



**Análise da Disponibilidade Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí,
vertente paulista, Brasil**

Analysis of Water Availability in the Sapucaí River Basin, São Paulo Slope, Brazil

*Análisis de la disponibilidad de agua en la cuenca del Río Sapucaí, vertiente de São
Paulo, Brasil*

Renata Ribeiro de Araújo

Professora Doutora, UNESP, Brasil
renata.r.araujo@unesp.br

Janaira dos Santos Silva

Graduanda em Engenharia Ambiental, UNESP, Brasil
janaira.santos-silva@unesp.br

Maria Cristina Rizk

Professora Doutora, UNESP, Brasil
mc.rizk@unesp.br



RESUMO

Este artigo apresenta a análise de disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, na vertente paulista, Brasil. Para tanto, foram utilizados os requerimentos dos usos da água do banco de dados do Sistema de Outorga Eletrônica do site do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), do Estado de São Paulo, Brasil, que estavam outorgados no dia da coleta dos dados (15 de março de 2024). Os usos avaliados foram captação superficial, lançamento e barramento. A metodologia consistiu em estimar a demanda de água outorgada, por meio da somatória das vazões em m^3/hora das captações superficiais e lançamentos. Para realizar o estudo do comportamento hídrico da bacia hidrográfica, foram estimadas as vazões mínimas de referência Q7,10 e Q95, em m^3/hora , por meio do *software* de Regionalização BCDAEE2000, que consiste em uma ferramenta desenvolvida pelo DAEE capaz de calcular as vazões mínimas de referência com base no banco de dados pluviométricos e fluviométricos. Os resultados mostraram que a bacia hidrográfica se encontra em situação crítica em relação à Q7,10 e em situação preocupante quanto ao Q95, evidenciando a necessidade de novas estratégias de gestão e medidas de conservação. Este trabalho se insere em um gap teórico relacionado às bacias hidrográficas críticas, contribuindo com uma análise sobre a gestão dos recursos hídricos e oferecendo subsídios para a formulação de estratégias que visem a sustentabilidade da bacia hidrográfica.

PALAVRAS-CHAVE: Disponibilidade hídrica, Gestão de Recursos Hídricos, Balanço Hídrico.

ABSTRACT

This article presents the analysis of water availability in the Sapucaí River basin, on the São Paulo slope, Brazil. To this end, the requirements for water uses from the Electronic Grant System database on the website of the Department of Water and Electric Energy (DAEE), of the State of São Paulo, Brazil, which were granted on the day of data collection on March 15, 2024, were used. The uses evaluated were surface abstraction, surface release and damming. The methodology consisted of estimating the demand for the granted water, through the sum of the flows in m^3/hour of surface abstractions and releases. To carry out the study of the water behavior of the hydrographic basin, the minimum reference flows Q7, 10 and Q95 were estimated, in m^3/hour , using the BCDAEE2000 Regionalization software, which consists of a tool developed by the DAEE capable of calculating the minimum reference flows based on the rainfall and fluviometric database. The results showed that the watershed is in a critical situation in relation to Q7,10 and in a worrying situation in relation to Q95, evidencing the need for new management strategies and conservation measures. This work is part of a theoretical gap related to critical watersheds, contributing with a relevant analysis of water resources management and offers subsidies for the formulation of strategies aimed at the sustainability of the watershed.

KEYWORDS: Water availability, Water Resources Management, Water Balance.

RESUMEN

*Este artículo presenta el análisis de la disponibilidad de agua en la cuenca del río Sapucaí, en la vertiente de São Paulo, Brasil. Para ello, se utilizaron los requisitos para usos de agua de la base de datos del Sistema Electrónico de Subsidios en el sitio web del Departamento de Agua y Energía Eléctrica (DAEE), del Estado de São Paulo, Brasil, que fueron otorgados el día de la recolección de datos el 15 de marzo de 2024. Los usos evaluados fueron captación superficial, liberación y represa. La metodología consistió en estimar la demanda del agua otorgada, a través de la suma de los caudales en m^3/hora de extracciones y liberaciones superficiales. Para realizar el estudio del comportamiento hídrico, se estimaron los caudales mínimos de referencia Q7, 10 y Q95, en m^3/hora , utilizando el *software* BCDAEE2000 Regionalización, que consiste en una herramienta desarrollada por el DAEE capaz de calcular los caudales mínimos de referencia a partir de la base de datos pluviométricos y fluviométricos. Los resultados mostraron que la cuenca se encuentra en una situación crítica en relación con Q7,10 y en una situación preocupante en relación con Q95, evidenciando la necesidad de nuevas estrategias de manejo y medidas de conservación. Este trabajo forma parte de un vacío teórico relacionado con las cuencas hidrográficas críticas, contribuyendo con un análisis relevante de la gestión de los recursos hídricos y subsidios para la formulación de estrategias orientadas a la sostenibilidad de la cuenca.*

PALABRAS CLAVE: Disponibilidad de agua, Gestión de Recursos Hídricos, Balance Hídrico.



1 INTRODUÇÃO

A água doce está sendo constantemente reutilizada através do ciclo da água. No entanto, a crescente população global (e sua sede por água) está fundamentalmente interferindo nesse ciclo natural. Ao construir barragens e desviar rios, liberar poluentes no ar e na água e cortar vastas áreas da floresta tropical, estamos mudando a forma como a água é distribuída. Vivemos, agora, num contexto permanente de desastres relacionados à água, desde lagos desaparecidos na Ásia Central até ilhas submersas no Pacífico (SAMUEL et al., 2021).

A construção de um futuro sustentável para as novas gerações é um dos grandes desafios do século 21. No Brasil, de acordo com a nova política de águas, disposta na Lei Federal nº 9.433 de 1997, as questões hídricas devem ser inseridas no contexto de desenvolvimento sustentável, no qual a participação de uma sociedade civil organizada e a descentralização das decisões são itens essenciais da nova visão holística da gestão das águas (CAMPOS, 2005).

As demandas relacionadas às águas são intensificadas com o desenvolvimento econômico, tanto no que se refere ao aumento da quantidade demandada para determinada utilização, quanto no que se refere à variedade dessas utilizações (SETTI et al., 2000). Com o aumento da demanda, surgem os conflitos entre os usuários múltiplos da água. Sendo assim, é imprescindível que haja o planejamento e gestão dos recursos hídricos eficazes.

