



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

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



Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Açude Grande no semiárido do Rio Grande do Norte

Jessica Rafaelly Almeida Lopes¹, Joel Medeiros Bezerra², Natália Maria Diniz Pereira Almeida³, Helves Cleverton Guerra Costa⁴, Gabriel Siqueira Tavares Fernandes⁵, Gustavo Leite Gonçalves⁶, Sarah de Souza Cruz Mendonça⁷, Marcos Elias de Oliveira Júnior⁸

¹Mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPEAMB/UFRPE), Recife/PE. Bacharel em

²Doutor em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professor na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Departamento de Engenharias e Tecnologia (DETEC), Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil.

³Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

⁴Engenharia Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

⁵Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

⁶Mestre em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife/PE, Brasil.

⁷Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

⁸Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Artigo recebido em 03/08/2021 e aceito em 09/02/2022

RESUMO

Os estudos morfométricos auxiliam no planejamento e gerenciamento de microbacias hidrográficas, determinando os parâmetros fisiográficos, de relevo e drenagem para avaliar o comportamento hidrológico da bacia. O presente estudo teve por objetivo caracterizar a morfometria da microbacia hidrográfica do Açude Grande de Caraúbas/RN. Foram utilizados para a delimitação automática da bacia o Modelo Digital de Elevação (MDE), a partir do projeto TOPODATA, obtido junto ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e utilizado o SIG gratuito e de linguagem aberta QGIS, com auxílio dos plugins do GRASS e do SAGA, possibilitando a determinação de parâmetros que remetem a drenagem, forma e relevo. A microbacia possui uma área de 9,706 km², perímetro de 20,673 km. De acordo com os índices morfométricos é considerada de 4ª ordem, bastante ramificada, de formato pouco alongado, apresenta pequena tendência a grandes enchentes, o relevo correspondeu de plano a suave ondulado. Com isso, a partir do emprego de ferramentas geotecnológicas contribuindo para o zoneamento ambiental de uma área e podendo cooperar para o gerenciamento dos recursos hídricos, bem como para uso e ocupação do solo de forma sustentável.

Palavras-chave: diagnóstico, geotecnologias, sensoriamento remoto.

Morphometric characterization of the Açude Grande hydrographic microbasin in the semiarid region of Rio Grande do Norte

ABSTRACT

Morphometric studies assist in the planning and management of micro watersheds, determining the physical, relief and drainage parameters to assess the hydrological behavior of the basin. The present study aimed to characterize the morphometry of the micro watershed of Açude Grande, Caraúbas/RN. The Digital Elevation Model (DEM) was used to automatically delimit the basin, from the TOPODATA project, from the Space Research Institute (SRI) and use the free GIS and the open language QGIS, with the aid of the SAGA plugin. A micro watershed has an area of 9.706 km², with a perimeter of 20.673 km. According to the morphometric indices, it is considered to be of 4th order, quite branched, of little elongated shape, with small tendencies to large fillings, or the relief corresponds to a smooth wavy plane. With this, using geotechnological tools to contribute to the environmental zoning of an area and can cooperate for the management of water resources, as well as for the use and occupation of sustainable soil.

Keywords: Environmental diagnosis; Geotechnologies; Morphometry.

Introdução

As análises e estudos em bacias hidrográficas constituem importantes ferramentas na gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que o planejamento dessas áreas permite minimizar os impactos negativos sobre os compartimentos e sobre a qualidade ambiental. Medidas que visem a ação humana planejada, com foco na quantificação das potencialidades da paisagem, como o plano de gestão de bacias hidrográficas, constituem boas práticas na promoção de melhorias da gestão dos elementos naturais (Mezzomo e Gasparini, 2016).

O uso e ocupação irregular de áreas próximas aos corpos hídricos pelo ser humano, de forma predatória, pode impactar negativamente este meio, ocasionando o desequilíbrio do sistema natural, degradação ambiental e a redução dos recursos hídricos. Lixões no entorno das nascentes; queimadas; atividades de pastagem e agricultura; despejo de efluentes nos corpos d'água; urbanização nas Áreas de Preservação Permanente (APP); uso da água sem outorga; são exemplos disso (Aragão et al., 2019; Silva e Lima, 2019).

Nesse sentido, destaca-se a importância da gestão dos recursos hídricos no contexto do planejamento ambiental e ordenamento territorial, especialmente nos planos de gestão de bacias hidrográficas, para que se possa compreender a paisagem geográfica, analisar detalhadamente o meio e as modificações provocadas pela ação antrópica. A partir da bacia hidrográfica é possível realizar uma análise sistemática dos fatores ambientais, sociais e econômicos (Silva e Lima, 2019; Carvalho, 2020; Chaves e Pinto Filho, 2020).

Segundo Schiavetti e Camargo (2002), na perspectiva do estudo hidrológico, define-se bacia hidrográfica como o conjunto de terras drenadas por um corpo de água principal e seus efluentes. Outro conceito importante é de que ela é uma área da qual a água escoar para um determinado ponto em um sistema de drenagem (Kanhaiya et al., 2019).

A bacia hidrográfica é a unidade mais apropriada para os estudos dos fluxos d'água responsável pelo carreamento de nutrientes e sedimentos no rio principal e seus tributários, sendo unidade hidrológica ideal para conduzir atividades de desenvolvimento relacionada à gestão e gerenciamento da água, facilitando a execução de medidas estratégicas para os múltiplos usos desta (Schiavetti e Camargo, 2002; Kanhaiya et al., 2019; Silva e Ferreira, 2019).

Desse modo, as características físicas da bacia hidrográfica influenciam os elementos componentes e vazões. A quantidade de água no deflúvio, a taxa de água no deflúvio e taxa de sedimentação, por exemplo, são influenciadas pela área da bacia hidrográfica, sua forma e o relevo e a extensão dos canais, respectivamente (Tonello et al., 2006). A caracterização hidrológica permite investigar o contexto da bacia e sua vulnerabilidade ambiental, como uso e cobertura do meio, balanço hídrico, hierarquia fluvial e vazão reguladora (Peixoto et al., 2021).

A análise morfométrica relaciona as características físicas, geográficas e topográficas da bacia hidrográfica e o seu comportamento hidrográfico (Souza et al., 2018), em que sua caracterização é amplamente usada e necessária em estudos hidrológicos ou ambientais (Sahu et al., 2017), verificando em seus resultados a identificação da suscetibilidade de enchentes e inundações, rede de drenagem, características do relevo, uso da terra, declividade, em que permite avaliar o escoamento superficial na bacia (Lacerda et al., 2019).

A caracterização morfométrica é uma ferramenta útil na gestão de recursos hídricos, uma vez que fornece o diagnóstico e possibilita o planejamento do uso dos recursos naturais, auxiliando no manejo integrado da bacia hidrográfica (Nobre et al. 2019).

As geotecnologias permitem melhor subsidiar a unidade territorial através da utilização de imagens de satélites com o emprego das técnicas de Sensoriamento Remoto e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), possibilitando melhorias na qualidade ambiental (Singh et al., 2018; Aires et al., 2021).

