

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE QUANTITATIVA DE RECURSOS HIDRÍDICOS DE UMA SUB-BACIA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO - SP

Rafael Ronconi Bezerra¹; Rodrigo Ferreira Resende²; Tainá Sinhorini³; Katia Sakihama Ventura⁴; Marcos Roberto Benso⁵; Maria Clara Fava⁶; Cristiane Bueno⁷ & Anaí Floriano Vasconcelos⁸

Abstract: Efficient water resource management requires technical tools that spatially assess the balance between water availability and demand within hydrographic basins. This study applied the IDHS and IDHS-JM indicators in the São José do Rio Preto Watershed (SP), using water permit data from the SPÁguas system and reference flow values (Q95). The methodology followed the guidelines of the ZAP Methodology (2023) and was implemented in a GIS environment. Results show that although most watercourse segments have low water stress (level 1), there are significant occurrences of levels 3 and 4, especially in urban and agricultural areas. The IDHS-JM analysis revealed increased downstream pressure, reducing the feasibility of new upstream permits. The generated maps support water planning and governance, highlighting critical areas that require attention. The study emphasizes the importance of integrated approaches in water management, as well as the continuous updating of databases and decision-support tools.

Keywords - Water resources management; Water use concession; Water sustainability.

Resumo: A gestão eficiente dos recursos hídricos exige instrumentos técnicos que permitam avaliar a relação entre oferta e demanda de água em bacias hidrográficas de forma espacializada. Este estudo aplicou os indicadores IDHS e IDHS-JM na Bacia Hidrográfica de São José do Rio Preto (SP), utilizando dados de outorgas obtidos no sistema SPÁguas e informações de vazão de referência (Q95). A metodologia foi baseada nos critérios da Metodologia ZAP (2023) e implementada em ambiente SIG. Os resultados evidenciam que, embora a maioria dos trechos apresente baixa pressão hídrica (nível 1), há ocorrência significativa de trechos classificados nos níveis 3 e 4, sobretudo nas regiões urbanas e agrícolas. A análise do IDHS-JM revelou o agravamento da pressão hídrica a

¹ Universidade Federal de São Carlos (UFSCar): Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310, CEP 13565-905, São Carlos - SP, Brasil. Telefone: +55 (16) 3351-8111, rafael.bezerra@estudante.ufscar.br

² Universidade Federal de São Carlos (UFSCar): Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310, CEP 13565-905, São Carlos - SP, Brasil. Telefone: +55 (16) 3351-8111, rodrigo.ferreira@estudante.ufscar.br

³ Universidade Federal de São Carlos (UFSCar): Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310, CEP 13565-905, São Carlos - SP, Brasil. Telefone: +55 (16) 3351-8111, tainasinhorini@estudante.ufscar.br

⁴ Universidade Federal de São Carlos (UFSCar): Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310, CEP 13565-905, São Carlos - SP, Brasil. Telefone: +55 (16) 3351-8111, katiasv@ufscar.br

⁵ Universidade Federal de São Carlos (UFSCar): Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310, CEP 13565-905, São Carlos - SP, Brasil. Telefone: +55 (16) 3351-8111, marcosbenso@ufscar.br

⁶ Universidade Federal de São Carlos (UFSCar): Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310, CEP 13565-905, São Carlos - SP, Brasil. Telefone: +55 (16) 3351-8111, mcfava@ufscar.br

⁷ Universidade Federal de São Carlos (UFSCar): Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310, CEP 13565-905, São Carlos - SP, Brasil. Telefone: +55 (16) 98128-6432, cbueno@ufscar.br

⁸ Universidade Federal de São Carlos (UFSCar): Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310, CEP 13565-905, São Carlos - SP, Brasil. Telefone: +55 (16) 98109-6682, anai.vasconcelos@ufscar.br

jusante, comprometendo a viabilidade de novas outorgas a montante. Os mapas gerados oferecem subsídios para o planejamento e a governança dos recursos hídricos, apontando zonas críticas que requerem atenção. O estudo reforça a importância de abordagens integradas na gestão hídrica, bem como a necessidade de atualização contínua dos dados e ferramentas de suporte à decisão.

Palavras-Chave - Gestão de recursos hídricos; Outorga de uso da água; Sustentabilidade hídrica.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por recursos hídricos nas regiões urbanas impõe desafios significativos à gestão sustentável das bacias hidrográficas. Em municípios de médio e grande porte, como São José do Rio Preto (SP), a intensificação dos usos consuntivos voltados ao abastecimento público, irrigação e atividades produtivas amplia a pressão sobre os corpos d'água e evidencia a necessidade de ferramentas técnicas para avaliação da disponibilidade hídrica.

