

**Caracterização morfométrica da sub-bacia do Riacho Camaçari,
pernambuco, com uso do software QGIS e complementos de
processamento GRASS e GDAL**

**Morphometric characterization of the Riacho Camaçari sub-basin,
pernambu-co, using qgis software and GRASS and GDAL processing
complements**

DOI:10.34117/bjdv9n1-051

Recebimento dos originais: 05/12/2022

Aceitação para publicação: 03/01/2023

Leonel Vitório Esteves

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental pela
Universidade Federal de Pernambuco (PPGCAM-UFPE) - Campus Agreste
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco (PPGCAM-UFPE) - Campus Agreste
Endereço: Av. Marielle Franco, S/N, Km 59, Nova, PE, CEP: 55014-900
E-mail: leonel.esteves@ufpe.br

Andressa Maria Silva Leite Esteves

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental pela
Universidade Federal de Pernambuco (PPGCAM-UFPE) - Campus Agreste
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco (PPGCAM-UFPE) - Campus Agreste
Endereço: Av. Marielle Franco, S/N, Km 59, Nova, PE, CEP: 55014-900
E-mail: andressa.esteves@ufpe.br

Thamires Carolayne Cavalcanti Moura

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental pela
Universidade Federal de Pernambuco (PPGCAM-UFPE) - Campus Agreste
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco (PPGCAM-UFPE) - Campus Agreste
Endereço: Av. Marielle Franco, S/N, Km 59, Nova, PE, CEP: 55014-900
E-mail: thamires.cavalcanti@ufpe.br

Cássio Silveira de Oliveira

Especialista em Patologia das Construções: Diagnósticos e Tratamentos pelo Instituto
de Pós-graduação e Graduação (IPOG)
Instituição: Faculdade Santo Agostinho
Endereço: Av. Prof. Valter Alencar, 665, São Pedro, Teresina - PI, CEP: 64019-625
E-mail: eng.cassiodeoliveira@gmail.com

Edevaldo Miguel Alves

Doutorado em Engenharia Civil
Instituição: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental pela
Universidade Federal de Pernambuco (PPGCAM-UFPE) - Campus Agreste
Endereço: Av. Marielle Franco, S/N, Km 59, Nova, PE, CEP: 55014-900
E-mail: edevaldo.miguel@ufpe.br

Diogo Henrique Fernandes da Paz

Doutorado em Engenharia Civil

Instituição: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental pela
Universidade Federal de Pernambuco (PPGCAM-UFPE) - Campus Agreste

Endereço: Av. Marielle Franco, S/N, Km 59, Nova, PE, CEP: 55014-900

E-mail: diogo.henriquepaz@ufpe.br

RESUMO

A região semiárida do Nordeste brasileiro possui históricos de crise hídrica devidos baixos índices pluviométricos anuais, longos períodos de estiagem e alto fator potencial para evaporação, dificultando no gerenciamento dos recursos hídricos e impulsionando ainda mais a necessidade de estudos hidrológicos para buscar mitigar a situação. O presente artigo tem por objetivo analisar a caracterização morfométrica da sub-bacia do riacho Camaçari com uso de tecnologia geoespacial com software QGIS e complementos GRASS e GDAL, com a verificação da potencialidade de ocorrência de grandes cheias, enchentes, acúmulo de água e drenagem do escoamento dos rios, através de resultados por modelos matemáticos dos parâmetros geométricos, hipsométricos e da rede fluvial. A bacia está inserida completamente na cidade de Estrada-PE na mesorregião da mata pernambucana e tem exutório na bacia do rio Pirapama. A sub-bacia possui uma área de 17,56 km², perímetro de 37,39 km, comprimento axial de 9,02 km e extensão total fluvial de 32,78 km, predominância declividade ondulada e forte ondulada e relevo entre 90 a 180 metros. O rio principal é de 3º ordem sendo 65,06% do seu percurso com esta característica, que apresentou densidade de drenagem moderada, sinuosidade reta, tempo de concentração relativamente próximo ao tempo de talvegue. Portanto, conclui-se que a morfometria da sub-bacia indica não propícia a enchentes e grandes cheias com parâmetros que favorecem uma descarga hídrica relativamente rápida para o exutório e uma potencialidade de volume no trecho do rio principal com 3º ordem.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, geoprocessamento, morfometria, recursos hídricos, sig.

