

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÓDICOS

Avaliação dos Efeitos de Pontes e Bueiros na Geometria de Rios Urbanos: Estudo de Caso em Maringá, PR

Bruna Caroline da Silva de Matos¹ & Eduardo Souza de Moraes¹

Abstract: Bridges and culverts are crucial river crossing structures for urban connectivity; however, they can induce changes in channel geomorphology. This study analyzed the impacts of these structures on the width and cross-sectional area of the Mandacaru and Luca streams in Maringá, Paraná State, Brazil. We evaluated four crossing structures (two bridges and two culverts) using statistical comparisons between upstream and downstream reaches. This approach aimed to identify how the channels change depending on both the analyzed reach and the type of structure. The results indicate that culverts tend to increase channel width and area downstream of the structures. In contrast, bridges show a tendency for increased width upstream, highlighting the non-homogeneity of the data. Other variables present in the watersheds also influence channel width and cross-sectional area. This underscores the importance of considering both the type of structure and the environmental context in which these structures are situated. Furthermore, there is a need to refine methodological approaches for assessing the impacts of engineering works on fluvial dynamics.

Resumo: Pontes e bueiros são estruturas de travessias de rios importantes para a conectividade urbana, porém, podem causar alterações na geomorfologia do canal. Este estudo analisou os impactos dessas estruturas sobre a largura e área das seções transversais dos córregos Mandacaru e Luca, em Maringá, estado do Paraná. Foram avaliadas quatro estruturas de travessias (duas pontes e dois bueiros), utilizando-se de comparações estatísticas entre trechos a montante e a jusante, para identificar como os canais estão se alteram a depender do trecho analisado, mas também, o tipo de estrutura analisada. Os resultados mostraram que bueiros tendem a provocar aumento da largura e da área a jusante das estruturas, porém, em relação a ponte, a largura tende a aumentar a montante, o que evidencia a não homogeneidade dos dados. Outras variáveis presentes nas bacias hidrográficas também interferem na largura e área das seções, o que reforça a importância de se considerar o tipo de estrutura e o contexto ambiental dessas estruturas. Além disso há a necessidade de aprimorar as abordagens metodológicas para avaliação sobre os impactos das obras de engenharia na dinâmica fluvial.

Palavras-Chave – estruturas de travessias de rios, largura, rios urbanos.

INTRODUÇÃO

Estruturas para travessia de rios, definidas neste trabalho como pontes e bueiros, desempenham um papel crucial na conectividade rodoviária. No entanto, essas estruturas podem alterar a geomorfologia fluvial (Dhali *et al.*, 2020; Uddin *et al.*, 2022), por meio de mudanças nos processos deposicionais e erosivos. Essas alterações variam conforme a posição em relação às estruturas, sendo comuns processos deposicionais a montante e processos erosivos a jusante (Kauser *et al.*, 2015; Biswas e Banerjee, 2018; Biswas e Pani, 2021). A largura e a área das seções transversais dos canais, que podem diminuir ou aumentar dependendo do tipo de estrutura (Gregory e Brookes, 1983; Ghosh, 2024). Os bueiros, por exemplo, apresentam maior interferência no canal quando comparado as pontes (Bortoluzzi e Fernandez, 2017), ocasionam a formação de poços profundos a jusante (Hintz *et al.*, 2022) e o aumento da magnitude das inundações (Jones *et al.*, 2000).