Esse cenário local reflete uma realidade nacional. O Brasil, apesar de deter cerca de 12% da disponibilidade mundial de água doce, apresenta uma distribuição espacial e temporal bastante desigual. Regiões como o Sudeste, onde está inserido o município de São José do Rio Preto, concentram grande parte da população e da atividade econômica, mas apenas uma pequena fração da disponibilidade hídrica nacional. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a expectativa é que o uso da água no país aumente cerca de 24% até 2030, alcançando um volume superior a 2,5 milhões de litros por segundo. Diante desse panorama, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), instituído pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), estabelece diretrizes para o uso múltiplo das águas, a gestão descentralizada e participativa e o enquadramento dos corpos hídricos segundo seus usos preponderantes.

Dentro desse contexto, instrumentos como a outorga de direito de uso da água e a cobrança pelo uso são essenciais para a garantia da alocação sustentável dos recursos hídricos. O uso de indicadores como o Índice de Demanda Hídrica Superficial (IDHS), calculado com base na razão entre a demanda outorgada e a vazão de referência Q95, constitui um instrumento estratégico de suporte à tomada de decisão. A partir de dados oficiais de órgãos como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2025) e o Sistema de Outorga Eletrônica do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE/SPÁguas, 2025), é possível aplicar o IDHS com rigor técnico e territorial. Adicionalmente, o reenquadramento dos trechos com base na relação entre jusante e montante (IDHS-JM) contribui para a identificação de trechos críticos, nos quais a pressão hídrica acumulada compromete a viabilidade de novas outorgas e reforça a importância de uma governança integrada dos recursos hídricos.

Este trabalho tem como objetivo aplicar a metodologia do IDHS na Bacia Hidrográfica de São José do Rio Preto (BH-SJRP), avaliando a distribuição espacial das demandas e apontando áreas de maior estresse hídrico, com vistas ao aprimoramento da gestão e da sustentabilidade dos usos múltiplos da água no território.

