caso da microbacia do Açude Catolé I de Manaíra - PB/ Caio Sérgio Sabino Alves. – 2022.

21 f : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Ambiental de Municípios) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Princesa Isabel, 2022.

Orientador(a): Prof. Dr. Erickson Melo de Albuquerque.

1. Bacia hidrográfica. 2. Microbacia. 3. Açude Catolé I. 4. Manaíra – PB. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.

IFPB/PI

CDU 566.044

Catálogo na Publicação elaborada pela Seção de Processamento Técnico da Biblioteca Professor José Eduardo Nunes do Nascimento, do IFPB Campus Princesa Isabel.

CAIO SÉRGIO SABINO ALVES

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE BACIA HIDROGRÁFICA: ESTUDO DE CASO DA MICROBACIA DOAÇUDE CATOLÉ I DE MANAÍRA-PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Princesa Isabel, como requisito necessário para a obtenção do Grau de Especialista em Gestão Ambiental de Municípios.


Aprovado em, 14 de dezembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

Erickson Melo de Albuquerque


Prof. Dr. Erickson Melo de Albuquerque /IFPB Princesa Isabel

Orientador

Documento assinado digitalmente
 VICTOR NATHAN LIMA DA ROCHA
Data: 20/12/2022 14:54:11-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Me. Victor Nathan Lima da Rocha

1º Examinador

Documento assinado digitalmente
 Artur Moises Goncalves Lourenco
Data: 13/02/2023 17:35:18-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Me. Artur Moisés Gonçalves Lourenço

2º Examinador

PRINCESA ISABEL-PB

2022

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do Município de Manaíra-PB	13
Figura 2: Uso e cobertura da terra da microbacia hidrográfica Catolé I.....	13
Figura 3 - Localização do açude Catolé I	14
Figura 4 - Localização da Microbacia Hidrográfica do Açude Catolé I.....	14
Figura 5 - Hipsometria e Hidrografia da Microbacia Hidrográfica do Açude Catolé I.....	15

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Uso e cobertura da terra da microbacia hidrográfica Catolé I.....	13
Tabela 2 – Características morfométricas da microbacia hidrográfica do açude Catolé I.....	16
Tabela 3 - Classificação segundo Christofolletti (1980).....	17

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Curva Hipsometrica.....	16
-------------------------------------	----

SUMÁRIO

RESUMO	08
ABSTRACT	08
1 INTRODUÇÃO.....	09
2 REFERENCIAL TEÓRICO	09
2.1 Ciclo hidrológico.....	09
2.2 Bacias hidrográficas.....	10
3 MÉTODO DA PESQUISA.....	10
3.1 Material.....	10
3.2 Delimitação da microbacia hidrográfica do açude Catolé I, no município de Manaíra – PB.....	11
3.3 Parâmetros Morfométricos da Bacia	11
3.3.1 Coeficiente de compacidade	11
3.3.2 Fator de forma.....	12
3.3.3 Índice de circularidade	12
3.3.4 Declividade média da bacia	12
3.3.5 Declividade do curso d'água principal	12
3.3.6 Ordem dos cursos d'água	12
3.3.7 índice de sinuosidade	12
3.3.8 Rede de drenagem de uma bacia hidrográfica	12
3.3.9 Densidade de drenagem da bacia	13
3.3.10 Densidade da rede de drenagem	13
3.3.11 Extensão média do escoamento superficial	13
3.3.12 Tempo de concentração	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	13
4.1 Área de Estudo	13
4.2 Relevo e rede hidrográfica	14
4.3 Parâmetros morfométricos	16
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
REFERÊNCIAS.....	18

Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica: estudo de caso da microbacia do açude Catolé I de Manaíra-PB

Caio Sérgio Sabino Alves^{[1]*}

[1] alves.sergio@academico.ifpb.edu.br. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba Campus Princesa Isabel (IFPB-PI), Brasil.

Resumo

Com o uso de técnicas de geoprocessamento, este trabalho teve como objetivo delimitar a microbacia hidrográfica do açude Catolé I no município de Manaíra – PB, e classificá-la quanto aos aspectos morfométricos. Para isso, foi utilizado um Modelo Digital de Superfície (MDS) derivado da imagem do satélite ALOS PALSAR-FBS com resolução espacial de 12,5 m, juntamente com a Carta Topográfica Folha Serra Talhada SB-24-Z-C-V, o SIG gratuito de linguagem aberta QGIS, com auxílio do plugin TauDEM e o MS Excel para efetuar os cálculos dos parâmetros morfométricos. A microbacia hidrográfica do açude Catolé I apresenta uma área total de aproximadamente 13.201,28 ha na forma alongada, possui 227 drenos, que totalizam 172,11 km de rede de drenagem típica do semiárido com padrão intermitente, dentrítico, endorreica e de 4ª ordem, o tempo de concentração é de 275,17 minutos. É considerada de rápido escoamento superficial e pouco susceptível às enchentes e inundações, em condições normais de precipitação, sendo favorável para implantação de um reservatório artificial, como é o caso. Existem variações de padrão da rede de drenagem angular e retangular isso devido à existência de fraturas geológicas. Percebeu-se que o uso do Geoprocessamento foi eficiente para promover a delimitação e a obtenção dos dados para realizar os cálculo dos parâmetros morfométricos, bem como a caracterização do relevo e da rede hidrográfica da microbacia do Açude Catolé I, pois permitiu a análise de uma extensa área por meio de processos automatizados e foram obtidos resultados importantes para melhor compreensão de diversas questões associadas à dinâmica hidrológica e ambiental, bem como auxiliar no planejamento e tomada de decisão na gestão mais eficiente de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Caracterização hidrológica; geoprocessamento; gestão de recursos hídricos; Semiárido.

Morphometric characterization of a watershed: a case study of the Catolé I dam microbasin in Manaíra-PB

Abstract

With the use of geoprocessing techniques, this work aimed to delimit the hydrographic microbasin of the Catolé I dam in the municipality of Manaíra - PB, and classify it according to the morphometric aspects. For this, a Digital Surface Model (MDS) derived from the image of the ALOS PALSAR-FBS satellite with a spatial resolution of 12.5 m was used, together with the Topographic Chart Folha Serra Talhada SB-24-Z-C-V, the free language GIS open QGIS, with the aid of the TauDEM plugin and MS Excel to perform the calculations of the morphometric parameters. The hydrographic microbasin of the Catolé I dam has a total area of approximately 13,201.28 ha in the elongated form, has 227 drains, totaling 172.11 km of drainage network typical of the semi-arid region with an intermittent, dendritic, endorheic and 4th order pattern, the concentration time is 275.17 minutes. It is considered to have fast runoff and little susceptibility to floods and floods, under normal precipitation conditions, being favorable for the implantation of an artificial reservoir, as is the case. There are variations in the pattern of the angular and rectangular drainage network due to the existence of geological fractures. It was noticed that the use of Geoprocessing was efficient in promoting the delimitation and obtaining data to perform the calculation of the morphometric parameters, as well as the characterization of the relief and the hydrographic network of the Catolé I Dam microbasin, as it allowed the analysis of a extensive area through automated processes and important results were obtained for a better understanding of several issues associated with hydrological and environmental dynamics, as well as assisting in planning and decision-making in the more efficient management of watersheds.

