

IV-04 - TRANSFORMAÇÕES NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM MICROBACIAS URBANAS E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Isabelli Zanesco Gonçalves⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) - Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) – São José dos Campos.

Fabiana Alves Fiore⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (2002). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (2004). Doutora em Saneamento e Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Campinas (2013). Professora em dedicação exclusiva do Departamento de Engenharia Ambiental do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP).

Endereço⁽¹⁾: Rua Inconfidência, 212, apt. 83 - São Dimas – São José dos Campos - SP - CEP: 12245-370 - Brasil - Tel: (19) 99140-4589 - e-mail: isabelli.zanesco@unesp.br

RESUMO

A crescente demanda por água e a deterioração da qualidade da água são desafios para muitos países em desenvolvimento, agravados pelas mudanças climáticas. A qualidade da água é afetada pelo uso do solo na bacia hidrográfica, tornando-a um geoindicador da qualidade ambiental. A avaliação da qualidade da água é importante para a gestão dos recursos hídricos, mas são escassos os estudos que relacionam as condições de qualidade com os diferentes usos do solo nas bacias. Seu objetivo principal foi identificar as potenciais correlações entre o uso da terra e a qualidade da água em microbacias urbanas, para subsidiar o desenvolvimento de estratégias públicas de gestão integrada de recursos hídricos e território. O estudo de caso foi realizado em quatro microbacias urbanas do município de São José dos Campos (SP), abarcadas por programa municipal de revitalização de nascentes. Para tal, foi realizado o mapeamento das microbacias hidrográficas contribuintes para cada nascente, com o uso do software *ArcGIS* e também foram realizadas coletas de amostras de águas em diferentes estações, no período de um ano, para análise de parâmetros de qualidade de água, a saber: temperatura, pH, turbidez e oxigênio dissolvido. Dentre os principais resultados obtidos destaca-se que a transformação do uso e ocupação da terra em torno das nascentes tem um impacto significativo na qualidade da água. Em áreas urbanas, a pressão para o espaço e a necessidade de desenvolvimento podem levar à ocupação de áreas nas proximidades das nascentes, incluindo a instalação de edifícios, estradas e outras infraestruturas, o que pode levar à impermeabilidade do solo e à alteração da dinâmica da água local. O estudo mostra que a urbanização e a intensificação do uso da terra podem levar a uma redução significativa na qualidade da água superficial. Evidencia também a necessidade de implementação de práticas de conservação do solo e da água para as áreas estudadas. Concluiu-se que medidas preventivas como proteção e recuperação de matas ciliares, coleta e tratamento de esgoto em todas as áreas analisadas e a educação ambiental são ferramentas necessárias para melhorar a qualidade ambiental das regiões. Infere-se que os resultados dessa pesquisa possam contribuir para o planejamento ambiental, gestão dos recursos hídricos e futuros trabalhos nas áreas estudadas deste município.

PALAVRAS-CHAVE: Microbacias urbanas, águas superficiais, revitalização de nascentes, áreas de preservação permanentes, qualidade de água.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por recursos hídricos, especialmente em áreas metropolitanas densamente povoadas e a deterioração da qualidade das águas superficiais são um desafio para muitos países em desenvolvimento (TUCCI, 2008; TUCCI, 2010). Esse cenário é exacerbado pelas mudanças climáticas, que afetam as precipitações e a disponibilidade hídrica, especialmente nas bacias hidrográficas urbanas. A qualidade da água é afetada pelas condições de uso do solo na bacia hidrográfica, o que a torna um geoindicador da qualidade ambiental. A degradação ambiental de uma bacia hidrográfica urbana pode ser atribuída a fatores como a falta de saneamento básico, a disposição inadequada de resíduos sólidos e o lançamento de efluentes industriais em corpos hídricos (MARENGO, *et al.*, 2010, SOUZA; GASTALDINI, 2014).

A dinâmica das águas superficiais em microbacias pode ser definida como o movimento e distribuição da água que flui na superfície do solo. Os usos dos recursos nessa área, tais como a agricultura, mineração, desmatamento e urbanização, podem afetar a dinâmica das águas. Essas atividades podem levar a mudanças na topografia, qualidade do solo e regime de chuvas, afetando o fluxo de água superficial e contaminando as águas com produtos químicos. Em vista disso, se faz necessária a adoção de práticas sustentáveis para garantir a qualidade e quantidade de água que sustentem os ecossistemas e as necessidades humanas (MELLO, 2020).

Nesse contexto, é importante que os gestores de recursos hídricos considerem os impactos de todas as atividades realizadas, a partir do contexto de microbacia e implementem práticas de gestão sustentável da água para garantir a qualidade e quantidade de água necessárias para sustentar os ecossistemas e as necessidades humanas em longo prazo (RODRIGUES, 2005). A qualidade das águas superficiais é um indicador da saúde do ecossistema e da segurança da água para uso humano e animal. Ela é determinada pela presença e quantidade de substâncias químicas, nutrientes e microorganismos na água (CETESB; São Paulo, 2020).

A avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade de águas superficiais é uma ferramenta importante para a gestão dos recursos hídricos. No Brasil, o estabelecimento de referencial de qualidade para esses parâmetros tem sido uma importante ferramenta para avaliar a condição de qualidade das águas (TUNDISI *et al.*, 2008, GALLI; ABE, 2010). No entanto, ainda são escassos os estudos que relacionam as condições de qualidade verificadas nos corpos d'água com os diferentes usos do solo nas bacias de contribuição dos pontos avaliados, especialmente para as microbacias urbanas que contém nascente (DA SILVA, *et al.*, 2017; FIGUR e REIS, 2017; DE-CARLI *et al.*, 2018; DOS SANTOS *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Existem vários indicadores utilizados para avaliar a qualidade das águas superficiais. Entre os mais utilizados estão o: Índice de Qualidade da Água (IQA), indicador que avalia a qualidade da água com base em parâmetros físicos, químicos e biológicos; Índice de Avaliação da Qualidade das Águas (IAV), indicador que avalia a qualidade da água com base em parâmetros físicos, químicos e biológicos, mas com ênfase na presença de substâncias tóxicas e poluentes orgânicos persistentes, e também existem métodos mais simplificados, como aquele proposto pelo The Nature Conservancy (TNC), uma organização não governamental que avalia qualidade, com base em três parâmetros: turbidez, cor e odor (CETESB; São Paulo, 2020). Além desses, existem outros indicadores que podem ser utilizados para avaliar a qualidade das águas superficiais, dependendo das características da região e dos recursos disponíveis para a avaliação. É importante lembrar que a avaliação da qualidade da água deve ser realizada periodicamente e de forma abrangente, considerando todos os parâmetros relevantes para a região em questão (ALMEIDA, 2016).

