Análise de parâmetros morfométricos na microbacia do riacho Flamengo em Garanhuns, PE

Analysis of morphometric parameters in the micro basin of the stream Flamengo in Garanhuns, PE

Elaynne Mirele Sabino de França
Doutoranda em Geografia no Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGEO pela Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Brasil
emirele.franca@gmail.com

Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto
Doutora em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Professora da Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Sergipe
josefaeliane@ufs.com

Resumo
O presente estudo objetivou analisar parâmetros morfométricos correlacionando as características dos componentes naturais e das interações praticadas pela atuação da sociedade, no âmbito de uma bacia hidrográfica em vista da dinâmica fluvial e transformações na paisagem. A pesquisa foi subsidiada por ferramentas do geoprocessamento e adoção de parâmetros com vias a caracterização da área. A Microbacia do Riacho Flamengo apresenta área territorial de 35,8 Km², qualificada como microbacia, e canais em terceiro nível na hierarquia fluvial; com padrão de drenagem dendrítica, percorre 11,59 km de fluxo principal; e variação altimétrica média acima de 820m. Infere-se que tais aspectos, em suma, coadunam informações subjetivas ao planejamento ambiental adequado às características potenciais e limitações, derivados de condicionantes geológico-geomorfológico-climáticos e antropogênicos.

Palavras–chave: Dinâmica ambiental, bacia hidrográfica, morfometria.

Abstract
The present study aimed to analyse morphometric parameters correlated with the natural components and the interactions practice by society`s performance, inserted in the hydrographic basin's scope given the river dynamics and transformations in the landscape. The research was subsidised by geoprocessing tools and adoption of parameters for with characterisation of the area. The Riacho Flamengo watershed has a territorial area of 35.8 km², qualified as a watershed, and channels at the third level in the river hierarchy; with dendritic drainage pattern, traverses 11,59 Km of main flow; and average altimetric variation above 820m. It is inferred that these aspects, in short, combine subjective information to the environmental planning adequate to the potential characteristic and limitations, derived from geological-geomorphological-climatic and anthropogenic.

Keywords: Environmental dynamics, hydrographic basin, morphometry.

1. INTRODUÇÃO

O âmbito de uma microbacia expressa certa dinâmica estabelecida entre os componentes da natureza e sociedade, perante modificações praticadas pela ação antrópica, por isso carece de ser reconhecida, para assim compreender a integração de características físicas e sociais. No tocante a perspectiva dos aspectos físicos, Christofoletti (1980) destaca a relevância da aplicação de parâmetros com a finalidade de tomar consciência do perfil da bacia hidrográfica, referindo-se diretamente a análise morfométrica, ou seja, variáveis quantitativas.

Segundo Cardoso e Aquino (2016), a adoção desse formato se constitui instrumento de pesquisa que possibilita o levantamento de características fundamentais para o entendimento da dinâmica e especificidades do ambiente, sobretudo em bacia hidrográfica. Esse conjunto de informações servirão de base para desenvolvimento de planejamento ambiental e ordenamento territorial orientado sobre as potencialidades e fragilidades vigentes.

Desse modo, demonstra caráter exitoso porque os resultados obtidos são importantes a tomada de decisão e desenvolvimento de plano ambiental, capaz de auxiliar na realização de ações estratégicas correspondentes para aproveitamento social e econômico (MELO NETO; MELLO, 2015; CARDOSO; AQUINO, 2016; BATISTA *et al.,* 2017). Pois, mesmo que os resultados da análise morfométrica e caraterísticas físico-naturais tracem certo panorama, esse pode ser (re)constituído diante das alterações praticadas pelo homem e, assim, condicionar o equilíbrio ambiental ou desequilíbrio capaz modificar as propriedades iniciais da bacia de drenagem.

Considerada aqui, a microbacia, enquanto sistema ambiental por conta do comportamento hidrológico associado ao relevo, solo, vegetação, clima e derivações antropogênicas. Então, a incorporação desses fatores condicionantes da estrutura e rede fluvial são, ao mesmo passo, influenciados nesse arranjo paisagístico. Tal posicionamento representa a integração de parâmetros morfométricos, juntamente, com atributos biofísicos responsáveis pela modelagem da superfície terrestre e disposição hidrográfica (MELO NETO; MELLO, 2015), colocando em evidência a apropriação e transformação feita pela sociedade.

Nesse contexto, o estudo teve por objetivo aplicar parâmetros morfométricos no âmbito de microbacia hidrográfica e associá-los a atributos socioambientais com vias a compreensão entre a dinâmica fluvial e antrópica. Em suma, adotaram-se os destaques morfométricos delineados em Christofoletti (1980) a partir da hierarquia fluvial e análise do contexto linear, areal e hipsométrico. Esses dados traduzem informações acerca da estrutura da microbacia e apresentam subsídio a compreensão do espaço geográfico.

1.1. Área de estudo

A área que abrange a Microbacia do Riacho Flamengo (MRF) está localizada dentro do limite político e administrativo de Garanhuns, no estado de Pernambuco, situado na porção central do terreno presente em parte do setor urbano e outra no âmbito rural, com área de 35,8 Km², no paralelo 9015000 e 9009000 S e meridiano 784000 e 775000 W, visualizado na figura 1.

