

**ARTIGO CIENTÍFICO****Mapas temáticos de inventário físico-territorial na bacia hidrográfica do córrego do Veado em Presidente Prudente, São Paulo*****Physical-territorial inventory thematic maps in the Veado stream water basin in Presidente Prudente, São Paulo, Brazil***

Arthur Pereira dos Santos<sup>1\*</sup>, Paulo Barbosa Saqueti<sup>2</sup>, Mateus Ederli<sup>2</sup>, Elson Mendonça Felici<sup>3</sup>, Daniel Ângelo Macena<sup>4</sup>

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo realizar a produção cartográfica de 4 mapas temáticos que compõem o inventário físico territorial da bacia hidrográfica do córrego do Veado, localizada em Presidente Prudente, São Paulo. A escolha pelos referentes mapas deu-se pelas suas particularidades individuais. Justifica-se os mapas que se relacionam com a topografia da área em estudo (hipsometria e declividade) com existência do alto número de inundações na região. Em relação aos mapas de uso do solo e intervenções antrópicas (uso e cobertura da terra e possíveis fontes de contaminação), justifica-se pelo estado de assoreamento atual da bacia. A escolha da área de estudo representa a preocupação em relação à recuperação de aspectos ambientais e conservação da área da bacia do córrego do Veado, principalmente devido a sua importância local. Por conseguinte, por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, foram levantados e mapeados as principais características físicas e os principais fatores de eventuais contaminações da bacia em estudo. Os resultados dos mapas temáticos abordados corroboram a necessidade da preservação e recuperação de áreas degradadas na bacia, que se encontram em quase sua totalidade degradada e urbanizada, havendo a necessidade de se estabelecer técnicas adequadas de planejamento ambiental para a sua eficaz restauração.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica; Planejamento ambiental; Mapa temático; Urbanização.

**Abstract:** The present work had the objective of producing the cartographic production of 4 thematic maps that compose the physical physical inventory of the watershed of the stream of Veado, located in Presidente Prudente - SP. The choice for referring maps was due to their individual particularities. The maps related to the topography of the study area (hypsometry and slope) are justified because there is a high number of floods in the region. As for the maps of land use and anthropogenic investments (land use and land cover and possible sources of contamination), it is justified by the current silting state of the basin. The choice of the study area represents the concern regarding the recovery of environmental aspects and conservation of the Veado stream basin area, mainly due to its local importance. Therefore, through geoprocessing and remote sensing techniques, the main physical characteristics and the main factors of possible contamination of the basin under study were collected and mapped. The results of the thematic maps discussed confirm the need for the preservation and recovery of degraded areas in the basin, which are almost completely degraded and urbanized, and it is necessary to establish adequate environmental planning techniques for their efficient restoration.

**Key words:** Hydrographic basin; Environmental planning; Thematic map; Urbanization.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 07/03/2018; aprovado em 25/06/2018

<sup>1</sup>Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente; (18) 99712-0721, arthurdosantos@outlook.com

<sup>2</sup>Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Oeste Paulista, paulo\_saqueti@hotmail.com; mat3us\_123@hotmail.com

<sup>3</sup>Engenheiro Ambiental e Professor Mestre da Faculdade de Engenharia e Arquitetura Algacyr Maéder Muhóz, na Universidade do Oeste Paulista, elson@unoeste.br

<sup>4</sup>Bacharel em Química e especialista em análise laboratorial na Universidade do Oeste Paulista, daniel@unoeste.br



## INTRODUÇÃO

De acordo com Barrella et al. (2000), uma bacia hidrográfica pode ser definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes. As águas da chuva podem escoar superficialmente ou infiltrar no solo. Sendo assim, dentre os diferentes recursos naturais que podem influenciar diretamente no uso e ocupação da bacia, enfatiza-se a água como o mais importante. A retirada da vegetação facilita o escoamento superficial, e as águas que fluem sobre o solo e nele se infiltram, encontram-se carregadas de partículas finas, as quais tendem a se depositar entre os poros do solo, diminuindo a taxa de infiltração da água e adquirindo maior capacidade de erosão. Para que essa situação não ocorra, é necessário ações de planejamento com ênfase nos princípios ambientais previstos na Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) em relação ao correto uso e ocupação do solo da bacia, para que ocorra a gestão adequada do uso do solo (BRASIL, 1981).