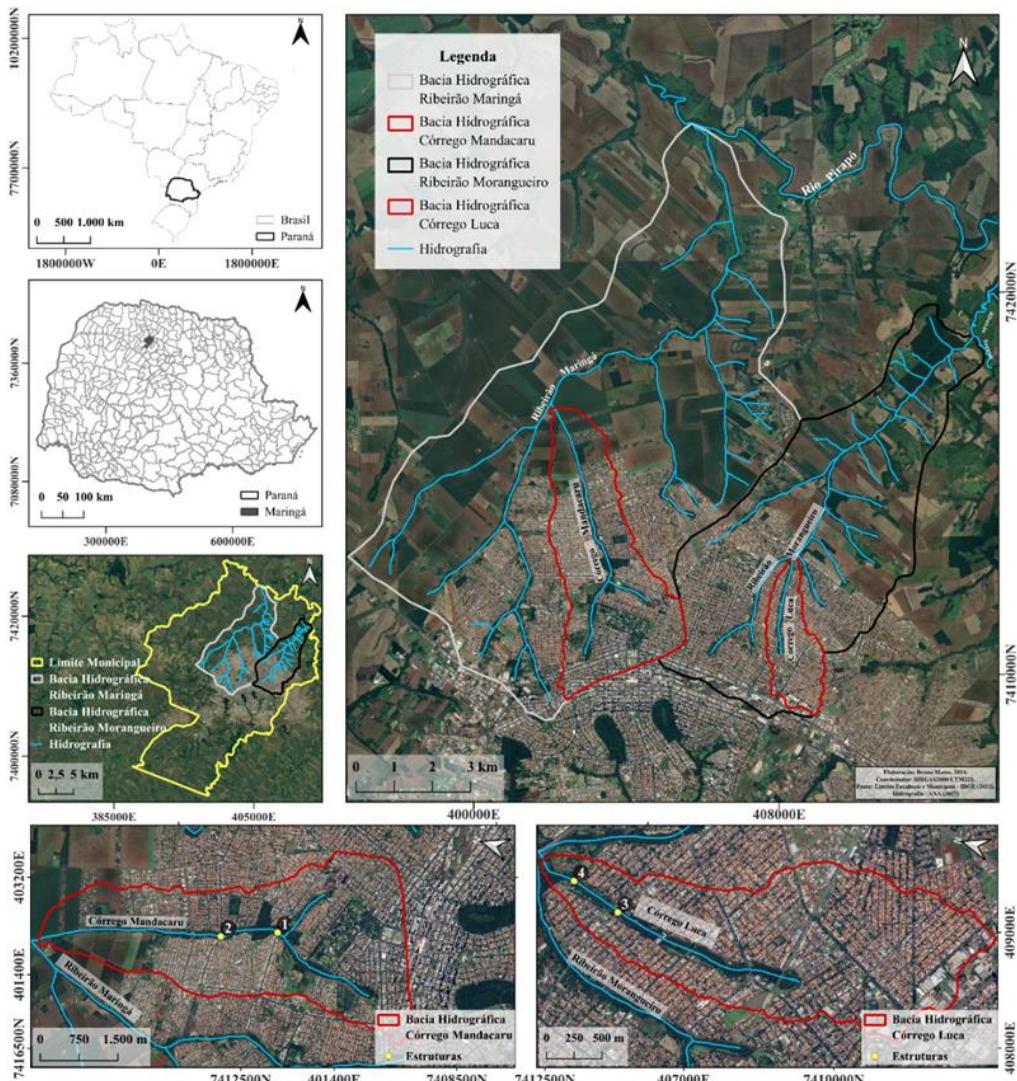
1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PEU), Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), Universidade Estadual de Maringá (UEM), (44) 3011-4327, pg404732@uem.br, esmoraes2@uem.br.

Para identificar essas alterações causadas pelas estruturas de travessias de rios, os estudos utilizam análises de sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica, geomorfológicas, sedimentológica e hidrológicas (Hintz *et al.*, 2022; Uddin *et al.*, 2022; Włodarczyk *et al.*, 2023; Ghosh, 2024; McDowell e Hassan, 2024), entretanto, o emprego de testes estatísticos não é tão comum (Matos e Moraes, 2025). Deste modo, o objetivo deste trabalho foi analisar como as pontes e bueiros podem alterar os padrões geomorfológicos de rios em áreas urbanas, aferido por análises estatísticas das variações das medidas de largura e áreas de seções transversais a montante e a jusante de pontes e bueiros.

METODOLOGIA

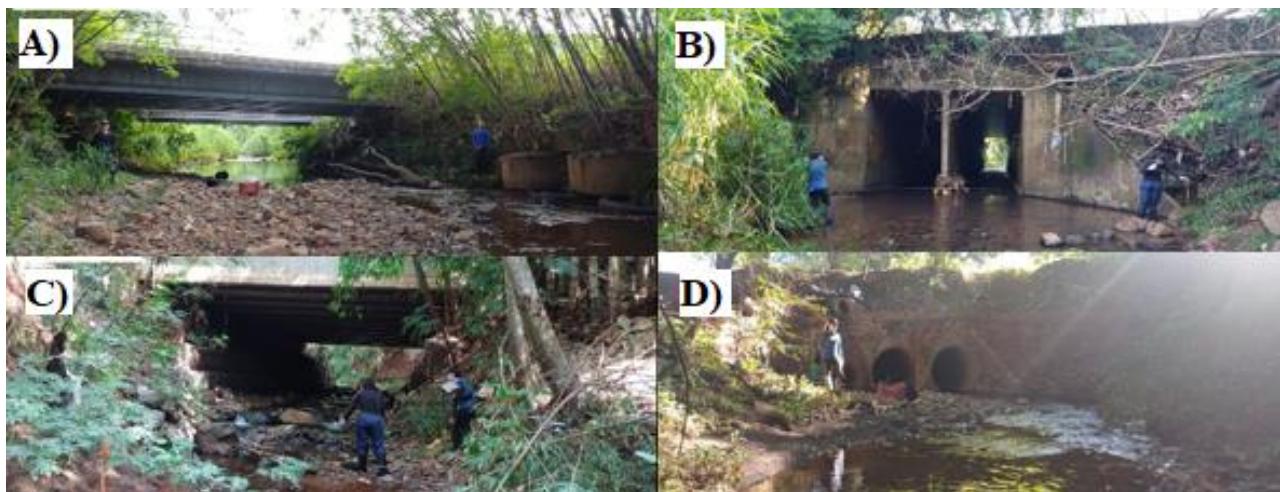
O estudo foi realizado nos córregos Mandacaru e Luca, localizados no município de Maringá no estado do Paraná. A área de estudo está localizada na porção norte da área urbana (Fig. 1), onde a litologia possui predomínio de rochas basálticas (Sala 2005) e o clima é de transição do tropical para o subtropical (Montanher e Minaki, 2020). Esses rios fluem na subunidade do Planalto de Maringá, caracterizada pela declividade predominante de 6%, dissecação baixa, topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em forma de V, com altitudes que variam de 260m a 800m (Santos *et al.*, 2006) e solos do tipo Latossolos e Nitossolos Vermelhos (IAT, 2008). O processo de urbanização de ambas as bacias hidrográficas se iniciou entre os anos de 1960 a 1970, contando com sistemas de infraestrutura básica na bacia hidrográfica do córrego Mandacaru, como esgotamento sanitário e a construção de bueiros para a transposição no córrego Luca (Cordovil e Andrade, 2010).