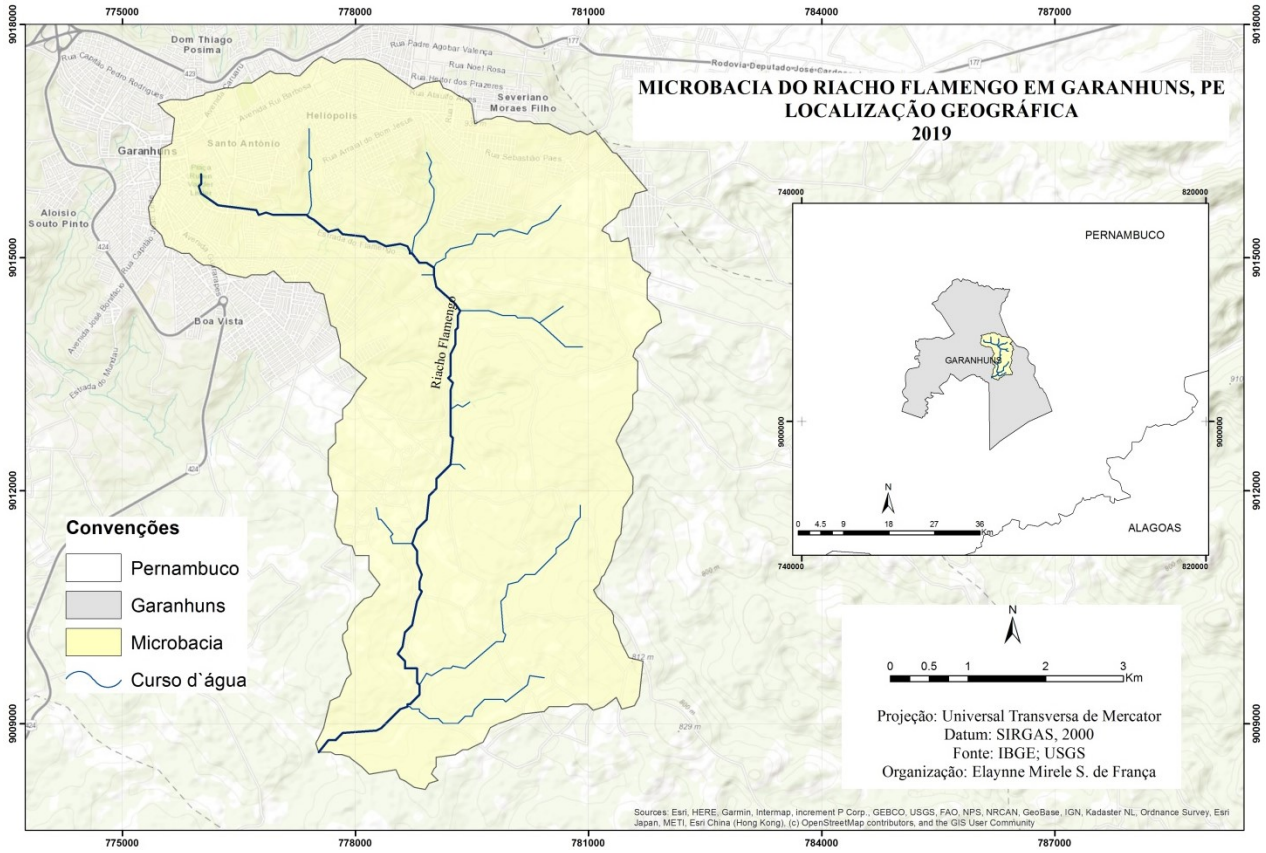

Figura 1 – Localização geográfica da Microbacia do Riacho Flamengo (MRF).
Fonte: Elaynne França, 2019.

Estabelecida sobre o planalto da Borborema onde o modelado expressa variação hipsométrica com declividade de suave a forte ondulado, sobre condicionantes climáticos e meteorológicos (Figura 2) configura ambiente com inverno chuvoso e frio, cujo fator orográfico interfere nas baixas temperaturas no trimestre de Maio, Junho e Julho, e verão quente e seco (PINTO; FRANÇA; SANTOS, 2020).

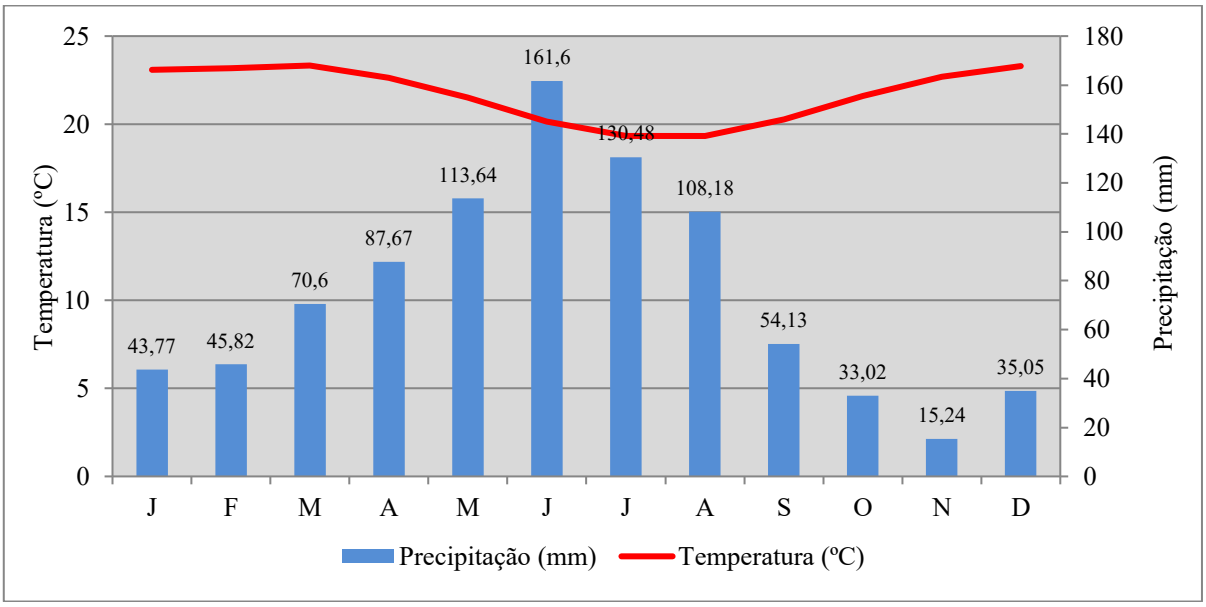

Figura 2 – Climograma de temperaturas e precipitações médias mensais de Garanhuns, PE (1995-2015).
Fonte: INMET e Agritempo, elaborado pela autora (2019).

Por está situado na zona agreste, ou seja, área de transição que esbanja na paisagem vegetação correlata ao bioma da Caatinga e Mata Atlântica, com a presença de áreas de exceção, onde pode ser encontrada vegetação cuja fitofisionomia varia de forma correspondente as interações com o clima e solo situado na área de estudo. Dentro desse contexto, reconheceu-se na paisagem espécies como: Jurema preta (*Senegalia polyphylla*), Braúna (*Melanoxylon braúna*), Flamboyant (*Delonix regia*), Aroeira (*Astronium urundeuva*), Pau Brasil (*Caesalpinia echinata*), Ipê (*Tabebuia impetiginosa*), Mangueira (*Mangifera indica*) e outras árboreo-arbustivas.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento desse estudo foi realizado em duas etapas: de gabinete e campo, complementares entre si, ideais a confirmação e/ou contraposição dos dados *in loco*. A primeira com intuito de pesquisa, leitura, download e organização de arquivos e a outra para análise aferição de informações, registro fotográfico e análise empírica.

Acerca da atividade de campo serviu a coleta de dados, com a captação de pontos de coordenadas geográficas através do Sistema de Posicionamento Global e registro de imagens, e observação e anotações em diário de campo para reconhecimento local de atributos físico-naturais presente na paisagem da microbacia.

