



Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Mestre Campo, no município de Piranga, Minas Gerais

Paulo Henrique da Silva Câmara¹

Kleber Mariano Ribeiro²

Kátia Daniela Ribeiro³

Tainá Ramos Pereira⁴

Resumo

A múltipla dinâmica ambiental das bacias hidrográficas torna esses ambientes naturais interessantes objetos de estudos e, em áreas com poucas investigações científicas, tal como a bacia hidrográfica do Córrego Mestre Campo, a necessidade dessas investigações é ainda maior. Com a realização do presente trabalho, buscou-se caracterizar a morfometria da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, localizada no município mineiro de Piranga, como uma primeira atividade à criação de um plano de manejo aos recursos naturais disponíveis na área. Para isso, dados geomorfológicos TOPODATA foram utilizados em sistema de informação geográfica (SIG) para extração das informações morfométricas – área e respectivo perímetro, comprimento do eixo e da rede de drenagem – da área de estudo e, posteriormente, essas variáveis foram utilizadas na estimativa de indicadores físicos – fator de forma, índices de circularidade e de compacidade, razão de alongação e densidade de drenagem – para descrição da bacia hidrográfica. Os índices de forma indicaram comportamento alongado para a bacia, caracterizando-a como um espaço de baixa susceptibilidade a enchentes em condições normais de precipitação. Além disso, a rede de drenagem apresentou ramificação de quarta ordem e mediana capacidade de drenagem. As sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo também foram caracterizadas e a Sub-bacia do Córrego do Brum apresentou forma arredondada, enquanto a Sub-bacia do Alto Mestre Campo mostrou características alongadas. Esses resultados ressaltam a heterogeneidade da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, que devem ser consideradas na elaboração de um plano para a gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica estudada, respeitando as particularidades do espaço geográfico para uso racional dos recursos naturais.

Palavras-chave: Gestão ambiental. Índices de forma. SIG.

Introdução

A bacia hidrográfica pode ser entendida como um sistema físico, natural e aberto, que capta um volume de água precipitada e, por meio de suas superfícies vertentes, conduz esse volume e outros materiais presentes na área até o exutório (CHRISTOFOLETTI, 1980; COELHO NETO, 1995;

1 Universidade Federal de Santa Catarina, Mestrando em Agroecossistemas, paulo0313@outlook.com. Rodovia Admar Gonzaga, n° 1346, Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina. CEP: 88.034-000.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG), *Campus* Rio Pomba, Professor Doutor. kleber.ribeiro@ifsudestemg.edu.br.

3 Centro Universitário de Formiga (UNIFOR), Professora Doutora. katiadr@bol.com.br.

4 IF Sudeste MG, *Campus* Rio Pomba, Graduanda em Agroecologia. tainarp30@gmail.com.

SILVEIRA, 2001). Esse espaço geográfico é ocupado por diversos organismos – tais como solo, fauna, flora, cursos d'água e comunidades – e a estruturação e a interação desses elementos dentro da bacia hidrográfica torna essa área natural um interessante objeto de estudo.

A Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo, área de estudo do presente trabalho, é um espaço natural localizado no município de Piranga, Minas Gerais, e que possui poucos estudos científicos descrevendo o local. Dessa forma, o levantamento de informações que permitam conhecer a dinâmica ambiental dessa bacia hidrográfica é muito importante para o gerenciamento dessa unidade ecológica, de forma a planejar as ações de acordo com as aptidões das áreas (PORTO; PORTO, 2008), com o uso racional e sustentável dos recursos naturais.

Neste contexto, o estudo da forma de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros procedimentos na área ambiental para levantamento do potencial natural existente e as informações técnicas podem ser base para o planejamento e a gestão das ações. A combinação de parâmetros morfométricos – como área de drenagem da bacia, perímetro, comprimento do eixo e comprimento de seus canais de drenagem – permitem estimar indicadores físicos específicos para o meio local – por exemplo, fator de forma, índices de circularidade e de compacidade, razão de alongação e densidade de drenagem – e possibilitam estudar a vulnerabilidade ambiental e antrópica da bacia hidrográfica (LIMA et al., 2011; RODRIGUES et al., 2016).

Sousa (2016), ao estudar a Bacia Hidrográfica do Rio Tapuio, no Ceará, concluiu que o levantamento das características morfométricas resultaram em importantes análises que permitiram revelar a baixa propensão para enchentes da bacia estudada. Coutinho et al. (2011), estudando a Bacia Hidrográfica do Rio da Prata, localizada no sul do Espírito Santo, também verificaram que a bacia hidrográfica apresentou índices morfométricos de poucas tendências a enchentes, desconsiderando ocorrências anormais de precipitação.

Silva et al. (2018), analisando dados de morfometria da Bacia Hidrográfica do Riacho Rangel, um dos principais afluentes do Rio Gurguéia, que abastece todo sul do estado do Piauí, caracterizaram a bacia como de médio porte, pouco favorável a inundações, de elevada permeabilidade do solo, com canais retilíneos e de baixa declividade. Os autores concluíram que as análises morfométricas constituem elementos indispensáveis para o planejamento e a avaliação do comportamento hidrológico da bacia, auxiliando nas tomadas de decisões quanto à conservação, uso e ocupação das terras.