A gestão dos recursos hídricos, segundo um princípio de usos múltiplos tem por finalidade gerenciar os possíveis conflitos no uso das águas, sendo que estes podem ocorrer devido a diversos tipos de conflitos, como por exemplo: de destinação de uso (atendimento de necessidades sociais, ambientais e econômicas), de disponibilidade qualitativa (corpos d'água poluídos), e de disponibilidade quantitativa (esgotamento devido ao uso intensivo) (CORRÊA, 2017).

Muitas bacias hidrográficas no Brasil estão enfrentando problemas de escassez ou stress hídrico, pois muitas vezes a demanda é superior a quantidade de recursos disponíveis para utilização. Contudo, alguns usuários não compreendem a criticidade desse cenário e prosseguem com práticas irresponsáveis, desperdícios e lançamento de poluentes nos corpos d'água (CORRÊA, 2017).

A avaliação da disponibilidade hídrica é fundamental para definir se os recursos hídricos disponíveis suportam as demandas desejadas, sejam elas pontuais ou objeto de políticas públicas. A avaliação da disponibilidade hídrica é fundamental para essas duas questões, subsidiando a tomada de decisão quanto a hierarquização de intervenções numa determinada bacia (BRANCO, 2006).

Uma gestão integrada e sustentável são alicerces fundamentais para a manutenção qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos. A outorga é um instrumento legal para a garantia do uso da água por tempo e volume determinado, seja para fins de captação ou lançamento de efluentes, e para sua aprovação, são necessários estudos hidrológicos para a estimativa da vazão a ser outorgada, também denominada de vazão máxima outorgável (NOVO; HORA, 2019).

Assim, este trabalho foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, na vertente paulista, com o propósito de se analisar a disponibilidade hídrica do Rio Sapucaí e determinar a classificação quanto a sua criticidade, com intuito de destacar a importância da gestão dos recursos hídricos.

O Rio Sapucaí está inserido na bacia hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande, definida como a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos 08 (UGRHI 08), localizada a nordeste do Estado de São Paulo. O Rio Sapucaí desempenha um papel fundamental na dinâmica hídrica da região, atendendo tanto às demandas da população quanto a atividades



econômicas essenciais, como a agricultura e a indústria. Assim, é imprescindível avaliar se há disponibilidade de água para todos os usos existentes na bacia hidrográfica.

2 OBJETIVOS

Analisar a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí na vertente paulista, Brasil, e determinar a classificação quanto a sua criticidade.

3 METODOLOGIA

A delimitação da bacia hidrográfica foi realizada a partir dos arquivos de altimetria disponíveis do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil do Topodata, utilizando o *software* QGIS na versão 3.16.15 com GRASS 7.8.5. Em seguida, foi calculada a área da bacia hidrográfica a partir da ferramenta Calculadora de Campo da Tabela de Atributos da camada vetorial correspondente.

Com intuito de verificar quais municípios pertencem a bacia hidrográfica de estudo, foi feito um mapa, utilizando o arquivo de divisão de municípios do estado de São Paulo, do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no qual foi feito a interseção com a camada vetorial da bacia hidrográfica.

O arquivo da bacia hidrográfica foi exportado como “KML” para o programa *Google Earth*, onde foram traçados quatro círculos que contemplassem a área total da bacia hidrográfica. Para cada círculo, foi inserido um ponto em seu centro, permitindo a anotação das coordenadas geográficas correspondentes a cada um deles, além do registro do raio de cada círculo.

As coordenadas de cada ponto com o seu respectivo raio foram inseridas no *site* do Sistema Eletrônico de Outorgas (SOE) do Departamento de Águas e Energia Elétrica, do estado de São Paulo, Brasil, usando a ferramenta “Filtro Geo”. Depois, as tabelas de requerimentos de todos usos da água de cada área dos círculos foram extraídas em formato CSV (valores separados por vírgula). Os dados adquiridos se referem aos usos que estavam outorgados até o dia da coleta dos dados, no dia 15 de março de 2024.

Os dados duplicados nas áreas de interseção dos círculos foram removidos no Google Planilhas, assim como os requerimentos indeferidos. Em seguida, foi aplicado um filtro na categoria “subtipo” para manter apenas os requerimentos relacionados a barramentos, captações superficiais e lançamentos superficiais. O arquivo da planilha foi, então, exportado no formato CSV.

Os requerimentos da tabela foram transformados em camada de vetores a partir da criação de uma nova camada com os usos e interferências da água através da ferramenta “delimitação de texto delimitado” e então foi feito o recorte dos pontos de interseção com a camada da bacia hidrográfica, para a exclusão dos dados que não pertenciam a bacia hidrográfica do rio Sapucaí. Após isso, a camada de vetores resultantes foi exportada como arquivo “Planilha de cálculo MS Office Open XML”.

Na nova planilha (formato CSV), com dados somente da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, foram criadas abas para separar cada tipo de uso da água, além de uma aba para agrupar os requerimentos do tipo de Declaração de Viabilidade de Implantação (DVI) de lançamentos e captações superficiais, e posteriormente transferidas novamente para o *software* QGIS.



No *software* QGIS foi gerado uma camada vetorial específica para as captações superficiais, lançamentos e barramentos. E, então, foi gerado um mapa da distribuição espacial das captações superficiais, lançamentos e barramentos.

Também foi executada a filtragem de dados de intersecção. No *software* QGIS foi feita a sobreposição das captações superficiais em barramentos, e os requerimentos que concedem a dispensa ou outorga dos usos da água de captações e lançamentos que estavam em sobreposição com a camada de Declaração de Viabilidade de Implantação. Os dados sobrepostos foram transferidos para o Google Planilhas para realizar o estudo da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica.

Após o procedimento de filtragem das informações para garantir a consistência do banco de dados, foi feita a estimativa da vazão em metros cúbicos por hora dos requerimentos de captação superficial e lançamentos. Para essa análise, foi desconsiderado as vazões de captação em barramentos, bem como os usos que contavam com dispensa ou outorga em conjunto com a Declaração de Viabilidade de Implantação. Neste contexto, a vazão do DVI não foi considerada.