2.1. Materiais e Métodos

Para isso, utilizou-se de imagem SRTM, base do Modelo Digital de Elevação – MDE, caracterizada no formato GEOTIFF (16 bits) com resolução espacial de 30 metros e datum WGS-

84, obtido do programa espacial SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) disponibilizada pela USGS (United States Geological Survey) – Earth Explore em: https://earthexplorer.usgs.gov, para realizar a modelagem da bacia hidrográfica e aspectos relativos ao relevo.

O processamento digital da imagem foi executado em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográficas) através do uso do software ArcGis 10.3, cujas ferramentas disponíveis permitiu a elaboração da base de atributos físico-naturais, com a extração de curvas de nível do terreno, conhecimento dos níveis altimétricos e delimitação de rede hidrográfica, e modelagem espacial.

Esses dados alicerçaram a quantificação de parâmetros morfométricos, pois a aplicação de critérios teórico-metodológicos sugere informações iniciais sobre a microbacia. Cabe destacar que as variáveis seguem metodologicamente aquilo expresso em Christofoletti (1971; 1980) e da execução feita por Souza (1984), organizados de forma sintética em quatro conjuntos, tendo em vista as diferentes feições geométricas da microbacia e explicação do conceito e/ou expressão quantitativa de cada, conforme a tabela 1.

Tabela 01: Parâmetros, conceitos e expressão quantitativa de variáveis morfométricas.

PARÂMETRO	CONCEITO / EXPRESSÃO QUANTITATIVA
	HIERARQUIA FLUVIAL
Ordem fluvial	Para classificação dos cursos d`água seguiu-se critérios exposto por Strahler em 1952, onde um canal de primeira ordem não possui tributário; a junção de dois canais de primeira ordem origina o de segunda ordem; a confluência de dois canais de segunda ordem gera um de terceira ordem; e assim por seguinte. Assim foi aplicada tal procedimento através da edição na *Open Attribute Table* referente a cada fluxo hídrico presente na rede de drenagem na microbacia.
Magnitude de ligamento	Corresponde proporcionalmente a quantidade de nascentes, pois são constituídas por canais sem tributários. Constatado da ordem fluvial na *Open Attribute Table.*
Número de segmentos	Trecho do rio com a mesma ordem fluvial que se refere a um segmento, a mudança de ordem direciona o canal para outro conjunto de segmento. Identificado na *Open Attribute Table.*
Número total de ligamentos	Trata-se do canal que não possui tributário, ou seja, segmento fluvial de primeira ordem. É encontrado a partir da fórmula: 2n – 1. Onde n representa o número de nascentes e 2n – 1 informa o número total de ligamentos. Verificado na *Open Attribute Table.*
	CARACTERÍSTICAS LINEARES
Relação de bifurcação (Rb)	Dimensionada pela expressão matemática: Rb = Nu ÷ Nu+1. Onde Rb é a relação da bifurcação; Nu é o número de partes de determinada ordem; e Nu+1 é o número de partes da ordem imediatamente superior. Através da *Open Attribute Table* foi possível identificar os canais de primeira, segunda e terceira ordem fluvial.
Comprimento do rio principal	É a distância expressa da nascente seguindo a linha do canal fluvial até chegar a desembocadura. De posse do *shapefile* da rede de drenagem da bacia hidrográfica utilizou-se, primeiro, a ferramenta *Select Features > Data > Export Data* para criação arquivo *shapefile* do rio principal e, depois, *Open Attribute Table > Add Field* (configurou a aba com *Name > Type: Float*) > *Calculate Geometry* indicada as propriedades em *Length > Kilometers (km)* para delineamento métrico da nascente do riacho até a desembocadura.
Extensão do percurso superficial (Eps)	Obtido a partir do cálculo: Eps = 1 / 2 Dd. Onde Eps é a extensão do percurso superficial; e Dd é a Densidade de drenagem.

Índice de sinuosidade	Mensurado com a seguinte expressão: IS = L ÷ De. Onde IS é o índice de sinuosidade; L é o comprimento do canal; e De é a distância dos eixos A e B em linha reta. No cálculo da distância dos eixos fez uso da ferramenta *Measure > Measure Line* que apresentou saldo métrico referente a A e B.
	CARACTERÍSTICAS AREAIS
Área / Perímetro	Corresponde à área territorial que abrange o conjunto dos canais. É o comprimento da linha que abrange a área da microbacia. Para delimitação geométrica seguiu com *Open Attribute Table > Add Field* (configurou a aba com *Name > Type: Float*) > *Calculate Geometry* configurada as propriedades em *Area > Square Kilometers (sq km)* para a área da microbacia e na mesma ferramenta editou as propriedades em *Perimeter > Kilometers (km)* para a delimitação do perímetro.
Comprimento da microbacia	Refere-se a "distância medida, em linha reta, entre a foz e o mais alto ponto situado ao longo do perímetro" (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 114). Feito a partir do *shapefile* da bacia hidrográfica utilizando a ferramenta *Measure > Measure Line* para delineamento de linha métrica da foz até o perímetro.
Índice de circularidade	A "relação existente entre a área da bacia e a área do círculo do mesmo perímetro" **(**CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 114). Cuja fórmula: Ic = A ÷ Ac. Onde Ic: é o índice de circularidade; A é a área da bacia; e Ac trata da área do círculo igual ao perímetro. Sabendo a área da bacia se fez necessário delinear círculo com ferramenta *Measure > Measure An Area.*
Densidade da drenagem (Dd)	Obtida com a expressão matemática em Dd = Lt ÷ A. Onde Dd é a densidade de drenagem; L_t é o comprimento total dos canais; e A é a área da bacia hidrográfica. O resultado da densidade da drenagem é classificado em baixa (> 0,50), mediana (0,50 a 2,00), alta (2,01 a 3,50) e muito alta (< 3,50). De posse da medida da área da microbacia prosseguiu a mensurar a extensão do comprimento do canais através da *Open Attribute Table > Add Field* (configurou a aba com *Name > Type: Float*) > *Calculate Geometry* > indicada as propriedades em *Length > Kilometers (km)* para delineamento métrico
Coeficiente de manutenção (Cm)	Encontrado com aplicação da seguinte fórmula: Cm = 1 ÷ Dd x 1000. Onde Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é o valor da densidade de drenagem.
	CARACTERÍSTICAS HIPSOMÉTRICA
Altitude mínima, máxima, média e amplitude altimétrica	Refere-se, respectivamente, ao menor e maior nível altimétrico constatado no terreno e o produto da soma e divisão da altitude mínima e máxima. E a diferença entre a altitude máxima e mínima. Cuja etapas no SIG se fez com as ferramentas do *ArcToolbox* para extração de curvas de nível, *3D Analyst Tools > Raster Surface > Contour*, a partir da imagem raster com intervalo entre os contornos de 10 em 10 metros e o TIN que diz respeito a hipsometria do terreno, *3D Analyst Tools > Data Management > TIN > Create TIN.* Esses dados foram importantes para a identificação de tópico deste parâmetro.
Relação do Relevo (Rr)	Identificado com a aplicação da fórmula: Rr = H_m / L_h . Onde Rr é a relação do relevo; H_m é a amplitude topográfica máxima; e L_h é o comprimento da bacia.
Índice de rugosidade (Ir)	Dado a partir do seguinte cálculo matemático: Ir = H x Dd. Onde Ir é o índice de rugosidade; H é a amplitude altimétrica; e Dd é a densidade drenagem.