Portanto, as características físicas possuem importante papel no ciclo hidrológico da bacia hidrográfica, influenciando infiltração, deflúvio produzido, escoamento superficial e subsuperficial, evapotranspiração, entre outros (RODRIGUES et al., 2008), e as ferramentas computacionais têm sido grandes aliadas no estudo morfométrico desses espaços naturais, como relatado por Antoneli e Thomaz (2007).

Os sistemas de informações geográficas (SIGs), tal como o Quantum GIS, vêm sendo bem aceito em estudos de bacias hidrográficas, facilitando a extração de características, a visualização das observações e a modelagem e correlação dos dados (CARDOSO et al., 2006; TRENTIN et al., 2015; CAETANO; CASAROLI, 2016).

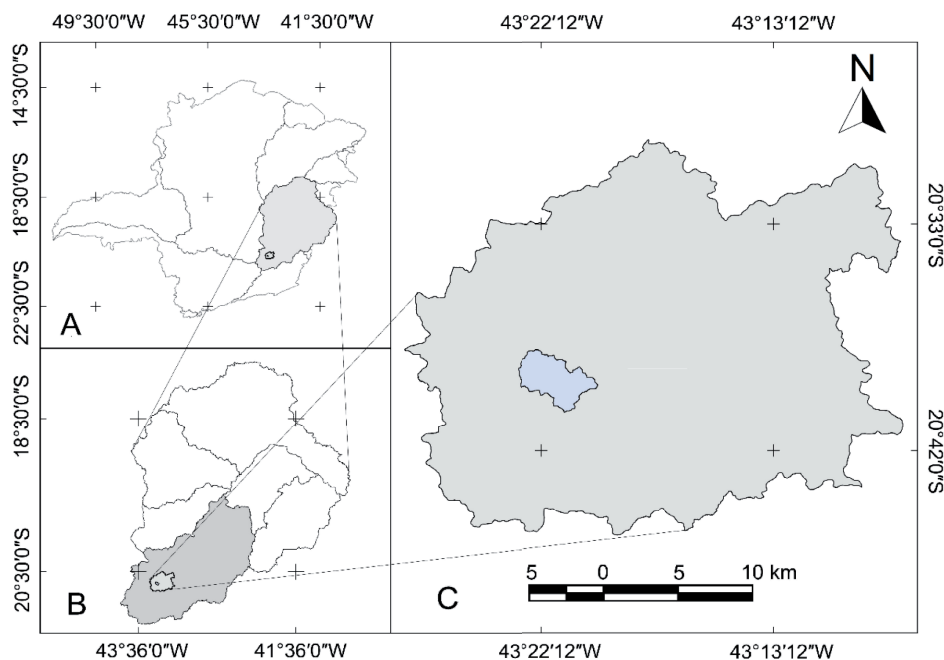
Desta forma, o presente estudo buscou mapear a morfometria da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, no município de Piranga, estado administrativo de Minas Gerais, como uma potencial ferramenta para subsidiar a criação de um plano diretor para a gestão dos recursos naturais presentes na área.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

A área em estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, localizada a oeste do município de Piranga, Estado de Minas Gerais. Com 13,93 km², a área do estudo está localizada entre as coordenadas geográficas 20°37'58" e 20°40'31" de latitude sul e 43°21'17" a 43°22'21" de longitude oeste, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo no estado de Minas Gerais (A.), em relação à bacia hidrográfica federal do Rio Doce (B.) e ao município de Piranga (C.).



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

A bacia hidrográfica em estudo possui o Córrego Mestre Campo como talvegue principal; este, por sua vez, é um afluente do Rio Piranga que ao confluir com o Rio do Carmo formam o Rio Doce, considerado uma das maiores bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais. O tipo de solo predominante na bacia é o latossolo vermelho amarelo, segundo o Mapa Digital de Solos elaborado pela Embrapa Solos (SANTOS et al., 2013), e a vegetação predominante é composta por florestas tropicais estacionais semidecidual e se insere nos domínios da Mata Atlântica (SOBRINHO et al., 2009).

O clima regional da bacia hidrográfica é tropical de altitude, com verões quentes e chuvosos e inverno seco e de temperaturas moderadas, recebendo a designação Cwa na classificação de Köppen (LACERDA, 2014). As temperaturas médias registradas ficam entre 12°C e 33°C (NASCIMENTO; CASTRO, 2013).

Para a realização das propostas aqui apresentadas, o trabalho foi dividido em duas etapas, sendo elas:

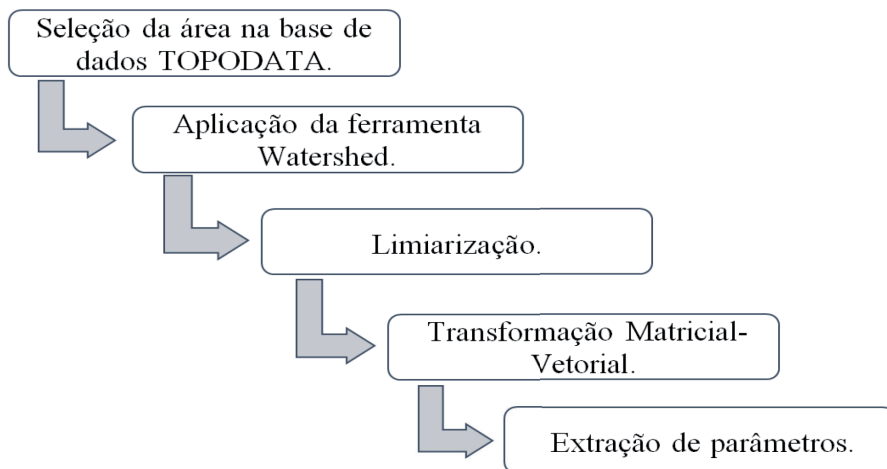
- A. Levantamento dos dados morfométricos;
- B. Análise e interpretação dos resultados.

