

Impacto dos fatores topográficos e do uso e cobertura da terra na qualidade das águas da bacia do córrego da Roseira, Jundiaí, São Paulo – Brasil

Impact of topographical factors and the land use and cover in the water quality of the basin of the Roseira stream, Jundiaí, São Paulo - Brazil

Erik de Lima Andrade*, Carol Christina de Faria*, Lauro Pessoa Maia Júnior*, Bruno Yuji Takikawa*, Márcia Pereira da Silva Manoel*, Admilson Írio Ribeiro*, Gerson Araujo de Medeiros*

* Universidade Estadual Paulista – UNESP, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, eng.erik@hotmail.com, carolchristina@gmail.com, lauropmj@gmail.com, bruno.takikawa@gmail.com, marciapsgeobach@hotmail.com, admilson.irio@unesp.br, gerson.medeiros@unesp.br

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v51i0.70081>

Resumo

As diferentes formas de uso e cobertura da terra aliadas à topografia de uma bacia modulam a ocorrência e a extensão dos processos erosivos que atuam em áreas fornecedoras de água. A presente pesquisa teve como objetivo estudar a influência dos fatores topográficos (declividade e altimetria) aliada ao uso e cobertura da terra na taxa de turbidez da Bacia do Córrego da Roseira, uma sub-bacia pertencente à Bacia do Rio Jundiaí-Mirim, no Estado de São Paulo. Os resultados obtidos indicam que, de modo geral, a maioria dos pontos de amostragem apresenta índices de turbidez acima do estipulado em lei para águas de Classe I, sendo as áreas mais a jusante da sub-bacia os locais mais críticos em relação a esse parâmetro. Os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) e de determinação (R^2) obtidos demonstraram uma correlação negativa entre turbidez versus declividade ($R^2 = 0,52$). Conclui-se que urbanização desordenada nas partes mais planas da bacia constitui fator determinante dos níveis de turbidez observados, apesar das condições naturais da bacia, relacionadas à topografia e cobertura florestal, indicarem um cenário de restrição à formação do escoamento superficial e arraste de sedimentos.

Palavras-chave: declividade; altimetria; turbidez; coeficiente de correlação de Pearson.

Abstract

The different forms of land use and cover, combined with the topography of a basin, modulate the occurrence and extent of erosion in water supply areas. This study aimed to examine the influence of topographic factors (slope and altimetry), combined with land use and land cover, on the turbidity of the Roseira Stream Basin, a sub-basin in the Jundiaí-Mirim River Basin, in the State of Sao Paulo, Brazil. According to the results, in general, most of the sampling points presented turbidity indexes above that stipulated in the law for Class I rivers, with the most downstream areas of the sub-basin

being the most critical places with respect to this parameter. Pearson's linear correlation coefficients (r) and determination (R^2) showed a negative correlation between turbidity and slope ($R^2 = 0.52$). We concluded that disorderly urbanization in the flatter parts of the basin is a determining factor for the observed turbidity levels, despite the natural conditions of the basin in terms of topography and forest cover, indicating a restriction to the formation of runoff and sediment dragging.

Keywords: slope; altimetry; turbidity; Pearson correlation coefficient.

I. INTRODUÇÃO

O acesso à água potável é muito importante para o homem, visto que este recurso está diretamente associado à manutenção da qualidade de vida e, conseqüentemente, ligado ao equilíbrio da saúde pública e da economia. Contudo, desde a segunda metade do século XX, tem sido possível observar o aumento da taxa de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, devido à intensificação do crescimento populacional, aliada à ocupação desordenada da terra (DEMIRAK et al., 2006; BLAKENEY; MARSHALL, 2009; DE LIMA et al., 2018). Dessa forma, pode-se dizer que as propriedades físico-químicas e biológicas da água são afetadas tanto por fenômenos naturais (ex.: precipitação atmosférica, escoamento superficial e taxa de infiltração no solo), quanto pelo uso e cobertura da terra numa bacia hidrográfica (BERLANDA et al., 2018).

O modo como a terra é ocupada reflete, de certa forma, o cenário socioeconômico-cultural de uma dada região, portanto, esse contexto pode modular a extensão do impacto causado pelo homem nas áreas de bacia. Em zonas urbanas, por exemplo, as atividades domésticas e industriais, geradoras de poluentes de origem orgânica, química e bacteriológica interferem na qualidade das águas que recebem estas substâncias (GROMAIRE-MERTZ et al., 1999; ABDALLA; KHALIL, 2018). Já nas áreas rurais, as fontes poluidoras que contribuem para a redução da qualidade dos corpos hídricos são oriundas das práticas agropecuárias não sustentáveis (PUCKETT, 1995) e do esgoto doméstico sem tratamento proveniente dessas regiões (XIAO-JING et al., 2011; SONG et al., 2018).

A interferência das diferentes formas de uso do solo nas encostas associada aos processos erosivos que circundam as áreas de bacia hidrográfica pode explicar a origem dos sedimentos em suspensão carregados pelo rio (sedimentação fluvial) (VAN OOST et al., 2000; SPÖRL; ROSS, 2004). Esse material pode ser considerado poluente, pois afeta a potabilidade da água ao atuar como catalisador, carreador ou agente fixador de outros poluentes ainda mais perigosos (FÖRSTNER; WESTRICH, 2005). A presença desses sedimentos na água também contribui para o aumento da turbidez e, conseqüentemente, para a redução da entrada de luz e calor na coluna

d'água, culminando na diminuição da população de organismos fotossintetizantes e de peixes. Além de afetar os múltiplos usos da água, os sedimentos que se depositam junto ao substrato do corpo hídrico podem favorecer os processos de enchentes fluviais, ao diminuir a vazão e a profundidade da bacia.

A qualidade da água pode ser avaliada através de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Entretanto, do ponto de vista dos processos erosivos superficiais ou de canal fluvial, dois parâmetros são afetados de forma mais específica, que são a cor e turbidez, também considerados alguns dos principais parâmetros de caracterização física da água (CAMPOS et al., 2016). A turbidez é um parâmetro físico utilizado para indicar a redução da transparência da água, devido a presença de matéria em suspensão. Essas partículas têm conformação e tamanhos diferentes entre si (0,01 a 100 microns) e possuem origem na degradação mecânica, ou na transformação bioquímica de materiais de diferentes origens, como o silte, argila, sílica, colóides, matéria orgânica e inorgânica. De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, para mananciais de abastecimento público Classe I, o limite de turbidez é de 40 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) (BRASIL, 2005).

A topografia de uma bacia é uma variável igualmente importante, pois reflete a vulnerabilidade do corpo hídrico frente aos fatores naturais e antrópicos que atuam nele e que, conseqüentemente, podem impactar na qualidade das águas e impossibilitar seu uso para o abastecimento (MERTEN; MINELLA, 2002; DE ARAÚJO et al., 2009; ROMERO et al., 2017). O fator declividade, por exemplo, é determinante na modulação do escoamento superficial (RODRIGO-COMINO et al., 2016); portanto, quanto maior a inclinação de uma dada área, mais rapidamente a energia potencial das águas transforma-se em energia cinética, e maior é a velocidade das massas e sua capacidade de transportar sedimentos (CREPANI et al., 2001). Entretanto, a eficiência do carregamento de partículas pela água também dependerá das características físico-químicas intrínsecas do solo, bem como de suas condições de formação (pedogênese). Além disso, a redução da cobertura vegetal para a prática de atividades agrícolas ou o aumento da impermeabilização do solo para a edificação de obras arquitetônicas também contribuem significativamente para o escoamento superficial (XU; ZHENGHUI, 2003; GONÇALVES; NUCCI, 2017).

Tendo em vista esse contexto, a reunião de informações resultantes da caracterização e avaliação do risco de degradação da Bacia Hidrográfica do Córrego da Roseira - Jundiáí-SP (BH-CR) possibilita a formação de um banco de dados que reproduz com maior proximidade a realidade desse sistema ambiental. Os diferentes planos de informação, tais como: uso e cobertura da terra, coeficientes topográficos, turbidez, análise de paisagem em ambiente computacional auxiliados por Sistemas de Informações Geográficas (SIG) podem ajudar

a diagnosticar áreas mais vulneráveis, que mereçam ações imediatas e prioritárias para recuperação em relação à bacia. Além disso, esses dados também são extremamente importantes para orientação dos processos subsequentes, que visam à mitigação dos problemas previamente diagnosticados no corpo hídrico estudado.

Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo estudar a influência dos fatores topográficos (declividade e altimetria) associados ao uso e cobertura da terra sobre a taxa de turbidez da BH-CR. Para tanto, coletas realizadas *in loco* foram executadas para a obtenção dos índices de turbidez em laboratório, e técnicas de geoprocessamento (SIG) foram empregadas para o estudo dos fatores topográficos e da ocupação e uso da terra.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim (BH-JM) situa-se na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 05 (UGRHI 05), que abrange os Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Estado de São Paulo) e está estratificada em 18 Sub-Bacias, sendo a BH-CR uma destas (Figura 1). Essa bacia tem uma área de 9,59 km², um perímetro de 15,81 km e sua densidade de drenagem corresponde a 4,3 km/km². A declividade média da bacia é de 22% e a do rio principal de 1,42%, o qual possui um comprimento de 9,48 km. Segundo metodologia descrita por Horton (1945), a BH-CR pode ser classificada como de 3ª ordem. A porcentagem da área da BH-CR em relação a BH-JM é de 8%.

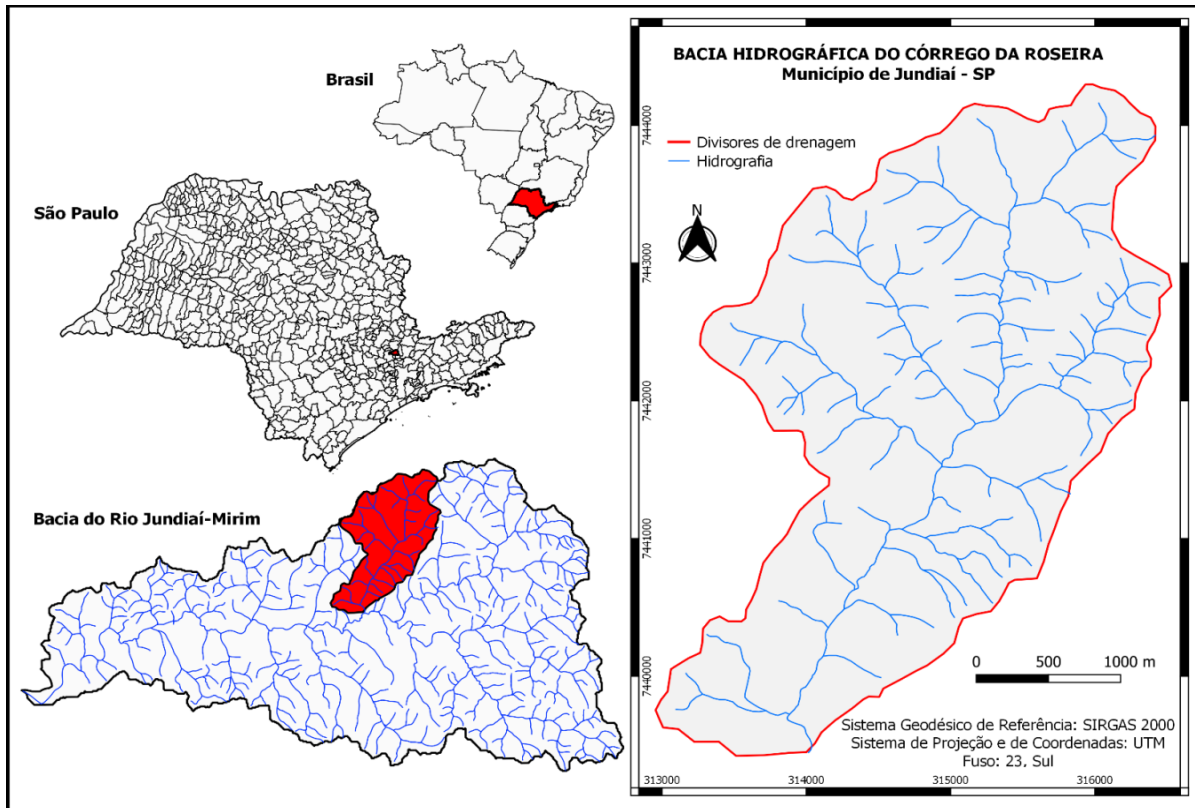


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego da Roseira. Fonte: Autoria própria (2019).

A BH-CR possui águas de Classe I, de acordo com a Resolução CONAMA n. 357 de 2005 (BRASIL, 2005) e o Decreto Estadual nº 24.839/86 (SÃO PAULO, 1986).

Entre os tipos de uso da terra que favorecem a perda do solo, destacam-se na área a ocorrência de loteamentos, atividades de mineração (extração de folheto argiloso, caulim, tungstênio e granito) e atividades agropecuárias (silvicultura, fruticultura de clima temperado e pastagens para fins pecuários) (FENGLER et al., 2015). Em relação ao tipo de solo predominante na região, conforme a Figura 2, destacam-se os Cambissolos e os Solos Litólicos. O Cambissolo do tipo Distrófico é o mais frequentemente observado nesta área (81%). Esta classe de solo caracteriza-se por apresentar grau moderado e textura média ou argilosa, conforme expõe o Diagnóstico Agroambiental para gestão e monitoramento da BH-JM, elaborado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) no ano de 2016. Essas características, quando associadas ao relevo forte ondulado ou montanhoso (declividade superior a 12%) e altitude acentuada acima de 780 m da BH-CR (Figura 2), favorece os processos erosivos locais (BATALHA, 2006).

