

## RECONHECIMENTO DO PROCESSO DE ENCOURAÇAMENTO FLUVIAL DO RIO MARRECAS, FRANCISCO BELTRÃO - PR)

Matheus Vinícius dos Santos<sup>1</sup>  
Rafaela Harumi Fujita<sup>2</sup>  
Gustavo Gallardo Aere<sup>3</sup>  
Lucas Antunes Vasques<sup>4</sup>  
Pedro Poli Yamashiro<sup>5</sup>  
Julio Cesar Paisani<sup>6</sup>

### RESUMO

O processo de encouraçamento fluvial é definido como a formação de pavimento detrítico no leito fluvial, mantendo os grãos imóveis ou temporariamente imóveis e impedindo a erosão vertical do canal. Na bacia hidrográfica do rio Marrecas, trechos de rupturas de declive parecem ser comandadas pelo controle geológico, mas também pelo entulhamento de materiais grosseiros na calha fluvial. Nesse sentido, o presente trabalho propõe a identificação e descrição dos níveis deposicionais com o intuito de reconhecer o(s) tipo(s) de leito fluvial e o processo de encouraçamento fluvial na bacia hidrográfica do rio Marrecas. Para isso foi determinado em dois trechos do canal principal: morfologia do leito fluvial, vazão e geometria do canal. Para a fácies de cascalho, foi definido diâmetro, morfologia, grau de arredondamento e composição dos clastos. A morfologia do leito do canal no rio Marrecas é predominantemente step-pool. Os trechos de corredeiras (steps) encontrados ao longo do leito são gerados a partir do afloramento da fácies de cascalhos. No trecho 1, os cascalhos são predominantemente sub-angulares, compostos por basalto, com menor registro de vazão no talvegue (0,33 m<sup>3</sup>/s), dimensão do canal de 26,50 m de largura e profundidade máxima de 0,30 m. No trecho 2 a composição dos cascalhos não altera, porém possuem morfologias sub-angulares a arredondadas. Neste trecho, a vazão no talvegue varia para 0,47 m<sup>3</sup>/s, gerando profundidade máxima de 0,94 m e largura de 31,30 m. Estas medidas, associadas com a mistura de clastos sub-angulares a arredondadas demonstram maior energia do rio Marrecas no trecho 2, resultando em maiores profundidades, a ponto de erodir parcialmente a fácies de cascalho encouraçada. Sendo assim, as características sedimentológicas do rio Marrecas parecem conduzir a condições paleohidrológicas distintas da atualidade, com maior vazão, capacidade e competência, seguidas de períodos estendidos de redução de vazão, entulhando a própria calha fluvial.

### INTRODUÇÃO

<sup>1</sup> Doutorando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - PR, [matheusvini.geo@gmail.com](mailto:matheusvini.geo@gmail.com);

<sup>2</sup> Professora orientadora: Doutora em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - PR, [rafaela.fujita@unioeste.br](mailto:rafaela.fujita@unioeste.br);

<sup>3</sup> Graduado do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - PR, [gustavogallardoaere@outlook.com](mailto:gustavogallardoaere@outlook.com);