Levantamento dos dados morfométricos

Dados geomorfométricos da área em estudo, disponíveis na seção da Divisão de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram utilizados na análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo. Essa base de dados, conhecida como TOPODATA, é corrigida pelo INPE antes de seu compartilhamento com o usuário e se adequa a regiões com relevo acidentado, como é o caso do município de Piranga (LANDAU; GUIMARÃES, 2011), justificando sua escolha para este estudo.

Sobre a base de dados TOPODATA foi aplicada a técnica *watershed* de segmentação de imagens para a delimitação da bacia hidrográfica e, sobre essa saída, foi aplicado o método de limiarização (valor limiar igual a 50) para a definição da rede de drenagem da bacia hidrográfica. Os dados matriciais da bacia hidrográfica delimitada e a rede de drenagem demarcada foram convertidos para o formato vetorial e, em seguida, extraídas as variáveis área e perímetro da bacia, comprimento do eixo principal e comprimento dos canais de drenagem. A Figura 2 é um fluxograma que ilustra a metodologia empregada para obtenção dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica.

Figura 2 – Configuração experimental utilizada para extração dos parâmetros morfométricos da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Os parâmetros morfométricos (área, perímetro, comprimento do eixo principal e comprimento dos canais de drenagem) observados foram utilizados, via indicadores físicos, para classificar a bacia hidrográfica quanto à sua forma e quanto ao seu sistema natural de drenagem. Assim, foram estimados o coeficiente de compactidade (K_c), o índice de circularidade (I_c), o fator de forma (F), a razão de alongação (R_e), a ordem da bacia, a razão de bifurcação (R_b) e a densidade da rede de drenagem (D_d), todos detalhados a seguir.

Coeficiente de compacidade (Kc) e índice de circularidade (Ic)

Os índices de compacidade e de circularidade foram estimados por meio das Equações 1 e 2, descritas matematicamente abaixo, conforme Cardoso et al. (2006).

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

$$Ic = 12,57 \cdot A / P^2 \quad (2)$$

em que:

Kc e Ic correspondem aos coeficientes compacidade e circularidade, respectivamente, e são adimensionais;

P é o perímetro da bacia hidrográfica, em km;

A é a área de drenagem da bacia hidrográfica, em km².

Os valores Kc e Ic observados apoiaram a classificação morfométrica da bacia hidrográfica e auxiliaram as discussões. Os valores de Kc são sempre superiores à unidade, e índices entre 1,00 e 1,25 denotam bacias com formato arredondado; Kcs entre 1,25 e 1,50 descrevem áreas ovaladas; valores superiores a 1,50 indicam bacias hidrográficas alongadas. Os valores de Ic oscilam entre o zero e a unidade, em que bacias hidrográficas com formatos próximos do arredondado tendem para índices unitários, e valores próximos do nulo caracterizam formatos alongados da área (CARDOSO et al. 2006).

Fator de forma (F) e razão de alongação (Re)

O fator de forma, semelhante ao índice de circularidade, apresenta valores entre o nulo e a unidade, em que F menores que 0,50 indicam bacias alongadas, valores entre 0,50 e 0,75 caracterizam tendência média a enchentes e acima de 0,75, áreas com características arredondadas e sujeitas a enchentes (VILLELA; MATTOS, 1975). O índice F foi estimado por meio da Equação 3 (CARDOSO et al, 2006).

$$F = A / L^2 \quad (3)$$

em que:

F corresponde ao fator de forma, adimensional;

L é o comprimento do eixo principal da bacia hidrográfica, em km.

A razão de alongação (Re), descrita matematicamente pela Equação 4, apresenta valores elevados para bacias com características arredondadas e susceptíveis a enchentes e índices menores para áreas naturais com formatos alongados e de menor susceptibilidade a enchentes (MOSCA, 2003; FERRARI, 2013).

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

Aher et al. (2014) classificam as bacias hidrográficas como alongadas quando os valores de R_e ficam entre 0,60 e 0,79; as que apresentam índice maior que 0,89, qualificam-se como ovais.

Ordem da bacia, razão de bifurcação (Rb) e densidade da rede de drenagem (Dd)

A ordem dos cursos d'água e a razão de bifurcação (Rb) expressam o grau de ramificação do sistema de drenagem da bacia hidrográfica (TUCCI, 2001) e quanto maior a ramificação maior será a tendência para o pico de cheia da bacia hidrográfica. O presente trabalho utilizou o método de Strahler (1952) para análise da ordem da bacia e a Equação 5 (CAMPANHARO, 2010) para estimativa da razão de bifurcação de cada ordem.

$$RbO = N_c / N_{c_{+1}} \quad (5)$$

em que:

RbO é a razão de bifurcação de cada ordem, adimensional;

N_c é o número de canais de determinada ordem;

$N_{c_{+1}}$ corresponde ao número de canais da ordem imediatamente superior.

