

## **CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO ENCANTO, RIO GRANDE DO NORTE**

**Adriano de Araújo Aires**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFRSA, Brasil

E-mail: [adrianoaraujo2010@live.com](mailto:adrianoaraujo2010@live.com)

**Joel Medeiros Bezerra**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFRSA, Brasil

E-mail: [joel.medeiros@ufersa.edu.br](mailto:joel.medeiros@ufersa.edu.br)

**Adriana Maria Alves**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFRSA, Brasil

E-mail: [adriana\\_eduardo25@hotmail.com](mailto:adriana_eduardo25@hotmail.com)

### **Resumo**

O estudo teve como objetivo caracterizar a Microbacia Hidrográfica do Encanto (MHE), localizada no Semiárido Nordeste brasileiro. Utilizou-se técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para delimitação automática por meio do emprego do Modelo Digital de Elevação (MDE), possibilitando analisar aspectos físicos e morfométricos da área, como forma geométrica, relevo e rede de drenagem, favorecendo a compreensão quanto ao potencial de ocorrência de enchentes. A microbacia abrange municípios dos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Paraíba, com contribuição importante das áreas de altitudes das serras desses estados. A MHE possui uma forma alongada e uma densidade de drenagem regular, o que sugere uma menor propensão a enchentes significativas. Além disso, a declividade do canal principal indica uma baixa velocidade de escoamento superficial, favorecendo a infiltração da água no solo. Tais características indicam que a MHE apresenta condições favoráveis ao abastecimento hídrico da população, com baixa tendência a grandes enchentes e rápido acúmulo de água no reservatório do Encanto. Diante disso, é fundamental adotar um planejamento estratégico e ambiental quanto a ocupação territorial da bacia vertente, visando o adequado uso e preservação do solo e dos recursos hídricos para garantir a disponibilidade e qualidade da água na região, evitando alterações no fluxo de água da bacia.

**Palavras-chaves:** Gestão de recursos hídricos; Sistema de Informações Geográficas (SIG); Modelos Digitais de Elevação (MDE); Sensoriamento remoto; Geoprocessamento.

## **MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE ENCANTO HYDROGRAPHIC MICROBASIN, RIO GRANDE DO NORTE**

### **Abstract**

The study aimed to characterize the Microbacia Hidrográfica do Encanto (MHE), located in the Brazilian Semi-arid region. Geoprocessing and remote sensing techniques were used for automatic delimitation through the Digital Elevation Model (DEM), allowing for the analysis of physical and morphometric aspects of the area, such as geometric shape, relief, and drainage network, which aids in understanding the potential for flooding. The microbacia covers municipalities in the states of Rio Grande do Norte, Ceará, and Paraíba, with significant contributions from the high-altitude areas of the mountain ranges in these states. The MHE has an elongated shape and a regular drainage density, suggesting a lower propensity for significant flooding. Additionally, the slope of the main channel indicates a low surface runoff velocity, favoring water infiltration into the soil. These characteristics suggest that the MHE provides favorable conditions for water supply to the population, with a low tendency for major floods and rapid water accumulation in the Encanto reservoir. Therefore, it is

crucial to adopt strategic and environmental planning for land use in the watershed, aiming for proper use and preservation of the soil and water resources to ensure water availability and quality in the region, and to avoid alterations in the watershed's water flow.

**Key words:** Water resources management; Geographic Information System (GIS); Digital Elevation Models (DEM); Remote sensing; Geoprocessing.

## **CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROBASINA HIDROGRAFICA DEL ENCANTO, RIO GRANDE DO**

### **Resumen**

El estudio tuvo como objetivo caracterizar la Microcuenca Hidrográfica (MHE) del Encanto, ubicada en el Semiárido Nordeste de Brasil. Se utilizaron técnicas de geoprocésamiento y teledetección para la delimitación automática mediante el uso del Modelo Digital de Elevación (DEM), permitiendo analizar aspectos físicos y morfométricos de la zona, como forma geométrica, relieve y red de drenaje, favoreciendo la comprensión sobre el potencial. aparición de inundaciones. La microcuenca abarca municipios de los estados de Rio Grande do Norte, Ceará y Paraíba, con importante aporte de zonas de gran altitud en las montañas de esos estados. El MHE tiene una forma alargada y una densidad de drenaje regular, lo que sugiere una menor propensión a inundaciones importantes. Además, la pendiente del canal principal indica una baja velocidad de escurrimiento superficial, favoreciendo la infiltración de agua al suelo. Estas características indican que el MHE presenta condiciones favorables para el abastecimiento de agua de la población, con baja tendencia a grandes inundaciones y rápida acumulación de agua en el embalse Encanto. Ante esto, es fundamental adoptar una planificación estratégica y ambiental en materia de ocupación territorial de la cuenca, apuntando al uso adecuado y preservación de los recursos suelo y hídrico para garantizar la disponibilidad y calidad del agua en la región, evitando cambios en el flujo de agua de la cuenca.

**Palabras-clave:** Gestión de recursos hídricos; Sistema de Información Geográfica (SIG); Modelos Digitales de Elevación (DEM); Detección remota; Geoprocésamiento.

### **Introdução**

A gestão e a disponibilidade dos recursos hídricos têm sido temas de debates nas últimas décadas, especialmente diante dos longos períodos de estiagem e escassez hídrica enfrentados na região semiárida do Nordeste brasileiro (GOUVEIA; PEDROSA, 2015). Essas discussões são fundamentais, pois a região enfrenta desafios significativos relacionados à variabilidade climática e à crescente demanda por água para consumo humano, agricultura e outras atividades econômicas. Dessa forma, as bacias hidrográficas desempenham um importante papel ecológico no controle, regulação e distribuição da água, bem como na manutenção da qualidade da água e da biodiversidade diante das necessidades hídricas. Essas áreas geográficas compartilham a drenagem, ou seja, são responsáveis pela interconexão das redes hídricas superficiais e subterrâneas, definindo o curso preferencial das águas pluviais e fluviais (SILVA, 2014).

No entanto, a preocupação reside na ocupação inadequada dessas bacias hidrográficas (EUGÊNIO et al., 2017), uma vez que o crescimento urbano desordenado e a falta de políticas sociais e estruturais adequadas, aliados ao desenvolvimento urbano e agroindustrial, têm causado impactos significativos nos recursos naturais, especialmente em relação à segurança hídrica e à qualidade ambiental (KROTH; VIEIRA; YKEIZUMI, 2020).

Essa ocupação territorial desordenada das bacias compromete a qualidade dos recursos hídricos e resulta em alterações ambientais nas suas características biofísicas, sendo decorrente das práticas agrícolas inadequadas, do desmatamento, da mineração, do superpastoreio e da urbanização, resultando em eventos de assoreamento, perda da vegetação ciliar, poluição entre outros, culminando na degradação ambiental (OLIVEIRA NETO et al., 2016; MOREIRA et al., 2015; VALE et al., 2015).