Para determinar as vazões de referência Q7,10 e Q95 foi utilizado o *software* de Regionalização BCDAEE2000 do Departamento de Águas e Energia Elétrica, que se encontra no *site* do referido órgão gestor de recursos hídricos. A partir da inserção das coordenadas geográficas da bacia de contribuição ou ponto de interesse, o sistema fornece, em curvas isoietas, as vazões características.

As coordenadas do exutório da bacia hidrográfica foram inseridas e foi acionado o item "Re-desenha". Em seguida, foi selecionado o ponto do exutório e foi inserida a área da bacia hidrográfica e então foi executado o sistema. Os valores resultantes de vazão de permanência Q95 e vazão mínima anual de 7 dias com "T" anos de período de retorno Q7,10 em m³/s foram registrados.

A vazão de disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica foi estimada em função da vazão de referência Q7,10, que é utilizada para os processos de outorga definidos pelo Comitê da bacia hidrográfica dos Rios Sapucaí Mirim/Grande e para a vazão de permanência Q95 para estudo de comparação entre os resultados.

O cálculo da disponibilidade foi realizado com base na Equação 1.

$$D = Q_r - (Q_c - Q_l) \quad (\text{Equação 1})$$

em que,

D = disponibilidade em m³/h;

Q_r = vazão hidrológica de referência obtido no *software* BCDAEE2000 em m³/h;

Q_c = vazão estimada para as captações superficiais em m³/h;

Q_l = vazão estimada para os lançamentos em m³/h.

Após a obtenção das vazões de disponibilidade, as mesmas foram classificadas conforme metodologia utilizada no Relatório de Situação do Comitê da Bacia Hidrográfica Sapucaí-Mirim/Grande de 2023 (Tabela 1).



Tabela 1 - Valores de referência para o balanço hídrico.

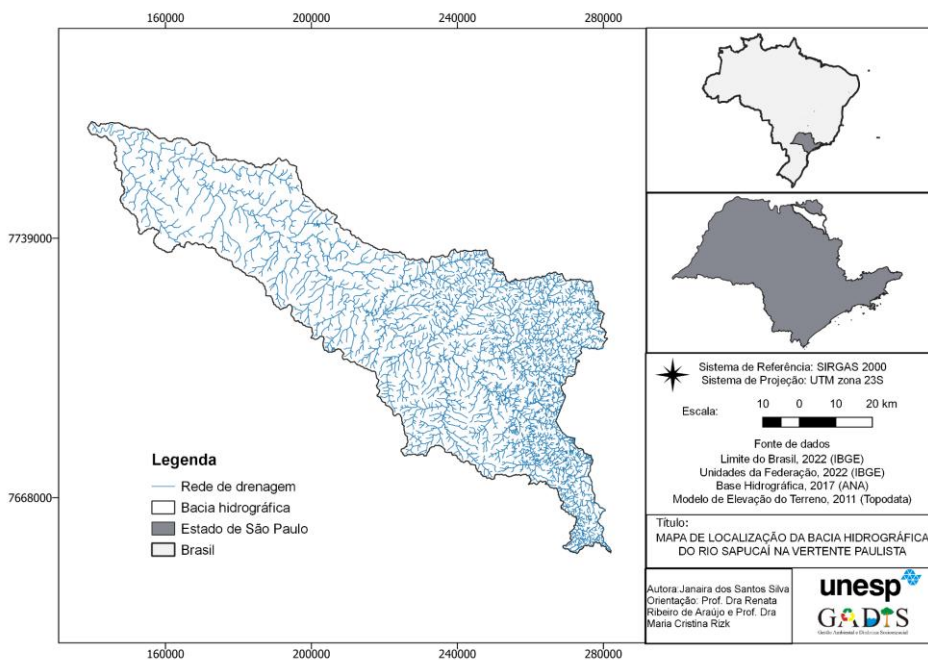
Vazão outorgada superficial total em relação à Q95% e Q7,10%	Classificação
<5%	Excelente
> 5 % e ≤ 30%	Confortável
> 30% e ≤ 50%	Preocupante
>50% e ≤ 100%	Crítica
> 100%	Muito crítica

Fonte: Adaptado, Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Sapucaí Mirim/Grande 2023 - Ano base 2022.

4 RESULTADOS

A bacia hidrográfica do rio Sapucaí, na vertente paulista, se localiza na região nordeste do Estado de São Paulo e está inserida na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 08 - Sapucaí Mirim/Grande (Figura 1).

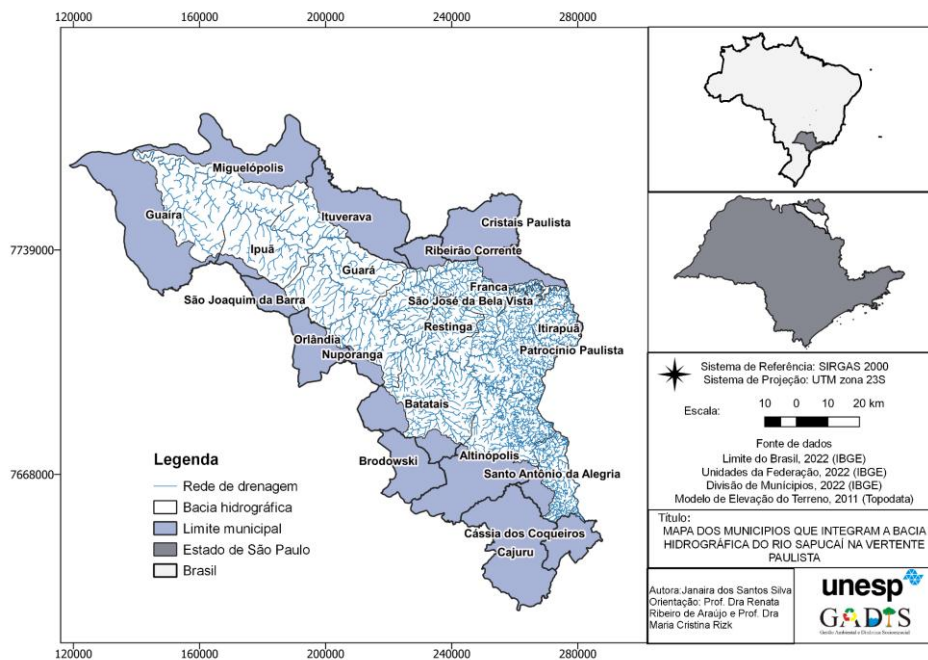
Figura 1 - Mapa de Localização da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí na vertente paulista, Brasil.