Keywords: Geoprocessing; Hydrological characterization; Semiarid; water resources management.

1. Introdução

Na região semiárida do Brasil o processo de ocupação humana e o modelo de exploração ocorreu de forma intensa, desordenada e sem o uso de práticas adequadas de manejo e conservação, causando impactos negativos como degradação da cobertura vegetal, dos recursos hídricos e do solo.

Essa região possui características peculiares, das quais podemos destacar: evaporação 3.000 mm/ano, três vezes mais que a precipitação média anual (entre 900 a 400 mm); períodos de chuva, geralmente três meses, e longos períodos de estiagem; de modo geral os solos são pouco profundos e pedregosos, por isso não armazena água, pois a água que infiltra é barrada a poucos metros de profundidade pelo cristalino e é drenada para os rios e córregos que se enchem e secam em pouco tempo (LUCENA, 2010).

A carência de água durante o período de estiagem deu origem a prática de construção de açudes para suprir as necessidades hídricas, devido a isso, a região nordeste do Brasil apresenta a maior densidade desse tipo de manancial artificial do país (GUIMARÃES, 2008).

É possível identificar a fragilidade do semiárido da região Nordeste no tocante aos recursos hídricos, o que justifica um estudo sobre bacia hidrografia dessa região, visando analisar os fenômenos que regem esse sistema.

Para isso, um dos procedimentos mais corriqueiros em análises hidrológicas e ambientais de uma bacia hidrográfica, é a caracterização morfométrica e hidrológica que tem finalidade o entendimento da dinâmica ambiental local e regional.

As características físicas, principalmente as vinculadas ao relevo, à forma e à rede de drenagem, estão intimamente atreladas ao tempo e velocidade de escoamento da água, o que influencia em maior ou menor infiltração da água no solo (LEAL e TONELLO, 2017). Dentre essas, a rede de drenagem é um dos elementos do processo morfogenético na esculturação da paisagem terrestre de maior relevância para a caracterização e manejo das bacias hidrográficas, pois determina as características de escoamento superficial, potencial de produção e transporte de sedimentos (SOUSA e OLIVEIRA, 2017).

A utilização de técnica de geoprocessamento e Sistema de Informação Geográfica (SIG) tem se mostrado eficiente para auxiliar nas pesquisas e análises ambientais, gestão do território e caracterização morfométricas e uso do solo em bacias hidrográficas, pois possui rapidez e alta precisão quando considerado a espacialização dos dados e mensurações por meio de projeção cartográfica (CASTRO et al., 2015; FANTINEL; BENEDETTI, 2016; BRUNO, 2017).

O açude Catolé I possui grande importância socioeconômica para a região, pois tratar-se de uma área estratégica tendo em vista que é o principal recurso hídrico do município de Manaíra-PB, abastecendo a zona urbana, as comunidades rurais, localidades e municípios circunvizinhos em épocas de escassez, porém carece de estudos sobre aspectos fisiográficos da sua microbacia hidrográfica.

Este trabalho objetivou estudar as características morfométricas da microbacia hidrográfica do açude Catolé I, com o auxílio das geotecnologias, para a produção de dados e informações visando um melhor entendimento sobre as características geométricas, de relevo e da rede de drenagem que sirvam para auxiliar no processo de tomada de decisão num futuro planejamento de gestão integrada dos recursos hídricos, que contemple aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Os objetivos específicos foram: a) Delimitar a microbacia hidrográfica do açude Catolé I no município de Manaíra-PB; b) Caracterizar os parâmetros morfométricos da bacia vertente; e c) Determinar os parâmetros fisiográficos da rede de drenagem.

2 Referencial teórico

2.1 Ciclo hidrológico

Ciclo hidrológico é considerado fechado a nível global e resulta do movimento contínuo da água na atmosfera, isso devido a energia do sol responsável por aquecer todo o planeta e possibilitar a evaporação da água que é transportada pelo ar e, posteriormente, condensada, formando nuvens que pode voltar a superfície da Terra na forma de precipitação (COLLISCHONN, 2013).

Ao atingir a superfície a água em estado líquido segue as feições do relevo da superfície, podendo ser drenada, reservada em lagos e represas, de onde pode evaporar para a atmosfera, condensar e tornar-se a precipitar antes de chegar ao oceano, isso em escala regional são chamados de subciclos. Outra possibilidade é o da água infiltrar-se e percolar no solo e alimentar os aquíferos e criar o fluxo de água subterrânea (COLLISCHONN, 2013).

Os componentes do ciclo hidrológico são:

Precipitação: água adicionada à superfície da Terra a partir da atmosfera. Pode se líquida (chuva) ou sólida (neve ou gelo); Evaporação: processo de transformação da água líquida para a fase gasosa (vapor d'água); Transpiração: processo de perda de vapor d'água pelas plantas, o qual entra na atmosfera; infiltração: processo pelo qual a água é absorvida pelo solo; Percolação: processo pelo qual a água entra no solo e nas formações rochosas atingindo o lençol freático; Drenagem: movimento de deslocamento da água na superfície durante a precipitação (TUNDISI, 2011,p. 29).

2.2 Bacias hidrográficas

Dentre as fases do ciclo hidrológico, o elemento delimitador é a bacia hidrográfica, que é uma área de captação natural da água precipitada que gera escoamentos onde são drenados por cursos d'água convergentes para uma única saída, constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado, formado por um rio principal e seus afluentes, incluindo as cabeceiras, nascentes e divisor de água ou topográfico que, nada mais é, do que o contorno da bacia que separa as precipitações das bacias vizinhas (TUCCI, 2007).

Uma bacia hidrográfica pode ser dividida em áreas menores considerando outro ponto de exutório dando origem a sub-bacias ou microbacias dependendo da extensão. Contudo, não existe um consenso entre os autores sobre os limites das áreas em função da hierarquia das bacias.

O termo microbacia, embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica. Para Faustino (1996) o termo microbacia indica uma área inferior a 100 km² (10.000 ha), enquanto Cecílio e Reis (2006) definem a microbacia como uma sub-bacia hidrográfica de área reduzida, não havendo consenso de qual seria a área máxima (entre 100 m² e 200 km²).