A qualidade das águas superficiais, na região de estudada, tem sido monitorada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb). De acordo com os dados mais recentes disponíveis, a qualidade da água do rio Paraíba do Sul na região de São José dos Campos é considerada ruim, com altos níveis de poluição por esgotos domésticos, resíduos industriais e agrotóxicos. A situação é ainda pior em seus afluentes, como o rio Jaguari, que apresenta altos níveis de coliformes fecais e outros poluentes. O monitoramento contínuo da qualidade da água em escala territorial mais próxima das atividades humanas no território, a microbacia, é essencial para a gestão sustentável dos recursos hídricos na região (CETESB; São Paulo, 2020).

A realização de estudos de casos em microbacias é relevante para o desenvolvimento de estratégias de gestão integrada dos recursos hídricos e território em bacias hidrográficas urbanas. As nascentes são pontos críticos no sistema hidrológico e sua proteção e recuperação são fundamentais para a manutenção da qualidade da

água, para garantir a disponibilidade hídrica futura. Além disso, a pesquisa pode ajudar a identificar as principais pressões sobre as nascentes e a qualidade da água, o que pode subsidiar ações de gestão ambiental mais eficazes (RIBEIRO, 2003). Com ess

Em São José dos Campos, foi criado pelo poder público o Programa de Revitalização de Nascentes (PRN), no ano de 2006, com o objetivo restaurar e preservar as nascentes localizadas em áreas urbanas do município. Trata-se de uma política pública, motivada e mobilizada por rede de atores sociais locais, cuja criação foi justificativa como medida de atenuação das condições de qualidade da água do rio Paraíba do Sul e seus afluentes. O programa abarca ações de restauração florestal, educação ambiental e análises da condição de qualidade das águas desses pontos de afloramento de águas. No entanto, considerada a inexistência de efetivo monitoramento, os dados de qualidade de águas encontrados são espessos e não permitem inferir a eficácia dessa política pública. Em vista disso, esse trabalho foi conduzido para contribuir com a gestão do território local e para nortear o desenvolvimento de plano de monitoramento, de baixo custo, para avaliação de qualidade de águas para microbacias urbanas.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Analisar as potenciais correlações entre as transformações do uso e ocupação em microbacias urbanas e suas consequências para a qualidade das águas superficiais em microbacias com nascentes. Estudo de caso realizado no município de São José dos Campos (SP).

Objetivos específicos

- A. Identificar os usos e ocupação do solo em microbacias urbanas contribuintes de nascentes;
- B. Avaliar a condição de qualidade de águas superficiais em nascentes em diferentes períodos, por meio de parâmetros físico-químicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente projeto é um estudo de caso com dados quanti-qualitativos (MARTINS, 2008), realizado no município de São José dos Campos em quatro nascentes urbanas, pertencentes ao PRN, localizadas em distintas regiões geográficas: Alto de Santana - Norte, Jardim Satélite (A) - Sul, Vista Verde - Leste e Portal da Serra - Oeste.

O mapeamento das sub-bacias hidrográficas contribuintes em cada nascente foi realizado através do *software ArcGIS*, com uso de dados e *shapefiles* disponibilizados pela Secretaria de Urbanismo e Sustentabilidade do município. A definição do período de tempo analisado em cada área considera o início das ações de reflorestamento documentadas pela prefeitura, abrangendo as transformações advindas das ações do PRN, para as nascentes estudadas. O uso e ocupação nos territórios das microbacias foi analisado por meio da metodologia LUI (OMETO, *et al.*, 2000), considerando a quantificação identificada de uso por área estudada e diferentes pesos para cada tipo de uso observado, com áreas de características antrópicas possuindo maiores classificações.

As amostras de água de cada nascente foram coletadas em diferentes estações, no período de um ano, para ser possível a consideração das variáveis climáticas, alteradas pela sazonalidade, e suas implicações nos resultados. Os dados meteorológicos foram obtidos por meio de consulta ao banco de dados de monitoramento realizado por instituições como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), no território municipal. Os parâmetros de qualidade de água avaliados foram: temperatura, pH, turbidez e oxigênio dissolvido. As análises foram realizadas conforme as diretrizes de Normas Brasileiras Técnicas e resoluções da CETESB, conforme mostrado na Tabela 01.

pH	ABNT NBR 7353/2014
Turbidez	CETESB L5.156/1978
Oxigênio Dissolvido	NBR 11958/1989

Tabela 1: Síntese das normas e diretrizes utilizadas para análise dos parâmetros avaliados.

Os resultados das condições de qualidade da água verificados foram sistematizados e discutidos a partir da referência de qualidade estabelecida pela Resolução CONAMA nº357/2005, para águas superficiais doces da classe 1. As condições observadas pelos resultados de qualidade de água foram associadas às transformações de uso e ocupação do solo determinadas previamente para cada uma das microbacias.

RESULTADOS OBTIDOS

As quatro nascentes urbanas que foram estudadas, assim como os pontos de amostragem com suas respectivas coordenadas geográficas, estão mostrados na Figura 1. A partir da Figura 2 é possível identificar as microbacias a que essas nascentes pertencem.

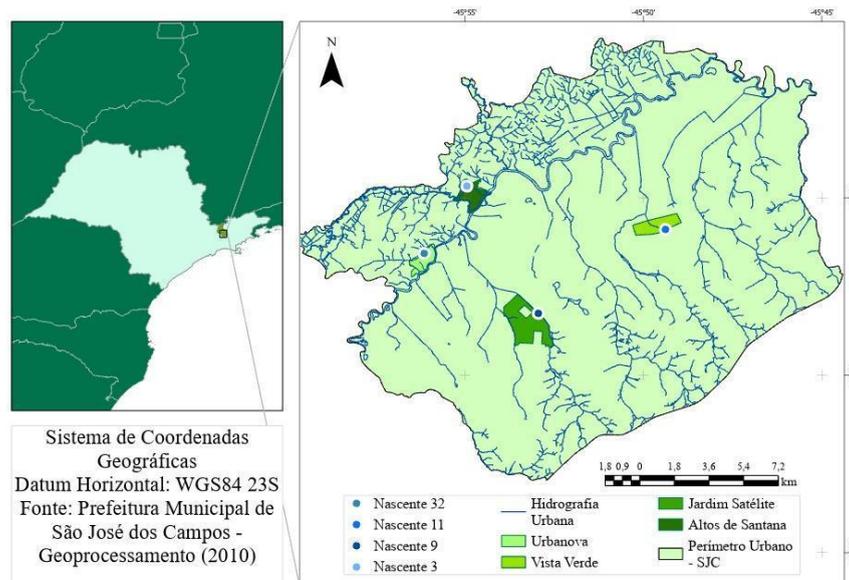


Figura 1- Mapa de localização das nascentes estudadas, localizadas no município de São José dos Campos (SP).

