# Avaliação ambiental e morfométrica da bacia do rio Jundiaí-Mirim: diagnósticos e subsídios para gestão ambiental

*Cesar de Oliveira Ferreira Silva*

cesaroliveira.f.silva@gmail.com

*Gerson Araujo de Medeiros*

gerson@sorocaba.unesp.br

Resumo

A água é fundamental para a preservação ambiental, manutenção da biodiversidade e bem-estar humano, tornando-se essencial ao desenvolvimento sustentável. Assim, a análise e planejamento do uso e ocupação da terra deve passar pela análise da disponibilidade e segurança hídrica, fazendo-se necessário utilizar como unidade espacial de estudo a bacia hidrográfica. O presente trabalho avaliou a morfometria e uso e ocupação da terra na bacia do Rio Jundiaí-Mirim, SP, e mais especificamente em sua área de preservação permanente (APP), utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto e visitas de campo que verificassem as análises espaciais. Verificou-se que a morfometria indica que a bacia tem potencial para produção de água, mostrando tendência à conservação e menor escoamento superficial e risco de enxurradas, porém há ocupação irregular em mais de 80% da APP e identificou-se impactos ambientais negativos que prejudicam a qualidade ambiental das APP. Faz-se necessário intervenções de gestão ambiental para que a potencialidade de produção de água da bacia seja concretizada.

* * *

**PALAVRAS-CHAVE**: sistemas de informação geográfica, morfometria, recursos hídricos, impactos ambientais, bacia hidrográfica.

## Introdução

No Brasil, a gestão de recursos hídricos tem como unidade de estudo a bacia hidrográfica (BRASIL, 1997), assim, consequentemente, o planejamento e gestão do uso e ocupação da terra, por ter o acesso à água como fator decisivo, também deve ser trabalhada na escala de bacia hidrográfica (EROL; RANDHIR, 2013; TUNDISI, 2006; TUCCI, 2005). A dinâmica da paisagem ocorre como resultado de fatores socioeconômicos e biofísicos, em que práticas inadequadas de uso do solo como o desmatamento, pastagem sem manejo adequado, expansão desordenada da agricultura e do crescimento urbano prejudicam as condições da bacia hidrográfica, impactando na dinâmica do escoamento, infiltração e evapotranspiração, resultando em inundações, erosão e eutrofização. (AGATON; SETIAWAN; EFFENDI, 2016; LEAL, TONELLO, 2016; FENGLER et al., 2015;).

Conforme a Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012, Art. 3º, II), uma área de preservação permanente (APP) é uma área vegetada "com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, [...] facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas". Assim, é necessário controlar e planejar a ocupação dessas áreas, porém, como essa não é a realidade predominante no Brasil, a ocupação de APPs de forma irregular provoca impactos negativos ao meio antrópico, como carência de saneamento básico eficiente e de diversos fatores de salubridade essenciais.

A segurança hídrica, entendida, de acordo com Melo e Johnsson (2017), como a garantia de disponibilidade de água para os usos múltiplos que atenda às expectativas da sociedade, bem como de protegê-la contra os impactos negativos de eventos hidrológicos extremos, é essencial para a preservação ambiental, manutenção da biodiversidade e bem-estar humano, tornando-se essencial ao desenvolvimento sustentável. Assim, a análise e planejamento territorial deve passar pela análise da disponibilidade hídrica, fazendo-se necessário utilizar como unidade espacial de estudo a bacia hidrográfica.

Tendo isso em vista, a utilização de imagens de satélite apresentam-se como uma importante ferramenta para avaliar e detectar espaço-temporalmente as mudanças no uso do solo, subsidiando ações de gestão ambiental em bacias onde a ocupação do solo ocorreu de forma desordenada. Ferramentas de geoprocessamento também permitem a análise morfométrica de bacias, que é o diagnóstico das condições fisiográficas, através dos parâmetros de análise, tais como: fator de forma, densidade de drenagem, declividade do terreno entre outros, estes, servem de indicadores de suscetibilidade à degradação ambiental (LEAL; TONELLO, 2016; NARDINI et al., 2013).

