

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO NA VAZÃO DE RIOS SOB A PERSPECTIVA DA SOCIO-HIDROLOGIA: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU**

*Matias Ernesto Flores Acosta<sup>1</sup>; Camila de Carvalho Almeida<sup>2</sup>, Eileen Andrea Acosta  
Porras<sup>3</sup> & Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes<sup>4</sup>*

**Abstract:** Changes in the urban area of watershed are inevitable and suggest an increase in population and soil impermeabilization in the basin. However, these anthropogenic changes can affect not only the environment but also interconnected ecosystems, such as rivers. Hydrological dynamics are critical for human survival, as many systems depend on them justifying the ongoing need for studies on water bodies. Water flow is a key control parameter of a river and must be always studied as it is always changing. That is the reason why this study aimed to investigate the influence of urban expansion on river discharge by hypothesis testing and graphical analysis of urbanization growth in a delimited watershed. The results show a correlation between growth on urban expansion and higher river discharge values at monitored points, confirming anthropogenic impacts on the local hydrological regime.

**Resumo:** Mudanças de uso e ocupação em bacias urbanas são inevitáveis e representam um aumento da população e impermeabilização do solo. Contudo, estas mudanças de caráter antrópico podem afetar não só o ambiente local, mas também seus ecossistemas interligados, como os rios. A dinâmica hidrológica é fundamental, pois dela depende a sobrevivência do ser humano, já que muitos sistemas dependem dela, o que justifica a necessidade contínua de estudos sobre corpos hídricos. A vazão de um rio representa a disponibilidade hídrica e é um parâmetro utilizado como forma de controle do uso da água e deve ser acompanhada sempre, pois está em constante mudança, decorrentes de forças naturais e antrópicas. Por isso, neste estudo se buscou analisar a influência que a área urbana pode ter na vazão de um rio, através de testes de hipóteses dos dados de vazão (mínima, média, mediana e máxima) e através de análise visual gráfica da área urbanizada ao longo do tempo de uma sub-bacia da Bacia hidrográfica do Rio Iguaçu. Os resultados demonstram uma correlação entre o aumento da área urbana da bacia escolhida e o aumento nos valores de vazão dos pontos de monitoramento escolhidos dentro desta bacia, confirmando o impacto antrópico sobre o regime hidrológico local.

**Palavras-Chave:** vazão; uso do solo; bacia urbana

---

1) Universidade Federal do Paraná (UFPR). Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100, Jardim das Américas, Curitiba – PR. matuti.efa@gmail.com

2) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA-UFPR). Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100, Jardim das Américas, Curitiba - PR. cami.almeida@gmail.com

3) Postdoctoral research. Kent State University. Cunningham Annex, A311D. Kent-Ohio. eacostap@kent.edu

4) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA-UFPR). Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100, Jardim das Américas, Curitiba - PR. cris.dhs@ufpr.br78778

## INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), implementada pela Lei N° 9.433 de 1997, tem como objetivos, garantir quantidade de água para a atual e futuras gerações considerando, também, a qualidade requerida por uso preponderante, promovendo o uso racional e íntegro dos recursos hídricos, visando o desenvolvimento sustentável e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos hídricos. Considerando a amplitude desses objetivos, se faz necessários estudos que abordem temas sobre as melhorias que tal política e seus instrumentos trouxeram e ainda podem trazer para o Brasil.

A aplicação dos instrumentos previstos na PNRH não tem sido nada fácil, como discutido por Bitencourt (2018) em relação ao instrumento de enquadramento de corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes. Muito desafios persistem como: (i) Estados Brasileiros sem planos de enquadramento, (ii) resoluções de enquadramento que podem ser considerados irregulares por não terem sido aprovados pelos comitês das bacias ou conselhos de recursos hídricos; (iii) falta de utilização de bases técnicas, como modelos matemáticos, e de critérios técnicos para estabelecer os parâmetros de monitoramento da qualidade d'água mais apropriados para cada bacia.

Além da falta de aplicação dos instrumentos, existe a dificuldade no entendimento dos processos físicos e como estes interferem na gestão de recursos hídricos devido ao fator humano. Gallego (2014) apontou a dificuldade de criar modelos para as bacias, pois estes acabam não sendo uma representação precisa da realidade por simplificarem muitos fatores. Tendo em conta que os modelos são representações da realidade, é necessário realizar a comparação do comportamento das bacias em épocas diferentes, especialmente quando se teve um aumento na área urbana, demandando que a gestão de recursos hídricos seja uma atividade que continuamente avalie a dinâmica do que está acontecendo na bacia. Um destaque é a divisão de bacias isolando suas áreas de montante, mais urbanas, das áreas de jusante mais rurais, pois em cada uma existem diferentes fatores que afetam de diferentes maneiras os parâmetros de estudo. Por exemplo, na área urbana existe maior presença de fatores humanos como a impermeabilização das cidades que na área rural não há.