*Alguns dos parâmetros relacionados se complementam, pois os resultados repercutem de forma interdependente possibilitando aplicação, direta, da expressão quantitativa apontada.

Fonte: Strahler, 1957; Christofoletti, 1980; Beltrame, 1994; Machado; Torres, 2012.

Adaptado: Das autoras.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Com a aplicação dos procedimentos elencados acima, os resultados obtidos foram analisados levando em consideração as características ambientais dos componentes na superfície terrestre, organizados em quatro análises, a saber: Hierarquia Fluvial, Linear, Areal e Hipsométrica.

3.1. Hierarquia fluvial

Inicia-se a análise morfométrica, conforme Christofoletti (1980), a partir da hierarquização fluvial, pois o conhecimento da ordem dos cursos d`água representa, segundo Teodoro *et al.,* (2007), a utilização adequada do termo para definir uma microbacia quando possui canais de drenagem de 1ª e 2ª ordem e, às vezes, constatada a 3ª ordem.

Para o estabelecimento deste parâmetro seguiu-se critério definido por Strahler, onde a área de estudo expressa canais fluviais ordenados até terceira (Figura 3), revelando esse arranjo hídrico do que vem a ser considerado por microbacia hidrográfica.

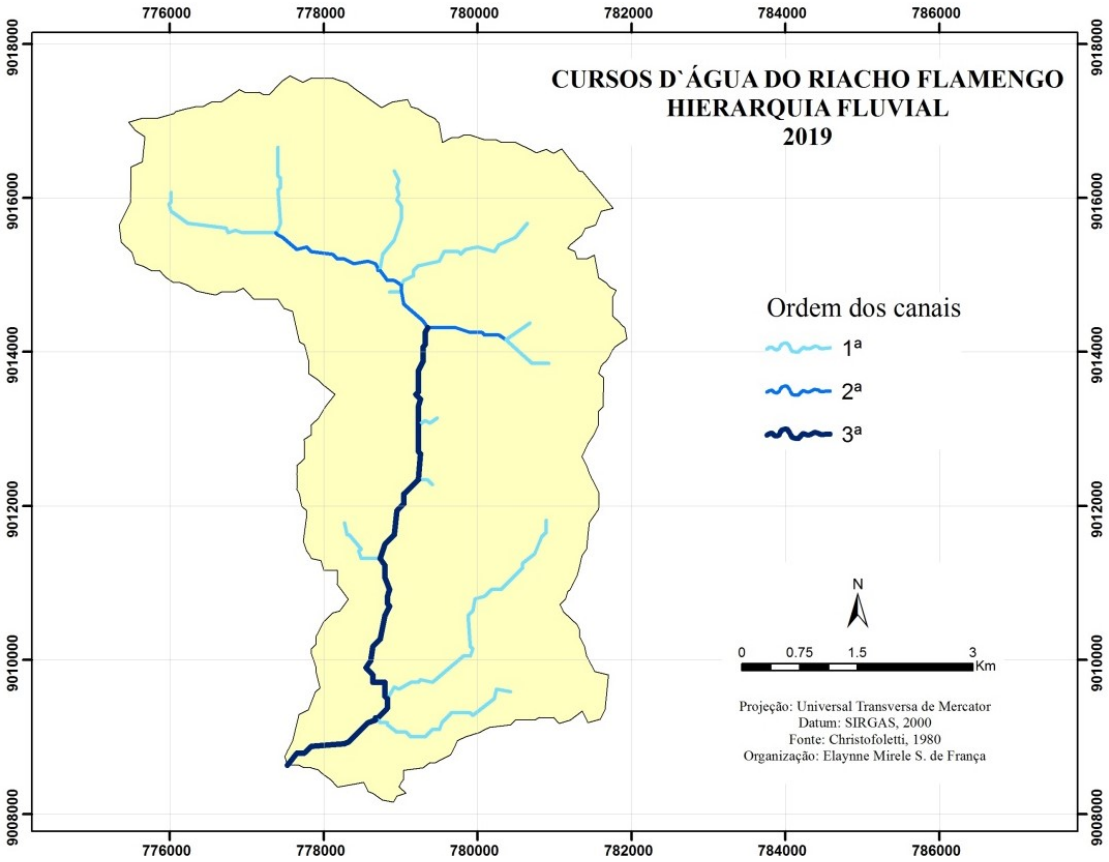

Figura 3 – Hierarquia Fluvial da Microbacia do Riacho Flamengo (MRF).
Fonte: Elaynne França, 2019.

Diante da distribuição geográfica dos canais no território da microbacia, os de 1ª ordem se destacam, estabelecendo papel importante quanto à captação e manutenção do escoamento superficial para suprir as demais ordens desde a montante até a jusante e setores leste e oeste. Nesse contexto, saber a magnitude de um ligamento, número de segmentos e o número total de ligamentos da rede fluvial foram significativos porque indicam a dimensão e potencial de capacidade para sustentação do escoamento do rio principal e seus afluentes visualizado na tabela 2.

Tabela 2: Hierarquia fluvial da microbacia.

Hierarquia fluvial	Ordem	Magnitude de um ligamento	Nº de segmento fluvial	Nº total de ligamentos
	1º		12	
	2º	12	5	23
	3º		6	

Fonte: Das autoras.

A rede de drenagem possui magnitude total de doze ligamentos, com segmentos fluviais de 1ª ordem em doze, 2ª ordem com cinco e 3º ordem de seis. Tendo em vista protagonismo do número de segmentos encontrado na primeira ordem, evidencia para si maior responsabilidade pela drenagem de certa área em relação aos demais segmentos.

Além do mais, não somente o quantitativo numérico superior como também a localização destes segmentos na porção superior do terreno, favorecido pelo modelado do relevo, onde as porções elevadas contribuem para escoamento superficial das águas fluviais e pluviais.