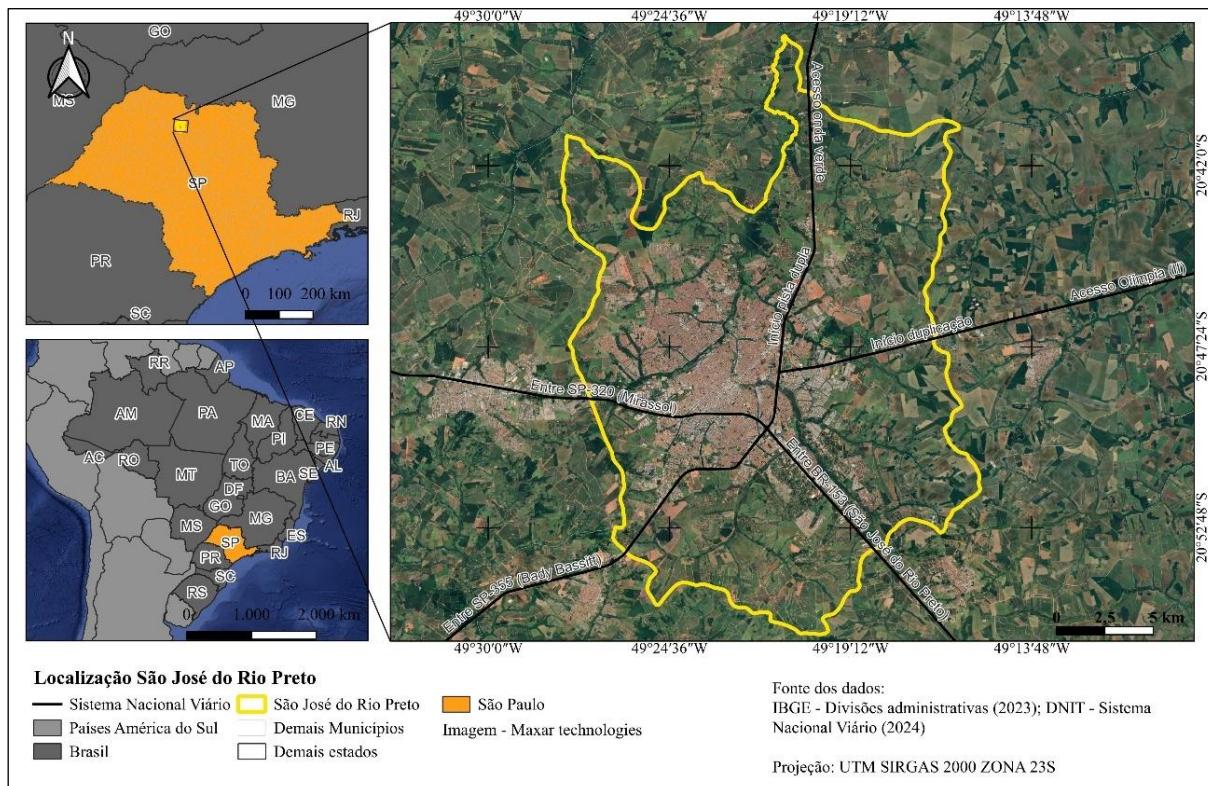
MATERIAL E MÉTODOS

Características gerais

São José do Rio Preto está situado no interior paulista a 442 km da capital do estado e é o município sede da Região Metropolitana do Noroeste Paulista. Reconhecido como um importante

entroncamento rodoviário, o município é atravessado pelas rodovias Transbrasiliana (BR-153), Washington Luís e Assis Chateaubriand. A figura 1 a seguir indica a localização da cidade.

Figura 1 – Localização do Município de São José do Rio Preto-SP.



Fonte: Elaborado pelos autores.

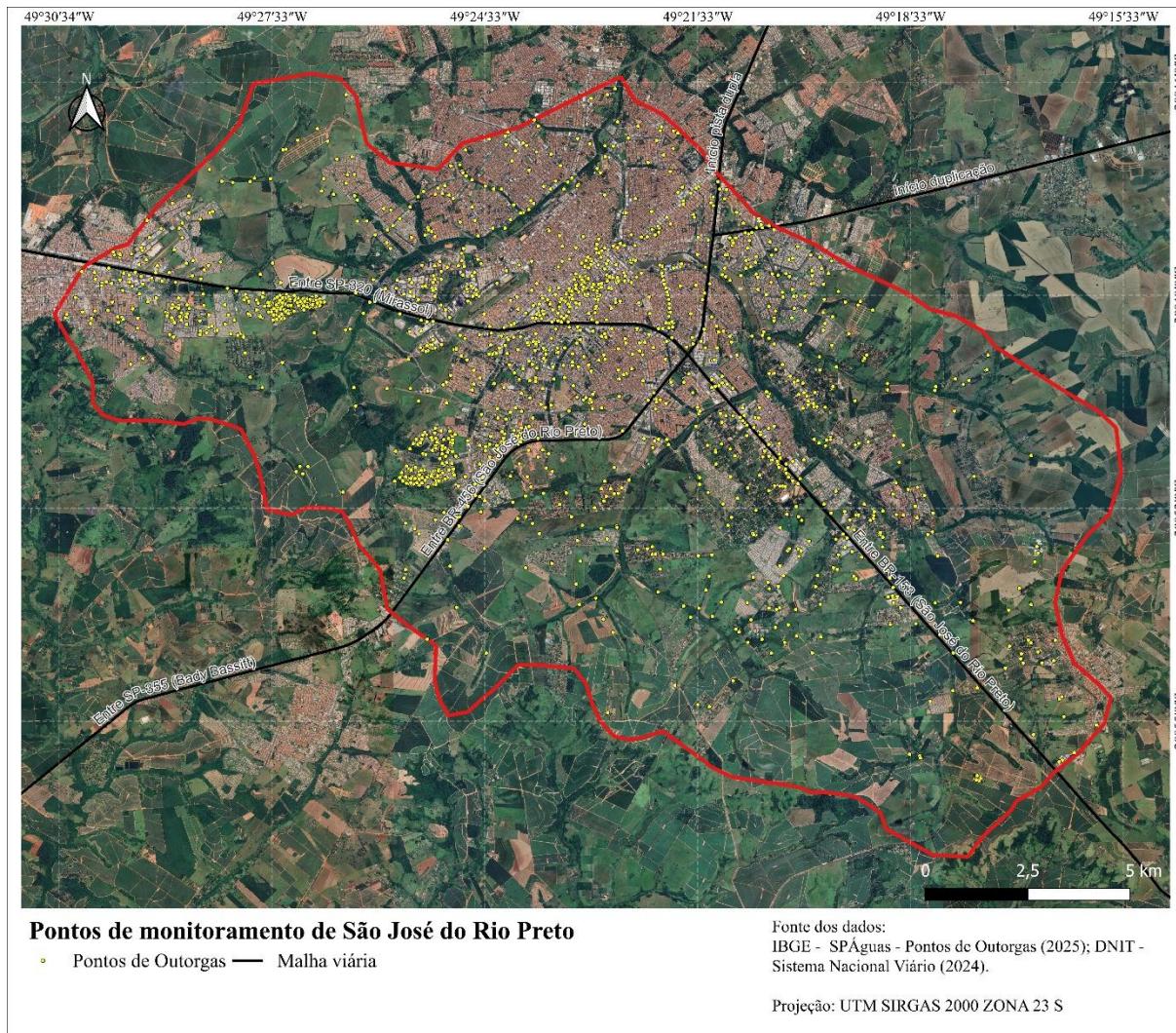
Ocupa uma área de 431,943 km² e tem população estimada em 2022, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 480.393 habitantes. Ainda segundo o IBGE (2021), R\$ 44.679,93 é o PIB per capita de Rio Preto.