Ações de planejamento na gestão dos recursos hídricos e o ordenamento das bacias hidrográficas são de extrema importância para assegurar a sustentabilidade ambiental, garantir a segurança hídrica das comunidades, prevenir desastres naturais, promover a eficiência no uso dos recursos e integrar políticas públicas de maneira eficaz, voltadas a mitigar os impactos negativos e garantir a sustentabilidade ambiental, além de promover o uso racional e equitativo dos recursos hídricos (BELTRAME, 1994). Essas ações devem contemplar medidas para minimizar os impactos negativos das atividades humanas nos corpos hídricos, promover práticas sustentáveis de uso do solo, conservação ambiental, incentivar o manejo adequado dos recursos naturais e garantir a participação e engajamento da sociedade na tomada de decisões relacionadas à gestão dos recursos hídricos.

O estudo das bacias hidrográficas é importante para compreender os processos hidrológicos e o ciclo da água em uma determinada região, além de ser uma ferramenta essencial para o planejamento urbano e ambiental. Por meio da análise de informações relacionadas ao relevo, geologia e uso do solo, é possível identificar fragilidades e avaliar a susceptibilidade erosiva das bacias hidrográficas (SILVA; MACHADO, 2014). Para uma compreensão mais aprofundada dos aspectos morfométricos, ambientais e antrópicos das bacias hidrográficas, é fundamental realizar estudos e avaliações que incorporem análises espaciais utilizando imagens de satélite processadas por Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (ANA et al., 2019; DIAS et al., 2019).

A configuração de uma bacia hidrográfica pode ser descrita por parâmetros que estabelecem uma relação entre sua forma e figuras geométricas reconhecidas, tais como o Coeficiente de Compacidade ( $K_c$ ), fator de forma e índice de circularidade (NOBRE et al.,

2020). Ao compreender tais aspectos das bacias hidrográficas, é possível identificar áreas mais vulneráveis e desenvolver estratégias adequadas de manejo e conservação. Essas ações visam à preservação dos recursos hídricos e à promoção do equilíbrio ambiental na região.

O açude do Encanto, localizado na mesorregião Oeste Potiguar, no Semiárido do estado do Rio Grande do Norte, foi construído com finalidade de promover a segurança hídrica voltada ao abastecimento humano, agricultura, dessedentação animal, recreação e lazer. O açude do Encanto é um símbolo no que diz respeito a açudagem e sua função para a convivência com o semiárido, haja vista as agruras desse ambiente. Essa representatividade se expressa na segurança hídrica para a população local do município do Encanto, bem como para cidades vizinhas e estabelecimento de atividades subsidiadas pelas águas desse reservatório. Entretanto, estas geram repercussões ambientais, mediante o uso e ocupação do entorno do reservatório (ALBUQUERQUE et al., 2021).

Considerando a relevância deste açude diante de suas funcionalidades e sua inserção em ambiente de semiaridez da região, torna-se evidente a importância de caracterizar, mapear e identificar os principais aspectos físicos e morfométricos de sua bacia hidrográfica. Portanto, este estudo tem como objetivo realizar a caracterização morfométrica da Microbacia Hidrográfica do Encanto (MHE), RN, utilizando ferramentas de SIG.

## **Material e Método**

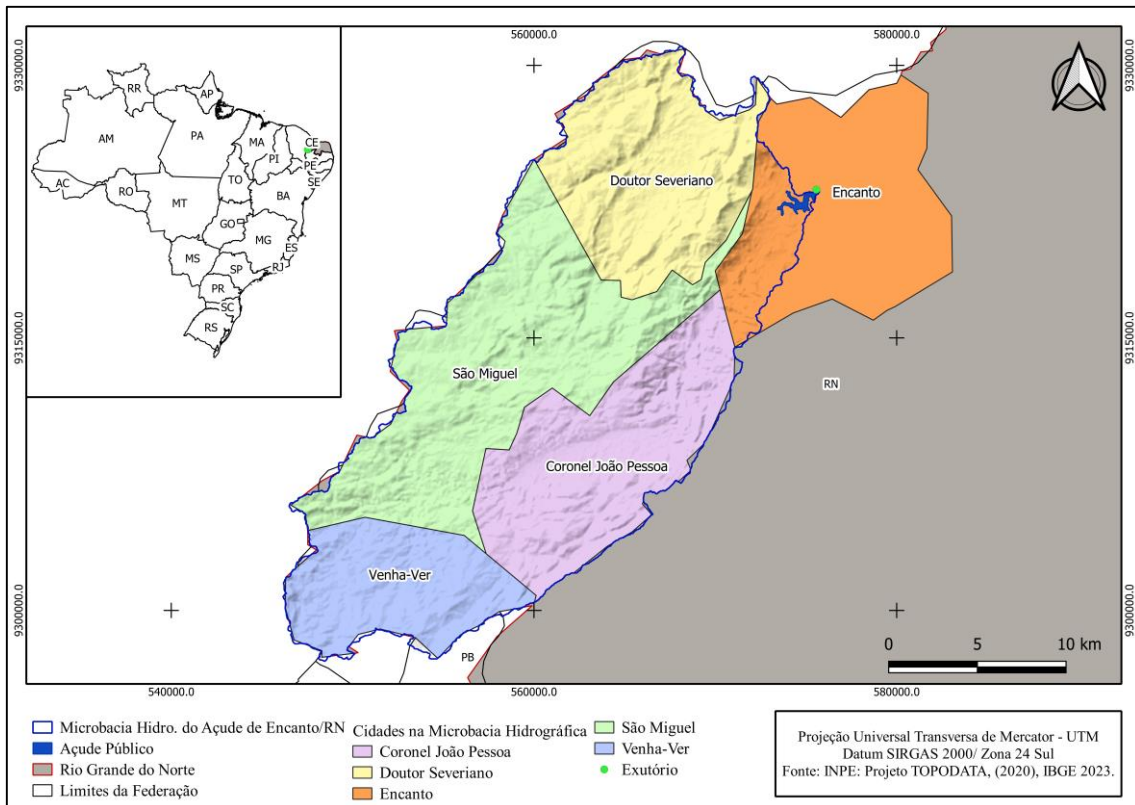
### **ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo abrange a Microbacia Hidrográfica do Encanto (MHE) pertencente a Bacia hidrográfica Apodi/Mossoró. A MHE tem seu exutório (açude público) localizado no município do Encanto, localizado na mesorregião Oeste Potiguar, no estado do Rio Grande do Norte, com população de 6.616 habitantes (IBGE, 2022). O açude público foi construído no ano de 1984 pela Secretaria de Agricultura (SAG) do Governo do Estado do Rio Grande do Norte, formado pelo represamento do riacho Encanto, cuja nascente está localizada nos maciços residuais do extremo sudoeste, entre os municípios de Venha-Ver e São Miguel (SOUZA ALBUQUERQUE et al., 2022).