Segundo Leal (2012a), o planejamento ambiental oferece requisitos para que ocorra a preservação do meio geográfico, pois, as medidas de proteção da bacia em relação à vegetação, erosão e uso e ocupação do solo, reflete, conseqüentemente, na conservação dos seus recursos naturais. Dessa forma, Pires et al. (2002) ressaltam que, as principais causas de ameaças à qualidade ambiental em uma bacia hidrográfica estão relacionadas às atividades não sustentáveis, com fins de lucro imediato, que não computam os custos ambientais e sociais.

Essa situação realça as ferramentas voltadas para a cartografia como base nas atividades de planejamento. O produto final da cartografia é a geração do mapa temático e pode ser utilizado como uma das técnicas voltadas para os estudos de planejamento ambiental, envolvendo dimensões físicas e territoriais. De acordo com Leite e Freitas (2013), as geotecnologias têm apresentado um notório crescimento do volume de dados espaciais produzidos, sobretudo aqueles adquiridos a partir de imagens adquiridas por satélites.

Miller e Han (2009), apontam que certos trabalhos buscam desenvolver tecnologias e colaborar com ferramentas que permitam o suporte à captura, armazenamento, tratamento e análise dos dados espaciais, a fim de se extrair padrões geográficos de uma superfície.

Segundo Filho et al. (2007a), para que ocorra uma eficiência na gestão ambiental da região é necessário realizar estudos sistemáticos prévios sobre os principais elementos e condicionantes do meio físico.

Tendo em vista a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que define a bacia hidrográfica como unidade de estudo e gestão, e diante do contexto apresentado, Filho et al. (2007b) ressaltam a importância de se desenvolver estudos, através de Sistema de Informação Geográfica (SIG), para auxiliar na redução e prevenção da poluição dos corpos naturais, contribuindo e facilitando na tomada de decisões dos órgãos vigentes.

Dessa forma, realizou-se o presente trabalho no córrego do Veado com o objetivo geral de elaborar a produção cartográfica de 4 mapas temáticos que irá compor o inventário físico territorial para o auxílio da gestão de seus recursos naturais. A área em estudo refere-se a uma região de porção urbana de Presidente Prudente – SP. Sendo assim,

monitorar o seu aspecto físico territorial é de extrema importância para identificar, controlar e também erradicar eventuais fontes de poluição.

## MATERIAL E MÉTODOS

O córrego do Veado está inserido na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio e as coordenadas do seu ponto central são 22°07'03" S, 51°25'00" O. Sua nascente encontra-se localizada em 22°07'46" S, 51°23'58" O e o seu ponto exutório encontra-se em 22°06'46" S, 51°26'45" O.

Na URGHI-22 (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº. 22), a bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio é responsável por parte do abastecimento de Presidente Prudente e apresenta o leito do rio principal e seus afluentes completamente assoreados, ocasionando na necessidade de captação de água do manancial vizinho (Rio do Peixe – UGRHI-21) com uma adutora de 45 km de extensão para abastecimento de aproximadamente 70% da população de Presidente Prudente.

Segundo Soares (2011), a cidade de Presidente Prudente apresentou, historicamente, problemas decorrentes da má utilização do seu território físico. Este fato pode estar associado às intensas ações antrópicas, como alterações na paisagem, descarte inadequado de resíduos e ocupação de áreas impróprias. Além do mais, informações coletadas do censo 2016 mostram que de um total de 909 mil pessoas que residem entre as 56 cidades do oeste paulista, Presidente Prudente abriga aproximadamente 25% dessa população. Também, existem no município intensas ações antrópicas, como alterações na paisagem, descarte inadequado de resíduos e ocupação de áreas impróprias (IBGE, 2016).