ABSTRACT

The semi-arid region of the Brazilian Northeast has a history of water crisis due to low annual rainfall, long periods of drought and a high potential factor for evaporation, making it difficult to manage water resources and further boosting the need for hydrological studies to seek to mitigate the situation. This article aims to analyze the morphometric characterization of the Camaçari stream sub-basin using geospatial technology with QGIS software and GRASS and GDAL complements, with the verification of the potential for large floods, floods, water accumulation and runoff drainage. of rivers, through results by mathematical models of the geometric, hypsometric and river network parameters. The basin is completely inserted in the city of Estrada-PE in the mesoregion of the Pernambuco forest and has an outlet in the Pirapama river basin. The sub-basin has an area of 17.56 km², a perimeter of 37.39 km, an axial length of 9.02 km and a total fluvial length of 32.78 km, with a predominance of undulating and strong undulating slopes and a relief between 90 and 180 meters. The main river is of 3rd order, 65.06% of its course with this characteristic, which presented moderate drainage density, straight sinuosity, concentration time relatively close to the thalweg time. Therefore, it is concluded that the morphometry of the sub-basin indicates that it is not conducive to floods and large floods with parameters that favor a relatively fast water discharge to the outlet and a potential for volume in the main river section with 3rd order.

Keywords: hydrographic basin, geoprocessing, morphometry, water resources, GIS.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma vasta contribuição hídrica, porém realidade distorcida principalmente da região semiárida do Nordeste brasileiro. Por exemplo, o Estado de Pernambuco que possui histórico de desastres naturais oriundos da seca, devido longos períodos de estiagem, baixos índices pluviométricos anuais e alto poder evaporativo, dificultando o gerenciamento dos recursos hídricos (KROTH; VIEIRA & YKEIZUMI, 2020; MEDEIROS et al., 2021). Segundo Oliveira (2013), mesmo com a tamanha complexidade da região semiárida, as águas precipitadas são suficientes para atender a demanda do uso da água, mas que necessita de amplas pesquisas e eficientes adequações do seu manejo na gestão hídrica.

Os estudos hidrológicos em bacias são fundamentais para a compreensão do comportamento físico-natural do corpo hídrico e realizar planejamentos integrado, dentre os quais, a análise morfométrica que proporciona resultados da potencialidade de grandes cheias, enchentes, escoamento fluvial e retenção ou acúmulo de água. Para isto, utiliza-se tecnologias geoespaciais que através de ferramentas de geoprocessamento como o Sistema de informações Geográficas (SIG) abastecidos por Modelos Digitais de Elevação (MDE) possibilitam a geração de mapas temáticos como: hierarquia fluvial, hipsométrico e declividade, na qual com a exportação de banco de informações fornecidos pelo software possibilitam o dimensionamento dos parâmetros e a avaliação da morfometria da bacia (VIANA et al., 2018; DIAS et al., 2019; KROTH; VIEIRA; YKEIZUMI, 2020;).

Dentre os SIG de processamento livre e de código aberto, o *Geographic Resources Analysis Support System (GRASS)* e *Geospatial Data Abstraction Library (GDAL)* são bastante utilizados em pesquisas científicas, com uso de algoritmos que refina os dados matriciais raster e os vetoriais para extrair informações variáveis e automatizadas dos arquivos. Estas ferramentas complementares são fundamentais para realização de estudos hidrológicos como analisar a morfometria das bacias hidrográficas de maneira individual como conjuntas.

