INTEGRANDO PRECIPITAÇÃO E COMPONENTES SOCIO-HIDROLÓGICOS EM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO IGUAÇU NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Matias Ernesto Flores Acosta 1 [1]; Camila de Carvalho Almeida [2] & Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes [3]

Palavras-Chave – socio-hidrologia, precipitação, gestão de recursos hídricos.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento urbano acelerado modificou profundamente o funcionamento hidrológico das bacias hidrográficas em escala mundial. A expansão das áreas impermeabilizadas, a supressão da vegetação natural, o aumento da demanda por água e a intensificação das pressões antrópicas alteraram significativamente os regimes hidrológicos, comprometendo tanto a disponibilidade quanto a qualidade dos recursos hídricos. Historicamente, a hidrologia concentrou-se na representação dos processos físicos do ciclo hidrológico, tratando as ações humanas como condições de contorno ou fatores externos. Entretanto, observa-se atualmente que as decisões sociais, econômicas, institucionais e políticas exercem influência contínua sobre o funcionamento das bacias hidrográficas, produzindo mecanismos de retroalimentação que modificam tanto o ambiente quanto o comportamento da própria sociedade (Almeida 2024).

Nesse cenário, Sivapalan et al. (2012) propuseram a socio-hidrologia como uma nova disciplina dedicada ao estudo da coevolução entre pessoas e água. A partir dessa perspectiva, os sistemas hidrológicos deixam de ser compreendidos apenas sob o ponto de vista físico e passam a incorporar fatores sociais, econômicos, culturais e institucionais. Desde sua formalização em 2012, a socio-hidrologia passou por uma rápida expansão científica. Inicialmente, os estudos concentravam-se na compreensão dos mecanismos de feedback entre a ocupação humana e a disponibilidade hídrica. Posteriormente, passaram a incorporar aspectos relacionados à governança, à percepção social do risco, à memória coletiva de eventos extremos, à vulnerabilidade, à adaptação climática e à segurança hídrica.

Hoje, os modelos socio-hidrológicos representam simultaneamente variáveis hidrológicas, demográficas, econômicas, institucionais e ambientais, permitindo compreender processos de longo prazo que dificilmente seriam explicados apenas por modelos hidrológicos convencionais. A urbanização em bacias hidrográficas constitui um dos principais agentes modificadores do ciclo hidrológico e insere questões relevantes a serem tratadas no contexto da gestão de recursos hídricos. Além das mudanças hidrológicas, o crescimento urbano modifica profundamente a qualidade da água, amplia as cargas difusas de poluição e aumenta os conflitos entre diferentes usos da água. Esses processos evidenciam que a gestão eficiente das bacias urbanas exige abordagens integradas que considerem simultaneamente os sistemas físico e social. Nesta pesquisa, tem-se como objetivo analisar a evolução da análise do efeito temporal das chuvas, com informações sociais e hidrológicas

1) Pesquisador de Iniciação Científica, Universidade Federal do Paraná (UFPR), matias.ernesto.flores.acosta@gmail.com
2) Pesquisador PNUMA e da Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA-UFPR), cami.almeidac@gmail.com
3) Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA-UFPR), cris.dhs@ufpr.br

da bacia do rio Iguaçu, na Região Metropolitana de Curitiba, permitindo analisar as relações entre população, uso do solo, vazão e precipitação no período de 1985 a 2023.

METODOLOGIA

Um dos maiores desafios da socio-hidrologia consiste na integração de bases de dados produzidas por diferentes instituições. Nesta pesquisa foram utilizados dados da ANA (HidroWeb), do IBGE e MapBiomas. As análises envolveram o processamento e a integração de dados de vazão, uso do solo e população no período de 1985 a 2023. A metodologia adotada consistiu na integração de diferentes bases de dados públicas. As informações hidrológicas foram obtidas a partir do sistema HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com base em séries históricas de vazões diárias das estações IG5 e IG9, entre 1985 e 2023. A partir dessas séries, foram calculados indicadores anuais representativos das vazões mínimas (Q90%), medianas (Q50%), máximas (Q10%) e vazão média. A bacia do Alto Iguaçu constitui um dos laboratórios naturais mais importantes do Brasil para pesquisas em socio-hidrologia. Sua elevada densidade populacional, intenso processo de urbanização e longa série histórica de monitoramento hidrológico permite investigar a interação entre mudanças territoriais e a resposta hidrológica. A figura 1 e a tabela 1, a seguir, apresentam a RMC, os pontos de monitoramento e as estações pluviométricas utilizados no presente estudo.