Fonte: Autoral

Microbacias das Nascentes

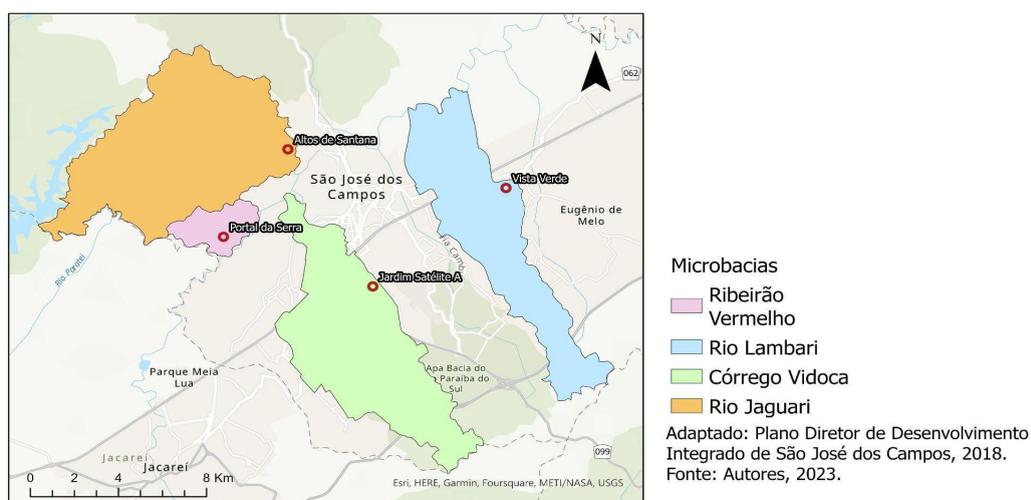


Figura 2- Mapa de identificação das Microbacias das Nascentes.

Fonte: Autoral

O mapa de uso e ocupação do solo e hidrografia no município de São José dos Campos, foi realizado primeiramente para o ano de 2010, com enfoque no perímetro urbano, sendo classificados os corpos hídricos, pastagem, área urbana, vegetação e área industrial (Figura 3).

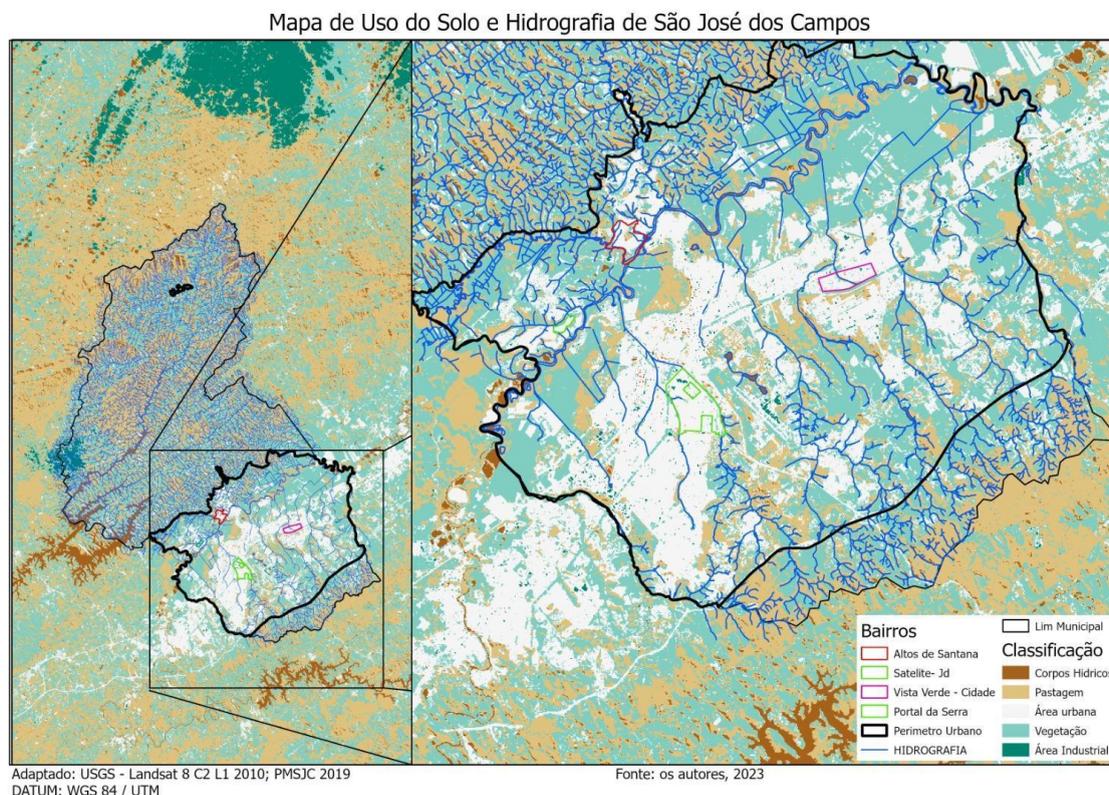


Figura 3 - Mapa de Uso do Solo e Hidrografia de São José dos Campos

Fonte: Autoral

As mudanças no uso e cobertura do solo em microbacias podem ter um impacto significativo nos ecossistemas e na qualidade dos recursos hídricos em uma determinada área geográfica. Essas mudanças podem ocorrer devido a várias causas, incluindo a urbanização, a expansão agrícola, a exploração madeireira, entre outras atividades humanas. Para monitorar e entender essas mudanças, foram realizados estudos de monitoramento e mapeamento da cobertura do solo nas microbacias por meio de técnicas de sensoriamento remoto, como imagens de satélite, que permitiram analisar de forma abrangente as mudanças na cobertura do solo no período de 2010 a 2021. Os resultados obtidos podem ser observados na Figura 4.

Para o período analisado, não foi possível identificar grandes modificações quanto ao uso e ocupação do solo nas microbacias, visto que a cidade, que é um dos principais centros urbanos do Vale do Paraíba, vem passando por um intenso processo de urbanização desde a década de 1960, já estava em grande parte consolidada nos perímetros e período estudado. Além disso, o Programa de Revitalização de Nascentes, promovido pelo município, atua diretamente nessas áreas desde 2006, o que também pode estar relacionado à conservação dessas áreas.