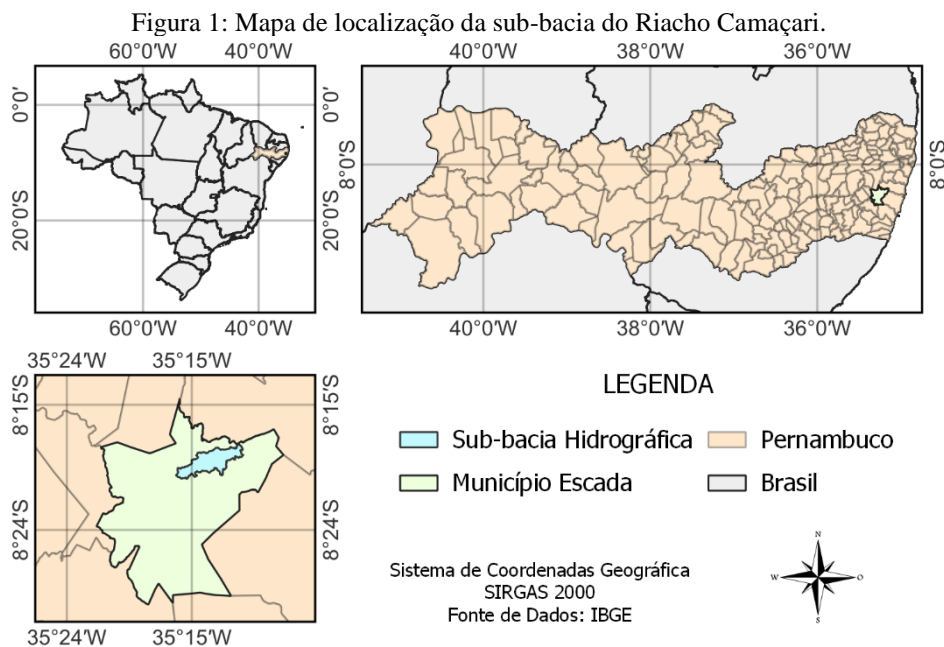
Estudos integrados entre bacias hidrográficas são imprescritíveis para melhor eficiência no gerenciamento dos recursos hídricos, com isso, mitigar ou sanar impactos ambientais causados por escassez ou inundações, prover segurança hídrica à população e ao uso apropriado da água. Em específico, determinar a caracterização morfométrica da

sub-bacia do riacho Camaçari, que possui sua foz no rio Pirapama em Pernambuco (FIORESE; AGUILAR, 2019; AIRES et al., 2021).

Para proporcionar melhor eficiência na gestão e escolhas adequadas no manejo dos corpos hídricos juntamente com outras pesquisas que são indispensáveis para compreender os comportamentos hidrológicos, o presente artigo tem por objetivo analisar a morfometria da sub-bacia Hidrográfica do Riacho Camaçari com o uso do software SIG QGIS e modelos matemáticos para caracterizá-la de acordo com os resultados encontrados dos parâmetros geométricos, hipsométricos e da rede de drenagem.

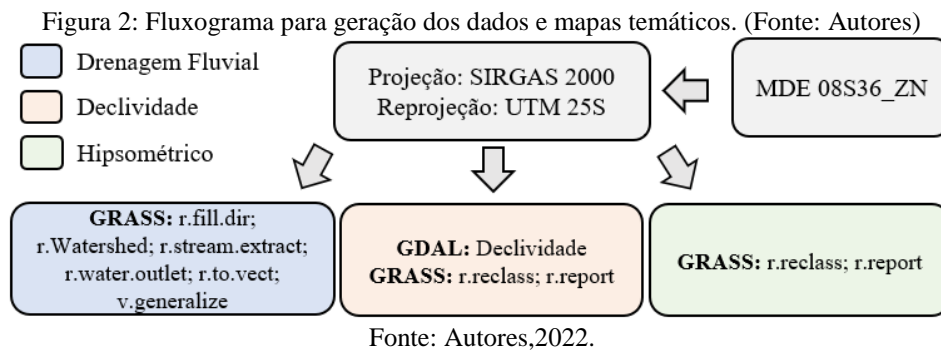
2 MATERIAL E MÉTODOS

A sub-bacia Hidrográfica do riacho Camaçari está inserida no território do município de Escada-PE na mesorregião da mata pernambucana, delimitada pelas coordenadas geográficas 08° 20' 20" e 08° 17' 51" latitude sul e 35 °16' 08" e 35°11'18" longitude oeste (Figura 1) e coordenadas projetadas no fuso Universal Transversa de Mercator (UTM) 25S. Toda água precipitada e escoada superficialmente da sub-bacia desagua no rio Pirapama, portanto onde encontra seu exutório.



Para a elaboração dos mapas temáticos foi utilizado o software QGIS 3.22.10 e complementos de processamento GRASS e GDAL juntamente com modelos matemáticos obter os parâmetros geométrico, relevo e drenagem fluvial. O Modelo

Digital de Elevação (MDE) 08S36_ZN possui uma resolução espacial de 30 metros fornecido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com Sistema de referência de coordenadas (SRC) SIRGAS 2000 com reprojeção para UTM 25S (Figura 2). Os pixels de elevação sem valor foram eliminados e a extração da rede de drenagem possuiu um reajuste limiar de 100 como acúmulo mínimo (SOUZA et al., 2021).