Fonte: Autores, 2024.

A extensão territorial da bacia hidrográfica do rio Sapucaí, na vertente paulista, é de 5.462,45 km² e compreende os municípios de Guaiá, Miguelópolis, Ipuã, Ituverava, São Joaquim da Barra, Guará, Orlândia, Nuporanga, Ribeirão Corrente, Cristais Paulistas, Batatais, Altinópolis, Santo Antônio da Alegria, Cajuru, Cássia dos Coqueiros, Brodowski, Itirapuã, Patrocínio Paulista, São José da Bela Vista, Franca e Restinga. Apenas os municípios de Restinga, São José da Bela Vista e Patrocínio Paulista estão totalmente contidos na bacia hidrográfica. Os municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, na vertente paulista, estão representados na Figura 2.

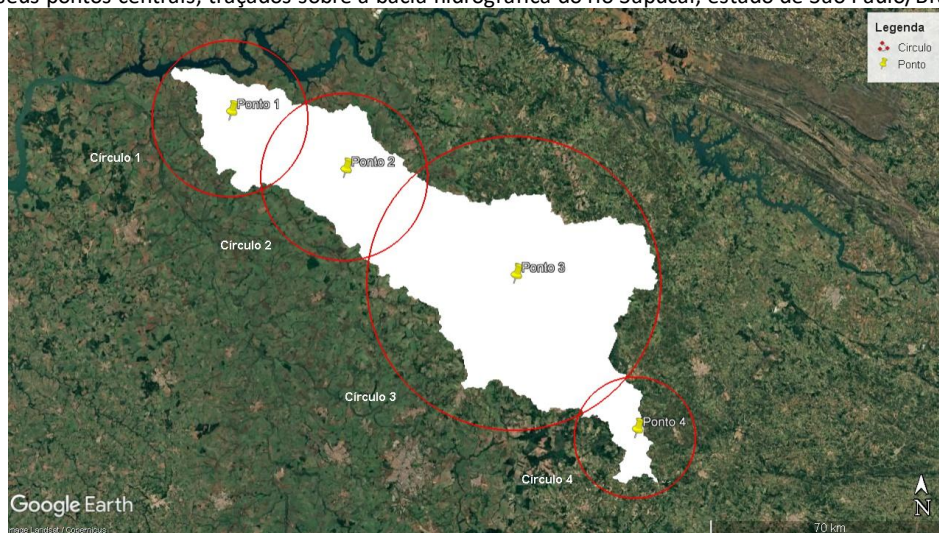
Figura 2 - Mapa dos municípios que constituem a bacia hidrográfica do Rio Sapucaí na vertente paulista, Brasil.



Fonte: Autores, 2024.

Os resultados dos quatro círculos que foram traçados sobre a bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, vertente paulista, de modo que contemplassem a área total da bacia hidrográfica em estudo estão apresentados na Figura 3, com seus respectivos pontos centrais.

Figura 3 - Recorte da imagem do satélite, obtida no Google Earth em março de 2024, com destaque para os círculos e seus pontos centrais, traçados sobre a bacia hidrográfica do rio Sapucaí, estado de São Paulo/Brasil.



Fonte: Google Earth, 2024.

As coordenadas geográficas dos pontos centrais de cada círculo e seus respectivos raios estão registradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Coordenadas geográficas dos pontos centrais dos quatro círculos e seus respectivos raios, traçados sobre a bacia hidrográfica do rio Sapucaí, na vertente paulista, Brasil.

Marcador	Latitude	Longitude	Raio (km)
Ponto 1 (centro do círculo 1)	20°15'51.57"S	48°17'36.30"O	22,69
Ponto 2 (centro do círculo 2)	20°24'57.80"S	47°58'31.17"O	24,22
Ponto 3 (centro do círculo 3)	20°41'29.78"S	47°30'9.08"O	42,58
Ponto 4 (centro do círculo 4)	21° 5'34.71"S	47° 9'50.87"O	17,60

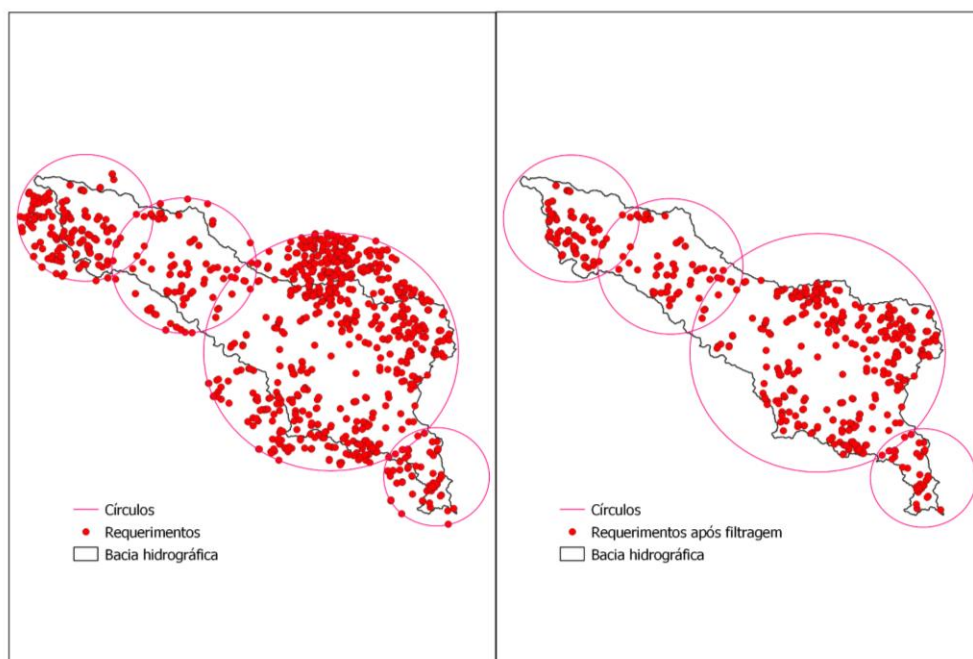
Fonte: Autores, 2024.