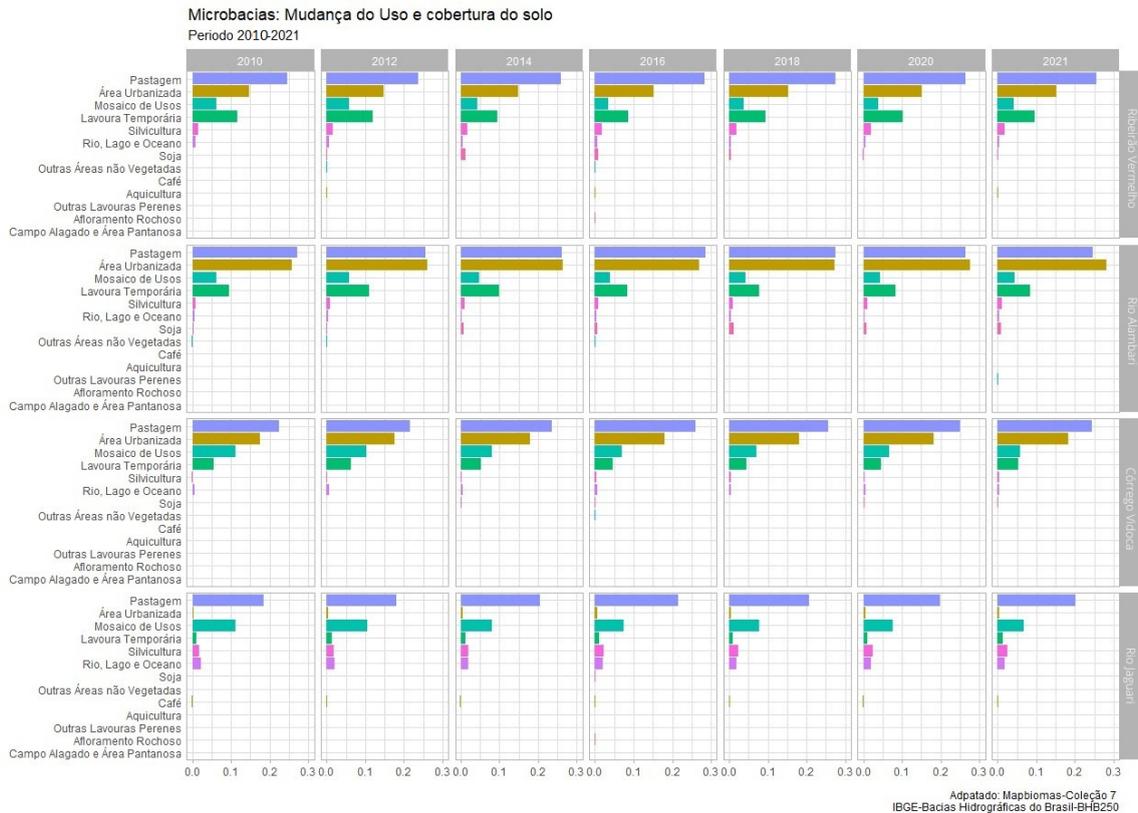


Figura 4 - Análise temporal de uso e cobertura do solo nas microbacias.

Fonte: Autoral

Dentre as classes analisadas, a que obteve maior destaque foi a de mosaico de uso, que descreve as áreas compostas por diferentes tipos de uso da terra na mesma região. Os resultados obtidos apontaram para uma diminuição dessas áreas nas microbacias, isso ocorre quando há uma homogeneização do uso do solo na região, ou seja, quando uma área que antes apresentava diferentes tipos de uso, como áreas agrícolas, de pastagem, florestas e áreas urbanas, passa a ter predominantemente um único tipo de uso.

Essa redução do mosaico de uso pode ser causada por diversos fatores, como a expansão urbana desordenada, a intensificação da agricultura e pecuária em detrimento de outras atividades, o desmatamento e a supressão de áreas naturais, entre outros, o que pode trazer consequências negativas para o meio ambiente e para a sociedade, como a redução da biodiversidade, a perda de serviços ecossistêmicos, como a regulação do clima e o controle de enchentes, e o aumento da vulnerabilidade a desastres naturais.

Estudos têm demonstrado que a urbanização e a intensificação do uso do solo podem levar a uma redução significativa na qualidade da água em nascentes. Estudo realizado por Loureiro *et al.* (2016), realizado no Brasil, analisou a qualidade da água em nascentes urbanas e rurais e constatou que a presença de nitratos, fosfatos e coliformes fecais na água estava diretamente relacionada ao grau de urbanização e uso do solo ao redor das nascentes. Maldonado *et al.* (2019) demonstraram que a implementação de práticas de conservação do solo e da água, como a construção de terraços e a revegetação, resultou em uma melhoria significativa na qualidade da água em nascentes.

De acordo com a prefeitura do município em estudo, foram plantadas 700, 800, 1800 e 1350 mudas em Altos de Santana, Jardim Satélite, Vista Verde e Portal da Serra, respectivamente. No entanto, durante a visita de campo e análise das imagens, foi possível verificar que o desenvolvimento das mudas não atingiu as expectativas de restauração florestal, especialmente se considerado o número de mudas plantadas e os percentuais de acréscimo florestal reportados por Sundfeld *et al.* (2021). É possível que a manutenção inadequada das áreas possa ter prejudicado o crescimento das mudas. Para garantir o sucesso do plantio, é imprescindível realizar a manutenção e monitoramento das áreas (ALMEIDA, 2016). A Figura 5 apresenta as

características das nascentes estudadas. Por meio delas é possível verificar que há diversidade de afloramento, condição de manejo e de restauração nas áreas estudadas.