De acordo com Silva (2006), a poluição do rio Santo Anastácio pelos esgotos de origem doméstica das cidades de Presidente Prudente, Presidente Venceslau e Álvares Machado ocasionou impactos significativos em seus ambientes aquáticos. Esses e outros impactos podem estar relacionados com o Decreto Estadual Nº 10.755 – de 22 de novembro de 1977, que classificou o córrego do Veado como classe 4.

Para realização deste estudo, utilizou-se interpretação de imagem do satélite Landsat 8 na data 05/04/2016 e realização de visitas *in loco* para verificar a veracidade dos dados. Com o intuito de facilitar o conhecimento da área de estudo, utilizou-se a plataforma ArcGis 10.2, sobre imagem de fotografia aérea e satélite do Google Earth para o mapeamento e obtenção de dados.

O mapa de declividade foi elaborado a partir da extração dos dados da imagem de radar Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponibilizados para a região, no ano de 2014. As classes de declividade foram divididas de acordo com o Manual de Obtenção de Terras do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) < 5%; 5-10%; 10-15%; 15-20% e > 20%.

O mapa de hipsometria tem função de representar as diferentes classes de altitudes, que foram classificadas a partir de regiões de maior altitude para regiões de menor altitude, sendo divididas em 5 classes distintas. O mapa foi extraído a partir da imagem SRTM. A representação das diferentes altitudes varia de acordo com as suas cores.

Quanto ao mapa de cobertura da terra, foi produzido utilizando imagens do satélite Landsat 8 na data de 05 de abril de 2016, através do método de classificação

semisupervisionado, denominado Máxima Verossimilhança. O mesmo apresentou exatidão geral (acurácia global) de 97%, enquanto o índice Kappa equivaleu a 0,98. O nível de desempenho pode ser considerado como excelente, de acordo com a classificação realizada por Figueiredo e Vieira (2007), e destaca as seguintes classes: rede de drenagem, malha urbana, vegetação rasteira e vegetação arbórea.

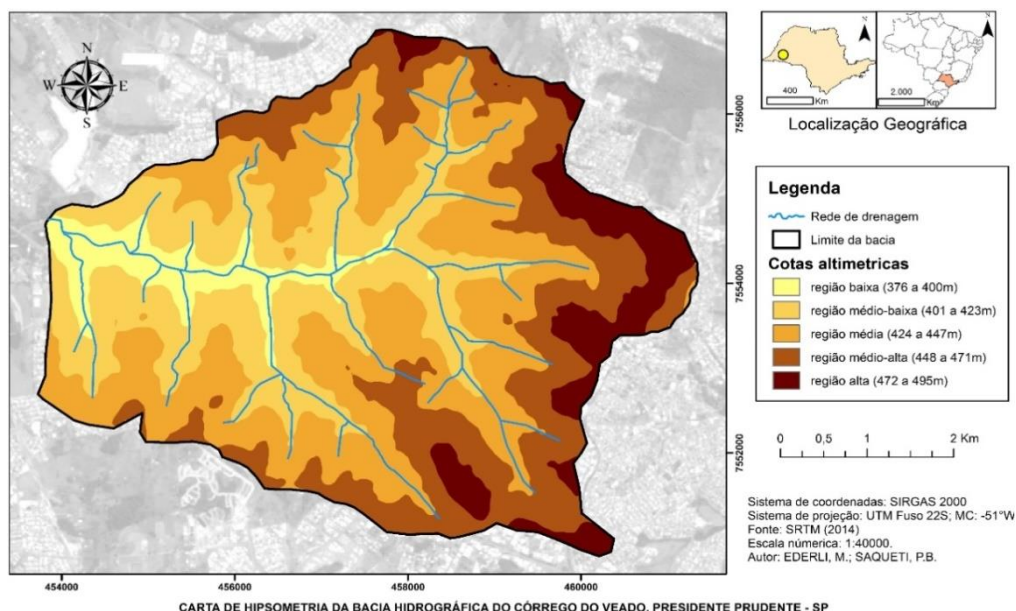
No que se refere ao mapa de possíveis fontes de contaminação, este foi elaborado a partir da relação de áreas contaminadas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (CETESB, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, destaca-se a rede de drenagem e as diferentes classes de altitude da bacia, dividida em 5 classes: região baixa (376 – 400 metros), média-baixa (401-423m), média (424-447m), média-alta (448-471m) e alta (472-495m). Nota-se que da região alta até a média, que possuem altitudes que variam de 424 a 495 metros, estão localizadas as cabeceiras de drenagem. Na região baixa, com altitude de 376

