

DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO BAGUAÇU, ESTADO DE SÃO PAULO

JOSÉ PAULO VANZELA¹, EVANDRO ROBERTO TAGLIAFERRO², LUIZ SÉRGIO VANZELA³, GISELE HERBST VAZQUEZ⁴

¹Mestrando em Ciências Ambientais, Eng. Civil, Universidade Brasil/UB, Fernandópolis/SP, jpvanzela@yahoo.com.br; ^{2,3,4}Profes. Titulares do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Brasil/UB, Fernandópolis/SP, tagliaferro@etagli.com.br; luiz.vanzela@ub.edu.br; gisele.vazquez@ub.edu.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
6 a 9 de outubro de 2025

RESUMO: A disponibilidade de recursos hídricos, assegurando o acesso à água com qualidade adequada, exerce um papel fundamental no meio ambiente, sendo essencial para a manutenção dos ecossistemas terrestres e aquáticos. O objetivo neste estudo foi avaliar a oferta e demanda hídrica da sub-bacia do ribeirão Baguaçu, localizada no noroeste do Estado de São Paulo, fornecendo subsídios para a gestão sustentável dos recursos hídricos. Os resultados indicaram que entre 2010 e 2024 ocorreu um decréscimo de 6,44% na média anual das precipitações e de 8,41% entre 2020 e 2024, quando comparadas com a média anual histórica de 1970 a 2024. Tais reduções acarretaram diminuição na oferta hídrica (Q_{7-10}) de 10,12% de 2010 a 2024 e de 13,35% entre 2020 e 2024. Na sub-bacia, a maior demanda hídrica outorgada é conferida pela captação superficial e, embora, o maior número de outorgas seja destinado às áreas rurais, os maiores consumidores das águas superficiais são os das atividades industriais seguida do abastecimento público. A análise dos dados de demanda e oferta hídrica comprovou déficit de disponibilidade na seção de estudo, alertando para um possível risco de colapso do sistema da captação pública no período de maior escassez hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Disponibilidade hídrica; recursos hídricos; déficit hídrico; água

DIAGNOSIS OF WATER RESOURCES IN THE RIBEIRÃO BAGUAÇU SUB-BASIN, STATE OF SÃO PAULO

ABSTRACT: The availability of water resources, ensuring access to water of adequate quality, plays a fundamental role in the environment and is essential for the maintenance of terrestrial and aquatic ecosystems. The objective of this study was to assess the water supply and demand of the Baguaçu stream sub-basin, located in northwestern São Paulo state, providing insights for sustainable water resource management. The results indicated a 6.44% decrease in average annual rainfall between 2010 and 2024 and an 8.41% decrease between 2020 and 2024, compared to the historical annual average from 1970 to 2024. These reductions resulted in a 10.12% decrease in water supply (Q_{7-10}) from 2010 to 2024 and a 13.35% decrease between 2020 and 2024. In the sub-basin, the greatest granted water demand is met by surface water abstraction, and although the largest number of concessions is allocated to rural areas, the largest consumers of surface water are industrial activities, followed by public supply. Analysis of the water demand and supply data confirmed a deficit in availability in the study section, warning of a possible risk of collapse of the public water abstraction system during periods of greatest water scarcity.

KEYWORDS: Water availability; water resources; water deficit; water

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento socioeconômico sustentável de uma região ou nação depende diretamente dos recursos naturais, especialmente da disponibilidade e da segurança hídrica. Historicamente, a maior parte dos investimentos em políticas públicas voltadas à avaliação, controle e gestão dos recursos hídricos tem se concentrado nas grandes bacias hidrográficas (Marinova et al., 2025). No entanto, torna-

se cada vez mais necessário o aprofundamento de estudos em escala local, especialmente em sub-bacias, que, interligadas, compõem o sistema hidrológico de uma bacia. A compreensão mais precisa das condições específicas dessas sub-bacias, assim como das ações dos usuários individuais de água e dos seus efeitos cumulativos sobre o equilíbrio hidrológico, é crucial para uma gestão eficaz (Teixeira et al., 2024). Dentre as diversas sub-bacias do estado de São Paulo, destaca-se a do ribeirão Baguaçu, situada a noroeste do estado, cuja nascente se localiza no município de Coroados – SP e, em seu trajeto até a foz no Rio Tietê, percorre áreas de mais três municípios: Bilac, Birigui e Araçatuba. Objetivou-se neste estudo avaliar a oferta e demanda hídrica da sub-bacia do ribeirão Baguaçu, São Paulo, fornecendo subsídios para uma gestão sustentável dos recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

A Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê (UGRHI 19) está localizada a noroeste do Estado de São Paulo, desde a barragem da Usina Mário Lopes Leão (reservatório de Promissão), até o Rio Paraná, na divisa com o Estado de Mato Grosso do Sul, com uma extensão aproximada de 200 km.

