

15º SIMPÓSIO NACIONAL DE

GEOMORFOLOGIA

EVOLUÇÃO MORFOMÉTRICA RECENTE EM COMPARTIMENTOS ALUVIAIS NA ÁREA DO RIO PEIXE, OESTE PAULISTA

Luan Mateus de Assis Silva ¹
Paulo Cesar Rocha ²

RESUMO

O presente estudo avaliou a evolução morfométrica dos compartimentos aluviais do rio do Peixe, afluente da margem esquerda do rio Paraná e integrante da bacia hidrográfica do Paraná, situado na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 21 – Pontal do Paranapanema, no oeste paulista, entre os municípios de Presidente Venceslau e Presidente Epitácio. A análise considerou o período entre 2009 e 2023, por meio da interpretação de imagens de satélite e do uso de técnicas de geoprocessamento aplicadas a três trechos distintos do baixo curso do rio, selecionados em função da influência direta da barragem de Porto Primavera e da sensibilidade morfodinâmica observada na planície aluvial. A pesquisa teve como objetivo compreender as variações no comprimento de onda e na amplitude dos meandros, evidenciando como alterações hidrológicas, mudanças no uso da terra e intervenções antrópicas influenciam a dinâmica fluvial. A metodologia empregada envolveu a vetorização dos canais fluviais utilizando sistemas de informações geográficas, o que possibilitou a mensuração precisa dos parâmetros morfométricos e a identificação dos padrões de ajuste do canal, os quais se manifestam de jusante para montante. O referencial teórico fundamentou-se em estudos clássicos de geomorfologia fluvial, que associam a energia do fluxo aos processos erosivos e deposicionais responsáveis pela modelagem dos meandros, além de correlacionar os dados de vazão e precipitação com as transformações observadas na paisagem aluvial. Os resultados indicaram que períodos de vazões e precipitações elevadas promovem a expansão dos meandros, enquanto a redução desses fluxos, especialmente após a implementação da usina, contribui para a estabilização e contração do canal. Dessa forma, o estudo ressalta a importância de considerar tanto os fatores naturais quanto às intervenções humanas na compreensão e na gestão sustentável dos ambientes fluviais, além de contribuir com o entendimento da conectividade hidrológica e dos processos morfodinâmicos no rio do Peixe, oferecendo subsídios para ações de conservação e planejamento territorial em regiões sujeitas a intensas mudanças ambientais.

Palavras-chave: Meandros fluviais, Morfometria, Dinâmica fluvial, Rio do Peixe.

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, FCT/UNESP – Campus de Presidente Prudente - SP, luan.a.silva@unesp.br;

² Professor Orientador: Livre Docente, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, FCT/UNESP – Campus de Presidente Prudente - SP, paulo-cesar.rocha@unesp.br.

INTRODUÇÃO

A dispersão da sociedade pela terra esteve sempre associada à disponibilidade de água, recurso essencial para sistemas agrícolas e para a manutenção da vida (DREW, 1984). O estudo da conectividade hidrológica em ambientes aluviais permite identificar como os habitats do sistema rio-planície de inundação se conectam e desconectam sazonalmente em função das variações de fluxo.

A conservação dos ambientes fluviais exige a compreensão de seus comportamentos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos. Estudos sobre mudanças morfológicas em sistemas fluviais têm demonstrado que rios meandantes no Oeste Paulista apresentam comportamento cíclico, podendo sofrer alterações conforme variações hidrológicas e transformações no uso da terra (MORAES *et al.*, 2016).

Rios que fluem por planícies em bacias sedimentares não confinadas são altamente dinâmicos, capazes de construir formas variadas com as mudanças do canal ao longo do tempo (DE BOER, 1991). Assim, o estudo das formas fluviais revela processos pretéritos (LANE & RICHARDS, 1997; MACMILLAN & SHARY, 2009) e tem importância no planejamento territorial, contenção de riscos ambientais e compreensão da ecologia em áreas de sedimentação recente, com destaque para a evolução da vegetação e da conectividade aquática (GILVEAR, 1999; NEWSON & NEWSON, 2000; HAMILTON *et al.*, 2007).