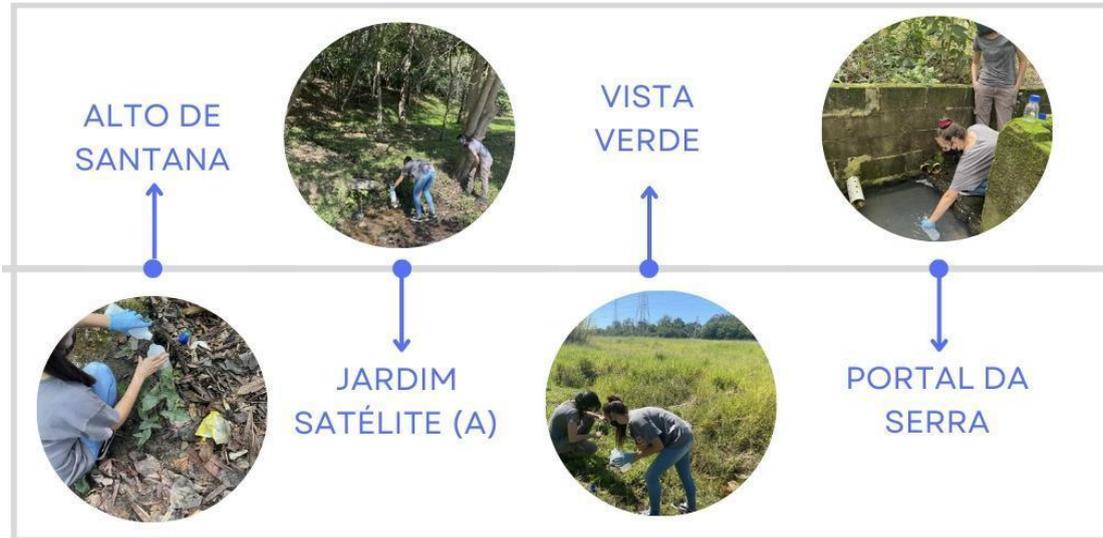


Figura 5 - Imagens registradas durante as coletas das quatro nascentes.

Fonte: Autoral

Para propiciar a realização das análises das condições de qualidade das águas, as coletas das amostras foram iniciadas em março de 2022 e finalizadas em fevereiro de 2023, totalizando quatro coletas em cada nascente. O hidrograma, apresentado na Figura 4, que permite visualizar o comportamento das chuvas durante as diferentes épocas no município estudado, foi utilizado para a definição das datas de realização das coletas. Por meio desse hidrograma é possível observar que o Outono se inicia no começo do mês de abril e representa uma estação considerada de transição entre o verão quente e úmido e o inverno frio e seco onde as chuvas são mais escassas.

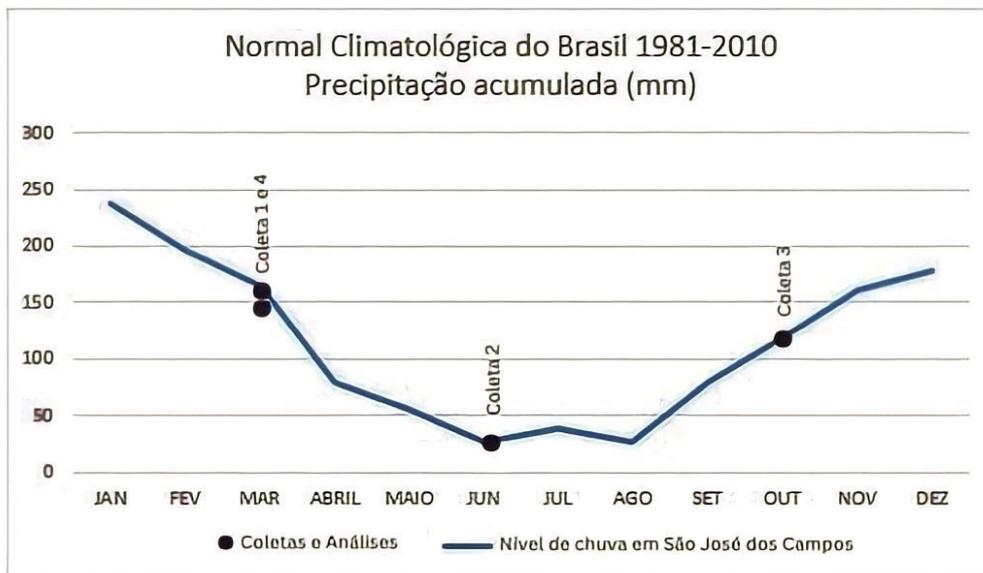


Figura 6 - Hidrograma de São José dos Campos

Fonte: INMET

QUALIDADE DAS ÁGUAS

A partir dos resultados de temperatura das águas das nascentes estudadas, mostrados na Figura 7, pode-se observar que, apesar de estarem localizadas no mesmo município, há diferença na temperatura das águas para as nascentes estudadas e entre as diferentes condições climáticas. Os dados verificados estão entre 20 e 27 °C, valores superiores àqueles reportados por Oliveira *et al.* (2009), que afirma que as temperaturas médias das águas nos meses mais frios atingem 17 - 19°C, enquanto no verão variam entre 23°C e 24°C. Em geral, a temperatura da água tende a ser mais constante do que a temperatura ambiente, pois a água tem uma capacidade muito maior de armazenar calor. No entanto, a temperatura da água pode ser afetada por fatores como profundidade, exposição à luz solar, correntes, etc.

Isto foi observado nos pontos Portal da Serra e Alto de Santana durante a coleta 1, e também nos pontos Portal da Serra e Alto de Santana durante a coleta 2, visto que as temperaturas se apresentaram superiores e acima das médias para o período, em especial o período de inverno. Os valores obtidos podem ser observados através da Figura 7.

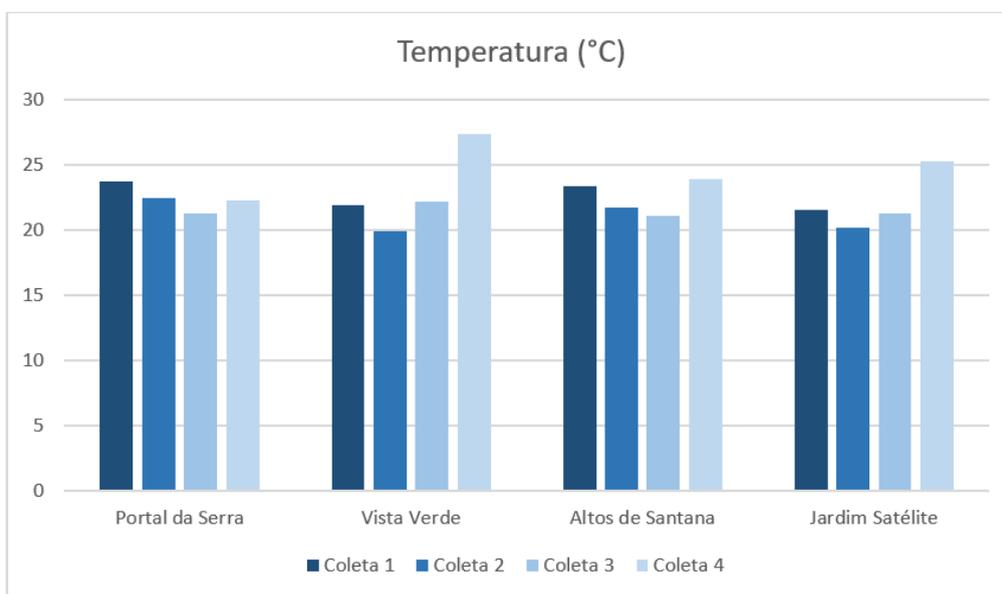


Figura 7 - Valores de temperatura das águas ao longo das coletas realizadas em relação a temperatura do ambiente.