Para avaliar estes problemas sob a perspectiva da socio-hidrologia, segundo a qual, Sivapalan *et. al* (2012) descreveu como o estudo da coevolução e auto-organização das pessoas no espaço em relação a água disponível. Segundo os autores, o ser humano e suas ações são considerados como uma parte integral da dinâmica do ciclo da água e o objetivo da socio-hidrologia é o de entender e predizer as dinâmicas de ambos. Dando um exemplo, o uso de água à montante de uma bacia irá afetar as sociedades vivendo à jusante. Os autores também dão como seguinte passo para a aplicação da socio-hidrologia a importância do estudo de diferentes sistemas água-humano para aprofundar a compreensão dessa relação. Nesse contexto, este estudo foi realizado com o objetivo de analisar a influência das alterações do uso do solo na vazão dos rios numa sub-bacia do Rio Iguaçu considerando a abordagem da socio-hidrologia, sendo o uso do solo um fator representando a sociedade e a vazão a hidrologia.

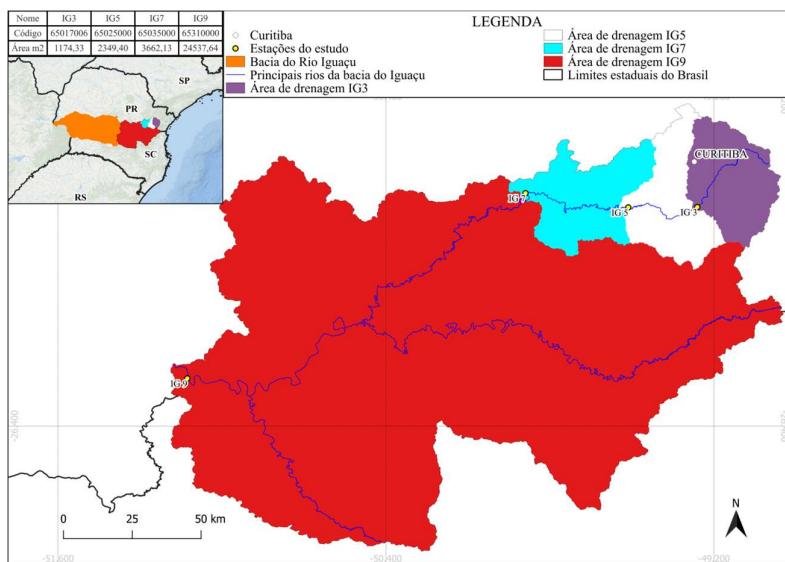
## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A área de estudo delimitou-se como a área de drenagem da Bacia do Rio Iguaçu que vai da nascente até a estação de monitoramento IG9 (Figura 1) e com código 65310000 dado pela Agência Nacional de Água (ANA). Nesta bacia, está localizada a capital do estado do Paraná, Curitiba, e toda a sua região metropolitana, região onde, segundo o Instituto Água e Terra (IAT, 2020), nasce o Rio

Iguaçu, o qual é o maior rio do Estado, atravessando-o desde a sua formação, na parte leste de Curitiba, até a cidade de Foz do Iguaçu no extremo oeste. A área do estudo é de 24.537,64 km<sup>2</sup>, estando 58% no Paraná e 42% em Santa Catarina.

Figura 1 – Mapa da Bacia da área de drenagem do Rio Iguaçu



A área de estudo abrange a sub-bacia do Alto Iguaçu, onde estão localizadas seis estações, utilizadas para o estudo de qualidade e quantidade de água, nos projetos Bacias Críticas Porto *et. al.* (2007), Integra I Paiva (2012) e Integra II Fernandes (2016). Essas estações são monitoradas desde 2005 e serviram de base para diversos estudos França (2009), Knapik (2014), Coelho (2013), Ferreira (2019); Bitencourt (2018); Peixoto (2024); Almeida (2024), que propiciaram a compreensão da dinâmica da água na bacia, no contexto dos instrumentos de gestão de recursos hídricos.