O total de requerimentos obtido no banco de dados Sistema Eletrônico de Outorgas do Departamento de Águas e Energia Elétrica, do estado de São Paulo, Brasil, foi de 3.045, sendo: 516 do Círculo 1, 367 do Círculo 2, 1.974 do Círculo 3 e 188 do Círculo 4. Durante o tratamento dos dados, foi identificado 112 linhas duplicadas, que foram removidas. Portanto, o total válido foi de 2.933 requerimentos de uso da água. Após a intersecção da camada vetorial da bacia hidrográfica com a camada vetorial dos requerimentos no *software* QGIS, restaram 1.380 registros válidos. A Figura 4 apresenta a distribuição espacial dos requerimentos antes e após os procedimentos descritos.

Com o banco de dados consistentes foi possível gerar os mapas da distribuição espacial dos requerimentos de lançamento (Figura 5), na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí na vertente paulista.

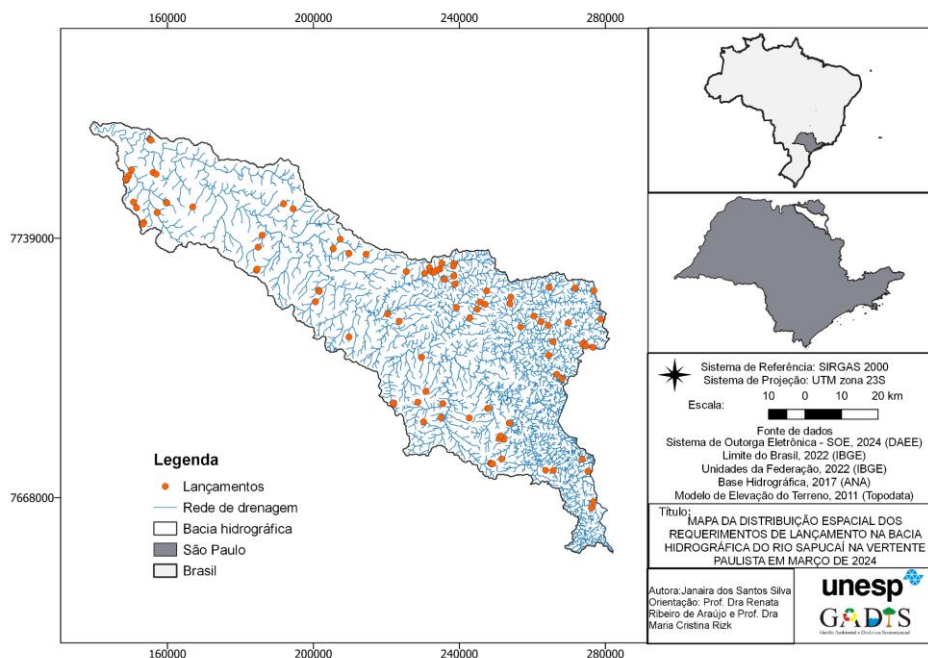
De acordo com a Instrução Técnica nº 08, de 30/05/2017, atualizada em 22/04/2024 do DAEE, o lançamento é definido como “toda emissão de líquidos, procedentes do uso em qualquer empreendimento ou de qualquer captação em corpo d'água ou, ainda, decorrente de ação de reversão de bacia, excetuando-se as descargas de águas pluviais”.

Figura 4 - Requerimentos de uso e interferência da água obtidos no Sistema de Outorga Eletrônica antes e depois do processo de filtração no software QGIS



Fonte: Autores, 2024.

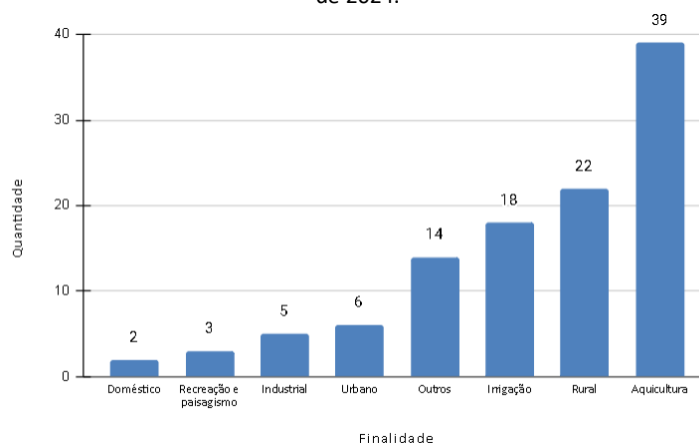
Figura 5 - Mapa da distribuição espacial dos requerimentos de lançamento na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí na vertente paulista em março em 2024



Fonte: Autores, 2024.

Foram obtidos 115 requerimentos de lançamento superficial, sendo dois de desistências. O resultado da somatória das vazões em m^3/h resultou em $3.404,98 \text{ m}^3/\text{h}$. Desse total, foi descontado o valor de 63,66 que era referente a quatro requerimentos duplicados. Portanto, foi utilizado o valor de $3.341,32 \text{ m}^3/\text{h}$ para o cálculo do balanço hídrico. Também foi constatado que as três maiores finalidades dos requerimentos de lançamento superficial foram respectivamente aquicultura (total de 41), uso rural (total de 23) e irrigação (total de 19). Os resultados estão apresentados no gráfico 1.

Gráfico 1 - Finalidade dos Requerimentos de Lançamento Superficial na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí em março de 2024.