Os parâmetros possuem modelos matemáticos e intervalos da situação morfométrica para caracterizar a bacia hidrográfica (Tabela 1), na qual os analisados foram o geométrico com o coeficiente de compacidade (K_c), coeficiente de forma (K_f) e índice de conformidade (I_c) que compara a forma da bacia com um círculo ou quadrado, para diagnosticar possibilidades de enchentes e grandes cheias; relevo com Amplitude de elevação (ΔH), declividade do rio principal (I_p) e razão de relevo (R_r); e drenagem fluvial com densidade de drenagem (D_d), Coeficiente de manutenção dos canais (C_m), Tempo de concentração do rio principal (T_c) e talvegue (T_c'), índice de sinuosidade (I_s) e sinuosidade (S). E complementados pelas informações geradas pelos mapas temáticos de hierarquia fluvial, declividade e hipsométrico, analisar a morfometria da sub-bacia.

Tabela 1: Parâmetros morfométricos da bacia. (Fonte: I – Villela; Mattos,1975; II – Schumm, 1963; III – Kirpich, 1940; IV– Silveira, 2005; V – Piedade)

Fórmula	Definição	Intervalos	Autores
$kc = \frac{A}{L^2}$	A: área da bacia (km ²) L: Comprimento do rio principal (km).	Baixa: >1,50; Média: 1,25 a 1,50; Alta: 1,0 a 1,25	I
$Kf = 0,28 * \frac{P'}{\sqrt{A}}$	P': Perímetro axial da bacia (km) A: área da bacia (km ²)	Baixa: <0,50; Média: 0,50 a 0,75; Alta: 0,75 a 1,0	I
$Ic = 12,57 * \frac{A}{P^2}$	A: área da bacia (km ²) P: Perímetro da bacia (km)	Baixa: <0,60; Média: 0,60 a 0,80; Alta: 0,80 a 1,00	I
$\Delta H = H_{max} - H_{min}$	H _{máx} : maior cota da bacia (m) H _{mín} : menor cota da bacia (m)	-	II
$I_p = \frac{\Delta H}{L}$	ΔH : variação entre a cota máxima e mínima do relevo (m) L: Comprimento do rio principal (km).	-	I
$Rr = \frac{H_{máx}}{C}$	H _{máx} : maior cota da bacia (m) L: Maior comprimento de rio (m).	Baixa: <0,10; Média: 0,11 a 0,30; Alta: >0,30	V
$Dd = \frac{Rd}{A}$	R _d : Somatório da extensão dos rios A: área da bacia (km ²)	Baixa: <1,5; Média: 1,5 a 2,5; Alta: >2,5	I
$Cm = \frac{1}{D_d}$	D _d : Densidade de drenagem em km ²	-	II
$Tc = 57 * \left(\frac{L^2}{I_p}\right)^{0,385}$	L: Comprimento do rio principal (km) I _p : inclinação do rio principal (m/km)	-	III
$Tc' = 5,3 * \left(\frac{Lt^2}{I_p'}\right)^{\frac{1}{3}}$	Lt: Comprimento do talvegue (km) I _p ': inclinação do rio principal (m/m)	-	IV
$Is = 100 * \frac{(L - L_t)}{L}$	L: Comprimento do rio principal (km) L _t : Comprimento do talvegue (km).	reto: <30%; divagante: 30 a 40%; Sinuoso: >40%	II
$S = \frac{L}{L_t}$	L: Comprimento do rio principal (km) L _t : Comprimento do talvegue (km).	Baixa: 1,0 a 1,5; Média: 1,5 a 2,0; Alta: >2,0	II

Fonte: Autores,2022.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sub-bacia do Riacho Camaçari possui uma área de 17,56 km², perímetro de 37,39 km, comprimento axial de 9,02 km e extensão total fluvial de 32,78 km, que por meio do método de Strahler, foi diagnosticado dos rios: 48,72% de 1º ordem, 30,24% de 2º ordem e 21,04% de 3º ordem, caracterizada com a ordem da bacia. O rio principal possui talvegue de 8,36 km e 10,60 km de comprimento total, mesmo sendo somente 1 trecho na bacia como rio de terceira ordem (Tabela 2), porém 65,06% do rio principal tem esta característica, além disso, bacia possui uma boa relação de bifurcação para os rios de 2 e 3 °. (Figura 3).