Figura 1: Localização dos rios urbanos em estudo



Foram analisadas quatro estruturas, duas do tipo ponte e duas do tipo bueiro (Fig. 2). A estrutura 1 é uma ponte de concreto com vão livre, localizada no córrego Mandacaru, foi observado o acúmulo de cascalhos e formação de barras laterais a montante e deposição de sedimentos finos a jusante. A estrutura 2 é um bueiro duplo celular, também localizada no córrego Mandacaru, com a presença de matacões, cascalhos a montante e formação de poço a jusante. A estrutura 3 é uma ponte de concreto com vão livre, caracterizada pela presença de cascalhos e resíduos da construção civil a montante e redução dos matacões e incisão do canal a jusante. Por fim, a estrutura 4 é um bueiro triplo tubular, dos quais apenas dois tubos estão em funcionamento devido a deposição de sedimentos a montante e há formação de um poço a jusante da estrutura.

Figura 2: Estruturas estudadas. A) Ponte 1, localizada no córrego Mandacaru; B) Bueiro Duplo Celular, localizado no córrego Mandacaru; C) Ponte 2, localizada no córrego Luca; D) Bueiro Triplo Tubular, localizado no córrego Luca



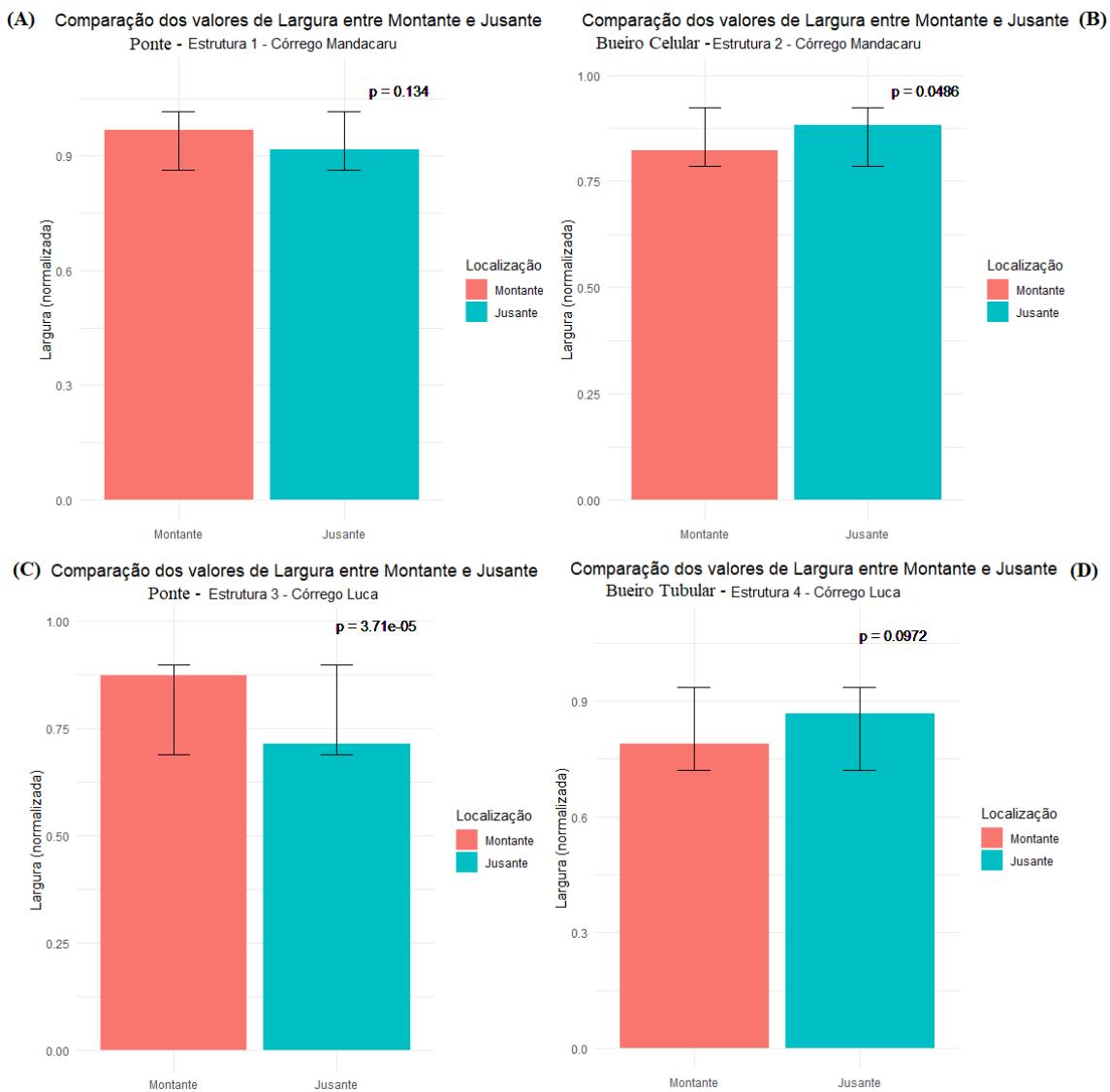
Para a coleta dos dados foram definidas 10 seções transversais por estrutura (cinco dentro do trecho de influência e cinco fora do trecho de influência), que foram determinadas a partir de um teste de poder amostral no software R, considerando um efeito mínimo de 2m na largura, com 95% de confiança e 90% de poder estatístico. Os intervalos entre as seções transversais foram definidos a montante de 5m a 5,5m de distância, enquanto que a jusante, os intervalos foram definidos de acordo com a relação entre o trecho de influência a montante com a jusante, ou seja, se o trecho de influência a montante era de 30m e de 70m a jusante, o resultado da razão entre os dois foi de 2,33. Assim, o intervalo de seções a jusante foi ajustado multiplicando o intervalo de 5,5m (a montante) por 2,33m, resultado em intervalos entre as seções de 12,8m (a jusante). Nesse contexto, tornando possível a comparação das seções a montante com a jusante e a representatividade das seções transversais do trecho analisado. As medições de largura e profundidade foram feitas manualmente, em condições climáticas estáveis no nível do patamar inferior, de acordo com Fernandez (2003), e com o limite da seção sendo a crista do patamar. Foi utilizada uma corda de nylon com medidas de 0,50m e 1m para a coleta dos valores de profundidade e a obtenção da variável área.