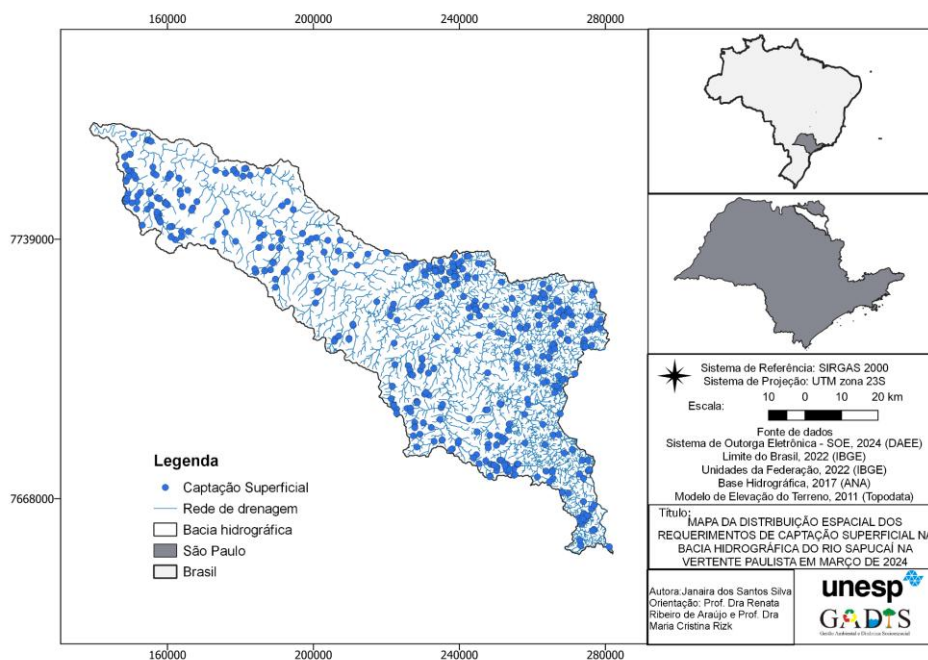


Fonte: Autores, 2024.

Segundo Albertin (2004), a utilização de cursos d'água para atividades de aquicultura constitui uso não consuntivo, ou seja, são usos que utilizam a água, mas sem reduzir a quantidade total disponível desse recurso. Essa atividade pode alterar a qualidade da água captada, dado que são lançados complementos alimentares para as criações.

Os requerimentos válidos de captação superficial na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí na vertente paulista totalizaram 565 registros. Porém, 15 desses requerimentos foram considerados inválidos, pois 11 se referiam a desistências, enquanto os demais correspondiam a captações em barramentos e usos que contavam com a outorga ou dispensa junto com o DVI. A localização das captações superficiais está apresentada na Figura 6.

Figura 6 - Mapa da distribuição espacial dos requerimentos de captação superficial na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí na vertente paulista em março em 2024



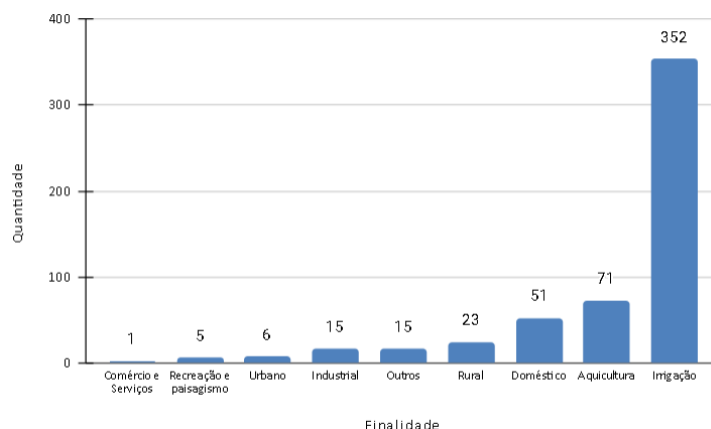
Fonte: Autores, 2024.

É importante destacar que, de acordo com a Instrução Técnica nº 08 de 2017, a “DVI não confere ao seu titular o direito de uso ou de interferência, que deve ser previamente requerido conforme demais Instruções Técnicas do DAEE”. Assim, os usos que conseguiram a outorga após a aprovação do DVI não foram contabilizados. Portanto, foram contabilizados apenas os DVI sem a correspondente outorga ou dispensa.

A somatória das vazões resultou no valor de 34.223,9 m³/h, subtraindo com os requerimentos não válidos, foi adotada a vazão de 33.380,1 m³/h para os cálculos.

As finalidades do uso da água para captações superficiais na bacia hidrográfica foram expressivas para a irrigação, que teve 352 requerimentos, seguida da aquicultura com 71 e do uso doméstico que contabilizou 51 requerimentos (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Finalidade dos Requerimentos de Captação Superficial na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí em março de 2024.



Fonte: Autores, 2024.

Segundo o Plano Diretor de Educação Ambiental do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Sapucaí-Mirim/Grande - SP, de 2020, a soja é a principal cultura vegetal, predominante nos municípios de Guaíra, Miguelópolis, Ituverava e Ipuã. Em segundo lugar, a cana-de-açúcar é cultivada em todos os municípios da região, com destaque para Guaíra, Batatais e São Joaquim da Barra. Também é importante destacar o cultivo de milho em Guaíra e Miguelópolis, assim como a produção de café em Franca e Ribeirão Corrente.

Ainda conforme o Plano Diretor de 2020, a exploração animal é predominante pelo rebanho bovino que se destaca na bacia hidrográfica. Na pecuária leiteira, os municípios de Santo Antônio da Alegria, Batatais e São José da Bela Vista se sobressaem, enquanto que na pecuária de corte, Franca se destaca. Ademais, a suinocultura e a avicultura também desempenham papéis econômicos importantes na região.

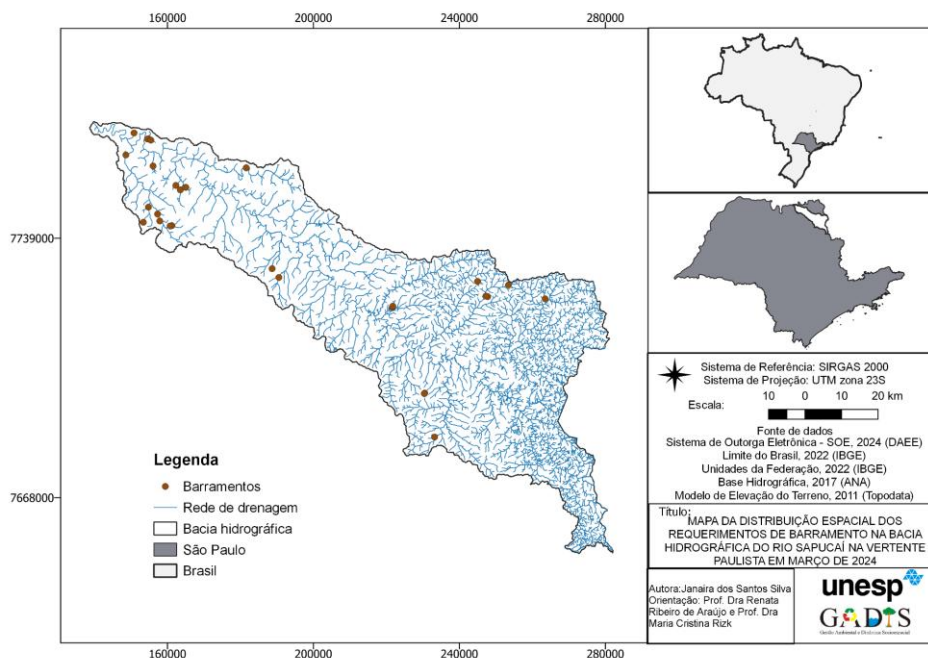
Em relação aos requerimentos de barramentos, a análise dos dados revelou 33 requerimentos, sendo 2 desistências e 2 captações em barramentos. A distribuição espacial dos requerimentos de barramento na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, na vertente paulista, está representada na Figura 7.