A cidade é um dos principais polos industriais, culturais, educacionais e de serviços do interior de São Paulo. Sua história econômica esteve por muito tempo ligada à cafeicultura, também presente em grande parte do estado de São Paulo, principalmente no início do século 20.

Pontos de outorgas

Os pontos de outorgas disponibilizados no SPÁguas (2025) estão localizados conforme a figura 2 que segue.

Figura 2 – Localização dos pontos de outorgas no município de São José do Rio Preto.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Método quantitativo

Para o processamento de informações quantitativas dos cursos d'água que estão inseridos no perímetro municipal de São José do Rio Preto, fez-se a delimitação a partir da sobreposição dos cursos e do perímetro em ambiente computacional, por sua vez o software de código aberto QGis 3.34.8. Os dados vetoriais dos limites municipais foram obtidos junto ao IBGE – Geociências (2024) e da hidrografia junto à CETESB (2025).

Posteriormente à delimitação da Bacia Hidrográfica de São José do Rio Preto (BH – SJRP), fez-se a extração das outorgas de uso dos recursos hídricos obtidas junto ao SPÁguas (2025) que já disponibiliza, dentre outras informações, a Q95 e a demanda superficial, que serão utilizadas.

O cálculo do Índice de Demanda Hídrica Superficial (IDHS) foi realizado com base nos procedimentos estabelecidos pela Metodologia do Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) de Sub-Bacias Hidrográficas, conforme a 4^a edição publicada pela Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM, 2023). Essa metodologia é amplamente utilizada para diagnóstico de pressão

hídrica em bacias de pequeno e médio porte e segue princípios de gestão territorial aplicada aos recursos hídricos.

Em posse dos dados, delimitou-se os mesmos apenas para os usos consuntivos “Outorga de regularização de vazão”; “Outorga de captação direta” e “Outorga para extração de minério” para o cálculo do Índice de Demanda hídrica Superficial – IDHS, o qual foi obtido a partir da seguinte fórmula.

$$IDHS = \frac{Ds}{Qd} \quad (1)$$

Onde

Ds: Demanda total de água superficial (m^3/ano ou L/s); e

Qd: Disponibilidade hídrica superficial ($Q95$) (m^3/ano ou L/s).

Posterior ao cálculo do IDHS, fez-se o enquadramento dos trechos conforme a tabela 1 que segue.

Tabela 1 – Faixas de referência de IDHS para enquadramento dos trechos dos cursos d’água da BH – SJRP.

Nível	Faixa
1	$IDHS < 0,30*Q95$
2	$(0,30*Q95 \leq IDHS < 0,50*Q95)$
3	$(0,50*Q95 \leq IDHS < Q95)$
4	$IDHS \geq Q95$

Fonte: FEAM (2023).