Por sua vez, para efeito político-administrativo, de acordo com Santana (2003) as bacias podem ser:

- a) Bacia hidrográfica federal: quando a sua rede de drenagem (desde as nascentes que a compõem, até sua foz) está inserida dentro do território de mais de um estado.
- b) bacia hidrográfica estadual: quando a sua rede de drenagem (desde as nascentes que a compõem, até sua foz) está inserida dentro do território do estado.
- c) bacia hidrográfica municipal: quando a sua rede de drenagem (desde as nascentes que a compõem, até sua foz) está inserida dentro do território do município.

Realizar um adequado gerenciamento e aproveitamento dos recursos hídricos é essencial, visto que mesmo sendo um recurso renovável, muitas regiões sofrem com a escassez, resultado este tanto de eventos naturais como da ação humana que causa mudança climática e influencia no ciclo hidrológico, ocasionando desequilíbrio hídrico (TUNDISI, 2011).

Ademais, existem ainda características morfoclimáticas de cada localidade que influenciam na precipitação resultando em irregularidade na distribuição hídrica, concentrando maior volume em áreas menos populosas. Tomando a realidade brasileira como exemplo, pode-se verificar que o território “possui a maior disponibilidade hídrica na região norte, na qual habita cerca de 7% da população, enquanto na região nordeste, que habita 29% da população, concentra um menor volume” (BASSOI E GAZELLI, 2004).

3 Método da pesquisa

A aplicação da metodologia foi desenvolvida em quatro etapas, denominadas de caracterização da área de estudo por meio de pesquisas e revisões bibliográficas, delimitação da microbacia hidrográfica e suas variáveis morfométricas, bem como, a representação hipsográfica, através de softwares de SIG, a partir imagem de satélites e dados georreferenciados da área de estudo.

3.1 Material

Foi utilizada para a delimitação da bacia hidrográfica, uma imagem com 12,5 m de resolução espacial do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) sensor PALSAR (*Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*) com polarização simples FBS (*Fine Beam Single polarization: HH*) de 19 de fevereiro de 2011 obtida gratuitamente no geoportal de descarregamento de imagens de satélite da *Alaska Satellite Facility* vinculado a *University of Alaska-Fairbanks / National Aeronautics and Space Administration* (UAF/NASA).

A base cartográfica digital composta de arquivos vetoriais dos Estados do Nordeste, Municípios, Drenagem e Açudagem Principal da Paraíba no formato *shapefile* (SHP) e os rios intermitentes foram obtidos da Carta Topográfica Folha Serra Talhada SB-24-Z-C-V, escala 1:100.000, da Superintendência

do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) (1970) em formato típico de Desenho Assistido por Computador (CAD e DXF). Todos esses arquivos foram obtidos por meio do Geo Portal AESA.

Os *softwares* utilizados para o processamento e manipulação das imagens e da base cartográfica digital para a produção dos mapas e dos dados georreferenciados foram o *Software* Livre QGIS Desktop 2.8.1 e o *Software* proprietário AutoCAD Civil 3D 2012 versão estudante.

3.2 Delimitação da microbacia hidrográfica do açude Catolé I, no município de Manaíra – PB

Para a delimitação do divisor topográfico foi utilizado um MDS derivado da imagem do satélite ALOS sensor PALSAR. Nesse projeto, a imagem possui resolução espacial de grade, cujas unidades equivalem a dimensões de 12,5 x 12,5 metros no terreno.

A cena utilizada foi a identificada como ALPSRP270147030, que foi processada utilizando o QGIS, no qual, para determinar área e perímetro, alterou-se o sistema de coordenadas geográficas para o sistema de coordenadas planas. O próximo passo foi o recorte da área que abrange a bacia analisada, utilizando um retângulo envolvente, com isso reduziu-se expressivamente o tamanho da imagem, tornando os processamentos seguintes mais rápidos.

Após o processamento inicial, o recorte do MDS foi importado para a extensão TauDEM (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Model*), que permite de maneira automática, rápida e objetiva a delimitação de bacias hidrográficas.

Os passos para a obtenção do divisor topográfico da bacia consistem em:

- a) correção do MDS para a retirada de pixels que poderiam comprometer a continuidade do fluxo da água – ferramenta *Fill Pit*;
- b) determinação, pixel a pixel, da direção preferencial do fluxo na superfície – ferramenta *D8 Flow Direction*;
- c) obtenção do fluxo acumulado na superfície, que consiste na representação da linha composta pelos *pixels* selecionados na etapa anterior e nesta etapa já é possível definir o exutório da bacia, obtendo em seguida a área de contribuição a montante desse ponto – ferramenta *D8 Contributing Area*;
- d) obtenção da bacia em formato *raster*, bem como a extração da rede de drenagem numérica para a área de estudo – ferramenta *Stream Reach and Watershed*. Como a bacia é obtida em um arquivo *raster* faz-se necessário, para realização dos cálculos de área e perímetro, a sua conversão para o formato vetor (polígono).

O processo de delimitação da microbacia hidrográfica se deu de forma objetiva, ficando apenas a cargo de escolha o ponto definido como exutório da bacia, que foi alocado observando o sangradouro e a barragem do açude, imagens de alta resolução do Google Satelite por meio do plugin *QuickMapServices*, onde ocorria a junção desses dois fluxos da área nas.

A rede de drenagem obtida no processo de delimitação automática apresenta um alto nível de ramificações devido à resolução espacial de 12,5 m da imagem utilizada. Por esse motivo, optou-se por usar os rios intermitentes obtidos pela Carta Topográfica Folha Serra Talhada SB-24-Z-C-V escala 1:100.000 da SUDENE (1970), uma vez que existe uma dificuldade óbvia em se distinguir nos dados de rede de drenagem os rios efêmeros dos intermitentes.

3.3 Parâmetros Morfométricos da Bacia

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos clássicos procedimentos para análises hidrológicas ou ambientais, e objetiva o entendimento da dinâmica ambiental local e regional, assim como o seu desequilíbrio (BEZERRA et al., 2015).

As características morfométricas estão associadas às características geométricas, de relevo e da rede de drenagem. Por meio da utilização do software Qgis foi possível calcular a área e o perímetro da bacia, já os parâmetros físicos básicos, que são importantes para a caracterização da morfometria da bacia, foram calculados em planilha eletrônica.

