

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO FORMIGA, MUNICÍPIO DE FORMIGA, MINAS GERAIS¹

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF RIVER FORMIGA WATERSHED

Kátia Daniela Ribeiro², João Paulo Augusto Borges³ e Danielly Faria Fernandes⁴

RESUMO

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica faz parte de sua gestão ambiental e hídrica, haja visto que os parâmetros morfométricos indicam a potencialidade da bacia na produção de enchentes, servindo ainda para avaliar os impactos gerados em decorrência, principalmente, das intervenções antrópicas. Este estudo objetivou caracterizar morfometricamente a bacia hidrográfica do Alto Rio Formiga, situada no município de Formiga-MG. Foi feita coleta de dados geomorfométricos no banco de dados TOPODATA, que foram trabalhados no *software* QGis para a extração de informações como área, perímetro, comprimento axial etc. Esses elementos propiciaram a estimativa de indicadores do comportamento físico e hidrológico da bacia, como fator de forma, densidade de rede de drenagem, entre outros. A bacia possui formato oval, indicando tratar-se de uma bacia propensa a enchentes, conforme evidenciaram os parâmetros como o índice de circularidade ($I_c = 0,62$), fator de forma ($F = 0,76$) e a razão de alongação ($Re = 0,98$). O comprimento médio do escoamento superficial e o índice de rugosidade mostraram que o escoamento superficial é rápido e de alto potencial erosivo. A bacia foi classificada como de 5ª ordem conforme Strahler (1957) e a rede de drenagem é bem ramificada. A bacia hidrográfica possui baixa capacidade de infiltração, rápido escoamento superficial, alto potencial degradador e, em virtude disso, a elaboração e implantação de projetos de cunho conservacionistas apresentam-se como viáveis para a conservação da água dentro da bacia, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos locais.

Palavras chave: Densidade de drenagem, Propensão a enchentes, Recursos hídricos.

ABSTRACT

Watersheds morphometric characterization is part of their environmental and water management. Morphometric parameters indicate the basin potentiality in floods production, also serving to assess impacts generated due to anthropic interventions. This study aimed at characterizing morphometrically the River Formiga watershed, located in the municipality of Formiga, Minas Gerais state, Brazil. Geomorphometric data were collected in TOPODATA database, which were worked in the QGis software to extract information such as area, perimeter, axial length, etc. It was estimated parameters of physical and hydrological behavior of the basin, such as form factor, drainage network density, among others. Basin has an oval shape, indicating that it is a flood-prone basin, as evidenced by the parameters of circularity index ($I_c = 0.62$), form factor ($F = 0.76$) and elongation factor ($Re = 0.98$). The average runoff length and roughness index showed that runoff is fast and of high erosive potential. Studied basis is of as 5th order, according to Strahler (1957), and the drainage network is

1 Trabalho de Conclusão de Curso

2 Doutora em Engenharia Agrícola. Professora Titular II. Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG, Formiga, Minas Gerais. E-mail: katiaribeiro@uniformg.edu.br

3 Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG, Formiga, Minas Gerais. E-mail: jp_aubor@hotmail.com

4 Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG, Formiga, Minas Gerais. E-mail: daniellyfariafernandes@gmail.com

well branched. Watershed has low infiltration capacity, fast runoff, and high degrading potential and, as a result, conservation's projects will contribute to water preservation within the watershed.

Keywords: *Drainage density, Flood propensity, Water resources.*

INTRODUÇÃO

Bacias hidrográficas, também conhecidas como bacias de drenagem ou de captação (MELLO; SILVA, 2013), consistem num sistema físico de captação natural do volume de água precipitado, a partir do qual escoamentos se convergem em uma saída comum, chamada de exutório da bacia ou seção de controle (PEREIRA *et al.*, 2017). Também pode ser definida como uma área delimitada topograficamente, composta por um sistema conectado de canais de drenagem (cursos d'água), cuja descarga da vazão efluente é um único ponto de saída (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SÃO PAULO - UNESP, 2019).

Uma vez que os principais componentes da bacia hidrográfica (água, solo, fauna, flora e comunidades) naturalmente permanecem em constante dinâmica e interação, qualquer interferência antrópica afeta positiva ou negativamente o ecossistema (MORATO *et al.*, 2019). Assim, as bacias hidrográficas tornam-se indispensáveis indicadores ambientais acerca do ecossistema, o que a torna um importante objeto de estudo no meio científico.

Os processos geomorfológicos promovem modificações do relevo da bacia e ocorrem sob diferentes condições climáticas e geológicas. Logo, reconhecer, localizar e quantificar a morfologia da bacia é fundamental, sobretudo em se tratando das alterações que estes fatores podem causar nos processos hidrológicos (FÉLIX, 2018).

Um fator determinante em qualquer bacia de drenagem é o seu formato, de modo que o estudo de parâmetros morfométricos de uma bacia permite inferir sobre as magnitudes das vazões de escoamento superficial e subsuperficial (MELLO; SILVA, 2013), permitindo caracterizá-la quanto à capacidade de infiltração e/ou tendência a enchentes.

