



## Aspectos morfométricos relacionados ao estudo de enchentes na Bacia do Rio Sapucaí, Minas Gerais

Laura Thebit de ALMEIDA<sup>1\*</sup>, Marcel Carvalho ABREU<sup>1</sup>, Micael de Souza FRAGA<sup>1</sup>,  
Demetrius David da SILVA<sup>1</sup>, Roberto Avelino CECÍLIO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil.

\* E-mail: l.thebit@gmail.com

Recebido em novembro/2016; Aceito em março/2017.

**RESUMO:** A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas tem grande importância para a melhoria do planejamento e gestão de recursos hídricos, especialmente em áreas sujeitas a enchentes. O objetivo do estudo foi de verificar a influência da morfometria nas enchentes ocorridas na bacia hidrográfica do rio Sapucaí e em duas sub-bacias, no estado de Minas Gerais, por meio do uso de ferramentas de sistemas de informações geográficas. A base de dados consistiu de um modelo digital de elevação e da rede hidrográfica vetorial do IBGE. Em termos morfométricos, a bacia do rio Sapucaí e a sub-bacia a montante do município de Itajubá apresentaram formato irregular sendo pouco susceptíveis a enchentes em condições normais de precipitação. Já a sub-bacia a montante do município de São Sebastião da Bela Vista apresenta formato mais circular e maior potencial para a ocorrência enchentes. A elevada diferença de nível entre a região de cabeceira e o trecho a montante da cidade de Itajubá foi considerada a principal causadora das enchentes na região, devido à diminuição do tempo de concentração do escoamento e a ocorrência de picos de enchentes.

**Palavras-chave:** geoprocessamento, morfometria, recursos hídricos.

Morphometric aspects of Sapucaí River Basin, Minas Gerais state, Brazil, related to the flood studies

**ABSTRACT:** The morphometric analysis of watershed is a very important tool to improving the planning and management of water resources, especially in basins subject to flooding. Using Geographic Information System were obtained several morphometric indexes of the Sapucaí river basin and the same was made for two sub-basins, in Minas Gerais State, to check the influence of the morphology of the basins in the floods occurred in the region. The database consisted of a digital elevation model of Shuttle Radar Topography Mission and the hydrographic network vector of IBGE. The Sapucaí river basin and the sub-basin upstream of Itajubá city had an elongated shaped, making the same less susceptibility to floods in normal conditions of rainfall. Already, the sub-basin upstream of Sebastião da Bela Vista is subject to floods because the shaped is next to circle, resulting in a shorter flow concentration and therefore greater potential for the occurrence of flood peak flows. Among the results, the considerable change in the slope values of the Sapucaí river basin, was considered the reason to flood occurrence in the region, because the time of concentration and the occurrence of peaks flooding of these areas.

**Keywords:** geoprocessing, morphometry, water resources.

### 1. INTRODUÇÃO

Além de causar desequilíbrio em ecossistemas adaptados a um regime hídrico relativamente constante, as enchentes afetam a vida de 102 milhões de pessoas a cada ano (UN, 2012), especialmente em localidades sob posições geográficas vulneráveis (LORENZON et al., 2015).

Dois fatores têm sido responsáveis, no Brasil, pelo aumento do número de pessoas atingidas por enchentes provocadas por chuvas extremas, bem como pelo aumento da frequência e magnitude destes eventos. O primeiro consiste no rápido crescimento das cidades brasileiras (SANTOS et al., 2015)

e o segundo é a ocupação desordenada de áreas rurais sem considerar a aptidão do solo, que segundo Ali et al. (2011) levam às alterações dos processos hidrológicos tais como interceptação, infiltração e evaporação. Uma vez que a interação entre o solo, a água, a vegetação e a fauna é dinâmica e influenciada por fenômenos naturais e antrópicos (CARDOSO et al., 2006), esta ocupação desordenada de áreas, tanto no meio urbano quanto rural, é responsável pelo aumento da degradação ambiental e contribui para a ocorrência de enchentes (LORENZON et al., 2015).