Com isso, é possível uma avaliação ambiental integrada dos fatores físicos e uso e ocupação do solo da bacia, explicitando as tendências morfométricas e práticas de gestão ambientais mais adequadas à bacia.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a morfometria e uso e ocupação da terra na bacia do Rio Jundiaí-Mirim, SP, e mais especificamente em sua área de preservação permanente, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto e visitas de campo que verificassem as análises espaciais.

## Caracterização preliminar da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim situa-se no estado de São Paulo, entre as latitudes 23° 00' e 23° 30' Sul e longitudes 46° 30' e 47° 15' Oeste. Ocupa 11.750 hectares, dos quais 55% se encontram no município de Jundiaí, 36,6% no município de Jarinu e 8,4% no município de Campo Limpo Paulista.

A análise de Silva e Medeiros (2017) apresenta a bacia como altamente impactada nos meios físico e biótico quanto à produção de água, indicando a ausência de práticas conservacionistas de solo, práticas de gestão ambiental em setores vitais da bacia como as áreas de preservação permanente (apresentando áreas de APP com solo exposto e contaminação biológica por espécies exóticas). Fengler, Moraes, Ribeiro et al (2015) diagnosticaram que houve tendência constante de degradação da qualidade ambiental da sub-bacia pela diminuição da vegetação natural entre 1972 e 2013, devido ao processo desordenado de urbanização e desmatamento.

Em relação à qualidade ambiental da água da bacia do Jundiaí-Mirim tomamos como base o estudo empreendido por Beghelli, Carvalho e Peche Filho et al (2015), que, por meio de análises do Índice de Estado Trófico e da fauna de macroinvertebrados, considera que a bacia está "em uma situação preocupante", classificando-a como "impactada".

## Materiais e métodos

Os parâmetros morfométricos (Quadro 1) foram obtidos pelo modelo digital de elevação da missão orbital SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) em sua banda X, gerada por um radar de abertura sintética em 2000 em resolução de 30 metros, validado pela carta planialtimétrica do (IBGE) escala 1:50.000, folha de Jundiaí, SF-23-Y-C-III-1, georreferenciada pelo software ArcGIS 10.4.1 utilizando a projeção SIRGAS 2000.

**Quadro 1. Parâmetros morfométricos e seus respectivos métodos**

| Parâmetro | Equação | Procedimento metodológico | Fonte |
|---|---|---|---|
| Ordem da Bacia | - | Cursos d'água com apenas um segmento são considerados de 1ª ordem. A junção de dois segmentos de 1ª ordem gera um segmento de 2ª ordem e assim sucessivamente | Strahler (1957) |
| Fator de Forma (Ff) | $F_f = \frac{A}{C^2}$ | Onde A é a área de drenagem ($km^2$) e C é o comprimento da sub-bacia (km) | Horton (1932) |
| Coeficiente de Compacidade (Kc) | $K_C = 0{,}28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$ | Onde A é a área de drenagem ($km^2$) e P é o perímetro (km) | Vilela e Matos (1975) |
| Declividade | - | Obtida através do modelo numérico do terreno em ambiente de Sistema de Informação Geográfica | - |
| Índice de Circularidade (Ic) | $I_C = 12{,}57 \cdot \frac{A}{P^2}$ | Onde A é a área de drenagem ($km^2$) e P é o perímetro (km) | Strahler (1957) |
| Razão de Relevo (Rr) | $R_R = \frac{H}{C}$ | Onde H é a amplitude altimétrica (m) e C é o comprimento da bacia (m) | Schumm (1956) |
| Índice de Sinuosidade (Is) | $I_S = \frac{C_{CP}}{d_V}$ | Onde Ccp é o comprimento do canal (m), dv é a distância vetorial (m) | Horton (1945) |
| Amplitude Altimétrica (H) | $H = H_{max} - H_{min}$ | Onde é a altitude máxima e é a altitude mínima | - |
| Padrão de Drenagem | - | Classificação feita com base em critérios geométricos: Dendrítico, treliça, retangular, paralelo, radial e anelar | Horton (1945) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Gradiente do Canal Principal (Gc) | $G_C = \frac{H_{max}}{C_{CP}} \cdot 100$ | Onde é a altitude máxima (m) e é o comprimento canal principal (m) | Horton (1945) |
| Densidade de Drenagem (Dd) | $D_d = \frac{C_R}{A}$ | Onde é comprimento total dos cursos d'água (km) e A é a área da bacia (km$^2$) | Horton (1932) |
| Coeficiente de Manutenção (Cm) | $D_h = \frac{1}{D_d}$ | Onde é a densidade de drenagem (km/km$^2$) | Schumm (1956) |
| Extensão do Percurso Superficial (Eps) | $E_{ps} = \frac{D_d}{2}$ | Onde é a densidade de drenagem (km/km$^2$) | Horton (1945) |
| Densidade Hidrográfica (Dh) | $D_h = \frac{n}{A}$ | Onde n é o número de cursos d'água e A é a área da bacia (km$^2$) | Horton (1945) |