Os caminhos preferenciais dos fluxos superficiais e subterrâneos, definidos pela morfologia e morfometria de uma bacia hidrográfica, definem os mecanismos erosivos preponderantes da bacia e retratam a interação dos diversos fatores bióticos, abióticos e antrópicos que compõem o ambiente de drenagem (SANTOS, 2014). O estudo morfométrico, portanto, apresenta-se como uma ferramenta de manejo hidrológico e conservacionista da bacia, permitindo inferir sobre a dinâmica dos componentes do ciclo hidrológico, auxiliando na tomada de decisão em projetos diversos relacionados ao uso, ocupação e conservação da água e solo.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto para coleta de dados topográficos (PARANHOS FILHO *et al.*, 2021) tem facilitado o estudo morfométrico de bacias hidrográficas através do uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) para a obtenção, visualização, modelagem e correlação dos dados necessários. Combinando-se dados morfométricos diversificados, é possível diferenciar áreas homogêneas, permitindo assim que tais parâmetros revelem qualitativamente alterações ambientais (CÂMARA, 2018).

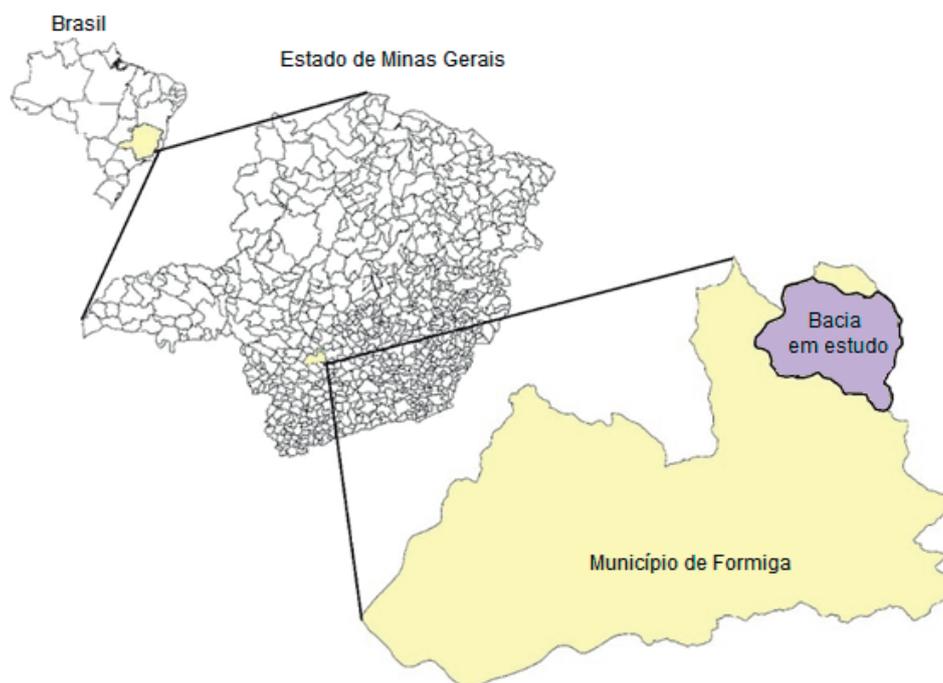
O Rio Formiga, localizado no município de Formiga, região Centro Oeste de Minas Gerais, é o único fornecedor de água para o consumo humano no município. A bacia do Alto Rio Formiga conta com aproximadamente 200 nascentes. Mesmo assim, a vazão do Rio Formiga vem diminuindo ano a ano, pelo desmatamento, pisoteio excessivo do gado e assoreamento de nascentes. Na seca, falta água para a população urbana, exigindo que o Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE do município realize rodízios no fornecimento (SILVA, 2020).

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas ainda pode se concretizar como uma das investigações necessárias na realização de um diagnóstico inicial e planejamento das ações a serem executadas num projeto conservacionista da água e do solo da bacia, cuja finalidade é de proteger nascentes e cursos de água e promover a infiltração da água no solo, controlando os processos erosivos e promovendo incrementos na quantidade e qualidade das águas da bacia.

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou caracterizar morfometricamente a bacia hidrográfica do Alto Rio Formiga, compreendida, em sua totalidade, no município de Formiga, estado de Minas Gerais, com o intuito de fornecer indicadores e nortear ações para um manejo integrado dos recursos naturais da bacia.

METODOLOGIA

A área de estudo é a bacia hidrográfica do Alto Rio Formiga que possui 146,17 km² e está compreendida entre as coordenadas latitudinais 20°24'15,66"S e 20°23'34,15"S e coordenadas longitudinais 45°23'17,91"O e 45°19'14,78"O, situada no município de Formiga, na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais (Figura 1).

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Formiga.