Estas atuam como ferramentas que auxiliam na obtenção de informações espaciais, amplamente usadas em estudos ambientais em bacias hidrográficas, com a formulação de mapas, avaliando os aspectos físicos e a dinâmica multitemporal das alterações do ambiente ao longo dos anos e demais informações fisiográficas da bacia, dentre eles os referentes a morfometria (Singh et al., 2018; Silva et al., 2020; Aires et al., 2021).

O estudo de bacias hidrográficas pode ser objetivado a promoção do gerenciamento de usos e intervenções nas atividades existentes. Nesse sentido, é um elemento importante por oferecer maior profundidade nos conhecimentos sobre as

especificidades dos corpos hídricos, prevenindo problemas e possibilitar a implantação de tecnologias em prol da gestão da água, garantindo sua disponibilidade por mais tempo (Teles, Silva e Rocha, 2019; Rajasekhar, Sudarsana Raju e Siddi Raju, 2020).

Inserido nesse contexto, tem-se a microbacia hidrográfica do Açude Grande, situada no semiárido potiguar. A qual se destaca por atender múltiplos usos em função da sua disponibilidade hídrica, sendo que este corpo hídrico é utilizado tanto para fins de recreação, bem como para irrigação. Arelado com as problemáticas desencadeadas pela expansão urbana e crescimento populacional, além das condições edafoclimáticas peculiares a região.

Diante disso, o presente estudo tem por objetivo caracterizar a morfometria da microbacia hidrográfica do Açude Grande de Caraúbas, no Rio Grande do Norte, determinando os parâmetros

fisiográficos, de relevo e drenagem para avaliar o comportamento hidrológico da microbacia.

Material e métodos

Localização e Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado na microbacia vertente do Açude do Governo ou Vila de Caraúbas, conhecido popularmente como “Açude Grande”. Sendo considerado local de exultório da microbacia em estudo.

O Açude Grande foi uma obra realizada pelo Governo Federal em 1926, sendo que está situado no município de Caraúbas/RN, Figura 1, sua construção tinha por objetivo a irrigação, lazer e recreação, beneficiando uma população estimada em 20.493 habitantes (IBGE, 2019). Além disso, o Açude tem capacidade de armazenar 11.110.000 m³ de água (CRPM, 2005).

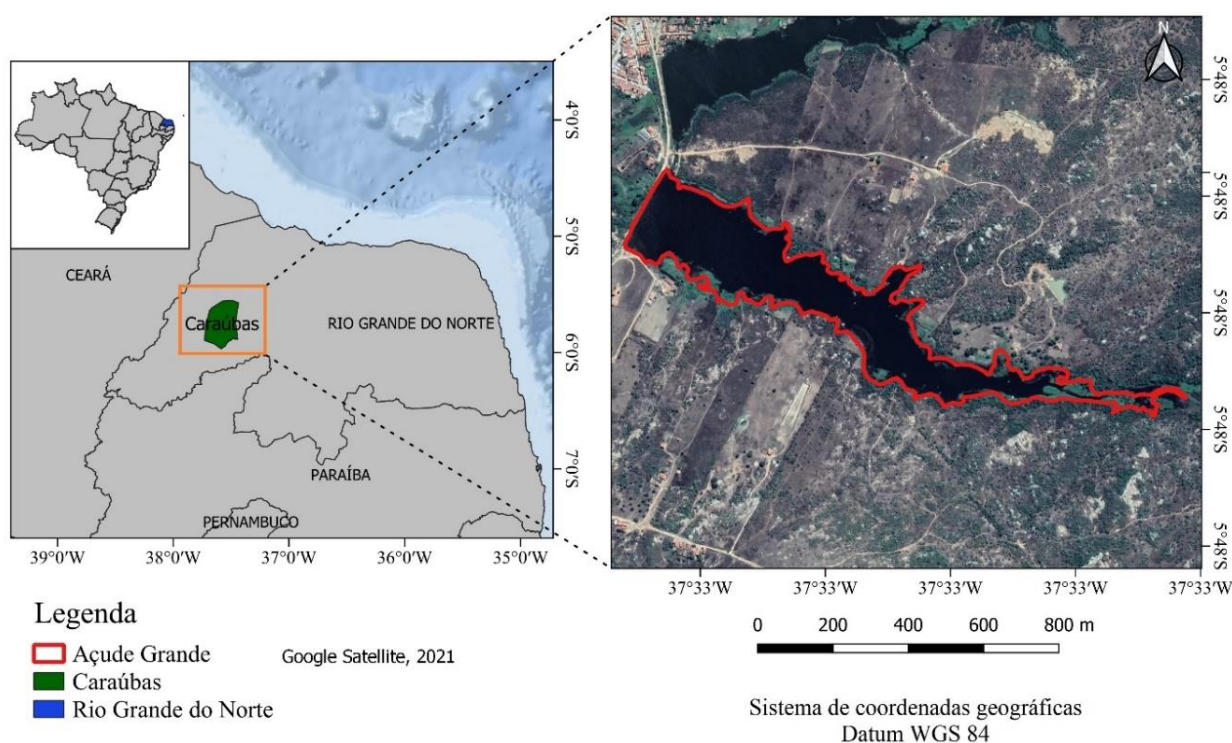


Figura 1. Localização do Açude Grande, Caraúbas/RN.

A formação dos solos onde está localizado o objeto de estudo é constituída basicamente por cinco tipos, são eles: os Latossolos, Argissolos, Luvisolos, Cambissolos e o Neossolo regolítico, sendo o mais predominante os Neossolos regolítico, caracterizam-se por serem solos profundos, apresentam textura arenosa e drenagem excessiva (EMBRAPA, 2018).

A microbacia encontra-se situada em depressões rochosas relacionadas à litologias pré-cambrianas, representada por rochas do Mesozoico ao Paleoproterozóico que compreendem os