Para a obtenção da razão de bifurcação da bacia hidrográfica foi utilizada a Equação 6 (HORTON, 1945).

$$Rb_{BH} = \Sigma RbO / N_{RbO} \quad (6)$$

em que:

Rb_{BH} é a razão de bifurcação da bacia hidrográfica, adimensional;

N_{RbO} corresponde ao número de RbO da bacia hidrográfica.

Lima (2018) cita que a relação de bifurcação varia entre 2 e 4 para a maioria das bacias hidrográficas. Pela razão de bifurcação, entende-se que quanto maior for o índice maior o grau de ramificação da rede de drenagem de uma bacia e maior a tendência para o pico de cheia (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2006).

A densidade de drenagem da bacia (Dd), determinada pela Equação 7 (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2006), retrata a relação entre o comprimento total dos cursos d'água da bacia e a sua área total. Valores de Dd classificados como baixos representam baixa capilaridade e podem afetar o risco de enchentes, o tempo de concentração e o risco de erosões graves ao longo do leito do corpo d'água (STRAHLER, 1957).

$$Dd = \Sigma L / A \quad (7)$$

em que:

Dd consiste da densidade da rede de drenagem, em km km^{-2} ;

ΣL é o somatório de todos os canais presentes na bacia, em km.

De acordo com Villela e Mattos (1975), esse índice varia de 0,5 km km^{-2} para bacias com drenagem pobre e de 3,5 km km^{-2} ou mais para bacias muito bem drenadas.

Cabe destacar que todo o processamento descrito esquematicamente pela Figura 2 foi realizado com o sistema de informação geográfica QGIS 2.18 (QGIS, 2011) e a biblioteca interna GRASS GIS 7.

Análise e interpretação dos resultados

A análise dos resultados baseou-se em parâmetros quantitativos e qualitativos. Os sete índices morfométricos estimados – coeficiente de compacidade, índice de circularidade, fator de forma, razão de alongação, ordem da bacia, razão de bifurcação e densidade da rede de drenagem – somados aos mapas e cartas gerados foram as referências para as avaliações quantitativas. Os dados quantitativos obtidos foram confrontados entre si e com a literatura pertinente para caracterização do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica analisada.

As análises qualitativas dos dados foram subsidiadas pelas visitas à bacia hidrográfica, em que o diagnóstico do uso e a ocupação do solo da bacia foram registrados em fotografias obtidas *in loco*.

Resultados e discussão

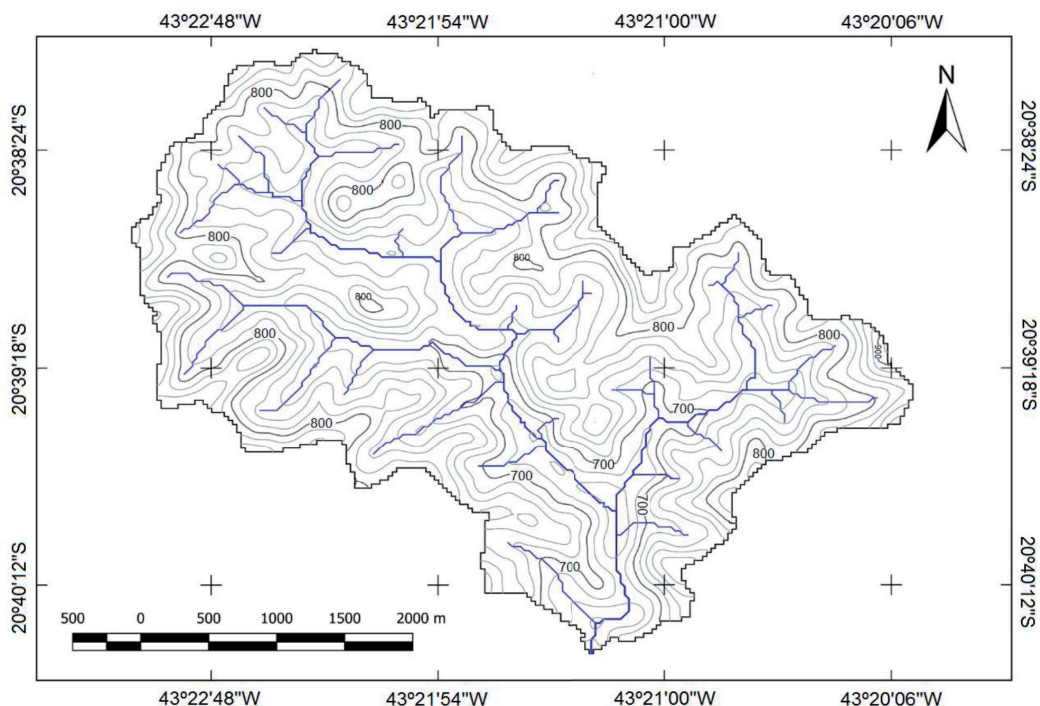
Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo

A Tabela 1 traz a caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo e a Figura 3 apresenta graficamente o espaço geográfico natural.

Tabela 1 – Caracterização morfométrica e da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo.