Na região sul de Minas Gerais, a bacia do rio Sapucaí tem um considerável histórico de inundações. Em diversos de

seus municípios, áreas de florestas ciliares e planícies aluviais adjacentes ao rio Sapucaí são inundadas em anos com índices pluviométricos superiores à média (SILVA et al., 2011). Em outros casos, a própria área urbana sofre com enchentes devido à elevação do nível de água.

Sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial de planejamento, gerenciamento e gestão de recursos naturais, segundo a Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), o diagnóstico das características físicas associadas ao regime de variação de vazão dos cursos de água e, particularmente, aos fenômenos de cheia, assume importância ímpar tanto no planejamento e gestão de recursos hídricos como no planejamento territorial urbano e rural. Desta forma, a caracterização fisiográfica de bacias hidrográficas é de extrema importância para a compreensão da dinâmica geomorfológica (SANTOS et al., 2015) e do ciclo hidrológico, uma vez que estes fatores interferem nos processos de infiltração de água no solo, evapotranspiração e escoamentos superficial e subsuperficial (RODRIGUES et al., 2008; MACEDO et al., 2010).

O avanço na área de geoprocessamento em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm contribuído muito na execução de estudos envolvendo delimitação automática de bacias hidrográficas e obtenção de suas características fisiográficas, aumentando a agilidade e a confiabilidade dos resultados. Nesse contexto, o tratamento, armazenamento, manipulação e visualização de dados espaciais em ambiente SIG são de grande auxílio no diagnóstico e caracterização morfométrica (COUTINHO et al., 2011). Diante do exposto, o objetivo do estudo foi de verificar a influência da morfometria nas enchentes ocorridas na bacia hidrográfica do rio Sapucaí bem como de duas sub-bacias localizadas a montante das cidades de Itajubá e São Sebastião da Bela Vista, no estado de Minas Gerais, por meio do uso de ferramentas de sistemas de informações geográficas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Sapucaí (Figura 1), que integra a bacia do rio Grande, localizada na Região Sudeste e abrangendo parte dos estados de São Paulo e Minas Gerais. O rio Sapucaí nasce na Serra da Mantiqueira, na cidade de Campos do Jordão – SP, a uma altitude de 1.620 metros e percorre um total de 248 km até desaguar no Lago de Furnas, a 780 metros de altitude.

O clima na região pode ser classificado como Cwa e Cwb pela classificação de Köppen (SÁ JUNIOR et al., 2011). Segundo COPASA (2010), a região das cabeceiras do Sapucaí apresenta características climáticas muito influenciadas pela orografia da Serra da Mantiqueira, com chuvas bem distribuídas em todos os meses do ano, apenas decrescendo no período de inverno. A precipitação média anual é superior a 1.700 mm e a temperatura média anual é de aproximadamente 15,3°C. Nas demais áreas da bacia, o clima Mesotérmico Brando é caracterizado pelo predomínio de temperaturas amenas durante todo o ano, com médias entre 18 e 19°C. A precipitação média anual é de 1.500 mm e tende a ser ligeiramente inferior à região de cabeceira, podendo ocorrer um ou dois meses sem chuva.

Para a obtenção das características morfométricas da bacia foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) obtido a partir de imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução de 90 x 90 m, disponível em Miranda (2005).