A MHE abrange uma área territorial de 130 km<sup>2</sup> e tem capacidade máxima de acumulação de 5.192.538,00 m<sup>3</sup>, incluindo um volume morto de 160.398,00 m<sup>3</sup> (ANA, 2023; SEMARH, 2020), contempla os municípios São Miguel, Venha-Ver, Doutor Severiano, Coronel João Pessoa e Encanto, todos localizados no Rio Grande do Norte (Figura 1).

Essa região está situada na microrregião da Serra de São Miguel e apresenta um clima característico do semiárido nordestino. A vegetação predominante na região é a Caatinga Hiperxerófila, caracterizado por plantas adaptadas às condições de seca, como cactos, arbustos espinhosos e árvores de pequeno porte, abriga inúmeras espécies de plantas e animais endêmicos. A precipitação ocorre principalmente entre janeiro e junho, com uma média anual de aproximadamente 800 mm, as temperaturas variam entre 26°C e 31°C (SOUZA ALBUQUERQUE et al., 2022). A economia de Encanto é baseada principalmente na agricultura e pecuária. Além disso, o município tem potencial para o desenvolvimento do turismo rural e ecológico, aproveitando a beleza natural da região e as tradições culturais locais (SILVA et al., 2011).

**Figura 1-** Localização do açude público de Encanto e divisão política dos municípios inseridos na microbacia.



**Fonte:** Autores, 2023.

## COLETA E PROCESSAMENTO DE DADOS MORFOMÉTRICOS

Para realizar a coleta e processamento dos dados, foi necessário definir a área de estudo, que corresponde à MHE. A delimitação automática da microbacia foi realizada utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE), seguindo as especificações apresentadas na

Tabela 1. Esse modelo contém informações sobre a altitude da região e foi utilizado para determinar a extensão da microbacia hidrográfica em estudo e demais parâmetros geométricos e de drenagem.

**Tabela 1-** Descrição das características do MDE empregado no processamento da microbacia e seus parâmetros morfométricos

<b>Características</b>	<b>Modelo Digital de Elevação - MDE</b>
Resolução Espacial	30 m
Banda	Simplex falsa cor
folha	06S39_ZN
Sistema Geodésico de Referência	World Geodetic System– WGS84
Projeção	Cartográfica Universal Transversa Mercator - UTM
Fornecimento	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (TOPODATA)

**Fonte:** Autores (2023).

As análises espaciais foram conduzidas utilizando a ferramenta SIG no software QGIS versão 2.18 Ltr. Foram utilizados complementos com ferramentas de análise hidrológica do algoritmo GRASS, que consiste em um conjunto de ferramentas que permitem a delimitação de bacias hidrográficas e extração de redes de drenagem de maneira automática, rápida, precisa e objetiva (LOPES et al., 2022; MEDEIROS, BEZERRA, 2016), sendo determinado o açude do Encanto como local de exutório.

Além disso, foi delimitada a microbacia hidrográfica e extração da rede de drenagem com o comando `r.watershed` de forma quase automatizada. Além de delimitar a microbacia em particular, entrando com o par de coordenadas do ponto de exutório, pelo comando `r.water.outlet`.

A fim de analisar os parâmetros morfométricos da MHE, foram realizados cálculos matemáticos para se obter os parâmetros descritos na Tabela 2. Sendo estes conduzidos com o objetivo de caracterizar a forma geométrica, relevo e rede de drenagem da MHE.

**Tabela 2-** Parâmetros morfométricos avaliados na Microbacia Hidrográfica do Encanto (MHE)

<b>PARÂMETRO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>EQUAÇÃO</b>
<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b>		
Área de drenagem (A)	Área plana (projeção horizontal) inclusa entre seus divisores topográficos (km <sup>2</sup> )	$A$
Perímetro (P)	Linha imaginária que delimita a bacia através de um divisor de águas principal (km)	$P$
Fator de forma (K <sub>f</sub> )	Em que: A é a área de drenagem da bacia (km <sup>2</sup> ) e L o comprimento do curso d'água principal da bacia (km). Sendo avaliado conforme Villela e Mattos (1975). Sendo a relação entre a largura média da bacia e o seu comprimento axial, indicando a propensão a ser alongada (STRAHLER, 1957).	$K_f = \frac{A}{L^2}$



Coefficiente de compacidade (K <sub>c</sub> )	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).	$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$
Índice de circularidade (IC)	Tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a bacia tende para a forma alongada (TONELLO et al., 2006).	$I_c = \frac{12,57A}{P^2}$
<b>CARACTERÍSTICAS DO RELEVO</b>		
Altitudes máxima e mínima da microbacia e maior e menor altitude do canal principal (H <sub>min</sub> ; H <sub>máx</sub> ; HC <sub>máx</sub> );	As altitudes foram expressas em metros.	H <sub>min</sub> ; H <sub>máx</sub> ; HC <sub>máx</sub> ; HC <sub>min</sub> ;
Amplitude altimétrica (ΔH)	Diferença entre as altitudes máxima e mínima ocorrentes na bacia.	ΔH = H <sub>máx</sub> - H <sub>min</sub> ;
Declividade média da bacia (I)	A declividade representa a inclinação do terreno (AUGUSTO; SEABRA, 2017). A declividade da bacia é importante fator a determinar a velocidade do escoamento superficial, que determina o tempo de concentração da bacia e define a magnitude dos picos de enchente. Em que: I é a declividade média da bacia (%); D a equidistância vertical entre as curvas de nível (km); CN o comprimento total das curvas de nível (km), conforme Mello e Silva (2013)	$I = \frac{D}{A} \left( \sum_{i=1}^n CN_i \right) 100$
Declividade do curso d'água principal – álveo (I <sub>eq</sub> )	A velocidade do escoamento de um rio depende da declividade da calha fluvial: quanto maior a declividade, maior a velocidade do escoamento. Em que: I <sub>eq</sub> é a declividade equivalente (m km <sup>-1</sup> ); ΔH a amplitude altimétrica do curso d'água principal (m); e L é o comprimento do curso d'água principal (km), utilizado por Bezerra et al. (2015).	$I_{eq} = \frac{\Delta H}{L}$
<b>CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM</b>		
Comprimento do curso d'água principal (L):	Geralmente é expresso em km.	L
Rede de drenagem (Rd)	Somatório dos comprimentos (em km) de todos os cursos d'água de uma bacia hidrográfica, sejam eles: perenes, intermitentes ou efêmeros – da bacia hidrográfica.	$Rd = \sum Li$
Densidade de drenagem (Dd)	Fornecer uma indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem. Em que: Dd é a densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> ou m/ha), Rd a rede de drenagem (km ou m) e A é a área de drenagem da bacia (km <sup>2</sup> ou em ha). Sendo classificado conforme Beltrame (1994).	$Dd = \frac{Rd}{A}$
Ordem dos cursos d'água	Utilizou-se neste trabalho a classificação apresentada por Strahler (1957), representando o nível de ramificações e desenvolvimento do sistema da rede fluvial de drenagem de águas superficiais.	-
Extensão média do escoamento superficial (C <sub>m</sub> )	Relaciona a densidade de drenagem da bacia hidrográfica com o comprimento médio lateral da rede de drenagem.	$C_m = \frac{1}{4 \cdot Dd}$
Tempo de Concentração (T <sub>c</sub> )	É o tempo de percurso da água precipitada desde o ponto cinematicamente mais afastado da bacia hidrográfica até a seção de referência. O tempo de concentração (minutos) foi calculado pela fórmula de Kirpich Modificada, expressa por Rodrigues et al. (2016). ΔH é a diferença de cotas nas extremidades do dreno principal.	$t_c = 85,2 \cdot \left( \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$
Índice de Sinuosidade (Sin)	Relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (VILLELA E MATTOS, 1975).	$Sin = \frac{L}{L_t}$