Para este estudo foi realizado a avaliação dos seguintes parâmetros:

3.3.1 Coeficiente de compacidade

Relaciona o perímetro da bacia com o perímetro de uma circunferência de área igual à da bacia, em que quanto mais próximo de 1, mais circular será a bacia e maior será sua capacidade

de proporcionar grandes cheias (MELLO e SILVA, 2013) foi calculado pela Equação 1 e corresponde à relação entre o perímetro da bacia e o perímetro da circunferência de um círculo de área igual à da bacia.

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Eq. (1)}$$

onde: Kc = coeficiente de compacidade [adimensional];

P = perímetro da bacia [m];

A = área de drenagem [km^2].

3.3.2 Fator de forma

Expressa a relação entre a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média da bacia e o comprimento axial da bacia. O comprimento axial da bacia (L) é determinado, medindo axialmente do exutório até o ponto mais alto do talvegue.

Foi obtido conforme Equação 2, utilizando a metodologia de Almeida (2017). Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com o fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com outro fator de forma.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad \text{Eq. (2)}$$

onde: F = Fator de forma [adimensional];

A = Área de drenagem [km^2];

L = Comprimento do rio principal [km].

3.3.3 Índice de circularidade

Foi calculado pela Equação 3. Este parâmetro, tal como o coeficiente de compacidade, tende a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que torna alongada, de acordo com Almeida (2017).

$$IC = 12,57 \cdot \frac{A}{P^2} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde: IC = índice de circularidade [adimensional];

P = perímetro da bacia [m];

A = área de drenagem [km^2].

3.3.4 Declividade média da bacia

É um parâmetro importante para a hidrologia, pois está diretamente associado ao tempo de duração de escoamento superficial direto e de concentração da precipitação nos drenos. Afeta a forma e os valores máximos das vazões de escoamento ao longo da bacia (MELLO e SILVA, 2013), de acordo com Equação 4.

$$I(\%) = \frac{D}{A} \cdot (\sum CNV_i) \cdot 100 \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde: $I(\%)$ = declividade média da bacia [%];

D = equidistância vertical entre curvas de nível [km];

A = área de drenagem [km^2];

$\sum CNV_i$ = Comprimento total das curvas de nível [km].

3.3.5 Declividade do curso d'água principal

Influencia diretamente na velocidade do escoamento da água no dreno principal da bacia. Ela pode ser definida com a diferença de cotas nas extremidades do dreno principal (ΔH), seja a cota máxima (cabeceira) e a cota mínima (foz) do curso d'água principal, em relação a seu comprimento (L), conforme descrito por Bezerra et al. (2015), conforme Equação 5.

$$I_{eq} = \frac{\Delta H}{L} \quad \text{Eq. (5)}$$

onde: I_{eq} = declividade equivalente [m/km];

ΔH = diferença de cotas nas extremidades do dreno principal [m];

L = Comprimento do rio principal [km].

3.3.6 Ordem dos cursos d'água

É o parâmetro que qualifica o grau de ramificação ou bifurcação dos rios das bacias hidrográficas e consiste, de acordo com a proposta de Strahler (1957), em: drenos de 1ª ordem correspondem aos que não possuem tributários; 2ª ordem dos drenos se dá pela junção de 2 ou mais drenos de 1ª ordem; 3ª ordem dos drenos são os que se formam pela união de 2 ou mais drenos de 2ª ordem seguindo esse padrão crescente até chegar ao exutório (MELLO e SILVA, 2013).

3.3.7 índice de sinuosidade

Indica a relação entre o comprimento do canal principal e a distância, em linha reta, do extremo do canal principal, até o exutório da bacia, utilizando a Equação 6 (VILLELA e MATTOS, 1975; MELLO e SILVA, 2013);

$$Sin = \frac{L}{L_t} \quad \text{Eq. (6)}$$

onde: Sin = índice de Sinuosidade [adimensional];

L = comprimento do rio principal [km];

L_t = distância vetorial entre o extremo do canal principal e o exutório [km].

3.3.8 Rede de drenagem de uma bacia hidrográfica

Corresponde à soma de todos os comprimentos, em km , dos cursos d'água, conforme Equação 7.

$$R_d = \sum L \quad \text{Eq. (7)}$$

onde: R_d = rede de drenagem [km];

$\sum L$ = somatório do comprimento total dos cursos d'água [km].

3.3.9 Densidade de drenagem da bacia

Foi estimada conforme Equação 8 e relaciona o comprimento total de todos os canais presentes na bacia (perenes, intermitentes e

efêmeros) com sua área de drenagem. $Dd = \frac{Lt}{A} = \frac{R_d}{A}$ Eq. (8)

Onde: Dd = densidade de drenagem, $\left[\frac{km}{km^2}\right]$;

Lt = comprimento total de todos os canais, $[km]$;

R_d = rede de drenagem $[km]$;

A = área de drenagem $[km^2]$.

3.3.10 Densidade da rede de drenagem

É a relação entre o número de total de drenos e a área da bacia, conforme Equação 9.

$$D_r = \frac{N}{A} \quad \text{Eq. (9)}$$

onde: D_r = densidade de rede de drenagem $\left[\frac{dreno}{km^2}\right]$;

N = Número de drenos $[dreno]$;

A = área de drenagem $[km^2]$.

3.3.11 Extensão média do escoamento superficial

Relaciona a densidade de drenagem da bacia hidrográfica com o comprimento médio lateral da rede de drenagem, expressa na Equação 10.

$$C_m = \frac{1}{4 \cdot D_d} \quad \text{Eq. (10)}$$

Onde: C_m = extensão média do escoamento superficial, $[km]$;

D_d = densidade de drenagem, $\left[\frac{km}{km^2}\right]$.

3.3.12 Tempo de concentração

É o tempo de percurso da água precipitada desde o ponto cinematicamente mais afastado da bacia hidrográfica até a seção de referência. Calculado pela Equação 11 conhecida como formula de Kirpich Modificada usada para bacias com área de drenagem superior a 100 ha conforme Rodrigues et al. (2016).

$$T_c = 85,2 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta H}\right)^{0,385} \quad \text{Eq. (11)}$$

onde: T_c = tempo de concentração $[min]$;

L = Comprimento do rio principal $[km]$;

ΔH = diferença de cota nas extremidades do dreno principal $[m]$.