Os valores das médias de pH verificados nessa pesquisa estão apresentados na Figura 8, que mostra que há pequena variação entre as microbacias estudadas e entre os diferentes períodos do ano, sendo possível também observar que as águas são levemente ácidas. De acordo com a Resolução Conama 357/05, a faixa de pH para águas doces superficiais varia de 6 a 9. Em relação aos pontos Portal da Serra e Jardim Satélite, em que as médias das análises apresentaram valores de pH inferiores a 6, infere-se que isso esteja relacionado à constituição do solo e à presença de vegetação no entorno (RIBEIRO, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2018; VARGAS *et al.*, 2015).

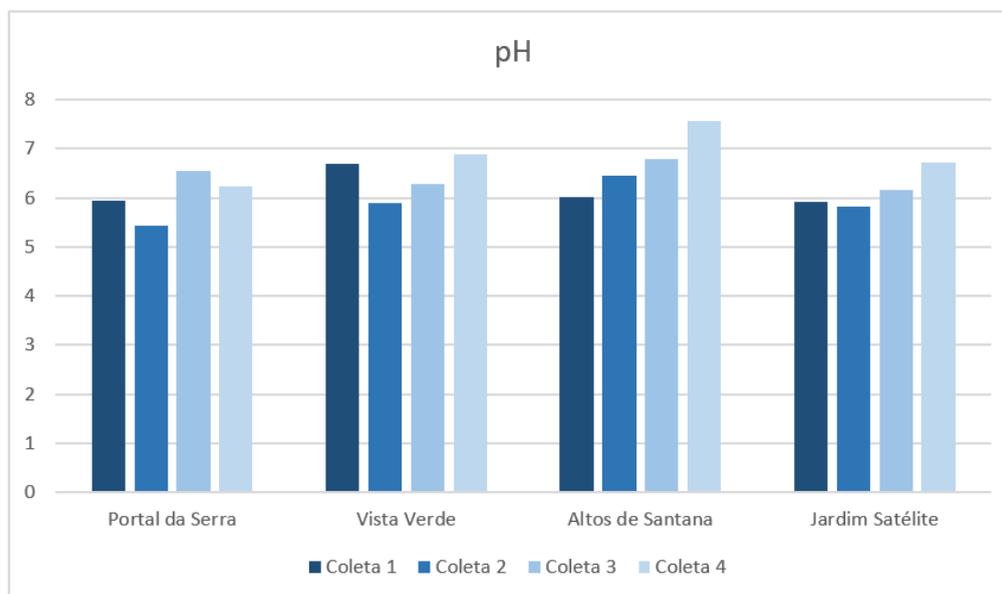


Figura 8 - Valores de pH nas águas das nascentes.

A concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) varia em águas superficiais e possui correlação com a temperatura da água e a pressão atmosférica (JORDÃO *et.al.*, 2007). De forma natural, em afloramentos de águas, as concentrações de OD podem ser reduzidas, pois as mesmas dependem do contato com a atmosfera para realizar trocas gasosas. A concentração de OD também pode ser reduzida em decorrência da presença de matéria orgânica em águas, que pode ocorrer devido às fontes antrópicas como o lançamento de esgotos, resíduos e também por fontes naturais, como a elevada presença de vegetação e turfas. Na Figura 9. Tais valores podem estar relacionados às variações climáticas, tais como períodos chuvosos, que tendem a aumentar os níveis de OD, ou ainda ou à caracterização do território do entorno da nascente. Pode-se observar que os valores de OD verificados neste estudo. Destaca-se que, mesmo as coletas tendo sido realizadas na proximidade dos afloramentos dessas microbacias, grande parte das concentrações de Oxigênio Dissolvido foram superiores à 6 mg/l, limite estabelecido pela resolução do CONAMA 357/2005, para águas de classe I.

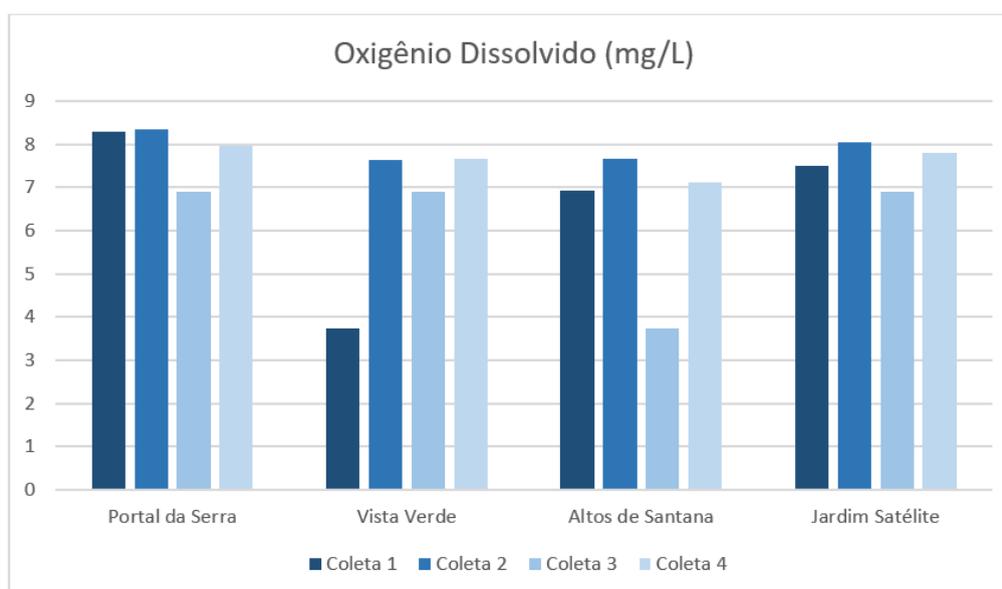


Figura 9 - Concentração de Oxigênio Dissolvido nas nascentes.