a 400 metros, é onde se encontra o leito principal do córrego do Veado e são locais que, em caso de saturação do solo, podem implicar diretamente no acúmulo de água. Essa região situa-se no maior ponto turístico e de maior alagamento do município (Parque do Povo). Além disso, é uma região importante para o município, do ponto de vista imobiliário e de lazer para a população. O local apresenta ocupação urbana desenfreada e sem planejamento, resultando em grandes inundações, conforme pode ser observado na Figura 2. Essa área, segundo Pedro e Nunes (2012a), é um dos exemplos de construção de irregularidade existente ao longo da bacia do córrego do Veado, pois não houve a consideração de determinados atributos fisiográficos como o relevo, drenabilidade e capacidade de saturação hídrica do material do aterro para sua construção. As altas regiões da bacia estão localizadas em um divisor de águas, fato este que implica diretamente em um manejo adequado do solo, pois este, conseqüentemente, irá atuar diretamente no escoamento de água superficial para a rede de drenagem de menor altitude e onde encontra-se a parte urbana do município.

**Figura 1.** Carta de hipsometria da bacia hidrográfica do córrego do Veado, Presidente Prudente, São Paulo.



**Figura 2.** Inundação do Parque do Povo em Presidente Prudente, São Paulo



Fonte: Adaptado de Pedro e Nunes (2012).

Na Figura 3, destacam-se as classes de declividade, que possibilitam evidenciar a distribuição das inclinações do terreno. Os resultados corroboram com os dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). De acordo com o Instituto, o município de Presidente Prudente apresenta, como formas de relevo dominante, os morrotes alongados, espigões com

declividades médias a altas (acima de 15%) e as colinas médias que predominam as baixas declividades e plana (até 15%) (IPT, 1981).

Os resultados obtidos no mapa mostram que, em regiões próximas aos leitos dos corpos d'água, predomina a baixa declividade, menor que 5%, considerada área plana. Essas