Mesmo assim, a microbacia depende da integração do conjunto fluvial, ou seja, a contribuição de nascentes e cursos de d`águas, perenes e intermitentes, de primeira ordem na manutenção fluxo hídrico. Fato que expõe a importância dos 23 ligamentos na área drenada.

A rede de canais de água, em sua disposição espacial na microbacia, incentiva a realização de atividades nas proximidades da nascente e trechos fluviais. O uso da água para manutenção de parque municipal, refúgio de vegetação arbórea com espécies nativas e exóticas e fauna, retirada de água através de bombeamento com finalidade de irrigação em plantações de capim para alimentação de animais e cultivo de hortaliças (Figura 4).

Figura 4 – Irrigação nas plantações de capim (A) e no cultivo de hortaliças (B).
Fonte: Das autoras.

3.2. Análise linear

Os cursos d`água que abrangem área da microbacia expressa arranjo de caráter dendrítico, pois o traçado dos canais apresenta semelhança com a estrutura de uma árvore, em seus ligamentos

até canal principal. O despejo das águas do fluxo hídrico chega em local de acumulação, ou seja, em lago, artificial, que a caracteriza como endorreica.

No caso, segue em direção da barragem do Cajueiro, construção artificial, no município de Garanhuns-PE com capacidade de acumulação, monitorada pela COMPESA, em 14,5 milhões m/³. O Riacho Flamengo é um dos eixos de fomento hídrico para barragem, fato que contribui no reconhecimento de bacia estratégica, conforme Botelho e Silva (2004), perante os usos e manutenção de atividades socioeconômicas.

Dado caráter do tipo de escoamento e padrão de drenagem fluvial recebe influência da configuração rochosa da MRF, assentada sobre embasamento cristalino que diante da resistência da rocha facilita o escoamento superficial.

No que se refere a relação de bifurcação (Rb), verificou-se na primeira interação de ordens (primeira com segunda) quantia de 2,22 e na segunda (segunda com terceira) de 0,67 (Tabela 3). A segunda interação com resultado menor, com diferença entre a primeira de 1,55, representa o que Christofoletti (1980) considera como sendo anormalidade devido a inconstância de separação entre ordens.

Tabela 3: Análise linear da microbacia.

Análise Linear	Ordem	Rb	Comprimento do rio principal (Km)	Eps (Km)	Índice de sinuosidade
	1º - 2º	2,22	11,59	0,54	1,51
	2º - 3º	0,67			

Fonte: Das autoras.

Cabe destacar, concernente a Rb, a interferência da variação altimétrica, pois a maioria dos canais de 1ª e 2ª ordem ficam situados em área acima de 800 metros, cuja máxima chega a 940 metros, integrado na cabeceira da microbacia entre interflúvios do planalto da Borborema. Associado a declividade do relevo, caracterizado em suave ondulado e ondulado, derivado de processos morfogênicos, com morros de superfície arredonda e convexa e vales com canais fluviais bem encaixados, encontra-se Latossolos e Argissolos, conforme IBGE, de condição diferente para infiltração e processos erosivos (Figura 5).

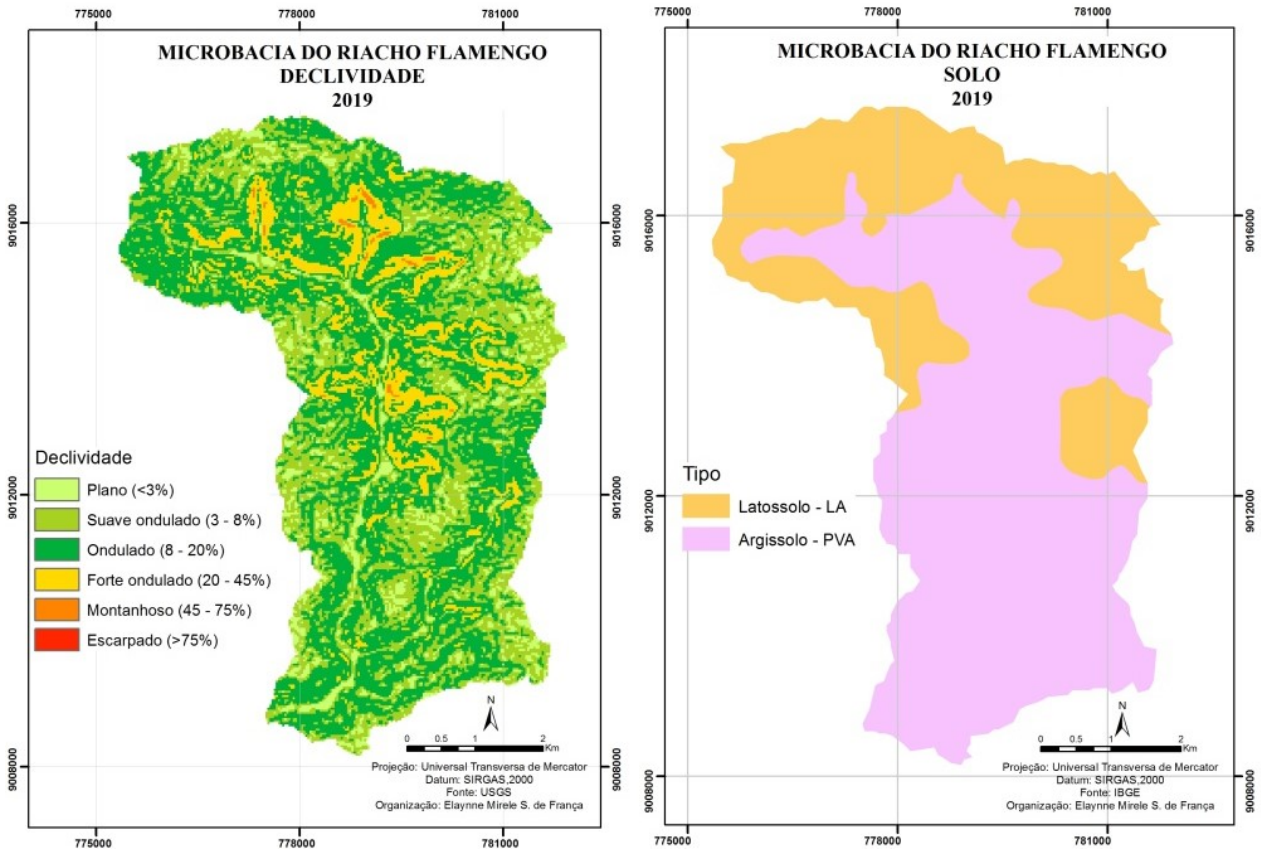

Figura 5 – Hierarquia Fluvial da Microbacia do Riacho Flamengo (MRF).
Fonte: Elaynne França, 2019.