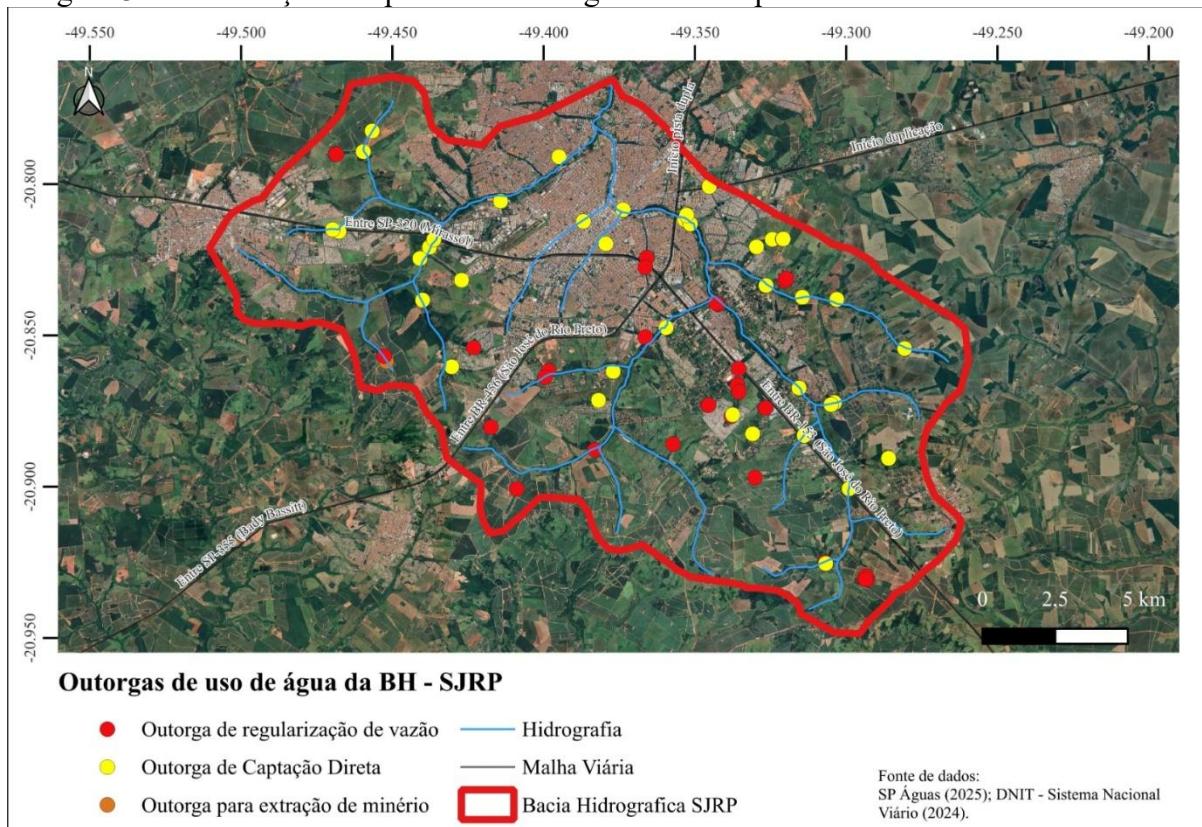
Após a obtenção do IDHS, utilizou-se como referência os trechos de jusante/montante para reenquadrar, caso necessário, os trechos de menores níveis, se porventura, o de jusante for de nível mais elevado. A partir desse processo obteve-se o IDHS-JM (jusante/montante).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultado quantitativo

Para os dados quantitativos foram gerados mapas que estão ilustrados nas figuras 3, 4 e 5 que seguem.

Figura 3 – Localização dos pontos de outorga no Município de São José do Rio Preto - SP.



Fonte: Elaborado pelos autores.

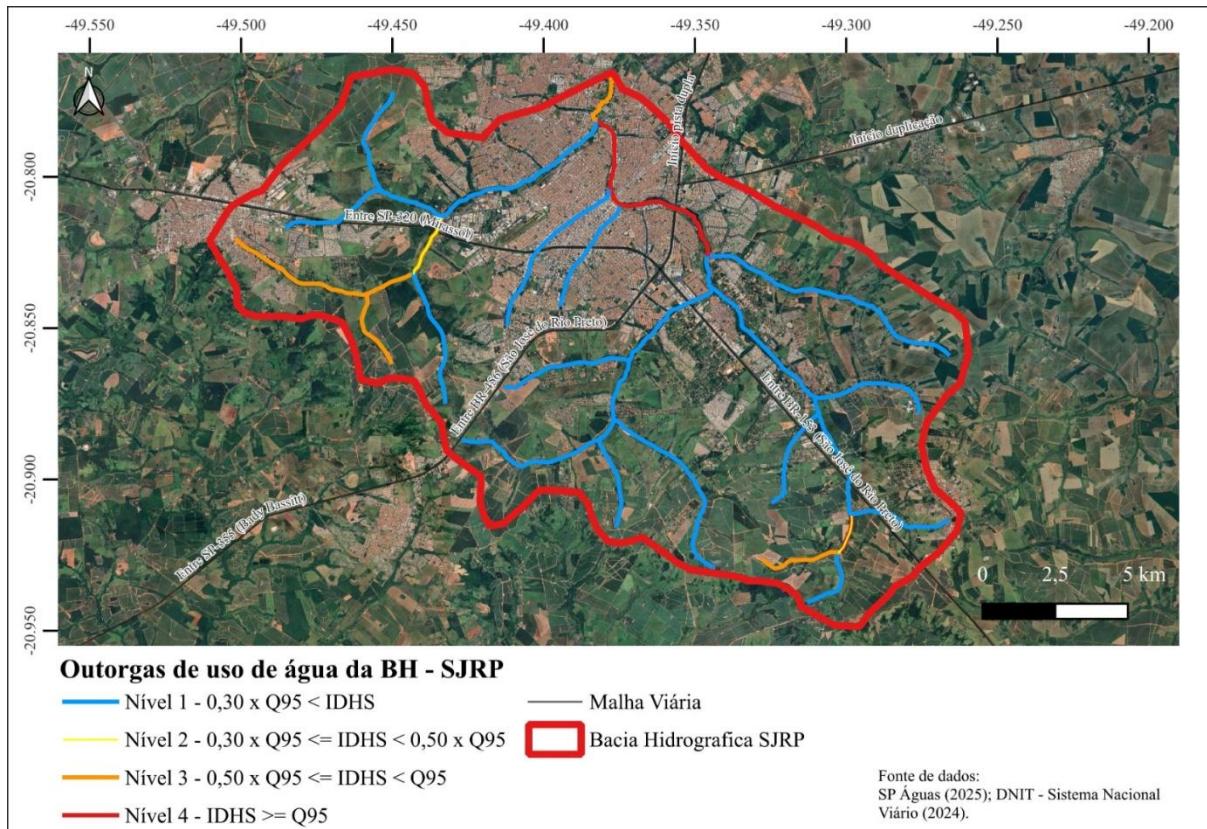
A análise espacial das outorgas de uso da água na Bacia Hidrográfica de São José do Rio Preto (BH-SJRP) permite citar uma distribuição heterogênea dos usos hídricos, evidenciando áreas com maior pressão sobre os corpos d'água, especialmente nas regiões centrais e marginais da bacia.