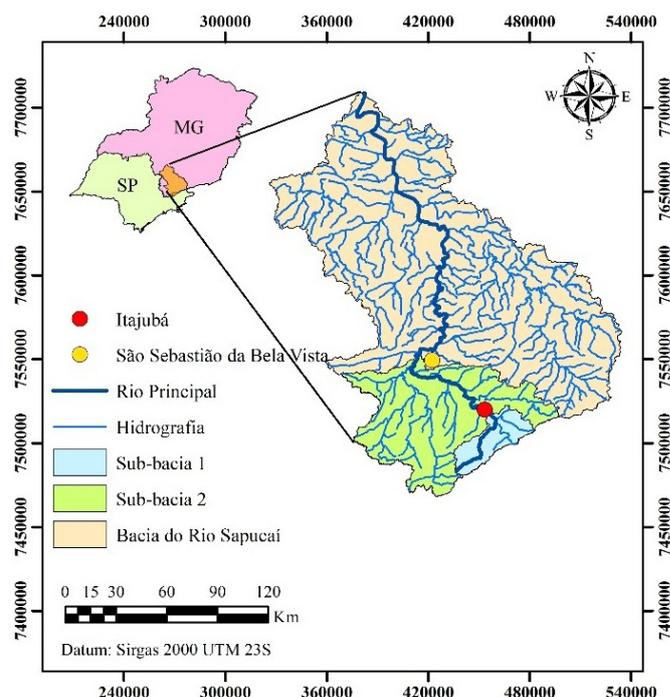


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Sapucaí e das sub-bacias a montante de Itajubá (Sub-bacia 1) e de São João da Bela Vista (Sub-bacia 2).

Figure 1. Location of the Sapucaí river basin and of two sub-basins, upstream of Itajubá (sub-basin 1) and São Sebastião da Bela Vista (sub-basin 1) cities.

Utilizando o software ArcGIS 10.1/ArcMap® do ESRI, foi possível manipular as imagens SRTM e posteriormente extrair as características morfométricas da bacia hidrográfica. Como a maioria dos MDE's possuem imperfeições que podem inviabilizar uma correta delimitação da área de contribuição a montante do local em estudo, foram realizadas operações com a finalidade de eliminar essas inconsistências e gerar o Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC), conforme metodologia descrita em Elesbon et al. (2011). Dessa forma, a delimitação da bacia hidrográfica foi obtida por procedimento automático considerando o MDEHC e um arquivo contendo a localização do exutório da mesma.

Para verificar a relação dos parâmetros físicos da bacia com as recorrentes enchentes que ocorrem na região, foram utilizadas as seguintes características morfométricas: densidade de drenagem (Dd), coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf) e índice de circularidade (Ic), declividade do rio principal (Sec), altitudes e declividades máximas, médias e mínimas da bacia.

De posse da delimitação da bacia, foram obtidos os valores de Kc, Kf e Ic com base nas seguintes equações (CARDOSO et al., 2006; COUTINHO et al., 2011; SANTOS et al., 2015):

$$k_c = 0,28 \frac{P_{BH}}{\sqrt{A_{BH}}} \quad (1)$$

$$k_f = \frac{A_{BH}}{P_{BH}^2} \quad (2)$$

$$I_c = \frac{A_{BH}}{P_{BH}^2} \quad (3)$$

em que:  $A_{BH}$  é a área da bacia hidrográfica ( $\text{km}^2$ ),  $P_{BH}$  é o perímetro da bacia (km),  $L_{AX}$  é o comprimento axial da bacia hidrográfica (km). Destaca-se que essas três características são adimensionais que visam avaliar a forma da bacia, comparando-a com um círculo ou com um retângulo.

A declividade do rio principal foi obtida por meio do critério de declividade equivalente constante ( $S_{ec}$ ), que se baseia na estimativa do tempo de deslocamento da água ao longo do perfil longitudinal do curso de água e que se aproxima mais da situação real observada. Com isso, evita-se erros na estimativa da declividade do rio principal quando comparado ao critério normalmente utilizado de se basear apenas na diferença de nível e na distância entre a nascente e a foz do curso de água. A declividade do rio principal da bacia tem extrema importância na velocidade do escoamento e, conseqüentemente, na magnitude dos picos de enchente. Os trechos do rio principal foram individualizados pixel a pixel com base na hidrografia rasterizada (obtida da hidrografia vetorial do IBGE, escala 1:250.000) e obtidas as suas respectivas cotas, distância de cada trecho e declividades. A  $S_{ec}$  foi obtida através da equação (MELLO; SILVA, 2013):

$$S_{ec} = \left[ \frac{\sum L_i}{\sum \left( \frac{L_i}{D_i} \right)} \right] \quad (4)$$

em que:  $L_i$  e  $D_i$  são o comprimento e a declividade de cada trecho, respectivamente.