Apesar de serem baseados em publicações antigas, tais métodos estão consolidados na literatura científica sobre estudo de bacias hidrográficas (ALVARENGA et al, 2017; LEAL; TONELLO, 2016; LOREZON et al, 2015; SILVA et al, 2014; NARDINI et al., 2013; COUTINHO et al, 2011; ELESBON et al, 2011)

Para a análise do uso e cobertura da terra foi utilizada uma imagem digital sem nuvens do Landsat 8, orbita 22 do ano de 2016.

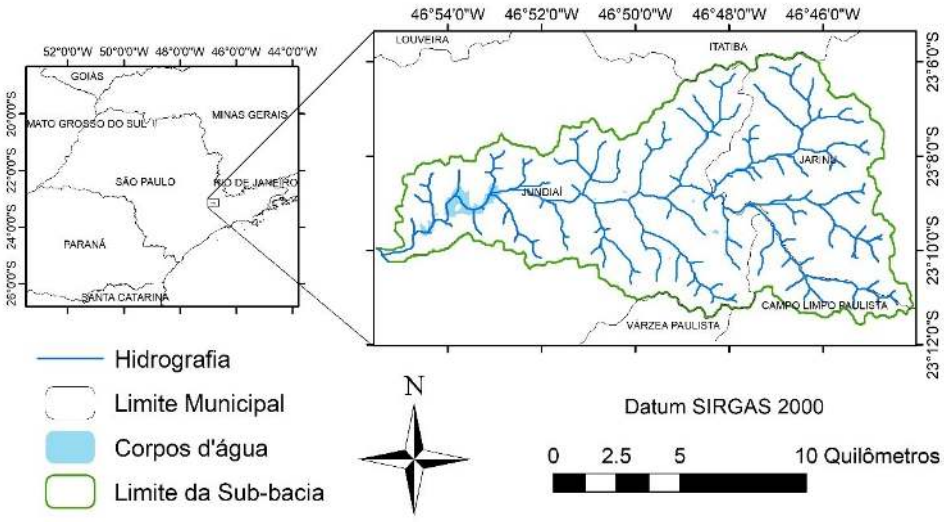
A delimitação das classes foi realizada por meio de classificação supervisionada no programa ArcMap 10.4.1, após a interpretação visual do uso e cobertura. As classes identificadas foram as seguintes: Agricultura, Hidrografia e Áreas Úmidas, Vegetação Nativa Densa, Área Urbana, Solo Exposto, Pastagem e Silvicultura.

Para localizar as APPs foi criado um buffer seguindo a Lei Federal nº. 12.651/12, onde a APP ao redor das nascentes teve um raio de 50 metros e largura de 50 m ao redor das acumulações naturais ou artificiais de água com mais de 1 ha enquanto que nas margens dos cursos d'água ela apresentou largura de 30 metros. Posteriormente esse buffer foi validado a partir da comparação com dados vetorizados do Cadastro Ambiental Rural disponibilizados pelo Sistema Florestal Brasileiro (CAR, 2017).

## Caracterização morfométrica da bacia do Rio Jundiaí-Mirim, SP

A área de estudo (Figura 1) apresentou padrão de drenagem dendrítico e grau de ramificação de 4ª ordem. Considera-se que, quanto mais ramificada for a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem.