**Fonte:** Autores (2023).

Para a elaboração do mapa temático com as declividades, foi utilizada a ferramenta de análise de raster no QGIS. Sendo que a declividade representa a inclinação do terreno, ou seja, é a medida da inclinação em relação à linha do horizonte, considerando a diferença de altura entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo do terreno (AUGUSTO; SEABRA, 2017). Em seguida, com o auxílio do Plugin GRASS e o comando r.reclass, os dados foram

refinados de acordo com as classes de declividade estabelecidas pela EMBRAPA (1979), conforme apresentado na Tabela 3. Esse processo permitiu atribuir valores específicos às diferentes faixas de declividade, resultando em uma representação visual mais precisa e adequada das características do terreno.

**Tabela 3-** Classificação da declividade EMBRAPA (1979).

Classes de Declividade (%)	Relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Suavemente ondulado
8 – 20	Ondulado
20- 45	Fortemente ondulado
45 – 75	Montanhoso
> 75	Fortemente montanhoso

Fonte: EMBRAPA (1979).

### Resultados e Discussões

Por meio do processamento dos dados da MHE e dos cálculos dos parâmetros físicos, foi possível obter resultados que fornecem informações sobre as características geométricas, de relevo e da rede de drenagem da microbacia, conforme Tabela 4.

**Tabela 4-** Características morfométricas da MHE.

Características	Parâmetros	Siglas	Unidades	Valores
Geométricas	Área da Bacia	$A$	Km <sup>2</sup>	497,27
	Perímetro	$P$	Km	138,35
	Coefficiente Compacidade	$K_c$	-	1,74
	Fator de Forma	$K_f$	-	0,20
	Índice de Circularidade	$I_c$	-	0,33
Relevo	Maior altitude da bacia	$H_{máx}$	m	836,73
	Maior altitude do canal principal	$HC_{máx}$	m	607,63
	Menor altitude da bacia	$H_{mín}$	m	210,35
	Menor altitude do canal principal	$HC_{mín}$	m	212,41
	Amplitude altimétrica	$\Delta H$	m	626,38
	Declividade média da bacia	$I$	%	15,34
Rede de Drenagem	Declividade do curso d'água principal	$I_{eq}$	m/Km	12,61
	Ordem da bacia	-	Ordem	5 <sup>a</sup>
	Número Total de Drenos	$N$	Und	390
	Comprimento do curso d'água principal da bacia	$L$	Km	49,66
	Comprimento do Talvegue	$L_t$	Km	36,63
	Índice de Sinuosidade	$Sin$	-	1,36
	Rede de drenagem	$R_d$	Km	451,23
	Densidade de drenagem	$D_d$	Km/Km <sup>2</sup>	0,91
	Densidade da Rede de Drenagem	$D_r$	Drenos/Km <sup>2</sup>	0,78
	Extensão média do escoamento Superficial	$C_m$	Km	0,27
Tempo de Concentração	$t_c$	min	649,44	

Fonte: Autores (2023).



Ao avaliar a configuração geométrica da MHE, o Kc apresentou um valor de 1,74, conforme indicado no Tabela 4. O coeficiente Kc varia de acordo com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular a bacia, maior será o coeficiente de compacidade (VILLELA; MATTOS, 1975). À medida que a bacia se aproxima de uma forma circular, ou seja, quanto mais próximo o valor de Kc estiver de 1, aumentam as chances de ocorrerem enchentes significativas. Com base nesse critério, as bacias podem ser classificadas por Villela e Mattos (1975) de acordo com o valor de Kc: para  $1,00 < Kc < 1,25$ , a bacia apresenta alta propensão a grandes enchentes; para  $1,25 < Kc < 1,50$ , a bacia tem uma tendência mediana a grandes enchentes; para  $Kc > 1,50$ , a bacia possui baixa probabilidade de ocorrência de grandes enchentes.

Na microbacia em análise, observou-se um Kf de 0,20 (Tabela 4). Quanto menor o valor de Kf, mais compacta é a forma da bacia, e não mais alongada. Dessa forma, uma bacia com um Kf baixo indica que a forma da bacia é mais compacta, o que sugere uma menor propensão a enchentes em comparação com uma bacia que apresenta um valor mais elevado de Kf. Bacias com formas mais compactas tendem a ter um escoamento mais eficiente, o que pode contribuir para uma menor probabilidade de enchentes significativas em condições normais de precipitação. Assim, quando o valor desse índice é menor, a forma da bacia se torna mais alongada, resultando em uma menor vulnerabilidade a enchentes. Isso evidencia que a MHE não apresenta uma configuração circular, mas sim uma tendência para uma forma alongada (ALMEIDA, 2017; VILLELA; MATTOS, 1975).

No caso da MHE, o valor do IC foi de 0,33, indicando que a microbacia apresenta uma forma alongada, conforme é possível observar visualmente na Figura 1. O Índice de Sinuosidade apresentou um valor de 1,36 (Tabela 4), indicando que o canal principal da MHE se apresenta mais retilíneo. De acordo com Moura (2013), valores próximos a 1,0 indicam um canal tendendo a ser retilíneo, enquanto valores acima de 2,0 indicam canal tortuoso. Valores intermediários sugerem forma transicional, regular e irregular. Destaca-se que canais que apresentam maior sinuosidade tendem a ter uma velocidade de escoamento da água menor em comparação com canais retos. Essa característica pode resultar em um aumento do tempo de percurso da água, favorecendo a ocorrência de cheias rápidas. É relevante observar que o comprimento do curso d'água principal na bacia em análise, nomeado riacho do Encanto, foi de 49,66 km, indicando a extensão do canal ao longo da microbacia.