Figura 3: Rede de drenagem e ordem fluvial da sub-bacia do Riacho Camaçari.

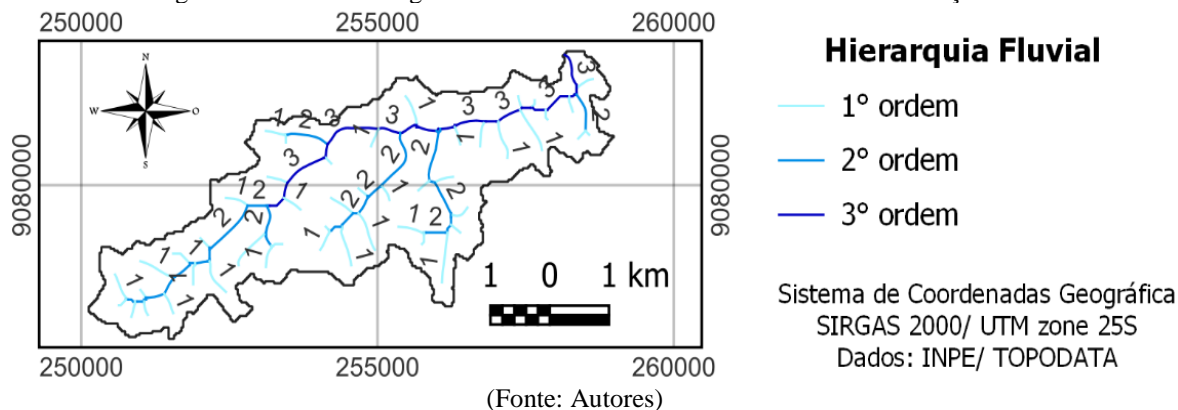


Tabela 2: Quantificação dos canais fluviais da sub-bacia do Riacho Camaçari.

Ordem do canal	Quantidade	Extensão (km)	Relação de Bifurcação
1°	49	15,97	-
2°	6	9,91	8,17
3°	1	6,90	6
Total	17,556	32,78	

Fonte: Autores

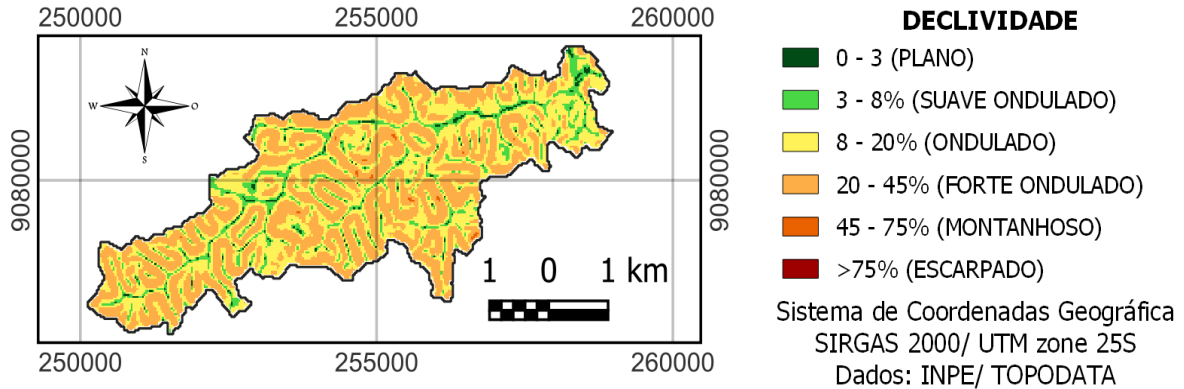
A classe de declividade predominante na sub-bacia sequencialmente é a forte ondulado e ondulado, correspondendo 87,39% do total da área (Tabela 3) com característica homogênea, sendo somente 0,22% da bacia com característica montanhosa. Já para os rios prevalece a região plana e suave ondulado ocupando quase toda a área destas classes (Figura 4).

Tabela 3: Área das classes de declividade da sub-bacia do Riacho Camaçari.

