

A HIDRODINÂMICA DAS CONFLUÊNCIAS FLUVIAIS: EMBASAMENTO PARA ESTUDOS NA CONFLUÊNCIA DO CANAL SÃO GONÇALO E ARROIO PELOTAS

LARISSA CORRÊA SANTOS¹; GUILHERME KRUGER BARTELS²; LUKAS DOS SANTOS BOEIRA³; REGINALDO GALSKI BONCZYNSKI⁴; GEORGE MARINO SOARES GONÇALVES⁵; GILBERTO LOGUERCIO COLLARES⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – larissacsantos01@gmail.com

²Agência para o Desenvolvimento da Lagoa Mirim – guilhermehartels@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – lukasdossantosboeira@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – rbonczynski@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas - george.marino.goncalves@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – gilbertocollares@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Zona de confluência, refere-se a área de encontro entre rios presentes em bacias hidrográficas, sendo caracterizados como *nós* críticos da rede de drenagem, que influenciam nas mudanças da hidrodinâmica dos fluxos fluviais (YUAN *et al.*, 2021). São considerados ambientes vulneráveis, com importância para o controle e alterações de fluxo, além dos processos de sedimentação (VESTANA e KOMINECKI, 2021).

De acordo com LUZ *et al.* (2020), as principais características que influenciam o comportamento dos fluxos e são comumente estudadas nas zonas de confluências, englobam a forma do tipo de confluência, o ângulo de junção, a razão de fluxo de momento e a morfologia do leito.

A confluências podem ser classificadas em: (I) assimétricas, formadas quando um rio de maior dimensão que flui em linha reta tem um tributário de menor dimensão, que conecta-se ao seu escoamento (RILEY E RHOADS, 2012; RILEY *et al.*, 2014); (II) simétricas, que ocorrem quando dois cursos d'água juntam-se e formam outro de maior dimensão (RHOADS e JOHNSON, 2018); (III) curvas de meandros, são integradas por um canal tributário reto que entra em um rio sinuoso no ápice de sua curvatura (RILEY *et al.*, 2014).

Neste contexto, margeando o município de Pelotas - RS, tem-se o Canal São Gonçalo, de múltiplos usos, com importante papel econômico, social e ambiental para a região, sendo o Arroio Pelotas um de seus afluentes (ALVES *et al.*, 2018), que ao convergir para o canal, forma uma zona de confluência assimétrica. Ainda que relevante, a análise e conhecimento da hidrodinâmica dos fluxos em zonas de confluências, estudos com este foco são incipientes. Portanto, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise exploratória sobre pesquisas desenvolvidas que descrevem o comportamento hidrodinâmico em zonas de confluência, subsídio para os trabalhos que estão em desenvolvimento na confluência entre o Canal São Gonçalo e o Arroio Pelotas.

2. METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho, é baseada em um levantamento exploratório, ou seja, a identificação de trabalhos científicos e técnicos na temática da hidrodinâmica em zonas de confluência, tendo como método principal a revisão bibliográfica de artigos de revistas científicas. Posteriormente, foi construído um banco

de dados, para compreender a condução e estratégias adotadas em estudos com esta temática, contendo as seguintes informações: local do estudo (país, região); rios; tipo de confluência (meandros, assimétrica, simétrica); medições (condições hidrológicas de alta e baixa pluviosidade); número de seções e transectos de medição. As informações obtidas e respectivos autores observados neste estudo estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 – Estudos sobre hidrodinâmica em zonas de confluências.

País	Estado	Rios	Confluência	Número			Referência
				Medições	Seções	Transectos	
EUA	Illinois	Wabash e Muddy	Meandro	Jan., Mai., Jun. (2) 2008	13	5	Riley e Rhoads (2012)
EUA	Illinois	Wabash e Ohio	Meandro	Mai. 2008 e Jan. 2009	17	2 a 4	Riley <i>et al.</i> (2014)
		Wabash e Vermilion	Meandro	Jan.2007 e Fev. 2008	14	5	
EUA	Indiana	Wabash e Embarras	Assimétrico	Abr. e Mai. 2006 e Jan., Abr. e Mai. de 2008	16	2 a 6	Rhoads e Johnson (2018)
BR	Amazonas	Negro e Solimões	Assimétrico	Out. 2014	28	50*	Gualtieri <i>et al.</i> (2019)
				Abr./Mai. 2015	22	48*	
BR	Pantanal	Paraguai e Cuiabá	Meandro	Nov. 2015, Abr. 2016 e Nov. 2016	8	NE	Luz <i>et al.</i> (2020)
CN	Jiangxi	Yangtze e Lago Poyang	NE	Ago. 2018	17	2	Yuan <i>et al.</i> (2021)
				Dez. 2018	19	4	