Os dados referentes aos aspectos gerais da Bacia do Baixo Tietê foram extraídos do “Relatório de Situação 2022”, ano base 2021, elaborado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê - UGRHI 19 (Comitê, 2022). A localização e delimitação do divisor de águas que compõe a rede de drenagem da sub-bacia do ribeirão Baguaçu foi determinada por sensoriamento remoto e geoprocessamento de imagem de satélite CBERS 4A (USGS, 2021) e da DigitalGlobe (Google Inc., 2021) apoiada em curvas de níveis vetorizadas de cartas topográficas 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2025).

Os polígonos dos limites territoriais municipais foram obtidos junto à Secretaria da Casa Civil, Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo (IDESP), vetorizados a partir da análise de diversas Leis Estaduais interpretadas com o auxílio de cartas topográficas elaboradas pelo IBGE/IGGSP/IGCSP (Geoportal IGC, 2024).

No Estado de São Paulo, a Lei Estadual nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, estabelece normas e orientação à Política Estadual dos Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (São Paulo, 1991). A disponibilidade hídrica superficial ou vazão máxima outorgável ($Q_{\max out}$) a ser considerada, para fins de controle da gestão na concessão/autorizações, cadastro e/ou dispensa de outorgas de usos dos recursos hídricos superficiais tem como referência a vazão mínima de 7 dias consecutivos para um período de retorno de 10 anos (Q_{7-10}), que representa a oferta de água no balanço hídrico da sub-bacia considerada (ANA, 2020). O balanço hídrico é um dos principais mecanismos de gestão de uso dos recursos hídricos e consiste na relação entre oferta (Q_{7-10}) e demanda das águas superficiais utilizadas nas diversas atividades humanas.

A disponibilidade hídrica pode ser quantificada com a utilização de procedimentos e equacionamentos típicos resultantes de estudos de regionalização hidrológica. Para a concessão das outorgas destinadas às captações superficiais diretas em curso d'água, o DAEE convencionou a disponibilidade hídrica ou vazão máxima outorgável ($Q_{\max out}$) numa dada seção como $50\%Q_{7-10}$, sendo os outros $50\%Q_{7-10}$ a garantia de manutenção da vazão à jusante do ponto de captação.

A vazão de referência (Q_{7-10}), que é calculada por regionalização hidrológica, considera, dentre outros dados, a variação das séries históricas das precipitações médias anuais (Departamento, 1994). Esses dados foram obtidos das estações pluviométricas instaladas em Araçatuba e Bilac, respectivamente, com prefixos C7-073 (período de 1970-2024) e C7-085 (período de 1984-2024)). Devido a localização e área de influência de cada estação pluviométrica na sub-bacia, para a determinação da precipitação média anual das séries históricas, utilizou-se a média ponderada dos dados.

Para fins de verificação da variação na oferta hídrica ao longo do período (1970-2024) ocasionado pela diminuição ou sazonalidade no regime das precipitações médias anuais bem como a alteração da sua distribuição espacial, foi proposto a separação dos dados das séries históricas das precipitações médias anuais por períodos. Com isso, foi possível realizar uma análise da oferta hídrica (Q_{7-10}) a partir de dados de precipitação da média ponderada dos últimos 15 anos (2010-2024) e dos últimos 5 anos (2020-2024).

Para a obtenção das demandas hídricas superficiais considerou-se as cadastradas no banco de dados oficiais disponibilizado por meio do sistema de outorgas eletrônicas (SOE) da SP Águas (2025).