37°48'W 37°44'W 37°40'W 37°35'W 37°31'W 37°27'W 37°23'W

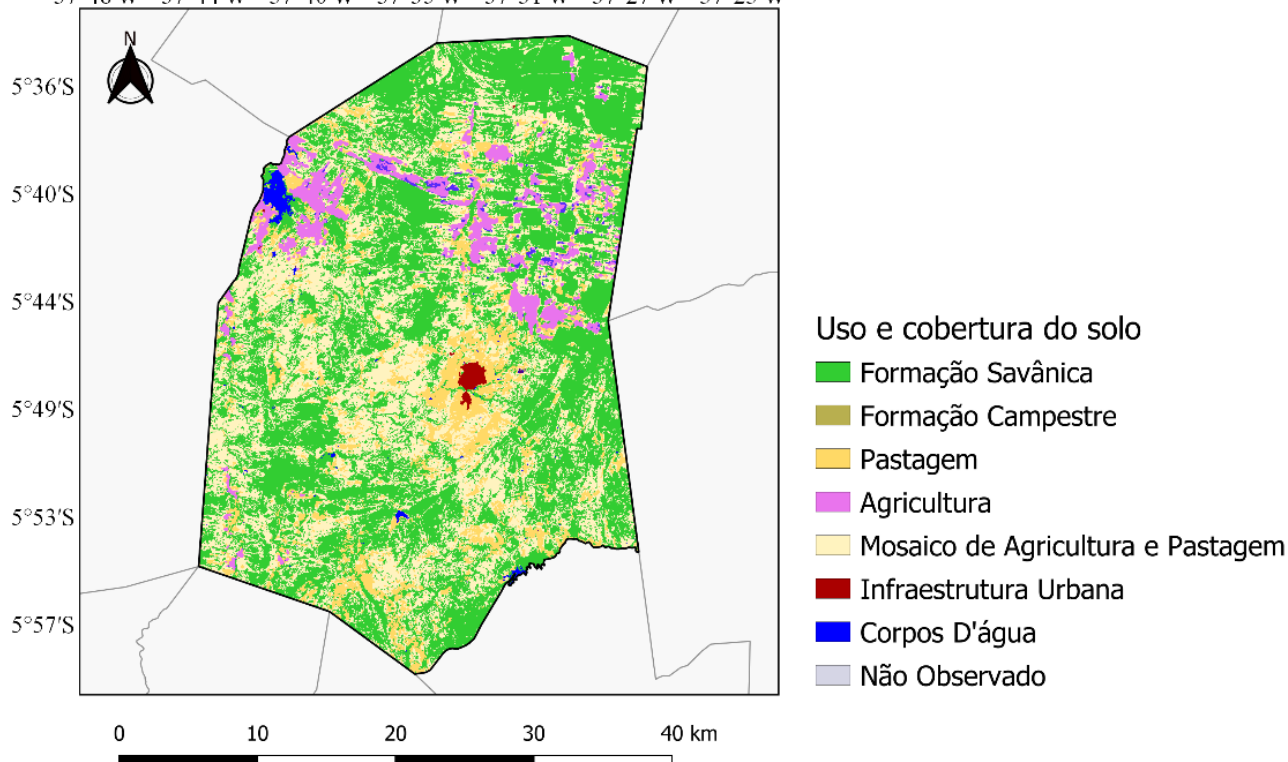


Figura 2. Mapa temático de uso e cobertura do solo do município de Caraúbas. Fonte: MAPBIOMAS, 2021.

A microbacia do Açude do Governo – MAG, está situada na Microrregião da Chapada do Apodi, e na Mesorregião Oeste Potiguar, em suas imediações existe a presença de corpos hídricos lóticos, como riachos e córregos, porém os recursos hídricos predominantes são de caráter lânticos. Todos os cursos de água da região se caracterizam por terem regime intermitente (CPRM, 2005).

Com relação aos índices de pluviométricos, a MAG apresenta uma média anual de precipitação de 717 mm, concentrada no período de janeiro a maio, e com máximas nos meses de março e abril (EMPARN, 2018). A região tem como característica o clima quente e semiárido,

substratos sedimentares como arenito, folhelho, granito e argilito associado à diorito e granito com restos de supracrustais (CPRM, 2005).

A região é composta, em sua maioria por vegetação natural da Caatinga e áreas voltadas à agricultura e pecuária (Figura 2). A vegetação predominante é da Caatinga Hiperxerófila, com a presença de cactácea e plantas de portes mais baixo e espalhado (CPMR, 2005). Uma das causas da degradação da vegetação nativa da bacia é a extração dessa para obtenção de lenha e carvão, bem como para as atividades agropastoris.

possui terras planas ligeiramente elevadas, formadas por terrenos sedimentares e altitude entre 100 e 200 metros.

Os recursos naturais são utilizados de forma desordenada, pois a região não dispõe de uma fiscalização efetiva, bem como a população enfrenta problemas oriundo da falta de saneamento, infraestrutura, serviços públicos e conscientização ambiental. Essas condições contribuem negativamente para o surgimento de esgotos a céu aberto, resíduos sólidos nas ruas e vetores de doenças, que indiretamente contribuem para dispersão de poluentes a microbacia (Agra et al., 2018).

Procedimento metodológicos

O *Google Earth* foi utilizado para delimitar o espelho d'água do reservatório e determinar o ponto de exutório. As imagens de satélites foram obtidas através da ferramenta do Sistema de Informação Geográfica (SIG) gratuito e de linguagem aberta *QGIS* versão 3.12, juntamente com o complemento (plug-in) dos algoritmos do GRASS e do SAGA, que consistem em um conjunto de ferramentas que permitem a delimitação de bacias hidrográficas e extração de redes de drenagem de maneira automática, rápida e objetiva, sendo determinado o reservatório do Açude Grande como local de exutório. Além disso, foram delimitadas as microbacias hidrográficas e extração da rede de drenagens (*r.watershed*) de forma quase automatizada. Inclui delimitar uma microbacia em particular, entrando com as coordenadas do ponto de exutório (*r.water.outlet*).

A partir disso foi possível realizar a delimitação automática da microbacia hidrográfica, em que foi manuseado o Modelo Digital de Elevação (MDE), a partir do projeto TOPODATA, obtido junto ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), com resolução espacial de pixel de 30 m, projeção UTM e elipsoide de referência datum WGS 84, referente a folha 05S39_ZN, a qual fornece dados de altitude.

Foram trabalhadas cartas temáticas, sendo gerado o mapa de declividade e definição dos tipos de relevos encontrados na área, mediante processamento do raster. Adotando a metodologia *Fill Sinks* do pacote do plugin SAGA, a qual serve para identificar e preencher as depressões da superfície no MDE, visando determinar a direção do fluxo e a divisão das microbacias com apenas um comando, conforme proposto por Wang e Liu (2006).

Foram trabalhadas as ferramentas de modelagem hidrológica disponíveis no *QGIS* plugin SAGA para inserir consistência da drenagem no MDE, bem como, refiná-lo para que o fluxo do escoamento superficial pudesse ser explorado na delimitação da microbacia hidrográfica, no ordenamento da rede de drenagem e no posterior cálculo do número de segmentos de rios. A obtenção de comprimento total dos arcos da drenagem e hidrografia, bem como dos valores de altitude máxima e mínima, foi possível com o uso de ferramenta estatístico do SIG.