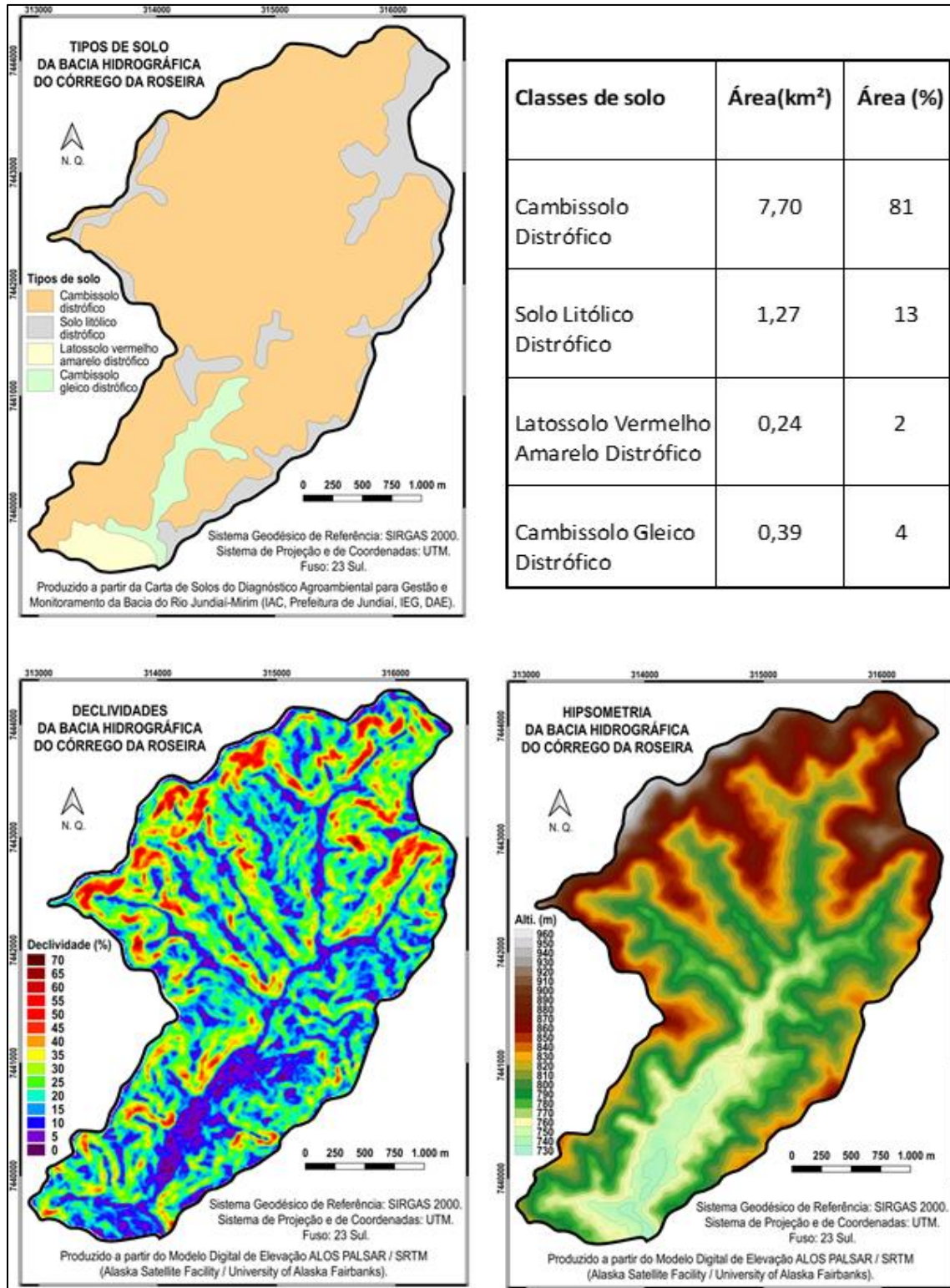


Figura 2 – Distribuição das classes de solo com áreas em km² e %, declividade (%) e hipsometria (m) na Bacia Hidrográfica do Córrego da Roseira. Fonte: Autoria própria (2019).

Determinação das feições da BH-CR

A delimitação da BH-CR e a definição do traçado de sua rede de drenagem foram determinadas a partir da interpretação de um mosaico, composto por quatro cartas topográficas, elaboradas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo, na escala de 1:10.000 (SF-23-Y-C-III-1-NE-A; SF-23-Y-C-III-1-NE-B; SF-23-Y-C-III-1-NE-E; SF-23-Y-C-III-1-NE-F). O acesso remoto ao mosaico de cartas ocorreu por meio do protocolo padrão *Web Map Service* (WMS), a partir da conexão ao link disponibilizado no sítio do Projeto DataGEO, integrante da Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo (2013). O aplicativo de geoprocessamento QGIS 3.4 (OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION, 2018) foi empregado para o acesso aos dados, digitalização das feições da bacia e para todos os demais procedimentos relacionados ao tratamento dos dados espaciais.

As classes de solo foram determinadas com base no Diagnóstico Agroambiental para gestão e monitoramento da BH-JM, elaborado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (MORAES et al., 2016). Dessa forma, foi utilizado o mapa pedológico semidetalhado na escala 1:20.000, no formato PDF, sendo o mesmo georreferenciado para o sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000 UTM 23 Sul. Posteriormente, extraiu-se a máscara da imagem para a BH-CR e, em seguida, foram vetorizadas as feições pedológicas da imagem utilizada. O passo seguinte consistiu no cálculo das áreas em quilômetros quadrados (km²) e porcentagem (%), utilizando-se da calculadora raster do SIG QGIS.

Obtenção e tratamento dos dados altimétricos

Os dados altimétricos referentes à área de estudo foram obtidos a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) ALOS PALSAR, com 12,5 metros de resolução espacial (ALASKA SATELLITE FACILITY, 2018). Com base nesse modelo, foram calculados os parâmetros amplitude altimétrica, altitude média e declividade média; bem como foram elaborados os mapas de hipsometria e declividade.

O mapa hipsométrico foi gerado a partir do recorte do referido modelo pelo polígono que delimita a área da bacia hidrográfica. Atribuiu-se ao MDE a rampa de cores “wiki-schwarzwald-cont” (adequada à representação de dados topográficos), disponível no catálogo de gradiente de cores “cpt-city”, do QGIS. Adicionalmente, foram inseridas curvas de nível com a equidistância vertical de 10 m, para contribuir com a identificação dos limites entre as classes de valores indicadas na legenda.

O mapa de declividades fez uso do mesmo arquivo empregado na elaboração do mapa hipsométrico. Utilizou-se a ferramenta “Declive” (GDAL), da “Caixa de Ferramentas de Processamento” do QGIS, para obter-se o valor da porcentagem de inclinação do terreno, em cada pixel do modelo. Aplicou-se ao resultado a rampa de cores “visspec” (catálogo “cpt-city”), que contempla todas as cores do espectro visível, de modo a fornecer o maior contraste possível aos diferentes valores de declividade representados no mapa.

Mapeamento das classes de uso e cobertura da terra

O mapeamento das classes de uso e cobertura da terra foi realizado manualmente a partir da interpretação visual da imagem de satélite atualmente disponível na plataforma Bing Maps, obtida no ano de 2018 (BING MAPS, 2018). Seu acesso foi mediado pela ferramenta XYZ Tiles, do aplicativo QGIS 3.4. A definição da tipologia das classes de uso e cobertura da terra foi adaptada a partir da classificação proposta no “Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística” (IBGE, 2013), resultando nas seguintes classes: Área Florestal, Silvicultura, Culturas Temporárias, Pastagens, Corpos d’água, Área Urbanizada e Áreas Degradadas. Os parâmetros anteriormente descritos foram devidamente tabulados, objetivando a realização de uma análise comparativa entre os dados.

Definição dos pontos de coleta de água

A determinação da localização dos pontos de registro dos valores de turbidez foi realizada com o uso do aplicativo para smartphones C7 GPS Dados, desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Maria (2014). Uma vez inseridos os pontos de registro na base cartográfica, foram delimitadas as microbacias referentes a cada ponto. Sete pontos de interesse foram escolhidos ao longo do córrego, sendo 5 pontos (P.1 ao P.5) dentro da BH-CR, de montante para jusante, e os pontos denominados Montante e Jusante tratam-se de locais de amostragem no rio Jundiá-Mirim, antes e após a confluência com o Córrego da Roseira, respectivamente. A Figura 3 mostra a localização dos pontos de coleta na BH-CR.

