



## Uso e ocupação do solo como critério para a determinação de pontos de monitoramento de qualidade da água em bacias hidrográficas <sup>(1)</sup>

**Alessandra Malta Mattos Branco<sup>(2)</sup>; Isabel Cristina de Barros Trannin<sup>(3)</sup>; Celso de Souza Catelani<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (Fehidro)

<sup>(2)</sup> Doutorando(a) em Gestão Ambiental e Sustentabilidade, na área de Energia, do Programa de Pós-graduação em Eng. Mecânica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, SP. alessandrammb@gmail.com; cscatelani@gmail.com

<sup>(3)</sup> Professora do Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, SP. isatrannin@feg.unesp.br

**RESUMO:** O monitoramento da qualidade da água gera informações estratégicas para a gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas e pode subsidiar as políticas públicas em processos decisórios. Neste estudo avaliou-se a aplicação do uso e ocupação do solo como um critério para a determinação de pontos de monitoramento da qualidade, tendo como área de estudo a bacia da Serra da Mantiqueira – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 1 (UGRHI-1). Para isso, foram utilizados os critérios estabelecidos pela CETESB (2011), dados de uso e ocupação do solo, de rede hidrográfica e de malha rodoviária e ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG). O delineamento das sub-bacias dos rios principais foi obtido com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) aplicando a ferramenta *watershed delineation* para determinação das sub-bacias contribuintes, a montante de cada ponto de monitoramento, sob a influência dos principais usos e ocupação do solo. A implementação desta metodologia permitiu a seleção de pontos de monitoramento nos principais rios desta bacia. Dos 19 pontos estabelecidos, oito apresentaram boa representatividade da influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água, com potencial para integrar a rede de monitoramento da CETESB e seis foram alocados em nascentes e utilizados como referência de qualidade. Verificou-se que o uso de dados do meio físico e de softwares de código aberto pode subsidiar agências ambientais, públicas e privadas, na determinação de pontos de monitoramento da qualidade da água, com maior precisão e sem demandar em custos adicionais.

**Termos de indexação:** conservação do solo e da água, gestão ambiental, recursos hídricos.

### INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade da água é um instrumento importante para a gestão dos recursos hídricos. As informações geradas possuem caráter estratégico e auxiliam processos decisórios das políticas públicas, contribuindo com a adoção de

medidas específicas de controle e mitigação dos impactos ambientais (Tucci et al., 2012). Para a determinação destes pontos de monitoramento é necessário um estudo abrangente de toda a bacia hidrográfica, permitindo a proposição de trechos de corpos d'água adequados, para que o resultado da qualidade da água seja consistente e condizente com as atividades antrópicas locais (CETESB, 2011). As mudanças constantes de uso e ocupação, sem considerar a capacidade suporte dos solos, pode afetar os ecossistemas, refletindo na qualidade da água (Souza, 2009).

A falta de normatização para a determinação de pontos de monitoramento de qualidade das águas superficiais no Brasil, agravada pela ausência de séries históricas em grande parte das bacias hidrográficas, tem como consequência, a seleção de pontos de forma subjetiva ou conveniente, sem considerar a influência do uso e ocupação do solo das bacias contribuintes sobre a qualidade dos cursos d'água de interesse.

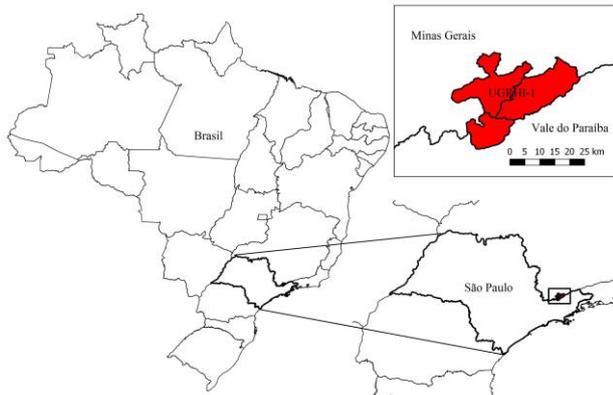
Branco (2014) evidenciou a influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água da bacia da Serra da Mantiqueira. Portanto, o objetivo deste estudo foi propor a aplicação do uso e ocupação do solo como critério para a determinação de pontos de monitoramento de qualidade da água em bacias hidrográficas que não possuem séries históricas de vazão, em adição aos critérios estabelecidos pela CETESB e aplicação de ferramentas do SIG de acesso livre para o mapeamento dos dados do meio físico disponibilizados pelos órgãos gestores e institutos de pesquisa, tendo como área de estudo, a bacia da Serra da Mantiqueira.