Para a geração do mapa temático de declividade utilizou-se a ferramenta de análise de raster do *QGIS*, posteriormente com o auxílio do plugin GRASS com o comando *r.recode*, foram refinados os dados de acordo com as classes de declividade segundo EMBRAPA (1979), conforme a Tabela 1:

Tabela 1 – Classificação da declividade, EMBRAPA (1979)

CLASSES DE DECLIVIDADE (%)	Relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20- 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Por fim, foram calculados os parâmetros morfométricos da bacia analisada (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de parâmetros morfométricos da MAG

	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	Equação
Área de drenagem (A)	Área plana (projeção horizontal) inclusa entre seus divisores topográficos (km ²)	A
Perímetro da bacia (P)	Linha imaginária que delimita a bacia através de um divisor de águas principal (km)	P

Fator de forma (Ff)	Em que: A é a área de drenagem da bacia (km ²) e L o comprimento do curso d'água principal da bacia (km). Sendo avaliado conforme Villela e Mattos (1975).	$K_f = \frac{A}{L^2}$
Coefficiente de compacidade (Kc)	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).	$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$
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 a forma alongada (Tonello et al., 2006).	$I_c = \frac{12,57A}{P^2}$
CARACTERÍSTICAS DO RELEVO		
Altitudes máxima e mínima da microbacia e maior e menor altitude do canal principal (Hmin; Hmáx; HCmáx;)	As altitudes foram expressas em metros.	Hmin; Hmáx; HCmáx; HCmin;
Amplitude altimétrica (ΔH)	Diferença entre as altitudes máxima e mínima ocorrentes na bacia.	ΔH= Hmáx; - Hmin;
Declividade média da bacia (I)	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)	ΔH = H _{máx} ; - H _{mín} ;
Declividade do curso d'água principal – álveo (Ieq)	Em que: Ieq é a declividade equivalente (m km ⁻¹); 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. (2015b).	$I_e = \frac{\Delta H}{L}$
CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM		
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) Em que:	Dd é a densidade de drenagem (km/km ² ou m/ha), Rd a rede de drenagem (km ou m) e A é a área de drenagem da bacia (km ² 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)	-

Extensão média do escoamento superficial (C _m)	Relaciona a densidade de drenagem da bacia hidrográfica com o comprimento médio lateral da rede de drenagem.	$C_m = \frac{1}{4 \cdot D_d}$
Tempo de Concentração (T _c)	É o tempo de percurso da água precipitada desde o ponto cinematicamente mais afastado da bacia hidrográfica até a secção de referência. O tempo de concentração (minutos) será calculado pela fórmula de Kirpich Modificada, expressa por Rodrigues et al. (2016). ΔH é a diferença de cotas nas extremidades do dreno principal.	$t_c = 85,2 \cdot \left(\frac{L^2}{\Delta H} \right)^{0,395}$
Índice de Sinuosidade (Sin)	Relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Villela e Mattos, 1975).	$Sin = \frac{L}{L_t}$

Resultados e discussão

A MAG está localizada no município de Caraúbas/RN, sendo que a delimitação foi realizada a partir das coordenadas do exutório do

reservatório conhecido como Açude Grande (Figura 3):

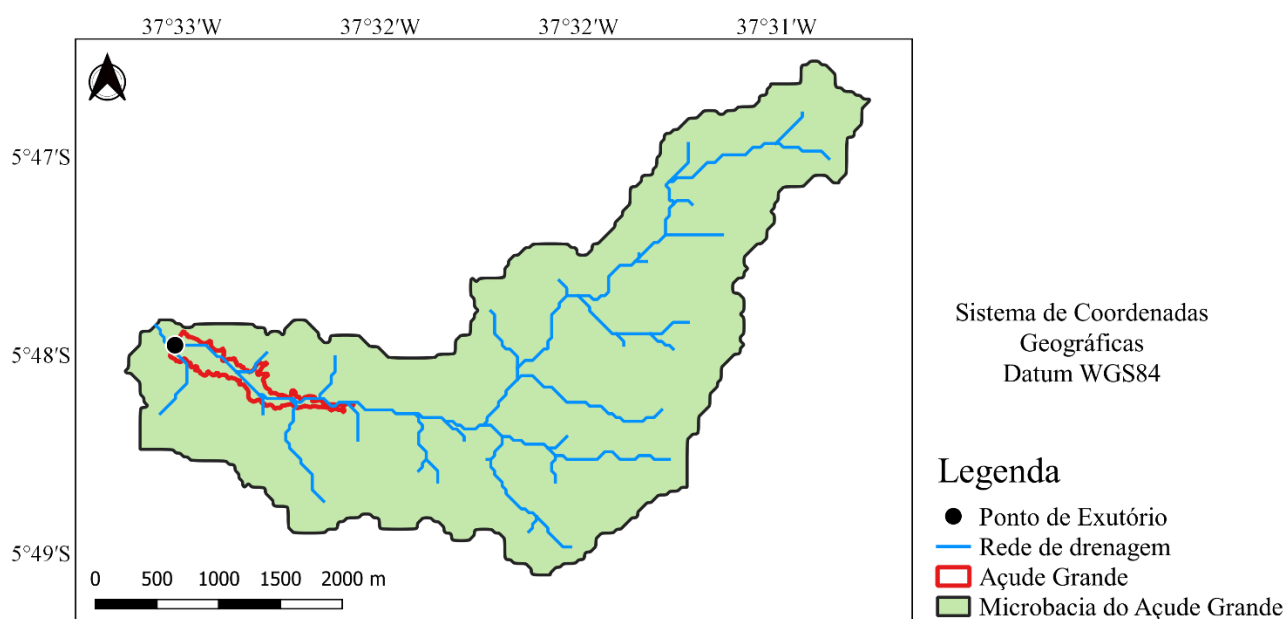


Figura 3. Microbacia do Açude Grande em Caraúbas, Rio Grande do Norte.

Segue na Tabela 03 as características geométricas, de relevo e da rede de drenagem da MAG:

Tabela 3 – Características morfométricas da Microbacia do Açude Grande.

CARACTERÍSTICAS	PARÂMETRO	SIGLAS	UNIDADES	VALORES
Geométricas	Área da Bacia	A	km ²	9,71
	Perímetro	P	km	20,67
	Fator de Forma	Kf	-	1,86
	Coefficiente Compacidade	Kc	-	0,59
	Índice de Circularidade	Ic	-	0,28
Relevo	Maior altitude da bacia	Hmax	m	191,6
	Maior altitude do canal principal	HCmax	m	179,4
	Menor altitude da bacia	Hmin	m	142,8
	Menor altitude do canal principal	HCmin	m	155
	Amplitude altimétrica	ΔH	m	48,8
	Declividade média da bacia	I	%	0,07
	Declividade do curso d'água principal	Ieq	m/km	6,35
Rede de drenagem	Ordem da bacia	-	Ordem	4
	Número Total de Drenos	N	Und	70
	Comprimento do curso d'água principal da bacia	L	km	7,68
	Comprimento do Talvegue	Lt	km	61
	Índice de Sinuosidade	Sin	-	0,12
	Rede de drenagem	Rd	km	0,35
	Densidade de drenagem	Dd	km/km ²	0,04
	Extensão média do escoamento Superficial	Cm	km	6,94
	Tempo de Concentração	tc	H	15,63

Baseado nos valores analisados na Tabela 03 foi possível verificar que o coeficiente de compacidade (1,86) e o fator de forma (0,59) indicam que a área de estudo possui baixa propensão a enchentes e não está sujeita a inundações. Esses resultados corroboram com os dados obtidos por Silva et al., (2019) na microbacia do rio D'Alincourt, Amazônia Ocidental.

Em estudos realizados por Oliveira Júnior et al. (2020) verificaram que a microbacia hidrográfica do Açude 25 de Março em Pau dos Ferros/RN possui pouca tendência a ocorrência de enchente apresentando Kc=1,54 e F=0,36, respectivamente.