Outro parâmetro físico relacionado com a qualidade de um corpo d'água é a turbidez, visto que o lançamento de esgoto doméstico, a falta de vegetação e os processos erosivos favorecem o aumento de seus valores na água (OLIVEIRA *et. al.*, 2018). Seus níveis ainda podem aumentar durante as estações chuvosas e geralmente são baixos em águas mais calmas devido ao processo de decantação (DOS SANTOS *et. al.*, 2018). Na Figura 10, é possível observar que os valores de turbidez verificados neste estudo se apresentam maiores para a coleta 3, realizada em período seco, e menores para coleta 1, realizada em período chuvoso. Esses resultados podem significar que as fontes poluidoras que conferem turbidez a essas águas devem estar relacionadas a fontes de poluição fixas contínuas, e não ao carreamento de partículas depositadas na superfície do solo ou depositadas por precipitação úmida nas microbacias estudadas.

Segundo a Resolução CONAMA 357/05, para as águas doces de classes 1 e 2, o valor da turbidez não deve ultrapassar 40 UNT. Vale destacar que todos os valores de turbidez observados no período amostrado são inferiores ao referencial de qualidade para a classe 1.

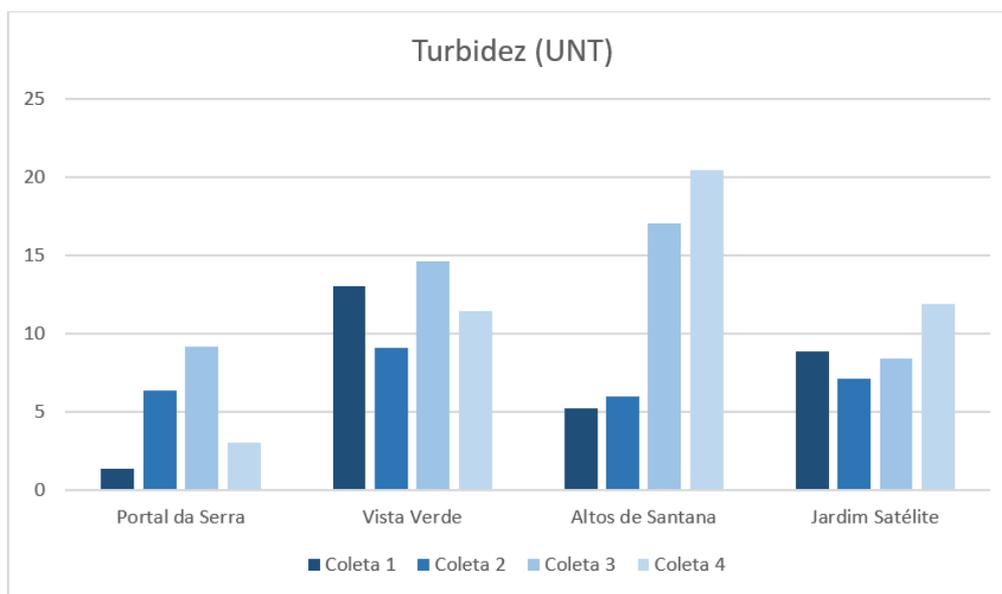


Figura 10 - Valores de turbidez nas nascentes.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A nascente Portal da Serra é a única que possui uma vegetação arbórea de grande proporção em seu entorno superior a 80% em sua área de preservação permanente (APP) (Sundfeld *et al.*, 2021). Essa nascente possui águas com pH inferior às demais e ao padrão da classe 1, mas as concentrações de OD e de turbidez nelas verificadas demonstram que a qualidade de suas águas é boa. Destaca-se que, considerando a inexistência de fontes poluidoras e o isolamento e proteção da APP, é mister inferir que os baixos valores de pH sejam decorrentes dos solos da região ou do processo de decomposição natural da vegetação da APP da nascente. Os arredores da nascente são frequentados por habitantes locais e foi observada quantidade não significativa de resíduos sólidos na área.

A nascente localizada no bairro Jardim Satélite possui mais de 15% de sua APP urbanizada (Sundfeld *et al.*, 2021), no entanto, a boa qualidade de águas ali observada pode ser decorrente da presença de vegetação arbórea e rasteira no restante da APP. Destaca-se que, de acordo com relatos de moradores, a despeito da inexistência de controle de qualidade das águas da nascente, a população que vive nos arredores consome a água que ali aflora. Destaca-se que neste ponto foi observada uma queda d'água que acaba movimentando-a e aumentando o seu teor de oxigênio. Também foi possível observar a baixa presença de resíduos nos arredores da nascente que devem estar associados às atividades de lazer da comunidade.

No ponto de coleta da nascente Vista Verde, foi verificada a presença de vegetação rasteira e solo exposto em cerca de quase 90% da área. Destaca-se que a área é *non aedificandi* de linha de transmissão da EDP

Bandeirantes, concessionária de energia da região e que por essa razão não foi restaurada com vegetação de porte arbóreo. No entorno do ponto de coleta há infraestrutura recreacional pública e há previsão de realização de obras de infraestrutura rodoviária. Durante o período da pesquisa, foi observada a presença de resíduos no entorno do ponto de coleta. A despeito de ser essa a nascente com valores de pH mais próximos daqueles referidos pelo CONAMA, foi aferido valor de OD no período seco inferior aos limites referenciados para a classe 1 do CONAMA e maiores valores de turbidez nas águas, quando equiparados com aqueles verificados nas demais nascentes. A ausência de cobertura florestal no entorno do corpo hídrico, pode justificar a sua maior susceptibilidade às variações climáticas.

Nas águas da nascente de Altos de Santana foi verificada a maior concentração de turbidez da pesquisa, mesmo sendo esses ainda inferiores aos limites referenciais da classe 1 do CONAMA. Por se tratar de uma nascente que possui cerca de 50% de área urbanizada e de que também foi verificado de OD abaixo do padrão da classe 1, é possível inferir que a poluição das águas decorre de ações antrópicas na APP da nascente. No entorno da nascente foram verificados resíduos abandonados tanto por moradores das redondezas como por moradores de rua, que se instalaram nas matas ao redor da nascente e lançam seus dejetos diretamente nas águas.

CONCLUSÕES

As transformações do uso e ocupação do solo no entorno das nascentes têm um impacto significativo na qualidade de suas águas. Nas áreas urbanas, a pressão por espaço e a necessidade de desenvolvimento podem levar à ocupação de áreas próximas às nascentes, incluindo a instalação de edifícios, ruas e outras infraestruturas, o que pode levar à impermeabilização do solo e alteração da dinâmica hídrica local. Essas transformações podem levar a uma série de consequências negativas para a qualidade da água, incluindo a contaminação por poluentes, como metais pesados, pesticidas, esgoto e outros resíduos orgânicos e inorgânicos, bem como a redução na quantidade e qualidade da água disponível em nascentes.

