PAPEL DA MORFOLOGIA ESTRUTURAL NOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES DO RIO CÁGADO NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

Dora Bueno Senechal de Goffredo [1]
Júlio César Ragone Lopes [2]
Laís Soares Peixoto [3]
Luan Martins Ferreira [4]

RESUMO

O presente artigo apresenta as características do Rio Cágado, localizado na Zona da Mata Mineira, no tocante a sua geomorfologia fluvial com foco na verificação de planícies aluviais, terraços, meandros ativos e abandonados e *knickpoints*. Para definição dessas características foram feitas análises baseadas na utilização do Índice de Relação Declividade_Extensão (RDE), Perfil Longitudinal e mapa de lineamentos estruturais, além de visita à campo em pontos específicos. A partir dos resultados cartográficos e da visita em campo verificou-se uma longa planície no trecho inicial do rio, conferindo a ele um comportamento anômalo. Os pontos anômalos do RDE foram condizentes com áreas com menores planícies. Os pontos com terraços indicaram alteração no comportamento do rio, e os que apresentaram meandros explicitam ajustes recentes do canal. As rupturas de declive observadas no perfil longitudinal foram identificadas em campo como cachoeiras, sendo uma delas com planícies bem desenvolvidas à montante e à jusante, e outra apenas à montante. O rio apresenta trechos encaixados geologicamente, o que apareceu, em campo e nos produtos cartográficos, na forma de cotovelos de drenagem e áreas com poucas planícies. Entretanto, ele é contundente na sobreposição dessas estruturas, de forma a manter uma direção ortogonal a elas no que se refere à orientação geral.

Palavras-Chave: Sistemas Fluviais; Relação Declividade_Extensão; Sedimentos; Planícies.

INTRODUÇÃO

Os sistemas fluviais desempenham papel fundamental na organização da paisagem, atuando como agentes modeladores do relevo por meio de processos contínuos de erosão, transporte e deposição de sedimentos. A dinâmica desses sistemas é condicionada por fatores como litologia, declividade, regime hidrológico e, de maneira significativa, pelos controles estruturais associados

[1] Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF, dora.buenosg@gmail.com;
[2] Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF, julio.ragone@estudante.ufjf.br;
[3] Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF, laissoarespeixoto@gmail.com;
[4] Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF, luanmarra2016@gmail.com;

à geologia regional. Em áreas de embasamento cristalino, esses controles influenciam diretamente o traçado dos canais, a energia do fluxo e a distribuição espacial dos depósitos sedimentares (Schumm, 1977). Nesse sentido, os sistemas fluviais podem ser compreendidos como sistemas abertos, nos quais há contínua troca de matéria e energia, respondendo às variações estruturais e morfológicas por meio de ajustes no padrão do canal e nos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos (Christofoletti, 1981).

Na Zona da Mata de Minas Gerais, inserida no contexto geotectônico da Faixa Ribeira, a presença de falhas, fraturas e lineamentos estruturais exerce forte influência sobre a compartimentação do relevo e sobre a organização da rede de drenagem. Estudos geomorfológicos realizados na bacia do rio Cágado evidenciam que a atuação desses condicionantes estruturais resulta em uma diversidade de feições geomorfológicas associadas à reorganização do sistema fluvial, uma vez que “o evidente controle tectônico que acomete as morfologias da bacia implicou em uma diversidade de fatos geomorfológicos, com reorganizações impressas pela ação neotectônica, refletidas em desvios abruptos e capturas fluviais” (Eduardo; Marques Neto; Silva, 2017).