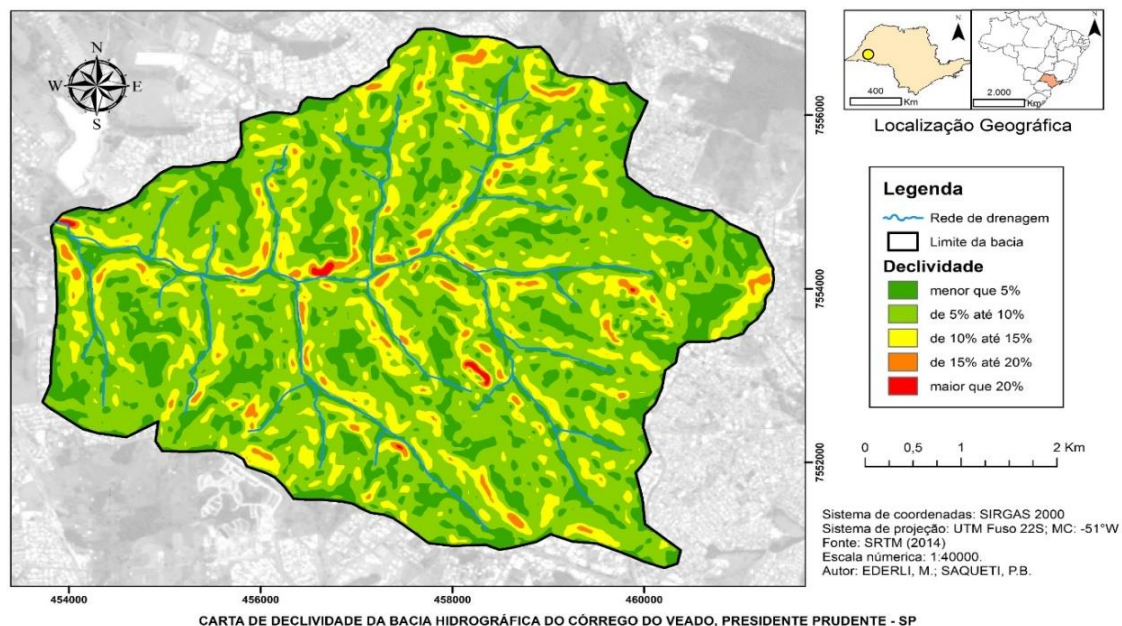
áreas são inadequadas para ocupação urbana, por serem áreas de riscos a inundação quando próximas a fundos de vales. De acordo com Mota (1981), a declividade do terreno contribui para o escoamento das águas. Além disso, essas áreas próximas aos fundos de vale são consideradas áreas de preservação permanentes (APP) e são protegidas pela Lei 12.651/2012 (Código Florestal). Porém, a situação encontrada em Presidente Prudente em relação à preservação das áreas protegidas é distinta, considerando que o maior Shopping Center localizado na região foi edificado na área de preservação permanente do córrego do Veado, ocorrendo a impermeabilização do solo.

Segundo Tucci (2007a), à medida que a cidade se urbaniza de forma desorganizada e a infraestrutura urbana é implantada sem o planejamento ambiental adequado, a tendência é que, nessas áreas, ocorra a redução da infiltração de água no solo, aumentando o escoamento superficial. De

acordo com o autor, conforme são construídos condutos pluviais para o escoamento superficial, tornando-o mais rápido, ocorre redução do tempo de deslocamento. Sendo assim, as vazões máximas também aumentam, antecipando seus picos no tempo.

Cabe destacar também, que, segundo Pedro e Nunes (2012b), na etapa de construção do Parque do Povo, alguns pontos do córrego do Veado, que atravessa o Parque, foram canalizados, o que gera inúmeras inundações na área. Esses dados são corroborados quando comparados com estudos realizados na área por (Sudo, 1996; Leal, 2012b), que concluíram que, em 1996, o episódio de inundação na área com a precipitação de 95mm de chuva em 48 minutos, resultando em uma intensidade de 1,97 mm/min, teve como principal causa as construções antrópicas realizadas na bacia do córrego do Veado sem o seu adequado planejamento ambiental.

**Figura 3.** Carta de declividade da bacia hidrográfica do córrego do Veado, Presidente Prudente, São Paulo



Na Figura 4, apresenta-se o mapa de cobertura da terra da bacia, onde as classes destacadas foram: vegetação arbórea, vegetação rasteira, como gramínea, pastos e campos, rede de drenagem e a malha urbana, que constitui todas as construções como ruas, rodovias, casas, prédios e entre outros.

