



A influência do uso e cobertura da terra na vazão dos cursos d'água nas bacias hidrográficas do Rio Jacaré-Guaçu e do Rio Pardo

Jaqueline Aparecida Vicente Pizolotto; Flávia Cristina Sossae; Maria Lucia Ribeiro; Leonardo Rios

Universidade de Araraquara - UNIARA

Palavras-chave

Fluviometria;
Pluviometria;
Disponibilidade
hídrica;
Mapbiomas.
Keywords
Fluviometry;
Pluviometry;
Water availability;
Mapbiomas.

Resumo: Diante das mudanças climáticas e do uso intensivo do solo, pesquisas que investigam o uso e cobertura da terra e associam aos recursos hídricos são importantes para análise e monitoramento do uso e consequência dos recursos naturais. A pesquisa investiga a influência do uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas dos rios Jacaré-Guaçu e Pardo, considerando a segurança dos recursos hídricos e a preservação dos ecossistemas. Os dados foram obtidos de fontes secundárias e para determinar as coberturas foram utilizados mapas no intervalo temporal dos anos de 1995 a 2022, da coleção 8 de cobertura do solo do MapBiomas e geo processado no software QGIS 3.34, delimitando os recortes necessários e reclassificando as coberturas da terra em três variáveis: Vegetação Nativa, Rural e Urbana. Os dados fluviométricos e pluviométricos foram obtidos da base de dados do SP Aguas, do estado de São Paulo, das estações com informações completas para o período de 1991 a 2022, separados em estação seca e chuvosa. Para análise estatística, foi realizado o teste de tendência de Mann Kendall. Os resultados obtidos neste estudo apontaram que as sub-bacias estudadas tem com predominância a cobertura de terra destinada ao uso rural, seguido de vegetação nativa e área urbana, quanto ao resultado do teste de *Mann Kendall* para precipitação e vazão, há uma tendência em diminuir a vazão nas sub-bacias estudadas, porém uma redução branda, não sendo possível fazer afirmações, porque os dados não apresentaram uma correlação estatisticamente consistente. Estudos como este são de grande importância para futuras investigações sobre o uso e cobertura da terra e a correlação com dados hidrológicos, levando em conta as dificuldades em relação à escolha do banco de dados e a metodologia.

Abstract: In view of climate change and intensive land use, research that investigates land use and coverage and associates it with water resources is important for analyzing and monitoring the use and consequences of natural resources. The research investigates the influence of land use and coverage in the hydrographic basins of the Jacaré-Guaçu and Pardo rivers, considering the security of water resources and the preservation of ecosystems. The data were obtained from secondary sources, and to determine the coverage, maps were used in the time range from 1995 to 2022, from the MapBiomas land cover collection 8 and geoprocessed in the QGIS 3.34 software, delimiting the necessary cuts and reclassifying the land covers into three variables: Native Vegetation, Rural and Urban. Fluviometric and rainfall data were obtained from the SP Aguas database, in the state of São Paulo, from stations with complete information for the period 1991 to 2022, separated into dry and rainy seasons. The Mann Kendall trend test was performed for statistical analysis. The results obtained in this study indicated that the sub-basins studied have a predominance of land cover intended for rural use, followed by native vegetation and urban areas. Regarding the result of the *Mann Kendall* test for precipitation and flow, there is a tendency for the flow to decrease in the sub-basins studied, but a mild reduction, and it is not possible to make statements, because the data did not present a statistically consistent correlation. Studies such as this are of great importance for future investigations on land use and cover and the correlation with hydrological data, taking into account the difficulties in relation to the choice of the database and the methodology.



 [10.25061/2527-2675/ReBraM/2026.v29i1.2569](https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2026.v29i1.2569)

Introdução

As mudanças climáticas já estão presentes, continuar fazendo uso intensivo dos recursos naturais sem uma regulamentação bem definida e coesa, nos colocam em risco de catástrofes ambientais cada vez mais desafiadoras; neste sentido é importante discutir e colocar em prática ações locais que visem a segurança do uso dos recursos naturais, principalmente dos recursos hídricos, tendo como objetivo proteger e restaurar os ecossistemas.

Sob esta perspectiva, alguns estudos demonstraram que o uso e cobertura da terra, de forma desordenada, pode influenciar nos recursos hídricos no qual a substituição da vegetação nativa por outros tipos de cobertura, como, por exemplo, agricultura, pastagem e silvicultura, intervém diretamente no ciclo hidrológico e na diminuição das vazões dos rios (FARIAS et al., 2021; SILVA et al., 2021; SILVA, 2019; TREVISAN, 2021).

Trevisan, Moschini e Moraes (2016) analisaram a fragmentação da vegetação nativa no estado de São Paulo e observaram sua relação com a expansão da cana-de-açúcar, enquanto Trevisan (2021) verificou que essa perda de cobertura vegetal nativa impactou na conectividade dos fragmentos remanescentes e reduzindo as áreas de drenagem. Além disso, a expansão urbana, tem sido um agravante para absorção de água pelo solo, devido à impermeabilização do mesmo, aumentando os riscos de enchentes e os custos com tratamento de água (TREVISAN, 2021).

Desta forma, a preservação da vegetação nativa é essencial para manter a qualidade e a disponibilidade da água nas bacias hidrográficas, as árvores têm uma importante função de regular o escoamento superficial e reduzir a erosão do solo (TAMBOSI et al., 2015). Rezende et al. (2020) identificaram uma redução de 22,43% no fluxo hídrico da bacia do Tietê-Jacaré desde 1970. Curcio e Bonnet (2021) ressaltam que a destruição das áreas de nascente compromete a formação dos rios, afetando todo o ciclo hidrológico.

A relação entre uso do solo e qualidade da água foi analisada por Pinheiro et al. (2014), que observaram o quanto as áreas urbanizadas impactam negativamente nos recursos hídricos, através do despejo de efluentes sem tratamento, agravando os problemas ambientais e sanitários.

Portanto, a gestão eficiente dos recursos naturais exige o monitoramento contínuo dos corpos hídricos e a implementação de estratégias que associem o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental.

Diante da importância de se preservar os recursos hídricos, visando sua segurança e disponibilidade, esta pesquisa se faz necessário no sentido de verificar tendências fluviométricas e pluviométricas diante do uso e cobertura de terra das bacias hidrográficas do Rio Jacaré-Guaçu e Rio Pardo, visto que há poucos estudos que associam tendências hidrológicas com o uso da terra nestas bacias hidrográficas, sendo assim a pesquisa traz como objetivo verificar se ocorreu alteração no uso e cobertura da terra no período de 1995 a 2022 e se essa alteração influenciou na vazão das sub-bacias hidrográficas do Rio Jacaré-Guaçu e do Rio Pardo, utilizando dados secundários de vazão, precipitação e uso e cobertura da terra.

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi realizado nas sub-bacias hidrográficas do rio Jacaré-Guaçu e Pardo e seguiram as seguintes etapas (Quadro 1):

Quadro 1 - Descrição das atividades desenvolvidas durante a pesquisa.

Uso e cobertura do solo
Obtenção dos arquivos rasters de 1995 a 2022 (Plataforma MapBioma - Uso e cobertura da terra)
Obtenção dos arquivos vetoriais das sub-bacias em estudo (Plataforma MapBioma - Uso e cobertura da terra)
Recorte das sub-bacias nos arquivos rasters (Software Qgis 3.34)
Reclassificação da camadas de uso da terra (Software Qgis 3.34)
Extração das áreas das camadas reclassificadas (Software Qgis 3.34)
Tratamento dos dados de áreas no Excel (Software Excel- Microsoft)
Plotagem dos gráficos de áreas (Software Excel- Microsoft)
Elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra (Software Qgis 3.34)
Pluviometria e Fluviometria
Busca por dados completos nos postos de medição do SP ÁGUAS (SP Águas)
Divisão dos dados em período seco e chuvoso (Software Excel- Microsoft)
Calculo da média periodo de 1991 a 2022 (Software Excel- Microsoft)
Calculo da média nos periodos de 5 em 5 anos (Software Excel- Microsoft)
Calcula da média dos 3 pontos de precipiração da bacia do Rio Jacaré-Guaçu (Software Excel- Microsoft)
Calcula da média dos 8 pontos de precipiração da bacia do Rio Pardo (Software Excel- Microsoft)
Estatística
Tratamento dos dados pluviometricos (Software Excel- Microsoft)
Tratamento dos dados fluviometricos (Software Excel- Microsoft)
Tratamento dos dados das áreas de cobertura (Software Excel- Microsoft)
Escrita do código em <i>python</i> para o teste de <i>Mann Kendall</i> (Linguagem de programação - <i>Python</i>)
Tratamento de dados das tabelas geradas (Software Excel- Microsoft)

Fonte: Autores, 2025

A bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu está localizada na UGRHI-13 Tietê- Jacaré na região central do Estado de São Paulo, enquanto a bacia hidrográfica do Rio Pardo está localizada na parte norte-noroeste do estado de São Paulo, inserida na bacia do Alto do Paraná, sendo o rio Pardo o principal rio da bacia e o maior afluente do rio Grande, cuja nascente está no território mineiro (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS, 2000).