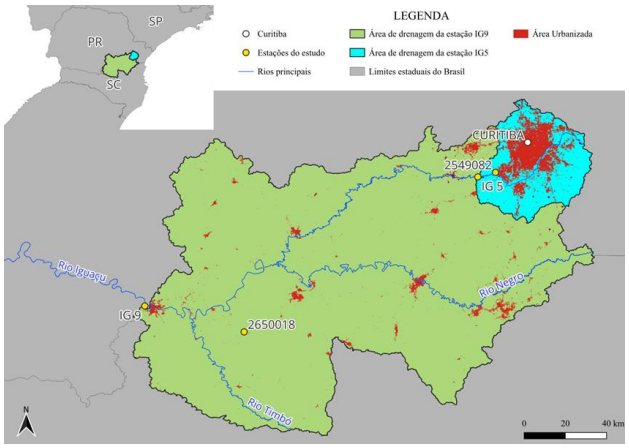


Figura 1 – área de estudo

Tabela 1 – Estações utilizadas e número de dados

Código	Nome da estação	N° de dados	Período de observação
2549082	Campina das Pedras	13421	jan. 1985 – dez. 2023
2650018	Pinheiros	14026	jan. 1985 – dez. 2023
65025000	Guajuvira (IG5)	14244	jan. 1985 – dez. 2023
65310000	União da vitória (IG9)	14244	jan. 1985 – dez. 2023

A integração entre dados de precipitação, vazão, população e uso da terra evidencia um crescimento urbano expressivo na Região Metropolitana de Curitiba, acompanhado pelo aumento das áreas impermeabilizadas e por alterações graduais nos indicadores de vazão. Embora tais relações não permitam estabelecer causalidade direta, elas fornecem evidências consistentes de que, entre os impactos dos processos hidrológicos decorrentes da urbanização, faz-se necessário avaliar de forma integrada todos esses elementos, particularmente para separar os efeitos das mudanças no uso do solo dos decorrentes da variabilidade climática.

RESULTADOS

Os resultados estão compilados nas figuras 2 e 3, a seguir. Os resultados evidenciaram profundas transformações ao longo das quase quatro décadas analisadas. Observou-se (Figura 2) um expressivo crescimento populacional, especialmente na área correspondente à estação IG5, onde a população praticamente dobrou, passando de aproximadamente 1,6 milhões para mais de 3,1 milhões de habitantes. Na área da estação IG9, o crescimento foi mais moderado, passando de aproximadamente 620 mil para cerca de 860 mil habitantes. Esse comportamento confirma a forte concentração do processo de urbanização na Região Metropolitana de Curitiba. As análises de uso da terra revelaram expansão contínua das áreas urbanizadas ao longo do período estudado. Na bacia do IG5, verificou-se um aumento de aproximadamente 14% na área urbanizada, acompanhado de redução das áreas agropecuárias. Esse comportamento sugere que a expansão urbana ocorreu principalmente sobre áreas anteriormente destinadas à agricultura, uma vez que a disponibilidade de áreas naturais remanescentes é limitada na região metropolitana.

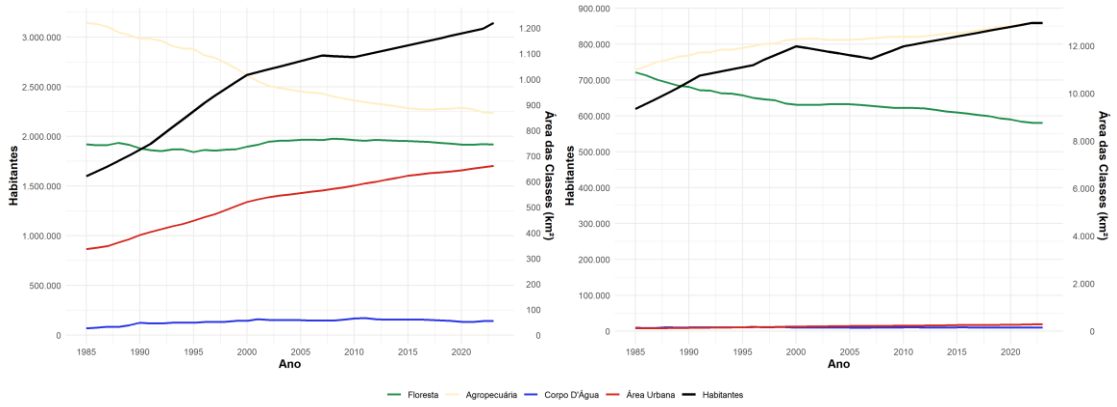


Figura 2 – Integração socioeconômica para as estações IG5 (à esquerda) e IG9 (à direita).