Classe de declividade	Declividade (%)	Área (km ²)	Área (%)
Plano	0 – 3	0,320	1,82
Suave Ondulado	3 – 8	1,855	10,57
Ondulado	8 – 20	6,787	38,66
Forte Ondulado	20 – 45	8,555	48,73
Montanhoso	45 – 75	0,039	0,22
Escarpado	> 75	-	-
Total		17,556	100,00

Fonte: Autores

Figura 4: Mapa de declividade da sub-bacia do Riacho Camaçari.



Fonte: Autores)

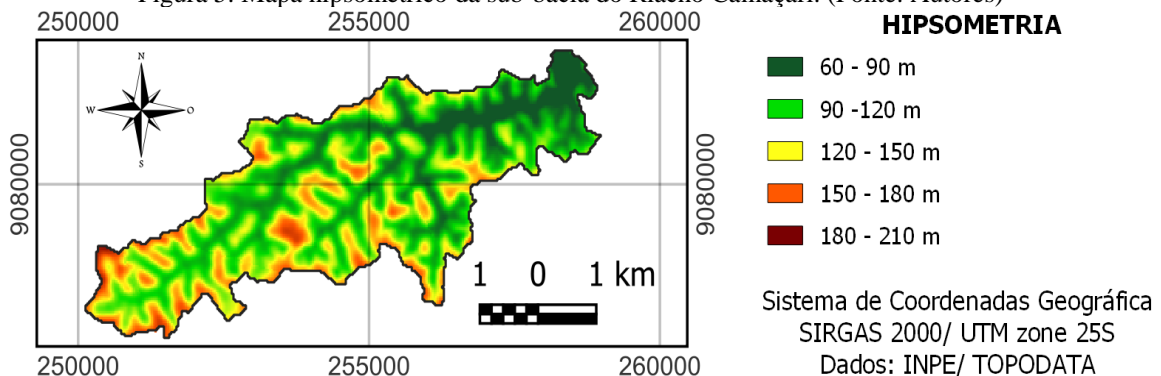
A bacia possui variação de altitude entre 63,72 a 205,90 metros, considerada uma bacia homogênea com 93,0% entre as cotas 90 a 180 metros (Tabela 4). A hipsometria mostra um relevo com crescimento regular para as extremidades da bacia. Somente o início do rio principal possui uma alta elevação alta com cota de 154,19 m, porém aproximadamente 97% do seu percurso encontra-se entre as cotas 60 a 120 m, com um decaimento uniforme até o exutório (Figura 5).

Tabela 4: Área das classes hipsométricas da sub-bacia do Riacho Camaçari.

Classes hipsométricas (m)	Área (km ²)	Área (%)
60 - 90	0,892	5,1
90 - 120	6,023	34,3
120 - 150	6,675	38,0
150 - 180	3,635	20,7
180 - 210	0,331	1,9
Total	17,556	100,00

Fonte: Autores

Figura 5: Mapa hipsométrico da sub-bacia do Riacho Camaçari. (Fonte: Autores)



Os parâmetros iniciais gerados pelos mapas, como: área, perímetro, talvegue e extensão dos rios, alturas máximas e mínimas, comprimento axial, possibilitam o dimensionamento dos demais indicadores morfométricos (Tabela 5).

Tabela 5: Demais parâmetros morfométricos da sub-bacia do Riacho Camaçari.

Parâmetros	valores	Unid.	Situação
Kc	2,50	-	não sujeita a grandes enchentes
Kf	0,22	-	não sujeita a enchentes
Ic	0,16	-	não possibilita cheias rápidas
ΔH	142,18	m	Alta diferença de relevo
Hmax	205,90	m	Cota máxima difere da região predominante.
Hmin	63,72	m	pequena parte da bacia possui cotas próximas do exultório
Ip	8,53	m/km	Declividade regular
Rr	0,019	-	Baixa relação de escoamento superficial da água precipitada
Dd	1,87	Km/km ²	Considerada moderada, propiciando acúmulo do curso d'água
Cm	0,54	Km ²	Pequena área para sustentar 1 m linear do rio principal
Tc	203,72	minutos	1,44Tc'
Tc'	113,18	minutos	Tc'
Is	21,14	-	Rio considerado reto
S	1,27	-	O rio principal é considerado, baixa sinuosidade

Fonte: Autores

A morfometria apresentou que a sub-bacia não está sujeita a enchentes e a grandes cheias com todos os parâmetros geométricos e a razão de relevo que indica baixa relação de escoamento superficial da água precipitada favorecendo a infiltração dependendo do tipo de solo e magnitude da pluviométrica, além disso, demonstrando uma potencialidade de volume na região de 3º ordem e regular descarga no exutório. Este resultado se deve a densidade de drenagem moderada para alta, sinuosidade baixa com característica de rio reto e tempo de concentração do rio principal regular ao resultado ao talvegue, mostrando que a água escoada tende a chegar rápido na foz.