A população residente na bacia do rio Jacaré-Guaçu, segundo o censo do IBGE (2022) é de 751.593 pessoas, sendo São Carlos e Araraquara as cidades mais populosas; também é uma área que tem sua economia voltada para agricultura e pecuária, sendo a cana-de-açúcar e laranja as culturas mais cultivadas, principalmente cana-de-açúcar. Na bacia hidrográfica do rio Pardo, conta com 30 municípios paulistas, sendo 23 municípios com sedes inseridas na URGHI 4 e 7 municípios com sede nas UGRHI 9 e 12 (ITP, 2000). A população total dos municípios com sede na UGRHI 4 é de 1.185.345 de habitantes, sendo Ribeirão Preto a cidade com maior número expressivo de habitantes, 698.642 habitantes, segundoo IBGE (2022). Todos os municípios estão inseridos numa formação vegetal de ecótone, compostos por espécies do bioma da Mata Atlântica e Cerrado.

Quanto ao clima, tanto a bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu quanto a bacia hidrográfica do rio Pardo, possuem duas estações climáticas definidas; chuvoso (de outubro a março) e seco (de abril a setembro). Este clima é favorecido devido à atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), fenômeno que influencia no regime de chuva. A precipitação média para estas duas bacias varia de 1100 mm a 1700 mm anuais (NERY; SILVA; CARFAN, 2004).

Uso e cobertura da terra

Para determinar o uso e cobertura da terra foi realizado o geoprocessamento dos arquivos rasters de camadas de uso da terra do Brasil e através do software QGIS 3.34, foram feitos os recortes das sub-bacias através dos arquivos vetoriais, dando origem as sub-bacias hidrográficas do rio Jacaré-Guaçu em três áreas de influência (JG1, JG2, JG3) e do rio Pardo em duas áreas de influência (P1, P2) conforme a localização dos pontos de determinação das vazões, considerando as respectivas bacias de influência.

Para análise estatística, as coberturas de terra foram reclassificadas em 4 categorias: Formação Florestal, Formação Savânica, Campo Alagado e Área Pantanosa e Formação Campestre foram reclassificados como Área de Vegetação Nativa; Silvicultura, Pastagem, Mosaico de Usos, Cana, Outras Áreas não Vegetadas, Outras Culturas Temporárias, Café, Soja, Outras Culturas Perenes e Citros foram reclassificados como Área Rural e as Áreas Urbanas foram reclassificadas como Área Urbana, já os Rios e Lagos foram mantidos as classes, mas para análise estatística esta última classe não foi utilizada como variável. Essa reclassificação foi necessária para diminuir o número de variáveis de uso e cobertura da terra, visando diminuir o número de variáveis e simplificar consequentemente a análise estatística.

Fluviometria e Pluviometria

Quanto aos dados fluviométricos e pluviométricos, são dados secundários obtidos através do SP ÁGUAS, no qual foi analisado todos os postos de medição de vazão e precipitação nas duas bacias hidrográficas do estudo, porém só alguns postos foram selecionados (Quadro 2), por conter a série histórica completa.

Para análise estatística, a fim de reduzir o número de variáveis, foi realizada a média dos oito postos de precipitação da bacia hidrográfica do Jacaré-Guaçu e a média dos três postos da bacia hidrográfica do Rio Pardo, reduzindo então para uma variável de precipitação para bacia do Jacaré-Guaçu e Rio Pardo.

Quadro 2 - Postos pluviométricos e fluviométricos das bacias hidrográficas dos rios Jacaré-Guaçu e Pardo.

Postos Pluviométricos						
Pardo						
Prefixo	Posto	Cidade	Latitude	Longitude	Data de instalação	
C3-014	CACONDE	CACONDE	21° 31' 08"	46° 38'	26/10/1937	
C4-043	PH7- MNERAÇÃO DE	SANTA ROSA DE	21° 28' 38"	47° 19'	01/06/1942	
C4-054	JARDINOPOLIS	JARDINOPOLIS	21° 01' 00"	47° 44'	01/04/1943	
C4-103	BOM SUCESSO	SANTA ROSA DE	21° 33'	47° 23' 17"	01/10/1972	
C4-075	CLUBE DE REGATAS	RIBEIRAO PRETO	21° 06' 14"	47° 45' 34"	11/01/1944	
C4-007	CRAVINHOS	CRAVINHOS	21° 21' 36"	47° 42' 40"	01/11/1936	
C4-086	FAZENDA PONTA DA SERRA	BRODOSQUI	21° 06' 06"	47° 38' 45"	01/09/1969	
C3-030	TAPIRATIBA	TAPIRATIBA	21° 27' 59"	46° 44' 42"	11/12/1946	
Jacaré-Guaçu						
Prefixo	Posto	Cidade	Latitude	Longitude	Data de instalação	
D4-106	FAZENDA SANTA BARBARA	SAO CARLOS	22° 05' 38"	47° 58' 30"	01/09/1978	
C5-017	CHIBARRO	ARARAQUARA	21° 53' 17"	48° 09' 06"	01/09/1931	
C5-050	ARARAQUARA	ARARAQUARA	21° 47' 00"	48° 10' 00"	01/01/1937	
Postos Fluviométricos						
Pardo						
Prefixo	Posto	Cidade	Latitude	Longitude	Data de	Area de
5B-011	FAZENDA BELA VISTA	PONTAL	20°54'33"	48°05'16"	27/09/1973	12445,00 KM ²
4C-001	CLUBE DE REGATAS	RIBEIRAO PRETO	21°06'12"	47°45'27"	01/01/1941	10679,00 KM ²
Jacaré- Guaçu						
Prefixo	Posto	Cidade	Latitude	Longitude	Data de instalação	Area de Drenagem
5C-028	SÍTIO ESPERANCA	IBITINGA	21°47'10"	48°46'41"	26/11/1980	338,00 KM ²
5C-027	BOA ESPERANCA DO SUL	BOA ESPERANCA DO	21°59'28"	48°23'23"	25/11/1980	190,00 KM ²
5C-013	JACARE GUACU - SP-255	ARARAQUARA	21°52'02"	48°16'35"	26/05/1969	1867,00 KM ²

Fonte: SP Águas, modificado pelos autores, 2024.

Para análise estatística, a fim de reduzir o número de variáveis, foi realizado a média dos oito postos de precipitação da bacia hidrográfica do Jacaré-Guaçu e a média dos três postos da bacia hidrográfica do Rio Pardo, reduzindo então para uma variável de precipitação para bacia do Jacaré-Guaçu e Rio Pardo.

Análise estatística

Para análise estatística de tendências foi adotado o teste de *Mann Kendall*, uma técnica não paramétrica mais resistente à presença de outliers, i. e., no qual a presença de dados anômalos não impacta significativamente nos resultados da análise. Verificando se existe tendência em uma série temporal de dados determinar a força desta tendência, se houver (HAMED; RAO, 1997).

Este teste consiste em verificar se existe tendência em uma série temporal de dados e determinar a força desta tendência, se houver. Para isso, o teste assume como hipótese nula (H0) que "os dados são independentes, ordenados aleatoriamente e, portanto, não apresentam tendência ao longo do tempo" (HAMED; RAO, 1997).

Para conseguir determinar o resultado do teste de hipóteses para o teste de *Mann Kendall* (MANN, 1945; KENDALL, 1957), devemos seguir as etapas deste método. Inicialmente, devemos calcular sua estatística S, definida pela fórmula (1) a seguir. Ela representa o somatório dos sinais (+1, -1, 0) das diferenças entre todos os pares possíveis de valores na série temporal.

Em seguida, é necessário calcular a variância (σ^2) considerando-se a possibilidade de empates, ou melhor, valores repetidos de $Sgn(X_j - X_i)$.

Com isso, já é possível determinar a rejeição, ou não, da H_0 através de consulta à tabela estatística de distribuição normal padrão, com base em determinado nível de significância (α) e Z crítico ($Z_{\alpha/2}$), tal que:

- Se $|Z| > Z_{\alpha/2}$: Rejeita-se H_0 (há tendência significativa).
- Se $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$: Não se rejeita H_0 (não há evidência de tendência).

Indo mais além, podemos encontrar o p-valor (p), que é a probabilidade acumulada associada à estatística Z , conforme:

$$p = 2 \times \Phi(-|Z|) \quad (5)$$

onde, Φ é a função de distribuição acumulada da distribuição normal padrão.

Neste caso, o teste de hipóteses é decidido como:

- Se $p \leq \alpha$: Rejeita-se H_0 .
- Se $p > \alpha$: Não se rejeita H_0 .