Para este estudo, foram selecionadas quatro estações de monitoramento (Figura 1) das seis integrantes dos projetos. Essa seleção foi realizada considerando a quantidade de dados de vazão disponíveis no HidroWeb, na localização, estando perto da grande área urbana (toda a Região Metropolitana de Curitiba) e região cujos estudos anteriores subsidiaram o diagnóstico da realidade da bacia. A localização, os códigos, nomes, áreas de drenagem correspondente e o período de dados de cada estação selecionada para este estudo de caso se encontram na Figura 1.

Considerando o objetivo deste estudo, foram utilizados basicamente dois tipos de dados: vazão e uso do solo, o primeiro representando o fator hidrológico do conceito da socio-hidrologia e o segundo o fator humano. Considerando que o sistema água-sociedade tem uma variação espacial e temporal e, o período utilizado para representar essa dinâmica na bacia hidrográfica (limite espacial) foi definido considerando as séries disponíveis para os dois tipos de dados. Nesse sentido, foi realizada uma divisão das séries históricas de vazão para avaliar as curvas de permanência que corresponde à disponibilidade dos dados de uso do solo, mostrando como o rio era até o ano 1985 e como ele mudou após 1985, visto que a fonte de dados de uso do solo apresenta informações a partir de 1985, conforme detalhado a seguir.

### Dados de vazão

O portal HidroWeb, criado e gerenciado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

(SNIRH), o qual é um dos instrumentos de implantação da Lei nº 9.433/97, nesta ferramenta estão disponíveis os dados hidrológicos das estações hidrometeorologias do Brasil, de onde foram obtidos os dados de vazão para os pontos escolhidos para o desenvolvimento deste estudo. Através de planilhas eletrônicas foi realizado o processamento dos dados de vazão baixados e se criou gráficos de fluviograma e de curva de permanência considerando a escala diária das vazões para os períodos escolhidos, facilitando a visualização e comparação dos dados.

A divisão dos dados de vazão por períodos (antes de 1985 e depois de 1985), possibilitou a realização do teste de hipótese, T-Student e F-Snedecor, Gosset, S. (2015), para verificar se houve um aumento na mínima, média, mediana e máxima das vazões em cada estação e se esta mudança pode ser considerada significativa para um nível de significância de 5%. Para realização dos testes, os dados foram divididos por ano hidrológico, calculando a média, a vazão de permanência do quartil 90 ( $Q_{90\%}$ , para representar as vazões baixas), os valores de permanência do quartil 10 ( $Q_{10\%}$ , para representar as vazões máximas) e a mediana para estes períodos, tendo assim como hipótese que a mínima, média, mediana e máxima não mudaram significativamente entre os períodos antes e depois de 1985.

## Dados de uso do solo

Os dados de cobertura e uso da terra foram adquiridos do projeto MapBiomas (2025). O formato dos dados baixados na plataforma MapBiomas (2025), são imagens do tipo “raster” as quais precisam, dentro de um software de geoprocessamento, ser transformadas para o formato de mapa “shapefile”. O formato “raster” se trata de uma imagem contendo um tipo de informação, geralmente números por pixels. No arquivo de cobertura e uso da terra, foi disponibilizada a imagem com números seguindo uma legenda do próprio MapBiomas (2025), já o formato “shapefile” é uma camada, guardada como um conjunto de 6 arquivos com a função de armazenar uma variedade de dados.

A análise, edição e processamento dos dados conseguidos da plataforma MapBiomas (2025), foi realizada através de um software de sistema de informação geográfica (SIG), QGIS (2025), que é uma multiplataforma de sistema de informação geográfica (SIG) de livre acesso. Para a criação de mapas através do QGIS (2025), foi necessária a definição das áreas de drenagem das estações, para isso foi utilizada a camada da base hidrográfica BHO 2017 5k da ANA (2017), a qual vem com as sub-bacias do Brasil, estas sub-bacias são classificadas através de códigos com a metodologia Pfafstetter (1989). Através desses códigos foi possível criar filtros que ajudassem na definição das áreas de drenagem de cada estação a ser estudada.

