

Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Santa Catarina

Morphometric characterization Itajaí river watershed – Santa Catarina

Dionatan **GERBER**^{1, 2}; Carla Talita **PERTILLE**¹; Francielle Santos **VIEIRA**¹; Bruno Jan Schramm **CORRÊA**¹ & Camila Furlan de **SOUZA**¹

RESUMO

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas fornece informações importantes para o planejamento da conservação da água e demonstra a susceptibilidade à erosão e a capacidade de uso do solo. O objetivo do estudo foi caracterizar as propriedades morfométricas da bacia do Rio Itajaí (SC), utilizando-se de dados SRTM e ambiente SIG, por meio da obtenção de parâmetros geométricos, de relevo e de rede de drenagem. Os dados evidenciaram que a bacia hidrográfica é de 5.^a ordem e apresenta forma alongada com relevo ondulado. O estudo apontou baixa capacidade e densidade de drenagem, apresentando um padrão dendrítico, com poucas ramificações. A bacia compreende canais transicionais, regulares e irregulares, o que indica média taxa de transporte de sedimentos. A análise dos dados mostrou os atributos da bacia diante da dinâmica ambiental, permitindo inferir que a bacia do Rio Itajaí é pouco sujeita a enchentes. Entretanto existe a necessidade de estudos complementares das suas microbacias para verificar efetivamente o seu potencial quanto à ocorrência de enchentes, inundações ou alagamentos.

Palavras-chave: enchentes; manejo de bacias; modelo digital de elevação.

ABSTRACT

The morphometric characterization of watershed basins offers important information for the planning of water conservation, as well as it demonstrates the susceptibility to erosion and the soil use capacity. The aim of this study was to characterize the morphometric properties of the Itajaí River basin, SC, using SRTM data and GIS environment, by the obtainment of geometric parameters, terrain features and drainage network parameters. Data showed that the river basin is of 5th order and has an elongated shape with undulating terrain. This study indicated low capacity and drainage density, presenting a dendritic pattern, with few ramifications. The basin comprises transitional, regular and irregular channels, which indicates average sediment transport rate. Data analysis demonstrated the attributes of the basin to the environmental dynamics and allows to infer that the basin of the Itajaí river is little subject to flood. However, there is a need for further studies of its micro-basins to check effectively their potential for flooding.

Keywords: basins management; digital elevation model; flood.

Recebido em: 6 dez. 2017

Aceito em: 7 abr. 2018

¹ Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), Av. Luís de Camões, n. 2.090 – Conta Dinheiro, Lages, SC, Brasil.

² Autor para correspondência: dionatan_gerber@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

Atualmente o alto nível de expansão populacional, a rápida urbanização e as mudanças climáticas, juntamente com a frequência e a intensidade irregulares das chuvas, tornam complexos os planos de gerenciamento e armazenamento de água (SINGH *et al.*, 2014). Assim, é importante a avaliação dos recursos hídricos para que possíveis planejamentos sejam realizados a curto e longo prazo.

A bacia hidrográfica ou bacia de drenagem de um curso de água é o conjunto de terras drenado por um rio principal e seus afluentes e para onde o fluxo de água das precipitações flui (SANTOS & SOUZA, 2013). Trata-se de um elemento essencial para a avaliação do ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba as características físicas e bióticas de uma bacia, influenciando, entre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial (BORSATO & MARTONI, 2004; TONELLO *et al.*, 2006).

Para subsidiar o processo de ocupação e manejo de bacias hidrográficas, é necessário o conhecimento do ambiente físico por meio do diagnóstico de áreas com fragilidade natural e potencializadas pela ação antrópica (ALVES *et al.*, 2014). Nesse sentido, a análise morfométrica de bacias hidrográficas por meio de um conjunto de procedimentos metodológicos permite a investigação e a compreensão científica dos componentes naturais de uma bacia hidrográfica (SANTOS & MORAIS, 2012). De acordo com Christofolletti (1980), a análise morfométrica de bacias pode ser dividida em quatro itens: ordenação da rede de drenagem, análise linear da rede de drenagem, medições planimétricas e análise hipsométrica.

As técnicas de geoprocessamento têm sido muito utilizadas para essa caracterização morfométrica, já que servem como ferramentas fundamentais para a gestão do território e a análise ambiental, em virtude de sua abordagem múltipla e rapidez na geração de resultados precisos (FONSECA *et al.*, 2013). O avanço tecnológico, na área do geoprocessamento em ambientes, do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o surgimento do Modelo Digital de Elevação (MDE) muito têm contribuído na execução de estudos envolvendo delimitação automática de bacia hidrográfica, aumentando a agilidade de obtenção e a confiabilidade dos resultados (FRAGA *et al.*, 2014). As informações do MDE são armazenadas digitalmente e apresentadas de forma visual ou graficamente, o que permite a comparação e a correlação entre informações (ELESBON *et al.*, 2011).

A análise morfométrica pode servir como referência para o planejamento ambiental e propostas de reestruturação regional, com o intuito de auxiliar na tomada de decisões em projetos que envolvam recursos físicos da região. Além disso, o entendimento do comportamento hídrico e o desenvolvimento da gestão de recursos hídricos, levando-se em conta as relações antrópicas, econômicas e socioambientais, têm sido uma questão incontornável em estudos de sustentabilidade (ROCHA *et al.*, 2014).