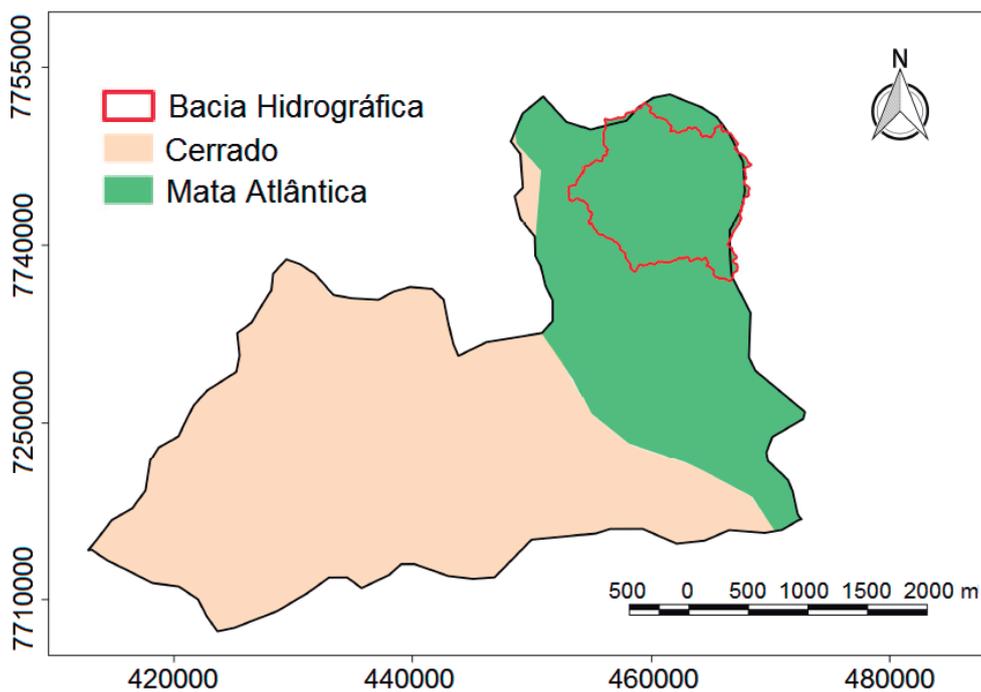
Fonte: Construção dos Autores

Segundo a classificação climática de Köppen e Geiger (1936), o clima regional é tropical de altitude, marcado por estações bem definidas: inverno seco, com temperaturas mais baixas e verão chuvoso, com temperaturas elevadas (LACERDA *et al.*, 2014). A temperatura média mensal varia entre 17,0 °C e 23,1 °C e a pluviosidade média é de 16 mm em junho e 281 mm em dezembro (SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - IDE-SISEMA, 2019).

O município de Formiga está em um ecótono (IDE-SISEMA, 2019) de Mata Atlântica e Cerrado (Figura 2), ou seja, em zona de transição entre os biomas, contendo demasiada diversidade ecológica (MILAN; MORO, 2016), sendo que a bacia em estudo está situada no bioma Mata Atlântica. Com relação à pedologia, a bacia é caracterizada pela presença de Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) e Latossolo Roxo (RL), conforme ilustra a Figura 3.

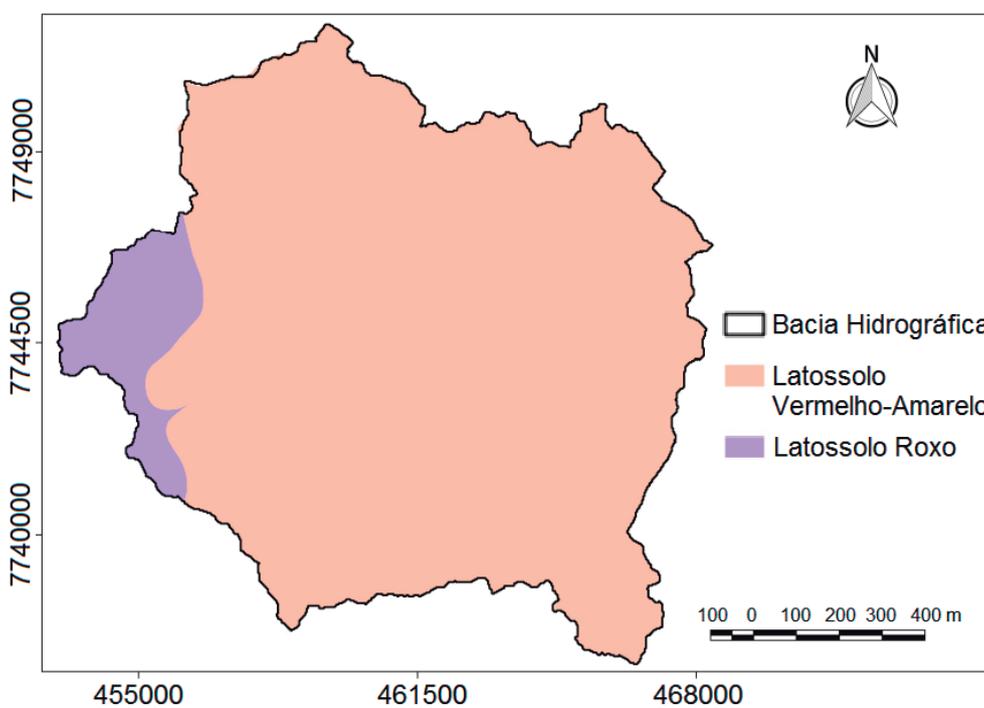
Para a preparação da base cartográfica da Bacia do Alto Rio Formiga foi utilizado o projeto TOPODATA, que dispõe de Modelos Digitais de Elevação (MDE) obtidos por sensoriamento remoto e que permite a obtenção de variáveis altimétricas para o território brasileiro (VALERIANO, 2005). Os dados disponibilizados pelo TOPODATA foram organizados, processados e analisados através do *software* QGIS, permitindo delimitar os limites da bacia, sua rede de drenagem e representação batimétrica.

Figura 2 - Identificação dos biomas no município de Formiga conforme IDE - SISEMA (2019).