Além disso, com o levantamento realizado foi possível observar que a microbacia apresentou um índice de circularidade (Ic = 0,285) especificando que a microbacia possui uma forma alongada e com isso o Açude Grande mostrou menor risco a formação de

enchentes. De acordo com Alves et al. (2019) a bacia do Ribeirão Douradinho apresentou 1,56, o que não a qualifica como muito suscetível a inundações, pois quanto mais próximo do valor de 1,0 for este coeficiente, mais compacta é a bacia, com maiores tendências a concentrar o escoamento, o que eleva a suscetibilidade da mesma a inundações.

Souza et al. (2021) verificaram a partir dos parâmetros de caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho do Navio/PE, como, por exemplo, fator de forma (kc=2,10), fator de forma (kf=0,29), índice de circularidade (Ic=0,22), razão de alongação (Rc=0,61), a densidade de drenagem (Dd=0,50) que a bacia apresenta uma baixa tendência a enchentes.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2021) na bacia hidrográfica do açude Cachoeira II em Serra Talhada/PE, indicando

que o local de estudo apresenta uma baixa tendência a enchentes em condições normais de precipitação.

O índice de sinuosidade foi de 0,12, confirmando a formação de um canal principal retilíneo, assim como observado por Soares et al. (2019) no canal principal da microbacia do rio Santa Teresinha. Ainda de acordo com os autores, canais retilíneos são menos sensíveis ao acúmulo de sedimentos e possuem velocidades de fluxo mais altas do que canais sinuosos com a mesma inclinação, pois possuem menos barreiras físicas.

Além disso, a microbacia apresentou uma rede de drenagem ($R_d = 0,35$ km), segundo Pirajá e Rezende Filho (2019) a análise da rede de drenagem permite compreender as condições hidrológicas como escoamento superficial ou infiltração, pois possibilita a avaliação do potencial e gestão de águas subterrâneas (Silva et al., 2018; Serrão et al., 2019).

Com relação a densidade de drenagem (D_d) é um dos parâmetros mais significativos para a análise morfométrica de bacias. Na área de estudo em questão apresentou um índice de $0,04$ km/km², sendo classificada como baixa.

De igual modo, Melo et al. (2020)

observaram que a rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Real foi de $0,957$ km/km² possibilitando compreender que a matriz geológica e o material do solo são porosos.

Segundo Peixoto et al. (2021) a densidade da drenagem é afetada por fatores ambientais e geológicos, como topografia, estrutura geológica, solo, cobertura vegetal e atividades antrópicas, e está relação entre o comprimento total do rio e a área da bacia, é de grande significância para a avaliação do comportamento hidrológico.

Vale ressaltar que os baixos valores de D_d pode estar relacionado com a topografia plana, reduzindo a capacidade de infiltração do solo em decorrência do deflúvio (Hiruma e Ponçano, 1994).

Pereira et al. (2019) ressaltam a importância de levantamentos a respeito da morfometria de uma bacia, pois permitem compreender o comportamento hidrodinâmico, além de um melhor aproveitamento dos recursos naturais, sobretudo os recursos hídricos.

Quanto a característica do relevo identifica-se as maiores e menores altitudes da bacia e do canal principal (Figura 4):

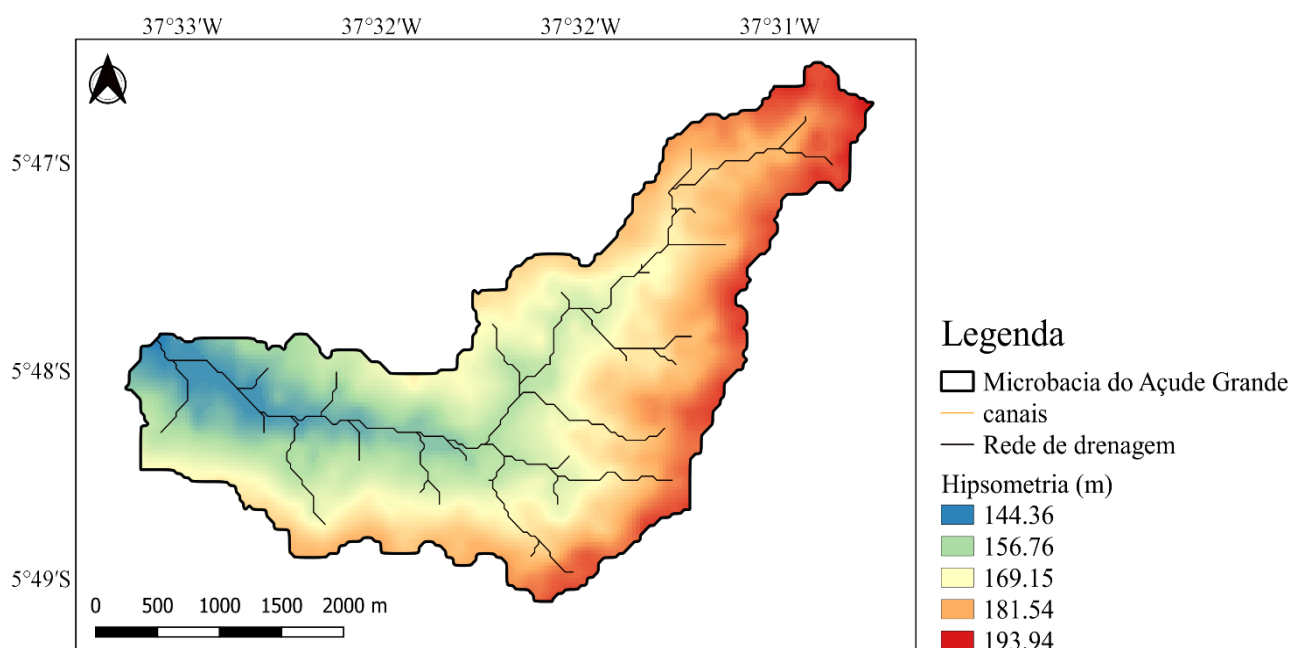


Figura 4. Mapa temático de Hipsometria da Microbacia do Açude Grande.
Fonte: Autores, 2021

Em seguida foi possível analisar a rede de drenagem da bacia (Figura 5), possibilitando verificar a hierarquia fluvial (Tabela 4), e a partir do método de Strahler realizar a contabilização da

hierarquia fluvial do sistema, que foi de 4ª ordem, sendo que os canais de 1ª ordem apresentaram o maior número e extensão dos canais, com 36 canais e 13,93 km, respectivamente, e assim classificou-se como uma bacia endorréica.

Estudos semelhantes foram realizados por Medeiros, Pinto e Alves (2020) no córrego

Taquaral em Bonito/MS, e que também verificaram um canal de 4ª ordem.