Concluídas estas etapas, é necessário, então, verificar qual a força e direção da tendência, se existir. Para isso, é preciso calcular o chamado tau (τ) de Kendall, ou coeficiente de *Kendall* (KENDALL, 1938). Esta é uma medida de associação entre duas variáveis (x_i, y_i), onde x_i é o tempo (período), no caso da análise de séries temporais, e y_i é o valor observado. Quando os dados são ordenados conforme a série temporal, e.g., do mais antigo para o mais novo e temos que os pares de observação seguem a ordem lógica, isto é, quando $x_i < x_j$ e $y_i < y_j$, ou $x_i > x_j$ e $y_i > y_j$, temos pares concordantes (n_c). Por outro lado, se os pares não seguem a ordem lógica, ou seja, $x_i > x_j$ e $y_i < y_j$, ou $x_i < x_j$ e $y_i > y_j$, então temos pares discordantes (n_d). Com estas informações é possível realizar o cálculo do tau de *Kendall*.

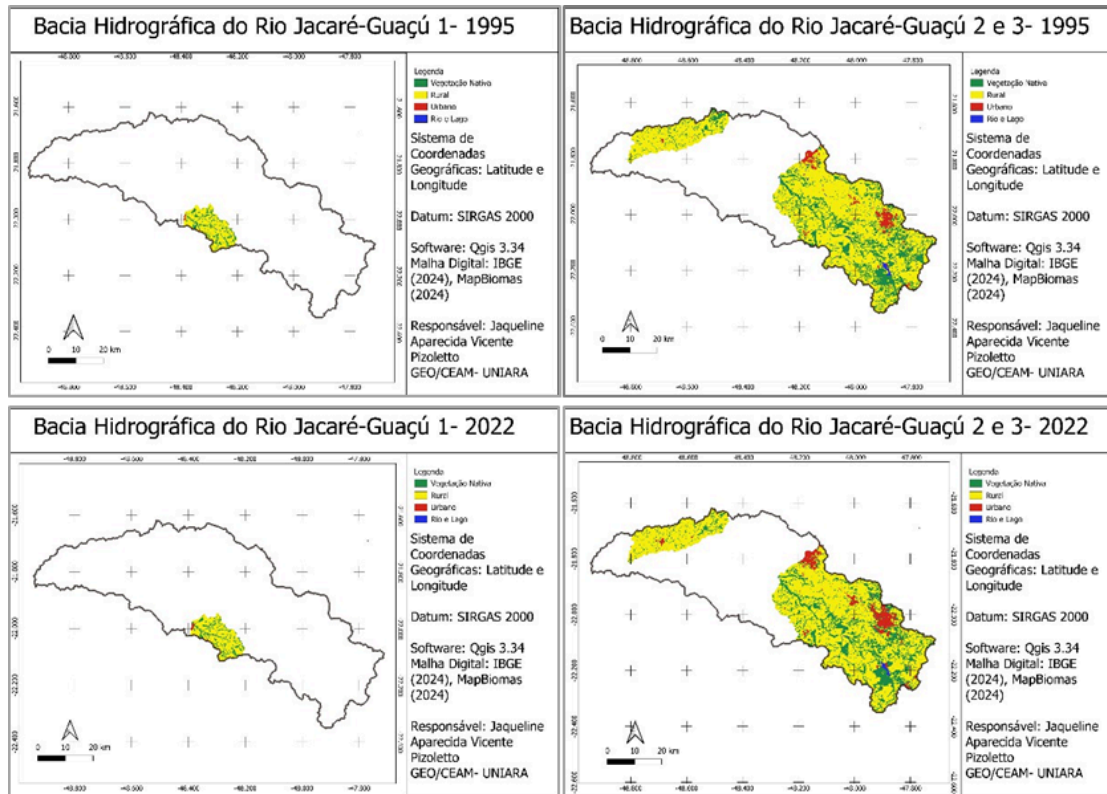
O resultado do coeficiente tau de *Kendall* varia entre -1 e 1. Quanto mais próximo de -1, mais forte será a tendência descendente, e quanto mais próximo de 1, mais forte será a tendência ascendente. Se o valor for próximo de 0, então há pouca ou nenhuma tendência. Para melhor interpretação da análise, foi adotado uma classificação do nível de força através dos valores de Tau; sendo de 0 a 0,20 muito fraco, 0,21 a 0,40 fraco, 0,41 a 0,60 moderado, 0,61 a 0,80 forte e 0,81 a 1 muito forte. Além disso, para análise de tendência foram adotados os dados ano a ano de cada variável, de 1995 a 2022 e o nível de confiança de $\alpha=0,05$.

Resultados e discussão

Uso e cobertura da terra

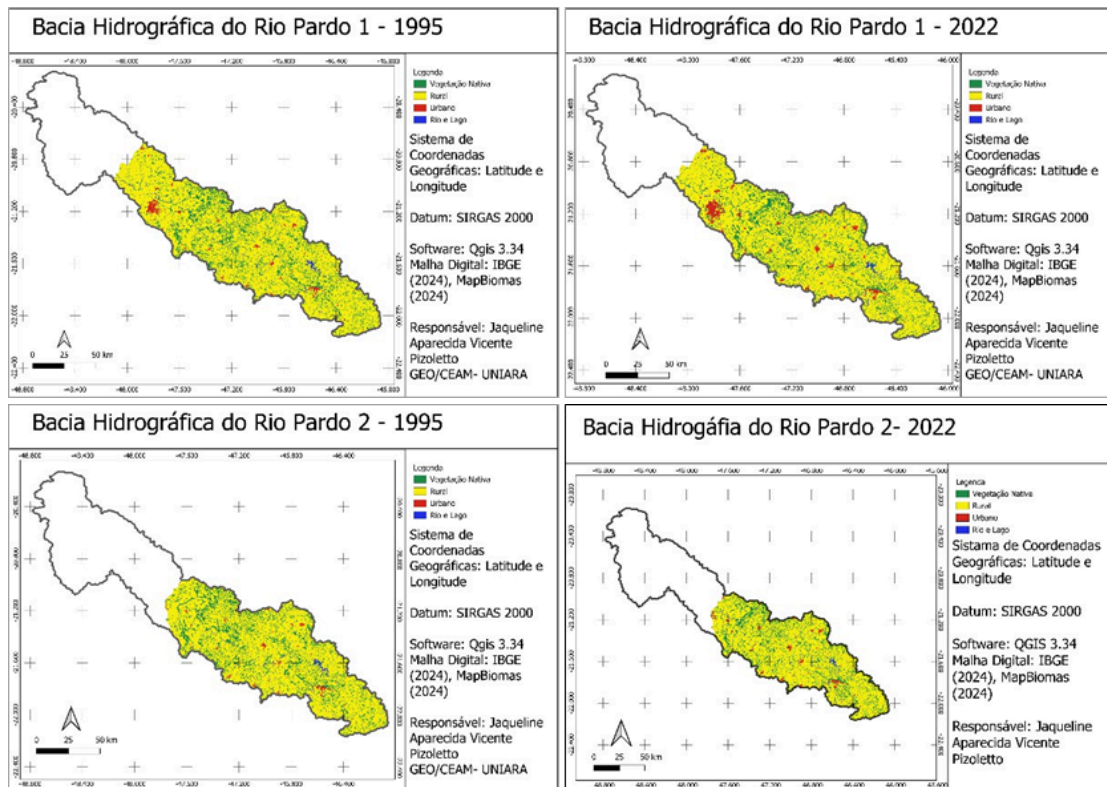
Os mapas de uso e cobertura da terra gerados para as sub-bacias dos rios Jacaré- Guaçú e Pardo estão apresentados na Figura 1 e 2.

Figura 1 - Mapas de uso e cobertura da terra das sub-bacias hidrográficas do rio Jacaré-Guaçu dos anos de 1995 e 2022.



Fonte: Autores, 2024.

Figura 2 - Mapas de uso e cobertura da terra das sub-bacias hidrográficas do rio Jacaré-Guaçu dos anos de 1995 e 2022.



Fonte: Autores, 2024.

Conforme os resultados evidenciados pelos mapas, a classe de uso e cobertura da terra predominante é a área Rural, seguida da Vegetação Nativa e área Urbana.

Na bacia hidrográfica do Jacaré-Guaçu, mais de 70% se destina ao uso rural nas sub-bacias do Jacaré-Guaçu 1 e 3, além de mais de 20% de vegetação nativa. A cobertura de solo urbana apresentou diferentes resultados, na sub-bacia 1; em 1995, era 0,78% da área e passou para 1,30%; em 2022, pouco crescimento urbano comparado à sub-bacia 3 do Jacaré-Guaçu; em 1995, compreendia 3,53% e quase dobrou de tamanho em 2022, com 6,01% de aumento na área urbana.