Os testes estatísticos buscaram responder se existem variações de largura e área das seções entre os trechos a montante e a jusante de cada estrutura e como ambas as variáveis se alteram a depender do tipo de estrutura. Portanto, foram aplicados testes paramétricos no software R, como o teste T e T-Pareado. Devido à natureza dos testes foi necessário a normalização dos dados pela escala logarítmica, na qual a análise das variáveis foi realizada comparando o conjunto de dados à montante com a jusante em cada estrutura de travessia, afim de identificar se os valores de largura e área das seções são diferentes a depender do trecho analisado (montante e jusante). O teste T-Pareado foi utilizado para identificar se as diferenças por pares das seções transversais são estatisticamente significativas, com nível de confiança de 95%, com o objetivo de entender como as variações ocorrem a montante e a jusante de cada estrutura de travessia.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O teste T aplicado a variável largura identificou que apenas os conjuntos de dados da estrutura 2 (do tipo bueiro duplo celular) e 3 (do tipo ponte) apresentaram diferença significativa quando comparada montante com jusante ($p < 0,05$) (Fig. 3). Na estrutura 2 o valor de p é próximo ao valor de 0,05, o que pode indicar que apesar dos trechos apresentarem diferença estatística entre si, esse valor pode estar sendo influenciado por outliers.

Figura 3: Teste T – variável largura



Os estudos encontrados que tratam das diferenças da largura entre a montante e a jusante não fazem essa diferenciação por meio de análises estatísticas e sim por comparação dos valores de largura medidos. Nesse contexto, na ponte do rio Chel na Índia, ao analisarem os valores de largura em diferentes períodos de tempo e com medições de pontos amostrais, os autores identificaram que a montante da ponte não apenas há diferença dos valores de largura quando comparados com a jusante, como também os valores de largura tenderam a diminuir (Dhali *et al.*, 2020). A alteração da largura se dá pela intensidade dos processos erosivos nas margens dos canais (Biswas e Pani, 2021), que consequentemente ocorre com o aumento da velocidade do fluxo, portanto, a regulação do fluxo a montante e a jusante é o que caracteriza as mudanças dos valores de largura quando se compara um trecho com o outro.