Este estudo avaliou a qualidade de água de quatro nascentes urbanas localizadas em microbacias de diferentes macroregiões do município de São José dos Campos. Por se tratar de um estudo longitudinal, que avalia a qualidade em diferentes condições climatológicas e irá correlacionar a condição de qualidade observada aos usos do solo na microbacia de inserção de cada uma das nascentes, é mister afirmar que o mesmo contribuirá para o entendimento das correlações entre o uso antrópico e os recursos naturais.

O estudo destaca a importância da gestão integrada dos recursos hídricos em bacias hidrográficas urbanas, especialmente em relação à proteção e recuperação das nascentes e à avaliação da qualidade da água. A pesquisa realizada neste estudo de caso pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias de gestão mais eficazes e para aprimorar a implementação de políticas públicas em relação aos recursos hídricos nas áreas urbanas.

Como conclusão preliminar destaca-se a necessidade de adoção de medidas preventivas como proteção e recuperação de matas ciliares, coleta e tratamento de esgoto em todas as áreas analisadas, educação ambiental com foco em gestão de resíduos sólidos urbanos, que certamente contribuirão para a melhoria da qualidade ambiental das regiões em que cada nascente se encontra. Por fim, espera-se que os resultados desta pesquisa contribuam para o planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos e subsidiar informações para trabalhos futuros nas áreas estudadas do município de São José dos Campos.

AGRADECIMENTOS

Esse projeto possui o financiamento da Coordenação de Permanência Estudantil – COPE(UNESP), que financiou a bolsa de pesquisa da autora principal. Agradecemos a SEURB (SJC) pelo apoio ao projeto, à PROGRAD/UNESP pelo auxílio para participação no evento (Edital 05/2023) e ao ICT/UNESP pela concessão do transporte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional de Águas (ANA). Panorama de Qualidade de Águas Superficiais no Brasil. Brasil: Brasília, 2005.

2. ALMEIDA, DS. Manutenção de projetos de recuperação ambiental. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica. 3rd ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 160-168. ISBN 978-85- 7455-440-2.
3. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. Brasil: São Paulo, 2020.
4. DA SILVA, M. A., VARGAS, R. R., SAAD, A. R., ROSSINI, E. F., De QUEIROZ, W. Reflexos do uso da terra na qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Córrego Taboão, Guarulhos (SP). Revista Geociências-UNG-Ser. 2017;
5. DE-CARLI B.P.; De Souza J. C.; De Sousa J. A. P.; Shoegima T. F.; Barreiro M. D. P. R.; Dutra A.C.; De 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, 2018;
6. DOS SANTOS, S. A., GASTALDINI, M. D. C. C., PIVETTA, G. G., & SCHMIDT FILHO, O. Avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica urbana Cancela-Tamandaí, Santa Maria/RS. Soc. Nat. 2018;
7. FIGUR, C.; REIS, J. T. A influência do uso e cobertura da terra nos parâmetros da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Abaúna, em Getúlio Vargas, RS. Ciência e Natura. 2017;
8. GALLI, C. C., ABE, D. S. Disponibilidade, Poluição e Eutrofização das Águas. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUEWSTUHL, M. C. B. (orgs.). Águas do Brasil: análises estratégicas, 2010;
9. JORDÃO, C. P.; RIBEIRO, P. R. S.; MATOS, A. T.; FERNANDES, R. B. A. Aquatic contamination of the turvo limpo river basin at the Minas Gerais state, Brazil. Journal of Brazilian Chemistry Society, 2007;
10. Loureiro, M. L., et al. (2016). "Qualidade da água de nascentes urbanas e rurais na região metropolitana de Curitiba." Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 20(10): 902-907.
11. Maldonado, M. B., et al. (2019). "Ecosystem restoration on small water sources: effects on water quality and quantity in the Andean páramo." Restoration Ecology 27(6): 1269-1278.
12. MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; NOBRE, C. A. Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. Águas do Brasil: Análises Estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 201-15.
13. MARTINS, Gilberto Andrade. Estudo de caso: Uma Reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil. Revista de Contabilidade e Organizações,
14. MELLO, KARINE DE. Desmatamento, expansão agrícola, crescimento urbano e mineração afetam a qualidade da água nos rios brasileiros. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2020.
15. OLIVEIRA, E. C.; COSTA, K. U. D.; REIS, W. D.; SANTOS, A. A.; SILVA, W. T. P. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade da água superficial em uma microbacia urbana. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, 2018;
16. RIBEIRO, T. F. B. Reflexos do Uso da terra na Avaliação da Poluição Hídrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Lavras, Guarulhos – SP. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2016;
17. RIBEIRO, H.K.S. Avaliação de Desempenho Ambiental em Estações de Tratamento de Água, Universidade de Brasília. Brasília, 2003.
18. Rodrigues, R.B. SSD RB – Sistema de suporte a decisão proposto para a gestão quali-quantitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água. São Paulo, 2005. 155p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.
19. SAGA - System for Automated Geoscientific Analyses. Available from: www.laserdata.at, Sect. 3.2
20. SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de São José dos Campos. 2018. Disponível em: <http://planodiretor.sjc.sp.gov.br/home>. Acesso em 3 de junho de 2022.
21. SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C.. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. Eng. Sanit. Ambient. 2014;19(3):263-274.
22. TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas: Desenvolvimento Urbano. Instituto de pesquisa Hidráulica-UFRGS. 22 (63):107, 2008.
23. TUCCI, C. E. M. Urbanização e Recursos Hídricos, in C. E. M. Bicudo; J. G. Tundisi; M. C. B. Scheuenstuhl (orgs.). Águas do Brasil: Análises Estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010, pp. 113-32.
24. TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D. C.; LUZIA, A.P.; Von HAELING, P.H.; FROLLINI, E.H. A bacia hidrográfica do Tiete-Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. Estud. av. [Internet]. 2008;
25. VARGAS R. R.; SAAD A.R.; DALMAS F.B.; ROSA A.; ARRUDA R.O.M.; MESQUITA M.V.; ANDRADE M.R.M. Water Quality Assessment in the Córrego Taquara do Reino Hydrographic Basin, Guarulhos Municipality (São Paulo State - Brazil): Effects of Environmental Degradation. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ [Internet]. 2015 [cited 2018 sep 20];