A sub-bacia possui predominância de declividade ondulado e forte ondulada, os cursos d'água ocupam quase a totalidade das regiões mais baixas da bacia, alta relação de bifurcação entre os rios e coeficiente de manutenção baixo, precisando de pouca área para abastecer linearmente o canal fluvial principal, são fatores de relevo e drenagem que favorecem o enchimento do rio. Dentre a extensão com maior potencialidade de retenção de água está no trecho de 3º ordem devido ter boas contribuições e constituir 65,06% da extensão total do rio principal.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sub-bacia hidrográfica do riacho Camaçari apresentou uma caracterização morfométrica não propícia a enchentes e grandes cheias, além disso, parâmetros que

favorecem uma descarga hídrica relativamente rápida para o exutório e uma potencialidade de volume no trecho do rio principal com 3º ordem. Outros estudos a sub-bacia são fundamentais para melhor eficiência na gestão dos recursos hídricos, como modelagem hidrológica, assoreamento e uso e ocupação do solo, com isso, realizar pesquisas de maneira integrada entre as bacias.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pela Sua condução, aos professores do programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, campus Agreste, pelo apoio e ensinamentos, e principalmente ao orientador Diogo da Paz pelo comprometimento, zelo e dedicação em contribuir com nosso aprendizado.

REFERÊNCIAS

AIRES, Adriano e Araújo et al. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica da barragem de Pau dos Ferros/RN. **Revista Geama**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 67–76, 2021. Disponível: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/4557>

DIAS, N. O.; MACHADO, V. S.; MARCATO JÚNIOR, J.; OSCO, L. P.; RAMOS, A. P. M. Análise morfométrica de bacia hidrográfica utilizando dados de diferentes modelos digitais de superfície. **Colloquium Exactarum**, v. 11, n. 4, p. 23-35, 2019. Disponível: <https://doi.org/10.5747/ce.2019.v11.n4.e294>

GROHMANN, C.H. Técnicas de Geoprocessamento Aplicadas à Análise Morfométrica. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica. Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2004

FIORESE, C. H.; AGUILAR, T. Morphometric Characterization of the murubia stream hydrographic sub-basin in the municipality of Muqui-ES, Brazil. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 12, 2019.

KIRPICH, Z.P. (1940). **Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds. Journal of Civil Engineering** 10 (6), pp. 362.

KROTH, G. A. B.; VIEIRA, I. C. B.; YKEIZUMI, L. Y. F. Estudos do crescimento urbano no município de Ihota–SC no período de 1999–2019. **Metodologias e Aprendizado**, v. 2, p. 10-14, mai. 2020. Disponível: <https://doi.org/10.21166/metapre.v2i0.1010>.

MEDEIROS, R.M.de. et al. Water scarcity and its rainfall variability in the last 20 years in São Bento do Una -Pernambuco, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.5, p. 46432-46446, may, 2021. Disponível: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n5-182>

OLIVEIRA, D.B.S. O uso das tecnologias sociais hídricas na zona rural do semiárido Paraibano: Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia –PPGG. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB, 2013.

PIEIDADE, G. C. R. Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. 1980. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP, Botucatu/SP, 1980.

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

SILVEIRA, A.L.L. (2005). Desempenho de formulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** 10, pp.5-23.

SOUZA, Ênio Gomes Flôr et al. 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**, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 1530-1540, jul. 2021.

ISSN

1984-2295.

Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/244836>

VIANA, Jussara Freire de Souza et al. Modelagem hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama-PE utilizando o modelo SWAT. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.3 n.1, p.155 – 172, jan. 2018. Disponível: <https://doi.org/10.24221/jeap.3.1.2018.1709.155-172>

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Mc Graw Hill, 1975. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

OLIVEIRA, D.B.S. O uso das tecnologias sociais hídricas na zona rural do semiárido Paraibano: Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia –PPGG. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB, 2013.