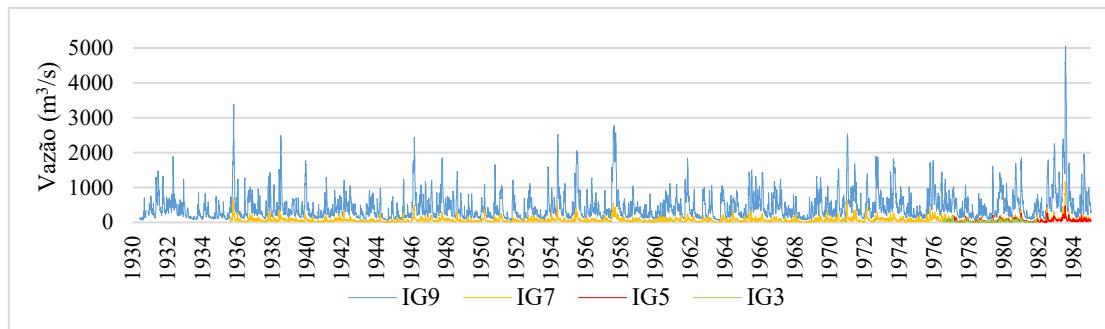
A metodologia de Pfafstetter (1989) trata, segundo Rubert e Figueiredo (2001), de agrupar as redes de drenagem em três classes: as que drenam diretamente para o mar, as que drenam para bacias hidrográficas fechadas e aquelas tributárias dos dois primeiros casos. Para a visualização e facilitação quanto a localização das bacias foi utilizado o mapa base “World Ocean Base” criado pela ESRI, (2014).

## RESULTADOS

### Fluviogramas

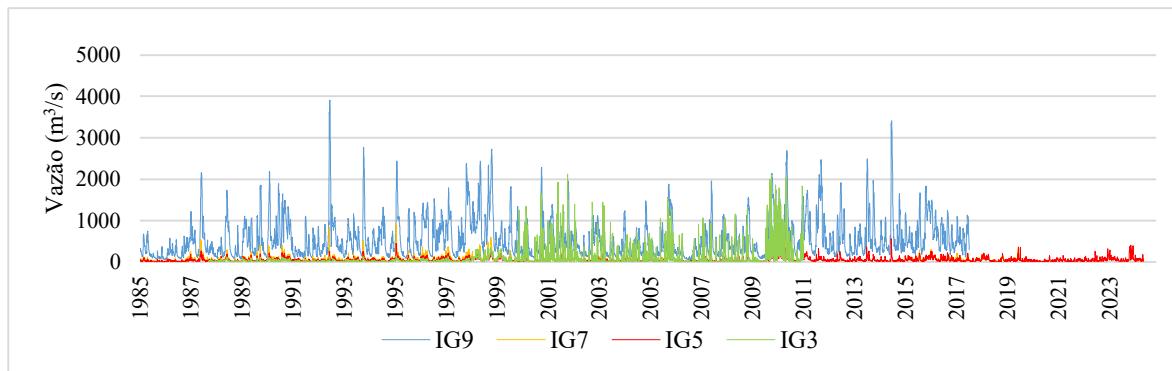
Na Figura 2, se encontra o fluviograma anual construído com dados de vazão diária das 4 estações para o período anterior a 1985, onde pode-se observar a falta de dados para a maior parte do período para as estações IG3 e IG5, que apresentam dados a partir de 1976, enquanto a estação IG9 possui dados desde 1936. Pela figura é possível observar também os picos de vazão em datas de chuvas extremas, como no ano de 1983.

Figura 2 – Fluviograma com dados de vazão diários até 1985 para as 4 estações



Na Figura 3, está apresentado o fluviograma com dados de vazão diária para os períodos disponíveis das 4 estações, nesse é possível perceber um aumento na vazão da estação IG3, onde antes de 1997 era de aproximadamente  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  para se tornar em 1999 uma vazão máxima de aproximadamente  $1245 \text{ m}^3/\text{s}$ . Também se nota que o IG9, a estação que até então possuía dados contínuos por mais tempo (desde 1936 – Figura 2), deixou de ter dados monitorados em 2017.