O barramento é “toda estrutura sólida cujo eixo principal esteja num plano que intercepte um curso d'água e respectivos terrenos marginais, alterando as suas condições naturais de escoamento, formando reservatório de água a montante” de acordo com a Instrução Técnica nº 08 de 2017.

Na análise dos dados foi constatado que 20 requerimentos eram de regularização de vazões, 5 de recreação e paisagismo, 2 de controle de cheias e 1 outros usos.

A regularização de cursos d'água através da construção de barragens promove diversos benefícios sociais, destacando-se o controle de cheias, o suprimento garantido de água de abastecimento para usos múltiplos e a geração de energia hidroelétrica (GARCIA; ANDREAZZA, 2004).

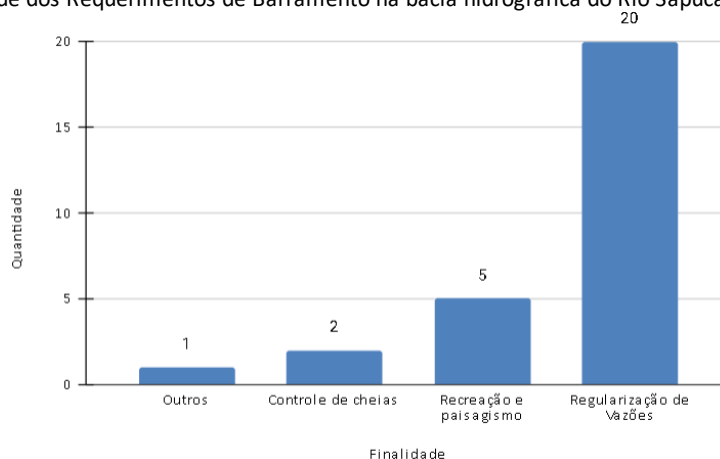
Figura 7 - Mapa da distribuição espacial dos requerimentos de barramento na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí na vertente paulista em março em 2024



Fonte: Autores, 2024.

O Gráfico 3 apresenta a finalidade dos requerimentos de barramento na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, vertente paulista, em março de 2024.

Gráfico 3 - Finalidade dos Requerimentos de Barramento na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí em março de 2024.



Fonte: Autores, 2024.

A análise da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica foi pautada em dois importantes parâmetros hidrológicos, a vazão mínima de referência Q7,10, e a vazão de permanência Q95. Ambas foram estimadas através do software de Regionalização BCDAEE2000. É importante ressaltar que o software BCDAEE2000 utiliza em seu banco de dados séries históricas de chuva apenas até o ano de 2000. O software considera para os cálculos as chuvas e vazões medidas nos postos pluviométricos e fluviométricos.

A vazão de referência Q7,10 é associada a uma situação crítica do manancial, geralmente caracterizada pela média histórica das vazões mínimas de 7 dias de duração com período de retorno de 10 anos (MENDES, 2007).



De acordo com Cruz (2001), as vazões de permanência são determinadas por meio de curvas de duração, que estabelecem a relação entre a vazão com a porcentagem do tempo em que ela é igualada ou superada.

As vazões de permanência usualmente empregadas como referência na legislação brasileira são a Q95 que indica um valor igualado ou superado durante 95% do tempo (ou um risco de não acontecer em 5% do tempo) (MENDES, 2007).

A vazão estimada em m^3/h para as captações superficiais foi de 33.380,1, enquanto que para os lançamentos foi de 3.341,32. A diferença entre as vazões de captação superficial e lançamentos, de 30.038,78 m^3/h será chamada de vazão total outorgada.

No *software* BCDAEE2000 a vazão hidrológica de referência para o Q95 foi de 19,361 m^3/s , equivalente a 69.699,6 m^3/h . Para a vazão de Q7,10, o valor obtido foi de 11,866 m^3/s , o que corresponde a 42.717,6 m^3/h .

A partir da Equação 1, os resultados obtidos em relação à Q95 indicaram um volume de 39.660,82 m^3/h . Transformando esse valor em porcentagem, constatamos que 56,90% da água ainda está disponível para uso e que 43,10% já foi explorada. Ao utilizar a vazão de referência Q7,10, a Equação 1 resultou no valor de 12.678,82 m^3/h . Em termos percentuais, isso revela que 29,68% da água ainda pode ser utilizada, ao passo que 70,31% já foi explorada.

Considerando a classificação dos valores de referência para o balanço hídrico, conforme apresentado no Relatório de Situação do Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Sapucaí Mirim/Grande de 2023, pode-se concluir que a bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, na vertente paulista, se encontra em situação crítica em relação ao Q7,10 e em situação preocupante em relação à Q95, no dia da coleta dos dados, em 15 de março de 2024.

Ao passo que se adotarmos 50% da disponibilidade das vazões de referência para os cálculos, ou seja, a relação da vazão outorgada superficial total em relação a 50% da disponibilidade das vazões mínimas de referência, temos que para Q95, a disponibilidade que ainda pode ser explorada é de apenas 4.811,02 m^3/h . Enquanto que para Q7,10 a vazão total outorgada (30.038,78 m^3/h) é superior a disponibilidade hídrica de 50% da vazão de referência (21.358,85 m^3/h).