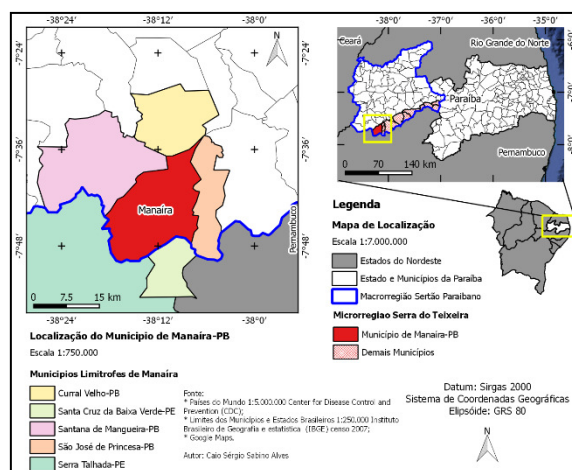
4 Resultados e discussões

4.1 Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido no município de Manaíra-PB, que está localizado (Figura 1) no Sertão Paraibano especificamente na microrregião Serra do Teixeira, limitando-se a Norte com Curral Velho, a Oeste com Santana de Mangueira, a Leste com São José de Princesa, e ao Sul com Santa Cruz da Baixa Verde e Serra Talhada em

Pernambuco, ocupando uma área de 352,98 km² (IBGE, 2013).

Figura 1 - Localização do Município de Manaíra-PB



Fonte: Autor (2022).

Possui como bioma a Caatinga e de acordo com Manual Técnico da Vegetação Brasileira, 2ª ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) a vegetação específica é a Savana-Estépica, que é típica dos climas semiáridos que tem como características predominantes plantas espinhosas decíduais e possui uma rica biodiversidade.

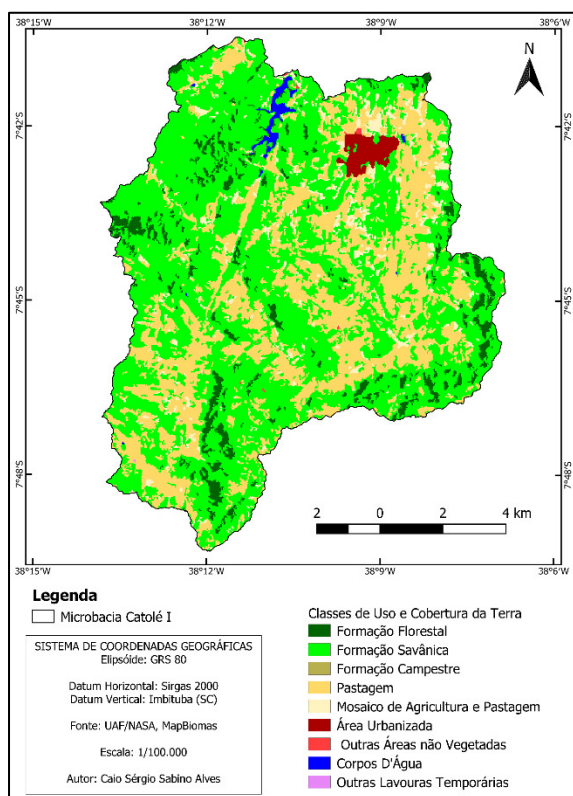
Conforme a Tabela 1 a microbacia hidrográfica apresenta as seguintes classes de uso e cobertura da terra ilustradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Uso e cobertura da terra da microbacia hidrográfica Catolé I

Classe de uso e cobertura da terra	Área ha	%
Área urbanizada	159,57	1,19%
Formação florestal	723,33	5,39%
Outras lavouras temporárias	0,63	0,00%
Pastagem	3907,62	29,14%
Mosaico de agricultura e pastagem	637,47	4,75%
Formação campestre	6,57	0,05%
Rio, lago e oceano	80,28	0,60%
Formação savânica	7886,43	58,81%
Outras áreas não vegetadas	8,55	0,06%
TOTAL	13410,45	100%

Fonte: Autor (2022).

Figura 2 - Uso e cobertura da terra da microbacia hidrográfica Catolé I

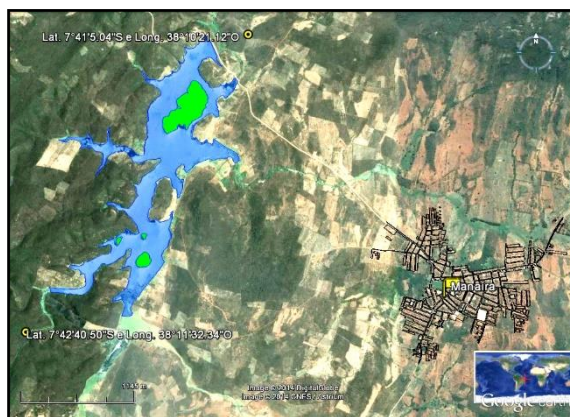


Fonte: Autor (2022).

Toda a região está inserida no semiárido, onde possui um clima tipicamente tropical semiárido (classificação climática de Köppen-Geiger: Aw) e com características peculiares, as quais se podem destacar a forte insolação com temperaturas relativamente altas variando anualmente em média ente 23° a 30°, e regime de chuvas considerado baixo e irregular com concentração das precipitações num período de três meses (fevereiro, março e abril), apresenta pluviometria variada com mínima de 250,2 e máxima de 1.715,2 mm/ano e média de 699,4 mm/ano, que é agravado com a supressão da vegetação. Mas se comparado com as outras áreas do oeste paraibano o índice pluviométrico da microrregião é maior, isso pela variação do relevo (MASCARENHAS, 2005).

Esta pesquisa foi realizada na microbacia hidrográfica do açude Catolé I, onde este localiza-se nos sítios Catolé, Saca e Tapúia, na Zona Rural do município de Manaíra-PB. O manancial está envolvido aproximadamente pelas coordenadas Lat. 7°41'5.04"S, Long. 38°10'21.12"O e Lat. 7°42'40.50"S, Long. 38°11'32.34"O (Figura 4). Encontra-se a aproximadamente 3 km de distância da cidade, sendo o principal recurso hídrico do município, que abastece a zona urbana, comunidades rurais e localidades circunvizinhas.

Figura 3 - Localização do açude Catolé I



Fonte: Adaptação a partir do Google Earth (2022)

O Açude Catolé I teve seu início de construção em 1985 e foi concluído de 1986 para 1987, com 10.500.000 m³ de capacidade de armazenamento d'água, com finalidade de abastecimento público para os habitantes do município de Manaíra, e seu volume morto é de 4.720 m³ (AESA, 2007).