As outorgas de captação direta concentram-se em zonas urbanizadas e agrícolas, indicando uma forte demanda por recursos hídricos tanto para abastecimento humano quanto para usos produtivos, como irrigação. Já as outorgas de regularização de vazão estão distribuídas ao longo da rede hidrográfica, com destaque para os trechos em que os cursos d'água atravessam áreas de maior densidade urbana, sugerindo necessidade de controle e compensação de volumes captados ou lançados. A menor incidência de outorgas para extração mineral se dá nas bordas da bacia, refletindo a localização pontual dessas atividades.

Tal configuração retoma a importância de promover uma gestão integrada e intersetorial dos recursos hídricos, com base na articulação entre os usos múltiplos da água e a disponibilidade hídrica local. Além disso, promover o mapeamento das outorgas e sobrepondo-se a outras informações, como a malha viária e a hidrografia, constitui uma alternativa essencial para a identificação de zonas críticas e o direcionamento de políticas públicas voltadas à segurança hídrica e ao ordenamento territorial sustentável.

Com relação à classificação dos cursos d'água atribuída pela razão da demanda hídrica pela vazão de referência, na sequência tem-se a figura 4 que ilustra o IDHS obtido para a BH-SJRP.

Figura 4 – Classificação dos cursos d’água a partir da metodologia do IDHS no Município de São José do Rio Preto - SP.