Conforme observa-se na Figura 4, a bacia do córrego do Veado está, em quase toda sua totalidade (72%), urbanizada, apresentando ocupações em locais totalmente inadequados, sendo que, da parte urbanizada na bacia, 68% corresponde ao uso residencial e 3% corresponde ao uso comercial e serviços. Esse fator também acarreta na menor infiltração das águas pluviais, fazendo com que a água seja escoada rapidamente para o corpo hídrico, transportando resíduos sólidos para o local. Segundo Vitte e Melo (2007), a vegetação protege o solo de diferentes maneiras, como: amortecendo o impacto das gotas de chuva contra o solo e reduzindo a velocidade de escoamento da água, de forma que, quando a velocidade é reduzida à metade, o transporte cai à quarta parte de seu valor.

De acordo com Tucci (2007b), com a redução da água infiltrada no solo, o aquífero tende a diminuir o nível do

lençol freático por falta de alimentação, principalmente em casos como este, em que a área urbana é muito extensa, reduzindo o escoamento subterrâneo. Além disso, devido à substituição da cobertura natural, ocorre uma redução da evapotranspiração, considerando que a superfície urbana não retém água como a cobertura vegetal e, conseqüentemente, não permite a evapotranspiração das folhagens e do solo.

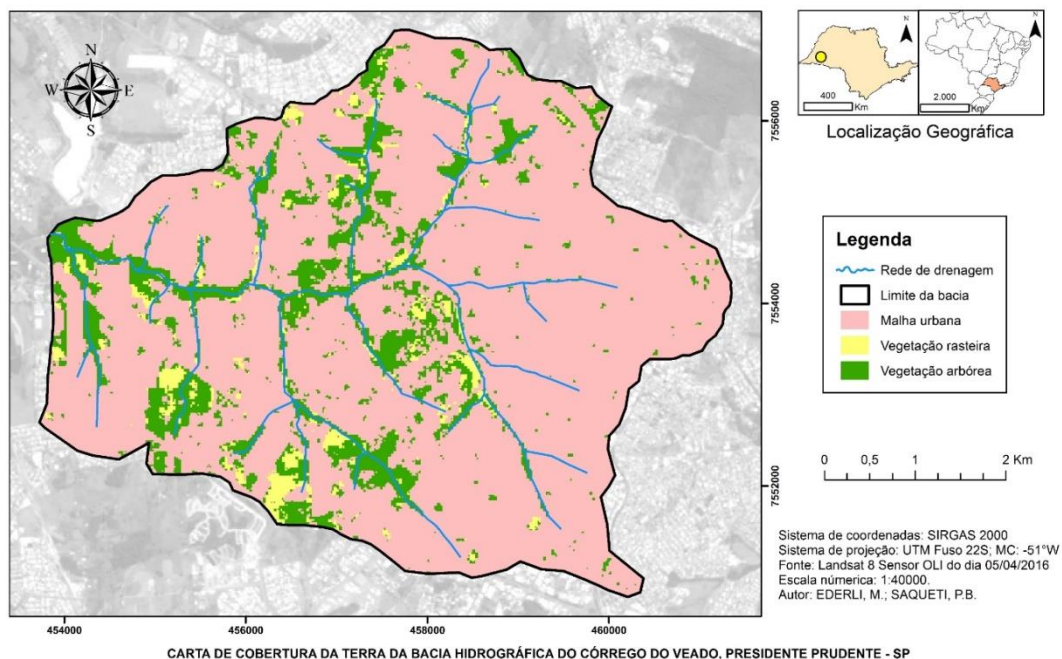
De acordo a EMBRAPA (1999), os tipos de solos mais representativos na região de Presidente Prudente são os argissolos vermelhos, resultados de processos pedogenéticos ocorridos em rochas areníticas do Grupo Bauru. Este tipo de solo, em virtude de suas características naturais de erosão, implica diretamente no manejo adequado do solo. Em estudo realizado por Braid e Cassol (1999), utilizando simulador de chuva em um argissolo vermelho, foi observado que a erosão entressulcos decresceu exponencialmente com o aumento da cobertura do solo por vegetação. As parcelas com cerca de 100% de cobertura apresentaram redução de 92% na erosão entressulcos em relação ao solo descoberto.