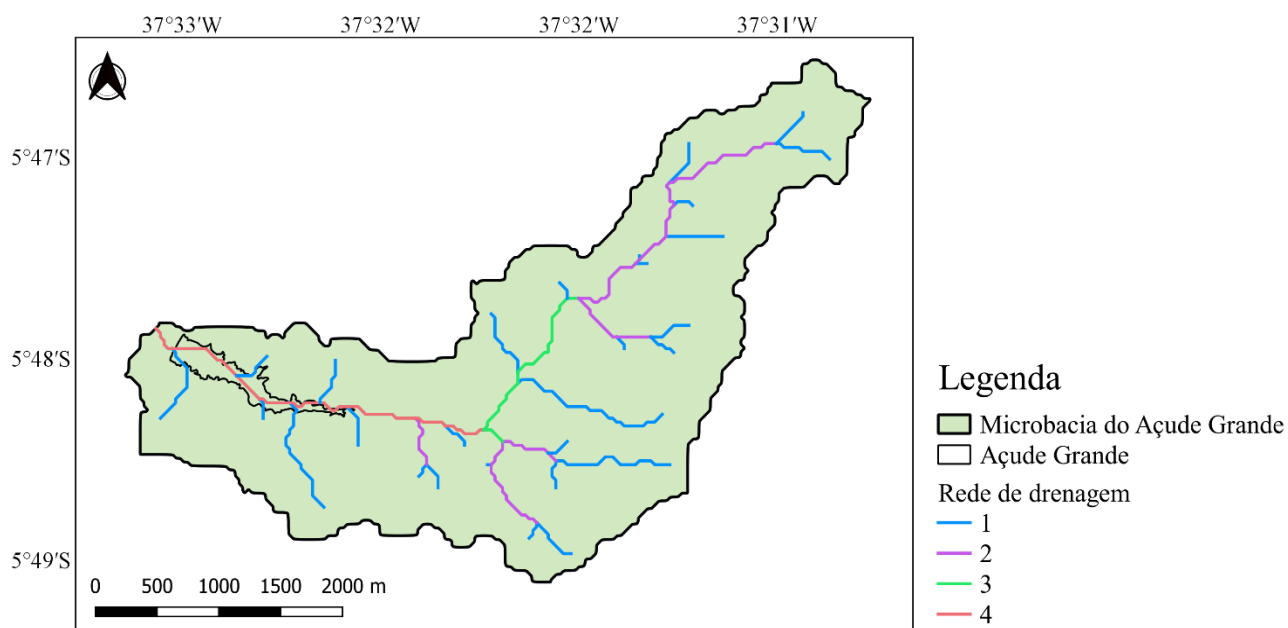


Figura 5. Mapa temático da rede de drenagem da Microbacia do Açude Grande.

Tabela 4 – Hierarquia Fluvial e a relação entre o número e extensão dos canais em cada ordem Microbacia do Açude Grande.

ORDEM DOS CANAIS	Nº DE CANAIS	EXTENSÃO DOS CANAIS (KM)
1ª	36	13,93
2ª	12	4,31
3ª	8	1,91
4ª	14	2,98

A declividade média da bacia (I) foi de 0,068% e declividade do curso d'água principal (Ieq) de 6,35 m/km, desta forma, indicando tendência de baixa velocidade no escoamento superficial, aumentando a possibilidade da infiltração de água no solo, favorecendo assim a recarga dos corpos hídricos lênticos.

A declividade média do curso d'água principal (0,0026 km/km) e sua extensão (7,676 km) denotam uma velocidade baixa e uma diminuição do tempo de concentração (937,53 minutos, o que equivale a cerca 15,63 horas). Este tempo de concentração associado à forma superficial da bacia hidrográfica é importante para se compreender o comportamento das precipitações visando o tempo que o curso d'água leva a água dos limites da bacia para chegar ao exutório (Santos et al., 2021).

Segundo Alves et al. (2019) compreender a declividade de uma bacia torna-se de suma importância, pois permite identificar áreas susceptíveis a erosão e inundação, além de confrontar a utilização da bacia conforme a legislação ambiental vigente, tal como promover um gerenciamento mais eficiente quanto ao uso deste recurso. Uma vez que pode vir a ser impactada mediante ações de modificação do topográfica de suas vertentes, atrelada com a expansão das atividades antrópicas e substituição do uso do solo.

A altitude da área compreende valores que partem de 150 m ao nível do mar e variam até aproximadamente 190 m, essas informações podem ser correlacionadas com o mapa de curva de nível expresso na Figura 6.

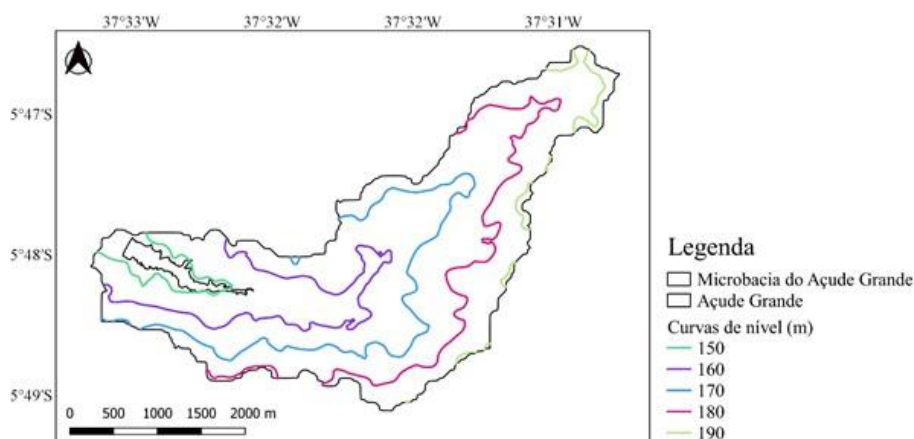


Figura 6. Mapa temático das curvas de nível da Microbacia do Açude Grande.

A partir da declividade (Figura 7) observou-se que grande parte do relevo da microbacia correspondeu a plano (0 - 3%) e suave ondulado (3 - 8%). O predomínio de relevos planos e suave ondulados também foram encontrados em estudos realizados nas sub-bacias dos rios Urupá (Vasconcelos et al., 2020), Alto Rio Jamari (Vendruscolo et al., 2019), Mutum Paraná (Santos Junior et al., 2019), Pimenta Bueno (Simões et al., 2019) e Comemoração (Mira et al., 2019), todas situadas em Rondônia, mostrando que essa tende a ser uma característica do Estado

Estudos realizados por Silva, Rodrigues e Bittencourt (2020) constataram que em sua maioria, 53,32% da distribuição da declividade na bacia do igarapé do Capitão Poço-PA se classifica como plano. Ainda de acordo com os mesmos autores, relevos planos contribuem para baixas velocidades de escoamento superficial,

favorecendo a infiltração da água no solo.

Capoane e Silva (2020) analisaram a bacia hidrográfica do córrego Lajeado, Campo Grande, MS apuraram que 53,60% do relevo é caracterizado como suave ondulado.

Já Lopes, Leal e Ramos (2018) detalhando a declividade da bacia hidrográfica do rio Pontal, em Pernambuco observaram que o relevo se classifica como plano a suave ondulado com área de 47,13 e 45,05%, respectivamente.

Azevedo et al. (2020) analisando a morfometria da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu trecho do estado do Rio Grande do Norte verificaram que 12.000 km², aproximadamente 68% da bacia possui declividades menores que 6%, correspondendo a relevo plano e suavemente ondulado como no estudo em questão.