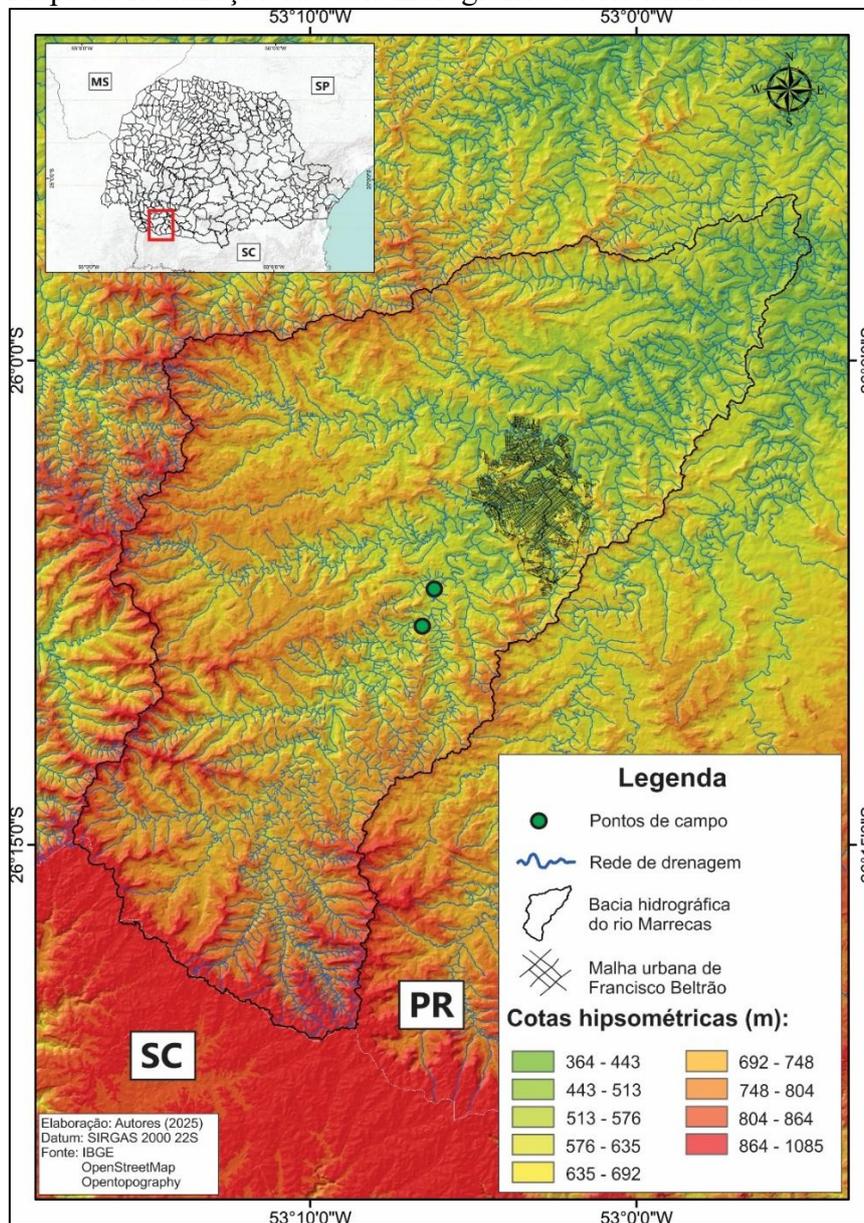
<sup>4</sup> Graduado do Curso de Geografia Bacharelado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - PR, [djantunes21@gmail.com](mailto:djantunes21@gmail.com);

<sup>5</sup> Graduado do Curso de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais- MG, [autorprincipal@email.com](mailto:autorprincipal@email.com).

<sup>6</sup> Professor orientador: Doutor em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - PR, [juliopaisani@Gmail.com](mailto:juliopaisani@Gmail.com);

A bacia hidrográfica do rio Marrecas é sub-afluente do rio Iguaçu, localizada em sua maior parte no município de Francisco Beltrão, no sudoeste do Estado do Paraná (Figura 01). No contexto regional, a área de estudo está inserida no Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (Almeida, 1956), o qual é mantido por derrames vulcânicos basálticos dissecados pelas principais drenagens regionais (rio Uruguai e Iguaçu). O grau de dissecação é variável em diferentes setores da paisagem, sendo comum a ocorrência de knickpoints e knickzones, vales abertos e fechados e assimetria de drenagem ao longo dos cursos fluviais perante condições litoestruturais e tectônicas (Silva et al., 2021).