Fonte: Construção dos Autores

Figura 3 - Solos presentes na bacia em estudo conforme IDE - SISEMA (2019).



Fonte: Construção dos Autores

Na delimitação da bacia, considerou-se como seção de controle o ponto de captação estabelecido pelo Sistema Autônomo de Águas e Esgoto (SAAE) de Formiga-MG, autarquia responsável pelo abastecimento de água no município. A seção de controle foi definida considerando os interesses da referida autarquia em obter dados e informações que subsidiem a elaboração de projetos e ações conservacionistas da água e solo para as áreas a montante do ponto de captação do SAAE de Formiga-MG. Segundo Silva (2020), a bacia hidrográfica do Alto Rio Formiga fica assim denominada por possuir sua seção de controle no ponto de captação de água para abastecimento urbano da cidade de Formiga-MG, ponto este situado a aproximadamente 2,5 km à jusante da junção do rio Padre Trindade com o ribeirão Barra Mansa, junção esta considerada como ponto inicial do Rio Formiga.

Após a delimitação da bacia, sua rede de drenagem e altimetria, foram estimados os índices morfométricos considerando as seguintes características (COUTINHO *et al.*, 2011):

- Geométricas: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de conformação ou de circularidade, razão de alongação;
- Hidrográficas: ordem da bacia, densidade de drenagem, índice de rugosidade, densidade hidrográfica, extensão média do escoamento superficial, tempo de concentração;
- Relevo: razão de relevo e declividade média da bacia.

A determinação do coeficiente de compacidade (K_c) foi feita pela Equação 1 (SILVA; SANTOS; BRAZ, 2019).

$$K_c = 0,28 \times P / A^{0,5} \quad (1)$$

Em que: K_c é o coeficiente de compacidade (adimensional), P é o perímetro da bacia (km) e A é a área da bacia (km²).

O fator de forma (F) correlaciona um retângulo com a forma da bacia, sendo expresso pela razão entre a largura e o comprimento axial até a foz (Equação 2) (SILVA *et al.*, 2018).

$$F = A / L^2 \quad (2)$$

Em que: F é o fator de forma (adimensional), A é a área da bacia (km²) e L é o comprimento axial da bacia (km).

O índice de circularidade (I_c), expresso pela Equação 3, é a relação entre a área total de drenagem (A , em km²) com o perímetro (P , em km), representando qual a proximidade da bacia à forma circular (SOUZA *et al.*, 2017).

$$I_c = 12,57 \times A / P^2 \quad (3)$$

Descrita pela Equação 4 (SOUZA *et al.*, 2002), a razão de alongação (Re) de bacias com forma mais arredondada e propícias para enchentes tende a valores mais elevados.

$$Re = 1,128 \times A^{0,5} / L \quad (4)$$

Em que: Re é a razão de alongação (adimensional), A é a área da bacia (km²) e L é o comprimento axial da bacia (km).

A ordem da bacia e dos cursos d'água que compõem a rede de drenagem foi determinada de acordo com método de Strahler (1957).

A densidade de drenagem (Dd) é a relação entre o comprimento total dos drenos e a área da bacia hidrográfica (SOUZA *et al.*, 2017), conforme apresenta a Equação 5.

$$Dd = Lt / A \quad (5)$$

Em que: Dd representa a densidade de drenagem (km/km²), Lt é o comprimento total dos drenos (km) e A é a área da bacia de drenagem (km²).

O índice de rugosidade (IR) indica o desnível médio da bacia hidrográfica (Equação 6), sendo que, quanto maior o valor de IR, maior é o potencial erosivo da bacia (PISSARRA; POLITANO; FERRAUDO, 2004).

$$IR = Dd \times I \quad (6)$$

Em que: IR é o índice de rugosidade (adimensional), Dd é a densidade de drenagem (km/km²) e I é a declividade média da bacia (%).

O cálculo da densidade hidrográfica (Dh) é expresso pela Equação 7. Este parâmetro, proposto por Horton (1945), estima a capacidade da bacia em gerar novos drenos (SILVA *et al.*, 2018).

$$Dh = N / A \quad (7)$$

Em que Dh é a densidade hidrográfica (drenos/km²), N é o número de drenos e A é a área da bacia (km²).

A extensão média do escoamento superficial (Cm) consiste na distância média para o escoamento superficial das águas (KNIERIN; TRENTIN, 2015), conforme a Equação 8.

$$Cm = A / (4 \times Lt) \quad (8)$$

Em que: Cm representa a extensão média do escoamento superficial (km), A é a área da bacia (km²) e Lt é o comprimento total dos drenos (km).

O tempo de concentração (tc) é o tempo necessário para que toda a bacia esteja contribuindo para a vazão na seção de controle (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004). Para determinar o tempo de concentração foi utilizada equação de Giandotti (PINTO JUNIOR; ROSSETE, 2005), conforme Equação 9.

$$Tc = (4.A^{0,5} + 1,5.Lp) / (25,3.H^{0,5}) \quad (9)$$

Em que: tc é o tempo de concentração (h), A é a área da bacia (km²), L é o comprimento do talvegue principal (km) e H é a amplitude altimétrica da bacia (km).