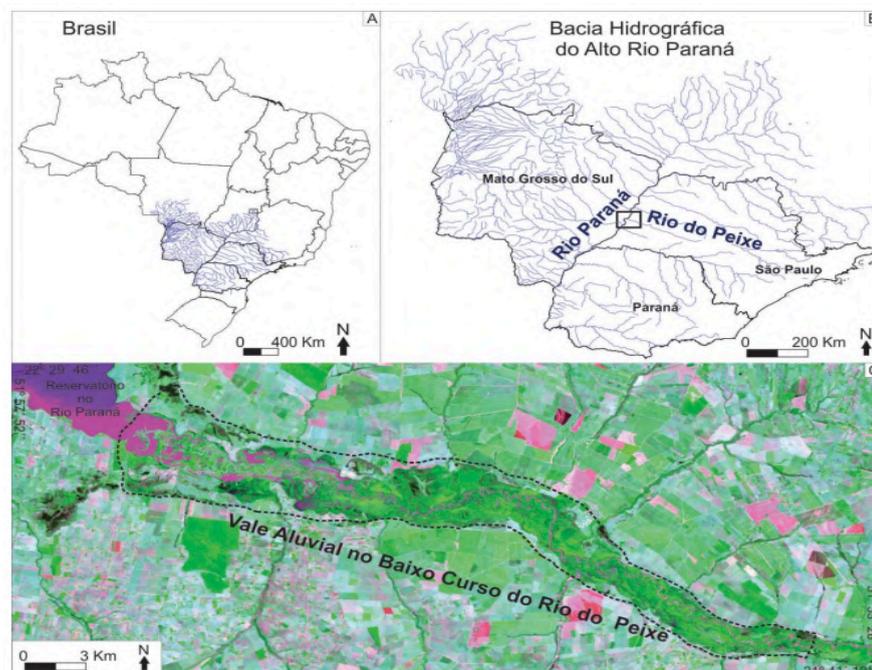
À medida que o fluxo de água e o suprimento de sedimentos variam, os canais aluviais ajustam-se continuamente por meio de processos erosivos e deposicionais (STEVAUX & LATRUBESSE, 2017). Parâmetros como comprimento de onda e amplitude dos meandros são indicadores dessa dinâmica (CHRISTOFOLETTI, 1981), podendo evidenciar influências naturais e antrópicas sobre o sistema fluvial.

O comprimento de onda (λ) de um meandro, segundo Stevaux & Latrubesse (2017), corresponde à distância em linha reta entre duas curvas consecutivas, sendo recomendado o cálculo de um λ médio. Já o raio de curvatura (r_c) é o raio do círculo que melhor se ajusta à curva do meandro, e sua relação com a largura do canal (w) pode variar de $r_c = 2w$ a $r_c = 3w$, assumindo proporção com a descarga (CHORLEY, SCHUMM & SUGDEN, 1984; HICKIN & NANSON, 1975, 1984; WILLIAMS, 1986; SCHUMM, 1967, em STEVAUX & LATRUBESSE, 2017).

Área de estudo

A bacia do Rio do Peixe, no oeste paulista, possui 10.769 km² e integra a margem esquerda da bacia hidrográfica do Alto Rio Paraná, um dos principais sistemas de drenagem da América do Sul. Seu canal principal estende-se por cerca de 380 km, desde a Serra dos Agudos, em Marília (~670 m), até a foz no Rio Paraná (~265 m) (MORAIS, 2015). A área de estudo está inserida no baixo curso, marcada por intensa dinâmica fluvial e diversidade de formas aluviais (MORAIS & ROCHA, 2012), conforme a Figura 1.

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: Moraes & Rocha (2015).

No alto curso do rio do Peixe, os terraços resultam de processos neotectônicos (ETCHEBEHERE *et al.*, 2006), enquanto no baixo curso predominam feições de deposição e migração lateral do canal (NANSON & CROKE, 1992). A área está inserida no Planalto Ocidental Paulista, sobre sedimentos cretáceos do Grupo Bauru (ROSS, 2011).

O uso do solo inclui lavouras, pastagens e remanescentes de Mata Atlântica. Os solos são férteis e o clima subtropical úmido apresenta temperaturas médias de 18°C a 22°C e chuvas anuais entre 1.200 e 1.500 mm (SÃO PAULO, 2010).