Com respeito ao relevo da bacia hidrográfica, as altitudes e declividades máximas, médias e mínimas foram obtidas pixel a pixel por intermédio do MDEHC com o uso do software ArcGIS 10.1/ArcMap® do ESRI.

Para uma análise comparativa e mais aprofundada da relação entre as características fisiográficas e a ocorrência de enchentes na bacia hidrográfica do rio Sapucaí, também foram obtidas as respectivas características morfométricas de duas sub-bacias, uma localizada a montante do município de Itajubá (sub-bacia 1) e outra localizada a montante do município de São Sebastião da Bela Vista (sub-bacia 2), sendo ambas as cidades situadas nas margens do rio Sapucaí (Figura 1) e possuindo histórico de enchentes em anos com índices pluviométricos superiores à média.

Tabela 1. Características morfométricas da bacia do rio Sapucaí.

Table 1. Morphometric characteristics of Sapucaí river basin.

Características morfométricas	Rio Sapucaí	Sub-bacia 1	Sub-bacia 2
Área de drenagem ( $\text{km}^2$ )	25.095,79	868,23	5.929,48
Perímetro (km)	1.086,00	174,56	489,69
Comprimento axial da bacia (km)	244,14	52,77	85,30
Comprimento do rio principal (km)	399,91	55,58	136,89
Comprimento total dos cursos de água (km)	17.576,63	622,44	4.098,71
Densidade de drenagem ( $\text{km}/\text{km}^2$ )	0,70	0,72	0,69
Declividade máxima (%)	218	94	218
Declividade média (%)	16	25	21
Declividade mínima (%)	0	0	0
Altitude máxima (m)	2.795	2.047	2.346
Altitude média (m)	1.006	1.465	1.136
Altitude mínima (m)	774	847	814
Declividade do rio principal (%)	0,01	0,23	0,02
Fator de forma	0,42	0,33	0,80
Coefficiente de compacidade	1,92	1,66	1,78
Índice de circularidade	0,27	0,35	0,31

### 3. RESULTADOS

Na Tabela 1 são apresentadas as características morfométricas da bacia do rio Sapucaí, bem como as características das sub-bacias 1 e 2.

O comportamento espacial da altitude e a distribuição espacial das classes de declividade na bacia do rio Sapucaí podem ser observados na Figura 2, assim como o comportamento dessas características nas sub-bacias 1 e 2.

Na Figura 3 é apresentado o perfil altimétrico do rio Sapucaí, desde a sua nascente até a sua foz, bem como a localização das sedes municipais de Itajubá e São Sebastião da Bela Vista.

### 4. DISCUSSÃO

O MDE da bacia do rio Sapucaí (Figura 2A) demonstra grande variação de altitude, com mínima de 774 e máxima de 2.795 metros, apresentando altitude média de 984 metros. A declividade média da bacia é de 16%, o que a classifica como uma área de relevo ondulado (EMBRAPA, 2009). Porém, a declividade varia desde relevo plano até fortemente ondulado, com máxima de 218% nas áreas de cabeceira, o que indica que a área é acidentada. Para Tonello et al. (2006), a declividade de uma bacia afeta consideravelmente a velocidade do escoamento superficial, diminuindo assim a oportunidade para infiltração da água no solo que, associadas à ausência de cobertura vegetal e altas intensidades de chuvas, potencializam a ocorrência de enchentes.