O objetivo do presente estudo foi realizar a caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, em Santa Catarina, a partir de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, acrônimo em inglês de Missão Topográfica Radar Shuttle) e plataforma SIG, com vistas a informações favoráveis ao gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

A Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí é a maior bacia hidrográfica do estado de Santa Catarina, correspondendo a 16,15% do território do estado e 0,6% do território brasileiro. Está localizada entre as coordenadas geográficas 26°41'54" e 27°41'02" de latitude sul e 48°39'39" e 50°07'07" de longitude oeste (figura 1).

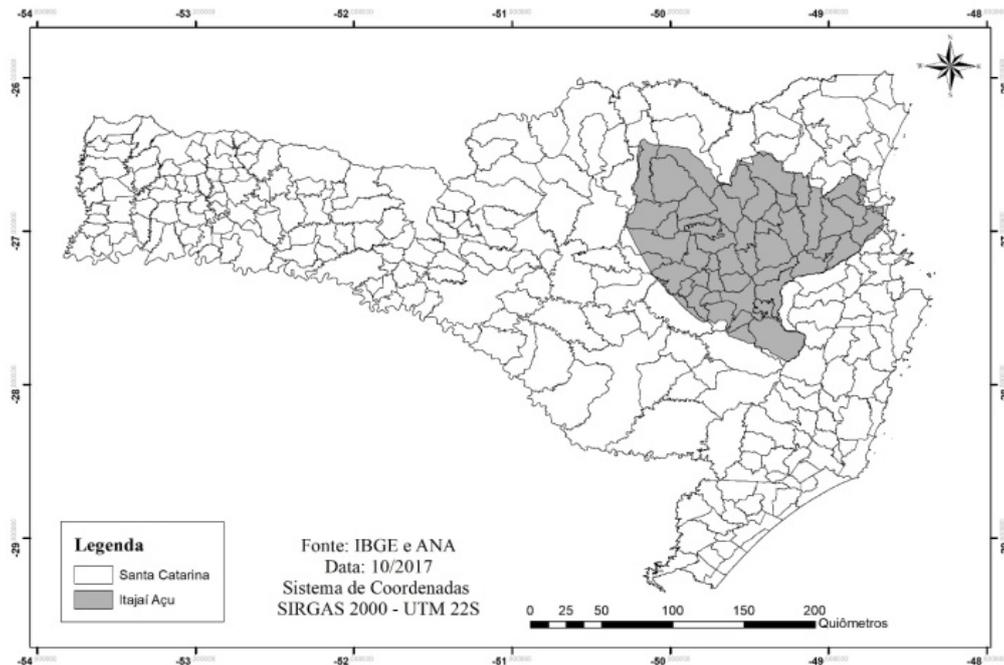


Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, Santa Catarina.

A bacia está inserida na porção centro-leste do estado, com altitude de 1-1640 metros. O relevo da bacia do Rio Itajaí possui grande diversidade e complexidade geocológica, susceptibilidade à dinâmica dos processos erosivos e fragilidade ambiental (AUMOND *et al.*, 2009).

O clima é classificado como clima temperado úmido com verão quente (Cfa) e clima úmido com verão temperado (Cfb), segundo a classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2017).

O MDE utilizado foi adquirido a partir de imagens SRTM, com resolução espacial de 90 m, disponível em Miranda (2005). As cartas utilizadas foram SG-22-Z-A, SG-22-Z-B, SG-22-Z-C e SG-22-Z-D. A fim de recobrir toda a área da bacia, realizou-se um mosaico nas imagens SRTM e, em seguida, a imagem gerada desse procedimento teve seu sistema de referência alterado de GCS_WGS84 (Geographic Coordinate System – World Geodetic System 1984) para coordenadas planas SIRGAS 2000 UTM-22S (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – Universal Transversa de Mercator – Zona 22S, onde está inserida a bacia).

Os dados da rede de drenagem e da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí foram adquiridos no portal da Agência Nacional das Águas (ANA), com escala vetorial de 1:10.000. Obteve-se a malha municipal do estado de Santa Catarina no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:250.000. Tais portais foram escolhidos em função de serem os mais usados nas literaturas consultadas. Ambos foram obtidos em formato vetorial *shapefile*, no sistema de referência South American Datum 1969 – SAD-69. O passo seguinte foi transformá-los para o sistema de referência SIRGAS 2000.

O pré-processamento dos dados digitais de drenagem e elevação foi realizado em ambiente SIG, utilizando o aplicativo computacional ArcGIS 10.4/ArcMap® (ESRI, 2017).

Com a delimitação da bacia, foi possível conseguir informações relacionadas a área, perímetro e comprimento axial, por meio de ferramentas de cálculo no software empregado. Com tais dados, procedeu-se ao cálculo dos parâmetros morfométricos (tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos parâmetros morfométricos calculados para a bacia do Rio Itajaí. Legenda: A: área da bacia (km²); Dd: densidade de drenagem (km/km²); H: amplitude altimétrica (km); L: comprimento do canal principal (km); Lb: comprimento da bacia; Lt: comprimento total dos canais (km); P: perímetro da bacia (km).