Figura 3– Fluviograma com dados de vazão diários após 1985 para as 4 estações

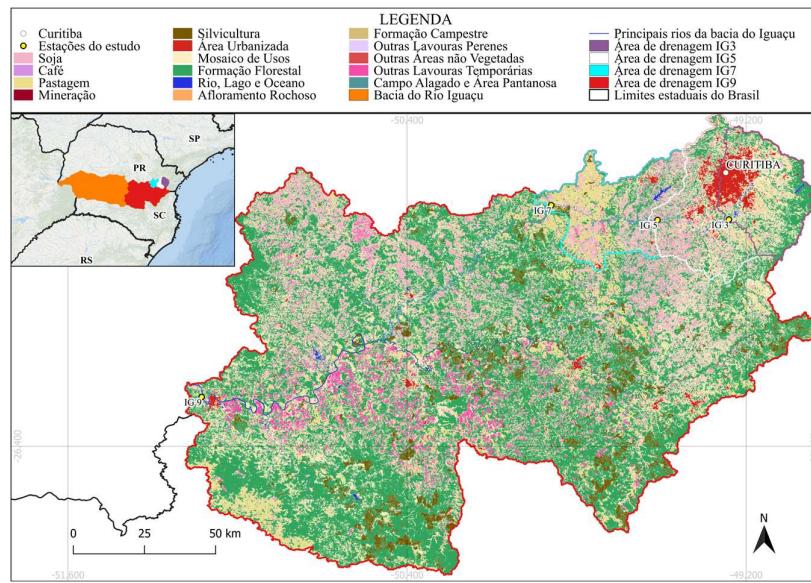


A comparação entre os dois gráficos, ajuda a comparar as diferenças de vazão entre os dois períodos escolhidos, é difícil perceber os aumentos nesse tipo de gráfico, por este motivo, foram realizados também os gráficos de permanência.

### Cobertura e uso da terra

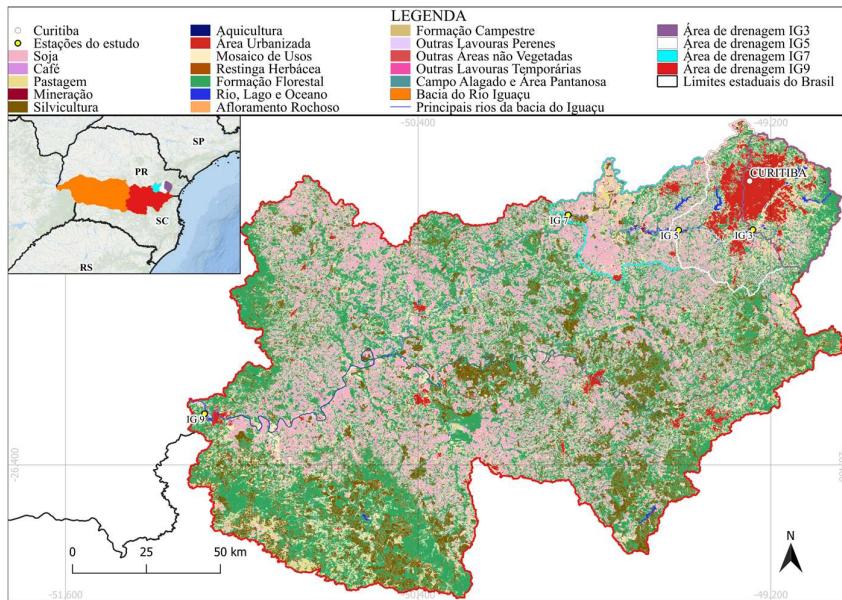
Na Figura 4, se encontra disponível o mapa de cobertura e uso da terra do ano de 1985 para a área de estudo, onde se destaca uma grande mancha na cor vermelha onde se encontra Curitiba, representando a área urbana, é também notável que a maior parte das áreas florestais se encontram após o fim da área de drenagem da estação IG7 e que grande parte das regiões próximas as estações IG7, 5 e 3 são de uso Agropecuário.

Figura 4 - Mapa de cobertura e uso da terra para a área de drenagem do IG9 em 1985



Na Figura 5, se encontra o mapa de cobertura e uso da terra para o ano de 2023, neste mapa é possível notar um grande incremento na área urbana em comparação ao mapa de 1985 (Figura 4), uma maior coloração rosa distribuída na área de drenagem como um todo, o que indica a intensificação da atividade agrícola. Pode-se dizer, também, que as demais manchas urbanas aumentaram de tamanho ao se comparar os dois mapas.

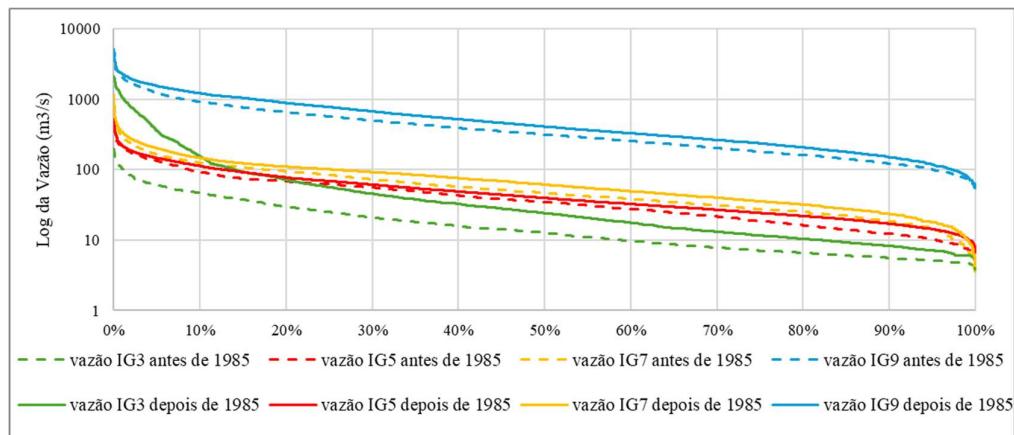
Figura 5– Mapa de cobertura e uso da terra da área de drenagem da estação IG9 em 2023