**Figura 1:** Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Marrecas.





Uma vez que as drenagens em escala regional sejam comandadas por dinâmicas macroestruturais, rupturas de declive nas drenagens são esperadas. No entanto, por meio de observações de campo, foi verificado na bacia hidrográfica do rio Marrecas possui pontos que o controle de drenagem (knickpoints e corredeiras) é comandado por depósitos imóveis na própria calha fluvial, composta por cascalho, e não ao substrato geológico estrutural. Tal fato, portanto, poderia ser referente ao processo de encouraçamento fluvial.

O processo de encouraçamento fluvial pode ser definido como a formação de pavimento detrítico no leito fluvial, mantendo os grãos imóveis ou temporariamente imóveis (Bridge, 2003; Charlton, 2008, Magalhães Júnior e Barros, 2020). Tal pavimento detrítico teria sua gênese em condições de maior energia no sistema que forneceriam materiais grosseiros para o sistema fluvial. Uma vez que as condições de capacidade e competência do canal fluvial são reduzidas, ou que retornam ao equilíbrio energético, os sedimentos mais grosseiros passam a depositar e recobrir parcialmente ou totalmente o leito fluvial do canal. Este acúmulo impede a ocorrência dos processos de erosão fluvial por abrasão na carga de fundo e conseqüentemente sua incisão vertical, permitindo apenas o transporte de sedimentos finos.

No Brasil poucos estudos reconhecem o encouraçamento fluvial, estando em grande parte localizado no Quadrilátero Ferrífero - MG, que se destaca por um ambiente com alta concentração de ferro dissolvido depositado nos fundos de vale. No Quadrilátero Ferrífero a oscilação do nível freático local favorece a precipitação de óxidos e hidróxidos de ferro gerando couraças ferruginosas que cimentam as frações mais grosseiras resultando no encouraçamento fluvial (Magalhães Júnior, Santos e Cherem, 2008; Cota, et al., 2018; Cota, et al., 2022). Demais estudos no Brasil reconhecem o encouraçamento fluvial por imobilidade de grãos no leito fluvial, porém se limitam ao rio Paraná (Stevaux et al., 2009a) e Paranapanema (Stevaux, et al., 2009b). Sendo assim, pouco se reconhece nos sistemas fluviais brasileiros o processo de encouraçamento resultante de sedimentos inertes nos leitos fluviais.

Nesse sentido, por meio da observação do possível encouraçamento fluvial do rio Marrecas, é plausível que tal ocorrência não seja limitada às formações ferríferas ou aos grandes canais fluviais, mas que pode se repetir em outras regiões e sistemas fluviais do território brasileiro. Portanto, o presente estudo tem como objetivo descrever e compreender o processo de encouraçamento fluvial no rio Marrecas.



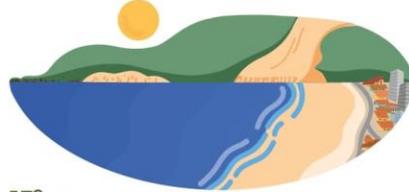
## **METODOLOGIA**

A metodologia deste trabalho é segmentada em duas partes principais: levantamentos de gabinete e incursões de campo. Inicialmente foram realizadas atividades de investigação remota por imagens de satélite (google earth e CBERS-4A) e MDEs para identificar trechos de abertura e confinamento do vale fluvial, cachoeiras, controle estrutural da rede de drenagem e feições fluviais deposicionais. Após o levantamento remoto de pontos potenciais, optou-se por dois locais de melhor acesso para realizar as atividades de campo.

Em campo foi determinado a morfologia do leito fluvial (Montgomery e Buffington, 1997), vazão da drenagem utilizando molinete fluviométrico Newton e seção transversal do canal. Para a seção transversal foi extraído medidas de profundidade a cada 10 cm, resultando na montagem do leito do canal em papel milimetrado com escala vertical de 1:1 e escala horizontal de 1:5, proporcionando maior evidência das morfologias de leito identificadas. A respeito dos clastos foi definido seu diâmetro, morfologia, grau de arredondamento e composição.