Em relação às sub-bacias, ambas apresentaram maior declividade média em relação à bacia do rio Sapucaí, fato considerado normal em virtude de as mesmas estarem localizadas nas áreas de cabeceira do rio Sapucaí. A sub-bacia 2 apresentou maior declividade máxima, embora a declividade média da sub-bacia 1 tenha sido maior. A sub-bacia 2 também apresentou maior diferença entre a altitude máxima e mínima, embora tenha apresentado menor altitude média em relação a sub-bacia 1. Essas questões são importantes para fins de comparação com as demais características morfométricas uma vez que a velocidade de escoamento pode ser determinante na ocorrência de cheias, sendo influenciada pela declividade (SOARES; SOUZA, 2012) e pela presença de meandros ao longo do rio.

As características morfométricas obtidas, tais como fator

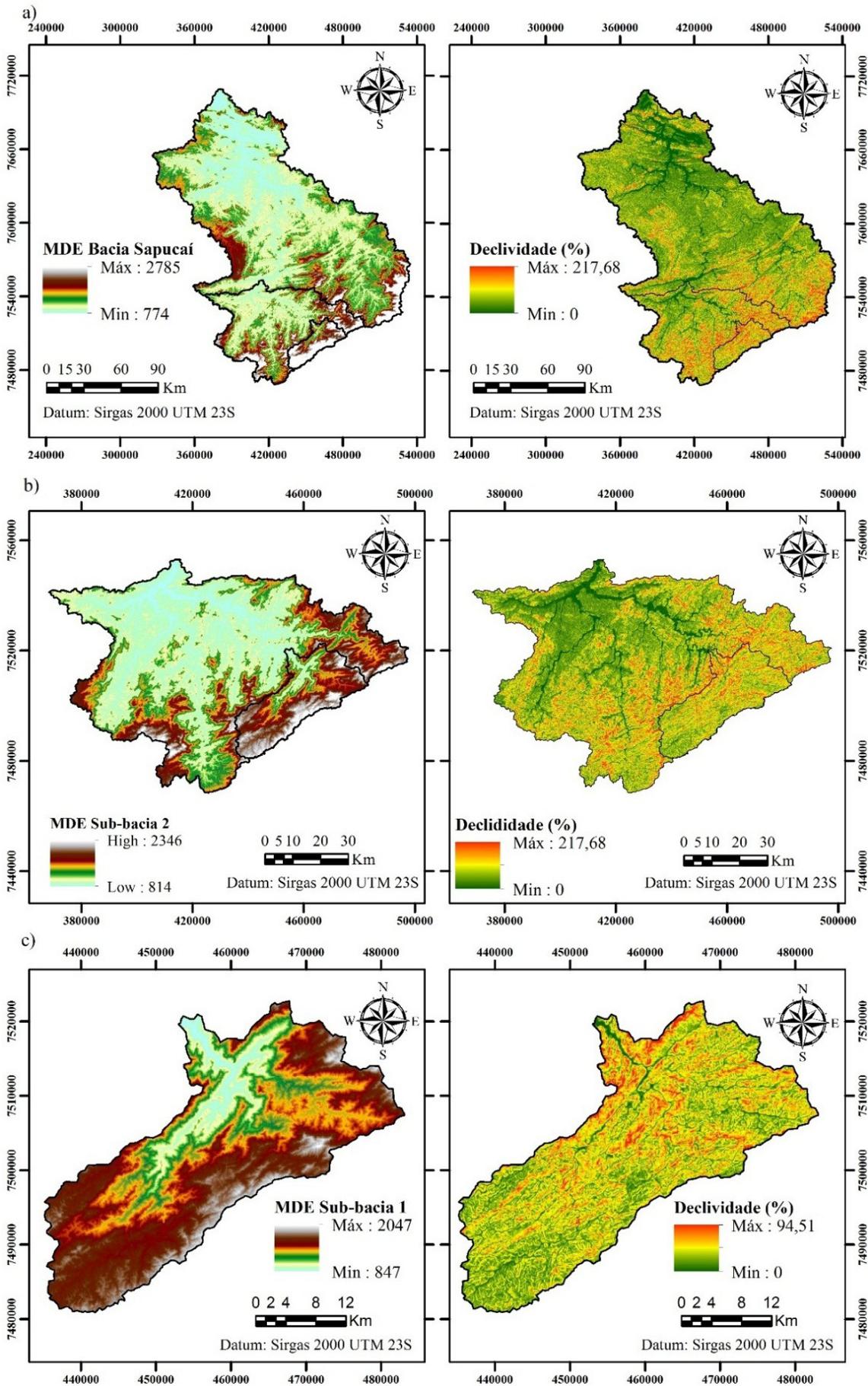


Figura 2. Modelo digital de elevação e mapa de declividade, respectivamente, para: bacía hidrográfica do rio Sapucaí (A e B); sub-bacia 2 (C e D) e sub-bacia 1 (E e F).

Figure 2. Digital elevation model and slope map, respectively for: Sapucaí river basin (A and B); sub-basin 2 (C and D) and sub-basin 1 (E and F).

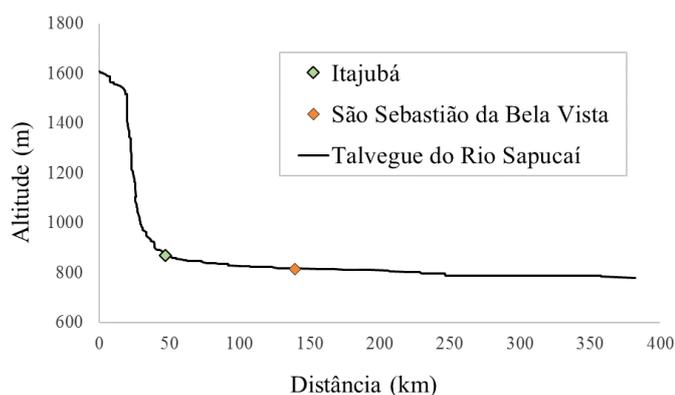


Figura 3. Talvegue do rio Sapucaí e localização das sedes municipais de Itajubá e São Sebastião da Bela Vista.