Em contrapartida, os estudos de Roy e Sahu (2018), utilizaram testes estatísticos para identificar alterações em várias variáveis, como a largura e profundidade, em pontes e bueiros de cursos d'água de nascentes da Bacia do rio Kunur na Índia, os resultados não mostraram alterações significativas

ao longo dos trechos analisados. Nos resultados apresentados neste trabalho, duas estruturas apresentaram diferenças significativas enquanto as outras duas não, o que evidencia que essas alterações são influenciadas por outras variáveis, além da localização das seções em relação as estruturas.

Para melhor compreensão, foi realizada uma análise comparativa entre as seções transversais, ou seja, foram comparados os valores da seção um a montante com a seção um a jusante por meio da porcentagem (Tab. 1) e do teste T-Pareado. Em relação a variável largura, a maioria dos pares de seções transversais imediatamente a jusante das estruturas (M1-J1) apresentam um aumento da largura a jusante quando comparado a montante (de 2,7 % a 88,4%), com exceção da estrutura 1 em que a largura a montante é maior (-16%) que a largura a jusante. Ao analisarmos a tabela levando em consideração o tipo de estrutura, é possível perceber que a variação dos valores da largura se comporta diferente a depender do tipo de estrutura. As pontes apresentam o aumento da largura nas seções a montante quando comparadas a jusante, enquanto que nos bueiros o cenário é inverso, a jusante os valores de largura são maiores que a montante, com exceções.

Tabela 1: Diferença dos valores de largura por pares (%)

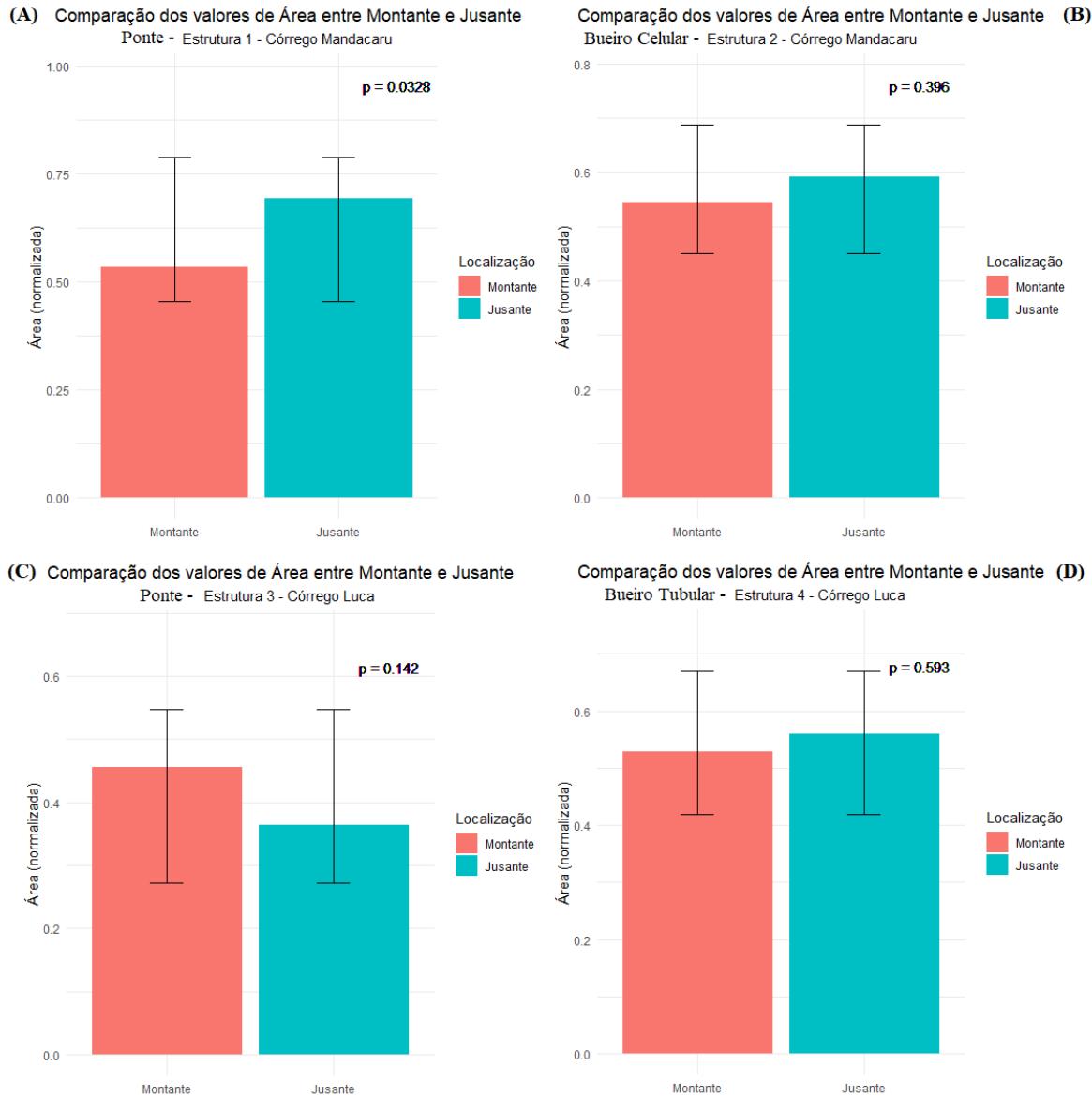
Variável	Estruturas	M1-J1	M2-J2	M3-J3	M4-J4	M5-J5	M6-J6	M7-J7	M8-J8	M9-J9	M10-J10
Largura	1 (Ponte)	-16,08	-37,50	-24,78	-23,55	-9,90	40,78	-6,03	16,17	-	-
	2 (Bueiro celular)	27,01	15,50	15,63	3,92	31,82	0,82	-4,29	12,08	39,88	-
	3 (Ponte)	2,74	-1,52	-20,46	-16,62	-31,14	-48,30	-55,28	-46,27	-29,35	-40,54
	4 (Bueiro tubular)	88,47	107,63	5,91	-17,99	-9,76	18,36	24,57	-10,70	11,11	38,40