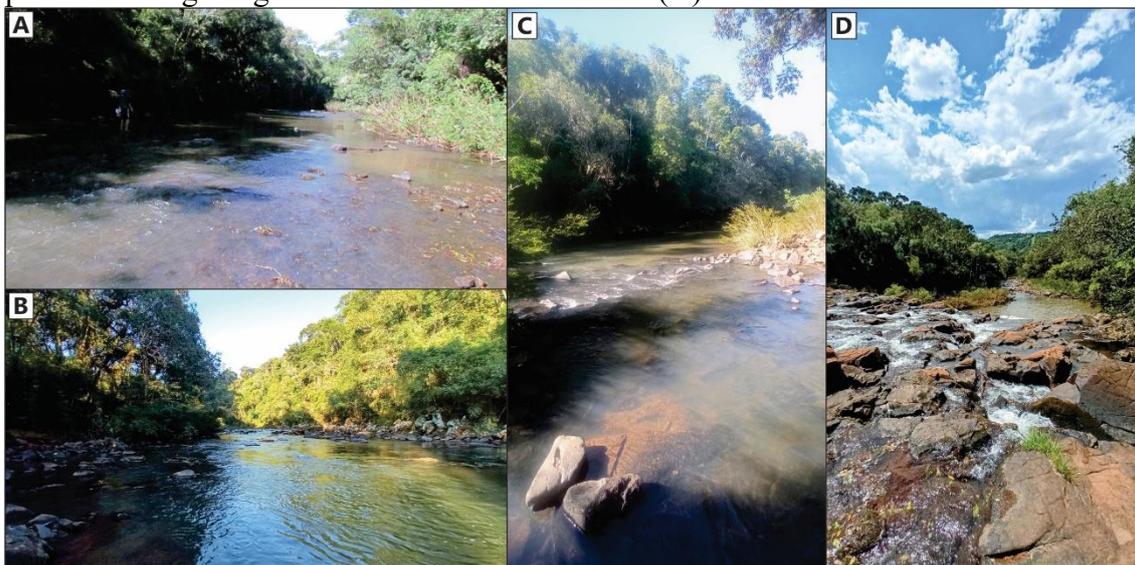
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir das campanhas de campo, foi possível constatar que o rio Marrecas pode ser classificado, quanto à morfologia de leito fluvial, como *step-pool* de forma predominante e *riffle-pool* recorrente pontualmente (Montgomery e Buffington, 1997). Em geral, os trechos de corredeiras (steps) encontrados ao longo do leito são gerados tanto pelo afloramento de depósitos facie de cascalho (Figura 2A, B, C), quanto pelo controle estrutural geológico (Figura 2D). Tal facie de cascalho é composta por clastos suportados entre si, tamanho seixo, bloco e matacão, atualmente imóveis no leito fluvial, gerando a estrutura de encouraçamento.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

**Figura 2:** Visualização do ponto 1 de campo (A); Visualização do ponto 2 de campo (B); Trecho de corredeira comandada pelos depósitos de cascalho no ponto 2 de análise de campo, note os depósitos da calha fluvial (C); Trecho de corredeira e cachoeira induzida pelo controle geológico estrutural no rio Marrecas (D).