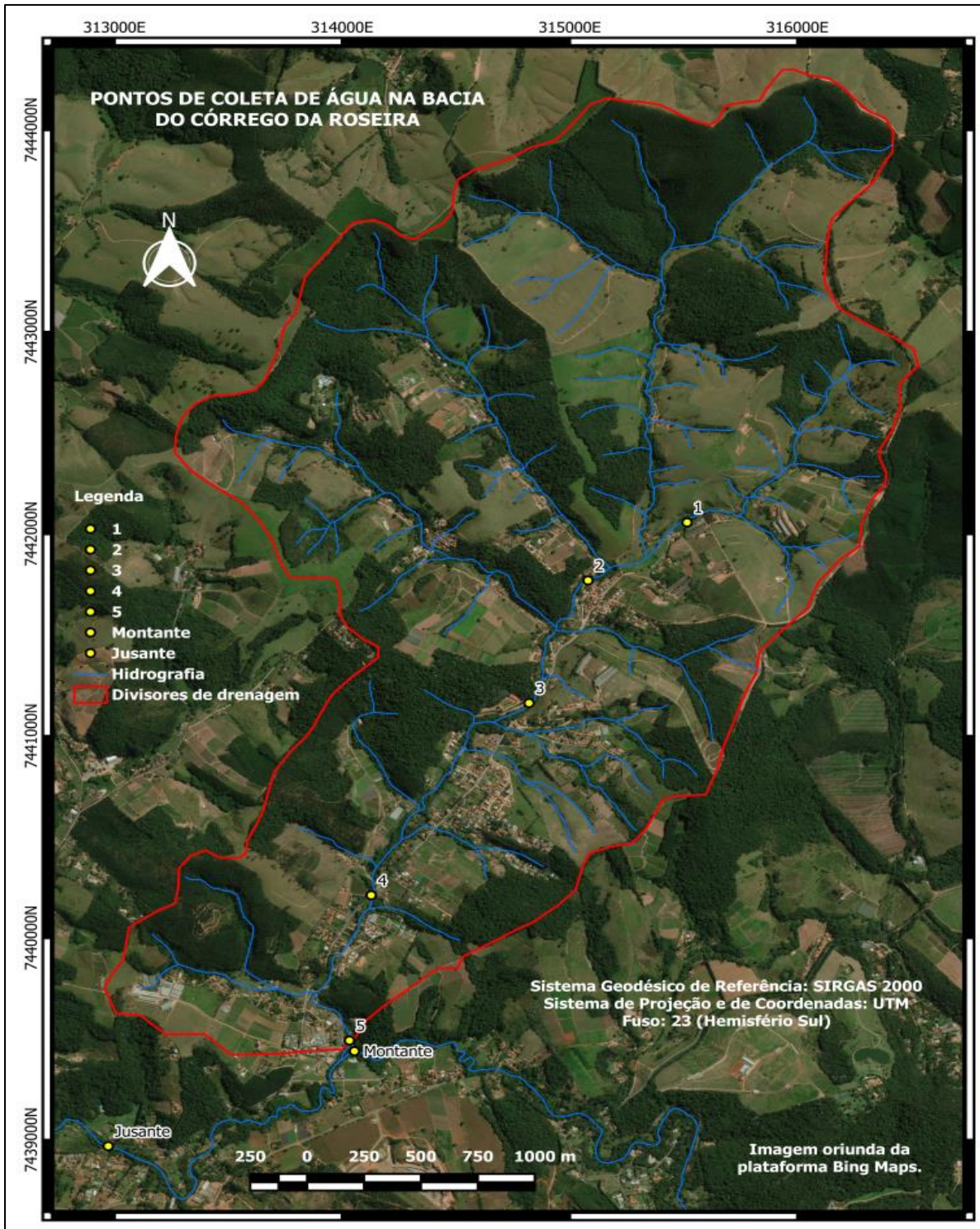


Figura 3 – Mapa dos pontos de coleta na Bacia Hidrográfica do Córrego da Roseira. Fonte: Autoria própria (2019).

Análises de turbidez

As amostras foram analisadas no Laboratório de Água e Solos da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Instituto de Ciência e Tecnologia da UNESP, campus Sorocaba-SP, por meio de turbidímetro portátil.

Determinação do Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r) e Coeficiente de Determinação (R²)

Correlação refere-se à relação entre duas variáveis, sendo uma medida de associação linear, em que é avaliada a direção e força da relação linear entre duas variáveis quantitativas, sendo apresentada como r (JUPP, 2006).

O coeficiente de correlação linear de Pearson (r) pode variar de -1 a 1, sendo que valores positivos indicam que a relação é positiva, enquanto que valores negativos representam relação negativa entre os valores. Assim, quando o valor de r é 1 ou -1 tem-se uma relação perfeita, seja positiva (diretamente proporcional) ou negativa (inversamente proporcional). Já uma correlação de valor igual ou próximo a zero representa uma relação difusa, ou seja, não há relação linear entre as variáveis (HAIG, 2007). O cálculo do coeficiente de correlação se dá através da Equação 1:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Coeficiente de Determinação (R²) é uma medida da proporção da variabilidade, na qual uma variável é explicada pela variação da outra. Este cálculo é realizado através do quadrado do coeficiente da Correlação de Pearson e pode variar de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, menor é a dispersão do conjunto de dados amostrais, ou seja, mais perfeita é a correlação (GUJARATI; PORTER, 2011).

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos pontos de coleta e associação com a taxa de turbidez

Na Tabela 1, é possível observar os índices de turbidez para os 7 pontos de coleta.

Tabela 1 – Parâmetro físico da água (turbidez)

Ponto	CONAMA 357/2005	Turbidez (UNT)
P.1		7,4
P.2		12,4
P.3		170,0
P.4		12,6
P.5	Até 40 UNT	439,0
Montante		81,8
Jusante		63,6
DP		155,1
CV		243,8
Média		63,6

DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação; UNT: Unidade Nefelométrica de Turbidez. Fonte: Autoria própria (2018).

De acordo com a Tabela 1, é possível observar que as taxas de turbidez para P.1 e P.2 estavam abaixo do limite estipulado na Resolução CONAMA 357/05 para rios Classe I, de 40 UNT. Esse melhor desempenho pode estar associado à posição geográfica desses pontos (montante) e pela presença significativa de cobertura vegetal (florestas e pastagens), além de áreas urbanas pouco desenvolvidas. Em P.3, a turbidez obtida para esse local atingiu 170,0 UNT; portanto, 4,2 vezes acima do limite estabelecido para rios Classe I e cerca de 13 vezes acima da concentração em P.2. Essa variação de P2 para P3 pode ser atribuída à supressão da mata ciliar adjacente ao corpo hídrico, com conseqüente solapamento de margens e assoreamento de estruturas de contenção do escoamento superficial. Assim, em dias chuvosos, como no dia da coleta, sedimentos podem ter convergido para o curso d'água, provenientes da via de acesso e do talude adjacentes. Por fim, a presença de canos de esgoto, observada no entorno de P.3, oriundos do comércio local e assentamentos irregulares, lançavam efluentes diretamente no rio, introduzindo sedimentos e, provavelmente, matéria orgânica e outras substâncias que, conseqüentemente, aumentaram a turbidez naquele local. Portanto, além do uso e cobertura

da terra, questões sociais e de gestão do espaço territorial podem contribuir para o agravamento da taxa de sedimentação do corpo d'água.

O local P.4 apresentou um índice de turbidez de 12,6 UNT, próximo àquele observado em P.2 e condizente com aquele esperado para rios Classe I, conforme a Resolução COMAMA 357/2005. Essa melhora na turbidez pode estar relacionada ao deságue de afluentes de microbacias florestadas, observados na Figura 1, demonstrando a interação e variabilidade espacial desse parâmetro de qualidade da água. Todavia, no P.5 a taxa de turbidez atingiu o máximo de 439,0 UNT, apesar de extensa área com cobertura vegetal. Este alto índice pode ter origem alóctone, ou seja, os sedimentos presentes neste ponto devem ser provenientes de regiões vizinhas, que desenvolvem atividades geradoras de sedimentos, como a construção civil e solo exposto, uma realidade descrita em toda a bacia do rio Jundiaí Mirim, conforme relatos de De Carli et al. (2018), Silva & Medeiros (2017) e Fengler et al. (2015).

Os pontos denominados “montante” e “jusante” apresentam tecido urbano adjacente bastante desenvolvido e cobertura vegetal suprimida, o que culmina em processos erosivos nas margens do rio dessas regiões. Os índices de turbidez obtidos de 81,8 e 63,6 UNT, respectivamente, para montante e jusante refletem perfeitamente a realidade em termos de uso e cobertura da terra local, além de mostrar que o principal rio da BH-JM está com a qualidade das águas comprometidas, mesmo após a mistura com as águas do Córrego da Roseira.

A maioria dos locais avaliados apresentou turbidez acima do limite estabelecido para águas de Classe I. O tipo de solo predominante na região da bacia (Cambissolo) associado às atividades antrópicas que impactem a vizinhança dos locais de amostragem, como a supressão de mata ciliar, manejo de pastagem agropecuário e a expansão urbana irregular, sem estruturas adequadas de drenagem e saneamento, podem potencializar o transporte de sedimentos para os cursos d'água, como observado principalmente nos pontos que estão mais a jusante da BH-CR.

Machado et al. (2018) avaliaram a turbidez da água ao longo do Rio Jundiaí-Mirim. Os maiores valores médios do índice de turbidez foram observados, durante o período de estiagem, na cabeceira do Rio Jundiaí-Mirim, em Jarinu (29,3 UNT) e na área central da bacia (26,9 UNT), em Jundiaí. Em ambos os locais de amostragem se observou a influência antrópica nas margens e no entorno dos locais de coleta da água, pois na cabeceira se destacava a produção de hortícolas, enquanto na área central da bacia se expressava a expansão

urbana. De Carli et al. (2018) observaram um valor máximo de turbidez (37 UNT) na parte baixa do Rio Jundiáí Mirim, correspondendo a região mais urbanizada dessa bacia.