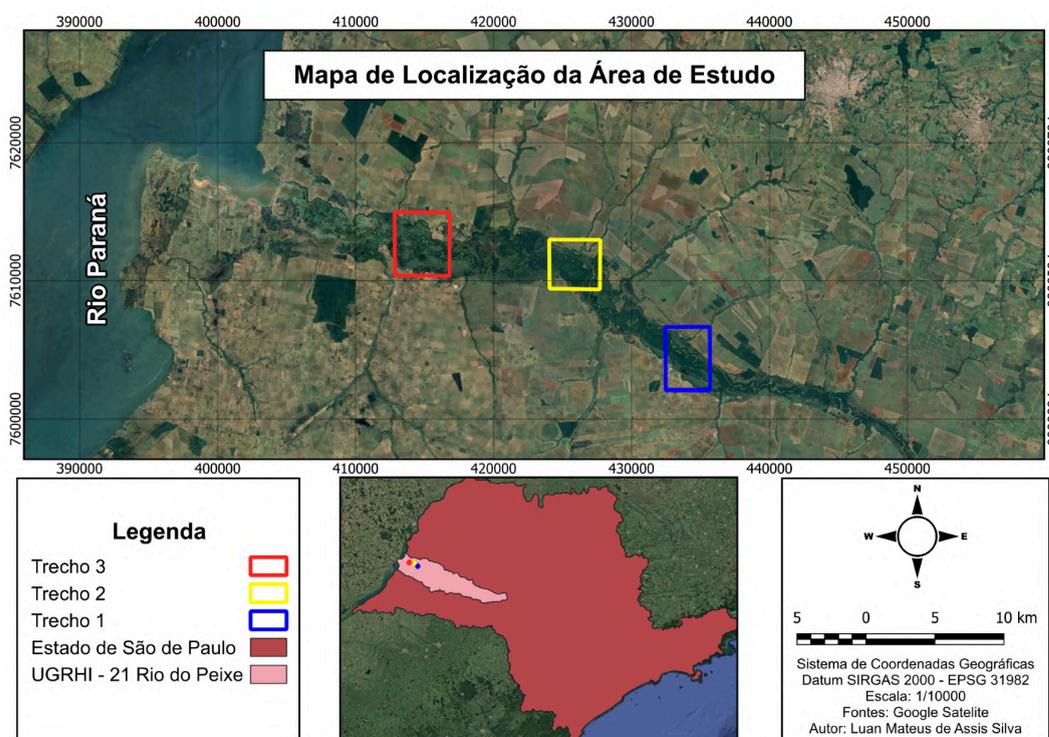
A construção da Usina Hidrelétrica (UHE) Porto Primavera (1980–1998) afetou a

dinâmica sedimentar e ambiental da bacia, exigindo monitoramento e conservação (FRANCO, 2024).

METODOLOGIA

Para este estudo, foram analisados três trechos (figura 2) selecionados ao longo do vale aluvial do rio do Peixe conforme definido por Morais (2015). Foram utilizadas imagens de satélite para analisar as mudanças do canal ao longo dos períodos de 2013, 2018 e 2023, dando continuidade às pesquisas realizadas por Morais (2015) nos anos de 1962-2008.

Figura 2 - Localização dos três trechos estudados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A caracterização dos trechos que foram selecionados para análise das mudanças do canal durante 46 anos (1962-2023) estão localizados no vale aluvial do baixo curso do rio do Peixe. Esses trechos possuem 8km de extensão e distam-se entre si 4km, com largura do canal variando entre 30 e 80 metros. Durante o levantamento de informações não foram constatados nos trechos, ou entre eles, corredeiras ou soleiras que indicassem o controle local no nível de base.

As imagens de satélites foram extraídas pela plataforma Sentinel Hub e pelo programa Landsat 7 e 8 da NASA dos anos de 2013, 2018 e 2023, conforme indicado pela Tabela 1.

Tabela 1 - Imagens utilizadas no estudo

Ano	Data da imagem
2013	12 de agosto de 2013
2018	26 de agosto de 2018
2023	11 de outubro de 2023