Expressa pela Equação 10, a razão de relevo (Rr) determina uma relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do talvegue principal (PINTO JUNIOR; ROSSETE, 2005).

$$Rr = H / Lp \quad (10)$$

Em que: Rr é a razão de relevo (adimensional), H é a amplitude altimétrica (km) e Lp é o comprimento do talvegue principal (km).

A declividade da bacia é um parâmetro que está diretamente associado ao tempo de duração do escoamento superficial, ao tempo de concentração da bacia e à sua forma e relevo (SIQUEIRA *et al.*, 2012), podendo ser calculada com base na representação altimétrica da bacia através da Equação 11.

$$I = 100 \cdot D \cdot \text{CNI} / A \quad (11)$$

Em que: I é a declividade média da bacia (%), D é a equidistância entre curvas de nível (km), A é a área da bacia (km²) e CNI é o comprimento total das curvas de nível (km).

Os índices morfométricos estimados, associados aos mapas gerados, subsidiaram as análises quantitativas de maneira que esses dados foram confrontados entre si e com a literatura pertinente para caracterização do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica analisada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros calculados para caracterizar morfometricamente a bacia hidrográfica do Alto Rio Formiga.

Tabela 1 - Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Alto Rio Formiga.

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE DE MEDIDA
Área (A)	146,17	km ²
Perímetro (P)	54,5	km
Comprimento axial da bacia (L)	13,861	km
Comprimento total dos canais (Lt)	234,972	km
Comprimento do talvegue principal (Lp)	16,401	km
Número de drenos (N)	150	-
Amplitude altimétrica da bacia (H)	0,305	km
Equidistância das curvas de nível (D)	0,03	km
Comprimento total das curvas de nível (CNI)	587,079	km
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,262	adimensional
Fator de forma (F)	0,761	adimensional
Índice de circularidade (Ic)	0,619	adimensional
Razão de alongação (Re)	0,984	adimensional
Ordem	5 ^a	-
Densidade de drenagem (Dd)	1,608	km/km ²
Índice de rugosidade (IR)	19,37	adimensional
Densidade hidrográfica (Dh)	1,026	drenos/km ²
Extensão média do escoamento superficial (Cm)	0,156	km
Tempo de concentração (tc)	5,222	h
Razão de relevo (Rr)	0,019	adimensional
Declividade média da bacia (I)	12,049	%

Fonte: Dados da pesquisa

A bacia do Alto Rio Formiga apresenta área de 146,17 km², perímetro de 54,5 km e comprimento do canal talvegue principal de 16,401 km, sendo seu comprimento axial igual a 13,861 km.

Trata-se de uma bacia pequena ($< 250 \text{ km}^2$), na qual o escoamento sobre as encostas do terreno é dominante e o escoamento em cursos d'água é relativamente menos visível (E-KRISHI SHIKSHA, 2019).

Bacias pequenas tendem a ser mais homogêneas quanto às suas características geomorfológicas, sendo altamente sensíveis a chuvas de alta intensidade e curta duração (LOPES, 2017). As bacias hidrográficas pequenas são, dentro de um determinado sistema de drenagem, representadas por áreas de terras altas, onde as taxas pluviométricas e de deflúvio são geralmente maiores, com a verificação da falta de um sistema de canais extenso e bem desenvolvido (E-KRISHI SHIKSHA, 2019).

O coeficiente de compacidade (K_c) varia de acordo com a forma da bacia, sendo que, quanto mais irregular ela for, maior será o K_c ; e quanto mais próximo o K_c for do valor igual a 1,0, mais suscetível a enchentes será a bacia (CARDOSO *et al.*, 2005). Valores de K_c entre 1,00 e 1,25 indicam bacias com alta propensão a grandes enchentes; K_c entre 1,25 e 1,50 indicam bacias com tendência mediana a grandes enchentes; e valores de K_c superiores a 1,50 indicam bacias não sujeitas a grandes (SILVA; SANTOS; BRAZ, 2019).

Valores de fator de forma (F) inferiores a 0,50, indicam bacias com menor tendência a enchentes; F entre 0,50 e 0,75 indicam bacias com mediana tendência a enchentes; F entre 0,75 e 1,00 indicam bacias sujeitas a enchentes (MELLO; SILVA, 2013).