Já na sub-bacia 2 os resultados destoam das outras sub-bacias do Jacaré-Guaçu; a área rural passou de 80% de cobertura, tendo a vegetação nativa um decréscimo; área de 13,42% em 1995 e 11,32% em 2022, não chegando ao valor mínimo de Reserva Legal consolidado pela Lei 12.651, no qual 20% das áreas dos imóveis rurais deveriam ser destinados à preservação ambiental; porém, o que se observa é um decréscimo de vegetação nativa e descumprimento da lei.

Neste estudo, a variação no uso e cobertura da terra para a vegetação nativa também foi pequena para o período estudado (variando de um mínimo de 13,43% em 1995 para 11,32% em 2022 na sub-bacia do Jacaré-Guaçu 2 e de um máximo de 24,72% em 1995 para 24,76% em 2022 na sub-bacia do Jacaré-Guaçu 3) conforme figuras 10, 11, 12, 22 e 23, e isto pode não ter representatividade estatística para refletir na vazão das sub-bacias. A variação da precipitação também pode ter influenciado, não sendo possível atribuir um efeito da variação da vegetação nativa na variação da vazão, devido à pequena variação ao longo do período estudado.

Na bacia do Rio Pardo, em ambas as sub-bacias (Pardo 1 e Pardo 2), mais de 79% é constituído por áreas rurais. Na sub-bacia do Pardo 1, a vegetação nativa se manteve em torno de 17% à área de 1995 a 2022, tendo uma leve queda em 2022 para 17,35%, não chegando ao mínimo exigido pela legislação ambiental, Lei 12.651: no Pardo 2, em torno de 19%, tendo uma leve queda em 2022 para 18,81%. A área urbana teve um acréscimo de 1,30% na sub-bacia do Pardo 1 e de 0,82% no Pardo 2, de 1995 a 2022.

Os resultados do teste de *Mann Kendall*, para as três sub-bacias do Jacaré-Guaçu, estão visualizados na Tabela 1:

Tabela 1 - Índice de correlação (Tau_ e p-value do Teste de *Mann Kendall* para o uso e cobertura da terra, cobertura de vegetação nativa (cob_nat), cobertura rural (cob_rur), cobertura urbana (cob_urb), vazão no período chuvoso (vaz_chuv) e vazão no período seco (vaz_sec) das sub-bacias hidrográficas dos rios Jacaré- Guaçu (jg1, jg2 e jg3) e Pardo (pd1 e pd2), para os anos de 1995 a 2022.

Pares de variáveis	Índice de correlação (tau)	p_value
jg1_cob_nat	0,35	0,01
jg1_cob_rur	-0,43	0,00
jg1_cob_urb	0,98	0,00
jg1_vaz_chuv	-0,70	0,00
jg1_vaz_seco	-0,50	0,00
jg2_cob_nat	-0,26	0,05
jg2_cob_rur	0,19	0,16
jg2_cob_urb	0,99	0,00
jg2_vaz_chuv	-0,43	0,00
jg2_vaz_seco	-0,41	0,00
jg3_cob_nat	0,33	0,01
jg3_cob_rur	-0,66	0,00
jg3_cob_urb	0,95	0,00
jg3_vaz_chuv	-0,14	0,34
jg3_vaz_seco	-0,49	0,00
jg_prec_chuv	-0,27	0,03
jg_prec_seco	-0,08	0,51
pd1_cob_nat	0,25	0,06
pd1_cob_rur	-0,60	0,00
pd1_cob_urb	0,99	0,00
pd1_vaz_chuv	-0,26	0,04
pd1_vaz_seco	-0,32	0,01
pd2_cob_nat	0,15	0,26
pd2_cob_rur	-0,35	0,01
pd2_cob_urb	0,97	0,00
pd2_vaz_chuv	-0,35	0,00
pd2_vaz_seco	-0,29	0,02
pd_prec_chuv	-0,03	0,81
pd_prec_seco	-0,17	0,18

Fonte: Autores, 2025.

Segundo os valores apresentados e seguindo as classificações do nível de força das tendências adotados, onde de 0 a 0,20 foi considerado muito fraco, de 0,21 a 0,40 fraco, de 0,41 a 0,60 moderado, de 0,61 a 0,80 forte e de 0,81 a 1 muito forte, considera-se que esses níveis de intensidade permitem avaliar se uma variável está em pleno processo de expansão, decréscimo ou tende a estagnar.

Neste sentido, a cobertura de Vegetação Nativa (cob_nat) apresentou tendência positiva, ou seja, crescimento desta cobertura nas sub-bacias do Jacaré-Guaçu 1 e 3, mas com intensidade fraca (JG1: 0,35 e JG3: 0,33). Já na sub-bacia do Jacaré-Guaçu 2 evidenciou-se uma tendência negativa e com intensidade fraca (JG2: -0,26), isto é, tendência à supressão de vegetação nativa nesta sub-bacia. Para as sub-bacias do Jacaré- Guaçu, o valor de P foi dentro do limite de confiança entre 0,00 e 0,05.

Nas duas sub-bacias do rio Pardo apresentou valores positivos, ainda seguindo os critérios de classificação do nível da força dessas tendências, na sub-bacia 1 apresentou uma intensidade fraca (P1: 0,25), enquanto na sub-bacia 2 apresentou uma intensidade muito fra-

ca (P2: 0,15), porém em ambas sub-bacias o valor P superou 0,05 de significância (0,06 e 0,26 respectivamente) não sendo significativa essa tendência.

Quanto à cobertura rural, as sub-bacias do Jacaré-Guaçu 1 e do Pardo 1 apresentaram tendências negativas moderadas, portanto, está havendo uma tendência a diminuição da cobertura rural, sendo que na sub-bacia 1 com um Tau de -0,49 e na sub-bacia do Pardo 1 com um Tau de -0,60 e valores p de 0,00. Uma tendência de intensidade forte foi verificada na sub-bacia do Jacaré-Guaçu 3 (Tau= -0,66 e valor p=0,00). Na sub-bacia do Jacaré-Guaçu 2 há uma tendência positiva muito fraca, indicando que nesta sub-bacia ainda há expansão das áreas agrícolas, porém o valor de p foi de 0,16, demonstrando que essa tendência está fora do limite de confiança. Já a cobertura rural da sub-bacia do rio Pardo 2 apresentou tendência negativa fraca (Tau=-0,35 e valor p= 0,01).

Estudos realizados no interior paulista (PATARELLO, 2024; SANTOS, 2024; POLLO; LEME, 2021; AYER et al., 2021) revelam que a agricultura predomina como principal forma de uso e cobertura da terra na região, um padrão que se estende amplamente a outras áreas do estado de São Paulo, destacando a importância do setor agrícola na configuração territorial e econômica estadual. Na análise de Patarello (2024), na sub-bacia hidrográfica de Rio Claro e Corumbataí, há conflitos entre o uso e cobertura da terra e as Áreas de Preservação Permanente (APPs), onde as coberturas de áreas de pastagem (51,39%) lideram a ocupação do solo.

De forma semelhante, Santos (2024) e Pollo e Leme (2021) destacaram em suas análises que a pastagem (29,5% a- 37,10%) e o cultivo de cana-de-açúcar (28,6% a- 34,17%) são as principais coberturas do solo no oeste paulista. Na região noroeste paulista, o município de Ribeirão Preto, por exemplo, experimentou um crescimento significativo impulsionado pela intensa exploração agrícola de suas terras, consolidando-se como um importante polo agroindustrial no estado de São Paulo, através da cultura de cana-de-açúcar (47,6%), a qual foi ganhando espaço em detrimento do declínio da cultura de café (AYER et al., 2021).

Além disso, estudos de uso e cobertura da terra em alguns países do Mercosul também demonstra a predominância das agriculturas sob a vegetação nativa como a região do Parque Natural Regional Páramo de Paja Blanca (Colômbia), impactando na fragmentação da vegetação nativa (PORTILLO; BOLAÑOS; BRAVO, 2023); na Argentina, na Região Pampeana Austral, as mudanças de cobertura de terra para o uso de atividades agrícolas impactam na diminuição do estoque de carbono orgânico no solo (SOMOZA; VÁZQUEZ, 2023).

Neste sentido, os resultados desta pesquisa vão ao encontro de estudos já realizados no interior paulista, refletindo o perfil agrícola predominantemente no Estado de São Paulo, caracterizado pela forte presença de atividades agropecuárias e cultivos intensivos, como a pastagem e a cana-de-açúcar. Assim como nas pesquisas realizadas na Argentina e na Colômbia, que mostram a predominância da agricultura nas áreas estudadas. A cobertura urbana apresentou tendência positiva muito forte para todas as sub-bacias JG1 Tau de 0,98; JG2 Tau de 0,99; JG3 Tau de 0,95; P1 Tau de 0,99 e P2 Tau de 0,97, com valor p de 0,00 para todas as sub-bacias estudadas, demonstrando uma tendência muito forte de crescimento dos centros urbanos.