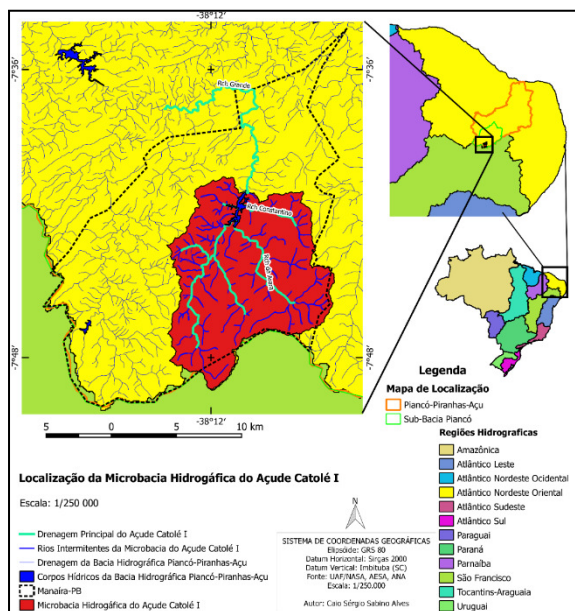
A Bacia Hidráulica do açude Catolé I, que é a área ocupada pela massa de água do açude, até o limite de seu sangradouro, é de 136,07 ha e altura da barragem de 25 m. Os principais cursos d'água barrados foram: Riacho Grande de 4^a ordem e comprimento de 29.143,91 m que se estende a jusante da microbacia do açude Catolé I; Riacho da Arara com comprimento de 9.911,68 m e Riacho Constantino com comprimento de 5.185,56 m ambos de 3^a ordem (AESA, 2007).

A Microbacia Hidrográfica do Açude Catolé I faz parte da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu compreende uma área total de 43.683 km² que representa 15% da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental (Figura 5) (ANA, 2016).

4.2 Relevô e rede hidrográfica

A microbacia está localizada conforme Figura 4 a um raio de 9 km de distância do Pico do Papagaio com altitude de 1.260 m, no município de Triunfo-PE, sendo o ponto mais alto da parte setentrional da Região Nordeste a partir da margem esquerda do rio São Francisco (SILVEIRA, 2012).

Figura 4 - Localização da Microbacia Hidrográfica do Açude Catolé I



Fonte: Autor (2022)

A hidrografia da microbacia e seus cursos d'água, constituem afluentes da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, em que é típica da região semiárida, onde só apresenta fluxos d'água em períodos de chuva, ou seja, é do tipo intermitente e seu regime hidrográfico fluvial é predominantemente dentrítico, pois apresenta uma grande quantidade de afluentes e subafluentes, no qual o arranjo da drenagem lembra à distribuição dos galhos de uma árvore como pode ser observado na Figura 8 (MASCARENHAS, 2005).

Esse tipo de padrão geralmente ocorre quando a rocha dos substratos é homogênea, como um granito ou rochas sedimentares com estratos horizontais (RICCOMINI et al, 2000). Existem variações de padrão da rede de drenagem angular e retangular isso devido à existência de fraturas geológicas. (MASCARENHAS, 2005)

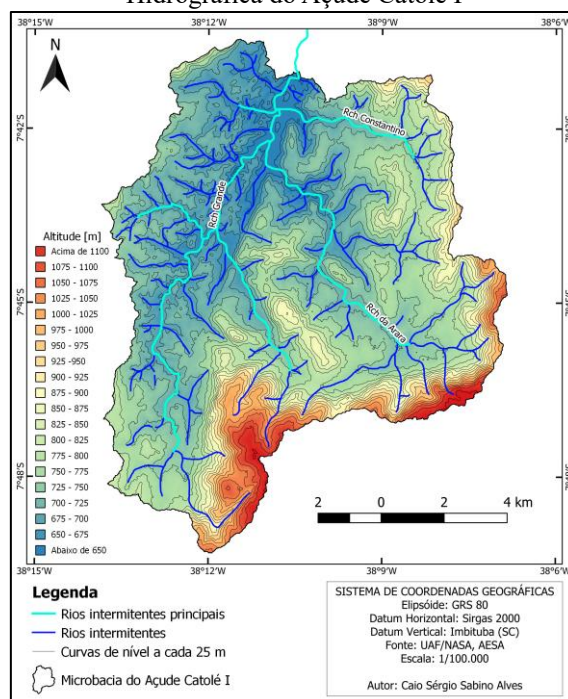
Os solos, de acordo com Mascarenhas (2005) são resultantes da desagregação e decomposição das rochas cristalinas do embasamento, sendo basicamente magmáticas e metamórficas, onde a maioria é do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo de composição arenargilosa. Localmente os solos são classificados em latossolos e solos de aluvião.

O relevo acha-se incluso na denominada "Planície Sertaneja", a qual constitui um extenso pediplano arrasado, onde localmente destacam-se o "Pd2", constituído por um conjunto de serras alongadas e alinhadas ao longo da estrutura geológica regional, cujo domínio topográfico vai de Manaíra a Teixeira (MASCARENHAS, 2005).

A Microbacia Hidrográfica do Açude

Catolé I apresenta em seu relevo uma amplitude de 495 m da altitude variando de 623 m a 1.118 m. Na porção norte, onde está localizado o exutório, o relevo apresentou as menores altitudes, chegando a 623 m, juntamente com pouca variação da feição do relevo (Figura 5). A partir da região sul e sudeste da microbacia as altitudes apresentaram aumento chegando a 1.118 m, essa variação é decorrente das serras alongadas e alinhadas ao longo da estrutura geológica característica da microrregião Serra do Teixeira (MASCARENHAS, 2005).

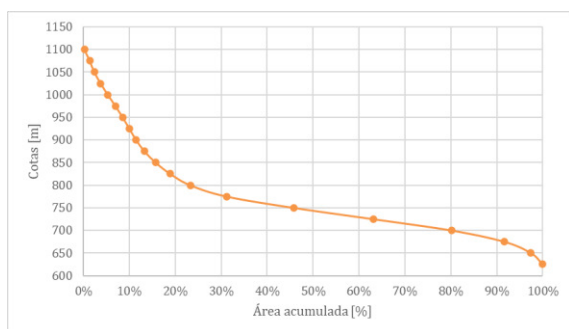
Figura 5 - Hipsometria e Hidrografia da Microbacia Hidrográfica do Açude Catolé I



Fonte: Autor (2022)

Outra análise realizada na Microbacia Hidrográfica do Açude Catolé I foi a hipsometria, para observar qual a maior frequência de classe de altitude. A partir da Figura 5 obteve-se a curva hipsométrica que consiste na frequência relativa da altitude, apresentada no Gráfico 1. Observou-se que a classe de 725-750 m tem a maior representatividade do relevo com 17,34 % da área total da Microbacia. Já a classe que representa as áreas com altitudes maiores que 1.100 m tem a menor representatividade do relevo com 0,21 %.

Gráfico 1 - Curva Hipsométrica



Fonte: Autor (2022)

4.3 Parâmetros morfométricos

Dependendo da finalidade do estudo pode-se por meio dos parâmetros morfométricos avaliar as características físicas mais importantes de uma região.

Na Tabela 2 apresenta-se os dados e indicadores referentes as características geométricas, de relevo e da rede de drenagem da microbacia do açude Catolé I.