Parâmetro	Equação	Objetivo	Tendência a enchentes
Coefficiente de compacidade (Kc)	$K_c = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$	Relaciona a bacia a um círculo	1,00 – 1,25 = alta 1,25 – 1,50 = média < 1,50 = baixa
Fator de forma (Kf)	$K_f = \frac{A}{L^2}$	Relação entre largura e comprimento para avaliação de geometria	≥ 0,75 = alta 0,75 – 0,50 = média ≤ 0,50 = baixa
Índice de circularidade (IC)	$I_c = \frac{12,57 * A}{P^2}$	Quanto mais próximo do valor 1, maior a circularidade e mais sujeita a inundações	> 0,51 = alta 0,51 = média < 0,51 = baixa
Índice de rugosidade (IR)	$I_r = Dd * H$	Combina a diferença de nível da bacia e a densidade de drenagem, em que valores altos indicam vertentes íngremes e longas	–
Índice de alongamento (IA)	$I_a = 2 * \frac{\sqrt{A}}{L}$	Relaciona o risco de cheias com a forma da bacia	–
Razão de alongação (RE)	$K_c = 1,128 * \frac{A^{0,5}}{L}$	Relação entre o diâmetro da área e o comprimento do eixo da bacia	–
Índice de sinuosidade (IS)	$I_s = \frac{100 * (L - L_b)}{L}$	Representação percentual entre rio e talvegue, o que sugere que, em maior declividade, maior a velocidade de escoamento	≤ 20% = canal muito reto 20 – 30% = canal reto 30 – 40% = canal divagante ≥ 40% = canal sinuoso
Razão de relevo (RR)	$R_v = \frac{A}{L}$	Indica a declividade média pela relação entre a amplitude altimétrica e o comprimento axial	0,0 – 0,10 = baixa 0,13 – 0,30 = média 0,31 – 0,60 = alta
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{L_t}{A}$	Soma de comprimento dos canais, em que se verifica a velocidade da drenagem	5,0 km/km ² = baixa 5,0 – 13,5 km/km ² = média 13,5 – 155,5 km/km ² = alta > 155,5 km/km ² = muito alta
Densidade hidrográfica (Dh)	$Dh = \frac{\text{Número de canais}}{A}$	Compara a frequência de cursos de água e estima a capacidade de gerar novos cursos d'água	<3 = baixa 3 – 7 = média 7 – 15 = alta >15 = muito alta
Coefficiente de manutenção (Cm)	$C_m = \frac{1}{Dd} * 1000$	Capacidade em manter 1 m de canal de drenagem em 1 km ² de área	–

Fonte: Horton (1932; 1945), Miller (1953) e Schumm (1956).

A determinação do padrão de drenagem foi feita de acordo com a classificação apresentada por Christofolletti (1980), em que constam sete classes, sendo elas: dendrítica: padrão semelhante à de uma árvore; treliça: confluências geram ângulos retos; retangular: resultado da influência exercida por falhas ou pelo sistema de juntas ou de diaclases; paralela: escoamento paralelo dos cursos de água uns aos outros; anelar: forma semelhante a anéis; radial: formada por correntes fluviais dispostas em raios, em relação a um ponto central; desarranjadas ou irregulares: geradas por um bloqueio ou erosão.

Realizou-se a definição da rede de drenagem com base no ordenamento apresentado por Strahler (1952), no qual os canais sem tributários são classificados como de primeira ordem. Os canais de segunda ordem são os que resultam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem e podem receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente (SILVEIRA, 2001).

Com a correção do MDE, foi possível fazer a caracterização do relevo, obtendo-se as informações referentes à altitude (máxima, mínima e média) e também à declividade do terreno. O MDE serviu para a confecção do mapa de declividade reclassificado seguindo os intervalos determinados pela Embrapa (2013): 0 – 3% (plano), 3 – 8% (suave – ondulado), 8 – 20% (ondulado), 20 – 45% (forte – ondulado), 45 – 75% (montanhoso) e maior que 75% (forte – montanhoso). Essa etapa foi realizada por intermédio da ferramenta Spatial Analyst Tools – Surface – Slope.

RESULTADOS

Na tabela 2 são apresentadas as características morfométricas da bacia do Rio Itajaí.

Tabela 2 – Características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, Santa Catarina.

Características geométricas	Resultados
Área de drenagem (km ²)	14381,10
Perímetro (km)	648,25
Comprimento axial da bacia (km)	181,25
Largura da bacia (km)	79,08
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,51
Fator de forma (kf)	0,43
Índice de circularidade (Ic)	0,42
Índice de rugosidade (Ir)	107,08
Densidade hidrográfica (canais.km ²)	0,04
Índice de alongamento (Ia)	0,40
Razão de alongação (Re)	0,74
Características do relevo	
Declividade máxima (%)	194,61
Declividade média (%)	18,23
Declividade mínima (%)	0
Altitude máxima (m)	1.640
Altitude média (m)	517
Altitude mínima (m)	1
Índice de sinuosidade (Is)	1,56
Razão de relevo (Rr)	9,03
Características da rede de drenagem	
Comprimento total de todos os canais (km)	2978,46
Comprimento do canal principal (km)	152,93
Densidade de drenagem (km/km ²)	0,21
Coefficiente de manutenção (m ² /m)	4828,37
Ordem da bacia	5
Orientação	Leste

A Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí é classificada como de 5.^a ordem, conforme classificação de Strahler. Possui uma área de 14.381,10 km² e perímetro de 648,25 km (figura 2).