**Figura 1. Bacia do Jundiaí-Mirim – SP**




A partir do cálculo da área (A), do perímetro (P) bacia e as quantificações referentes aos cursos d'água ($C_R$ e $C_{CP}$) e do eixo da sub-bacia (C) foi possível obter os demais parâmetros morfométricos, apresentados na Quadro 2.

A análise da forma da bacia dependeu de três parâmetros: índice de circularidade, que neste caso foi de 0,22, fator de forma que foi de 0,29 e coeficiente de compacidade que foi de 2,10. Portanto, após analisar conjuntamente esses parâmetros entendeu-se que a sub-bacia apresenta forma comprida segundo Villela e Mattos (1975).

Segundo Alvarenga et al (2017) e Villela e Mattos (1975), uma bacia com o fator de forma baixo, como o valor encontrado para a sub-bacia em estudo (Quadro 2), é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma distinto. No caso do Ic também quanto mais próximo de 1,0 mais circular é a bacia (ALVARENGA et al, 2017;), assim o Ic encontrado corrobora com uma forma mais próxima da alongada e maior tempo de concentração da água.

A baixa sinuosidade, de 1,2, indicou canais retilíneos na sub-bacia. A carga de sedimentos, a compartimentação litológica, a estruturação geológica e a declividade dos canais, segundo Horton (1945), influenciam a sinuosidade (Is). Quando o Is possui valor próximo a 1,0 os canais apresentam tendência retilínea e tendem a ser tortuosos com valores superiores a 2,0; enquanto que os valores

intermediários indicam formas transicionais (SCHUMM; LICHTY, 1963). O Is encontrado nesse estudo foi muito próximo a 1,0 apontando a tendência retilínea, o que pode implicar em maior velocidade da água, maior carreamento e menor acúmulo de sedimentos no canal principal (LEAL; TONELLO, 2016), indicando menor possibilidade de assoreamento e diminuição da produção de água.

**Quadro 2.** Características morfométricas da bacia do Jundiaí-Mirim, SP

| | **Parâmetro Morfométrico** | | **Valor** |
|---|---|---|---|
| Geometria | Área | A | 108 km² |
| | Perímetro | P | 81,87 km |
| | Comprimento da Bacia | C | 19,1 km |
| | Índice de Sinuosidade | Is | 1,2 km |
| | Fator de Forma | Ff | 0,29 |
| | Índice de Circularidade | Ic | 0,22 |
| | Coeficiente de Compacidade | Kc | 2,10 |
| | Padrão de Drenagem | - | Dendrítico |
| Relevo | Altitude Mínima | $H_{min}$ | 676 m |
| | Altitude Máxima | $H_{max}$ | 942 m |
| | Amplitude Altimétrica | H | 266 m |
| | Declividade Média | D | 10,5% |
| | Razão de Relevo | Rr | 0,014 |
| | Ordem da Bacia | - | 4ª |
| | Número de Canais | n | 55 |
| Rede de Drenagem | Gradiente do Canal Principal | Gc | 6,14 % |
| | Densidade de Drenagem | $D_d$ | 1,42 km km$^{-2}$ |
| | Densidade Hidrográfica | $D_h$ | 0,5 km$^{-2}$ |
| | Coeficiente de Manutenção | Cm | 0,71 km² km$^{-1}$ |
| | Extensão do Percurso Superficial | Eps | 0,7 km km$^{-2}$ |
| | Comprimento do Curso d´água Principal | $C_{CP}$ | 16,3 km |
| | Comprimento Total dos Cursos d'água | $C_R$ | 153,35 km |

A razão de relevo que pode ser classificada em baixa (0 a 0,1), média (0,11 a 0,30) e alta (0,31 a 0,60) (LEAL, TONELLO, 2016), neste caso (0,014) foi considerada baixa. O baixo valor de razão de relevo obtido indica que o rio tem

uma baixa razão entre o componente vertical (amplitude altimétrica) e horizontal (comprimento) e quanto menor o valor menos acidentado é o relevo predominante na região. O gradiente do canal principal foi de 6,14%, apontando baixa declividade no curso d'água principal. Analisando esses dois últimos parâmetros percebeu-se que o canal principal, assim como a sub-bacia, apresenta baixa declividade, o que proporcionou um escoamento superficial mais lento e menor pressão de erosão (ALVARENGA et al, 2017; COUTINHO et al, 2011; ELESBON et al, 2011).