Os diferentes tipos de cobertura do solo desempenham um papel essencial para a sobrevi-

vência humana. Ao longo da história, as técnicas de manejo do solo foram sendo aprimoradas e modernizadas, deixando de ser exclusivamente um meio de sustento para se tornarem uma base econômica. Essa transição intensificou a exploração do solo como recurso, resultando em desafios associados ao uso desordenado, afetando atualmente os sistemas ambientais (CERON; GERARDI, 1985).

Segundo o MapBiomias (2025), a cobertura urbana em 1995 correspondia a 1,96% (486.578 ha) do território paulista e, em 2022, passou a ocupar 3,18% do território, o que equivale a 788.103 ha. Esses dados corroboram com os dados encontrados para as sub-bacias estudadas, e demonstram a tendência de crescimento desse uso e cobertura da terra no estado de São Paulo.

Ao analisar a tendência da cobertura nativa de 1995 a 2022, observa-se que não ocorreram alterações significativas nesse uso e cobertura da terra ao longo deste período, mantendo uma tendência de aumento dessas áreas de forma fraca. Essa tendência deve estar relacionada à obrigatoriedade de cadastramento das áreas de preservação permanentes e reservas legais das propriedades rurais e de uma ação pró ativa de alguns produtores rurais, a fim de regularizar suas propriedades e demonstrar a adequação ambiental para fins de comercialização de suas produções no mercado externo.

Um exemplo dessa ação, é a empresa Native que é a maior produtora de açúcar orgânico do mundo, que adotou em sua estratégia de ação sustentável, desde o ano 2000, denominada Native Regenera, que visa ter uma produção que regenera e preserva o meio ambiente, atendendo aos ODSs 9 e 12 (SILVA, 2023).

A vegetação nativa é de extrema relevância tanto para preservação da biodiversidade, até mesmo para agricultura, garantido funções ambientais como auxílio na infiltração de água no solo, evapotranspiração, proteção aos rios e nascentes de assoreamentos e contaminação, além de serem de grande relevância para o controle do clima através da evapotranspiração e produção de aerossol, criando condições de umidades que favoreçam a precipitação (MORAN, 2017).

Farinaci (2012) em sua tese de doutorado, ao verificar se há indícios de Transição Florestal nas cidades de Campinas, Jundiaí, Monteiro Lobato, São Luiz da Paratininga, São José dos Campos e Ubatuba, através da análise de dados e entrevistas com agricultores, deixa claro que apesar de 5 municípios, de 1988 a 2000, terem aumentado suas áreas de vegetação nativa, pode estar relacionado às questões socioeconômicas da época. No entanto, de 2000 a 2007, quatro municípios voltam a ter perda de vegetação nativa, além do mais, nas entrevistas revelaram que essas áreas, ora recuperadas, eram áreas abandonadas que tiveram uma recuperação espontânea, sendo vulneráveis à exploração conforme a demanda econômica.

Por outro lado, a Lei 12.651/2012, no qual obriga a recomposição das APPs de rios, lagos, nascentes e encostas de morros, que prevê a restauração da Reserva Legal em seus 20%, em áreas fora dos limites da Amazônia Legal, não conseguiu atingir seu objetivo, visto algumas sub-bacias deste estudo apresentaram resultados menores que 20% de cobertura de vegetação nativa (JG2: 2022= 11,32%; P1: 2022= 17,35%; P2: 2022= 18,81%).

Mesmo com projetos destinados à recuperação ambiental, como o Programa Nascentes, que em 2014 o Governo do Estado de São Paulo lançou o programa com o objetivo de assegurar a conservação dos recursos hídricos e a biodiversidade, através das Prateleira de Projetos trazendo como alternativa a conversão das multas decorrentes de danos ambientais em restauração ecológica, ainda assim não foi possível recuperar um número expressivo de áreas degradadas, sendo que apenas as bacias do JG1 e JG 3 tiveram valores positivos, mas pouco expressivo, apesar de pouco expressivo ainda houve ganhos significativos para preservação ambiental com área de 205,07 ha (GOVERNO DO SÃO PAULO, 2024).

Durigan et al. (2010) fazem uma crítica à legislação sobre restauração ecológica no Brasil, apontando que, embora seja rigorosa em alguns aspectos, ela apresenta falhas pontuais em outros. Segundo os autores, as normas são difíceis de cumprir, não apenas por sua complexidade e exigência, mas também pela ausência de subsídios ou incentivos do Estado para que os agricultores possam restaurar suas áreas de maneira eficaz. Apesar das particularidades regionais e das resoluções estaduais, ainda é necessário conciliar as diversas técnicas de restauração com as normas legislativas, de modo a criar um ambiente favorável para que haja adesão aos programas de recuperação ambiental. Diante dessas dificuldades, as áreas de vegetação nativa que poderiam ser recuperadas seriam maiores ao serem adotadas políticas de restauração personalizadas para cada região, respeitando suas particularidades.

Os conflitos das áreas agrícolas e urbanas com a vegetação nativa têm impacto direto sobre o meio ambiente, especialmente em locais próximos aos corpos d'água. A supressão dessa vegetação compromete suas funções ambientais essenciais, como a proteção de nascentes e rios, contribuindo significativamente com a degradação ambiental, assoreamento dos rios e seca de nascentes (GUIMARÃES, 2000; MARMONTEL; RODRIGUES, 2015).

Além disso, o aumento do solo impermeabilizado impactará tanto no escoamento superficial da água da chuva quanto no aumento na temperatura da superfície causando desconforto térmico, como aponta os estudos de Ruv, Reboita e Rodrigues (2020) que obteve como resultado ao aumento da malha urbana, para o período de 2000 a 2018, de 14,8% na bacia hidrográfica do Tietê, sendo a bacia do Alto do Tietê a que apresentou maior porcentagem de aumento da cobertura urbana, 18,4%.

A urbanização sustentável exige políticas públicas que promovam bem-estar social, inclusão e preservação ambiental, assegurando moradia digna e infraestrutura em áreas apropriadas. Isso envolve planejamento urbano acessível, mobilidade sustentável, tecnologias verdes e proteção ambiental. Como no caso de cinco empreendimentos imobiliários na cidade de São Carlos, no qual atenderam às normas legislativas quanto às áreas permeáveis, proteção de Apps, tratamento de efluentes, promovendo um espaço urbano eficiente no que se refere às questões ambientais (OLIVEIRA; RIOS; RIBEIRO, 2024).

Teste de Mann Kendall para vazão e pluviometria

A chuva e a vazão são variáveis hidroclimáticas interdependentes, com a vazão sendo influenciada pela precipitação e esta, por sua vez, sendo afetada por outras variações climáticas e ambientais. Sendo assim, estudar as tendências dessas variações é essencial para monitorar e prever situações hidrológicas extremas, como secas prolongadas ou enchentes, que podem ter impactos significativos sobre os recursos hídricos, a agricultura, a infraestrutura urbana e a biodiversidade. Além disso, compreender essas tendências auxilia na gestão eficiente dos recursos hídricos, permitindo a implementação de estratégias para a conservação e o uso sustentável da água, fundamentais para a adaptação às mudanças climáticas e para a segurança hídrica das populações (VILANOVA, 2014).