### MATERIAL E MÉTODOS

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia da Serra da Mantiqueira – UGRHI-1 localiza-se na porção nordeste-leste do Estado de São Paulo e faz divisa com a bacia do Rio Paraíba do Sul e a oeste-norte, com o Estado de Minas



Gerais (**Figura 1**). Esta bacia possui 675 km<sup>2</sup>, formada pelos municípios de Campos do Jordão (288 km<sup>2</sup>), Santo Antônio do Pinhal (141 km<sup>2</sup>) e São Bento do Sapucaí (257 km<sup>2</sup>) (CBH-SM, 2009).



**Figura 1 – Mapa de localização da bacia da Serra da Mantiqueira (UGRHI-1).**

Para a proposição dos pontos de monitoramento foram utilizados os bancos de dados do meio físico disponíveis para a bacia da Serra da Mantiqueira (UGRHI-1), incluindo mapas da rede de drenagem e das sub-bacias do Estado de São Paulo, na escala 1:50.000 fornecidos pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental, da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA, 2008); a base cartográfica e limites municipais, na escala 1:50.000 fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; o mapa de uso e ocupação do solo e vias de acesso, gerado pelo Instituto Florestal; o Modelo Digital de Elevação - quadrícula 22S465, articulação escala 1:250.000 obtido no Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil (TOPODATA) (Valeriano & Rossetti, 2012); as ortofotos do Estado de São Paulo fornecidas pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A (EmplasaGeo, 2011) e imagens do terreno do Google Earth®.

A metodologia proposta para a determinação dos pontos de monitoramento baseou-se no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos, da Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2011). De acordo com este Guia, foram consideradas as principais fontes poluidoras da bacia e sua influência nos corpos de água. Também foram realizados levantamentos de campo, utilizando GPS e registro fotográfico; avaliação da situação das vias de acesso e da importância de cada curso d'água e identificação dos pontos de lançamento de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Os

softwares de geoprocessamento utilizados para gerar o mapa dos pontos de monitoramento foram o Quantum GIS (QGIS®) versão 2.4.0 Chugiak e o MapWindow® Open Source versão 4.8.8, ambos de licença livre. Nesta bacia não foram considerados dados hidrológicos e de vazão, pois não há séries históricas disponíveis (CBH-SM, 2009).

Os pontos de monitoramento de qualidade da água foram estabelecidos, considerando os rios principais e seus afluentes, sob a influência dos diferentes usos e ocupação do solo, representativos das bacias contribuintes. Assim, os pontos foram distribuídos no mapa de uso e ocupação do solo da UGRHI-1, disponibilizado pela Secretaria de Meio Ambiente e Instituto Florestal (2008) e adequados durante os levantamentos de campo. Cada ponto foi alocado à jusante das bacias contribuintes contendo os principais usos do solo. Nesta distribuição, procurou-se eliminar os pontos próximos à zona de mistura ou logo à jusante de sistemas de lançamento de efluentes, sendo considerados como referência de qualidade os parâmetros obtidos em amostras de água das nascentes destes rios e os padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005 para rios de Classe 2 (CONAMA, 2005).

Com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) e utilizando a ferramenta *Watershed Delineation* do software MapWindow®, foram delimitadas as sub-bacias em função da direção de fluxo e da área de contribuição de cada ponto selecionado. Os mapas de sub-bacias e de uso e ocupação do solo foram utilizados para classificar as bacias à montante de cada ponto, assim como a contribuição de cada sub-bacia subjacente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No mapa da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira foram delimitadas as sub-bacias dos principais rios sob influência dos principais usos e ocupação do solo (**Figura 2**).

Analisando o mapa de uso e ocupação do solo verificou-se que a cobertura vegetal ocupa cerca de 48,9% dos 675Km<sup>2</sup> da área total da bacia, concentrados, principalmente, nos municípios de Campos do Jordão e Santo Antônio do Pinhal. Por outro lado, as pastagens ocupam uma área de 220km<sup>2</sup>, representando 32,5% do uso do solo, sendo mais representativa no município de São Bento do Sapucaí. A urbanização representa apenas 4,5% da área da bacia e, por isso, a disposição de pontos de monitoramento sob a influência urbana foi determinada mais facilmente.