Na Figura 6, se representa com linhas pontilhadas as curvas de permanência dos dados de vazão diária para o período antes de 1985 para cada uma das 4 estações e com linhas contínuas as curvas de permanência dos dados de vazão para o período após 1985. No gráfico, é possível notar o aumento na estação IG3, mencionado no gráfico de fluviograma, onde nas vazões máximas ele chega a

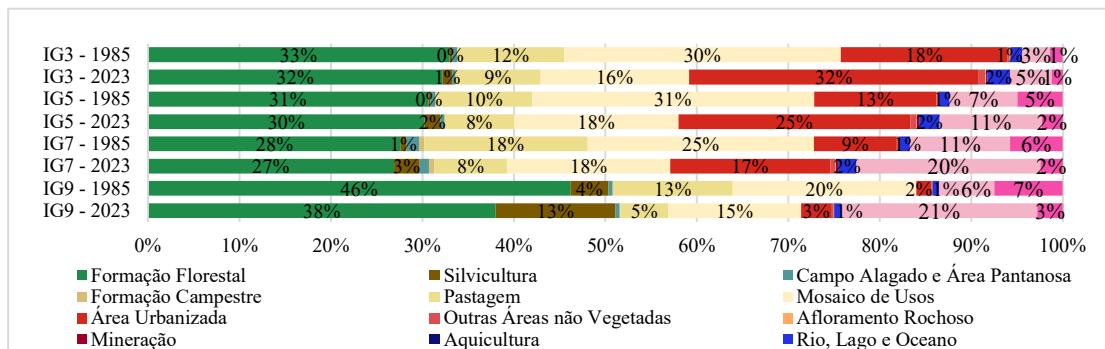
sobrepassar IG 5 e 7. As curvas entre o IG7 e 5 são muito semelhantes, embora a área de drenagem da estação IG7 seja maior, o que gera uma expectativa de maior vazão. O espaço entre linhas segmentadas e contínuas demonstra uma maior variação da vazão, um exemplo é na estação IG3, onde nas mínimas, o espaço é pequeno e nas máximas aumenta, o que significa que entre períodos as mínimas continuaram semelhantes, porém há uma grande diferença entre máximas.

Figura 6 – Curva de permanência das 4 estações com dados de vazão diária antes e após o ano de 1985



Na Figura 7, se apresenta um gráfico de barras com as porcentagens de uso de solo de cada estação para os anos de 1985 e 2023, facilitando a comparação entre períodos. É perceptível um grande aumento na área urbanizada especialmente no IG3, passando de 18% para 32%, IG2 aumentando de 13% para 25% e IG5 de 9% para 19%, bacias onde a área de drenagem é de característica mais urbana, já no IG9, uma bacia mais rural, a porcentagem aumento é bem menor, de 2 para 3%. Em contrapartida, especialmente nessa área (IG9) é notável um incremento na área usada para soja e silvicultura, (de 4 para 13%) e uma diminuição na Formação florestal (de 46% para 38%), diferença bastante significativa com a observada em termos de silvicultura (passou de 4% para 13%), mostrando uma dinâmica de ocupação bem influenciada pelas atividades antrópicas indo de encontro ao que é proposto pela socio-hidrologia. Ainda nesse contexto, o IG7, que representa uma área de drenagem mais urbana se comparada ao IG9, mas menos intensa que os IG3 e IG5, os aumentos de área urbana e de soja são menos expressivos, mostrando a diferença de avaliação da dinâmica social que se tem ao observar diferentes áreas de drenagem.