Caracterização morfométrica	
Área de contribuição (A)	13,930 km ²
Perímetro da bacia (P)	23,560 km
Comprimento do eixo principal (L)	5,278 km
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,781
Índice de Circularidade (Ic)	0,315
Fator de Forma (F)	0,500
Razão de Alongação (Re)	0,798
Caracterização da rede de drenagem	
Comprimento dos canais de drenagem (ΣL)	28,634 km
Comprimento do curso d'água principal (Cp)	6,869 km
Amplitude altimétrica do canal principal (H)	190,000 m
Densidade de Drenagem (Dd)	2,056 km km ⁻²
Razão de bifurcação média (Rb)	2,664
Ordem da Bacia conforme Strahler (1952) (O)	4 ^a
Declividade média do canal principal	2,766%

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Figura 3 – Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo.

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Com área de 13,93 km², perímetro de 23,56 km e comprimento do eixo principal de 5,28 km (TABELA 1), a Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo pode ser caracterizada como alongada, uma vez que os índices Kc (1,781), Ic (0,315), F (0,500), Re (0,798) e Rb (2,664) apresentaram o mesmo comportamento morfométrico. Esse resultado se confirma ao se analisar, na Figura 3, que a geometria da bacia se distancia do formato circular, assemelhando-se mais ao formato retangular, o que reflete a forma alongada da bacia caracterizada pela interpretação dos índices morfométricos supracitados.

Bacias hidrográficas com forma alongada tendem a ser conservadoras (SIQUEIRA et al., 2012), pois apresentam maior tempo de concentração e são menos susceptíveis a enchentes em condições normais de precipitação (RODRIGUES et al., 2016).

Para a Bacia Hidrográfica do Rio Doce, na qual o Córrego Mestre Campo está inserido, Marcuzzo et al. (2011) observaram geometria próxima da triangular. Esses resultados mostram que as sub-bacias podem apresentar morfometria distinta das bacias hidrográficas principais, conforme discutido por Bertolini e Cherem (2017), e que a caracterização fisiográfica das sub-bacias são necessárias para melhor detalhamento do espaço natural e gerenciamento ambiental, respeitando suas aptidões de uso da terra.

O sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo apresenta configuração dendrítica (FIGURA 3), ramificação de quarta ordem (STRAHLER, 1957), densidade de drenagem de 2,056 km km⁻² e razão de bifurcação média de 2,66, considerado por Villela e Mattos (1975) como sendo de mediana capacidade de drenagem. As informações refletem na capacidade de escoamento da bacia hidrográfica, em que valores de densidade de drenagem maiores estão relacionados

a menor tempo de esgotamento da bacia e menor risco de erosão, conforme discutido por Cardoso et al. (2006) e Zanata et al. (2011).

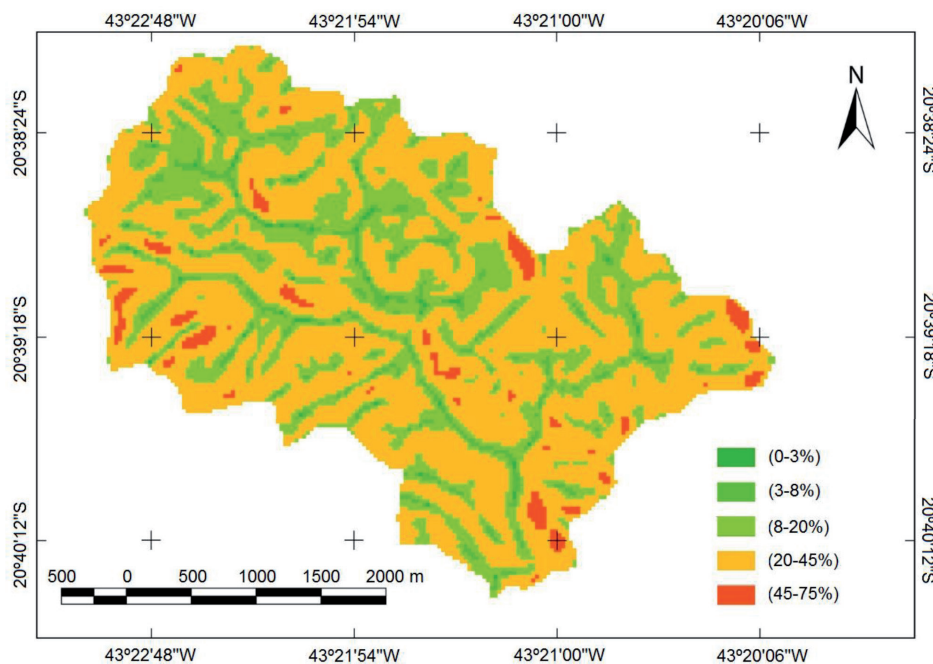
A bacia hidrográfica federal superior à do Córrego Mestre Campo, Bacia do Rio Doce, apresenta maior ramificação da rede de drenagem (décima ordem), porém menor valor para a densidade de drenagem (0,03 km km⁻²) e razão de bifurcação (2,16) (MARCUIZZO et al., 2011). Esses valores mostram que a sub-bacia apresenta maior capacidade de drenagem que a bacia hidrográfica na qual está inserida.

Ainda sobre a drenagem das águas na Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, o curso d'água principal possui amplitude altimétrica de 190 metros distribuídos em 6,869 km de extensão, com declividade média de 2,77%. Esses valores permitem estimar a velocidade média de escoamento das águas (0,818 m s⁻¹, segundo o *NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE - NRCS*, 2010) e o tempo de concentração da bacia hidrográfica (de 140 minutos, de acordo com NRCS, 2010), importantes variáveis em análises hidráulicas, em especial no dimensionamento de condutos livres.