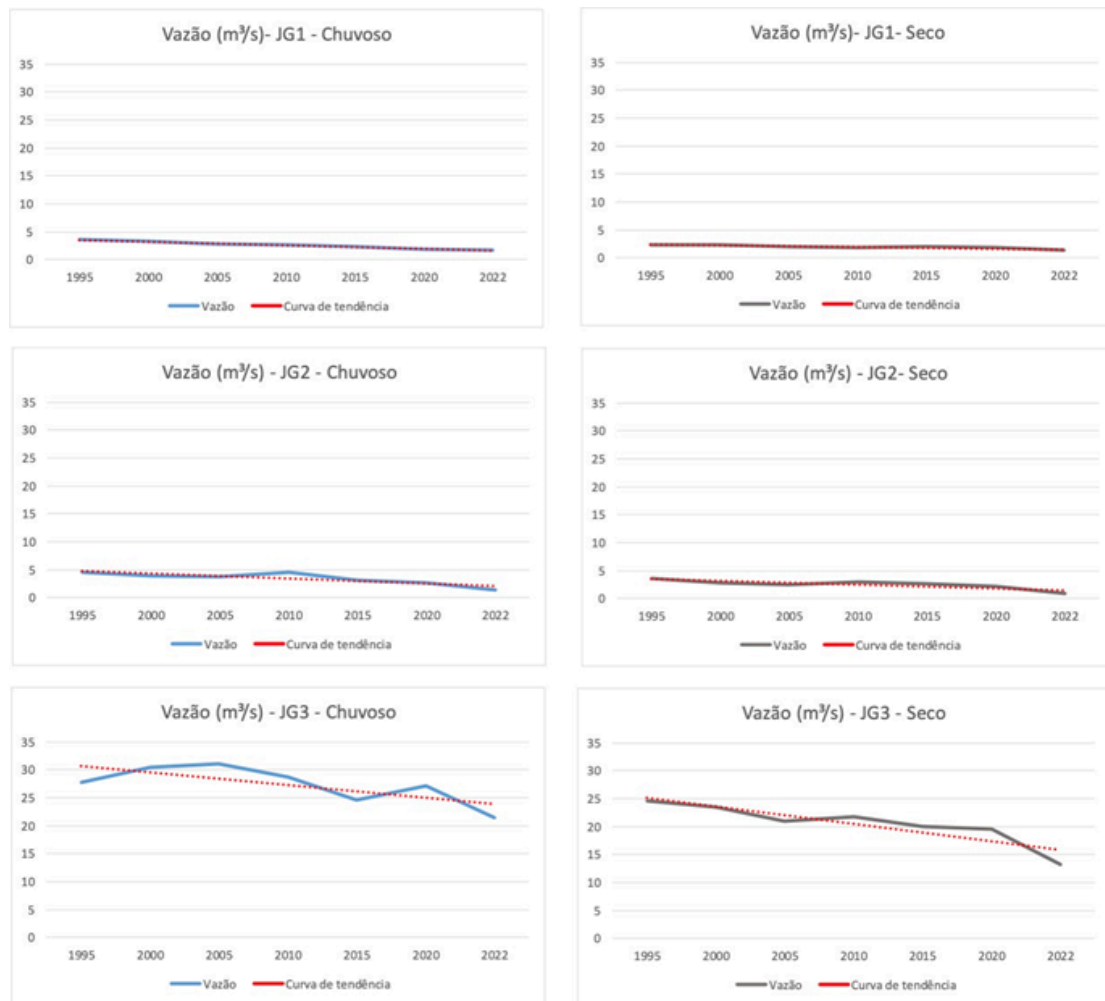
Obter dados de vazão com séries temporais completos e sem lacunas é um grande desafio, uma vez que muitos postos de medições não apresentam continuidade nos registros ou possuem diversas falhas nos dados. Isso torna o processo de tratamento dos dados mais complexo, limitando a quantidade e qualidade dos estudos (FELIPPE; JUNIOR, 2013).

Neste estudo, ao analisar a tendência da série temporal de dados fluviométricos no período de 1991 a 2022, através do teste de *Mann Kendall*, verificou-se que as sub-bacias hidrográficas do Rio Jacaré-Guaçu e do Rio Pardo apresentam tendências de diminuição da vazão, nas sub-bacias 1 e 2 do Jacaré-Guaçu, para o período chuvoso com um Tau de -0,70 e tendência forte para sub-bacia 1 do Jacaré-Guaçu e para a sub-bacia do Jacaré-Guaçu 2 chuvoso um Tau de -0,43, com tendência moderada, sendo que a sub-bacia do Jacaré-Guaçu 3 não apresentou um valor de p dentro do limite de confiança. Nas sub-bacias do rio Pardo, a vazão teve uma tendência fraca, com Tau de -0,26 e -0,35, respectivamente.

Para os períodos secos nas sub-bacias do Jacaré-Guaçu 1, 2 e 3 foi verificado uma tendência moderada de queda da vazão ao longo do tempo (JG1 seco= -0,50; JG2 seco= -0,41; JG3 seco -0,49) e para as duas sub-bacias do Rio Pardo, a tendência foi fraca, Tau P1 seco de -0,32, sendo que a P2 seco apresentou um limite de confiança acima do esperado.

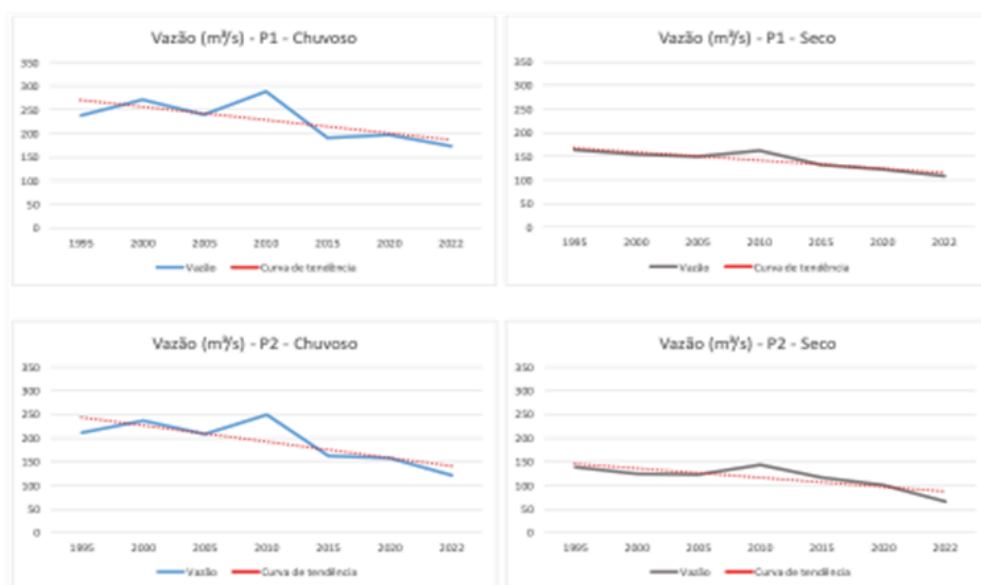
Os resultados indicam uma tendência a redução de forte a fraca nas vazões médias das sub-bacias do Jacaré-Guaçu e Pardo conforme pode ser verificado nos resultados do teste de *Mann Kendall* e nos gráficos das figuras 3 e 4. Ao analisarmos as figuras 3 e 4, os gráficos das vazões médias para o período chuvoso da sub-bacia JG3 e período seco da sub-bacia P2 apresentaram uma curva de tendência de diminuição, porém os testes de *Mann Kendall* apresentaram uma tendência muito fraca (Tau=-0,140) e fraca (Tau=- 0,29), respectivamente, porém com um valor-P de significância superior ao limite de 0,05 (0,34 e 0,81 respectivamente) sendo esses testes considerados sem significância. Essas ausências de significância devem estar relacionadas a variação da vazão média ao longo do período para essas sub-bacias, com picos maiores de vazões médias ao longo do período de estudo.

Figura 3 - Variação da vazão média (m³/s) e curva de tendência, na estação chuvosa e seca, no período de 1991 a 2022 nas sub-bacias 1, 2 e 3 do rio Jacaré-Guaçu-SP.



Fonte: SP Águas,2024.

Figura 4 - Variação da vazão média (m³/s) e curva de tendência, na estação chuvosa e seca, no período de 1991 a 2022 nas sub-bacias 1 e 2 do rio Pardo-SP.



Fonte: SP Águas,2024.

Essa redução pode estar associada a diversos fatores, como mudanças climáticas, alterações no uso e cobertura da terra e o aumento da exploração de água, principalmente para usos consuntivos, devido ao incremento das áreas urbanas e possível uso para irrigação nas áreas rurais.

Para uma análise mais assertiva, seria necessário obter os dados de outorga do uso da água, tanto público, quanto privado, como urbano e rural, bem como os volumes de uso consuntivo e não consuntivo. Outra informação importante, e que não foi possível obter neste estudo, seria realizar o cálculo de transformação de chuva-vazão, o que poderia dar mais subsídios para análises.

Em 2014 e 2015, a região sudeste do Brasil sofreu uma seca histórica que evidenciou a urgência de repensar as infraestruturas hidráulicas e o gerenciamento dos recursos hídricos. Essa crise destacou a necessidade de medidas que tornem os sistemas mais eficientes e sustentáveis, garantindo disponibilidade de água para os diferentes setores da sociedade (MARENGO et al., 2015). Apesar desta seca histórica estar relacionada a um evento meteorológico raro, ainda assim, são necessárias políticas públicas que fomentem o investimento em tecnologias avançadas para captação e armazenamento eficiente, além de estimular projetos que priorizem a proteção das nascentes e áreas de recarga dos aquíferos.

Esse período de seca não ficou evidente na vazão média dos períodos chuvosos e secos para as sub-bacias do Jacaré-Guaçu 1 e 2, período seco das sub-bacias do Jacaré-Guaçu 3 e para o período seco da sub-bacias do Rio Pardo (Figura 3 e 4) porém, pode ser evidenciada na média da vazão de 2015 para o período chuvoso nas sub-bacias do Jacaré Guaçu 3 e Pardo 1 e 2. Apesar da diminuição das vazões médias para essa sub-bacias no período chuvoso, não ficou evidente a diminuição da vazão média para o período seco.

Ao relacionar vazão-chuva na bacia hidrográfica do rio Paraíba (Brasil), utilizando dados secundários do ANA (Hidroweb), Maciel (2017) observou que o regime fluviométrico acompanhou o mesmo comportamento do regime pluviométrico. Além disso, a análise dos pluviogramas e fluviogramas, com base na média geral de 1975 a 2012 para todos os postos, revelou que as variações nas precipitações influenciaram diretamente o regime de vazões, no qual considerou o retardo do aumento da vazão em decorrência do início das chuvas.