Conforme os cálculos dos parâmetros morfométricos, foi observada velocidade de escoamento de água na microbacia, resultando em um tempo de concentração de 649,44

minutos (Tabela 4). De acordo com Nobre et al. (2020), a declividade de uma bacia hidrográfica influencia diretamente na velocidade do escoamento superficial. Quanto maior a declividade, maior é a velocidade do escoamento, o que resulta em menor tempo de concentração e aumenta os riscos de ocorrência de picos de enchentes. Além disso, a ausência de cobertura vegetal, a classe de solo e a intensidade das chuvas também desempenham um papel importante. Isto é, quando associados a uma maior declividade, esses fatores contribuem para um aumento da velocidade do escoamento e uma redução na infiltração no solo.

A MHE apresentou Dd de 0,91 km/km<sup>2</sup>, classificando-a como uma densidade de drenagem regular, de acordo com Villela e Mattos (1975). Esse parâmetro é importante para indicar o grau de desenvolvimento do sistema da bacia, fornecendo informações sobre a eficiência da drenagem.

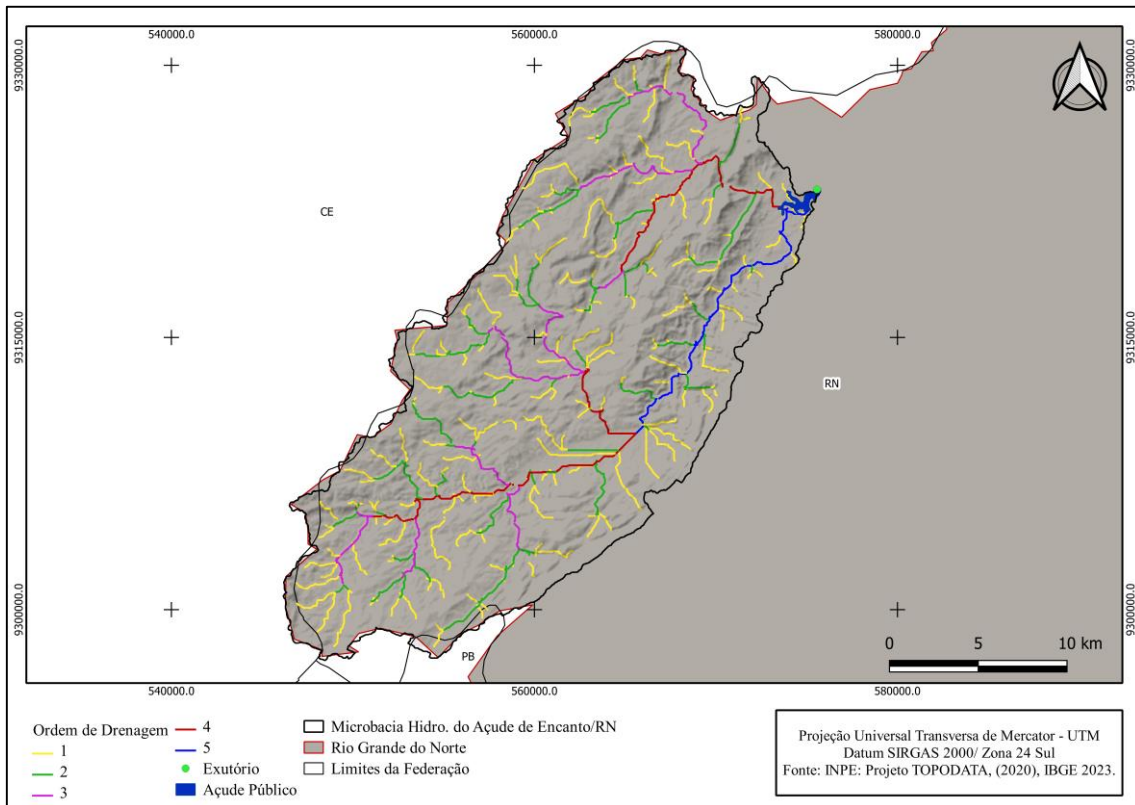
Além disso, a hierarquia fluvial que se refere à classificação da rede de drenagem em diferentes níveis, desde os canais menores (de primeira ordem) até os canais maiores (de ordem superior) para a rede de drenagem, permitindo uma melhor compreensão da organização e estrutura da rede de rios e canais na área em estudo. Sendo o padrão de ramificação dos drenos da MHE identificado como 5ª ordem, de acordo com a classificação de Strahler (1957), como pode ser observado na Tabela 5 e na Figura 2. Ao entender o arranjo de tal arranjo fluvial ajuda a identificar quais áreas são mais suscetíveis a inundações, erosão e outras alterações ambientais.

**Tabela 5-** Hierarquia da drenagem e a relação entre o número e extensão da MHE

<b>Ordem dos canais</b>	<b>Nº de canais</b>	<b>Extensão dos canais (Km)</b>
1ª	196	229,25
2ª	88	104,31
3ª	42	54,19
4ª	43	41,32
5ª	21	22,15