Este fato corrobora os estudos realizados por Boin (2000). O autor afirma que com a presença deste tipo de solo na região de Presidente Prudente, o seu uso inadequado

ocasionou diretamente em problemas associados à erosão. Devido às ações antrópicas e a falta de vegetação em grande parte da bacia em estudo, toneladas de solo, oriundos das erosões em entressulcos, são transportadas para o fundo dos vales, a cada ano, provocando a diminuição da fertilidade

natural do solo, assoreando os cursos d'água e gerando grandes voçorocas. Atualmente, conforme verificado na bacia em estudo, a cobertura vegetal de Presidente Prudente encontra-se em pequenos fragmentos florestais.

**Figura 4.** Carta de cobertura da terra da bacia hidrográfica do córrego do Veado, Presidente Prudente, São Paulo



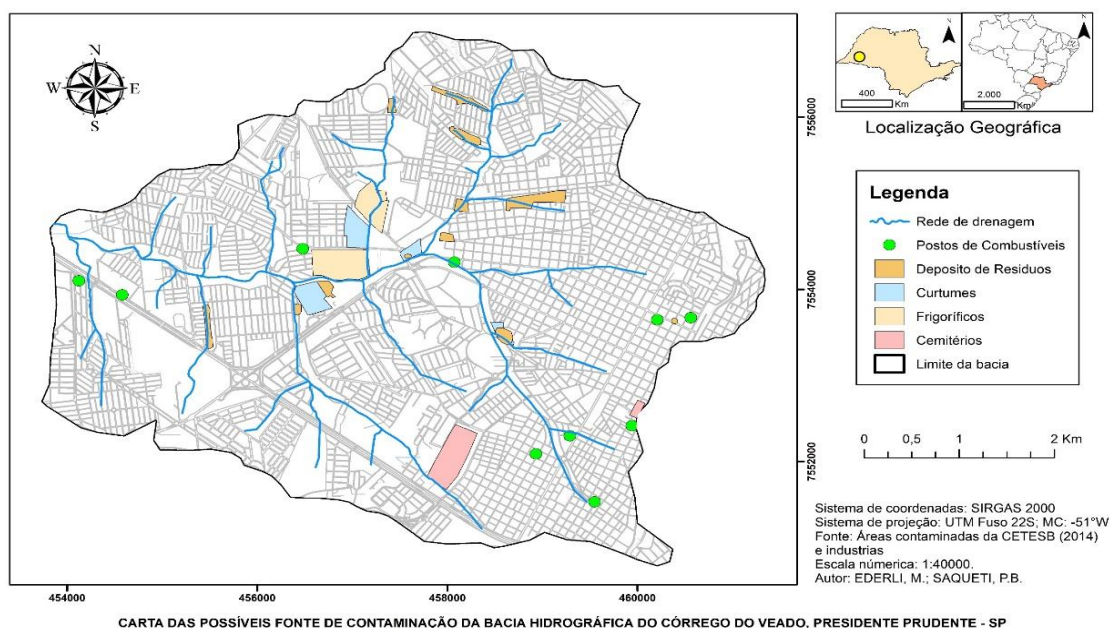
Na Figura 5, destaca-se a localização das possíveis fontes poluidoras responsáveis pela má qualidade da água do córrego. Observa-se que existem indústrias que realizam atividades potencialmente poluidoras nas proximidades do leito principal e de seus afluentes.

Em 2004, ao traçar áreas contaminadas por nitrato em águas subterrâneas em Presidente Prudente, De Godoy et al. (2004) confirmou que a área que não era recomendável para utilização no município equivalia a 8.270.000 m<sup>2</sup>. Essa região

foi caracterizada como zona de localização de atividades com importância capital para a cidade. Nesta área, encontra-se a bacia do córrego do Veado.