A densidade de drenagem, 1,42 km $km^{-2}$, pode ser considerada como média, pois segundo Villela e Mattos (1975) o valor deste parâmetro varia de 0,5 km/$km^2$, em bacias com baixa drenagem, a 3,5 ou mais, nas bacias excepcionalmente bem drenadas. Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de solos mais permeáveis, possibilitando que a infiltração seja mais eficiente (LEAL, TONELLO, 2016; COUTINHO et al, 2011; ELESBON et al, 2011).

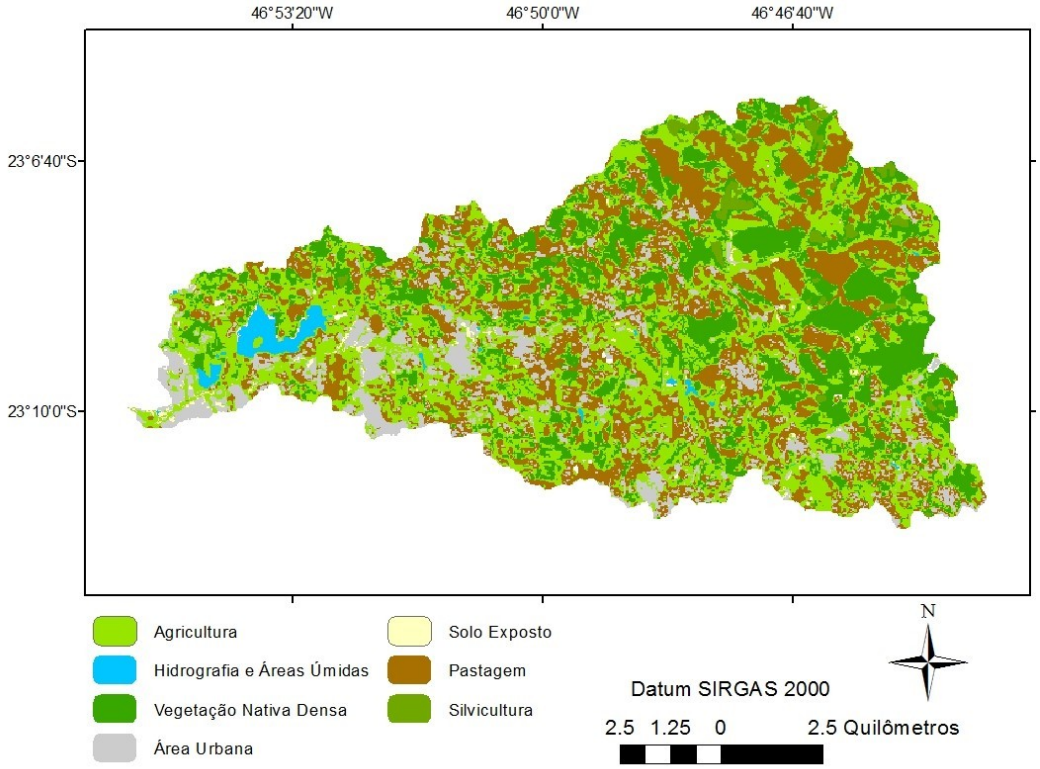
A densidade hidrográfica foi de 0,5 canais $km^{-2}$ e de acordo com o coeficiente de manutenção obtido é preciso, no mínimo, 0,71 $km^2$ para manter um quilômetro de curso d'água. A extensão do percurso superficial, que representa a distância média percorrida pela água da chuva antes de encontrar um curso d'água, foi de 0,7 km, indicando que a bacia possui grande distância de escoamento, o que acarreta em maior tempo de concentração da água (LOREZON et al, 2015; SILVA et al, 2014; COUTINHO et al, 2011; ELESBON et al, 2011), diminuindo assim a tendência de erosão, já que a declividade também é baixa (ALVARENGA et al, 2017; NARDINI et al., 2013).

Com tais resultados, a morfometria indicou que a bacia tem potencial para produção de água, mostrando tendência à conservação e menor escoamento superficial e risco de enxurradas.