**Fonte:** Elaborado pelos autores, segundo a Classificação de Strahler (1957).

**Figura 2-** Rede de drenagem e hierarquia dos canais na Microbacia Hidrográfica do Encanto (MHE).



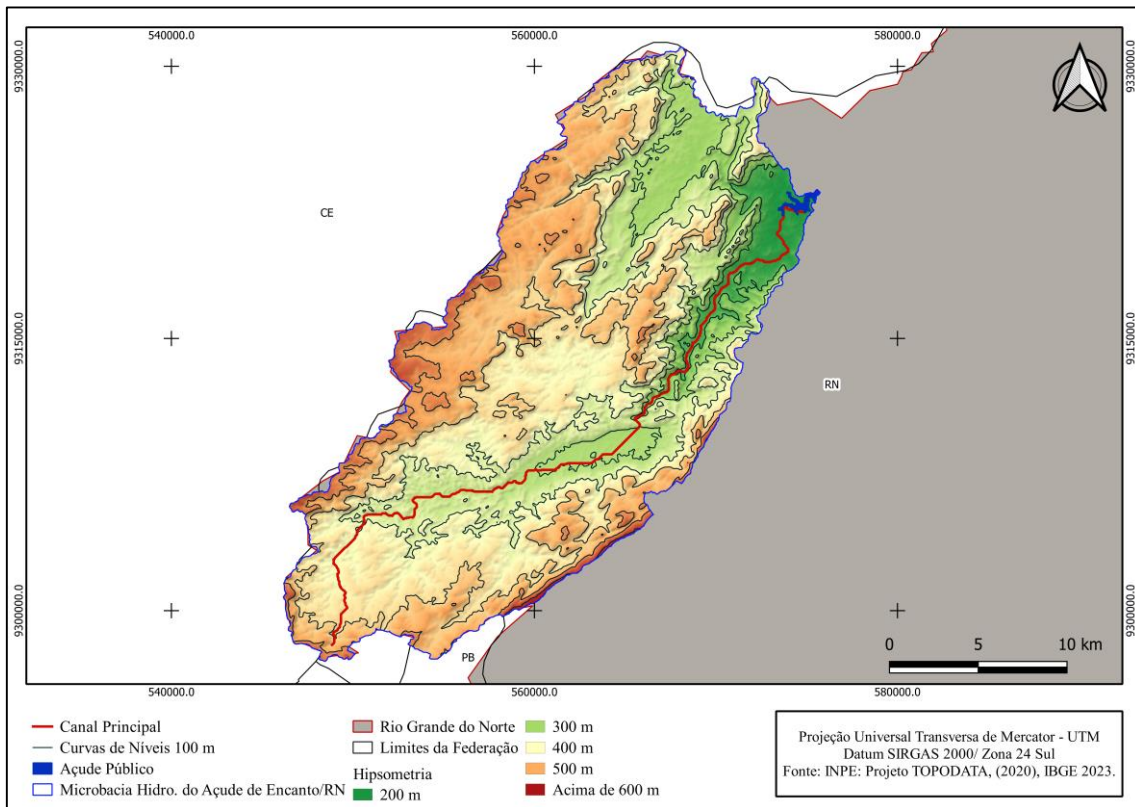
Fonte: Autores, 2023.

A Dh na microbacia foi medida em 0,78 drenos km<sup>2</sup>, o que significa que a cada quilômetro quadrado existem 0,78 canais, o que indica uma densidade relativamente baixa da rede de drenagem na microbacia.

Conforme Christofolletti (1980), as bacias hidrográficas podem ser classificadas em três tipos: exorreicas, endorreicas e arreicas. A classificação geométrica considera os padrões de drenagem, que incluem os tipos dendrítico, em treliça e efêmero. A MHE se enquadra na classificação dendrítica, pois sua configuração de drenagem assemelha-se a uma árvore. Além disso, é classificada como endorreica, o que significa que não possui saída para o mar, e suas águas são direcionadas para uma única área de descarga, como um açude, no caso, o açude público do Encanto.

Com base nos dados de variação de altitude, é possível determinar as curvas de nível da MHE, que são representações gráficas da variação altimétrica em relação à área da bacia. A Figura 3 apresenta a hipsometria e as curvas de nível a cada intervalo de 100 metros e mostram o perfil topográfico da microbacia, revelando as diferentes altitudes ao longo do seu território.

**Figura 3-** Curva de nível e hipsometria na Microbacia Hidrográfica do Encanto (MHE).



**Fonte:** Autores, 2023.

No caso da MHE, o relevo apresenta um perfil topográfico caracterizado por curvas de nível que variam entre 200 a 700 metros acima do nível médio do mar. Essa variação altimétrica sugere um relevo serrano na microbacia, indicando a presença de áreas com altitudes mais elevadas, como colinas, morros ou até mesmo montanhas. Essas características topográficas têm influência direta no escoamento da água, na drenagem e na distribuição dos recursos hídricos dentro da microbacia.

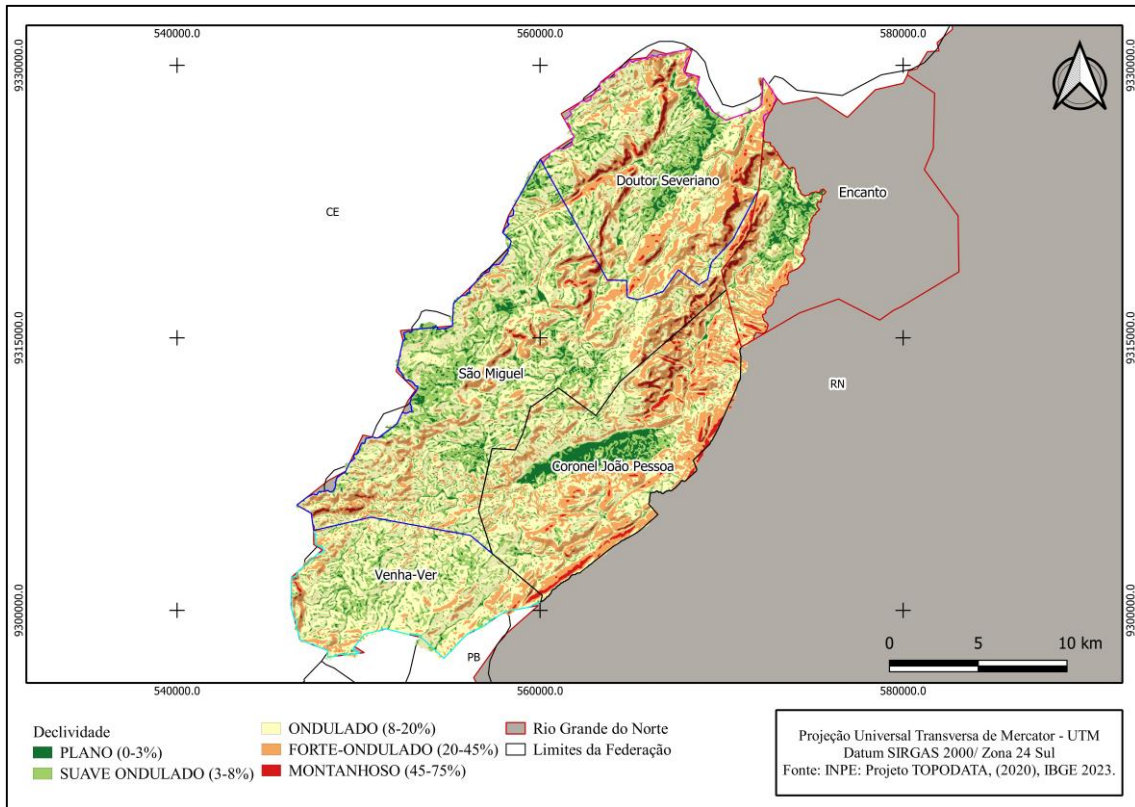
A análise da hipsometria revelou uma variação altimétrica no perfil topográfico da microbacia, com altitudes variando de 210,35 m a 836,73 m. Observa-se que as áreas com menor altitude (200 – 300 m) estão localizadas nas proximidades do corpo d'água lântico, o que pode se referir ao açude presente na região. Por outro lado, as áreas com altitudes mais elevadas (600 – 800 m) estão situadas nos extremos da microbacia, nas microrregiões da Serra de São Miguel, Venha-ver e Coronel João Pessoa. Essa análise altimétrica permite compreender a variação do relevo na microbacia e identificar as áreas de maior e menor altitude, o que pode ter influência no comportamento hidrológico e na distribuição dos recursos hídricos na região. Áreas de maior altitude geralmente contribuem para um escoamento superficial mais rápido devido à maior declividade, enquanto áreas mais planas

retardam o escoamento, favorecendo a infiltração e a recarga de aquíferos. Além disso, a topografia influencia a formação e direção das redes de drenagem, determinando como a água se distribui e se acumula na paisagem. Áreas planas ou de menor altitude podem se tornar zonas de acúmulo de água, essenciais para a formação de nascentes e corpos d'água permanentes ou temporários.