Vieira, Fortes e Moraes (2021) também analisaram as variações das vazões em decorrência de eventos pluviométricos em duas bacias hidrográfica (Rural e Urbana), teve resultados divergentes na vazão com o mesmo evento de precipitação, mas em coberturas de solo diferentes, sendo mais discrepantes em eventos pluviométricos acima de 45 mm. Na área urbana houve um aumento da vazão do rio, variando a largura e seção transversal, após 30 minutos de chuva.

Esses estudos revelam uma relação intrínseca entre a precipitação e a vazão, no entanto, eventos extremos, como aqueles resultantes de alterações climáticas, juntamente com fatores como o uso e a cobertura do solo, destacam-se como os principais influenciadores na variação da vazão, mas verificar esses fenômenos extremos, seria necessária uma medição sistematizada e constante tanto das precipitações quanto das vazões. Os dados obtidos neste estudo de média de vazões, bem como precipitações, não permitem este tipo de análise.

Neste estudo, a análise da tendência de Mann Kendall para o período de 1991 a 2022, revelou queda da precipitação ao longo do tempo somente na estação chuvosa para as sub-bacias do Jacaré-Guaçu, com um resultado do teste de *Mann Kendall* de $-0,27$ (tendência fraca) e valor-P de $0,03$, dentro do limite de confiança estabelecida de $0,05$. Para a estação chuvosa das sub-bacias do Rio Pardo e seca para as duas bacias hidrográficas estudadas, o teste de *Mann Kendall* apresentou resultado muito fraco (inferior a $0,20$) e o valor-P de confiança superior a $0,05$, demonstrando que os dados não apresentaram uma confiabilidade para determinar que houve uma tendência de aumento ou diminuição da precipitação para estas bacias e períodos.

Felippe e Junior (2013) analisando as tendências de precipitação e vazão, enfrentaram desafios semelhantes aos observados nesse estudo, principalmente devido à falta de dados consistentes. Muitas séries temporais apresentam lacunas significativas ou sofreram com a descontinuidade dos dados de estações de monitoramento, comprometendo a qualidade das análises e dificultando a identificação de padrões ou tendências a longo prazo. Essa escassez de dados pode limitar a precisão das modelagens hidrológicas e a capacidade de prever eventos extremos, evidenciando a necessidade de investimentos em redes de monitoramento hidrológico mais abrangente e permanente.

Chagas (2019) realizou um estudo sobre as mudanças no regime de chuva e vazão no Brasil de 1980 a 2015, utilizando dados de série histórica do ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e apresentou como resultado relevante que as precipitações médias analisadas tiveram um aumento na região sul e parte da Amazônia, além de uma mudança consistente, no qual diminuiu na região do sudeste e centro-oeste. As vazões foram as que tiveram mudanças mais intensas, predominou a diminuição da vazão na região do Cerrado e no Semiárido, já nas regiões hidrográficas do Atlântico Norte, bacia do Tocantins, bacia do Alto do Paraná e principalmente a bacia do São Francisco tiveram redução significativa, no qual $9,6\%$ dessas bacias passaram a ter vazão igual a zero na estação seca.

O estudo de Paiva et al. (2020), que aborda os efeitos das mudanças climáticas na América do Sul, apresenta um cenário preocupante, evidenciando alterações significativas no regime de chuvas, com intensificação de cheias e secas severas. Simulações futuras indicam que secas extremas poderão afetar grande parte dos países latino-americanos, colocando em risco a segurança hídrica e a sobrevivência das populações. Além disso, os autores destacam a importância de estudos sobre tendências hidrológicas, reforçando a necessidade de os gestores públicos agirem de forma eficiente e estratégica. O estudo também discute como esses eventos climáticos extremos podem se repetir no futuro, ressaltando a urgência de implementar medidas preventivas e de adaptação para mitigar os impactos.

O estudo realizado nas sub-bacias do rio Jacaré-Guaçu e Rio Pardo não permitem afirmar que existe uma tendência clara de diminuição das precipitações ao longo do período estudado (1991 a 2022) pois, somente a estação chuvosa na bacia do Rio do Jacaré-Guaçu, apresentou um índice de tendência de *Mann Kendall*, com confiabilidade estatística (valor-P igual ou inferior a $0,05$) mas, mesmo assim com um valor de significância baixo ($Tau = -0,27$).

Ao confrontar o resultado da tendência de *Mann Kendall* de precipitação e vazão, somente a estação chuvosa para as sub-bacias do Jacaré-Guaçu 1 e 2 apresentaram tendência de diminuição da precipitação e vazão que seria possível inferir que a queda da precipitação na sub-bacia pode ser uma das causas na diminuição da vazão da mesma.

Quando analisamos os resultados de tendência dos usos e cobertura da terra e vazão, verificamos que houve uma tendência fraca de crescimento do uso cobertura natural, o que poderia propiciar um aumento na vazão. Porém, foi verificada uma tendência de aumento muito forte para o crescimento do uso e cobertura urbanoem todas as sub-bacias, o que poderia afetar de forma significativa a vazão média ao longo do período de estudo. Contudo, os tamanhos das áreas de uso e cobertura urbano são muito pequenos em relação às bacias hidrográficas estudadas, correspondendo a 1,3 a 6,0% das áreas das sub-bacias. Visto que os demais usos tiveram uma variação no tamanho das áreas muito pequenas, fica difícil atribuir as alterações do uso e cobertura da terra às quedas das vazões observadas. Porém, a variável que obteve a maior significância no aumento de área e que pode ter uma influência mais significativa na vazão, foi o uso e cobertura urbano.

Considerações finais

O presente estudo teve como propósito verificar se o uso e cobertura da terra está associado à diminuição ou aumento da vazão das sub-bacias hidrográficas do Rio Jacaré-Guaçu e do Rio Pardo.

A análise dos mapas de 1995 a 2022 demonstra o predomínio da cobertura de terra destinada ao uso rural, seguido de vegetação nativa e área urbana. A avaliação das tendências de variação das coberturas de Vegetação Nativa e Rural indicaram pouca variação desses usos e coberturas de terra. Porém, o uso e cobertura da terra Urbano apresentou uma significância muito forte de aumento de área para todas as sub-bacias estudadas variando o índice de significância do teste de *Mann Kendall* (Tau) entre 0,95 e 0,99, o que sugere ser esse o principal fator analisado que poderia explicar a redução da vazão.

No entanto, a falta de dados de uso consultivo da água, impede que seja feita uma análise pormenorizada e mais assertiva.

Quanto aos dados pluviométricos e fluviométricos, por serem dados obtidos mediante bancos secundários, postos de medição do SP Águas, houve divergência nos valores devido às lacunas de dados ou dados insuficientes para aplicação da metodologia escolhida. Mesmo assim, após o tratamento de dados e aplicação do teste de *Mann Kendall* foi identificado uma tendência de diminuição branda na precipitação e na vazão nas sub-bacias estudadas, porém não sendo possível fazer afirmações de que há uma diminuição de água nas sub-bacias do Jacaré-Guaçu e no Rio Pardo porque os dados não apresentaram uma correlação estatisticamente consistente.

Ao longo desta pesquisa, a principal dificuldade foi a obtenção de dados completos para os rios Jacaré-Guaçu e Pardo. Muitos postos de coletado SP Águas foram desativados ou apresentaram períodos sem medições, tornando a análise mais complexa e desafiando a validação dos dados disponíveis. Diante disso, foi necessário recorrer a métodos não paramétricos para minimizar os impactos da ausência de informações e garantir a confiabilidade dos resultados.