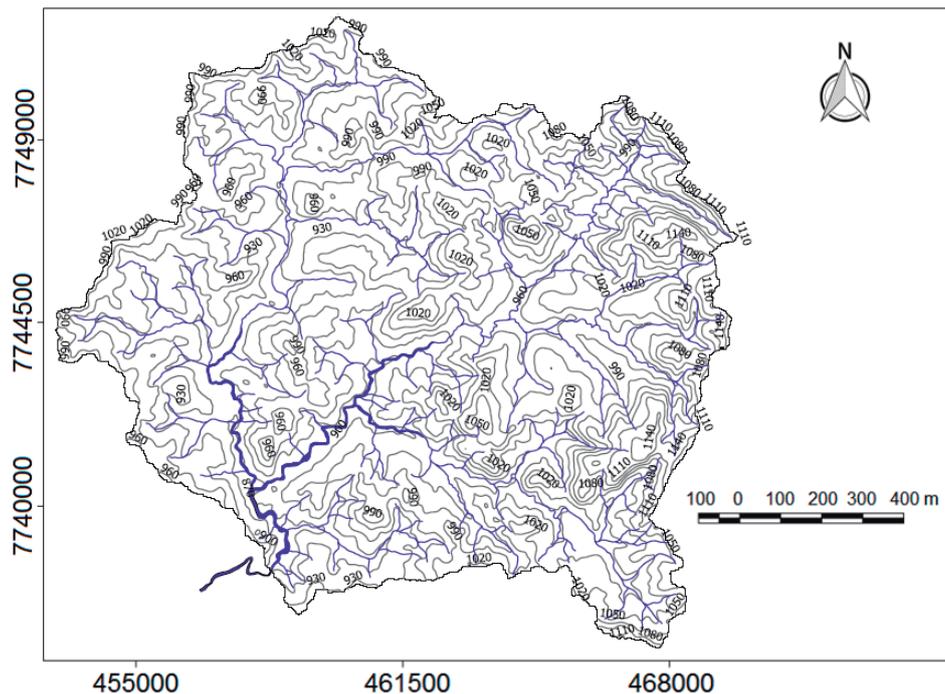
O índice de circularidade (I_c) avalia a capacidade da bacia em gerar enchentes, de modo que, quanto mais próximo da unidade, maior é a concentração do fluxo hídrico e propensão a enchentes. Valores de $I_c > 0,51$ indicam alta tendência a enchentes; $I_c = 0,51$ indica média tendência a enchentes; e $I_c < 0,51$ indica baixa tendência a enchentes (SOUZA *et al.*, 2017).

As bacias que apresentam razão de alongação (R_e) entre 0,60 e 0,79 são mais alongadas, enquanto as que apresentam R_e maior que 0,89 são ovais (SOUZA *et al.*, 2002).

Valores de razão de relevo (R_r) menores que 0,10 indicam baixa tendência a enchentes; R_r entre 0,11 e 0,30 indicam média tendência a enchentes; e R_r entre 0,31 e 0,60 indicam alta tendência a enchentes (SOUZA *et al.*, 2017).

O fator de forma, o índice de circularidade e a razão de alongação, iguais respectivamente a 0,761; 0,619 e 0,984, atestam que a forma da bacia é próxima do formato circular e altamente propensa a enchentes, embora o coeficiente de compacidade ($K_c = 1,262$) e a razão de relevo ($R_r = 0,019$) indiquem, respectivamente, que a bacia possui tendência mediana e baixa a enchentes. A geometria da bacia, conforme pode ser notado na Figura 4, já é um indicativo quanto à sua circularidade e maior propensão a enchentes.

Figura 4 - Bacia hidrográfica do Alto Rio Formiga.



Fonte: Dados da pesquisa

Santos *et al.* (2016) verificaram comportamento semelhante ao desse trabalho ao estudarem a bacia hidrográfica do rio Bonito em Irati-PR. Os autores verificaram que a bacia do rio Bonito, por ser circular e de pequena área, está sujeita à ocorrência de cheias devido a chuvas intensas em grande parte da área da bacia, apresentando alta propensão a enchentes. Essas informações corroboram com Oliveira (2011), que relata que o escoamento superficial em bacias cuja forma se aproxima a um círculo é mais rápido e menos distribuído, o que produz cheias de maior impacto.

A bacia hidrográfica foi classificada como de 5ª ordem (STRAHLER, 1957), ou seja, bem ramificada (SOUZA *et al.*, 2017). A ramificação da rede de drenagem pode intervir no sistema de drenagem, pois, quanto maior a ramificação, melhor será a drenagem (LEE *et al.*, 2018).

Valores de densidade de drenagem (Dd) menores que 5,0 km/km² caracterizam bacias com baixa densidade de drenagem; Dd entre 5,0 e 13,5 km/km² indicam média densidade de drenagem; Dd entre 13,5 e 155,5 km/km² indicam alta densidade de drenagem; e Dd acima de 155,5 km/km² caracteriza bacias de densidade de drenagem muito alta (SOUZA *et al.*, 2017). Quando se comparam duas bacias hidrográficas, aquela que possui maior Dd é também a que possui maior escoamento superficial, pois é mais acidentada (MELLO; SILVA, 2013).

Observa-se que, apesar de bem ramificada, a bacia do Alto Rio Formiga apresentou densidade de drenagem de 1,608 km/km², que é classificada com baixa.

A densidade hidrográfica (Dh) pode ser classificada como baixa ($Dh < 3$), média ($3 < Dh < 7$), alta ($7 < Dh < 15$) ou muito alta ($Dh > 15$) (SOUZA *et al.*, 2017). Já a extensão média do escoamento

superficial (Cm) varia de 0,5 km para bacias com drenagem pobre a 3,5 km ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas (VILLELA; MATTOS, 1975).

A baixa densidade de drenagem verificada para a bacia em estudo corrobora com os valores encontrados para a extensão média do escoamento superficial (Cm = 0,156 km) e densidade hidrográfica (Dh = 1,026 drenos/km²), que indicam uma drenagem pobre para a bacia do Alto Rio Formiga (SOUZA *et al.*, 2017; VILLELA; MATTOS, 1975). A drenagem deficiente da bacia associada ao clima da região permite inferir sobre a necessidade da construção de estruturas, como terraços de infiltração e bacias de contenção, para que a água permaneça disponível por mais tempo no local (FERREIRA *et al.*, 2010).