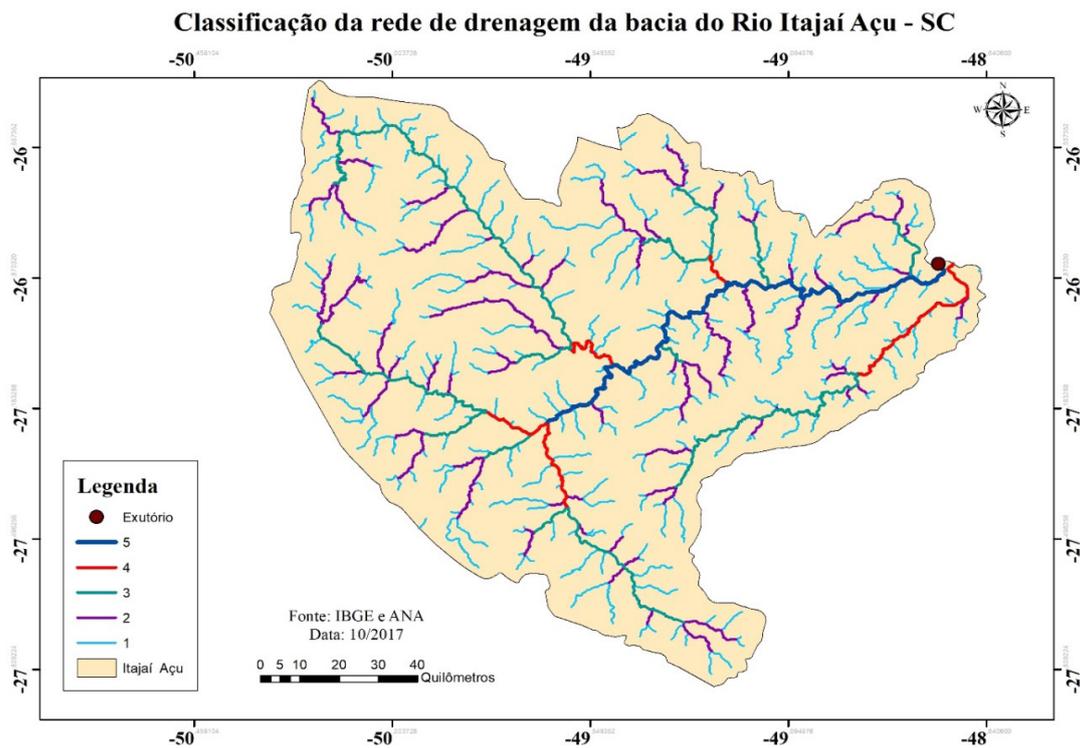


Figura 2 – Classificação da rede de drenagem e ordenamento dos canais da bacia do Rio Itajaí, Santa Catarina.

A densidade de drenagem encontrada na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí foi de 0,21 km/km². De acordo com Villela & Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km² ou mais em bacias bem drenadas, indicando, assim, que a bacia em estudo possui baixa capacidade de drenagem.

Na tabela 3 e figura 3 apresentam-se as informações quantitativas associadas à declividade da bacia. Observa-se que a maior parte do relevo está compreendida em declividades entre ondulado (40,15%) e fortemente ondulado (32,82%), com declividade média correspondente a 18,23%.

Tabela 3 – Distribuição da elevação da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, Santa Catarina.

Relevo	Classes de declive (%)	Área (km ²)	Área (%)
Plano	0 – 3	1057,818	7,36
Suavemente ondulado	3 – 8	2156,265	14,99
Ondulado	8 – 20	5773,665	40,15
Fortemente ondulado	20 – 45	4719,968	32,82
Montanhoso	45 – 75	645,120	4,49
Escarpado	>75%	28,26	0,19
Total		14381,10	100