Figure 3. Thalweg of Sapucaí river and location of Itajubá and São Sebastião da Bela Vista cities.

de forma de 0,42, coeficiente de compacidade igual a 1,92 e o índice de circularidade de 0,27 (Tabela 1), indicam que a bacia do rio Sapucaí apresenta um formato irregular, sendo mais alongada. Segundo Lorenzon et al. (2015), as bacias alongadas possuem menor concentração do deflúvio, menor possibilidade de precipitações intensas cobrirem simultaneamente toda sua extensão e um maior tempo de concentração do escoamento, proporcionando, conseqüentemente, menor probabilidade de ocorrências de enchentes.

Considerando essas características, pode-se inferir que a bacia do rio Sapucaí, no que diz respeito exclusivamente à sua forma, não tem propensão a enchentes em condições normais de precipitação. Entretanto, apesar da sua forma não indicar, a bacia tem sofrido com constantes enchentes que atingem os municípios de Itajubá e São Sebastião da Bela Vista. De acordo com Moraes (2003), com base em relatos históricos na cidade de Itajubá, ocorreram 74 eventos de cheias desde 1821. Já em São Sebastião da Bela Vista, apesar da construção de sistemas de drenos e diques pelo projeto Pró-Várzea na década de 1970, que visava incentivar a agricultura nas planícies aluviais evitando as inundações, estes não foram suficientes para conter as cheias que ocorrem frequentemente (SILVA et al., 2011).