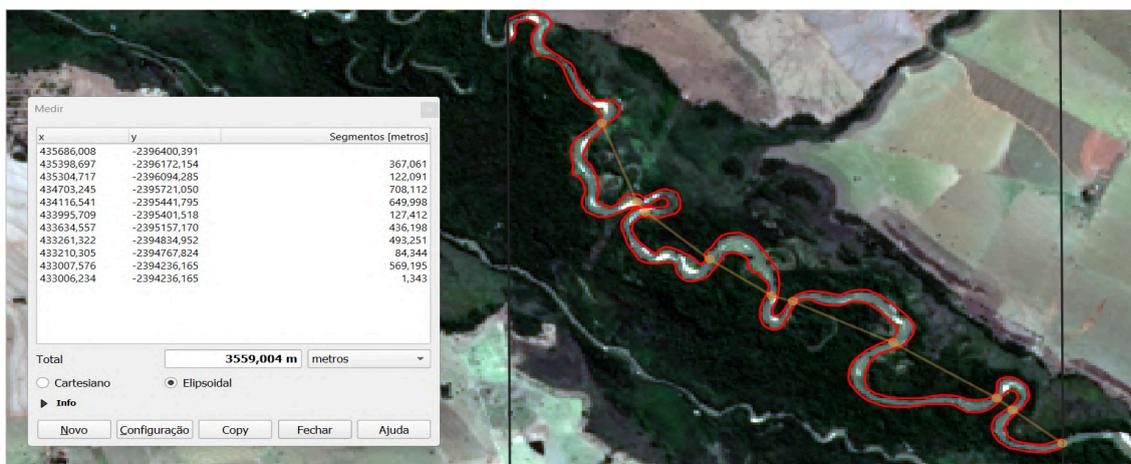
Fonte: Earth Explorer, USGS.

As imagens foram processadas com técnicas de geoprocessamento e tratamento digital, usando um sistema de informações geográficas (SIG). Para Florenzano (2002), o geoprocessamento é voltado à análise espacial, enquanto o sensoriamento remoto capta a energia refletida ou emitida pela superfície terrestre, gerando visualizações em diferentes escalas. O uso conjunto dessas ferramentas é essencial em estudos ambientais (MOREIRA, 2014).

As imagens foram aprimoradas com composição RGB (bandas 3, 4 e 5 do Landsat) e aumento da resolução de 15 para 2 metros via banda pancromática e a vetorização dos trechos do canal foi feita no QGis, com shapefiles gerados a partir das imagens de cada ano (figura 3).

Para analisar a variação do comprimento de onda, foi utilizada régua de medição e coordenadas, representando a distância entre inflexões de meandros consecutivos. Já a amplitude foi obtida pela distância perpendicular entre cristas de dois meandros. As figuras ilustram os procedimentos, e a tabela apresenta as coordenadas e linhas de medição.

Figuras 3 – Vetorização e cálculo do comprimento de onda: Trecho 3 (2013)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Foram utilizados para a análise dos fatores internos e externos dados hidrológicos fluviais, como as vazões médias anuais. Em relação às variáveis externas ao canal, foram avaliadas dados de pluviometria (clima) e as mudanças nos usos da terra na bacia hidrográfica, para as correlações com os dados morfométricos.

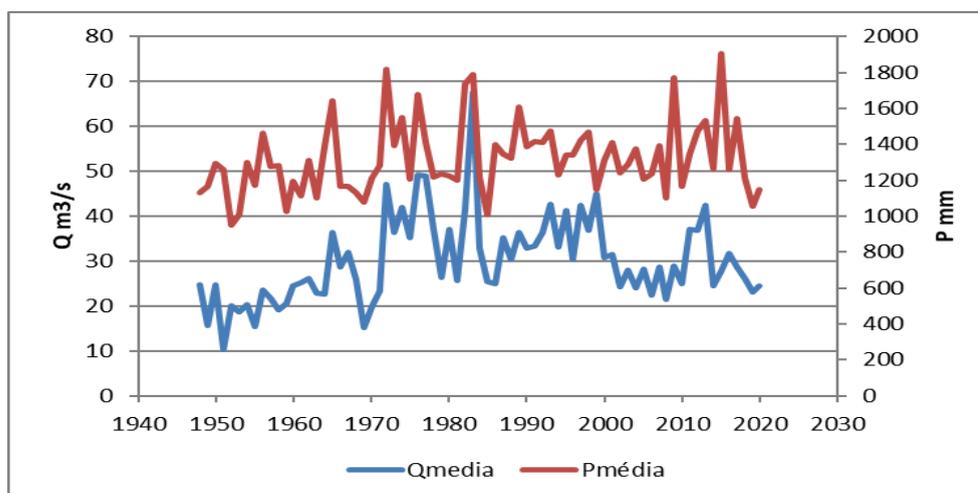
Os resultados obtidos foram comparados com os resultados apresentados por Moraes (2015), a fim de complementar os estudos acerca do padrão meandrante do Rio do Peixe e o entendimento da conectividade hidrológica em planícies de inundação.