O tempo de concentração depende, essencialmente, do escoamento sobre o terreno, sendo que, quanto menor a velocidade de escoamento, maior é o tempo de concentração das bacias hidrográficas (MATA-LIMA et al., 2007) e, conseqüentemente, menor a propensão a enchentes das bacias.

A declividade média observada para as vertentes da bacia hidrográfica foi de 24,45%, correspondente a 61,79% da área de estudo, permitindo classificá-la como uma bacia de relevo fortemente ondulado (EMBRAPA, 1979), conforme ilustrado na Figura 4 e descrito na Tabela 2.

Figura 4 – Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo.



Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Tabela 2 – Distribuição das classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo.

Declividade	Descrição	Área – km ²	Percentual
0,0 % – 3,0 %	Plano	0,51275	3,75 %
3,1 % – 8,0 %	Suave ondulado	0,51275	3,75 %
8,1 % – 20,0 %	Ondulado	3,81521	27,93 %
20,1 % – 45,0 %	Forte ondulado	8,43733	61,79 %
45,1% – 75,0 %	Montanhoso	0,38355	2,81 %
> 75,0 %	Escarpado	0	0,00 %

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

É possível observar na Figura 4 que há uma suavização da declividade ao se deslocar das encostas para o talvegue principal. Cardoso et al. (2006) e Rodrigues et al. (2016) ressaltam a importância do relevo em estudos hidrológicos, tal como a relação precipitação e deflúvio da bacia hidrográfica em estudos hidráulicos, visto que são importantes na estimativa velocidade no escoamento superficial das águas, por exemplo.

Uma vez que o Córrego Mestre Campo apresentou forma distinta de sua bacia hidrográfica superior e que a descrição morfológica dessas subunidades se faz importante no planejamento e no gerenciamento da unidade ecológica, as Sub-bacias do Córrego do Brum e Alto Mestre Campo, que juntas formam o Córrego Mestre Campo, também foram caracterizadas segundo suas formas, os resultados estão apresentados na próxima seção.

Sub-bacias do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo

A Tabela 3 apresenta a caracterização morfométrica das Sub-bacias do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo, enquanto a Figura 5 ilustra as posições geográficas dessas subáreas.

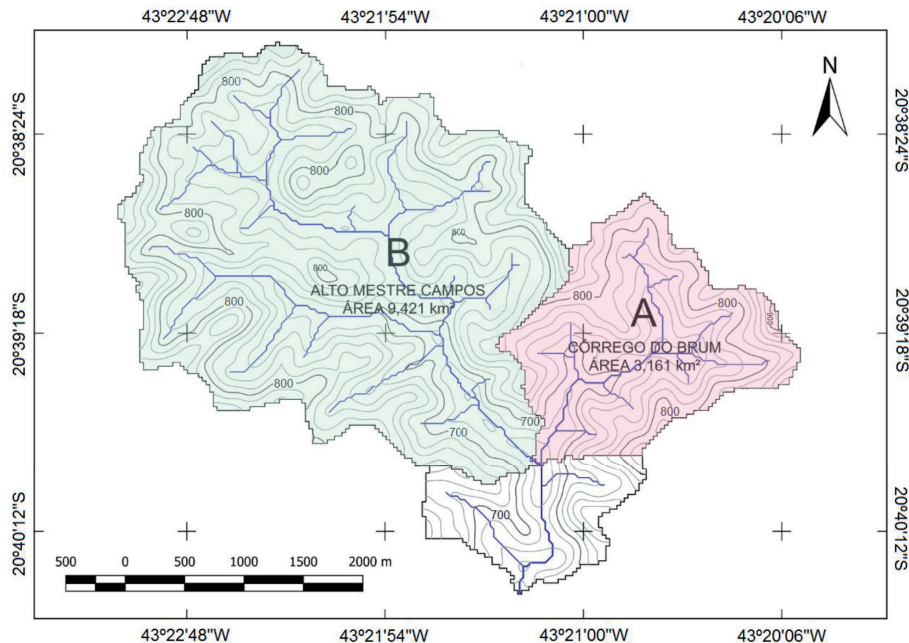
Tabela 3 – Caracterização morfométrica e da rede de drenagem das Bacias Hidrográficas do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo.

-----	Córrego do Brum	Alto Mestre Campos
Caracterização morfométrica		
Área de Contribuição (A)	3,161 km ²	9,421 km ²
Perímetro da Bacia (P)	10,200 km	17,380 km
Comprimento do Eixo (L)	2,458 km	4,420 km
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,618	1,597
Índice de Circularidade (Ic)	0,382	0,392
Fator de Forma (F)	0,523	0,482
Razão de Elongação (Re)	0,816	0,783
Caracterização da rede de drenagem		
Comprimento dos Canais (ΣL)	6,780 km	19,160 km
Comprimento do curso canal principal (Cp)	2,742 km	5,393 km
Amplitude altimétrica do canal principal (H)	260,000 m	160,000 m
Densidade de Drenagem (Dd)	2,145 km km ⁻²	2,034 km km ⁻²
Razão de bifurcação média (Rb)	1,625	1,611

-----	Córrego do Brum	Alto Mestre Campos
Caracterização morfométrica		
Ordem da Bacia (O)	3 ^a	3 ^a
Declividade média do canal principal	9,48%	2,966%

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Figura 5 – Posição geográfica das Sub-bacias do Córrego do Brum (A) e do Alto Mestre Campo (B).



Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

A Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo tem seu exutório no Rio Piranga, cujas coordenadas geográficas são 20°40'31" de latitude sul e 43°21'17" de longitude oeste, conforme ilustrado na Figura 3. As sub-bacias do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo possuem exutórios diferentes, situados sob as coordenadas geográficas 20°39'55" de latitude sul e 43°21'10" de longitude oeste, conforme ilustrado na Figura 5. Em adição, a sub-bacia do Alto Mestre Campo possui área de contribuição (9,421 km²) três vezes superior à do Córrego do Brum (3,161 km²).

Os valores estimados para Kc, Ic e F indicam formas ovalada e alongada para as Sub-bacias do Córrego do Brum e Alto Mestre Campo, respectivamente. Assim como discutido para a Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo, esses resultados eram previstos, visto a semelhança das geometrias das sub-bacias de formatos em círculo e retângulo, respectivamente.

Valores menores de razão de alongação (Re) estão associados a áreas alongadas e Re maiores estão associados a espaços físicos arredondados. Pela classificação de Aher et al. (2014), a Sub-bacia do Córrego do Brum tende a ser ovalada enquanto a Sub-bacia do Alto Mestre Campo caracteriza-se como alongada, corroborando as informações da Tabela 3.

Os resultados mostram um comportamento morfométrico heterogêneo na Bacia Hidrográfica do Córrego do Mestre Campo, em que a parte leste desse espaço natural apresenta maior vulnerabilidade a enchentes que a seção oeste da área geográfica. Diante desse cenário, faz-se necessária a

adoção de planejamentos e gerenciamentos ambientais distintos para cada espaço, respeitando suas variabilidades e potenciais.

O sistema de drenagem encontrado em ambas sub-bacias possui conformação dendrítica (FIGURA 5), apresentando ramificação de terceira ordem conforme classificação proposta por Strahler (1957). A densidade de drenagem observada para as Sub-bacias do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo foram próximas, com valores de 2,145 km km⁻² e 2,034 km km⁻², respectivamente, sendo consideradas medianas (VILLELA; MATTOS, 1975).

Ainda sobre a drenagem das águas na Sub-bacia do Córrego do Brum, o curso d'água principal possui amplitude altimétrica de 260 metros distribuídos em 2,742 km de extensão, o que gera uma declividade média de 9,48%, enquanto para a Sub-bacia do Alto Mestre Campo, a amplitude altimétrica foi de 160 metros em 5,393 km de extensão do canal principal, apresentando declividade média de 2,76%. Esses resultados vão ao encontro dos apresentados na Figura 4, em que é possível observar áreas mais íngremes na região do Córrego do Brum quando comparado com o Alto Mestre Campo.

Segundo o método NRCS (1972), esses valores de declividade configuram uma velocidade média de escoamento das águas de 1,514 m.s⁻¹ para a Sub-bacia do Córrego do Brum e 0,846 m s⁻¹ para a do Alto Mestre Campo. Além disso, o tempo de concentração estimado para as Sub-bacias hidrográficas do Córrego do Brum e do Alto Mestre Campo são de 30 minutos e 106 minutos, respectivamente, resultados condizentes com toda discussão supracitada e importantes para os estudos hidráulicos e hidrológicos da área.

Conclusão

Os índices morfométricos utilizados na caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo mostraram um espaço natural com forma alongada e rede de drenagem do tipo dendrítica, de quarta ordem e com mediana capacidade de escoamento da água.

As sub-bacias que compõem a Bacia do Córrego Mestre Campo mostraram fisiografias heterogêneas, em que a Sub-bacia do Córrego do Brum apresentou forma ovalada e a Sub-bacia do Alto Mestre Campo forma alongada. As particularidades das sub-bacias revelam a necessidade de planos de trabalhos e gerenciamentos distintos na Bacia Hidrográfica do Córrego Mestre Campo, de forma a respeitar o potencial e as aptidões de cada espaço.

Morphometric characterization of Mestre Campo Stream Watershed, in Piranga City, Minas Gerais

Abstract

The multiple environmental dynamics of watersheds make these natural spaces interesting objects of study, and in areas with few scientific investigations, such as the Mestre Campo Stream watershed, the need for these investigations is even greater. The accomplishment of this paper sought to characterize the morphometry of Mestre Campo Stream Watershed, located in Piranga City, Minas Gerais, Brazil, as a first activity to create a management plan for the natural resources available in the area. Therefore, TOPODATA geomorphological data were used in a geographic information system (GIS) to extract the morphometric information – area and respective perimeter, length of axis and of drainage network – from the study area and, then, these variables were used to estimate the following

indicators: form factor, circularity and compactness indexes, elongation ratio and drainage density, in order to describe the watershed. The morphometric indexes indicated an elongated behavior for the watershed, characterizing it as a space of low susceptibility to flooding under normal precipitation conditions. In addition, the drainage network showed fourth-order ramifications and a median capacity of drainage. The sub-watersheds that makes the Mestre Campo Stream Watershed were also characterized, the Sub-watershed of Brum Stream presented a rounded shape, while the Alto Mestre Campo Sub-watershed presented elongated characteristics. These results highlight the heterogeneity of Mestre Campo Stream Watershed, which must be considered when elaborating the management plan for the studied watershed, respecting the particularities of that geographic space in order to properly explore its natural resources.