Do et al. (2012) também utilizaram o uso e ocupação do solo como critério para a definição de pontos de monitoramento de qualidade da água e



cálculos matemáticos associados às ferramentas de SIG, em uma região montanhosa de Taipei, em Taiwan, com resultados positivos. A **figura 3** apresenta o mapa de alocação dos 19 pontos de monitoramento de qualidade da água, gerado da análise do uso e ocupação do solo, com potencial influência sobre a rede hidrográfica, com as adequações realizadas em campo, considerando as vias de acesso. Dos 19 pontos propostos (**Figura 4**), um coincidiu com o ponto de monitoramento que vem sendo utilizado desde o mês de janeiro de 2014 pela CETESB, no município de Campos do Jordão. Outros dois pontos propostos coincidiram com pontos cadastrados pela CETESB, mas que atualmente estão inativos. Dos demais pontos selecionados neste estudo, oito apresentaram boa representatividade da influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água, se comparados aos existentes, apresentando potencial de utilização pela CETESB, como ponto de monitoramento de qualidade da água da bacia da Serra da Mantiqueira. Como referência para padrão de qualidade da água, seis pontos foram alocados em nascentes. Estes resultados evidenciaram que é possível estabelecer pontos de monitoramento de qualidade da água, considerando a influência dos principais usos e ocupação do solo, mesmo em bacias hidrográficas que não possuem séries históricas de vazão. Entretanto, o plano de monitoramento deve ser revisto periodicamente, para a atualização das modificações espaciais e temporais nos mapas de uso e ocupação do solo e das atividades cadastradas e outorgadas na bacia monitorada (Souza, 2009).

## CONCLUSÕES

A metodologia aplicada, considerando a influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água, em adição aos critérios estabelecidos pela CETESB e a utilização de ferramentas do SIG apresentou aplicabilidade na determinação de pontos de monitoramento de qualidade da água dos principais rios da bacia da Serra da Mantiqueira (SP) – UGRHI 1, podendo ser utilizada em outras bacias.

A utilização do banco de dados do meio físico disponíveis e de softwares livres pode subsidiar os órgãos públicos e privados na elaboração de mapas, que aumentam a precisão dos levantamentos de campo na determinação de pontos de monitoramento de qualidade de água de bacias hidrográficas, sem demandar custos com licenças.

## REFERÊNCIAS

BRANCO, A.M.M. Influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água: subsídio à gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira (UGRHI-1). Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2014. 108f.: il.

CBH-SM. COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA SERRA DA MANTIQUEIRA. Plano de Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira (UGRHI-1). CTPI. São Paulo: 354p. 2009. Disponível em: <<http://www.comitesm.sp.gov.br/erapido/arquivos/midia/36a0a5f38a6398d4527894db7e6d96b0.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2015.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Organizadores: Brandão, C. J. et al. São Paulo: CETESB. Brasília: ANA, 326 p, 2011.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Conama no 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Brasília. 2005.

DO, H. T., LO, S.L., CHIUH P., THI, L.A.P. Design of sampling locations for mountainous river monitoring. *Environmental Modelling & Software*. v.27-28:62-70, 2012. doi:10.1016/j.envsoft.2011.09.007

EMPLASAGEO. Mapeia São Paulo. Sistema de visualização de dados - Ortofotos do Estado de São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.mapeiasp.sp.gov.br/>. Acesso em 10 fev. 2015.

SMA. Secretaria de Estado de Meio Ambiente/ IF. Instituto Florestal de São Paulo. Base georreferenciada para o mapeamento do uso e ocupação da terra e das unidades de conservação da bacia hidrográfica da Mantiqueira, 2008. Disponível em: <<http://200.144.14.214:8080/alovmap/index.html>>. Acesso em 13 mar. 2015.

SOUZA, S.N. Aplicação de técnica de análise multivariada para avaliação de redes de monitoramento de qualidade da água. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. 140f. Recife, 2009.

TUCCI, C. E. M. et al. Hidrologia. Ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2012.

VALERIANO, M.M., ROSSETTI, D.F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. *Applied Geography (Sevenoaks)*, v.32 (2): 300-309, 2012.