Para complementar esta pesquisa, foram realizados trabalhos de campo no Rio do Peixe, a fim de coletar dados e informações diretamente no local. Essas atividades de campo permitiram aferir e validar os dados obtidos por meio das imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio dos dados adquiridos no QGis, foi possível gerar gráficos com os resultados para uma análise mais profunda, sendo possível observar o comportamento do canal meandrante nos três determinados trechos do rio. Para entendimento completo da dinâmica do canal, o estudo da pluviosidade e da vazão está expresso no gráfico 1.

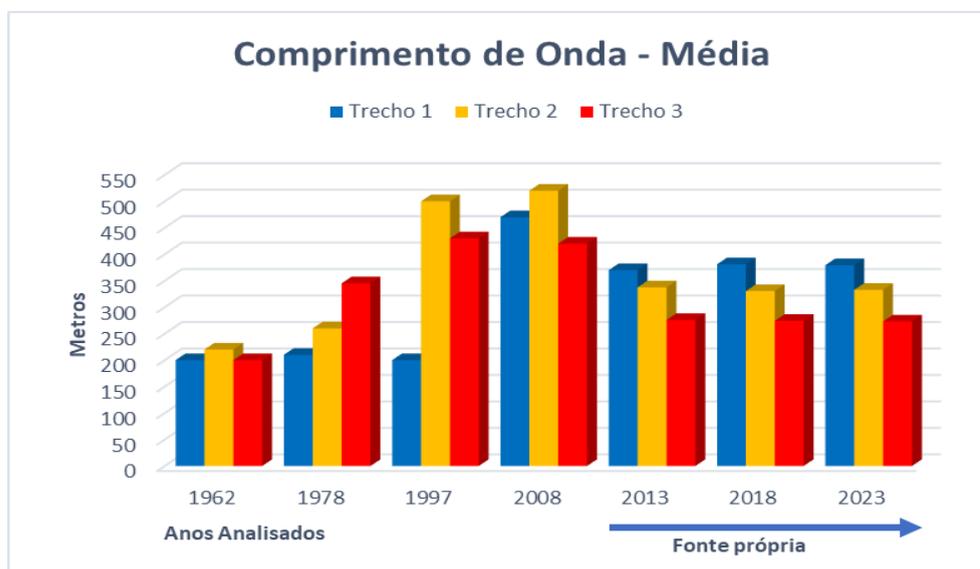
Gráfico 1 - Média da vazão gerados pela estação fluviométrica - Estrada de Quatá, Código 63710000 e de pluviosidade média da bacia hidrográfica



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Nas décadas de 1960 e 1970, o aumento gradual da vazão ($30 \text{ m}^3/\text{s}$) e da precipitação (1.300 a 1.500 mm) promoveu um leve crescimento no comprimento de onda dos meandros (gráfico 2). Nos anos 1990 e início dos 2000, picos de vazão ($>60 \text{ m}^3/\text{s}$) e chuvas elevadas ($>1.400 \text{ mm}$), somados à construção da usina hidrelétrica, intensificaram a expansão dos meandros. A partir de 2000, observa-se queda nas vazões médias ($30 \text{ m}^3/\text{s}$) e na precipitação ($\sim 1.200 \text{ mm}$). Entre 2013 e 2023, a redução no comprimento de onda ocorre com certo atraso em relação à vazão, refletindo menor energia fluvial e contração dos meandros, como apontado por Howard & Hemberger (1991).