EUA – Estados Unidos da América; BR – Brasil; CN – China; NE – não especificado; * – referente ao número de transectos totais da medição e não o número de transectos feitos por seção de monitoramento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, observa-se que os estudos predominam nos Estados Unidos da América, em Illinois e Indiana. No Brasil os trabalhos existentes concentram-se nos estados do Amazonas e no Pantanal, avançando lentamente. Observa-se estudos desenvolvidos na China, no estado de Jiangxi. Percebe-se que as pesquisas abordam áreas com características distintas, que possuem confluências assimétricas e meandros, não possuem uma padronização de medições, números de seções ou de transectos de medição por seção, sendo estas informações definidas possivelmente de modo específico para cada ambiente, conforme suas características e condições.

LUZ *et al.* (2020) apontam que estudos deste tema, embasam o melhor entendimento das variações de comportamento do escoamento e ocorrência de fenômenos em cursos d'água. Os autores destacam que, através da análise do fluxo, em condições hidrológicas distintas, é possível observar se há ocorrência de troca de dominância e penetração de fluxo entre os rios, transporte e deposição de sedimento, e os diferentes padrões de mistura dos fluxos nas confluências, também apontado por RILEY *et al.* (2014).

Além destes, a compreensão da razão de fluxo de momento (Mr) é crucial para estudos de condições hidrodinâmicas em cursos d'água, pois permite a identificação da ocorrência de dominância do fluxo principal ($Mr < 1$) ou do fluxo tributário ($Mr > 1$) (DE SERRES *et al.*, 1999). RHOADS e JOHNSON (2018) evidenciaram um aumento nos processos de erosão e fenômenos mais erosivos intensos, à medida que o Mr do tributário aumenta em relação ao do rio principal. Com o aumento do ângulo de junção, em confluência assimétrica, a penetração do fluxo do tributário lateral no rio principal aumenta, a zona de separação aumenta, a zona de estagnação do fluxo se desloca para o rio principal e a camada de cisalhamento se afasta do tributário lateral. Em confluência simétrica, resulta no alargamento da zona de estagnação do fluxo e aumento da separação do fluxo a jusante da confluência, enquanto as diferenças entre os Mr levam a uma maior deflexão do fluxo pelo tributário dominante (RILEY e RHOADS, 2012).

Em estudo de análise das causas e efeitos na mistura da confluência (GUALTIERI *et al.*, 2019), foi identificada correlação entre as interfaces de mistura de fluxo com as descargas líquidas; verificou-se que as contribuições na zona de confluência e as interações entre os fluxos, são modificadas devido ao comportamento hidrodinâmico e, os efeitos das diferenças de velocidade a montante e a jusante da zona de junção.

De acordo com YUAN *et al.* (2021), a ocorrência de processos erosivos, alterações de profundidades devido a efeitos de remanso, as variações no transporte de sedimento e velocidades de fluxo em diferentes condições hidrológicas, além da identificação de ocorrência de fenômenos resultantes dos processos de penetração dos fluxos, velocidade e curvatura na zona de confluência, são características relevantes para diferentes fins, identificadas através da análise da hidrodinâmica, transporte de sedimento e morfologia do leito.

Deste modo, a partir do conhecimento aprofundado em zonas de confluência, é possível mitigar as ocorrências de processos extremos, como as inundações (DE OLIVEIRA *et al.*, 2022), por exemplo, e com isto, aprimorar as técnicas de gerenciamento dos recursos hídricos.