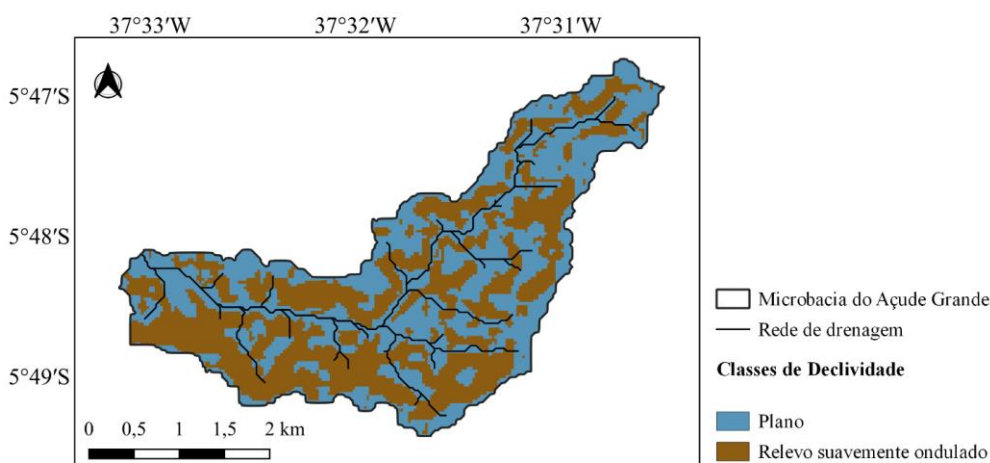


Figura 7. Mapa temático da declividade da Microbacia do Açude Grande conforme a classificação da EMBRAPA (1979)

Com isso, observa-se que áreas planas potencializam a expansão e a ocupação frente as atividades antrópicas, e isso implica em impactos e pressões sobre o meio ambiente, e consequentemente altera o equilíbrio natural do ambiente (Bruno, 2017).

Além disso, segundo Schiavo et al. (2016) compreender a dinâmica da declividade torna-se de suma importância, uma vez que, a declividade é um dos fatores que interferem sobre o processo erosivo do terreno, podendo ser potencializado de acordo com o grau de inclinação da bacia.

De acordo com Spörl e Ross (2004), estudos relativos às fragilidades dos ambientes são de extrema importância para o planejamento ambiental, visto que a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território.

Conclusões

Os dados levantados mediante emprego de ferramentas de geotecnologias possibilitaram obter informações decorrentes das curvas de níveis, parâmetros morfométricos, área de drenagem. Diante disso, a MAG classificou-se como ordem quatro na rede de drenagem.

Além disso, perante os parâmetros avaliados pode-se verificar que a microbacia apresenta pequena tendência a grandes enchentes.

Dessa forma, a demarcação ajuda no planejamento e zoneamento ambiental de uma área, de modo a auxiliar nas futuras ações sobre tal, bem como o uso e ocupação do solo de forma sustentável.

O estudo decorrente da delimitação da microbacia do Açude do Governo é de suma importância para o gerenciamento dos recursos hídricos no que diz respeito aos seus usos múltiplos, bem como a quantidade de água ofertada, o que propicia fundamentação para novos estudos voltados a organização territorial, como o zoneamento ambiental.

Referências

Aires, A. d., Costa, J. D., Bezerra, J. M., Rêgo, A. T., 2021. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica da barragem de Pau dos Ferros/RN. Revista GEAMA - Ciências Ambientais e Biotecnologia, 67-76.

Alves, W. S., Morais, W. A., Martins, A. P., Aquino, D. S., Pereira, M. A. B., Saleh, B. B., 2019. Análise do uso da terra, da cobertura vegetal e da morfometria da bacia do Ribeirão Douradinho, no sudoeste de Goiás, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física, 12, 1093-1113.

Aragão, K. P., Morais Neto, J. M., Lima, S. C., & Pedroza, J. P., 2019. Estudo da degradação ambiental da Bacia Hidrográfica do Açude de Santa Luzia-PB. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC, 1-5.

Azevedo, P. V., Silva, M. T., Serrão, E. A. O., Siqueira, M. S., Santos, K. S., Ataíde, L. C. P., Dantas, L. G., 2020. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu: trecho do Estado do Rio Grande do Norte. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.2, 434-444. <http://Doi.Org/10.6008/Cbpc21796858.2020.02.0039>

Bruno, L.O., 2017. GRASS: A free and open-source solution for hydrographic body analysis. Nativa 5, 24-30.

Capoane, V., Silva, D. A. da., 2020. Avaliação de parâmetros geomorfométricos derivados de modelos altimétricos de diferentes fontes e resoluções: estudo de caso da bacia hidrográfica do córrego Lajeado, Campo Grande, MS. Revista Brasileira de Geografia Física 13, 674-690.

Carvalho, A. T. F., 2020. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: Discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, 1, 140-161.

Chaves, J. I., & Pinto Filho, J. L., 2020. Ordenamento territorial no semiárido brasileiro: Análise do uso e cobertura das terras da sub-bacia hidrográfica do Riacho Encato/RN. Equador. Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí, 253-274.

CPRM. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, 2005. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. In: Mascarenhas, J. C. et al. (Orgs.). Diagnóstico do município de Caraúbas, estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível: http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/atlas_digi