De acordo com o mapa temático das possíveis fontes de contaminação, verifica-se que a maioria das fontes poluidoras estão localizadas às margens do córrego e de seus afluentes, o que, conseqüentemente, facilita o lançamento de seus efluentes para o corpo hídrico.

**Figura 5.** Possíveis fontes de contaminação na bacia hidrográfica do córrego do Veado em Presidente Prudente, São Paulo



## CONCLUSÕES

A bacia do córrego do Veado está, em quase sua totalidade, urbanizada. Acredita-se que o crescimento desordenado da região de Presidente Prudente ocasionou possíveis construções em locais inadequados, como áreas de preservação permanente com declive considerado plano, além de apresentar falta de vegetação nas proximidades dos corpos hídricos em diversos trechos, fato que implica diretamente em processos de inundações na região em estudo.

## REFERÊNCIAS

- BARRELLA, W., PETRERE JR, M., SMITH, W. S., & Montag, L. D. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. *Matas ciliares: conservação e recuperação*, v. 2, p. 187-200, 2000.
- BOIN, M. N. Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada. 2000. 264 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2000.
- BRAIDA, J. A.; CASSOL, E. A. Relações da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. *Revista brasileira de ciência do solo*. Campinas. Vol. 23, n. 3, p. 711-721, 1999.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. 2016.
- BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Presidência da República. Diário Oficial. Casa Civil, 2012.
- BRASIL. Presidência da República. Legislação. Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União; Poder Executivo, 1981.
- DE GODOY, M. C.; BOIN, M. C.; SANAIOTTI, D. C.; SILVA, J. B. Contaminação das águas subterrâneas por nitrato em Presidente Prudente-SP, Brasil. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, v. 63, n. 2, p. 208-214, 2000.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 412p.
- FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. Estudo do Comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. *Anais XIII – Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, p. 5755-5762.
- FILHO, M. D. C. A.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 59, n. 2, 2007.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. Divisão de Minas e Geologia Aplicada, 1981.
- LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. *ENTRE-LUGAR*, v. 3, n. 6, p. 65-84, 2012.
- LEITE, M. E.; FREITAS, M. F. Temporal-Spatial Analysis of the Use Of Soil in the Hydrographic Basin of the Tabuas River, North of Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 6, n. 2, p. 184-194, 2013.
- MILLER, H. J.; HAN, Jiawei. *Geographic data mining and knowledge discovery*. CRC Press, 2009.
- MOTA, P. E. F. da. O recurso natural do solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 7, n. 80, p. 3-7, 1981.
- PEDRO, L. C.; NUNES, J. O. R. A Relação entre processos morfodinâmicos e os desastres naturais: uma leitura das áreas vulneráveis a inundações e alagamentos em Presidente Prudente-SP. *Caderno Prudentino de Geografia*, v. 2, n. 34, p. 81-96, 2012.
- PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. *Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações*. Ilhéus: Editus, p. 17-35, 2002.
- SÃO PAULO. Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977: Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. 1977.
- SILVA, J. A. Gestão de recursos hídricos e sistemas de informações geográficas: contribuições para a organização sócio-espacial do Pontal do Paranapanema-SP. 2006. 217f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual Paulista, Unesp. 2006.
- SOARES, F. B.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental da bacia do Balneário da Amizade nos municípios de Álvares Machado e Presidente Prudente-São Paulo. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 7, n. 2, 2011.
- SUDO, H.; LEAL, A. C. Aspectos Geomorfológicos e impactos ambientais da ocupação dos fundos de vales em Presidente Prudente-SP. *Revista Sociedade e Natureza*, v. 3, n. 15, 1996.
- TUCCI, C. E. Inundações urbanas. *Porto Alegre: ABRH/RHAMA*, v. 11, 2007.
- VITTE, A. C. ; MELLO, J. P. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas conseqüências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. *Climatologia e Estudos da Paisagem*, v. 2, n. 2, p. 107-133, 2007.