A declividade do curso d'água principal é um parâmetro importante para compreender a dinâmica do escoamento da água na microbacia. Valores mais altos de declividade indicam uma inclinação mais acentuada do terreno, o que geralmente resulta em um fluxo de água mais rápido e vigoroso (NOBRE et al., 2020). Essa informação é relevante para avaliar a capacidade de transporte de sedimentos, a velocidade do escoamento e a possibilidade de ocorrência de processos erosivos na microbacia.

A MHE apresentou  $I_{eq}$  com um valor de  $12,61 \text{ m km}^{-1}$ , conforme indicado na Figura 4. Portanto, sugere uma inclinação significativa do terreno, sugerindo um escoamento mais intenso e uma maior susceptibilidade a processos erosivos. Essa acentuada declividade torna-se um fator ainda mais agravante devido à localização de depósitos de resíduos sólidos, facilitando o escoamento desses materiais e intensificando os processos erosivos. Com isso as descargas desses resíduos têm como destino final o reservatório que é utilizado para o abastecimento público, potencializando o risco de contaminação (COSTA; ALVES, 2011).

**Figura 4-** Declividade na Microbacia Hidrográfica do Encanto (MHE).



**Fonte:** Autores.

A MHE apresenta predominantemente uma declividade ondulada (8 – 20%), com cerca de 222,2 km<sup>2</sup>, forte ondulado (20 – 45%) com 119,5 km<sup>2</sup>, suave ondulado (3 – 8%) com 110,1 km<sup>2</sup>, seguido de plano (0 – 3%), com 29,3km<sup>2</sup> e montanhoso (45 – 75%), com 12,8 km<sup>2</sup>, a microbacia não apresentou ocorrência do relevo forte montanhoso de acordo com a classificação proposta pela Embrapa (1979). A Figura 5 mostra que as áreas de maior declividade estão localizadas nas extremidades e no centro da bacia, indicando as regiões de relevo mais íngreme, que correspondem às serras. Essas áreas fazem divisa com os Estados da Paraíba e Ceará, além de estarem próximas ao centro da bacia.

É importante destacar que as áreas com declividade superior a 45% devem ser preservadas e mantidas como Áreas de Preservação Permanente (APP), de acordo com a Lei Lei 12.651 de 2012, que institui o Código Florestal (BRASIL, 2012). Essa legislação visa proteger as áreas de maior inclinação do terreno, devido à sua sensibilidade aos processos erosivos e à necessidade de conservação dos recursos naturais (SANTOS FILHO, 2015). Portanto, é fundamental adotar medidas de preservação e manejo adequado nessas áreas para garantir a proteção ambiental.



As informações fornecidas pelas cartas de declividade são ferramentas úteis para a análise do relevo, representando de forma temática a distribuição espacial dos diferentes níveis de inclinação existentes no terreno. Essas cartas auxiliam na análise da paisagem e são essenciais para compreender as formas do relevo de uma região sujeita a movimentos de massa e fluidos.

O estudo da declividade de um terreno é importante, pois está diretamente relacionado ao processo de erosão. A declividade é um dos fatores que influenciam o processo erosivo do terreno e desempenha um papel significativo na compreensão da erosão em uma bacia. Quanto maior a inclinação do relevo da bacia, maior tende a ser a aceleração do processo de erosão (SCHIAVO et al., 2016).

## **Conclusões**

A análise dos parâmetros morfométricos e altimétricos da Microbacia Hidrográfica do Encanto (MHE) evidencia diversas influências significativas no comportamento hidrológico e na distribuição dos recursos hídricos da região. A declividade do canal principal sugere uma tendência de baixa velocidade no escoamento superficial da água. As áreas de maior altitude, com sua maior declividade, propiciam um escoamento mais rápido e direto, contribuindo para o rápido acúmulo de água no reservatório. Em contrapartida, as regiões mais planas retardam o escoamento, favorecendo a infiltração de água no solo e contribuindo para a recarga dos aquíferos.

A MHE apresenta um sistema de drenagem dendrítico e endorreico, que contribui para um rápido acúmulo de água no reservatório, permitindo disponibilidade para atender às necessidades locais, como o abastecimento de água potável, irrigação agrícola, pecuária, recreação e lazer, e manutenção do ecossistema. A densidade de drenagem indica que a rede é regularmente distribuída na microbacia, o que favorece o escoamento eficiente da água para o reservatório.

A presença de canais de drenagem, juntamente com o canal principal, indica uma rede de drenagem bem desenvolvida, com várias ramificações e drenos na microbacia. Essas ramificações proporcionam um rápido escoamento da água para o reservatório, permitindo a captação eficiente de água de diferentes áreas da microbacia.

O índice de circularidade indica que a microbacia possui uma forma alongada. Essa configuração geométrica não é propícia para grandes enchentes, pois indica uma menor tendência de retenção de água em áreas específicas. Considerando todas essas características,

a MHE tende a apresentar um rápido acúmulo de água no reservatório devido à sua eficiente captação e armazenamento. Além disso, a MHE apresenta uma baixa suscetibilidade a grandes enchentes.

A análise da declividade do terreno reforça a necessidade de medidas de preservação ambiental, especialmente nas áreas de maior inclinação, classificadas como Áreas de Preservação Permanente (APP) segundo o Código Florestal. A proteção dessas áreas é fundamental para prevenir a degradação dos recursos naturais e garantir a sustentabilidade ambiental da microbacia. Diante os resultados obtidos, foi possível observar que existem lacunas nas pesquisas e no desenvolvimento de estudos que analisam a qualidade das nascentes. Como já citado, as nascentes são importantes recursos hídricos que influenciam no ecossistema aquático e quando sofrem alguma ação antrópica, possivelmente essa ação pode prejudicar o ecossistema inteiro, trazendo um desequilíbrio. Sendo assim, é importante desenvolver pesquisas futuramente que abordam o tema, a fim de proteger a funcionalidade desse recurso vital.

## 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. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/7269>. Acesso em: 09 de julho de 2023.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Sistema de acompanhamento de reservatórios-SAR.** Disponível em: <https://www.ana.gov.br/sar/nordeste-e-semiarido/rio-grande-do-norte>. Acesso em: 26 abril 2023.