Influência do uso e cobertura da terra e da topografia nas taxas de turbidez da água

A montante de cada ponto de coleta, foi realizado o zoneamento do solo, de acordo com seu uso e cobertura predominantes, visando analisar a influência do acúmulo das atividades antrópicas na BH-CR (Figura 4).

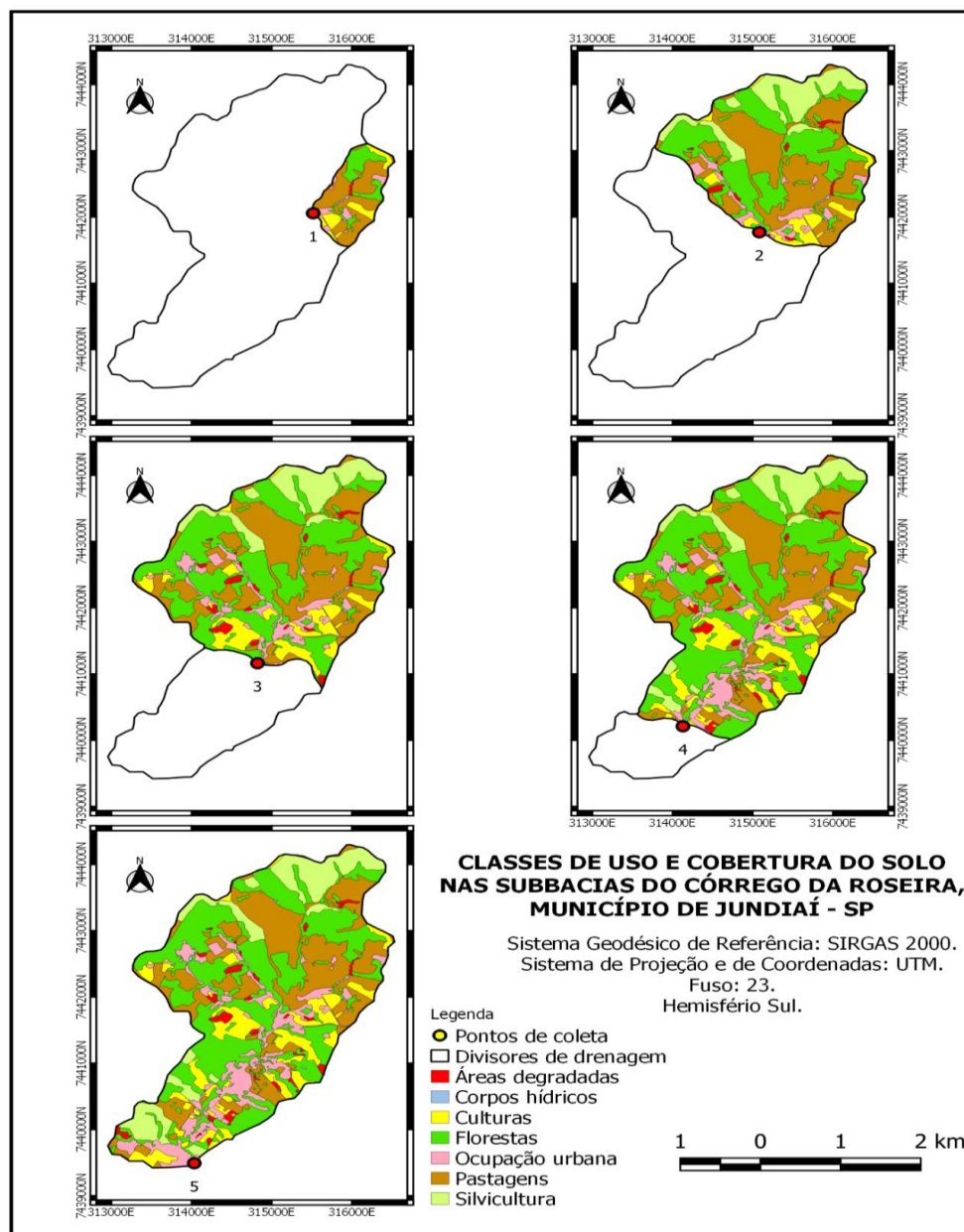


Figura 4 – Acúmulo das influências das zonas do entorno dos pontos de coleta de água na BH-CR. Fonte: Autoria própria (2018).

A zona do P.1 possui área de 90,2 ha, sendo 52,8% desse total ocupada por Pastagem e 22,7% por Floresta Nativa. A amplitude altimétrica nesse ponto é de 143,0 m e as médias de declividade e altitude, respectivamente, de 23,1% e 824,5 m. A zona de P.2, que é representada por toda a área a montante do ponto de coleta de água, incluindo a área de P.1, possui área total de 474,9 ha e apresenta em sua maior parte os usos de Pastagem (37,4%) e Florestas (34,3%). Sua declividade média é de 23,4%, possui altitude média de 841,2 m e amplitude altimétrica de 194,0 m. Assim como em P.2, P.3 (675,1 ha) teve predomínio de Florestas (38,2%) e Pastagem (32,0%) com declividade média de 23,1%, altitude média de 841,2 m e amplitude altimétrica de 202,0 m. A zona de acúmulo do P.4 atinge 852,4 ha (89% da área total da bacia), sendo esta região representada por 39,7% de Floresta (338,5 ha) e 28,0% por Pastagem (238,7 ha). A declividade média desse ponto foi de 22,3%, altitude média de 824,0 m e amplitude altimétrica de 217,0 m. A zona de influência do P.5 representa toda a área da sub-bacia (958,7 ha). A categoria de uso e cobertura da terra mais representativa é Floresta, com 37,4% da área total e Pastagem, com 26,2%. A declividade média da bacia é de 21,7%, altitude média de 819,2 m e amplitude altimétrica de 221,0 m.

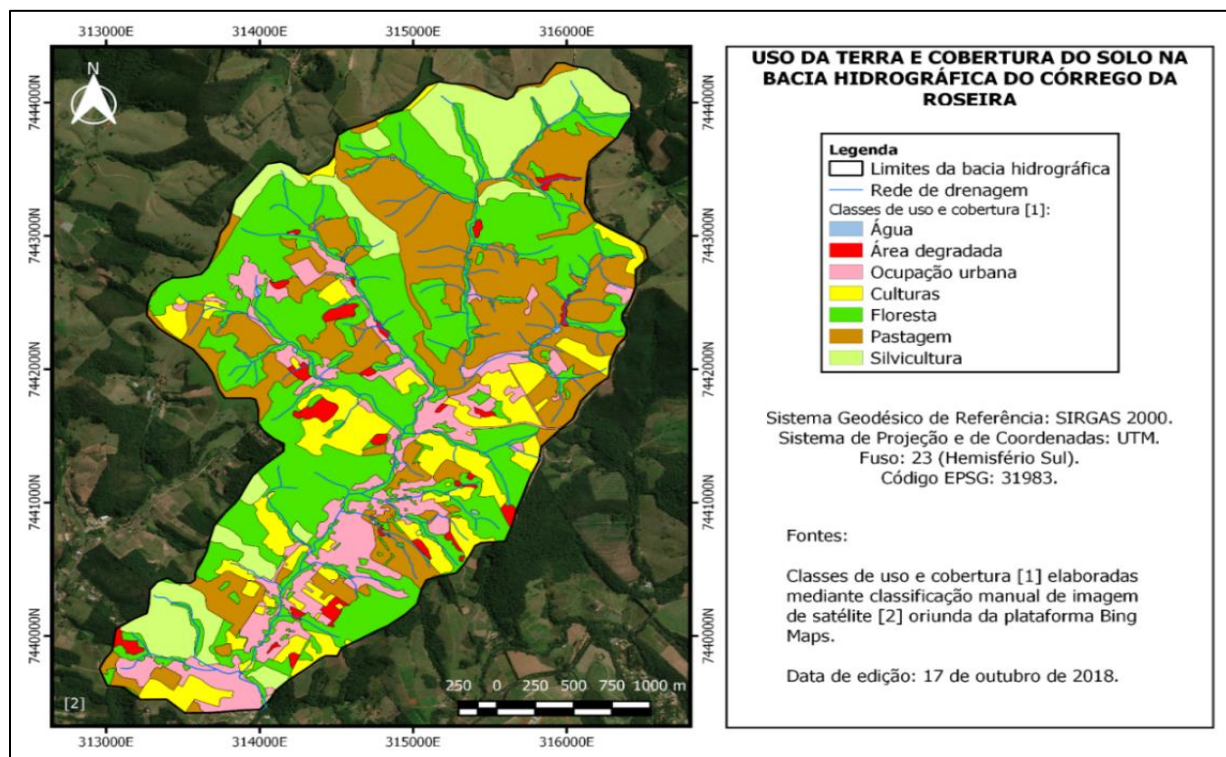


Figura 5 – Uso e cobertura da terra nas Sub-Bacias da área de estudo. Fonte: Autoria própria (2018).