Gráfico 2 - Média do comprimento de onda em seus respectivos trechos



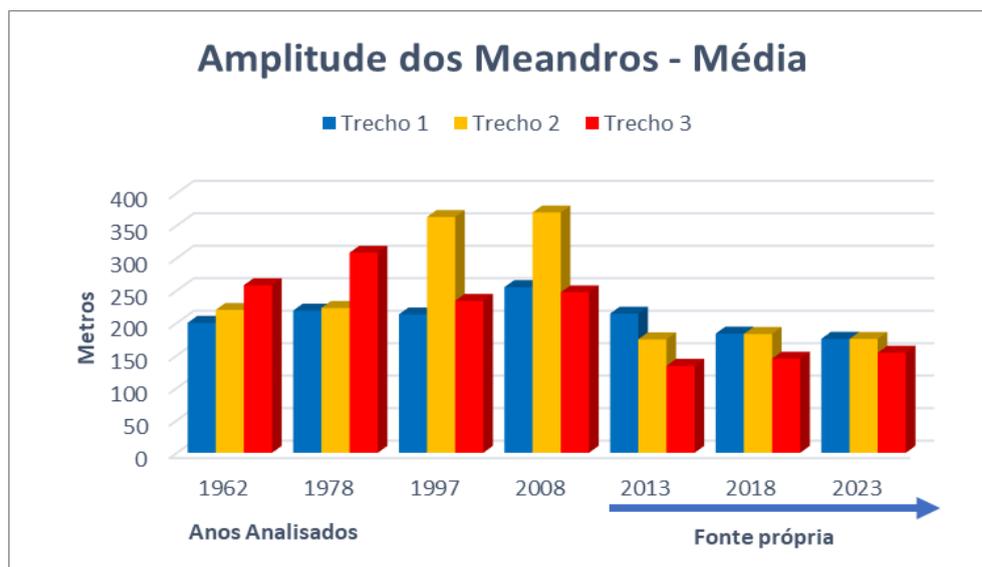
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A análise da amplitude dos meandros (gráfico 3), em relação ao comprimento de onda (gráfico 2), revela uma tendência de estabilização nas formas fluviais em comparação ao período de 1962–2008. Essa estabilização coincide com a redução nas vazões, ainda que com certo atraso, o que pode ser atribuído ao ajustamento progressivo do canal de jusante para montante, comum em planícies aluviais. Também se destaca a possível influência da UHE Porto Primavera desde 2001, cuja presença pode estar relacionada à diminuição nas áreas erodidas e deposicionais e à menor morfodinâmica observada nesse período.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

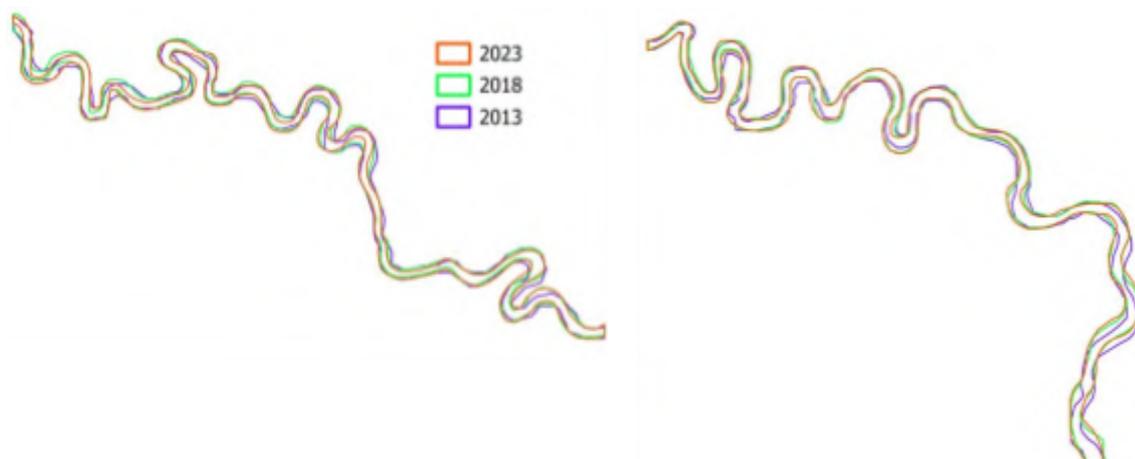
Gráfico 3 - Média da amplitude dos meandros em seus respectivos trechos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Como observado nos gráficos 2 e 3, a amplitude e o comprimento de onda dos meandros se mantiveram estáveis. Na figura a seguir, tem-se os a vetorização dos trechos 2 e 3, comparando a série histórica.