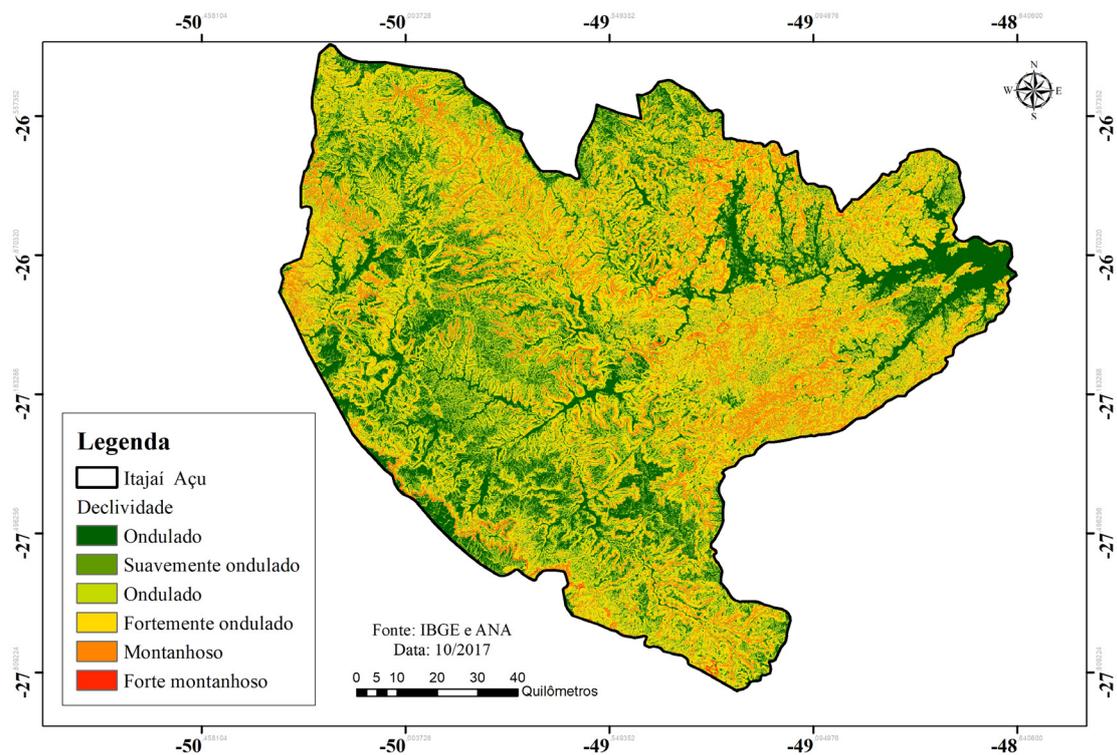


Figura 3 – Classificação da declividade da bacia do Rio Itajaí, Santa Catarina.

A bacia em estudo apresenta grande variação de altitude, com mínima de 1 m e máxima de 1.640 m, com média de 517 m (tabela 4 e figura 4).

Tabela 4 – Distribuição das classes de altitudes da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, Santa Catarina.

Altitude (m)	Área (km ²)	Área (%)
1 – 148	2987,38	20,77
149 – 315	2864,25	19,91
316 – 466	2162,59	15,04
467 – 594	2130,43	14,81
595 – 719	1742,57	12,12
720 – 859	1460,10	10,52
860 – 1.644	1033,78	7,18
Total	14381,10	100

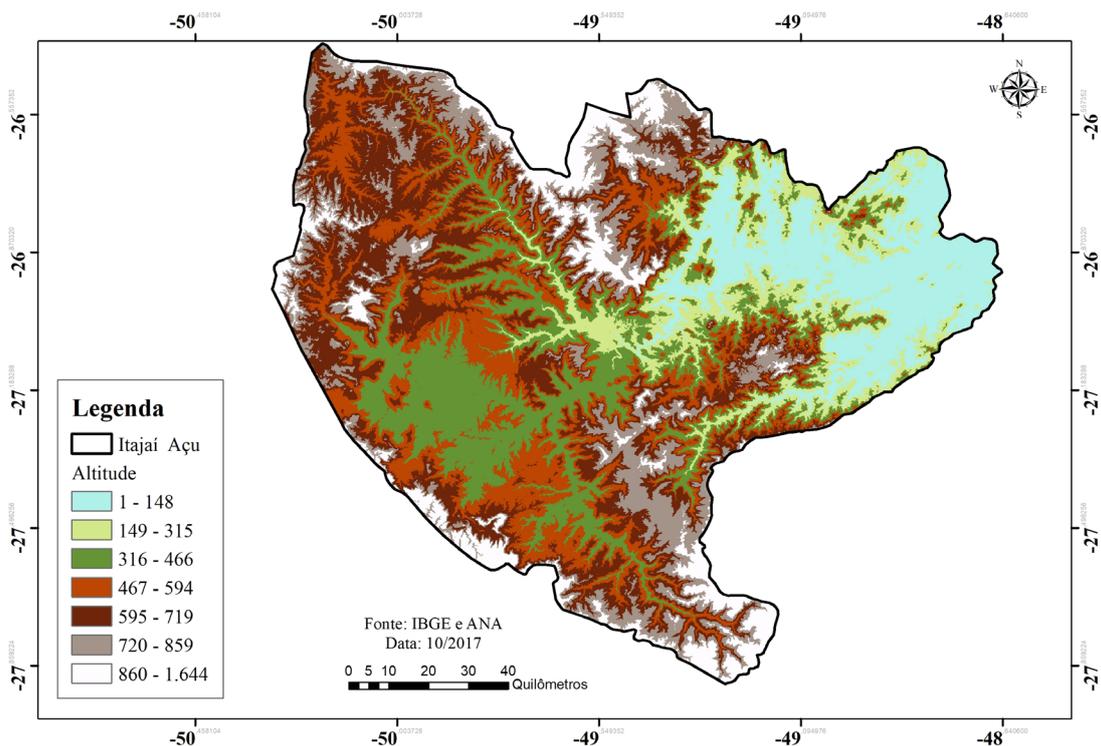


Figura 4 – Distribuição espacial da elevação da bacia do Rio Itajaí, Santa Catarina.