Na Figura 5, pode-se observar que, apesar das áreas degradadas constituírem apenas 2,0% da área total da BH-CR, essa classe de uso apresenta uma expansão de 24,5 vezes, quando se compara a região de montante com a de jusante. A presença de áreas degradadas próximas ao curso d'água também deve ser considerada, pois pode afetar os índices de qualidade da água, como a turbidez (MACHADO et al., 2018). As categorias de Floresta e de Ocupação Urbana apresentaram índices de expansão, respectivamente, de 17,5 e 15,0 vezes.

A partir da análise dos mapas de uso e cobertura da terra, da topografia do terreno e do parâmetro de turbidez na BH-CR, foi possível inferir sobre a vulnerabilidade desse recurso hídrico. A montante da BH-CR, por exemplo, ocorre a distribuição de usos agrossilvipastoris que contribuem para o aumento da turbidez das águas ao longo do curso hídrico principal, pela supressão da mata ciliar. Essa supressão, associada ao relevo mais declivoso, potencializa a erosão hídrica e o processo de arraste dos sedimentos.

A topografia do terreno, associada ao tipo de solo e padrão climático, indica as classes de uso da terra, definindo o tipo mais adequado de ocupação agropecuária e práticas de conservação do solo (MORAES et al., 2003). No caso da região de estudo, observa-se que declividade média ultrapassa 20%, de acordo com classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1979). Essa declividade, associada ao tipo de solo, levaram à classificação em classes de capacidade de uso das terras da bacia do Córrego Roseira como Classe VII e VIII por Moraes et al. (2003). As terras de Classe VII abrangem praticamente toda a bacia, sendo impróprias para culturas anuais e mesmo para certas culturas protetoras do solo, como pastagens e florestas, pois exigem cuidados especiais conservacionistas (MORAES et al., 2003). As áreas de cabeceira da BH-CR forma classificadas como Classe VIII, de uso mais restritivo que a Classe VII, pois são impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, devendo servir apenas para abrigo e proteção de flora e fauna silvestre (MORAES et al., 2003).

A área de Mata Nativa é o tipo de cobertura mais comum na BH-CR (37,4%), seguido por Pastagem (26,2%). A partir desses dados pode-se inferir que, apesar da degradação da bacia e do nível de turbidez da água estar acima dos limites estipulados, parte considerável da área ainda apresenta vegetação preservada. As regiões próximas a Área de Proteção Permanente (APP) da BH-CR abrigam assentamentos, entretanto, o adensamento populacional se concentra principalmente em locais de menor altimetria e próximas ao leito do rio. O médio curso até a jusante são as regiões que apresentam as maiores taxas de turbidez, resultantes de

atividades domésticas, comerciais, industriais e agrossilvipastoris, que podem oferecer risco aos múltiplos usos da água.

O uso e cobertura da terra, assim como a topografia, possuem influência decisiva na qualidade das águas e responderão por diversos problemas presentes na área de estudo, tornando-os parâmetros essenciais na análise da degradação ambiental em bacias hidrográficas. Na Bacia do Rio Jundiá Mirim, na qual se encontra inserida a BH-CR, trabalhos têm apontado para a degradação da paisagem pelo processo de urbanização e uso agrossilvipastoril, sem práticas conservacionistas, levando à redução de áreas de proteção ambiental (FENGLER et al., 2015), da qualidade desses ambientes de proteção (MARQUES et al., 2021) e de riscos à soberania e segurança dos recursos hídricos (BEGHELLI et al., 2015; DE CARLI et al., 2018; MACHADO et al., 2018).

Influência do uso e cobertura da terra na APP

As APPs da BH-CR totalizam 271,9 ha. Destes, 132,8 ha (48,8%) estão ocupados por Vegetação Nativa, 72,2 ha (26,5%) por Pastagens e 29,4 ha (10,8%) por Ocupação Urbana (Figura 6). Esse quadro mostra um estado de conservação melhor do que aquele observado para a Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá Mirim, na qual mais de 80% da área de APP apresenta ocupação irregular, predominando agricultura (43,4%) e pastagem (24,5%) (SILVA; MEDEIROS, 2017).

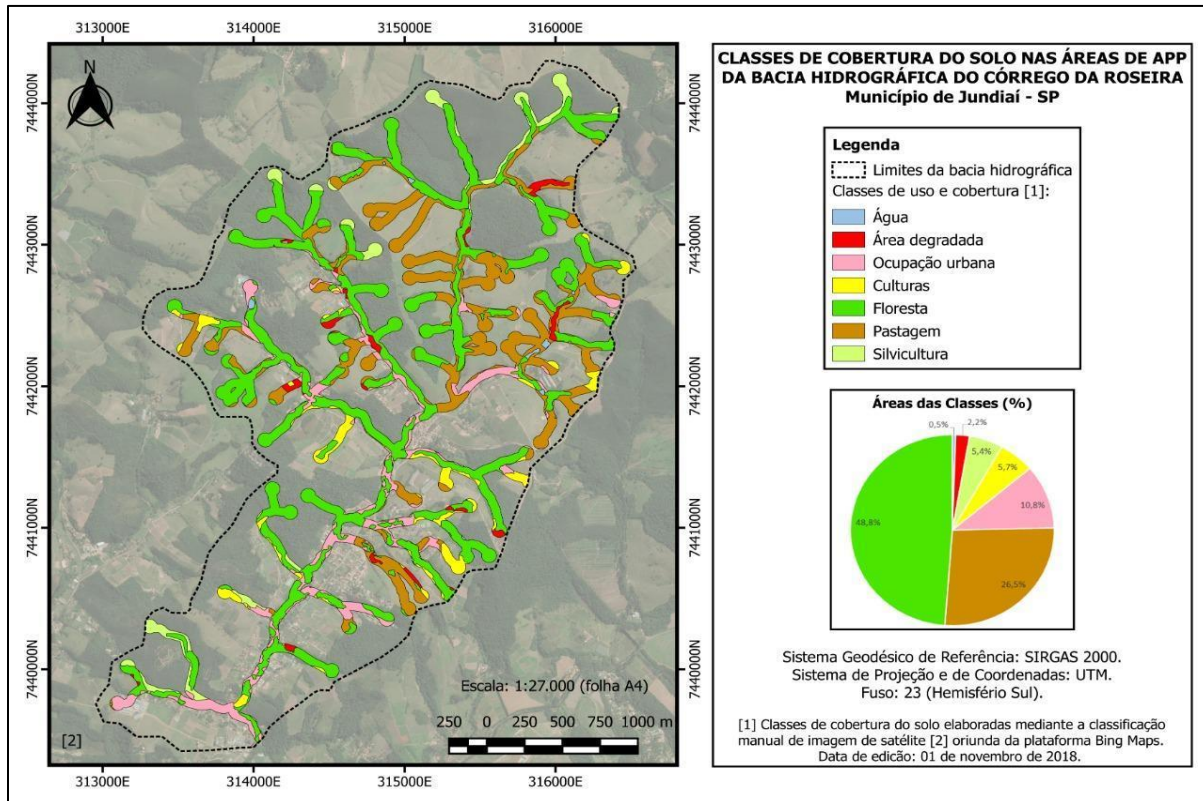


Figura 6 – Uso e cobertura do solo nas áreas de APP da Bacia Hidrográfica do Córrego da Roseira. Fonte: Autoria própria (2018).