Figura 6 – Comparação da vetorização dos meandros nos trechos 2 e 1 nos anos 2013, 2018, 2023

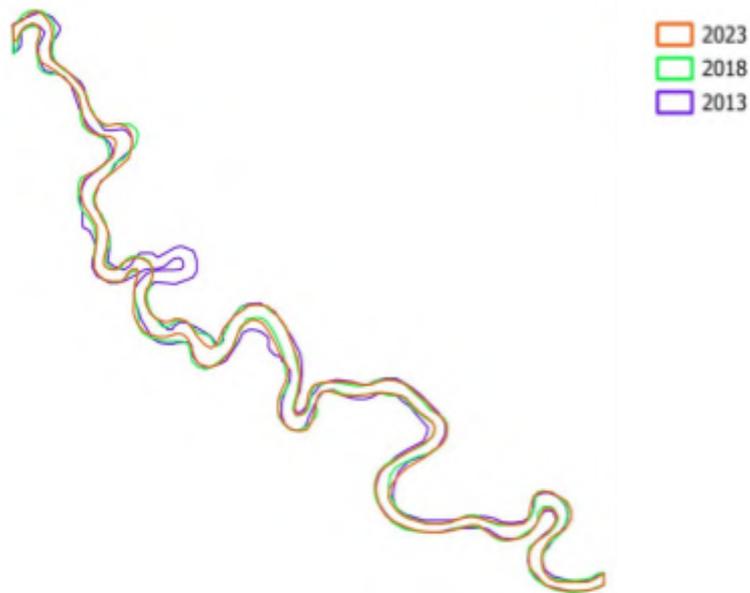


Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Nos trechos 2 e 3, não foram observadas mudanças significativas no padrão meandrante. No entanto, no trecho 3 (Figura 7), em 2018, identificou-se um corte de pedúnculo, possivelmente relacionado ao ajustamento do canal de jusante para montante e às baixas vazões anteriores a esse período.

Entre as unidades geomórficas da planície de inundação, destacam-se os lagos em ferradura, importantes para a conectividade, manutenção de áreas úmidas e transporte de sedimentos. Esses lagos resultam do corte de pedúnculo dos meandros, processo deposicional que pode se estender por anos ou séculos (GAGLIANO & HOWARD, 1984).

Figura 7 - Comparação da vetorização dos meandros no trecho 3 nos anos 2013, 2018, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças na morfometria dos meandros do Rio do Peixe, influenciadas pelas variações de vazão e precipitação, evidenciam a dinâmica dos canais aluviais. Conforme Howard & Hemberger (1991), a energia do fluxo é determinante para os processos erosivos que moldam os meandros. Os dados analisados mostram que maiores vazões resultam em meandros mais longos, enquanto menores fluxos reduzem o comprimento de onda.

Observou-se também que há um relativo atraso no ajuste fluvial em relação ao comportamento fluvial, assim como o ajuste do rio vem se dando de jusante para montante, como esperado e corroborado pela literatura clássica.

A análise contínua dessas variáveis é essencial para a gestão sustentável dos rios, especialmente diante das mudanças climáticas e ações humanas.



AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); Ao Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos da FCT Unesp (LabGeo); Ao Centro de Estudos em Educação, Trabalho, Ambiente e Saúde (CEETAS); A Coordenadoria de Permanência Estudantil (COPE) e a Pró Reitoria de Pesquisa (PROPe).

REFERÊNCIAS

- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
- ETCHEBEHERE, M. L. C.; ANGULO, R. J.; PONÇANO, W. L. Geomorfologia do Estado de São Paulo. In: ROSS, J. L. S. (Org.). Geografia do Brasil: Região Sudeste. São Paulo: EDUSP, 2006. p. 101-124.
- GOMES, M. A. F. Morfodinâmica e Sedimentologia de Ambientes Fluviais. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. Fluvial processes in geomorphology. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1964.
- MORAIS, M. J. C. de. Caracterização morfométrica e evolução da planície aluvial do Rio do Peixe/SP (2009-2019). Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.
- MORAIS, M. J. C. de; ROCHA, P. C. Análise integrada da planície aluvial e sua vegetação ciliar: uma proposta metodológica para o baixo curso do rio do Peixe (SP). Revista Geonorte, v. 12, n. 46, p. 179-205, 2021.
- NANSON, G. C.; CROKE, J. C. A genetic classification of floodplains. Geomorphology, v. 4, n. 6, p. 459-486, 1992.
- PONTES, J. P. N. dos S. Erosão e Transporte Fluvial de Sedimentos. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.
- ROCHA, P. C. Dinâmica fluvial e uso do solo na planície do baixo curso do rio Aguapeí (SP). Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2004. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.
- SCHUMM, S. A. The Fluvial System. New York: Wiley-Interscience, 1977.
- TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2002.