O comprimento rio principal estende-se em 11,59 quilômetros, da nascente até desembocadura. Nessa trajetória, suas águas perpassam por distintos contextos ambientais, referindo-se a solos de caráter permeável diferentes e modelado da superfície terrestre. A respeito disso, a capacidade de infiltração é mais eficiente em áreas de relevo com declividade abaixo de 8%, suave e suave ondulado, perante a interferência na velocidade e tempo de escoamento superficial, e lugares viáveis a permeabilidade fora do tecido urbano.

Em decorrência de acontecer enxurrada, observando o tempo percorrido em distância média espacial de áreas elevadas até o curso principal, tem-se extensão de percurso de 0,54Km. Isso infere ainda sobre a erosão do escoamento superficial, pois atua, também, no transporte e deposição de sedimentos no rio, processos atuantes na evolução das paisagens fluviais (TORRES; MARQUES NETO; MENEZES, 2012).

Visualizada interação na microbacia, o traçado do canal fluvial apresenta sinuosidade em 1,51, caracterizando-o em meândrico porque, conforme Christofoletti (1980), o valor do índice mensurado é igual ou acima de 1,5. Isso demonstra propriedade de rio em estado de estabilidade perante atuação de processos morfogenéticos. Entretanto, cabe destacar que a proximidade do valor mínimo para determinação parâmetro permite redefinição de patamar, até mesmo ao se pensar a influência de condicionantes geológicos e climáticos.

3.3. Análise areal

Trata-se de microbacia com área espacial de 35,77 Km², com comprimento de 8,95 Km sobre superfície terrestre em perímetro envolvente de 32,39 quilômetros quadrados (Tabela 4). A abrangência do terreno fica localizada sobre variação altimétrica acima dos 690m inserida no planalto da Borborema.

Tabela 4: Análise areal da microbacia.

	Área da microbacia (Km²)	Comprimento da microbacia (Km)	Perímetro (Km²)	Ic	Dd	Cm (Km²)
Análise Areal	35,77	8,95	32,39	0,43	0,72	1,39

Fonte: Das autoras.

Tal contexto topográfico contribui para a formato intermediário da microbacia, com índice de circularidade de 0,43, assim como as condições geológicas, derivado do embasamento cristalino com rochas do pré-cambriano encontradas nos complexos de Cabrobó e Belém de São Francisco.

A configuração da MRF traduz implicações no tocante a ocorrência de evento extremo, pois levaria tempo mediano para provocar aumento do volume de água no canal, ou popularmente conhecida por enchente. Isso impacta, principalmente, em área de forte derivação antropogênica diante da impermeabilização do solo no âmbito urbano e erosão laminar e rastejamento nas proximidades de habitações em bordas de vales (Figura 6).

Figura 6 – Processos erosivos e risco em área urbanizada.
Fonte: Das autoras.

Fato que recebe caráter potencializador com a densidade de drenagem total de 0,72 na microbacia, tida como mediana conforme indica Beltrame (1994) porque ocasiona limitação da permeabilidade do solo promovido pela resistência das rochas do arcabouço cristalino e interferência do Latossolo.

Além disso, o resultado da Dd recebe interferência da combinação ambiental do semiárido, a ausência de chuvas no período seco modifica a propriedade física do solo quando gera superfície ressecada, similar a vedação superficial natural. A região mostra clima tipificado em dois períodos, um seco e outro chuvoso, no primeiro com chuvas até 55 mm e evapotranspiração potencial superior a 85 mm marcando intervalo de deficiência hídrica (PINTO; FRANÇA; SANTOS, 2020). E também o modelado retratado pelo relevo com declividade do tipo ondulado, em 47% da área, predominante na paisagem, e suave ondulado, com 31%, dispostos entre chapadas e morros de topo arredondado, integram os fatores precedentes a Dd média e esculturação dos canais.

O coeficiente de manutenção demonstrou a necessidade de abrangência espacial de 1,39 Km² para desenvolvimento de canal hídrico na microbacia, pois revelou terreno suficientemente capaz para manter o escoamento superficial. Tendo ligação direta a Dd porque ambos têm dependência da condição geológica, pedológica e climática para se manifestarem na paisagem fluvial.

3.4. Análise hipsométrica

Sobre a isoípsa, ou seja, a mesma linha que corresponde a determinada cota altimétrica (CHRISTOFOLETTI, 1980), na variação do modelado da superfície terrestre com mínima altimétrica de 690 metros, máxima de 940 metros de altura e média de 827 metros (Figura 7).

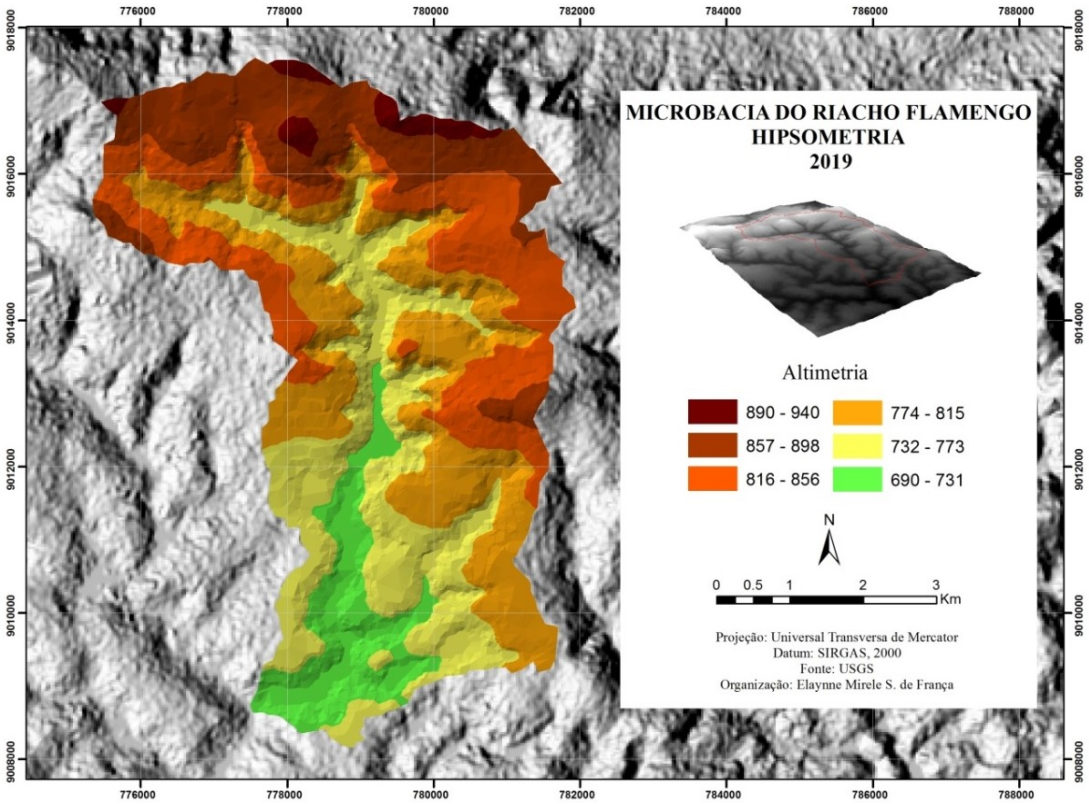

Figura 7 – características hipsométrica da MRF.
Fonte: Elaynne França, 2019.