As outorgas são concedidas aos setores de atividades variadas como doméstico, rural e industrial, com “n” valores de vazões associadas a “t” tempo de funcionamento, podendo estas “n” atividades funcionar ao mesmo tempo ou não, acarretando “P” possibilidades nas demandas das vazões consumidas por não haver controle nos horários de operação, ou seja, poderá ocorrer situação de máximo e mínimo consumo se, no mesmo tempo, todos os usos estiverem em funcionamento ou desligados e de consumo médio se todos os dispositivos de captação operarem dentro das condições previstas nas outorgas. Com isso, uma forma pragmática e de fácil aplicação para a análise da situação de sub-bacias hidrográficas, relativo ao consumo de água, foi proposto por meio da determinação das vazões de demanda máxima, média e mínima (Vanzela et al., 2018), obtidas pelas seguintes equações:

$QD_{m\acute{a}x} = \sum Q_{i_h}$	$QD_{m\acute{a}x}$ - demanda máxima Q_{i_h} - vazão horária do sistema de captação “i” ($m^3 h^{-1}$) cadastrado no banco de dados da SP Águas
$QD_{med} = \sum Q_{i_{med}}$	QD_{med} - demanda média $Q_{i_{med}}$ - vazão de demanda média do sistema de captação “i” ($m^3.d^{-1}$)
$QD_{m\acute{i}n} = \sum Q_{i_{24-7-4-12}}$	$QD_{m\acute{i}n}$ - demanda mínima $Q_{i_{24-7-4-12}}$ - vazão horária dos sistemas de captação “i” que funcionam 24 horas/dia, em 7 dias/semana, em 4 semanas/mês e em 12 meses/ano ($m^3 h^{-1}$). Para a determinação das demandas hídricas superficiais na avaliação dos recursos hídricos, não se considerou no balanço hídrico, à montante da seção de estudo, os usos relacionados ao lançamento superficial.
$QD_{i_{med}} = Q_{i_h} \times T_d$	$QD_{i_{med}}$ - demanda média do sistema de captação “i” ($m^3.d^{-1}$) Q_{i_h} - vazão horária outorgada ($m^3.h^{-1}$) T_d - horas de funcionamento por dia ($h.d^{-1}$)

Para a avaliação da situação do ribeirão Baguaçu, na seção considerada, foi proposta uma metodologia de classificação de disponibilidade hídrica superficial em quatro níveis: confortável, preocupante, muito preocupante e crítico. A atribuição dos níveis de classificação é norteada pela análise comparativa de valores entre a vazão máxima outorgável (Q_{maxout}) e vazões de demandas máximas (QD_{max}), médias (QD_{med}) e mínimas (QD_{min}) (Vanzela et al., 2018) (Tabela 1).

Tabela 1. Metodologia para avaliação da situação da disponibilidade hídrica superficial em bacias ou sub-bacias.

Consumo hídrico superficial	Disponibilidade hídrica superficial
$Q_{maxout} > QD_{max}$	Confortável
$QD_{max} > Q_{maxout} > QD_{med}$	Preocupante
$QD_{med} \geq Q_{maxout} > QD_{min}$	Muito preocupante
$QD_{min} \geq Q_{maxout}$	Crítico

Fonte: Vanzela et al., 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

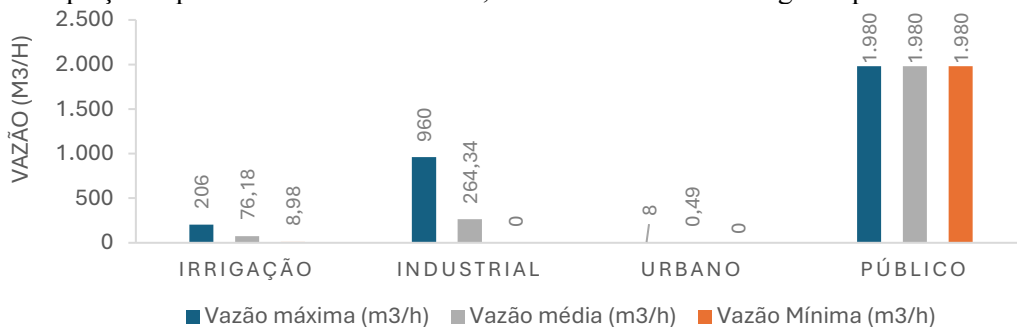
O estudo demonstrou a importância da sub-bacia do ribeirão Baguaçu na mesorregião onde está inserida, estando sua área de 50.306,56 ha totalmente sobreposta nas áreas parciais dos territórios de quatro municípios: Araçatuba, Bilac, Birigui e Coroados, cuja população total é de 331.822 habitantes (IBGE Cidades, 2022) e o PIB somado da ordem de R\$ 13.476.699.887,00 (SEADE, 2021).