Pelos resultados obtidos (Tabela 1), verifica-se que as sub-bacias 1 e 2, quando mantidas outras características constantes e comparadas a bacia do rio Sapucaí, apresentam uma maior propensão a enchentes no que diz respeito à sua forma, uma vez que apresentam valores de coeficiente de compacidade ( $K_c = 1,66$ ;  $K_c = 1,78$ ), fator de forma ( $K_f = 0,33$ ;  $K_f = 0,80$ ) e índice de circularidade ( $I_c = 0,35$ ;  $I_c = 0,31$ ) mais próximos da unidade, indicando que as bacias possuem um formato mais circular, ou seja, mais compacta, proporcionando um fluxo menos distribuído ao longo de todo o canal principal e uma concentração mais rápida do escoamento, o que potencializa a ocorrência de cheias mais impactantes (MELLO; SILVA, 2013).

Apesar das sub-bacias 1 e 2 apresentarem uma maior propensão a enchente, ainda segundo Mello e Silva (2013) bacias com  $K_c$  maiores que 1,50 são classificadas com baixa propensão a enchentes, uma vez que esse índice representa a relação entre o perímetro e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Já para o  $K_f$  valores inferiores a 0,50 podem ser interpretados como menor disposição a enchentes, devida menor relação entre as larguras média e axial (bacia alongada). Finalmente, o  $I_c$ , que representa a relação entre a área da bacia e a de um quadrado de lado igual ao comprimento axial da bacia,

não indica propensão a enchentes (quanto mais próximo de um for o  $I_c$ , maior propensão a enchentes).

Uma provável explicação para as enchentes na sub-bacia 1 é a diferença de nível entre a nascente do rio Sapucaí (cota superior a 1.600 m) e a cidade de Itajubá (cotas em torno de 900 m), nos primeiros 50 km do rio, o que proporciona um aumento na velocidade de escoamento e, conseqüentemente, dos picos de enchentes (Figura 3). Outra questão importante a ser observada é a presença de meandros no rio Sapucaí, que são curvas sucessivas que tendem a reduzir a velocidade de escoamento, especialmente nas regiões menos acidentadas, contribuindo também para a ocorrência de extravasamento da água do leito do rio.

A declividade média do curso de água principal ( $S_{cc}$ ) é outra característica morfométrica relevante, pois interfere na velocidade de escoamento da água no leito e, conseqüentemente, na magnitude dos valores de vazão máxima de enchente. Ao analisar a declividade do rio principal (Figura 3) percebe-se que, devido aos maiores valores encontrados para as sub-bacias 1 e 2 em relação à bacia do rio Sapucaí, o rio principal apresenta elevadas velocidades nos seus primeiros quilômetros, devido à alta declividade a qual está sujeito, resultando na redução do tempo de concentração. Por outro lado, com a redução dessa declividade na porção mais a jusante da bacia, a velocidade de escoamento do rio é bruscamente reduzida e, conseqüentemente, o risco de ocorrência de enchentes aumenta nessas áreas da região onde ocorre redução de declividade. Esse fato justifica a frequência de eventos de enchente em cidades como Itajubá e São Sebastião da Bela Vista, localizadas em regiões onde o fluxo de escoamento do rio é mais lento. Segundo Soares e Sousa (2012), a redução da velocidade da água do escoamento superficial no curso pode ser um fator agravante para a ocorrência de enchentes.

Com base nas análises realizadas verifica-se que as características morfométricas podem se constituir num indicativo do comportamento da bacia hidrográfica no que diz respeito à susceptibilidade ou não de ocorrência de enchentes. Destaca-se, entretanto, que isoladamente essas características não são suficientes para a quantificação das enchentes em uma região e que há necessidade de associá-las com dados hidrometeorológicos, destacadamente vazão e precipitação, para aí sim se poder estimar com mais confiabilidade a magnitude dos picos de enchentes.

Destaca-se, ainda, que o planejamento urbano e o uso do solo de acordo com sua capacidade de uso são importantes ferramentas para amenizar situações de risco de enchentes, uma vez que essas diretrizes possibilitam, respectivamente, a ocupação de áreas com menor susceptibilidade a enchentes e o favorecimento da infiltração da água no solo e a conseqüente redução do escoamento superficial.