A configuração do planalto da Borborema revela diferenças hipsométricas no mesmo patamar geomorfológico na microbacia, desde suave a forte ondulado, repercutida numa amplitude altimétrica de 250 metros quando relacionada a mínima e máxima de altitude no terreno (Tabela 5).

Tabela 5: Análise hipsométrica da microbacia.

Análise Hipsométrica	Altitude mínima e máxima (m)	Altitude média (m)	Amplitude altimétrica (m)	Relação do relevo (Rr)	Índice de Rugosidade (Ir)
	690 / 940	827,36	250	21,57	180

Fonte: Das autoras.

Essa variação mensurada na hipsometria tem inferência na relação do relevo de 21,6, considerado elevada, diante da feição superficial movimentada no alto curso da microbacia onde registrou as maiores altitudes ao comparar com o baixo curso.

Ao quantificar o índice de rugosidade, de 180, derivado da amplitude altimétrica e densidade de drenagem, tal valor é significativo para conhecimento sobre o potencial de ocorrer inundação, pois para Christofoletti (1980), quanto mais alto for se aproxima de acontecer esse evento fluvial.

Outro aspecto concernente a altimetria, e ressaltado em Christofoletti (1971), trata do formato da curva hipsométrica apresentar semelhança a letra S. Porém mesmo sendo semelhante o traçado assumido, deve ser observado o suporte físico-natural para a sinuosidade da linha porque a curva representa condições e dinâmica de cada ambiente.

Ficou constatado tal característica em forma de S na curva hipsométrica da MRF, como vista na figura 8, levemente suave com aspecto côncavo em área a partir do 900 m e convexo em faixa inferior a 730 m, numa interface linear decrescente entre 882m e 745m no sentido a jusante.

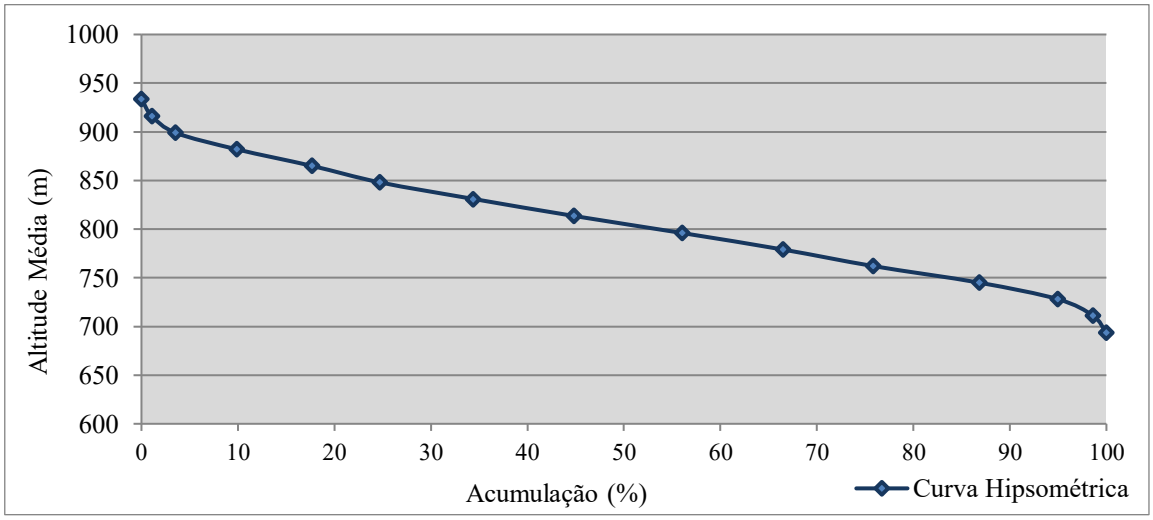

Figura 8 – Curva hipsométrica da microbacia.
Fonte: Das autoras.

Também traduz reflexões sobre a evolução do relevo na paisagem. Acerca disso a teoria do ciclo geográfico, proposta por Davis em 1899, explana sobre as fases sucessivas do modelado terrestre em nível de desenvolvimento antropomórfico (CHRISTOFOLETTI, 1980) ou os estágios de erosão, em Strahler (1957, p. 919), indicado em: "inequilibrium (young) stage, equilibrium (mature) stage e monadnock phase". À luz da contribuição de Davis e Strahler, a linha da curva da microbacia denota para modelado em estágio de maturidade, com presente atuação de processos erosivos e cursos d`água de forma (re)organizado e bem encaixado no relevo (Figura 9).

Figura 9 – Modelado do relevo da microbacia do Riacho Flamengo.
Fonte: Das autoras.

Isso resulta da atuação de processos morfogenéticos exógenos encarregado pela esculturação de vertentes através do intemperismo, erosão, deslocamento e deposição de sedimentos e ação biológica, inclusive antrópica, colaboram de forma significativa para transformação do terreno.

Outra variável diz sobre o perfil longitudinal, segundo Christofoletti (1980) a maioria dos rios demonstra curvatura de forma côncava em declividade movimentada próximo da cabeceira e suavização na desembocadura porque ocorre alargamento de vales, que faz lembrar essas características no Riacho Flamengo (Figura 10).