Keywords: Environmental management. Shape indexes. GIS.

Referências

AHER, P. D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR, S. D. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. **Journal of Hydrology**, v. 511, n. 1, p. 850-860, 2014.

ANTONELI V.; THOMAZ E. L. Caracterização do meio físico da bacia do arroio boa vista - Guamiranga-PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 8, n. 21, p. 46-58. 2007.

BERTOLINI, W. Z.; CHEREM, L. F. S. Relação entre o relevo e a rede de drenagem na análise da condição de equilíbrio no alto rio Piranga (MG). **Revista Geografias**, v. 12, n. 1, p. 102-118, 2017.

CAETANO, J. M.; CASAROLI, D. Tendências dos modelos hidrológicos integrados aos sistemas de informações geográficas a partir da cienciometria. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 406-414, 2016.

CAMPANHARO, W. A. **Diagnóstico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce-ES**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010. Disponível em: http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Wesley%20Augusto%20Campanharo.pdf. Acesso em: 23 jul. 2019.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; BOECHAT, C. P. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo/RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CARVALHO, D. F.; MELLO, J. P. L.; SILVA, L. D. B. **Apostila Hidrologia**. UFRRJ. Rio de Janeiro – RJ. 2006. Disponível em: < <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

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

COELHO NETTO. A. L. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. In GUERRA, A. J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Ed. Bertrand Brasil, 1995. p 93- 48.

COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. de O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 369-381, out.-dez., 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sumula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**, 1979, Rio de Janeiro. Súmula... Rio de Janeiro, 1979. 83 p.

FERRARI, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F.; Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 181-188, 2013.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. **The Geological Society of America**, v. 56, n. 2, p. 275-370, 1945. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1177/030913339501900406>>. Acesso em 23 jul. 2019.

LACERDA, F. M. Análise geoquímica e ambiental para descrição da bacia do rio Oratórios – MG. **Geochimica Brasiliensis**, v. 28, n. 2, p. 227-236, 2014.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P. Análise Comparativa entre os modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA. In: **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**. 2011, Curitiba – PR. Anais ... Curitiba: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2011.

LIMA, A. G. G. **Hidrologia**. 2018. Disponível em: < <http://www.antoniolima.web.br.com/arquivos/morfologiaBacias.htm>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L.; SANTOS, J. M. Análise geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Bom Sucesso (semiárido da Bahia) através da aplicação de parâmetros morfométricos da rede de drenagem. **Revista de Geografia** (Recife), v. 27, n. 2, p. 31-44, 2011.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V.; CARDOSO, M. R. D.; PINTO FILHO, R. D. F. Detalhamento hidromorfológico da bacia do rio Doce. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 2011

MATA-LIMA, H.; VARGAS, H.; CARVALHO, J.; GONÇALVES, M.; CAETANO, H.; MARQUE, A.; RAMINHOS, C. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Rem: Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 60, n. 3, p. 525-536, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672007000300014&lng=en&nrm=i-so>. Acesso em 23 jul. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672007000300014>.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas**. 2003. 88 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

NASCIMENTO, R. A.; CASTRO, J. F. M. Análise Climatológica Da Bacia Do Rio Piranga-MG:(1951-2012). **Geografia e Pesquisa**, v. 7, n. 1, p. 79-99, 2013.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE – NRCS. **National Engineering Handbook Hydrology Chapters**: Chapter 15 - Time of Concentration. Washington DC: United States Department of Agriculture, 2010. Available from: <<https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=27002.wba>>. Access on 23 July 2019.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

QGIS, D. T. **Quantum GIS geographic information system**. Open Source Geospatial Foundation Project, v. 45, 2011.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPO, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego da fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, v. 13, n. 3, p. 310-322, 2008.

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

SANTOS, H. G.; CARVALHO JÚNIOR, W.; DART, R. O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S.; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Solos. 2013. 353 p.

SILVA, G. C. da; ALMEIDA, F. de P.; ALMEIDA, R. T. S.; MESQUITA, M.; ALVES JUNIOR, J. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho Rangel - Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.28; p.244-258, 2018.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

SIQUEIRA, H. E.; TIBERY, L. R.; GUIDOLINI, J. F.; VALE 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**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2236-2246, 2012.

SOBRINHO, F. A. P.; Composição florística e estrutura de um fragmento de Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial em Viçosa (MG). **Floresta**, v. 39, n. 4, p. 793-805, 2009.

SOUSA, F. R. C. de. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 555-564, 2016.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 1; p. 1117-1142, 1952.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, C. T. Compartimentação Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itú / RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 2, p. 219-237, 2015.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/Edusp/ABRH, 2001. 943p.

VILLELA, S. M.; MATTOS A. **Hidrologia Aplicada**, Ed. McGraw-Hill, São Paulo. 1975. 245 p.

ZANATA, M.; PISSARRA, T. C. T.; ARRAES, C. L.; RODRIGUES, F. M.; SERGIO, C. Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.10, p.1062–1067, 2011.

Submetido em: 09/04/2019

Aceito em: 31/07/2019