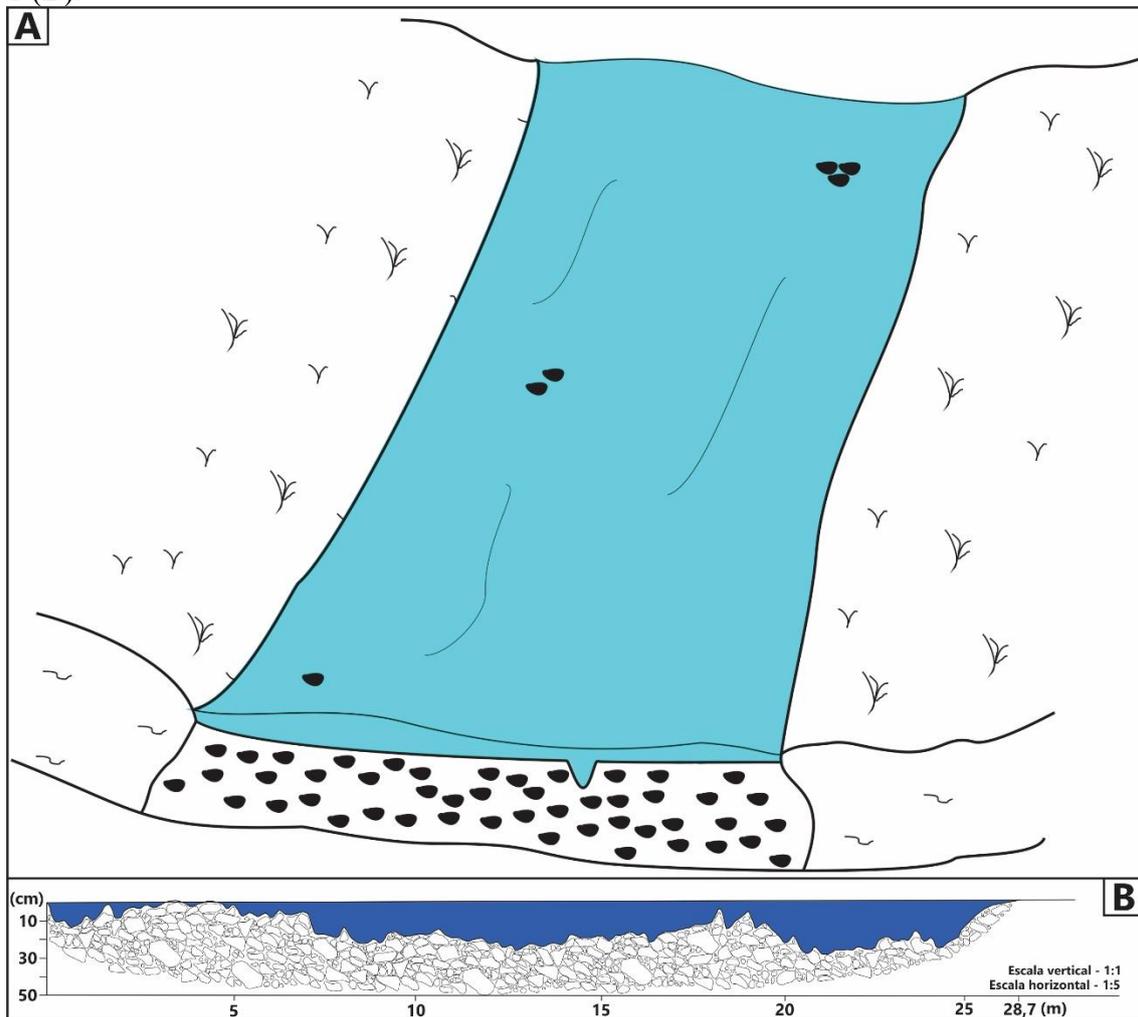
No ponto 1, os cascalhos são predominantemente sub-angulares e pontualmente sub-arredondados, compostos por basalto. A vazão do curso hídrico foi registrada com  $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$ , dimensão do canal com 26,50 m de largura e profundidade máxima de 0,30m (figura 3). Tais condições demonstram pouco retrabalhamento do pavimento detrítico na calha fluvial, resultando em seu encouraçamento. Vale ressaltar que este trecho apresenta uma expansão lateral de suas margens, possivelmente relacionada com a diminuição da incisão vertical devido ao entulhamento, acarretando em maior erosão lateral de suas margens.