O comprimento total dos cursos d’água foi de 2978,46 km, distribuídos por 582 canais (tabela 5). O percentual de tributários de primeira ordem é elevado em relação às demais ordens; dos 582 canais, 294 são de primeira ordem, os quais representam 50,52% dos canais da bacia (nascentes). Os canais de primeira ordem têm um comprimento de 1527,38 km de extensão, ou seja, são responsáveis por 51,28% do comprimento total dos canais. Já o curso principal (5.ª ordem) apresenta uma extensão de 152,93 km, que representa 5,13% do total da extensão dos canais.

Tabela 5 – Caracterização dos cursos d’água da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, Santa Catarina.

Ordem da bacia	Número de canais	Comprimento dos canais (km)
1	294	1527,38
2	123	694,44
3	99	477,18
4	29	126,53
5	37	152,93
Total	582	2978,46

A figura 5 ilustra a distribuição das elevações da área da bacia do Rio Itajaí com referências ao nível do mar. Observa-se que a elevação média encontrada para a bacia foi de 517 m, com uma altitude máxima de 1.640 m e mínima de 1 m. Verifica-se que a maior parte da área da bacia ocorre na faixa de altitude entre 910 e 1.100 m, correspondendo a 12,0% do total.

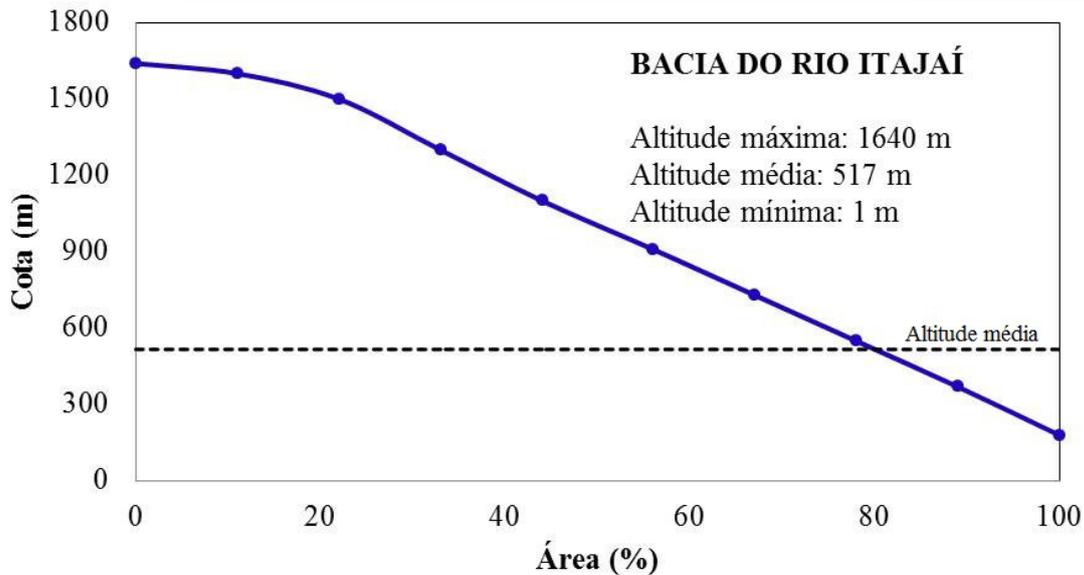


Figura 5 – Curva hipsométrica da bacia do Rio Itajaí, Santa Catarina.

DISCUSSÃO

De acordo com os resultados, a Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí possui maior tempo de concentração de água da chuva, pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar o valor afastado da unidade (1,51) e seu fator de forma exibir valor baixo (0,43). Esses valores indicam que a bacia não possui formato semelhante ao de uma circunferência, correspondendo, portanto, a uma bacia alongada. Porém estudos comprovam que as regiões do médio e alto vale do Rio Itajaí têm ocorrências frequentes de enchentes durante os últimos dez anos (SANTOS *et al.*, 2014; FRAGA, 2015; SILVA & SOUZA, 2016). Tal fato pode ser explicado em virtude de as pesquisas considerarem a caracterização morfométrica da bacia geral e não realizarem um estudo específico das microbacias que apresentam suscetibilidade à ocorrência de enchentes.

Em uma análise comparativa, o índice de densidade encontrado na microbacia do córrego Marivan, São Paulo, foi de 0,68 km/km², indicando que a bacia evidenciou um valor considerado baixo, classificando-a como com baixa capacidade de drenagem (TEODORO *et al.*, 2007). A Bacia Hidrográfica do Rio Turvo, Goiás, obteve valor de densidade de drenagem equivalente a uma área de 3.342 km², igual a 0,7 km/km² (CASTRO & CARVALHO, 2009). Assim, de acordo com esses autores, tais bacias são enquadradas como de baixa capacidade de drenagem.