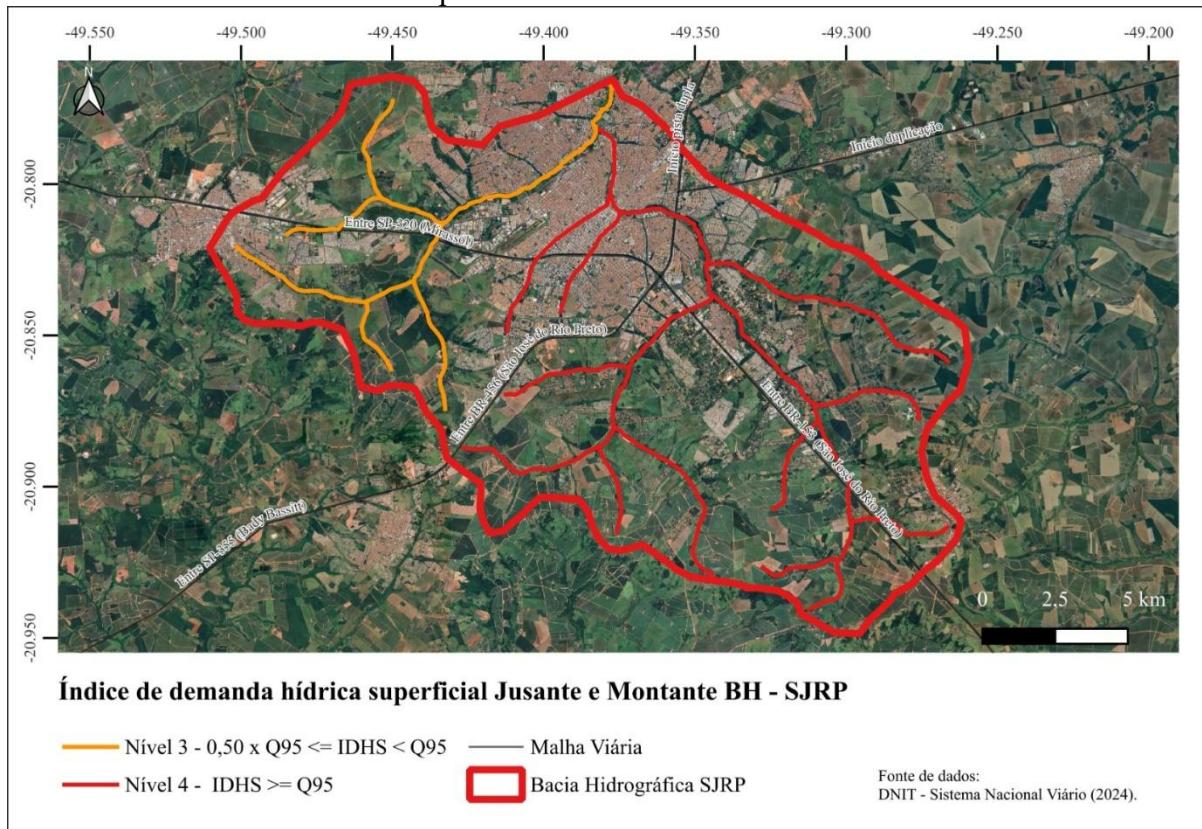
Fonte: Elaborado pelos autores.

A figura 4 traz que a maior parte da rede hidrográfica se enquadra em nível 1 ($IDHS < 30\% \text{ da } Q95$), indicado em azul, refletindo trechos com baixa pressão de uso e, portanto, maior disponibilidade relativa de água superficial. No entanto, observa-se a ocorrência de níveis 2 e 3 (amarelo e laranja), principalmente em trechos próximos à malha urbana e a áreas agrícolas intensivas, o que sinaliza um aumento significativo na demanda hídrica e possível aproximação de limites críticos de disponibilidade. Os trechos classificados como nível 4 (vermelho), onde o $IDHS$ é igual ou superior à $Q95$, configuraram zonas de alto estresse hídrico, potencialmente incompatíveis com a sustentabilidade do uso atual.

A identificação dessas faixas de criticidade hídrica reforça a importância da gestão territorial orientada por indicadores de disponibilidade, permitindo a priorização de áreas para ações de controle de uso, readequação de outorgas e fortalecimento da governança dos recursos hídricos.

Com relação ao possível reenquadramento a partir da razão entre a demanda hídrica e a vazão de referência de jusante para montante dos cursos d’água, tem-se a figura 5 que ilustra a nova classificação.

Figura 5 – Classificação dos cursos d’água a partir da metodologia do IDHS – JM no Município de São José do Rio Preto - SP.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A nova representação espacial do Índice de Demanda Hídrica Superficial (IDHS) para a Bacia Hidrográfica de São José do Rio Preto (BH-SJRP) destaca um reenquadramento significativo da pressão hídrica, evidenciando o predomínio dos níveis críticos (níveis 3 e 4) ao longo da rede de drenagem.

Diferentemente do cenário anterior, onde predominavam níveis de demanda moderada (níveis 1 e 2), a atualização da análise revela que grande parte dos trechos passou a apresentar demandas iguais ou superiores à vazão de referência Q95, em especial nas áreas a jusante. Essa mudança de patamar evidencia o efeito acumulativo das captações ao longo do curso d’água, comprometendo não apenas a disponibilidade local, mas também limitando a viabilidade de novas outorgas a montante, uma vez que o volume remanescente é condicionado às retiradas jusante.

No contexto analisado, os níveis de pressão hídrica a jusante impõe restrições estruturais ao uso da água a montante, criando uma condição de competição e escassez que desafia a governança na bacia. A interdependência entre os trechos da bacia torna evidente que o processo de outorga deve ser planejado de forma sistêmica e integrada, considerando a bacia como unidade funcional e indivisível.