Com o teste T-Pareado foi possível identificar essas variações, nas análises dos valores das diferenças das médias foi identificado que as diferenças das médias entre os pares nas estruturas do tipo ponte (1 e 3), os valores foram negativos (-0,0475 e -0,161 respectivamente. Esses resultados negativos indicam que está ocorrendo um aumento da variável largura a montante das estruturas do tipo ponte, mesmo que no caso da estrutura 1 essa variação não é estatisticamente significativa ($p > 0,5$). No caso das estruturas do tipo bueiro (2 e 4), os valores das diferenças das médias foram positivos (0,0588 e 0,0793, respectivamente), indicando que a variável largura está aumentando a jusante em relação a montante, mesmo que no caso da estrutura 4 essa variação não é estatisticamente significativa.

Portanto, em relação a variável largura, entende-se que quando os resultados das análises são comparados entre montante e jusante, não são todas as estruturas que apresentam diferenças estatísticas entre os valores de largura das seções transversais, corroborando com o demonstrado por Roy e Sahu (2018), cujos resultados mostraram que as alterações não foram significativas de acordo com os tipos de estruturas analisadas. Entretanto, na análise pelo tipo de estruturas, infere-se que há diferença no comportamento dos valores de largura em relação ao tipo de estrutura (ponte e bueiro), em que tende a aumentar ou diminuir a depender da estrutura.

Em relação a variável área o cenário é um pouco diferente. No teste T apenas a estrutura 1 (ponte), apresentou valores de área das seções transversais que se diferenciam entre montante e jusante ($p < 0,05$) (Fig. 4).

Figura 4: Teste T – variável área



Em um contexto de comparação, nos estudos de Roy e Sahu (2018) no rio Kunur, os valores de área apresentaram diferença estatística na comparação dos trechos do montante com a jusante, indicando um aumento de 10% na seção imediatamente a jusante das estruturas. Esses resultados, diferem do encontrado nos córregos Mandacaru e Luca, em que das quatro estruturas analisadas, apenas uma apresenta diferença estatística significante ($p > 0,05$), o que pode ser explicado pelas diferenças no uso do solo entre as áreas analisadas nos dois estudos. Enquanto os trechos estudados no rio Kunur estão, em sua maioria, localizados em áreas de cobertura florestal e agrícola, as bacias dos córregos Mandacaru e Luca, além de terem trechos de análise menores, estão integralmente inseridas em regiões urbanas. Consequentemente, os mecanismos que provocam alterações no canal variam entre essas regiões. No contexto agropecuário, a dinâmica do transporte de água e sedimentos é intensificada pelo aumento da magnitude das inundações e das taxas de deposição. Já no contexto urbano consolidado, observa-se um aumento das taxas de erosão. Contudo, esses ajustes fluviais podem variar de acordo com características específicas da bacia hidrográfica analisada (Morais e Montanher (2022)).

Na análise dos pares das seções pela porcentagem e teste T-Pareado, os valores de área dos pares das seções imediatamente a jusante das estruturas (M1-J1) mostraram um aumento da área a jusante em comparação a montante (Tab. 2). Entretanto, ao se analisar os dados em função do tipo de

estrutura, essa relação não é evidente quanto nos dados de largura, como é possível observar na tabela, não há um padrão de diferenças percentuais sempre positivas ou negativas nas estruturas.