O índice de rugosidade foi de 19,37, que é considerado alto e isso implica num maior risco de degradação da bacia, já que este parâmetro se relaciona com o potencial erosivo devido ao escoamento superficial (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Portanto, a gestão adequada da bacia requer a adoção de práticas conservacionistas da água e do solo, reforçando-se a inferência feita no parágrafo anterior para a bacia do Alto Rio Formiga.

Ainda com relação ao índice de rugosidade, a bacia do Alto Rio Formiga classifica-se, com relação ao uso potencial do solo, como uma bacia Classe A, conforme Pissarra *et al.* (2004), cujos solos são apropriados para a agricultura. Os solos predominantes na bacia são os Latossolos, que são considerados por Pissarra *et al.* (2004) como mais adequados às atividades agrícolas. Entretanto, segundo Oliveira *et al.* (2013), a bacia em estudo pertence à Classe C de uso potencial do solo, apresentando maior aptidão para pastagem e floresta, não se devendo dispensar a adoção de práticas conservacionistas no intuito de evitar a degradação ambiental provocada por grandes picos de cheia e transporte de sedimentos pelos processos erosivos.

Bacias circulares tendem a apresentar menores valores de tempo de concentração, aumentando sua propensão a enchentes (VILLELA; MATTOS, 1975). O tempo de concentração (tc) da bacia foi de 5,222 horas, de acordo a estimativa feita pela equação de Giandotti. Este parâmetro está correlacionado com a velocidade do fluxo de água sobre a superfície da bacia, de modo que, quanto maior o tempo de concentração, menor será a velocidade do escoamento (RAMOS *et al.*, 2016) e menor a tendência a enchentes.

Silva *et al.* (2019), estudando a morfometria de bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde-GO, verificaram, para uma dada bacia com área, perímetro, fator de forma e coeficiente de compacidade semelhantes aos encontrados para a Bacia do Alto Rio Formiga, um valor de tc igual a 5 horas e 20 minutos, caracterizando essa bacia como de alta tendência a enchentes. Assim, o tempo de concentração da bacia do Alto Rio Formiga pode ser caracterizado como baixo, gerando altas velocidades de escoamento superficial, reforçando a análise já feita anteriormente sobre a necessidade da gestão ambiental adequada da bacia, adotando práticas de manejo conservacionista.

A declividade média da bacia foi de 12,049%, mostrando que, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1979), o relevo da bacia é ondulado, condizendo com o fato de se tratar de uma bacia bem ramificada e de elevada rugosidade. Geralmente, quanto mais ramificações a rede de drenagem da bacia possui, mais acentuado tende a ser o relevo (MELLO; SILVA, 2013).

Por fim, com base nos resultados obtidos, nota-se que a bacia do Alto Rio Formiga tem considerável propensão a enchentes e a sua circularidade favorece um escoamento superficial rápido que, conseqüentemente, dificulta a infiltração de água no solo e propicia uma maior formação de canais fluviais (KNIERIN; TRENTIN, 2015). Deste modo, é de suma importância a aplicação de técnicas conservacionistas, partindo do pressuposto de que, quanto maior a velocidade do fluxo da água dentro da bacia, maior será o potencial erosivo e a degradação do solo presente na mesma em detrimento de um menor abastecimento do lençol freático.

Os parâmetros quantificados neste trabalho para a Bacia do Alto Rio Formiga indicam que a morfometria da bacia não favorece o abastecimento do lençol freático e nem mesmo a constância da água nos rios, já que rapidamente a água precipitada é escoada até a seção de controle, ressaltando a importância de ações conservacionistas da água e do solo para a gestão ambiental desse espaço natural.

CONCLUSÃO

A bacia hidrográfica do Alto Rio Formiga foi caracterizada como sendo de 5ª ordem, de formato próximo ao circular, com alta propensão a enchentes, drenagem pobre, escoamento superficial rápido e apta para agricultura, pastagem e florestas, necessitando de práticas conservacionistas associadas ao seu manejo e gestão.

REFERÊNCIAS

ANTONELI, V. ; THOMAZ, E. L. **Caracterização do Meio Físico da Bacia do Arroio Boa Vista - Guamiranga - PR**. Guarapuava, PR: Caminhos de Geografia, 2007.

CÂMARA, P. H. da S. **Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, município de Piranga, Minas Gerais**. Rio Pomba: IFMG, 2018.

CARDOSO, C. A. et al. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa, Mg, v. 30, n. 2, p. 241-248, nov. 2005.

COUTINHO, L. M. et al. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 369-381, out. 2011.

E-KRISHI SHIKSHA. **Watershed Hydrology**: Lesson 15 - Types of Watersheds. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3EsnB5U>. Acesso em 17 nov. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979.

FÉLIX, E. A. **Morfologia, morfometria e dinâmica fluvial como subsídio para o planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Cabaçal - MT**. Cáceres: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2018. 173 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Disponível em: <https://bit.ly/3tFgHoP>. Acesso em 17 mai. 2022.

FERREIRA, T. S. W. C.; LIMA, S. C. de; CAVALCANTI S. C. L. de; SANTOS O. H. A. de. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Açude Cachoeira II, no município de Serra Talhada - PE, Brasil**. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II, Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra. 2010. Disponível em: <https://bit.ly/3EIN1ND>. Acesso em 17 nov. 2019.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrographical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 2, p. 275- 370, 1945.