Tabela 2 – Características morfométricas da microbacia hidrográfica do açude Catolé I

Características	Parâmetros	Siglas	Unidades	Valores
Geométricas	Área de drenagem	A_{bh}	km ²	132,01
	Perímetro da bacia	P_{bh}	km	79,20
	Coefficiente de compacidade	k_c	-	1,93
	Fator de forma	k_f	-	0,30
	Índice de circularidade	I_c	-	0,26
Relevo	Maior altitude da bacia	$H_{máx}$	m	1118,00
	Maior altitude do canal principal	$HC_{máx}$	m	1036,00
	Menor altitude da bacia	$H_{mín}$	m	623,00
	Menor altitude do canal principal	$HC_{mín}$	m	594,00
	Diferença de cota no dreno principal	ΔH	m	442,00
	Equidistância vertical entre curvas de nível	D	km	0,03
	Comprimento total das curvas de nível	CN	km	837,13
	Declividade média da bacia	$I_{(%)}$	%	0,16
	Declividade do curso d'água principal	I_{eq}	m/km	21,03
Rede de Drenagem	Ordem da bacia	-	Ordem	4 ^a
	Número Total de Drenos	N	Und	227,00
	Comprimento do curso d'água principal da bacia	L	km	21,02
	Distância vetorial entre os extremos do canal	L_t	km	13,43
	Índice de Sinuosidade	Sin	-	1,57
	Rede de drenagem	R_d	km	172,11
	Densidade de drenagem	D_d	km/km ²	1,30
	Densidade da Rede de Drenagem	D_r	Drenos/km ²	1,72
	Extensão média do escoamento Superficial	C_m	km	0,19
	Tempo de concentração	T_c	min	275,17

Fonte: Autor (2022)

As características geométricas são determinadas por parâmetros relacionados com formas geométricas conhecidas como o Coeficiente de Compacidade (K_c), fator de forma

(k_f) e índice de circularidade (I_c) (NOBRE et al., 2020).

O coeficiente de compacidade está vinculado a irregularidade da bacia quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de

compacidade e quanto mais se assemelhar ao formato do círculo mais próximo o K_c será de 1 e terá maior chance de cheias de grande proporção (VILLELA; MATTOS, 1975). A classificação das bacias pelos valores de K_c ocorre da seguinte forma: $1,00 < K_c < 1,25$ – bacia com alta propensão a grandes enchentes; $1,25 < K_c < 1,50$ – bacia com tendência mediana a grandes enchentes; $K_c > 1,50$ – bacia não sujeita a grandes enchentes (ROCHA et al., 2014). Portanto obteve-se $K_c = 1,93$ e a microbacia hidrográfica do açude Catolé I não está sujeita a grandes enchentes.

Sabendo que o parâmetro fator de forma (k_f), indica que a bacia está sujeita a enchentes quando $k_f = 1$ em contrapeso a bacia não sujeita a enchentes quando $k_f < 0,50$, como o fator de forma obtido foi de 0,30 é entendido que a microbacia hidrográfica do açude Catolé I tem baixo risco a enchentes.

Conforme ALMEIDA et al. (2013) para os valores do índice de circularidade (I_c), considera-se uma bacia circular quando $I_c = 1$, e bacia alongada quando valores do I_c forem mais próximos de 0. Carvalho et al. (2020) acrescenta que o $I_c = 0,51$ aponta para escoamento superficial moderado e menor probabilidade de cheias rápidas, $I_c > 0,51$ indica uma bacia circular, favorecendo os processos de inundação, $I_c < 0,51$ caracteriza uma bacia mais alongada, colaborando para o escoamento superficial.

Com os valores calculados e os mapas produzidos a microbacia hidrográfica do açude Catolé I possui índice de circularidade de 0,26, corroborando ao k_f constatado anteriormente, e é tida como alongada de rápido escoamento superficial, pouco susceptível a enchentes e inundações em condições normais de precipitação sendo favorável para implantação de um reservatório artificial (como é o caso).

Nas características de relevo e rede de drenagem constatou-se que a maior altitude da bacia ($H_{máx}$) é de 1.118 m e a menor ($H_{mín}$) é de 623 m, apresentando uma declividade média da bacia de 0,16%, calculada a partir da razão entre o produto da equidistância vertical ($D = 0,03$ km) e o comprimento total das curvas de nível ($CN = 837,13$ km), tudo isso, pela área de drenagem ($Abh = 132,01$ km²). A declividade média da bacia hidrográfica é importante para saber, aliado com informações da vegetação, classe do solo e intensidade de chuvas, a distribuição do escoamento superficial e subterrâneo da água (RIBEIRO e PEREIRA, 2013).

O canal principal possui 21,02 km de comprimento e apresenta maior altitude ($H_{Cmáx}$) de 1036 m e a menor ($H_{Cmín}$) de 594 m e a diferença de cota no dreno principal ΔH de 442 m a partir disso, obteve-se 21,03 m/km de declividade do curso d'água principal.

O índice de Sinuosidade (Sin) é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal (REIS et al., 2017) obtendo-se respectivamente 21,020 km, 13,427 km e 1,57 para o índice de Sinuosidade da microbacia hidrográfica do açude Catolé I. De acordo com Moura (2013) a classificação pelos valores da sinuosidade ocorre da seguinte forma: valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo e, portanto, com velocidade de escoamento maior; quando superiores a 2 ($Sin > 2,0$) indicam canais tortuosos em que a velocidade de escoamento da água é menor favorecendo cheias rápidas; já os valores intermediários ($1 < Sin < 2,0$) sugerem formas transitórias, regulares e irregulares em que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica e estruturação geológica.

A micro bacia hidrográfica do açude Catolé I é endorreica visto que a drenagem é interna e desagua em um reservatório artificial, conforme a classificação de Christofolletti (1980) no Tabela 3 sobre os tipos de bacia de drenagem. Apresentou um total de 227 drenos, que totalizaram 172,11 km de rede de drenagem (soma de todos os comprimentos dos cursos d'água), obtendo uma densidade da rede de drenagem de 1,72 dreno/km² e a extensão média do escoamento superficial de 0,19 km, e sua ramificação é de quarta ordem de acordo com a proposta de Strahler (1957) para hierarquia de sistema de drenagem.

Tabela 3 - Classificação segundo Christofolletti (1980),

Tipos de Bacia de Drenagem	
Exorreica	Quando o escoamento se faz de modo contínuo até o mar ou oceano
Endorreica	Quando a drenagem é interna, e não possui escoamento até o mar, desaguando em um lago
Arreica	Quando não há uma estruturação em bacias hidrográficas, como no caso de áreas desérticas
Criptorreica	Quando as bacias são subterrâneas, como em áreas cársticas

para rede de drenagem

Fonte: Christofolletti (1980).