- tal_rhs/rgnorte/relatorios/CARA176.PDF.
Acesso: 10 jun. 2021.
- EMPARN. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, 2018. Precipitações Médias Municipais. Disponível: <http://189.124.130.5:8181/climaRN/prec.html>. Acesso: 10 jun. 2021.
- Hiruma, S. T., Ponçano, W. L., 1994. Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfopedológicos na área do alto rio Pardo, SP e MG. *Revista do Instituto Geológico*, v. 15, 49-57.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Caraúbas - RN. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/caraubas/p/anorama>. Acesso: 10 jun. 2021.
- Kanhaiya, S., Singh, B. P., Singh, S., Mittal, P., Srivastava, V. K., 2019. Morphometric analysis, bedload sediments, and weathering intensity in the Khurar River Basin, central India. *Geological Journal*, 2, 466-481.
- Lacerda, G. L., Firmino, L. d., Sá, A. C., Rocha Neto, O., & Silva, V. F., 2019. Caracterização morfométrica: estudo de caso da bacia hidrográfica do Riacho dos Grossos, Paraíba, Brasil. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, 362-376. Disponível: <http://dx.doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.002.0030>
- Lopes, I., Leal, B. G., Ramos, C. M. C., 2018. Morphometric characterization of the basin in the semi-arid region of Pernambuco using SRTM data in free software. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* v.8, n.1, 31-40.
- Medeiros, R. B., Pinto, A. L., Alves, L. B. A., 2020. Morfometria da rede de drenagem em um sistema cárstico: O caso da bacia hidrográfica do córrego taquaral, Bonito/MS. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros Seção Três Lagoas*, 1, 31, 474-494.
- Melo, D. O. S., Santos, L. S., Barbosa, A. G., Mendes, L. A., 2020. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real pelo uso de dados SRTM e tecnologias SIG. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.13, n.07, 3553-3570.
- Mezzomo, M. M., Gasparini, G. S., 2016. Estudo da alteração antrópica (hemerobia) da bacia hidrográfica do rio mourão – PR. Ra'e Ga: O espaço Geográfico em Análise, Curitiba, v. 36, 280-301.
- Mira, S. F., Rosa, D. M., José, T. H. S., Cavalheiro, W. C. S., Stachiw, R., Vendruscolo, J., 2019. Caracterização geomorfológica da sub-bacia do rio comemoração, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, Mérida, 152-166.
- Nobre, N. C., Silva, C. M., Santana, J. S., & Silva, W. A., 2020. Caracterização morfométrica, climática e de uso do solo da Bacia hidrográfica do Rio Farinha-MA. *Acta Iguazu*, 11-34.
- Oliveira Júnior, M. E., Arlindo, V. J. C., Lunes, A. R. S., Bezerra, J. M., 2020. Morfometria e zoneamento ambiental da microbacia hidrográfica do açude 25 de Março–RN. *Brazilian Journal of Development* 6, 75428-75444.
- Peixoto, F. S., Dias, G. H., Filgueira, R. F., Dantas, J., 2021. Caracterização hidrológica e do uso e cobertura da Terra no alto curso da bacia hidrográfica do rio do Carmo – RN/Brasil. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, 2, 138-158.
- Pereira, C. F. P., Brito, G. H. M., Vespucci, I. L., Rocha, I. J. F., 2019. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio dos Patos, GO. *Ipê Agronomic Journal*, 3(1): 5-13. <https://doi.org/10.37951/25956906.2019v3i1.4319>
- Pirajá, R. V., Rezende Filho, A. T., 2019. Análise Morfométrica Da Bacia Hidrográfica Do Córrego Ceroula Em Mato Grosso Do Sul. *Geofronter*, Campo Grande, 5(1): 35-58.
- Rajasekhar, M., Sudarsana Raju, G., Siddi Raju, R., 2020. Morphometric analysis of the Jilledubanderu River Basin, Anantapur District, Andhra Pradesh, India, using geospatial technologies. *Groundwater for Sustainable Development*, v. 11, 100598. <https://doi.org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.gsd.2020.100434>.
- Sahu, N., Obi Reddy, G. P., Kumar, N., Nagaraju, M. S. S., Srivastava, R., Singh, S. K., 2017. Morphometric analysis in basaltic Terrain of Central India using GIS techniques: a case study. *Appl Water Sci* 7, 2493–2499. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0442-z>.
- Santos Júnior, N. R. F., Vendruscolo, J., Cavalheiro, W. C. S., Soares, G. S., Bento, A. R., Rosa, D. M., 2019. Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio mutum-paraná, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, Mérida, 16-27.
- Santos, A. G. B., Bezerra, A. C., Nascimento, A. H. C., Souza, L. S. B., Silva, J. L. B., Moura, G. B. A., 2021. Caracterização Morfométrica e Uso

- e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica do Semiárido Pernambucano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, 1036-1043.
- Schiavo, B. N., Hentz, Â. M. K., Dalla Corte, A. P., Sanquetta, C. R., 2016. 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*, 20, 1, 464-474.
- Serrão, E. A. O., Silva, M. T., Sousa, F. A. S., Lima, A. M. M., Santos, C. A., Ataíde, L. C. P., Silva, V. P. R., 2019. Four decades of hydrological process simulation of the itacaiúnas river watershed, Southeast Amazon. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v.25, n.3, 1-18. DOI 10.1590/s1982-21702019000300018
- Silva, A. F., Tronco, K. M. Q., Vendruscolo, J., Oliveira, J. N., Cavalheiro, W. C. S., Rosa, D. M., Stachiw, R., 2019. Geoprocessamento aplicado a hidrogeomorfometria e índice de desflorestamento na microbacia do rio D'Alincourt, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, 201-255.
- Silva, D. P., & Lima, E. C., 2019. Impactos ambientais no alto curso da sub-bacia hidrográfica do Rio Batateiras na Região Sul do estado do Ceará. *Revista Casa da Geografia de Sobral*, 1091-1103.
- Silva, G. C., & Ferreira, V. d., 2019. Uso e ocupação do solo e cenários tendenciais de vazões na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba-Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 139-159.
- Silva, J. S. A., Rodrigues, R. S. S., Bittencourt, G. M., 2020. Application of different MDE's for the extraction of morphometric variables of a hydrographic catchment. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* v.10, 10-19.
- Silva, V. P. R., Silva, M. T., Singh, V. P., Souza, E. P., Braga, C. C., Holanda, R. M., Braga, A. C. R., 2018. Simulation of stream flow and hydrological response to land-cover changes in a tropical river basin. *Catena*, v.162, p.166-176.
- Silva, W. B., Bezerra, J. M., Feitosa, A. P., Silva, P. C., & Rêgo, A. T., 2020. Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi – RN. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 397-407. http://dx.doi.org/doi:10.11137/2020_1_397_407
- Simões, C., Vendruscolo, J., Cavalheiro, W. C. S., Rosa, D. M., Stachiw, R., Santana, F. A., 2019. Caracterização morfométrica da sub-bacia do alto rio pimenta bueno, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, Mérida, 68-82.
- Singh, S., Kumar, S., Mittal, P., Kanhaiya, S., Prakash, P., Kumar, R., 2018. Drainage basin parameters of bagh river, a sub-basin of narmada river, central India: analysis and implications. *Journal of Applied Geochemistry*, 20, 91-102.
- Soares, G. D. S., Santos Júnior, N. R. F. D., Mira, S. F. D., Moreto, R. F., Cavalheiro, W. C. S., Vendruscolo, J., Rosa, D. M., 2019. Uso de la plataforma SIG en la caracterización morfométrica de la microcuenca del río Santa Teresinha, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, Mérida, 84-95.
- Souza E. G. F., Nascimento, A. H. C., Cruz, E. A., Pereira, D. F., Silva R. S., Silva, T. P., Freire, W. A., 2021. Delimitação e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.14, n.03, 1530-1540.
- Souza, C. F. de, Pertille, C. T., Schramm Corrêa, B. J., Vieira, F. S., 2018. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí - Paraná. *Geoambiente On-Line*, v. 29, 93-110.
- Spörl, C., Ross, J. L. S., 2004. Análise da fragilidade ambiental relevosolo com aplicação de três modelos. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, v. 15, 39-49.
- Teles, R. P., Silva, M. L., & Rocha, C. R., 2019. Caracterização morfométrica da sub-bacia do baixo Jaguaribe-CE com auxílio do software QGIS. *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia-CONTECC*, 1-5.
- Vasconcelos, T. B., Marinho, D. S., Vendruscolo, J., Cavalheiro, W. C. S., Rodrigues, A. A. M., Stachiw, R., 2020. Hidrogeomorfometria da sub-bacia do rio Urupá, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, Luján, 12, 1-16.
- Vendruscolo, J., Cavalheiro, W. C. S., Rosa, D. M., Stachiw, R., Vendruscolo, R., Siqueira, A. S. S., Biggs, T., 2019. Hidrogeomorfometria e desmatamento na microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, Mérida, 226-241.