No ponto 2, a composição dos cascalhos não altera, porém, a morfologia dos clastos varia entre sub-angulares a arredondadas. Neste trecho a vazão aumenta para  $0,47 \text{ m}^3/\text{s}$ , gerando profundidade máxima de 0,94 m em seu talvegue, e largura total do canal de 31,30 m (Figura 4). Conjugando as medidas de vazão, morfologia do canal e diferentes morfologias de clastos que compõem o encouraçamento neste ponto, é possível associar com maior energia se comparado com o ponto 1, resultando em maior incisão vertical. Todavia, é importante ressaltar que embora ocorra este acréscimo de energia, a erosão vertical ocorre apenas no talvegue do canal.

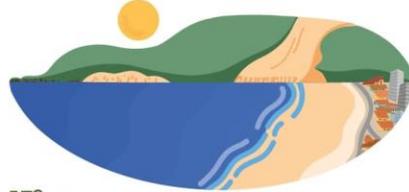


15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

**Figura 3:** Bloco diagrama representativo do ponto 1 de incursão de campo (A); Seção transversal do canal principal do rio Marrecas extraída das medições de campo no ponto 1 (B).

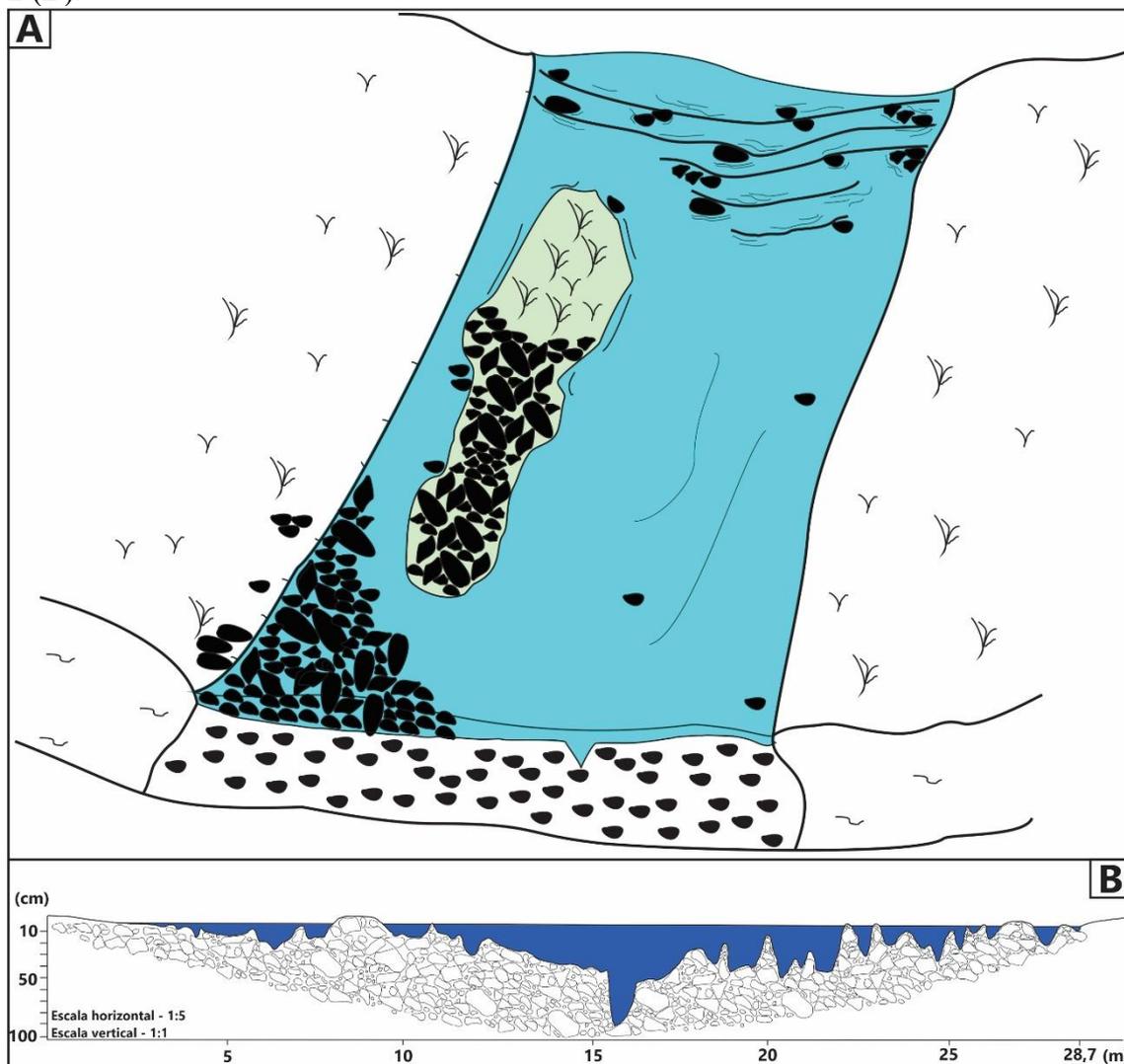


Ainda neste ponto, registra-se a ocorrência de corredeiras de modo que, é bem clara a relação entre capacidade, competência e vazão. Embora possua maior vazão quando comparado ao ponto 1, o ponto 2 demonstra condições hidrológicas destoantes aos materiais que compõem sua calha fluvial, de modo que estes depósitos atuem em escala local como um dos elementos determinantes na dinâmica geomorfológica do rio Marrecas atual. Nesse sentido, a ocorrência de corredeiras neste ponto está associada principalmente com a ausência de energia suficiente do canal para retirada destes materiais da calha fluvial (Zhang et al., 2025).



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