O manancial formado pela sub-bacia fornece água bruta para usos e finalidades diversas por meio da concessão de outorgas para captação superficial (SPÁguas, 2025). Verifica-se que os municípios de Bilac e Birigui possuem 5 e 3 outorgas, respectivamente, sendo todas para irrigação, enquanto Araçatuba possui 3 para irrigação, 2 para indústria e 2 para abastecimento público e necessidades humanas, ratificando a importância da sub-bacia em termos socioeconômicos e ambiental.

Embora os usos outorgados à captação superficial com finalidade voltada à irrigação contemplem o maior número de outorgas na sub-bacia, quando se compara as vazões horárias máximas,

médias e mínimas, captadas por finalidades, fica evidenciado que o uso para fins de abastecimento público se configura como o maior consumidor (Figura 1).

Figura 1. Captação superficial: vazões máximas, médias e mínimas outorgadas por finalidade (2024).



A demanda hídrica destinada ao abastecimento público de Araçatuba atualmente é a de maior vazão superficial da sub-bacia, sendo direcionada para áreas/bairros específicos do município. Contudo, o manancial apresenta fortes indicadores de que a segurança hídrica pode estar em risco. Diversos são os fatores que corroboram o fato, vegetação nativa remanescente degradada, relevo, solos vulneráveis à erosão hídrica, alterações climáticas e demandas hídricas superficiais excessivas.

No mapa usos e ocupação dos solos gerado por meio de geoprocessamento de imagens espaciais foi possível observar que da área total da sub-bacia (50.306,56 ha), 84,03% são ocupadas por atividades agrícolas com predominância da pecuária e cana-de-açúcar.

Quanto aos recursos hídricos, à classificação e enquadramento das águas, conforme o Decreto 10.755/77 que dispõe sobre o enquadramento de corpos d'água de acordo com as classes previstas no Decreto 8.468/76, o ribeirão Baguaçu se enquadra em duas classes: (a) Classe II, da nascente até a confluência com o córrego Machadinho, à jusante da estação de tratamento de água de Araçatuba/SP; (b) Classe IV, da confluência com o córrego Machadinho até a confluência com o Rio Tietê.

Sobre a qualidade das águas, o ribeirão Baguaçu apresenta Índice de Qualidade das Águas (IQA) 57, considerada boa. Já no estudo da disponibilidade hídrica foram considerados aspectos relevantes no cálculo da vazão de referência (Q_{7-10}) como os agrupamentos de dados das precipitações médias anuais por períodos (2010 a 2024 e 2020 a 2024), revelando que, em relação à média da série histórica (1970 a 2024), os volumes médios precipitados sofreram reduções e que essas reduções impactaram significativamente na oferta hídrica.

Os resultados demonstram que variações nas médias anuais precipitadas, como redução de 6,44% no período de 2010 a 2024, acarretou diminuição de 10,12% na oferta hídrica (Q_{7-10}) e redução de 8,41% nas médias anuais precipitadas no período de 2020 a 2024, resultou em redução de 13,35% na oferta hídrica (Q_{7-10}).

Considerando ou não o agrupamento de dados das séries históricas das médias anuais precipitadas e seu impacto na oferta hídrica, observou-se que as vazões das demandas hídricas superficiais máximas ($Q_{D_{maxout}}$), médias ($Q_{D_{med}}$) e mínimas ($Q_{D_{min}}$) outorgadas na sub-bacia, a partir da seção considerada, superaram a disponibilidade hídrica superficial ($50\%Q_{7-10}$) em qualquer situação analisada (Tabela 2).

Tabela 2. Comparativo das demandas hídricas e vazão máxima outorgável do ribeirão Baguaçu (2024).