O artigo 3º do Código Florestal (BRASIL, 2012) destaca como funções ambientais das APPs: preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Para tanto, se mostra necessária a preservação da qualidade da APP, visto a sua importância na manutenção da qualidade da água, e na proteção de áreas que apresentam risco de erosão ou que servem para recarga do aquífero.

O estudo do uso da terra na APP da bacia revela que quase 50% da área é ocupada por mata nativa, portanto, uma faixa representativa ainda se mantém preservada. O segundo uso predominante (26,5%) corresponde às pastagens que, em sua maioria, apresentam solos compactados, devido ao pisoteio animal. Essa compactação dificulta a infiltração das águas e potencializa o escoamento superficial, contribuindo para o transporte de sedimentos para o interior dos rios (PILON et al., 2017). Entretanto, é a ocupação desordenada urbana (10,8%) que tem trazido grandes preocupações à seara ambiental, pois esta tem forte relação com a queda da qualidade das águas. As diferentes atividades antrópicas dificultam a recuperação ambiental e a depuração natural dos recursos hídricos, devido à produção de grande volume de resíduos (de diferentes

origens) que são vertidos nos corpos d'água sem sofrer, em muitos dos casos, qualquer tratamento prévio. Além disso, a ausência de conscientização ambiental por parte dos moradores locais também contribui para o agravamento do parâmetro turbidez na região estudada.

Topografia versus turbidez

A Tabela 2 apresenta os dados topográficos e de turbidez das sub-bacias dos pontos de coleta.

Tabela 2 – Dados de turbidez e topográficos das sub-bacias da área de estudo

Parâmetro	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5
Turbidez (NTU)	7,4	12,4	170,0	12,6	439,0
Declividade Média (%)	23,1	23,4	23,1	22,3	21,7
Altitude Média (m)	824,5	841,2	833,5	824,0	819,2
Amplitude Altimétrica (m)	143,0	194,0	202,0	217,0	221,0

Fonte: Autoria própria (2018).

É possível verificar que as áreas de maior declividade média se encontram nas regiões de maior altitude média. Relacionando-se os dados de turbidez com as informações topográficas foram calculados o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r) e Coeficiente de Determinação (R^2) da turbidez com a declividade média, altitude média e amplitude altimétrica. Os dados de correlação são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Coeficientes de correlação linear de Pearson e de determinação dos dados topográficos versus turbidez

Correlação	Coeficiente de correlação linear de Pearson (r)	Coeficiente de determinação (R^2)
Turbidez x Declividade	-0,72	0,52
Turbidez x Altitude média	-0,48	0,23
Turbidez x Amplitude altimétrica	0,52	0,27

Fonte: Autoria própria (2018).

De acordo com a classificação qualitativa do coeficiente de correlação proposto por Callegari-Jacques (2003), são classificadas como moderada correlação linear (valores no intervalo $0,30 \leq |r| < 0,60$) as correlações da turbidez com altitude média e amplitude altimétrica. Já a relação com a declividade apresenta forte correlação linear (intervalo $0,60 \leq |r| < 0,90$). Dancey e Reidy (2006) consideram que correlações abaixo de 0,30

são fracas, entre 0,40 e 0,60 são moderadas e acima de 0,70 são fortes, o que reforça as classificações encontradas em Callegari-Jacques (2003).

A relação turbidez versus declividade resultou em um valor de R^2 de 0,52, indicando que 48% da variabilidade da turbidez não pode ser explicada pela variação da declividade. Esse fato também pôde ser verificado nas áreas de maior declividade, ou seja, próximas a montante, que não apresentaram os maiores índices de turbidez. Assim, fica evidente que outros fatores também podem contribuir para o resultado da turbidez obtida.

Nota-se que os maiores índices de turbidez ocorreram nas áreas mais planas da bacia, próximo ao seu exutório, corroborando com a correlação inversamente proporcional entre turbidez e declividade ($r = -0,72$). Nessas áreas, se observou a maior urbanização dessa microbacia. Entretanto, de acordo com Arabameri et al. (2020), utilizando um modelo de análise hierárquico, os resultados indicaram que o declive e a densidade da drenagem influenciam a erosão na área de estudo, aumentando o risco de sedimentação e consequentemente afetando a turbidez dos corpos hídricos. Seidel et al. (2014) observaram situação semelhante a este estudo na Microbacia Arroio Doze Passos, Ouro-SC, onde os pontos de amostragem de água mais à jusante apresentaram maiores índices de turbidez, associados à maior ocupação em áreas planas mais próximas aos corpos d'água. Luiz et al. (2012), em trabalho realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Taquaral, São Mateus do Sul-PR, relatam que áreas do centro em direção a jusante da referida bacia possuem maiores índices de turbidez, associadas ao uso e ocupação de áreas urbanizadas mais planas.

Com isto, é possível inferir que o uso e cobertura da terra, associado à forma de ocupação, refletindo aspectos sociais, constitui fator preponderante na determinação dos níveis de turbidez, principalmente em locais em que o tecido urbano está em franca expansão, como ocorre no entorno da foz da BH-CR.

IV. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados permitiram avaliar a turbidez do Córrego da Roseira e inferir sobre sua relação com o uso do solo e fatores topográficos. Os resultados permitiram concluir que fatores relacionados ao uso do solo na vizinhança dos locais amostrados, como ausência de mata ciliar e ocupação urbana irregular, tiveram mais influência do que fatores relacionados ao relevo e uso do solo, na abrangência territorial da bacia, pois as maiores taxas de turbidez foram observadas nas áreas de médio curso até a jusante, de menor

declividade na BH-CR. Esses resultados reforçam a importância do planejamento territorial e da preservação das matas ciliares em microbacias hidrográficas.

V. REFERÊNCIAS

- ABDALLA, F.; KHALIL, R. Potential effects of groundwater and surface water contamination in an urban area, Qus City, Upper Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, v. 141, p. 164-178, 2018.
- ALASKA SATELLITE FACILITY. Vertex data portal for remotely sensed imagery of the Earth. Fairbanks, 2018. Disponível em: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu>. Acesso em: 31 out. 2018.
- ARABAMERI, A.; TIEFENBACHER, J. P.; BLASCHKE, T.; PRADHAN, B.; TIEN BUI, D. Morphometric Analysis for Soil Erosion Susceptibility Mapping Using Novel GIS-Based Ensemble Model. *Remote Sensing*, v. 12, n. 5, p 874, 2020.
- BERLANDA, A.; MOURA, C. N.; SÁ, E. A. S.; BIFFI, L. J.; BECEGATO, V. A. Dinâmica da alteração da cobertura vegetal e uso da terra com suporte de geotecnologia na Bacia Hidrográfica do Rio Desquite-SC. *Raega - O Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, v. 43, p. 43-56, 2018.
- BING MAPS. Jundiaí - São Paulo. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.bing.com/maps/>. Acesso em: 31 out. 2018.
- BLAKENEY, A. B.; MARSHALL, A. Water quality, healthy, and human occupations. *American Journal of Occupation Therapy*, v. 63, n. 1, p. 46-57, 2009.
- BATALHA, R. M. P. Expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos na bacia do Rio Jundiaí-Mirim. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP.
- BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf. Acesso em: 5 nov. 2018.
- BRASIL. Serviço Florestal Brasileiro. Lei Federal n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal. Brasília: Senado Federal, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 31 nov. 2019.
- BEGHELLI, F.G.S.; CARVALHO, M.E.K.; PECHE FILHO, A.; MACHADO, F.H.; CARLOS, V.M.; POMPÊO, 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, p. 13, 2015.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. *Bioestatística: princípios e aplicações*. Porto Alegre: Artemed, 2003.
- CAMPOS, V.; FERNANDES, A. R. A. C.; MEDEIROS, T. A. M.; ANDRADE, E. L. Physicochemical characterization and evaluation of PGA bioflocculant in coagulation-flocculation and sedimentation processes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 4, n. 4 (Part A), p. 3753-3760, 2016.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-8454-RPQ/722). p. 103, 2001.