Tabela 2: Diferença dos valores de área por pares (%), em que os valores positivos indicam aumento das variáveis a jusante em relação a montante e os valores negativos indicam aumento das variáveis a montante em relação a jusante

Variável	Estruturas	M1-J1	M2-J2	M3-J3	M4-J4	M5-J5	M6-J6	M7-J7	M8-J8	M9-J9	M10-J10
Área	1 (Ponte)	225,99	7,44	93,59	58,89	4,83	67,43	15,27	7,07	-	-
	2 (Bueiro celular)	16,35	-30,28	-32,35	19,87	13,26	131,03	-28,57	50,41	102,11	-
	3 (Ponte)	52,89	3,89	-32,88	13,50	-26,91	-54,99	-41,11	18,92	3,29	-58,64
	4 (Bueiro tubular)	22,61	-25,38	15,42	-2,19	11,59	6,29	9,18	-1,49	13,60	32,72

Para entender melhor essas variações de uma perspectiva estatística, o teste T-Pareado mostrou que a diferença das médias dos valores de área na maioria das estruturas foi positiva. Isso indica um aumento da variável área a jusante da maioria das estruturas, com exceção da estrutura 3 (ponte) que apresentou um valor negativo (-0,091).

Com o teste por pares de Roy e Sahu (2018) e o teste T-Pareado para analisar estatisticamente as variações por pares das variáveis largura e área das seções transversais, pode-se inferir, que no caso da largura ambos os testes mostram que há diferença nos valores de largura quando se compara pontes e bueiros. Essas variações de largura são maiores a montante das pontes e maiores a jusante dos bueiros, já em relação as variações de área, a maioria das estruturas apresentam aumento da variável a jusante.

O aumento da largura a montante das pontes dos córregos Mandacaru e Luca, mostram um cenário diferente quando comparado a outros estudos ao redor do mundo. Em alguns estudos como o da ponte Katulpur, da ponte do rio Chel na Índia e rio Dharla em Bangladesh a largura diminuiu a montante quando comparada a jusante (Dhali *et al.*, 2020; Uddin *et al.*, 2022; Ghosh, 2024). Esse cenário evidencia a importância da análise por meio de uma perspectiva isolada a cada trecho de análise, tendo em vista, que as alterações não são homogêneas e respondem de forma diferente a depender do tipo de solo, uso da bacia hidrográfica, disponibilidade hídrica e entre outras características da bacia hidrográfica.

Em relação a área das seções transversais é observado que como o encontrado nos córregos Mandacaru e Luca, outros estudos encontraram o aumento da área a jusante das estruturas, como é o caso das pontes analisadas em New Forest (Gregory e Brookes, 1983) e nas pontes do rio Barakar na Índia (Biswas e Pani, 2021). O aumento da área a jusante pode estar associado ao aumento dos processos erosivos das margens e do leito, que em relação aos bueiros se intensifica com a formação de poços logo após a estrutura (Hintz *et al.*, 2022; McDowell e Hassan, 2024). Entretanto como na análise da largura esse padrão não é homogêneo, os resultados podem variar a depender do tipo de estrutura. Na bacia hidrográfica do rio Kunur a área da seção transversal teve um aumento significativo a jusante de quase todas as estruturas, com exceção da estrutura do tipo bueiro tubular, em que a área diminuiu cerca de 3% a jusante, mostrando novamente que cada estrutura e trecho em análise pode apresentar resultados diferentes, mesmo que se tenha o cuidado de analisar trechos semelhantes (Roy e Sahu, 2018).

CONCLUSÃO

O presente estudo evidencia que as estruturas de travessias de rios alteram duas variáveis importantes para a caracterização morfológica dos rios. As alterações na largura e área ocorrem de forma distinta a depender do trecho analisado, porém, do ponto de vista estatístico nem todas essas alterações se mostraram significativas. Nesse contexto, pode-se concluir que em geral, os bueiros

tendem a aumentar os valores de largura e área a jusante das estruturas, e que esses aumentos estão relacionados a constrição e aumento da velocidade do fluxo a jusante. Entretanto, nas pontes o cenário é diferente em relação a largura, em que a largura aumentou a montante quando comparada a jusante, uma alteração que se mostra diferente quando comparada com outros estudos em outras localidades. Portanto, os resultados mostram que demais variáveis externas as analisadas, como características geológicas e o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, exercem influência nas respostas fluviais, causando respostas diferentes na largura e área do canal. Ressaltamos ainda a necessidade de abordagens metodológicas específicas para cada contexto geográfico, para a discussão sobre os impactos de obras de engenharia na dinâmica fluvial e a importância do planejamento e monitoramento dos trechos fluviais sobre influência dessas estruturas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) que financiou este projeto na forma de bolsa de mestrado (processo número 130859/2023-0) e ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), pela disponibilidade de materiais para os trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

BISWAS, M.; BANERJEE, P. (2018). *Bridge construction and river channel morphology—a comprehensive study of flow behavior and sediment size alteration of the River Chel, India*. Arabian Journal of Geosciences, 1-23 (11), pp. 1-23

BISWAS, S. S.; PANI, P. (2021) *Changes in the hydrological regime and channel morphology as the effects of dams and bridges in the Barakar River, India*. Environmental Earth Sciences 1-20 (80-5), pp. 1-20