Figura 7 – Porcentagem de uso do solo por área de drenagem das estações para 1985 e 2023



Na Tabela 1, se apresentam as estatísticas básicas para as séries de vazão, assim como os valores de permanência do quartil 90 (Q90%) e quartil 10 (Q10%) avaliados para os dados diários de toda a

série. Os indicadores, determinam se a vazão pode exceder em 10% ou 90% do tempo determinado valor, podendo ser usados para comparar vazões máximas e mínimas. Os valores mostram que nas 4 estações houve um aumento médio aproximado de 25% nos dados do Q90% e de 32% nos dados do Q10%. Nessa tabela é possível perceber um aumento de vazão no período depois de 1985 em comparação com o de antes de 1985.

Tabela 1 – Dados estatísticos das estações de monitoramento

Estações	Período	Nº de dados	média	mediana	Variância	Desv. Padrão	Q90	Q10
IG3	Antes 1985	1979,0	20,1	12,7	410,4	20,3	5,6	46,5
	Depois 1985	8493,0	79,8	23,9	36226,9	190,3	8,2	155,1
IG5	Antes 1985	3017,0	46,9	34,5	1756,8	41,9	12,2	93,0
	Depois 1985	14724,0	54,3	39,5	2052,1	45,3	16,9	113,6
IG7	Antes 1985	18045,0	64,1	46,9	3480,9	59,0	18,5	125,0
	Depois 1985	9883,0	78,5	60,7	4408,4	66,4	23,5	145,8
IG9	Antes 1985	19906,0	446,2	314,3	171487,3	412,8	122,5	917,0
	Depois 1985	11869,0	571,0	406,4	230301,7	478,9	148,8	1208,3

Na Tabela 2, se apresentam os resultados da análise estatística realizada agrupando os dados de vazão pelo ano hidrológico para cada período de anos analisado. O valor de  $p$  foi conseguido através de dois testes, o F de Fisher-Snedecor e o T de Student, ambos com um alfa de 0,05 usado como padrão na estatística para reconhecer se as tendências observadas nos indicadores de vazão são significativas.

Para 80% dos casos de permanência no teste t-student, os valores de P resultaram em um número muito próximo de 0 o que significa a rejeição da hipótese de que as médias não têm diferença significativa, o que indica que o aumento da média, da mediana (Q50), das vazões altas (Q10) e baixas (Q90) no período depois de 1985 é significativo. Apesar do aumento de vazão das estações no período, nem todas tiveram a mesma ordem de aumento, os gráficos e dados das tabelas demonstram que a estação IG9 teve o maior aumento de vazão média, seguido pelo IG3, IG7 e IG5.

Tabela 2 – Resultados dos testes estatísticos de significância.

Estações	Indicador	t-Student	f-Snedecor	Estações	Indicador	t-Student	F- Snedecor
IG3	Média	0,0002	0,000002	IG7	Média	0,0103	0,9997
	Q10	0,0006	0,000005		Q10	0,0005	0,1197
	Q50	0,0055	0,0024		Q50	0,0183	0,4548
	Q90	0,0271	0,2434		Q90	0,1392	0,1998
IG5	Média	0,0186	0,0034	IG9	Média	0,0031	0,0350
	Q10	0,0085	0,0002		Q10	0,0186	0,1623
	Q50	0,9203	0,3553		Q50	0,0043	0,1604
	Q90	0,4989	0,0522		Q90	0,0020	0,6878

## CONCLUSÃO

É de conhecimento geral que área urbana é sinônimo de impermeabilização do solo, o que afeta diretamente a vazão das bacias, com os resultados obtidos para os dois períodos antes e depois do ano de 1985, é possível perceber um aumento na área urbana da área de drenagem da nascente da Bacia do Rio Iguaçu até a estação IG9, e um aumento na vazão máxima, média, mediana e mínima das estações IG3, 5, 7 e 9. Através da análise estatística, foi possível demonstrar este aumento ao quantificar e comprovar um aumento significativo nos valores de mínimas, médias e máximas.

Para estudos futuros, recomenda-se a análise de outros parâmetros que fazem parte do balanço hídrico, como a precipitação, a infiltração e a evapotranspiração; a avaliação estatística dos

indicadores e comparativos considerando escala mensal; a análise estatística das alterações de áreas por classe de uso do solo dado, a inclusão de mais indicadores representantes da dinâmica humana numa bacia hidrográfica, entre outros. Isto com o objetivo de poder, cada vez mais, nos aproximarmos do objetivo da socio-hidrologia de poder tomar decisões tomando em conta o fator humano da bacia.