- DANCEY, C. P.; REIDY, J. Estatística sem matemática para psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- DAE Jundiaí – Departamento de Água e Esgoto de Jundiaí, Disponível em: <http://daejundiai.com.br/mananciais/>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- DE ARAÚJO, LINCOLN ELOI et al. Bacias hidrográficas e impactos ambientais. *Qualitas Revista Eletrônica*, v. 8, n. 1, 2009.
- DE-CARLI, B.P.; SOUZA, SOUSA, J.C.; PAIXÃO, J.A.; SHOEGIMA, T.F.; ROMERO-BARREIRO, M.P.; DUTRA, A.C.; MEDEIROS, G.A.; RIBEIRO, A.I.; BRESSANE, A. Relationship between land use and water quality in a subtropical river basin. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 7, p. 245-261, 2018.
- DE LIMA, G. N.; LOMBARDO, M. A.; MAGÃNA, V. Urban water supply and the changes in the precipitation patterns in the metropolitan area of São Paulo – Brazil. *Applied Geography*, v. 94, p. 223-229, 2018.
- DEMIRAK, A.; YILMAZ, F.; TUNA, AL, OZDEMIR, N. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. *Chemosphere*, v. 63, n. 9, p. 1451-1458, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10, 1979, Rio de Janeiro: Súmula... Rio de Janeiro, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).
- 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.
- MORAES, J. F. L.; CARVALHO, Y. M. C.; PECHE FILHO, A. Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do rio Jundiaí-Mirim. Relatório Final. Processo Fapesp, v. 98, p. 14181-5, 2016. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/jndmirim/novaversao/relatorios/final/relatoriofinal.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2021.
- FÖRSTNER, U.; WESTRICH, B. Sediment dynamics and pollutant mobility in river basins. *Journal of Soils and Sediments*, v. 5, n. 3, p. 134-138, 2005.
- GONÇALVES, F. T.; NUCCI, J. C. Sistemas de drenagem sustentável (suds): propostas para a bacia do rio Juvevê, Curitiba-PR. *Raega - O Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, v. 42, p. 192-209, 2017.
- GROMAIRE-MERTZ, M.C.; GARNAUD, S.; GONZALEZ, A.; CHEBBO, G. Characterisation of urban runoff pollution in Paris. *Water Science and Technology*, v. 39, n. 2, p. 1-8, 1999.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. *Econometria básica*. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- HAIG, B. D. Spurious correlation. In: SALKIND, N. J. (Ed.). *Encyclopedia of Measurement and Statistics*. Thousand Oaks: Sage, 2007. P. 938-941.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of American Bulletin*, v. 56, p. 275-370, 1945.
- INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS AMBIENTAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO. IGC - Cartas Topográficas 1:10.000. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://data.geo.ambiente.sp.gov.br/web/guest/inicio>. Acesso em: 01 nov. 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual Técnico de Uso da Terra*. 3. ed. Rio de Janeiro:

- IBGE, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2018.
- JUPP, V. The Sage Dictionary of Social Research Methods. London: Sage, 2006.
- LUÍZ, A. M. E.; PINTO, M.L.C.; SCHEFFER, E. W. O. Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio Taquaral, São Mateus do Sul-PR. Ra'ega - O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, v. 24, p. 290-310, 2012.
- MACHADO, F.H.; GONTIJO, E.S.J.; BEGHELLI, F.G.S.; FENGLER, F.H.; MEDEIROS, G.A.; PECHE FILHO, A.; MORAES, J.F.L.; LONGO, R.M.; RIBEIRO, A.I. Environmental impacts of inter-basin water transfer on water quality in the Jundiaí-Mirim river, South-East Brazil. International Journal of Environmental Impacts, v. 1, p. 80-91, 2018.
- MARQUES, B.V.; MEDEIROS, G.A.; PECHE FILHO, A.; FENGLER, F.H.; MORAES, J.F.L. Análise da Paisagem na Avaliação de Ambientes de Proteção em Bacia Hidrográfica do Sudeste Brasileiro. Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science, v. 10, p. 359-379, 2021.
- MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.
- MORAES, J.F.L.; CARVALHO, Y.M.C.; PECHE FILHO, A. Diagnóstico agroambiental para a gestão e monitoramento da Bacia do Rio Jundiaí-Mirim. In: HAMADA, E. (Editora), Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, cap. III, CD-ROM, 2003.
- OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION. QGIS: um sistema de informação geográfica livre e aberto. [S. l.], 2018. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html#. Acesso em: 31 out. 2018.
- PILON, C.; MOORE, P. A.; POTE, D. H.; PENNINGTON, J. H.; MARTIN, J. W.; BRAUER, D. K.; RAPER, R.L.; DABNEY, S.M.; LEE, J. Long-term effects of grazing management and buffer strips on soil erosion from pastures. Journal of Environmental Quality, v. 46, n. 2, p. 364-372, 2017.
- PUCKETT, L. J. Identifying the major sources of nutrient water pollution. Environmental Science & Technology, v. 29, n.9, p. 406-414, 1995.
- RODRIGO-COMINO, J.; SEEGER, M.; SENCIALES, J. M.; RUIZ-SINOGA, J. D.; RIES, J. B. Spatial and temporal variation of soil hydrological processes on steep slope vineyards (Ruvel-Mosel Valley, Germany). Cuadernos de Investigacion Geográfica, v. 42, n.1, p. 281-306, 2016.
- ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. Ciência e Natura, v. 39, n. 2, p. 320-340, 2017.
- SÃO PAULO (Estado). Decreto n. 24.839, de 06 de março de 1986. Dispõe sobre o reenquadramento do Rio Jundiaí-Mirim e seus afluentes na classificação prevista no anexo do Decreto 10.755, de 22/11/1977, 1986. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/norma/52776>. Acesso em: 12 nov. 2018.
- SEIDEL, C.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; FERRAZ, R. C.; MASSIGNAM, A. M. Correlação da qualidade da água com uso do solo e declividade no Arroio Doze Passos, Ouro, SC. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 62-69, 2014
- SILVA, C. O. F.; MEDEIROS, G. A. Avaliação ambiental e morfométrica da bacia do rio Jundiaí-Mirim: diagnósticos e subsídios para gestão ambiental. Boletim Campineiro de Geografia, v. 7, p. 441-454, 2017.

SILVA, D. C. C.; FILHO, J. L. A.; OLIVEIRA, R. A.; LOURENÇO, R. W. Metodologia para análise do potencial de degradação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. *Caderno de Geografia*, v. 27, n. 50, p. 455-466, 2017.

SONG, P.; HUANG, G.; AN, C.; SHEN, J.; ZHANG, P.; CHEN, X.; SHEN, J.; YA, Y.; ZHENG, R.; SUN, C. Treatment of rural domestic wastewater using multi-soil-layering systems: Performance evaluation, factorial analysis and numerical modeling. *Science of the Total Environment*, v. 644, p. 536-546, 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Geomática. Santa Maria, 2014. Disponível em: http://www.crcampeiro.net/novo/Pages/apps_android. Acesso em: 15 set. 2018.

VAN OOST, K.; GOVERS, G.; DESMET, P. Evaluation the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology*, v. 15, p. 577-589, 2000.

XIAOJING, J.; DONGSU, B.; XUEFEI, Z.; YALEI, Z. Discussion of the developments of domestic wastewater ecological treatment in rural area. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, v. 31, p. 19307-19309, 2011.

XU, L.; ZHENGHUI, X. Important factors in land-atmosphere interactions: surface runoff generations and interations between surface and groundwater. *Global and Planetary Change*, v. 38, n. 1-2, p. 101-114, 2003.