A densidade de drenagem indica que quanto maior a densidade de drenagem maior será a capacidade de transformação da precipitação em

escoamento superficial aliada a velocidade, máxima ou mínima, que a água sai da bacia hidrográfica (Mello e Silva, 2013). Para a micro bacia hidrográfica do açude Catolé I obteve-se $1,30 \text{ km/km}^2$ densidade de drenagem considerada mediana, conforme sugerido por Beltrame (1994) na classificação em faixas, onde quando $Dd > 0,50$ é considerada baixa, $0,50 < Dd < 2,00$ é mediana, entre $2,01 < Dd < 3,50$ é alta, e $Dd > 3,50$ é muito alta.

O tempo de concentração é uma grandeza importante e sua determinação deve ser rigorosa, pois permite a compreensão do escoamento produzido na bacia hidrográfica, bem como, para o dimensionamento de sistemas de drenagem, armazenamento e controle. Obteve-se o tempo de concentração de 275,17 minutos, é importante destacar que quanto maior a declividade de uma bacia, maior a velocidade do escoamento superficial direto, menor o tempo de concentração, consequentemente maiores os riscos de picos de enchentes (Nobre et al., 2020).

5 Conclusão/Considerações finais

Por meio dos resultados obtidos nesse estudo foi possível concluir que:

A microbacia hidrográfica do açude Catolé I apresenta uma área total de aproximadamente 13.201,28 ha na forma alongada, possui 227 drenos, que totalizam 172,11 km de rede de drenagem típica do semiárido com padrão intermitente, dentrítico, endorreica e de quarta ordem, o tempo de concentração é de 275,17 minutos, é considerada de rápido escoamento superficial e pouco susceptível a enchentes e inundações, em condições normais de precipitação, sendo favorável para implantação de um reservatório artificial, como é o caso. Existem variações de padrão da rede de drenagem angular e retangular isso devido à existência de fraturas geológicas.

A microbacia possui uma amplitude de altitude de 495 m, onde varia de 623 m a 1.118 m, sendo que a menor altitude foi na porção norte onde se localiza o exutório. Já as maiores altitudes foram constatadas nas partes sul e sudeste essa variação é decorrente das serras alongadas e alinhadas ao longo da estrutura geológica característica da microrregião Serra do Teixeira.

Percebeu-se que o uso do Geoprocessamento foi eficiente para promover a delimitação e a obtenção dos dados para realizar os cálculos dos parâmetros morfométricos, bem como a caracterização do relevo e da rede hidrográfica da microbacia do Açude Catolé I,

pois permitiu a análise de uma extensa área por meio de processos automatizados e obteve-se resultados importantes para melhor compreensão de diversas questões associadas à dinâmica hidrológica e ambiental, bem como auxiliar no planejamento e tomada de decisão na gestão mais eficiente de bacias hidrográficas. Sendo importante ressaltar que quanto melhor for a base de dados melhor será o resultado das análises.

Por meio dos resultados dos parâmetros na microbacia hidrográfica do açude Catolé I constatou-se que as características geométricas, de relevo e rede de drenagem se mostraram propícios ao abastecimento hídrico. Portanto, a elaboração e execução de um planejamento e gerenciamento adequado dos recursos hídricos nessa região podem, a médio e longo prazo, minimizar os impactos ambientais que venham a atingir a disponibilidade da qualidade e quantidade de recursos hídricos.

Referências

- ALMEIDA, R. F. B. **Morfometria e uso da terra da bacia hidrográfica do rio do coco e suas implicações sobre a produção e transporte de sedimentos**. 2017. 134f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.
- ALMEIDA, W. S.; SOUZA, N. M.; REIS JÚNIOR, D. S.; CARVALHO, J. C. Análise morfométrica em bacias hidrográficas fluviais como indicadores de processos erosivos e aporte de sedimentos no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Corumbá IV. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, n. 2, 2013
- BASSOI, L.J; GAZELLI, M.R. Controle Ambiental da água. In. PHILIPPI JR, Arlindo et al., **Curso de Gestão Ambiental**- Barueri, SP: Manoele, 2004.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: ED. UFSC, 1994.
- BEZERRA, J. M.; REGO, V. G. S.; POSSAS, J. M. C.; SOUZA, E. P.; FERNANDES NETO, S. **Análise morfométrica da microbacia hidrográfica riacho das piabas/PB**. CONTECC, p. 4, 2015.

BRUNO, L.O. GRASS. A free and open source solution for hydrographic body analysis. **Nativa**, v.5, n.1, p.24-30, 2017.

CARVALHO, A. C. F.; SILVA, C. W. G.; RODRIGUES, E. S.; CALDAS, A. M. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Terra Nova – PE. **Revista Semiárido de Visu**, v. 8, n. 1, p. 3-14, 2020.

CASTRO, L.I.S.; CAMPOS, S.; ZIMBACK, C.R.L.; KAISER, I.M. Sistema de Informação Geográfica na formulação de indicadores ambientais para sustentabilidade dos recursos hídricos. **Irriga**, Botucatu, v.19, n.4, p.655, 2015

BRUNO, L.O. GRASS. A free and open source solution for hydrographic body analysis. **Nativa**, v.5, n.1, p.24-30, 2017.

CARVALHO, A. C. F.; SILVA, C. W. G.; RODRIGUES, E. S.; CALDAS, A. M. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Terra Nova – PE. **Revista Semiárido de Visu**, v. 8, n. 1, p. 3-14, 2020.

CASTRO, L.I.S.; CAMPOS, S.; ZIMBACK, C.R.L.; KAISER, I.M. Sistema de Informação Geográfica na formulação de indicadores ambientais para sustentabilidade dos recursos hídricos. **Irriga**, Botucatu, v.19, n.4, p.655, 2015

SOUZA, M.M., OLIVEIRA, W. Análise morfológica da rede de drenagem do alto Juruá/AC, extraída de mde-srtm. **Caminhos de Geografia**, v.18, n.61, p.44-64, 2017.

SOUZA, E.R. e FERNANDES, M.R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Inf.Agropec.**, Belo Horizonte, 207: 15-20, 2000.

STEVAUX, J.C; LATRUBESSE, M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de textos, 2017, (coleção geografia; v.3/ (Org. Francisco de Assis Mendonça)

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **New Halen: Transactions: American Geophysical Union**, 1957. v.38. p. 913-920.

TUCCI, C. E. Hidrologia: Ciência e Aplicação(4ª ed.). Porto Alegre, Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo:Oficina de textos, 2011.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil. 1975.