Conforme Cardoso *et al.* (2006), a densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica. Esses valores auxiliam no processo de gerenciamento e planejamento do manejo da bacia. Segundo a hierarquia de Strahler, o sistema de drenagem da bacia em estudo possui ramificação de 5.^a ordem.

A densidade hidrográfica da bacia equivale a 0,04 canal por km², ou seja, em cada porção de 25 km² da bacia há um canal. Trata-se de uma bacia hidrográfica com baixa densidade de canais, o que causa dificuldade para as partículas de água que caem na superfície do solo encontrarem rapidamente um canal e por ele escoarem. Segundo Lollo (1995), bacias hidrográficas com densidade hidrográfica menor que 3 são classificadas como de baixa densidade hídrica, de 3 a 7 de média, de 7 a 15 de alta densidade hídrica e com índice maior que 15 de muito alta. Lana *et al.* (2001) afirmam que, se o índice de densidade de drenagem estiver acima de 2,00 canais por km², a bacia possui grande capacidade de gerar novos cursos d'água.

Quanto maior for o índice de rugosidade, maior o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas. Valores superiores que àquele obtido para a Bacia Hidrográfica

do Rio Itajaí (107,08) foram encontrados por Alves *et al.* (2014) na análise morfométrica da bacia do Ribeirão das Abóboras, município de Rio Verde, Goiás. Os autores encontraram índice de rugosidade igual a 155,25, 144,98% maior que aquele obtido para a bacia do Rio Itajaí, considerado alto.

O desenvolvimento da bacia mostra um sistema de drenagem análogo à configuração de uma árvore, indicando que os padrões de drenagem são dendríticos. O valor elevado do coeficiente de manutenção (4828,37) indica que grandes áreas são necessárias para conservar cada metro de canal.

O índice de sinuosidade próximo a 1 demonstra que os canais tendem a serem retilíneos, valores superiores a 2,0 revelam que os canais tendem a ser tortuosos e valores intermediários denotam formas transicionais, regulares e irregulares. Desse modo, a bacia do Rio Itajaí possui canais transicionais, regulares e irregulares. Esse tipo de canal apresenta média taxa de transporte de sedimentos (ANTONELI & THOMAZ, 2007).

O percentual de declividade médio encontrado (18,23%), segundo a classificação da Embrapa (2013), caracteriza a bacia como de relevo ondulado. Pode-se verificar uma maior concentração de declividade na região do Alto Vale do Rio Itajaí, porção onde a variação de altitude se apresenta mais elevada. De acordo com Marchini *et al.* (2015), o escoamento superficial possui efeito direto em áreas com elevada declividade, pois, em virtude da velocidade de escoamento da água, sua infiltração no solo é reduzida.

A velocidade de escoamento do rio principal depende da declividade dos canais fluviais (ELESBON *et al.*, 2011). Assim, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e bem mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas de enchentes, indicando maiores variações de vazões instantâneas.

A elevação média e a variação de uma bacia são fatores importantes com relação à precipitação e à temperatura. Grandes variações de altitude na bacia do Rio Itajaí acarretam diferenças significativas na temperatura média, a qual, por sua vez, causa variações na evapotranspiração e precipitação anual. Pode-se dizer que, em função da alta variação de elevação na bacia do Rio Itajaí, tal bacia é sujeita a grandes diferenças de temperatura e precipitação.

Com base nas análises realizadas, as características morfométricas da bacia permitem efetuar uma análise de indicativo do comportamento da bacia hidrográfica quanto ao aspecto de susceptibilidade ou não à ocorrência de enchentes. Destaca-se que, ao averiguar isoladamente tais características, estas não são suficientes para a quantificação das enchentes em uma determinada região da bacia e que há necessidade de associá-las com dados hidrometeorológicos.

CONCLUSÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí é de 5.^a ordem e apresenta forma alongada com relevo predominantemente ondulado, o que favorece o escoamento superficial. No que se refere à sua rede de drenagem, o estudo apontou baixa capacidade e densidade de drenagem para a bacia, de forma que o sistema é pouco ramificado.

Os dados demonstram que a bacia é pouco sujeita a enchentes. Entretanto existe a necessidade de estudos complementares das suas microbacias para verificar efetivamente o seu potencial quanto à ocorrência de enchentes, inundações ou alagamentos.

REFERÊNCIAS

Alvares, C. A.; P. C. Sentelhas & J. L. Stape. Modeling monthly meteorological and agronomic frost days, based on minimum air temperature, in Center-Southern Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*. 2017; 113(3-4): 1-15. doi: <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2267-6>.

Alves, T. L.; P. V. Azevedo & M. T. Silva. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri – PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. *Revista de Geografia*. 2014; 31(3): 130-148.