## Diagnóstico do uso da terra da bacia e das áreas de preservação permanentes do Rio Jundiaí-Mirim, SP

Quanto ao uso da terra e cobertura da terra há predominância de agricultura (4118 ha, 35%) e pastagem (3295 ha, 28%) na bacia, com grandes remanescentes de vegetação nativa densa (2648 ha, 22%). Há também área urbana (1306 ha, 11%) e em menores quantidades corpos hídricos (175 ha, 1,5%), silvicultura (182 ha, 1,6%) e grandes manchas de solo exposto (126 ha, 1,1%), conforme Figura 2 e Quadro 3.

**Figura 2. Uso da Terra e Cobertura da Terra na Bacia do Jundiaí-Mirim – SP**




As APPs contabilizam cerca de 557 ha e estão sendo principalmente ocupadas por agricultura, seguida de pastagem e vegetação nativa densa.

**Quadro 3. Área, em hectares, ocupada por cada categoria de uso e cobertura da terra da bacia do Jundiaí-Mirim e especificamente nas áreas de preservação permanente (APP)**

| Categoria | Bacia | | APP | |
|---|---|---|---|---|
| | Área (ha) | % | Área (ha) | % |
| Agricultura | 4111,8 | 34,7 | 241,6 | 43,4 |
| Hidrografia e Áreas Úmidas | 175,1 | 1,5 | 0,007 | 0,001 |
| Vegetação Nativa Densa | 2648,7 | 22,4 | 127,6 | 22,9 |
| Área Urbana | 1306,3 | 11,0 | 13,6 | 2,4 |
| Pastagem | 3295,1 | 27,8 | 136,2 | 24,5 |
| Silvicultura | 182,4 | 1,6 | 7,6 | 1,4 |
| Solo Exposto | 125,7 | 1,1 | 30,2 | 5,42 |
| Total | 11845,1 | 100 | 556,8 | 100 |

Com isso verificou-se que, majoritariamente, as APPs estão ocupadas de forma irregular por agricultura, pastagem e solo exposto, expondo o rio à ação acelerada da erosão e degradação ambiental, apesar de, morfometricamente, tal tendência não haver sido favorecida.

## Impactos ambientais observado in situ nas áreas de preservação permanente do Rio Jundiaí-Mirim, SP

Realizou-se em setembro de 2016 visitas de campo aos locais expostos no Quadro 4. Identificou-se impactos negativos nas APPs que corroboram as análises espaciais, que indicavam degradação ambiental.

**Quadro 4. Impactos ambientais observados em pontos das margens do Rio Jundiaí-Mirim, SP**

| Coordenadas geográficas | Caracterização do local | Impactos ambientais observados |
|---|---|---|
| 23°08'46.9"S 46°49'25.6"W (P1) | Canal aberto da transposição fluvial | Presença de espécies exóticas e agressivas. Compactação do solo. |
| 23°08'50.4"S 46°49'56.1"W (P2) | Estrada marginal | Evidência de erosão laminar. Compactação do solo. Escoamento superficial. |
| 23°08'48.5"S 46°51'40.6"W (P5) | | Descarte irregular de resíduos sólidos. Compactação do solo. Escoamento superficial. |
| 23°08'48.6"S 46°51'09.5"W (P3) | Restaurante e parque | Acumulação de sedimentos. Presença de espécies exóticas e agressivas. Presença de solapamento de margem. |
| 23°08'45.2"S 46°52'51.4"W (P4) | Entre a estação de tratamento de água e o reservatório | Acumulação de sedimentos e cor escura da água. |

A ocorrência de evidências de eventos erosivos, contaminação biológica (por espécies vegetais exóticas que não permitem a regeneração da vegetação nativa) (FENGLER; MORAES; RIBEIRO et al, 2015) e indicações de ausência de monitoramento ambiental, como visto na Figura 3.

**Figura 3. Registros fotográficos das visitas aos pontos de observação. Margens degradadas e vegetação exótica (P2), represamento e solapamento de margens (P3), descarte irregular de resíduos sólidos (P4) e acúmulo de sedimentos visíveis (P5).**




Essas evidências mostram que a degradação das APPs na sub-bacia foi um processo desenvolvido temporalmente de forma contínua pela ausência de ações de gestão ambiental da qualidade ambiental das margens fluviais. Isso impactou diretamente na produção de água (TUCCI, 2005) implicando em prejuízos à biodiversidade e ao desenvolvimento humano da região que depende desse manancial.