A partir dos trabalhos levantados nesta revisão literária, observa-se que as zonas de confluências têm sido gradativamente investigadas para descrever processos hidrodinâmicos, porém ainda em evolução. Identificou-se que esses estudos, por mais que abordam uma mesma temática, não são desenvolvidos com padrão de condução ou com periodicidade, possivelmente devido complexidade do tema, assim como as características específicas de cada ambiente, sendo preferencialmente aplicado em períodos com condições hidrológicas distintas, e que visam comumente a compreensão da estrutura e dinâmica de fluxo e a morfologia do leito.

Com isso, tais apontamentos evidenciam a importância da compreensão das ações e interações entre os cursos d'água e, como essas junções distribuídas no ambiente físico influenciam nas alterações de fluxo e nas condições locais.

4. CONCLUSÃO

Pode-se observar relevância de estudos sobre a hidrodinâmica em zonas de confluência para a melhor compreensão das forças e influências destes encontros nos fluxos fluviais. Além disso, o mesmo reforça a necessidade de que estudos com esta temática sejam intensificados, através do monitoramento contínuo e permanente dos ecossistemas naturais para um melhor gerenciamento dos recursos hídricos e seus múltiplos usos.

Nesta análise exploratória foi identificado que estudos com esta temática são incipientes na região do estado do Rio Grande do Sul, motivador para aplicação em zonas de confluência na região da bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo, como a confluência do Canal São Gonçalo com o Arroio Pelotas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M.M; MEDINA, A. L.; PINTO, A. M. T.; ANTUNES, A. C. N.; SANCHES FILHO, P. J.; RIBEIRO, A. S.; VIEIRA, M. A. Evaluation of the Concentration of Cu, Zn, Pb and Cr in Different Fish Species from the São Gonçalo Channel in Pelotas-RS, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 29, n. 2, p. 285-296, 2018.

DE OLIVEIRA, J. D.; DE SOUZA, C. A.; GALBIATI, C.; DE SOUZA, J.B. Componentes ambientais e hidrodinâmica na bacia hidrográfica do Rio Branco, contribuinte do Pantanal Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.15, n.01, p. 465-486, 2022.

DE SERRES, B.; ROY, A.G.; BIRON, P.M.; BEST, J.L. Three-dimensional structure of flow at a confluence of river channels with discordant beds. **Geomorphology**, n. 26, p. 313-335, 1999.

GUALTIERI, C.; IANNIRUBERTO, M.; FILIZOLA, N. On the mixing of rivers with a difference in density: The case of the negro/Solimões confluence, Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 578, p. 124029, 2019.

LUZ, L. D.; SZUPIANY, R. N.; PAROLIN, M.; SILVA, A.; STEVAUX, J. C. Obtuse-angle vs. confluent sharp meander bends: insights from the Paraguay-Cuiabá confluence in the tropical Pantanal wetlands, Brazil. **Geomorphology**, v. 348, p. 1-14, 2020.

RILEY, J.D.; RHOADS, B.L. Flow structure and channel morphology at a natural confluent meander bend. **Geomorphology**, v. 163, p. 84–98, 2012.

RILEY, J.D.; RHOADS, B.L.; PARSONS, D.R.; JOHNSON, K.K. Influence of junction angle on three-dimensional flow structure and bed morphology at confluent meander bends during different hydrological conditions. **Earth Surface Processes And Landforms**, v. 40, n.2, p. 252-271, 2014.

RHOADS, B.L; JOHNSON, K.K. Three-dimensional flow structure, morphodynamics, suspended sediment, and thermal mixing at an asymmetrical river confluence of a straight tributary and curving main channel. **Geomorphology**, v.323, p.59, 2018.

VESTANA, L. R.; KOMINECKI, A. Hidrogeomorfologia em confluência fluvial obtusa, Guarapuava, Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.04, p 2131-2148, 2021.

YUAN, S.; TANG, H.; LI, K.; XU, L.; XIAO, Y.; GUALTIERI, C.; RENNIE, C.; MELVILLE, B. et al. Hydrodynamics, sediment transport and morphological features at the confluence between the Yangtze River and the Poyang Lake. **Water Resources Research**, v. 57, p. 24, 2021.