Os dados do portal do HidroWeb cumprem o seu objetivo de garantir o acesso à informação de toda a sociedade, porém é perceptível a falta de consistência em algumas estações, como no IG3, onde os dados da estação em um período notável do fluiograma tiveram um aumento repentino em 1999, que se manteve até a última data de dados de vazão da estação. Da mesma forma, o IG9, que apresentava uma série longa e consistente, o que é importante para a análise dos dados e tomada de decisões, deixou de ser monitorado em 2017. A consistência destes dados é de fundamental importância, pois através deles muitos estudos são realizados, dados equivocados ou errados, podem acarretar resultados incorretos, reduzindo assim a confiabilidade destes estudos e dos dados do portal.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica do 1º autor, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Brasil (CAPES) pela bolsa de Doutorado e ao Programa CAPES/PRINT pela bolsa de Doutorado Sanduíche do 2º autor; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa produtividade do quarto autor.

### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.C. *Water quality management, governance, and socio-hydrology: strategies for an urban basin*. Tese(doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2024.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. *Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 5k (BHO 2017 5k)*. ANA. 2017. Disponível em <<https://metadados.snhr.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/f7b1fc91-f5bc-4d0d-9f4f-f4e5061e5d8f>>. Último acesso em mai. 2025.
- BITENCOURT, C. C. A. *Integração de análise estatística multivariada e geoprocessamento: aplicação para estudos de enquadramento de corpos d'água*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.
- COELHO, M. *Uncertainty analysis in the statistical and stochastic context of water quality time series*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.
- FERREIRA, D. M. *Integrated analysis for modeling of flow and transport of contaminants in rivers*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2019.
- FRANÇA, M. S. *Análise multivariada dos dados de monitoramento de qualidade de água da Bacia do Alto Iguaçu: uma ferramenta para a gestão dos recursos hídricos*. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- GALLEGOS, C.E.C. *Nova visão sobre o uso integrado de instrumentos para o aumento da efetividade da gestão de recursos hídricos*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.
- GOSSET, S.W. (2015). *t-student y F-Snedecor*. Disponível em <<https://virtual.uptc.edu.co/ova/estadistica/docs/libros/tstudent.pdf>>. Último Acesso em jun. 2025.

IAT (2020). – Instituto Água e Terra. *Bacia do Rio Iguaçu*. Disponível em <[https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/iguacu.pdf](https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/iguacu.pdf)>. Último acesso em mai. 2025.

KNAPIK, H. G. *Organic matter characterization and modeling in polluted rivers for water quality planning and management*. Tese (doutorado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

MapBiomas (2025). Projeto MapBiomas. *Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil*. 2025. Disponível em <<https://brasil.mapbiomas.org/produtos/>>. Último acesso em mai. 2025.

PAIVA, J.B.D.; FERNANDES, C.V.S.; PORTO, M. F.A.; KNAPIK, H.G.; RIBEIRO, D.A.; BASSANESSI, K.; GONÇAVES, V.D.; MUHLENHOFF, A.P.; ALMEIDA, C.C. PROJETO INTEGRA - *DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. QUANTIDADE E QUALIDADE DE ÁGUA*. Projeto concluído. 2012.

PEIXOTO, L.O.M. *MODELING THE WATER QUALITY PARAMETERS OF THE ALTO IGUASSU RIVER USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS*. Tese (doutorado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2024.

PFAFSTETTER, O. (1989). *CLASSIFICAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: METODOLOGIA DE CODIFICAÇÃO*. Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) – RJ, Manuscrito não publicado

PORTO, M. F.A.; FERNANDES, C.V.S.; KNAPIK, H.G.; FRANÇA, M.S.; BRITES, A.P.Z.; MARIN, M.C.F.C.; MACHADO, F.W.; CHELLA, M.R.; SÁ, J.F.; MASINI, L. *BACIAS CRÍTICAS: BASES TÉCNICAS PARA A DEFINIÇÃO DE METAS PROGRESSIVAS PARA SEU ENQUADRAMENTO E A INTEGRAÇÃO COM OS DEMAIS INSTRUMENTOS DE GESTÃO*. Projeto concluído. 2007.

RUBERT, O.A.V.; FIGUEIREDO, L.C.C. (2001). *DIVISÃO HIDROGRÁFICA NACIONAL – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE OTTO PFAFSTETTER*. Disponível em <<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/155/129.pdf>>. Último acesso em 16 mai. 2025.

SIVAPALAN, M.; SAVENIJE, H.H.G.; BLÖSCHL, G. (2012). *SOCIO-HYDROLOGY: A NEW SCIENCE OF PEOPLE AND WATER*. *Hydrological Processes* 26, pp. 1270-1276.