## Síntese analítica e sugestões de gestão ambiental

Com a verificação de tais impactos ambientais, fazem-se necessárias intervenções de gestão ambiental para regularizar a qualidade ambiental das APPs e, consequentemente, da sub-bacia como um todo e sua produção de água. Foram elencadas as seguintes ações:

- Recuperação da mata ciliar;
- Sinalização das áreas de preservação ambiental e permanente;
- Monitoramento hidrossedimentológico da sub-bacia, principalmente a quantificação de sedimentos e nutrientes na água;
- Monitoramento fluviométrico do rio e do canal aberto;
- Construção de mapas potenciométricos do aquífero para monitoramento da água subterrânea;

- Criação de convênios com cooperativas e catadores de lixo e a criação de formas de denúncia de descarte irregular de resíduos
- Análise da proximidade de nascentes, áreas de recarga de aquífero e do rio à potenciais contaminadores, como postos de gasolina, cemitérios, locais de deposição de resíduos (aterros) ou de transformação (cooperativas e recicladoras) e indústrias.

## Considerações finais

A sub-bacia do Jundiaí-Mirim apresentou características morfométricas propícias a uma alta produção de água, porém, ainda carece de práticas de gestão e conservação ambiental do solo e da vegetação para concretizar seu potencial hídrico e de manutenção das matas ciliares nas APPs. Identificou-se grandes áreas de conflito de uso da terra, quando comparado à legislação, gerando risco de insegurança hídrica.

O procedimento de análise aqui apresentado, que trabalhou conjuntamente os parâmetros fisiográficos (morfométricos) e socioambientais (ocupação da terra), pode servir de diretriz para estudos ambientais dentro do âmbito público para direcionamento de ações de gestão ambiental em bacias hidrográficas, permitindo que sejam feitas, de forma sistêmica e integrada, análises espaciais de suas potencialidades e vulnerabilidades ambientais.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa do Programa de Iniciação Científica (Processo 120521/2016).

## Referências

AGATON, M.; SETIAWAN, Y.; EFFENDI, H. Land use/land cover change detection in an urban watershed: a case study of upper Citarum Watershed, West Java Province, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, v. 33, p. 654 – 660, 2016.

BEGHELLI, F.G.S.; CARVALHO, M.E.K.; PECHE FILHO, A.; MACHADO, F.H.; MOSCHINI-CARLOS V.; POMPÊO, M.L.M.; RIBEIRO, A.I.; MEDEIROS, G.A. Uso do Índice de Estado Trófico e Análise Rápida da Comunidade de Macroinvertebrados como Indicadores da Qualidade Ambiental das Águas na Bacia do Rio Jundiaí-Mirim – SP – BR. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v.19, n.1, p. 13-22, 2015.

BRASIL. Lei Federal Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 196. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Poder Legislativo, Brasília, 28 mai. 2012.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, regu- Brasília a. 49 n. 194 abr./jun. 2012 157 lamenta o inc. XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1o da Lei no 8.001, de 13.03.1990, que modificou a Lei no 7.990, de 29.12.1989. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, 9 jan. 1997.

CAR. *Módulo de Consulta Pública aos dados do Cadastro Ambiental Rural*. Disponível em < http://www.car.gov.br/publico/municipios/downloads >. Acesso a 2 ago. 2017.

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.

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.

EROL, A.; RANDHIR, T. O. Watershed ecosystem modelling of land use impacts on water quality. *Ecological Modelling*, v. 270, p. 54-63, 2013.

FENGLER, F. H.; MORAES, J. F. L.; RIBEIRO, A. I.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M.; MEDEIROS, G. A. Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí-Mirim entre 1972 e 2013. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 4, p. 402-408, 2015.

HORTON, R. E. Drainage basin characteristics. *Transactions-American Geophysical Union*, v. 13, p. 350-361, 1932.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hidrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

LEAL, M. C.; TONELLO, K. C. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da microbacia do córrego Ipaneminha de Baixo, Sorocaba, SP. *Floresta*, v. 46, n. 4, p. 439 - 446, 2016.