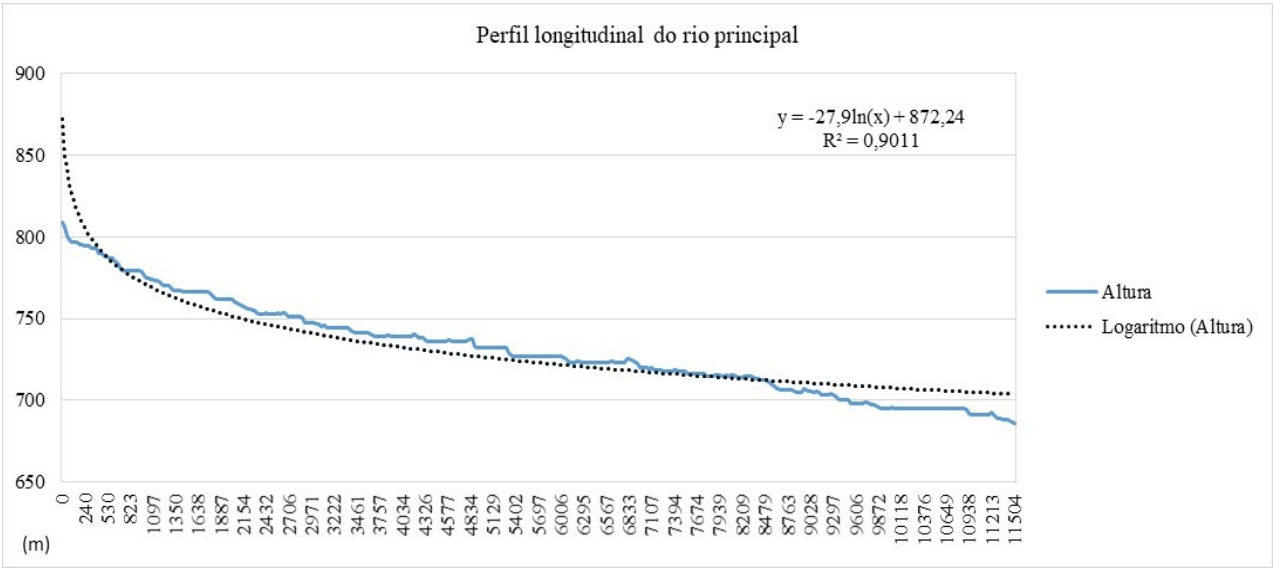

Figura 10 – Perfil topográfico longitudinal do rio principal.
Fonte: Das autoras.

Quando aliado a declividade do terreno e Índice de Rugosidade implica dizer, também, sobre a velocidade do escoamento superficial, sendo caracterizada de modo mais rápida em áreas movimentadas e lenta em porções suaves (TORRES; MARQUES NETO; MENEZES, 2012). Consigo vincula-se a própria participação da topografia em sua dinâmica, perante a passagem do fluxo hídrico, com a desagregação e transporte de sedimentos onde acontece erosão e deposição em outros setores. Neste último, pode haver aprofundamento do talvegue e alargamento das margens de modo irregular (Figura 11).

Figura 11 – Aprofundamento da linha do talvegue e alargamento das margens.
Fonte: Das autoras.

Esse fato tem como resultante ação fluvial, principalmente na efetivação de evento meteorológico extremo, perante o volume de água do corpo hídrico e resistência dos setores marginais do riacho. E também na participação de elementos bióticos, presença e ausência de cobertura vegetal para participação no ciclo hidrológico, e a sociedade, implementação de derivações antropogênicas.

4. CONCLUSÃO

A microbacia hidrográfica relevou ser unidade de estudo estratégica para pesquisa onde o conhecimento de características biofísicas traduz a dinâmica ambiental inerente. Ao mesmo tempo, a literatura destaca a análise de parâmetros morfométricos enquanto ferramenta de caráter metodológico, o fato ratificado no estudo em tela, pois possibilita compreender inter-relações naturais e sociais e repercussões socioambientais.

Em síntese, das variáveis analisadas, distribuídas na hierarquia fluvial e características linear, areal e hipsométrica, a MRF apresenta cursos d`água de terceira ordem entre canais perenes e intermitentes disseminados no território da bacia hidrográfica; ligado a isto, o padrão de drenagem é dendrítico porventura típica da geologia; o perímetro areal suficiente para abarcar fitogeografia de Caatinga e Mata Atlântica e implicações das derivações antropogênicas; e os contrastes hipsométricos revelam atributos do terreno sobre a qual fica no Planalto da Borborema.

No agregado da análise sobre as particularidades concernente a microbacia, espera-se olhar integrado capaz de auxiliar na tomada de decisão e planejamento ambiental respaldo nas potencialidades, aproveitamento sustentado e desafios para gerenciamento conciliado no modo de uso e ocupação do ambiente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à CAPES – Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior – pela fomentação de bolsa para o desenvolvimento da pesquisa e a Universidade Federal de Sergipe pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. **Indicadores socioambientais e aplicabilidade no alto curso da bacia hidrográfica do rio Mundaú-PE**. 2013. 120 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

BATISTA, D. F.; CABRAL, J. B. P.; ROCHA, T.; BARBOSA, G. R. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio – GO. **Geoambiente On-line**, Jataí, n. 29, p. 15-35, 2017.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas:** modelo e aplicação. Florianopólis: Ed. da UFSC, 1994. 112p.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. cap. 6, p. 153–192.

CARDOSO, J. A.; AQUINO, C. M. S. Caracterização morfométrica da sub-bacia do riacho do Roncador, Timon (MA). **Geonordeste**, São Cristóvão, n. 1, p. 02-22, 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. In: IBGE, Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. **Boletim geográfico 220**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 220, p. 131-159, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 1980. 188p.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. P. Bacia Hidrográfica. In: MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cenage Learning, 2012. cap. 4, p. 37–77.

MELO NETO, J. O.; MELLO, C. R. Levantamento das propriedades morfométricas da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho com o uso do geoprocessamento. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 08, n. 02, p. 103-109, 2015.

PINTO, J. E. S. S.; FRANÇA, E. M. S.; SANTOS, R. S. O clima do semiárido: diversidade, caminhos e desafios de análise. In: MENEZES, S. S.; PINTO, J. E. S. S. (Orgs). **Geografias e geograficidades**: olhares, trajetórias e reflexões. São Cristóvão: Editora UFS, 2020. cap. 13, p. 341-364.

SOUZA, M. H. **Análise morfométrica aplicada a bacias fluviais de Sergipe**. 1982. 65 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Rio Claro, 1982.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. **Transactions,** American Geophysical Union, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **REVISTA UNIARA**, Araraquara, v. 11, n. 1, p. 136–156, 2007.

TORRES, F. T. P.; MARQUES NETO, R.; MENEZES, S. O. **Introdução à geomorfologia**. São Paulo: Cenage Learning, 2012. 322p.

USGS – EARTH EXPLORE. Serviço Geológico dos Estados Unidos. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)**. Disponível em: < https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 12 nov. 2017.

Trabalho enviado em 03/10/2020
Trabalho aceito em 30/01/21