KNIERIN, I. da S.; TRENTIN, R. Análise de Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Arroio Lajeado Grande (RS). **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 04, n. 37, p. 405-421, set. 2015.

KOPPEN, G. W.; GEIGER, M. R. **Das geographische System der Klimate**. Berlin, 1936. Disponível em: <https://bit.ly/3TN9UEc>. Acesso em: 30 set. 2019.

LACERDA, F. F. et al. Alterações Climáticas Globais: uma Realidade em Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, p. 121-154, jan. 2014.

LEE, J.; CHUNG, G.; PARK, H.; PARK, I. Evaluation of the Structure of Urban Stormwater Pipe Network Using Drainage Density. **Water**. 10(10):1444, 2018. DOI: 10.3390/w10101444.

LOPES, D. de C. **Avaliação preliminar da relação intensidade-duração-frequência pelo método Kimbal e obtenção dos coeficientes de desagregação para diferentes durações de precipitação: Estudo de caso: Coronel Pacheco - MG. Juiz de Fora: UFJF, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária).**

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

MILAN, E.; MORO, R. (2016). O conceito biogeográfico de ecótono. **Terra Plural**. Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 75-88, 2016. DOI: 10.5212/TerraPlural.v. 10i1.0006.

MORATO, R. G. et al. **Análise integrada em bacias hidrográficas: estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo.** São Paulo: FFLCH/USP, 2019. *E-book*. DOI: 10.11606/9788575063781

OLIVEIRA, A. H. **Erosão hídrica e seus componentes na sub-bacia hidrográfica do Horto Florestal Terra Dura, Eldorado do Sul (RS).** Lavras: UFLA, 2011. 181 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo).

OLIVEIRA, L. F. C.; CALIL, P. M.; RODRIGUES, C.; LIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. Potencial do uso dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, Goiás. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 222-238, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.914>.

PARANHOS FILHO, A. C. et al. **Geotecnologias para aplicações ambientais.** Maringá, PR: Uniedusul, 2021. *E-book*. DOI: 10.29327/527680

PEREIRA, P. E.; NUNES, M. V. F.; ZÁKHIA, E. M. S.; SILVA, G. F. da; ALVES, M. F.; COELHO, G. Caracterização de uma bacia hidrográfica utilizando ferramentas de geoprocessamento”. In: IX SBEA + XV ENEEAmb + III FLES. Anais. São Paulo: Blucher, 2017. p. 989-998. DOI: 10.5151/xveneeamb-099

PINTO JUNIOR, O. B.; ROSSETE, A. N. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira, Mt-Brasil. **Geoambiente On-line**, Jataí, Go, v. 1, n. 4, p. 111-112, jan. 2005.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 297-305, Apr. 2004. Disponível em: <https://bit.ly/3TO0k3K>. Acesso em 17 nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000200008>.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. D. S.; SILVA, D. D. D. **Escoamento superficial**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. 87 p.

RAMOS, J. C. et al. Water erosion in surface soil conditions: runoff velocity, concentration and D50 index of sediments in runoff. **Scientia agricola** (Piracicaba, Braz.), Piracicaba, v. 73, n. 3, p. 286-293, June 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3Xjxxau>. Acesso em 17 nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0110>.

SANTOS, F. M. dos. **Caracterização do meio físico da Bacia do Córrego Caçula e processos de degradação associados com vistas ao planejamento territorial**. Ilha Solteira: UNESP, 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais). Disponível em: <https://bit.ly/3tICDzm>. Acesso em 17 maio 2022.

SANTOS, M. A.; CARVALHO, S. M.; ANTONELI, V. Suscetibilidade a enchentes a partir da análise de variáveis morfométricas, na bacia hidrográfica Rio Bonito em Irati-PR- Brasil. **Revista Equador**, Piauí, v. 5, n. 5, p. 152-167, 2016.

SILVA, A. A.; SANTOS, G. O.; BRAZ, A. R. C. **Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde, Goiás**. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3Gyxba1>. Acesso em: 16 nov. 2019.

SILVA, G. et al. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Riacho Rangel-Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, [s.l.], v. 15, n. 28, p. 244-258, 3 dez. 2018. Centro Científico Conhecer. DOI: http://dx.doi.org/10.18677/encibio_2018b22.

SILVA, I. V. **Elaboração dos Projetos Individuais de Propriedade do Projeto Terra das Águas na bacia hidrográfica do Alto Rio Formiga, Formiga-MG**. Formiga: UNIFOR-MG, 2020. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica)

SIQUEIRA H.E., TIBERY L.R., GUIDOLINI J.F., VALLE JUNIOR R.F., RODRIGUES, V. A. Análise morfométrica e definição do potencial de uso do solo da microbacia do rio Veríssimo, Veríssimo - MG. **Enciclopédia Biosfera**, 8: 2237, 2012.

SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **IDE-SISEMA**. 2019. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/> Acesso em: 27 out. 2019.

SOUZA, C. F. et al. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí-Paraná. **Revista Eletrônica do Curso de Geologia** - UFG/REJ, Jataí, GO, n. 29, jul.-dez. 2017.

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

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SÃO PAULO - UNESP. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Unesp. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2AGJsGS>. Acesso em: 24 set. 2019.

VALERIANO, M. de M. **Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA**. Goiânia: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.