É importante destacar que os resultados obtidos relacionados à disponibilidade hídrica, com base nas vazões de referência Q7,10 e Q95, assim como os dados da demanda hídrica da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, na vertente paulista, podem não refletir a realidade de forma precisa. Isto pode ser explicado pelo fato de que o *software* empregado na estimativa das vazões de referência, o BCDAEE2000, utiliza um banco de dados restrito até o ano 2000 e que pode apresentar limitações, comprometendo, assim, a representatividade dos coeficientes Q7,10 e Q95 obtidos. Consequentemente, esses coeficientes, ao servirem como base para a avaliação da disponibilidade hídrica, podem não oferecer uma representação fiel da realidade. Nesse caso, sugere-se cálculos com uma série histórica maior, para a garantia de valores mais próximos à realidade atual. Além disso, os dados utilizados referentes aos requerimentos de uso da água também apresentam restrições, pois não foram levados em consideração os requerimentos que já foram revogados, e os resultados obtidos refletem apenas uma estimativa pontual correspondente ao dia da coleta dos dados, em 15 de março de 2024.

As vazões mínimas de referência, adotadas para fins de outorga pelos órgãos gestores de recursos hídricos, influenciam diretamente no total disponível para outorga (SILVA et al., 2015). É importante destacar que, de acordo com Ribeiro et al. (2017), a vazão Q7,10 é considerada mais restritiva, uma vez que seus valores são inferiores aos da vazão Q95.

O crescimento populacional, mudanças climáticas e o aumento dos usos dos recursos hídricos acarretaram vulnerabilidade da segurança hídrica em bacias do mundo. É necessário adotar medidas apropriadas para minimizar a escassez de água, melhorar a qualidade e



promover a partilha equitativa de recursos hídricos entre a sociedade e a natureza (KATTEL, 2019).

Os resultados obtidos mostraram que a bacia do Rio Sapucaí, na vertente paulista, é amplamente utilizada para atender a demanda local, principalmente para os usos de irrigação, rural e aquicultura e que a exploração da água é expressiva. Portanto, torna-se imprescindível adotar estratégias de gestão e conservação eficientes na bacia hidrográfica.

5 CONCLUSÃO

O balanço hídrico da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí na vertente paulista revelou criticidade da disponibilidade da água quando foi utilizada a vazão de permanência hidrológica Q7,10 e situação preocupante quando utilizado a vazão de referência Q95, no dia da coleta dos dados em 15 de março de 2024. Os resultados obtidos evidenciam a necessidade de novas estratégias de gestão e medidas de conservação.

Espera-se que os resultados alcançados do presente trabalho possam servir como base para estudos futuros sobre a bacia hidrográfica, contribuindo para um entendimento mais amplo sobre as dinâmicas hídricas na região e estimulando a continuidade da pesquisa em gestão de recursos hídricos.

Para estudos futuros, é recomendável utilizar séries de dados pluviométricos mais extensas. O banco de dados do *software* BCDAEE2000, até o ano de 2000, apresenta várias limitações, o que compromete a representatividade dos coeficientes Q7,10 e Q95 obtidos. Portanto, esses coeficientes utilizados para estimar a disponibilidade hídrica podem não refletir a realidade de maneira adequada. Os dados utilizados dos requerimentos de uso da água também possuem limitações, pois não foram considerados os requerimentos que foram revogados, além dos resultados obtidos representarem apenas uma estimativa específica referente ao dia da coleta dos dados.

6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALBERTIN, L.L. **Avaliação da quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Sapucaí-Mirim (SP) através do simulador computacional Mike Basin**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. doi:10.11606/D.18.2016.tde-17062016-152422. Acesso em: 01 set.2024.

BRANCO, O.E.A. **Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade**, 2006. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/04/Disponibilidade-Hidrica.pdf>>. Acesso em: 16.set.2024.

CAMPOS, M.V.C. de V. **Indicadores de sustentabilidade como apoio à gestão de recursos hídricos**. 2005. 154f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2005. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/11153>. Acesso em: 31 ago.2024.

CORRÊA, M. de A. **Desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos na UGRHI Tietê-Jacaré (SP)**. 2007. 247 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4229>. 31 ago.2024.

CRUZ, J.C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. 2001. 1p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.



Edição em Português e Inglês / *Edition in Portuguese and English* - Vol. 13, N. 40, 2025

GARCIA, L. A. V.; ANDREAZZA, A.M.P. Estabelecimento de vazões ambientais efluentes de barragens: sugestão metodológica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, v. 9, n. 2, p. 5-18, 2004.

Instrução Técnica DR nº 08, de 30 de maio de 2017. **Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)**. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/site/wp-content/uploads/2024/04/IT-08-_-COM-FORMATACAO-FINAL.pdf. Acesso em: 31 ago. 2024.

KATTEL, G. R. **State of future water regimes in the world's river basins: balancing the water between society and nature**. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Vol. 49, No. 12, pp. 1107-1133, 2019.

MENDES, L.A. **Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. doi:10.11606/D.3.2007.tde-01082007-180524. Acesso em: 31 ago. 2024.

NOVO, E. C.; DA HORA, M. de A. G. M. Estabelecimento das curvas-chave, geração das séries de vazões e estimativa das vazões máximas outorgáveis nos postos da sub-bacia Guapi-Macacu, RJ. **Sistemas & Gestão**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 464-482, 2020. DOI: 10.20985/1980-5160.2019.v14n4.1585. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/1585>. Acesso em: 16 set. 2024.

Plano Diretor de Educação Ambiental do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Sapucaí-Mirim/Grande - SP. **Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH)**, 2020. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/cbhsmg/documentos>. Acesso em: 31 ago. 2024.

Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Sapucaí Mirim/Grande. **Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH)**, 2023. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/cbhsmg/documentos>. Acesso em: 31 ago. 2024.

RIBEIRO, T.B et al. Estimativas das vazões mínimas de referência (Q7,10, Q95 e Q90) anuais e semestrais para a bacia do Rio Branco. In: XXII SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017. Florianópolis-SC, **Anais[...]**. Florianópolis-SC, 2017. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/works/2508>. Acesso em: 16.set.2024.

SAMUEL, M.; ALBORNO, D.; JAKEMAN, M.; SIVA, R. **Under pressure: the economic costs of water stress and mismanagement**. The Economist Intelligence Unit Limited, 2021.

SETTI, A. A.; WERNECK LIMA, J. E. F.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. 207 p. 2000.

SILVA, B.M.B; SILVA, D.D; MOREIRA, C.M. Influência da sazonalidade das vazões nos critérios de outorga de uso da água: estudo de caso da bacia do rio Paraopeba. **Revista Ambiente & Água**. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/X9J8rNxTkb8TSjkQddWSR7d/>. Acesso em: 16.set.2024.