BORTOLUZZI, L. N.; FERNANDEZ, O. V. Q. (2017). *Estabilidade De Canais Fluviais Em Torno De Pontes E Bueiros Na Bacia Hidrográfica Do Paraná Iii, Oeste Do Paraná*. Raega-O Espaço Geográfico em Análise 219-235 (39), pp. 219-235

CORDOVIL, F. C. D. S.; ANDRADE, C. R. M. D. (2010). *A aventura planejada: engenharia e urbanismo na construção de Maringá, PR (1947 a 1982)*. Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo – SP. (Doutorado). 640 p

DHALI, M. K. ; AYAZ, S.; SAHANA, M; GUHA, S. (2020). *Response of sediment flux, bridge scouring on river bed morphology and geomorphic resilience in middle-lower part of river Chel, Eastern Himalayan foothills zone, India*. Ecological Engineering 1-11 (142), pp. 1-11

FERNANDEZ, O. V. Q. (2003). *Determinação do nível e da descarga de margem plena em cursos fluviais*. Boletim de Geografia 97-110 (21-1), pp. 97-110

GHOSH, B. (2024). *Assessing the effects of human interventions on the morphodynamics and health of a lowland tropical river: A case study of the river Dwarkeswar, India*. Geosystems and Geoenvironment 1-15 (3-1), pp. 1-15

GREGORY, K. J.; BROOKES, A. (1983). *Hydrogeomorphology downstream from bridges*. Applied Geography 145-159 (3-2), pp. 145-159

HINTZ, C. L.; BOOTH, M.; NEWCOMER-JOHNSON, T. A.; FRITZ, K. M., BUFFAM, I. (2022). *Urban buried streams: Abrupt transitions in habitat and biodiversity*. Science of The Total Environment 1-13 (819), pp. 1-13

IAT. (2008). *Dados e Informações Geoespaciais Temáticos: Geomorfologia*. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-e-Informacoes-Geoespaciais-Tematicos>

IBGE. (2022) *Malha Municipal: Downloads*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>

JONES, J. A.; SWANSON, F. J.; WEMPLE, B. C. (2000). *Effects of roads on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks*. *Conservation Biology* 76-85 (14-1), pp. 76-85

KAUSER, M.; ALAM, H.; ISLAM, M. (2015). “*Bank shifting and land use change of Jamuna River due to construction of multipurpose Bangabandhu Bridge: a remote sensing and GIS approach*” in International Conference on Recent Innovation in Civil Engineering for Sustainable Development, DUET-Gazipur, Bangladesh, 2015, pp.882-887

MATOS, B. C. da S. de; MORAIS, E. S. de. (2025). *How have bridges and culverts changed rivers? A scientometric investigation*. *Revista Brasileira De Geomorfologia* 1-12 (26-2), pp. 6-8

MCDOWELL, C.; HASSAN, M. A. (2024) *Response of a small, forested stream to a large input of sediment*. *Geomorphology* 1-14 (447), pp.1-14

MERRIL, M. A.; GREGORY, J. (2007). “*The effects of culverts and bridges on stream geomorphology*”, In: J.F. Levine, et al. eds. *A comparison of the impacts of culverts versus bridges on stream habitat and aquatic fauna*. Technical Report (FHWA/NC/2006-15), North Carolina State University, Department of Forestry and Environmental Resources, Raleigh, 420 p

MONTANHER, O. C.; MINAKI, C. (2020) *Precipitação em Maringá-PR: estatísticas descritivas, tendência de longo prazo e probabilidade de eventos extremos diários*. *Revista do Departamento de Geografia* 138-153 (39), pp. 138-153

MORAIS, E.; MONTANHER, O. (2022). “*Ajustamento fluvial à agropecuária, urbanização e reservatório e análise cíntométrica do impacto dessas atividades nos rios brasileiros*”. In: *Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira*. Org. JÚNIOR CARVALHO, O. A.; GOMES, M. C. V.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T., ed. Selo Calandra, Brasília, pp. 143-175

ROY, S.; SAHU, A. S. Road-stream crossing an in-stream intervention to alter channel morphology of headwater streams: case study. *International Journal of River Basin Management*, v. 16, n. 1, p. 1-19, 2018/01/02 2018. ISSN 1571-5124. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15715124.2017.1365721>>.

SALA, M. G. (2005). *Indicadores de Fragilidade Ambiental na Bacia do Ribeirão Maringá-Pr*. Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. (Mestrado), 167p

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S. (2006). *Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná*. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 1-12 (7-2), pp. 1-12

UDDIN, M. J.; HAQUE, M. N.; FAYSHAL, M. A.; DAKUA, D. (2022). *Assessing the bridge construction effect on river shifting characteristics through geo-spatial lens: A case study on Dharla River, Bangladesh*. *Heliyon* 1-9 (8-8), pp. 1-9

WLODARCZYK, K.; HASSAN, M. A.; CHURCH, M. (2023). *Annual and decadal net morphological displacement of a small gravel-bed channel*. *Earth Surface Processes and Landforms* 1630-1645 (48-8), pp. 1630-1645