Referências

- AYER, J. E. B.; LÄMMLE, L.; GAROFALO, D. F. T.; MINCATO, R. L.; LUCAS, E. S.; PEREIRA, S. Y. Dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação da terra no Município de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 21, p. 88, 2021.
- CHAGAS, V. B. Mudanças nos regimes de chuva e vazão no Brasil, de 1980 a 2015. 2019. Tese de Doutorado. Dissertação (mestrado): Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis- SC.
- CERON, A. O; GERARDI, L. H. de O. Modernização Da Agricultura Brasileira: Transformações Agrárias Em Um País Em Desenvolvimento. **Revista Geográfica**, no. 101, 1985, pp. 5–28. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/40992481>>. Acessado em 29 de janeiro de 2025.
- CURCIO, G. R.; BONNET, A. Nascentes no Estado do Paraná: um ponto de vista pedológico e suas interações. In: ANDREOLI, C. V.; PHILIPPI JUNIOR, A. (ed.). **Sustentabilidade no agronegócio**. Santana de Parnaíba: Manole, 2021. cap. 16, p. 447- 475.
- DURIGAN, Giselda et al. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira mais a dificultar o êxito das iniciativas? *Revista Árvore*, v. 34, p. 471-485, 2010.
- FARIAS, E. S.; SILVA, J. B. L.; PIRES, L. C.; BRITO, J. M. S.; QUINELATO, R. V. Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 2, p. 1175-1193, 2021.
- FARINACI, J. S. As novas matas do estado de São Paulo: um estudo multiescalar sob a perspectiva da teoria da transição florestal. 2012. 183 p. **Tese (doutorado)** - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas, SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1617711>. Acesso em: 11 setembro 2024.
- FELIPPE, M. F.; JUNIOR, A. P. M. Relação entre precipitação e vazão de nascentes no município de Lagoa Santa-MG. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos- Água: Desenvolvimento Econômico e Socioambiental**, v. 20. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2013. Disponível em: <<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013/PAP012649.pdf>> Acessado em 29 de novembro de 2024.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, 2024. Disponível em: <<https://semil.sp.gov.br/duvidas-frequentes/#1698435758905-1fc15bf4-0947>>. Acessado em 01 de novembro de 2024.
- GUIMARÃES, J. L. B. **Relação entre a ocupação do solo e o comportamento hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno-São José dos Pinhais-PR**. 2000. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal- Universidade Federal do Paraná – Curitiba. Disponível em: < <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26578>. Acessado em 03 de novembro de 2023.
- HAMED, K. H.; RAO, A. R. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. **Journal of Hydrology**. 204: p. 182-196. 1997.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama do estado de São Paulo. 2022. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/panorama>>. Acessado em 08 de setembro de 2023.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (São Paulo) - IPT, 2000. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Pardo** - Relatório Final. São Paulo: IPT/Digeo,

p.255. (Relatório Técnico nº 40.670).

KENDALL, M. G. A New Measure of Rank Correlation. **Biometrika**. Vol. 30: p. 81-93. 1938.

KENDALL, M. G. Rank Correlation Methods. **Biometrika**. Vol. 44: p. 298-298. 1957.

MACIEL, S. A. Análise da relação chuva-vazão na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, Brasil.

Dissertação (Mestrado): Programa de Pós-Graduação em Geografia na Universidade de Uberlândia-MG. 2017.

MANN, H. B. Nonparametric Tests Against Trend.. *Econometrica: Journal of the econometric society* , 245-259.Vol. 13: p. 245-259. 1945

MAPBIOMAS- **Projeto MapBiomias Coleção 8 da Serie Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. Disponível em:<<https://brasil.mapbiomas.org/faq/como-faco-para-citar-os-dados-do-mapbiomas/>> Acessado em 01 de novembro de 2024.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. **Floresta e ambiente**, v. 22, p. 171-181, 2015. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/276444814_Parametros_Indicativos_para_Qualidade_da_Agua_em_Nascentes_com_Diferentes_Coberturas_de_Terra_e_Conservacao_da_Vegetacao_Ciliar Acessado em 10 de novembro de 2024.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, A., ALVES, L. M.; MENDIONDO, E. M.; Sampaio, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP** (Universidade de São Paulo), n. 106, p. 31-44, 2015.

MORAN, E. F. **Meio ambiente & florestas**. Editora Senac São Paulo, volume 11, p. 247. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=37c6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=importancia+das+florestas&ots=Zu6oaCiJec&sig=tEkZor5lax_rBo4lITissKgl-lc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acessado em 17 de março de 2025.

NERY, J. T.; SILVA, E. S.; CARFAN, A. C. Distribuição da precipitação pluvial no Estado de São Paulo. **VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, v.6, 2004. Disponível em: <<https://www.ourinhos.unesp.br/Home/Pesquisa/GruposdeEstudo/Clima/Simposios/084.pdf>> Acessado em 25 de abril de 2024.

PAIVA, R. C. D.; COLLISCHONN, W.; MIRANDA, P. T.; FAGUNDES, H.O.; W., KOLLING, A.; CASTRO, L.; ROSSI, J.; MATTE, G.; LAIPELT, L.; ALVES, W.; PETRY, I. Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional. **CLIMA: Impactos de Mudanças Climáticas em Extremos de Vazão (Cheias e Estiagens) – Relatório Final**.IPH-ANA-HGE-CLIMA-A3. UFRGS: IPH, Porto Alegre. ANA, Brasília. 2024.

PATARELLO, G. V. Análise do uso e cobertura da terra e identificação de conflitos de uso em APPs na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga, entre Rio Claro e Corumbataí (SP). Orientadora: Andréia Medinilha Pancher. 2024. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2024.

PINHEIRO, A.; SCHOEN, C.; SCHULTZ, J.; HEINZ, K. G. H.; PINHEIRO, I. G.; DESCHAMPS, F. C. Relação entre o uso do solo e a qualidade da água em bacia hidrográfica rural no Bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p. 127- 139, 2014.

- POLLO, R. A.; LEME, M. C. de. Mapeamento e análise das mudanças na cobertura e uso da terra em bacia hidrográfica. In: **EDUCAÇÃO AMBIENTAL E CIDADANIA: PESQUISA E PRÁTICAS CONTEMPORÂNEAS - VOLUME 1**. Editora Científica Digital, 2021. p. 278-286.
- PORTILLO, A. N. D.; BOLAÑOS, M. A. L.; BRAVO, G. E. N. Dinâmica da cobertura e uso do solo no Parque Natural Regional Páramo de Paja Blanca (Nariño, Colômbia). **Perspectiva Geográfica**, 2023, vol. 28(2), p. 1-21.
- OLIVEIRA, K. J. de; RIOS, L.; RIBEIRO, M. L. Caracterização ambiental em condomínios e loteamentos na região oeste da cidade de São Carlos – SP. **Holos Environment**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 12–27, 2024. DOI: 10.14295/holos.v24i1.12490. Disponível em: <https://holos.emnuvens.com.br/holos/article/view/12490>. Acesso em: 29 maio. 2025.
- REZENDE, J. H.; VENIZIANI JR, J. C. T.; SOUZA, A. M.; CARBONI, M.; SAMMARCO, Y. M.; ATTANASIO, C. M. **Vegetação remanescente e Áreas de Preservação Permanente na unidade de gerenciamento de recursos hídricos Tietê** - Jacaré. VI Jornada de Gestão e Análise Ambiental – Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), São Carlos- SP, 2020.
- RUV, M. da C. L.; REBOITA, M. S.; RODRIGUES, R. T. Mudança no uso e cobertura da terra na bacia do rio tietê e seus impactos na temperatura da superfície (TS). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 27, p. 223–240, 2021. DOI: 10.5380/abclima.v27i0.68836. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/14270>. Acesso em: 29 maio. 2025.
- SANTOS, A. A. dos. Potencial de escoamento superficial em três unidades de gerenciamento de recursos hídricos do Oeste Paulista e sua relação com as mudanças no uso e cobertura da terra. Orientador: Paulo Cesar Rocha. 2024. 181 f. **Tese (Doutorado em Geografia)** - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2024.
- SILVA, G. M. de F. Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica do rio Buranhém. 2019. 86p. **Dissertação (Mestrado)** – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais- Universidade Federal do Sul da Bahia. Disponível em: <file:///C:/Users/guilh/Downloads/verso_final.pdf>. Acessado em 23 de abril de 2024
- SILVA, G. M. de F.; ZANCHI, F. B.; SILVA, J. B. L.; CORDEIRO, M. E. Disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 03, p. 1597-1611, 2021.
- SILVA, A. C. N. O agronegócio sustentável da empresa de produtos orgânicos Native:ecoinovação e implementação da agenda 2030. 2023. 45 f. **Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Administração)** - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2023.
- SOMOZA, A.; VÁZQUEZ, P. Variación espacio temporal del stock de carbono orgánico y su relación con los cambios en el uso del suelo. Partido de Tandil, Región Pampeana Austral, Argentina. **Revista Geográfica de América Central**, n. 70, p. 476- 513, 2023.
- TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. D. B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos avançados**, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015.
- TREVISAN, D. P. Análise da integração dos elementos da paisagem, por meio da conectividade de compartimentos físico-ambientais na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré. 2021. **Repositório de Teses da Universidade Federal de São**

Carlos (UFSCAR). Disponível em:

<<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/14028/TESE%20%20Diego%20Peruchi%20Trevisan.pdf?sequence=5&isAllowed=y>>. Acessado em de outubro de 2023.

TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E.; MORAES, M. C. P. Avaliação das condições naturais da paisagem do município de Ibaté, São Paulo, Brasil. **Geografia**, v. 41, n. 3, p. 467-482, 2016.

VIEIRA, A. S. C.; FORTES, E.; MORAIS, E. S. Variações da vazão em eventos pluviométricos em bacia hidrográfica de uso e ocupação predominantemente rural e urbano. **Brazilian Journal of Development**, Vol. 7, N. 12. Curitiba- PR. 2021.

VILANOVA, M. R. N. Tendências hidrológicas na região do Alto Rio Mogi-Guaçu, sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, 6(3). 2014. Disponível em:

<<https://doi.org/10.18406/2316-1817v6n32014601>>. Acessado em 01 de fevereiro de 2025.