- Antoneli, V. & E. L. Thomaz. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga – PR. *Caminhos da Geografia*. 2007; 8(21): 46-58.
- Aumond, J. J.; L. Sevegnani; M. Tachini & L. E. Bacca. Condições naturais que tornam o Vale do Itajaí sujeito aos desastres. In: Frank, B. & L. Sevegnani (Orgs.). *Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: água, gente e política*. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí; 2009. p. 22-37.
- Borsato, F. & A. M. Martoni. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no município de Maringá, estado do Paraná. *Acta Scientiarum, Human and Social Sciences*. 2004; 26(2): 273-285. doi: <http://dx.doi.org/10.4025/actascihumansoc.v26i2.1391>.
- Cardoso, C. A.; H. C. T. Dias; C. P. B. Soares & S. V. Martins. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo – RJ. *Árvore*. 2006; 30(2): 241-248. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011>.
- Castro, S. B. & T. M. Carvalho. Análise morfométrica e geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo – GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Scientia Plena*. 2009; 5(2): 107.
- Christofoletti, A. *Geomorfologia: a análise de bacias hidrográficas*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher; 1980. 188 p.
- Elesbon, A. A. A.; H. A. S. Guedes; D. D. da Silva & I. de C. Oliveira. Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus – Brasil. *Revista Escola de Minas*. 2011; 64(3): 281-288. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672011000300005>.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. ed. Brasília: Embrapa; 2013. 353 p.
- ESRI – Environmental Systems Research Institute. Inc. *ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 10.4, 2017*. Disponível em: <http://www.img.com.br/pt-BR/arcgis10-4/sobre-arcgis>. Acesso em: 3 nov. 2017.
- Fonseca, S. F. da; D. C. dos Santos & V. M. Hermano. Geoprocessamento aplicado à análise dos impactos socioambientais urbanos: estudo de caso do bairro Santo Expedito em Buritizeiro/MG. *Revista de Geografia*. 2013; 30(3): 178-191.
- Fraga, M. de S.; R. G. Ferreira; F. B. Silva; N. P. A. Vieira; D. P. da Silva; F. M. Barros & I. S. Martins Braga. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. *Nativa*. 2014; 2(4): 214-218. doi: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v02n04a05>.
- Fraga, N. C. *Clima, gestão do território e enchentes no Vale do Itajaí – SC*. Terra Livre. 2015; 1(20): 159-170.
- Horton, R. E. *Drainage basin characteristics*. American Geophysical Union. 1932; 13(1): 350-361. doi: <http://dx.doi.org/10.1029/TR013i001p00350>.
- Horton, R. E. *Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology*. The Geological Society of America. 1945; 56(2): 275-370.
- Lana, C. E.; J. M. de P. Alves & P. de T. A. Castro. Análise morfométrica da bacia do Rio Tanque, MG, Brasil. *Escola de Minas*. 2001; 54(2): 121-126. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672001000200008>.
- Lollo, J. A. *O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas [Tese de Doutorado em Geotecnia]*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo; 1995.
- Marchini, D.; T. Ling; M. Alves; S. Crestana; S. N. Souto Filho & O. G. de Arruda. Matéria orgânica, infiltração e imagens tomográficas de latossolo em recuperação sob diferentes tipos de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2015; 19(6): 574-580. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/18071929/agriambi.v19n6p574-580>.
- Miller, V. *A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee*. *The Journal of Geology*. 1953; 65(1): 389-402.
- Miranda, E. E. de. *Brasil em relevo*. 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa>. Acesso em: 4 nov. 2017.
- Rocha, R. M.; A. A. T. Lucas; C. A. P. de Almeida; E. L. Menezes Neto & A. de O. Aguiar Netto. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. *Ambiente e Água*. 2014; 9(2): 276-287. doi: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1289>.
- Santos, C. F. dos; C. S. Tornquist & M. P. C. Marimon. Indústria das enchentes: impasses e desafios dos desastres socioambientais no vale do Itajaí. *Geosul*. 2014; 29(57): 197-216. doi: <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2014v29n57p197>.

- Santos, D. A. & F. de Moraes. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Lago Verde como subsídio a compartimentação do relevo da região de Lagoa da Confusão – TO. *Revista Geonorte*. 2012; 3(4): 617-629.
- Santos, E. F. & F. A. Souza. Aspectos morfométricos da bacia do Córrego Tamanduá em Iporá, GO. *Acta Geográfica*. 2013; 7(15): 91-199. doi: <http://dx.doi.org/10.5654/actageo2013.0715.0012>.
- Schumm, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth, Amboy, New Jersey. *The Geological Society of America*. 1956; 67(5): 597-646.
- Silva, P. R. da & F. de Souza. Inundações no município de Rio do Sul: uma análise dos eventos de 2011 e 2013 à luz da gestão de risco de desastres. *Revista Ordem Pública*. 2016; 9(1): 163-179.
- Silveira, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: Tucci, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. São Paulo: Edusp; 2001. p. 35-51.
- Singh, P.; A. Gupta & M. Singh. Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*. 2014; 17(2): 111-121. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2014.09.003>.
- Strahler, A. N. Hypsometric analysis of erosional topography. *The Geological Society of America*. 1952; 63(11): 1117-1142.
- Teodoro, V. L. J.; D. Teixeira; D. J. L. Costa & B. B. Fuller. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista UNIARA*. 2007; 20: 137-156.
- Tonello, K. C.; H. C. T. Dias; A. L. de Souza; C. A. A. S. Ribeiro & F. P. Leite. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. *Revista Árvore*. 2006; 30(5): 849-857.
- Villela, S. M. & A. Mattos. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil; 1975. 245 p.