**Figura 4:** Bloco diagrama representativo do ponto 2 de incursão de campo (A); Seção transversal do canal principal do rio Marrecas extraída das medições de campo no ponto 2 (B).



De fato, a morfologia dos clastos demonstra mistura de materiais da hidrodinâmica fluvial com o entulhamento coluvial de materiais grosseiros das encostas, os quais podem ter sido momentaneamente retrabalhados em condições de maior energia no sistema. Sendo assim, as características sedimentológicas do rio Marrecas parecem conduzir a condições paleohidrológicas distintas da atualidade, com maior vazão, capacidade e competência, seguidas possivelmente de períodos estendidos de redução de vazão, entulhando a própria calha fluvial.

Em contrapartida, também é importante ressaltar que o processo de encouraçamento pode estar relacionado diretamente com a morfologia de leito *step-pool*. Para isso, trechos ao longo do curso hídrico podem ser mais propensos a deposição de sedimento diante da



diminuição de gradiente ou variação de nível de base. Sendo assim, estes pontos com tendência de acúmulo de sedimento podem resultar em *steps*, os quais dificultam a incisão vertical da drenagem pelo aumento da rugosidade e diminuição do poder erosivo do fluxo (Magalhães Júnior e Barros, 2020).

Sendo assim, considera-se que atualmente a hidrodinâmica do rio Marrecas é conduzida ora pela dinâmica geológica estrutural, ora pelos trechos de encouraçamento fluvial. Embora com gênese desconhecida, estes depósitos grosseiros entulhados na calha fluvial atuam como remanescentes de condições paleoambientais de alta energia na bacia hidrográfica do rio Marrecas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de encouraçamento fluvial representa o impedimento da erosão vertical do canal fluvial perante a deposição de um pavimento detrítico no leito. Sendo assim, pode ter sua gênese associada a múltiplos processos, bem como resultar em diferentes feições. As condições encontradas no Quadrilátero Ferrífero sugerem até então que, o encouraçamento pode ser resultante tanto da formação de carapaças ferruginosas cimentando os depósitos do leito fluvial, quanto do entulhamento de materiais grosseiros nas calhas fluviais.