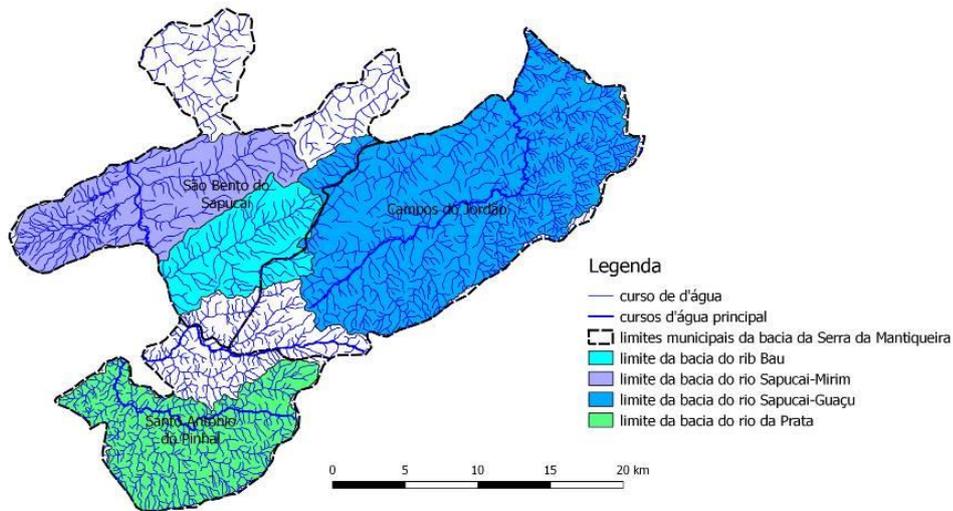


Figura 2 – Mapa das sub-bacias hidrográficas principais da UGRHI-1 e seus respectivos rios.

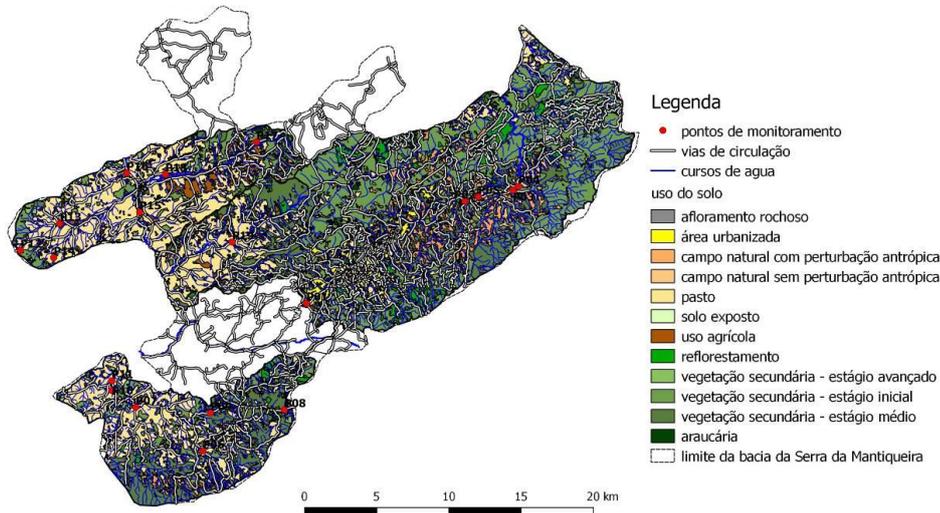


Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo com a distribuição dos pontos de monitoramento de qualidade da água na UGRHI 1, com potencial influência sobre a rede hidrográfica.

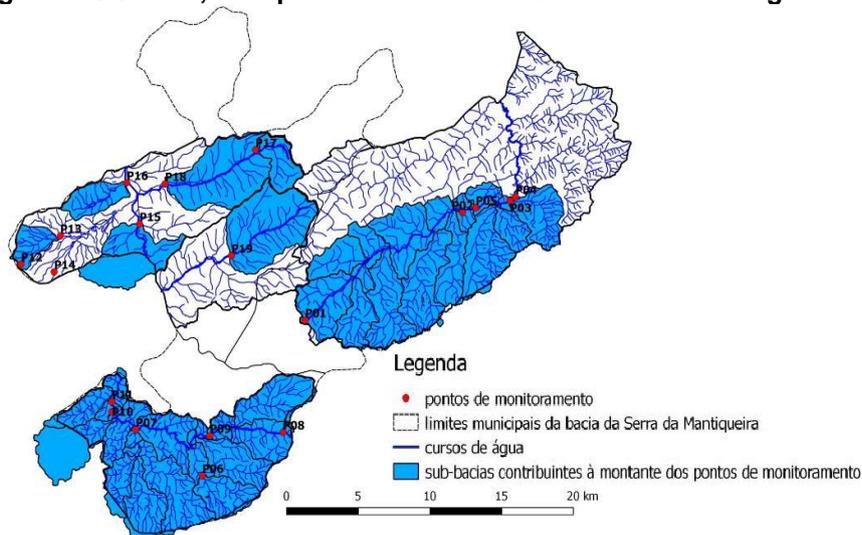


Figura 4 – Mapa das sub-bacias contribuintes de cada ponto de monitoramento de qualidade da água na UGRHI 1.