AUGUSTO, Rafael Cardão; SEABRA, V. S. Mapeamento dos domínios geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Caceribu-RJ. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 2, 2017.

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.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Demográfico 2022.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao.html>. Acesso em: 21 jul. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Institui o Código Florestal.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 20 jun. 2024.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação.** Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.

CARNEIRO, P.R.F.; CARDOSO, A.L.; ZAMPRONIO, G.B. MARTINGIL, M.C. 2010. **A gestão integrada de recursos hídricos e do uso do solo em bacias urbano-metropolitanas:** o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí na Baixada Fluminense.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2ªed. São Paulo. Edgard Blücher, 1980, p. 03- 50.

COSTA, L. B.; ALVES, A. de M. **Contaminação de água por resíduos sólidos: uma perspectiva geomorfológica nos municípios de Dr. Severiano e Encanto-RN.** GEOTemas, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v. 1, n. 1, p. 79-90, jan./jun. 2011.

DIAS, J. C. G.; SILVA, E. B.; SANTOS, P. R. S. A ocupação desordenada das bacias hidrográficas: impactos ambientais e propostas de gestão sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, e5, 2019

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; 1999. 415 p.

EUGÊNIO, F. C.; MARTINS, V. F.; SOUZA, L. A. Ocupação inadequada das bacias hidrográficas: impactos e soluções. **Revista de Gestão de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 3, p. 45-59, 2017.

GOUVEIA, R. L.; PEDROSA, I. V. Gestão das políticas governamentais para os recursos hídricos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Desenvolvimento em Questão**, v. 13, n. 32, p. 103, 2015. Disponível em: <https://200.17.87.11/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/3984>. Acesso em: 09 de julho de 2023.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH). **Dados dos reservatórios monitorados no estado**. Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br/>. Acesso em: 12 mar. 2020.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/lucrecia/historico>. Censo 2022.

INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IGARN). Disponível em: <http://www.igarn.rn.gov.br/>. Acesso em: 19 de junho 2024.

KROTH, D.; VIEIRA, L.; YKEIZUMI, M. Ocupação inadequada das bacias hidrográficas: impactos e soluções. **Revista de Gestão de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 120-134, 2020.

LOPES, J. R. A., BEZERRA, J. M., ALMEIDA, N. M. D. P., COSTA, H. C. G., FERNANDES, G. S. T., GONÇALVES, G. L., MENDONÇA, S. S. C., JÚNIOR, M. E. O. (2022). Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Açude Grande no

semiárido do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(01), 429-442. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p429-442>.

MEDEIROS, M. A.; BEZERRA, J. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas por meio de SIG: bacia do Santa Cruz do Apodi-RN. **ANAIS** do 1o Encontro Nacional de Planejamento Urbano e Regional no Semiárido (I ENAPUR-Semiárido), p. 911–919, 2016. Disponível em: [http://www.uern.br/controladepaginas/pp3197-ienapu/arquivos/4312anais\\_\\_do\\_i\\_enapur\\_semiarido.pdf](http://www.uern.br/controladepaginas/pp3197-ienapu/arquivos/4312anais__do_i_enapur_semiarido.pdf). Acesso em: 20 de julho de 2023.

MELLO, C. R. de.; SILVA, A. M. da. **Hidrologia: Princípios e Aplicações em Sistemas Agrícolas**. UFLA/MG. 2013, 455p.

MOREIRA, A. F.; SOUZA, J. P.; SILVA, R. Ocupação desordenada e qualidade dos recursos hídricos: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 4, p. 700-714, 2015.

MOURA, C. A. DE. Avaliação de tendência a enchentes das bacias hidrográficas do município de Caraguatatuba (SP). **Revista de Geografia** (Recife), v. 30, n. 2, p. 123–138, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229012>. Acesso em: 09 de julho de 2023.

NOBRE, N. C. et al. Caracterização morfométrica, climática e de uso do solo da bacia hidrográfica do Rio Farinha-MA. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 1, p. 11–34, 2020. Disponível em: <http://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/19021>. Acesso em: 09 de julho de 2022.

OLIVEIRA NETO, M.B.; SANTOS, J. C. P.; MEDEIROS, J. F.; QUEIROZ, A. F.; MARQUES, F. A.; SILVA, M. S. L. Zoneamento da área do entorno da barragem de Pau dos Ferros-RN. In: **Reunião Nordestina de Ciência do Solo**, 3, 2016, Aracaju. Integração e uso do conhecimento para uma agricultura sustentável no Nordeste. Aracaju: SBCS, Núcleo Regional Nordeste, 2016., 2016

PINTO FILHO, J. L.; CUNHA, L. Governança da água: comparação entre a região hidrográfica do centro de Portugal e a bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró/RN no Brasil. **Geosul**, v. 36, n. 78, p. 582-609, 2021.

RODRIGUES, R. S. S.; FERNANDES, L. L.; CRISPIM, D. L.; VIEIRA, A. S. A.; PESSOA, F. C. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil. **Revista Verde**, v. 11, n.3, p.143-150, 2016.

SANTOS FILHO, Altair Oliveira et al. A evolução do código florestal brasileiro. **Caderno de Graduação-Ciências Humanas e Sociais-UNIT**, v. 2, n. 3, p. 271-290, 2015

SEMARH - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. **Relatório de Capacidade de Acumulação do Açude Público do Encanto**. Natal: SEMARH, 2020. Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br>

SCHIAVO, B. N. DE V. et al. Characterization of the environmental fragility of a urban river basin in the municipality of Santa Maria – RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 464–474, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/231166404.pdf>. Acesso em: 09 de julho de 2022.

SILVA, V. C. B.; MACHADO, P.S. SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego mutuca, Nova Lima-Minas Gerais. **Revista de Geografia**, v. 31, n. 2, p. 66–87, 2014.

SILVA, Á. P. M.; MEDEIROS, J. F. Problemas socioambientais causados pelas indústrias de cerâmicas no município de Encanto-RN. **GEOTemas**, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v. 1, n. 1, p. 67-77, jan./jun., 2011.

SOUZA ALBUQUERQUE, D., NOBRE DE SOUZA, A. C. ., GOMES DE SOUZA, S. D. ., MARTINS DE SOUSA, M. L. . (2022). A açudagem e suas implicações na convivência com o semiárido brasileiro: uma análise do Açude Público Encanto, RN, Brasil. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, 15(2), 7–25.

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

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG. *Rev. Árvore*, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

VALE, M. A.; PEREIRA, L. C.; MENDES, R. S. Impactos ambientais da ocupação inadequada de bacias hidrográficas. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 300-315, 2015.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mc Graw Hill, 1975. 245p.

Recebido em: julho de 2024

Aceito em: março de 2025