Na bacia hidrográfica do rio Marrecas os trechos de encouraçamento fluvial parecem condizer com a condição de entulhamento no canal por pavimentação detrítica. Tal fato pode ser deduzido pela morfologia de leito *step-pool*, onde o controle hidrogeomorfológico dos *steps* são comandados principalmente pelos trechos encouraçados e geologia regional. Tais controles são identificados como cachoeiras e corredeiras encontrados recorrentemente ao longo de todo curso do rio Marrecas. Sendo assim, parte da dinâmica fluvial na bacia hidrográfica parece ser conduzida perante aspectos tanto geológicos, quanto sedimentológicos locais.

No Planalto Vulcânico é bem consolidado que a dinâmica geomorfológica dos canais fluviais é comandada, em grande parte, pelas características geológicas macroestruturais. No entanto, ressaltamos aqui a necessidade de melhor compreensão também hidrosedimentológica, a qual pode também ser determinantes nos controles hidrológicos locais. Para isso, ainda é necessário identificar e compreender a recorrência ou ausência do pavimento detrítico nas demais redes de drenagem regionais, as quais



podem ainda refletir nas condições morfogênicas de alta energia da paisagem, ou na pontualidade da bacia hidrográfica do rio Marrecas.

**Palavras-chave:** Pavimento detrítico, geomorfologia fluvial, Tipos de leito.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), bem como ao Núcleo de Estudos PaleoAmbientais (NEPA) pela estrutura e equipamentos fornecidos.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M. O Planalto basáltico da Bacia do Paraná. Boletim Paulista de Geografia, n. 24, p. 03-34, 1956.

BRIDGE, J. S. Rivers and Floodplains. Blackwell Science, Oxford, 1 ed., John Wiley & Sons, 2003.

CHARLTON, R. Fundamentals of fluvial. 2. ed. Abingdon: Routledge, 2008

COTA, G. E. M.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; BARROS, L. F. P. Processos de Encouraçamento de Leitos Fluviais: sistematização de bases teóricas e estudo de caso na Serra do Espinhaço Meridional (MG). Revista Brasileira de Geomorfologia, V. 19, P. 777-791, 2018.

COTA, G. E. M., Henriques, R. J., & Júnior, A. P. M. (2022). Processos de encouraçamento de leitos fluviais (bed armouring) na perspectiva geomorfológica: o caso do rio Conceição--Quadrilátero Ferrífero/MG. RA'EGA, V.53, P.95-115, 2022.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; SANTOS, G. B.; CHEREM, L. F. S. Processos de Encouraçamento da Calha do Alto Rio das Velhas e seus Reflexos na Dinâmica Fluvial Moderna, Quadrilátero Ferrífero, MG. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia e



Encontro LatinoAmericano de Geomorfologia, Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia, Belo Horizonte, 2008. v. 1. P. 120-130.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; BARROS, L. F. P. Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais. 1 ed., Editora Bertrand Brasil, 2020.

MONTGOMERY, D. R.; BUFFINGTON, J. M. Channel-reach morphology in mountain drainage basins. Geological Society of America Bulletin Vol. 109, P. 596-611, 1997.

SILVA, B. A., et al. Lithostructural and tectonic determinants in the geomorphic evolution of the Basalt Plateau–Southern Brazil. Journal of South American Earth Sciences V. 110, P. 1-16, 2021.

STEVAUX, J. C., et al. Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. Geomorphology, Vol. 113, P. 230-238, 2009a

STEVAUX, J. C., et al. Morphodynamics in the confluence of large regulated rivers: the case of Paraná and Paranapanema rivers. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis. V. 16, P. 101-109, 2009b.

ZHANG, C., et al. Toward flow forces acting on a step-pool unit. Geomorphology, Vol. 469, P. 1-14, 2025.