## 5. CONCLUSÕES

Conclui-se que, dentre as características morfométricas avaliadas, a bacia do rio Sapucaí apresenta, em relação à forma, menor tendência a enchente, em condições normais de precipitação, quando comparada as sub-bacias a montante do município do São Sebastião da Bela Vista e Itajubá.

As enchentes observadas em Itajubá podem ser decorrentes da expressiva mudança na declividade do rio principal, conseqüência da elevada diferença de nível entre a região de cabeceira e o trecho a montante da sede municipal.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pelas bolsas concedidas ao primeiro e segundo autores e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida ao terceiro autor.

## 7. REFERÊNCIAS

- ALI, M.; KHAN, S. J.; ASLAM, I.; KHAN, Z. Simulation of the impacts of land-use change on surface runoff of Lai Nullah Basin in Islamabad, Pakistan. **Landscape Urban Plan**, v. 102, n. 4, p. 271-279, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.05.006>
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, Brasil (1997)**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, oito de janeiro de 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 13 abr. 2015.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
- COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí**. Resumo Executivo. Belo Horizonte: COPASA, 2010. 245 p.
- COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. **Irriga**, v.16, n.4, p.369-381, 2011. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2011v16n4p369>
- ELESBON, A. A. A.; GUEDES, H. A. S.; DA SILVA, D. D.; OLIVEIRA, I. C. Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus – Brasil. **Escola de Minas**, v. 64, n. 3, p. 281-288, 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2009. 412 p.
- LOREZON, A. S.; FRAGA, M. S.; MOREIRA, A. R.; ULIANA, E. M.; SILVA, D. D.; RIBEIRO, C. A. A. S.; Borges, A. C. Influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. **Ambiente e Água**, v.10, n.1, p.195-206, 2015. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1475>
- MACEDO, F. L.; PEDRA, W. N.; MELLO JUNIOR, A. V. Caracterização fisiográfica da sub-bacia do riacho Jacaré-SE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.3, p.163-169, 2010.
- MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Lavras: Editora UFLA, 2013. P. 33-72.
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpem.br>. Acesso em: 01 abr. 2016.
- RODRIGUES, F. M.; PISSARA, T. C. T.; CAMPOS, S. Caracterização morfométrica da microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, v.13, n.3, p.310-322, 2008.
- SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.108, p.1-7, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-011-0507-8>
- SANTOS, C. L.; WANDERLEY, L. S.; VITAL, S. R. O.; GIRÃO, O. Análise da susceptibilidade à ocorrência de enchentes e alagamento na bacia do alto/médio do rio Jaguaribe, João Pessoa/PB, a partir de características morfométricas extraídas de dados SRTM. **Revista de Geociências do Nordeste**, v.1, n.1, P. 37-49, 2015.
- SILVA, A. C.; BERG, E. V. D.; HIGUCHI, P.; NUNES, M. H. Dinâmica de uma comunidade arbórea após enchente em fragmentos florestais no sul de Minas Gerais. **Árvore**, v. 35, p. 381-389, 2011.
- SILVA, C. A.; MARQUES, C.; MAGALHÃES, A. J. Caracterização morfométrica da bacia do rio Maquiné-Borda Leste do Quadrilátero Ferrífero/MG. **Geonorte**, Manaus, edição especial 4, v. 10, n. 1, p. 217-221, 2014.
- SOARES, M. R. G. J.; SOUZA, J. L. M. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). **Revista de Geografia**, Londrina, v. 21, n. 1, p. 19-36, 2012.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.
- UNITED NATIONS-UN. **Disaster-resilient Societies – Facts and figures**. 2012. Disponível em: <http://www.un.org/en/sustainablefuture/disasters.shtml>. Acesso em: 16 nov. 2015.