Demandas Hídricas x Vazão máxima outorgável - Q_{maxout} (50% Q_{7-10})						
Período	Q_{maxout} ($m^3 h^{-1}$)	$Q_{D_{max}}$ ($m^3 h^{-1}$)	$Q_{D_{med}}$ ($m^3 h^{-1}$)	$Q_{D_{min}}$ ($m^3 h^{-1}$)	Condição	Situação
1970-2024	1.672,20	3.153,50	2.321,01	1.988,98	$Q_{D_{min}} \geq Q_{maxout}$	Crítico
2010-2024	1.503,00	3.153,50	2.321,01	1.988,98	$Q_{D_{min}} \geq Q_{maxout}$	Crítico
2020-2024	1.449,00	3.153,50	2.321,01	1.988,98	$Q_{D_{min}} \geq Q_{maxout}$	Crítico

Os cenários analisados demonstraram que o manancial se apresenta em situação crítica em relação às demandas superficiais das vazões, sobretudo, considerando dados de precipitação média anual no período de 2020 a 2024, quando a demanda de vazão máxima ($Q_{D_{maxout}}$) superou disponibilidade ($50\%Q_{7-10}$) em 217,63%.

A ausência de regulação e de adequação das demandas hídricas previstas nas outorgas pode agravar, em médio e longo prazos, o desequilíbrio entre oferta e demanda de água na sub-bacia. Tal cenário se torna especialmente preocupante diante da perspectiva de aumento da demanda hídrica, impulsionado pelo contínuo desenvolvimento das atividades econômicas na região, aliado ao crescimento populacional e à consequente expansão urbana na área de influência da sub-bacia.

CONCLUSÃO

Entre 2010 e 2024 ocorreu um decréscimo de 6,44% na média anual das precipitações e de 8,41% entre 2020 e 2024, quando comparadas com a média anual histórica de 1970 a 2024. Tais reduções acarretaram diminuição na oferta hídrica (Q_{7-10}) de 10,12% de 2010 a 2024 e de 13,35% entre 2020 e 2024. Na sub-bacia do ribeirão Baguaçu, a maior demanda hídrica outorgada é conferida pela captação superficial e, embora o maior número de outorgas seja destinado às áreas rurais, os maiores consumidores das águas superficiais são os das atividades industriais seguida do abastecimento público. A análise dos dados de demanda e oferta hídrica comprovou déficit de disponibilidade na sub-bacia do ribeirão Baguaçu, alertando para um possível risco de colapso do sistema da captação pública no período de maior escassez hídrica.

REFERÊNCIAS

- ANA Agência Nacional das Águas, 2020. Nota Técnica nº 75/2020/SPR. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/files/7ac42372-3605-44a4-bae4-4dee7af1a2f8/NT75_2020.pdf. Acesso em: mar. 2025.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê - UGRHI 19. Relatório de Situação 2022. Ano 2021. Diretoria do Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê. Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-BT/19506/relatorio-ituacaors_2021_base_2022_bt_v-final.pdf. Acesso em: jan. 2025.
- Departamento de águas e energia elétrica. Manual de cálculos das vazões máximas, médias e mínimas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. São Paulo: DAEE, 1994, 64p.
- Geoportal IGC. 2025. Disponível em: https://www.igc.sp.gov.br/habit_igc. Acesso em: mar. 2025.
- Google Inc. Google Earth. Mountain View, CA: 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: mar 2025.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. @Cidades. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: ago. 2024.
- Marinova, S.; Bach, V.; Link, A.; Finkbeiner, M. Criticality assessment of global freshwater resource use: Adapting abiotic resource criticality frameworks – Water SCARCE. Science of The Total Environment, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178676>
- SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Economia, População Municipal. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://municipios.seade.gov.br/economia/>. Acesso em: ago. 2024.
- SP Águas. Base de Dados da SP Águas, 2025. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/tag/sp-aguas/>. Acesso em: mar 2025.
- Teixeira, A. L. F. et al. Water security threats and solutions in the Grande River basin – One of the Brazilian agricultural frontiers. Science of the Total Environment, v. 906, p. 167351, 2024.
- USGS, U.S. Geological Survey, 2021. Disponível em: https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news_science_products=0#qtnews_science_products. Acesso em 02 abr. 2025.
- São Paulo. Lei nº 7.663 de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Publicação no DOE-I, 31/12/1991, p.2. Disponível em: <https://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=19911231&Caderno=DOE-I&NumeroPagina=2>. Acesso em: fev. 2025.
- Vanzela, L.S.; Tagliaferro, E.R.; Mansano, C.F.M.; Americo-Pinheiro, J.H.P. Proposta metodológica de avaliação da situação dos recursos hídricos superficiais nas bacias hidrográficas. In: Americo-Pinheiro, J. H. P; Benini, S. M. (Org.). Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações. 1ed. Tupã: ANAP, 2018, v. 1, p. 143-154.