Quando observada em escala estadual, a gestão dos recursos hídricos em São Paulo é desafiada pela concentração populacional e industrial, especialmente nas regiões metropolitanas e em polos urbanos de médio porte, como São José do Rio Preto. O Estado conta com 22 Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs) e adota políticas integradas por meio do Plano Estadual de Recursos Hídricos,

com destaque para os instrumentos de outorga, enquadramento dos corpos hídricos e cobrança pelo uso da água.

No caso específico da Bacia Hidrográfica de São José do Rio Preto (BH-SJRP), os dados levantados evidenciam a pressão crescente sobre os recursos hídricos, refletindo o padrão estadual de estresse hídrico em regiões economicamente ativas. A aplicação do IDHS e do IDHS-JM reforça a importância da avaliação integrada da disponibilidade hídrica e da capacidade de suporte dos corpos d'água frente aos diferentes usos outorgados. Além disso, a identificação de trechos críticos com alta razão entre demanda e disponibilidade aponta para a necessidade de revisão de outorgas e de adoção de medidas de restrição ou compensação, como já tem sido proposto em outras bacias paulistas, a exemplo dos CBHs PCJ e Tietê-Batalha.

As análises aqui realizadas podem subsidiar o Comitê de Bacia Hidrográfica local na atualização de seus instrumentos de gestão, bem como orientar o DAEE na avaliação de novos pedidos de outorga, evitando o agravamento de situações de escassez e de conflitos entre os usuários da água. Embora os resultados obtidos forneçam um diagnóstico inicial relevante sobre a pressão hídrica na BH-SJRP, é importante reconhecer algumas limitações. A análise foi realizada com base nos dados disponíveis no Sistema SPÁguas (2025), que, apesar de ser uma base oficial, pode não contemplar todas as captações efetivas, especialmente aquelas associadas a usos insignificantes ou informais. Além disso, a metodologia adotada considerou apenas os usos consuntivos com outorga vigente, desconsiderando retiradas eventuais ou clandestinas que podem impactar a disponibilidade real de água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação dos indicadores IDHS e IDHS-JM na Bacia Hidrográfica de São José do Rio Preto permitiu uma análise espacial detalhada da relação entre a demanda outorgada e a disponibilidade hídrica superficial (Q95). Os mapas temáticos gerados evidenciaram que, embora a maior parte da rede hidrográfica esteja classificada em níveis baixos de pressão hídrica (nível 1), existem trechos significativos — especialmente nas áreas urbanizadas e agrícolas intensivas — enquadrados nos níveis 3 e 4, indicando risco elevado de comprometimento da sustentabilidade dos usos. O reenquadramento baseado na razão jusante/montante (IDHS-JM) revelou o agravamento da condição hídrica ao longo da drenagem, com acúmulo de pressões a jusante que limitam as possibilidades de novas outorgas a montante. Esses dados reforçam a importância da avaliação sistêmica e especializada para a gestão eficiente da bacia.

De forma mais ampla, o estudo demonstra a utilidade de ferramentas quantitativas e geoespaciais para subsidiar a tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos, contribuindo para a prevenção de conflitos e para o planejamento de usos compatíveis com a capacidade de suporte dos corpos d'água. A metodologia empregada, embora limitada pela ausência de dados históricos e por não considerar a qualidade da água, oferece uma base técnica sólida para o aprimoramento da governança hídrica em escala local e regional. Recomenda-se a replicação da abordagem em outras bacias do estado de São Paulo, bem como a integração com modelos preditivos, dados meteorológicos e indicadores qualitativos, de modo a ampliar a robustez dos diagnósticos e a resiliência da gestão frente às mudanças climáticas e ao aumento da demanda.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Relatório digital de qualidade da água.* Brasília, DF, 22 mar. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/relatorio-digital-de-qualidade-da-agua-permite-acesso-simplificado-a-informacoes-sobre-qualidade-das-aguas-de-rios-e-reservatorios-do-pais>. Acesso em: 17 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Malhas territoriais.* Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 16 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *São José do Rio Preto: área territorial, população estimada e PIB per capita.* Rio de Janeiro: IBGE, 2021-2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 maio 2025.

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). *Sistema de Outorga Eletrônica – SPÁguas.* São Paulo: DAEE, 2025. Disponível em: <https://cth.daae.sp.gov.br/soe>. Acesso em: 16 maio 2025.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Enquadramento dos corpos hídricos – Arquivos digitais.* São Paulo: CETESB, 2025. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/enquadramento-dos-corpos-hidricos-arquivos-digitais/>. Acesso em: 17 maio 2025.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). *Metodologia do Zoneamento Ambiental e Produtivo de Sub-Bacias Hidrográficas: 4. ed.* Belo Horizonte: FEAM, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022: informe anual.* Brasília: ANA, 2022.