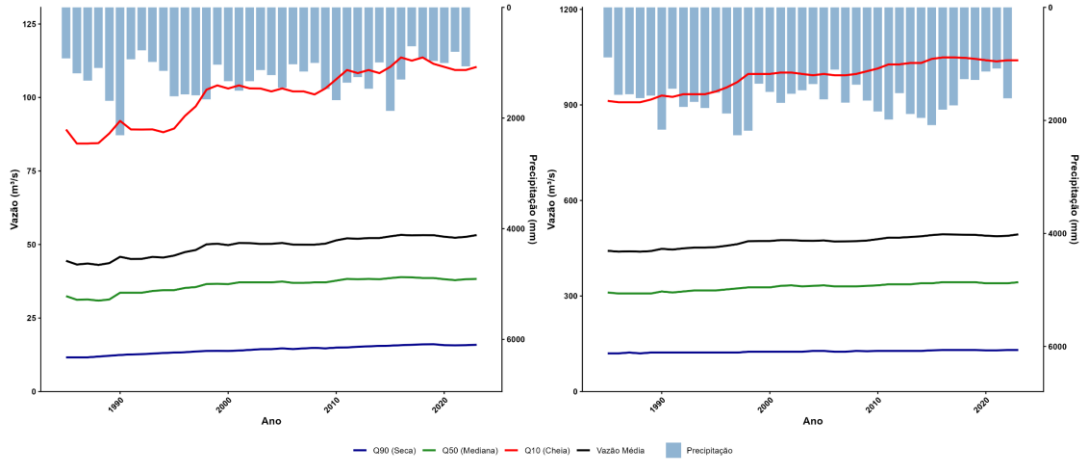


Figura 2 – Série histórica de Precipitação (mm) e Vazão (m³/s) para as estações IG5 (à esquerda) e IG9 (à direita).

A figura 3 indica os impactos da série histórica do total anual acumulado de precipitação, com uma variabilidade espacial média de chuva de 1500 mm no ponto IG5 e de 1700 mm anuais. Na bacia do IG9, observou-se um comportamento distinto. Embora também tenha ocorrido crescimento urbano, sua magnitude foi significativamente menor, de cerca de 1% da área total. Em contrapartida, houve

expansão das áreas agropecuárias às custas da redução das áreas naturais, indicando que o processo predominante nessa região ainda está relacionado à conversão de ecossistemas naturais em atividades agrícolas, diferentemente da intensa urbanização observada no alto curso da bacia.

Em relação às variáveis hidrológicas, verificou-se tendência de aumento em todos os indicadores de vazão analisados (Q10%, Q50%, Q90% e vazão média) nas duas áreas de drenagem. Embora nem todas essas tendências apresentem significância estatística, os resultados corroboram estudos anteriores realizados na própria bacia do rio Iguaçu, indicando que a expansão urbana pode estar associada ao aumento dos volumes escoados, consequência direta da impermeabilização do solo e da redução da infiltração. O impacto da variabilidade espacial da chuva não traduzl potenciais efeitos de mudanças climáticas.

CONCLUSÕES

A relação entre urbanização e alterações hidrológicas não pode ser interpretada isoladamente, pois fatores climáticos, especialmente as mudanças no regime de precipitação, não necessariamente impuseram um impacto natural sobre os processos hidrológicos com o aumento da urbanização, por exemplo. Dessa forma, propõe-se, como continuidade da pesquisa, a incorporação de novas variáveis à base de dados, incluindo séries históricas de precipitação e indicadores econômicos, como o Produto Interno Bruto (PIB), para avaliar os efeitos decorrentes da dinâmica de uso da terra a partir dos efeitos e alterações hidrológicas.

Neste artigo, defende-se a integração de informações hidrológicas, espaciais e socioeconômicas em uma única base de dados histórica, criando condições para futuras análises quantitativas das interações entre a sociedade e os recursos hídricos. Os resultados reforçam que a compreensão dos processos hidrológicos depende cada vez mais da incorporação das dimensões sociais, econômicas e territoriais, evidenciando que a gestão sustentável da água exige abordagens interdisciplinares capazes de representar simultaneamente as transformações ambientais e a dinâmica das sociedades que ocupam as bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, M. E. F.; ALMEIDA, C. C.; PORRAS, E. A. A.; FERNANDES, C. V. S. (2025). *Influência da urbanização na vazão de rios sob a perspectiva da socio-hidrologia: estudo de caso da bacia do Alto Iguaçu*. In Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

ALMEIDA, C. C. (2024). Water quality management, governance, and socio-hydrology: strategies for an urban basin. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

GALLEGO, C. E. C. (2014). 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

SIVAPALAN, M.; SAVENIJE. H. H. G.; BLÖSCHL, G. (2012). Socio-hydrology: A new science of people and water. Hydrological processes 26, pp. 1270-1276.