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.

MELO, M. C. ; JOHNSSON, R. M. F. O Conceito Emergente de Segurança Hídrica. Sustentare, v. 1, p. 72-92, 2017.

NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; GOMES, L. N. Análise morfométrica e simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma microbacia hidrográfica. *Irriga*, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.

SILVA, C. O. F., MEDEIROS, G. A. Cálculo da Compensação Ambiental de uma Transposição Fluvial em Jundiaí/SP utilizando Análise De Paisagem. In: 29º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2017, São Paulo. *Anais do 29º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)*. São Paulo, 2017. VI-089.

SILVA, C.A.; MARQUES, C.; MAGALHÃES, A.J. Caracterização morfométrica da bacia do rio Maquiné-Borda Leste do Quadrilátero Ferrífero/MG. Geonorte, edição especial 4, v.10, n.1, p.217-221, 2014.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorpholpgy. *Transactions/American Geophysical Union*, v. 38, p. 913-920, 1957.

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. *Revista Árvore*, v. 4, n. 8, p. 156-168, 2006.

TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento institucional dos recursos hídricos no Brasil. *Revista de Gestão de Água da América Latina*. Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 81- 93, 2005.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. *Revista USP*, São Paulo, n. 70, p. 24-35, 2006.

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

## Sobre os autores

*Cesar de Oliveira Ferreira Silva*: mestrando em irrigação e drenagem pela Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP e engenheiro ambiental pelo Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba/UNESP.

*Gerson Araujo de Medeiros*: Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), campus Sorocaba. Doutor, Mestre e Graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

* * *

ABSTRACT

### Environmental and morphometric evaluation of the Jundiaí-Mirim river basin: diagnosis and subsidies for environmental management

Water is fundamental for environmental preservation, maintenance of biodiversity and human well-being, making it essential for sustainable development. Thus, the analysis and planning of land use and occupation must be made through the analysis of water availability and safety, making it necessary to use as spatial unit of study the watershed. The present research evaluated the morphometry and land use and occupation of Jundiaí-Mirim river basin, in São Paulo, and more specifically in its permanent preservation area (PPA). We use geoprocessing and remote sensing techniques and field work to verify the spatial analyzes. It was verified that the morphometry indicates that the watershed has potential for water production, showing a tendency for conservation and less surface runoff and risk of flooding, but there is irregular occupation in more than 80% of APP and negative environmental impacts have been identified, that harms the environmental quality of the PDAs. Environmental management interventions are required to ensure that the watershed's water production potential be realized.

**KEYWORDS:** geographic information systems, morphometry, water resources, environmental impacts, river basin.

RESUMEN

### Evaluación ambiental y morfométrica de la cuenca del río Jundiaí-Mirim: diagnósticos y subsidios para gestión ambiental

El agua es fundamental para la preservación del medio ambiente, el mantenimiento de la biodiversidad y el bienestar humano, por lo que es esencial para el desarrollo sostenible. Así, el análisis y planificación del uso y ocupación de la tierra debe pasar por el análisis de la disponibilidad y seguridad hídrica, haciéndose necesario utilizar como unidad espacial de estudio la cuenca hidrográfica. El presente trabajo evaluó la morfometría y uso y ocupación del suelo en la cuenca del Río Jundiaí-Mirim, en São Paulo, y más específicamente en su área de preservación permanente (APP), utilizando técnicas de geoprocesamiento, percepción remota y visitas de campo que verificasen los análisis espaciales. Se ha comprobado que la morfometría indica que la cuenca tiene potencial para la producción de agua, mostrando tendencia a la conservación y menor escurrimiento superficial y riesgo de oleadas, pero hay ocupación irregular en más del 80% de la APP y se identificaron impactos ambientales negativos que perjudican la calidad ambiental de las APP. Se hace necesario intervenciones de gestión ambiental para que la potencialidad de producción de agua de la cuenca sea concretada.

**PALABRAS CLAVE:** sistemas de información geográfica, morfometría, recursos hídricos, impactos ambientales, cuenca hidrográfica.