O rio Cágado, inserido nesse contexto morfoestrutural da Zona da Mata Mineira, apresenta um padrão de drenagem e uma dinâmica sedimentar fortemente condicionado pela interação entre as estruturas geológicas herdadas e os processos fluviais atuais. A presença de falhas, fraturas e lineamentos estruturais influencia diretamente o traçado do canal e a organização do perfil longitudinal, resultando em rupturas de declive, variações na energia hidráulica e mudanças na capacidade de transporte e deposição de sedimentos ao longo do sistema fluvial (Schumm, 1977). Nesse sentido, os ajustes morfológicos observados no canal refletem a resposta do sistema fluvial às condições impostas pelo substrato geológico, evidenciando que “os sistemas fluviais ajustam sua forma e comportamento em função das condições estruturais e da descarga” (Christofoletti, 1981). Estudos desenvolvidos na bacia do rio Cágado apontam que esse controle estrutural se manifesta de forma expressiva na compartimentação do vale e na distribuição dos depósitos sedimentares (Eduardo; Marques Neto; Silva, 2017).

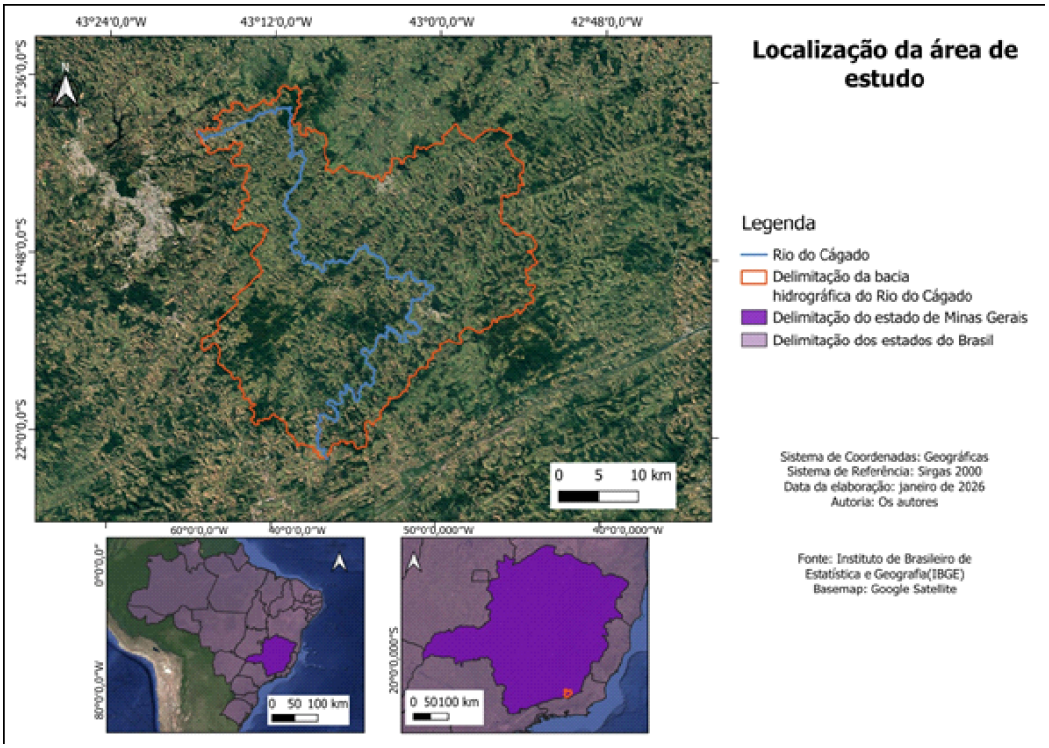
Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar o papel da morfologia estrutural na configuração dos depósitos sedimentares do rio Cágado, na Zona da Mata de Minas Gerais, buscando compreender como falhas, fraturas e lineamentos condicionam o traçado do canal, a variação da energia fluvial e a formação de planícies ao longo do vale. A partir da integração entre

análise cartográfica, técnicas de geoprocessamento e indicadores geomorfológicos, pretende-se contribuir para o entendimento da dinâmica fluvial regional e para os estudos geomorfológicos aplicados em áreas estruturalmente controladas.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Cágado localiza-se na porção meridional da Zona da Mata Mineira, sudeste do estado de Minas Gerais (Figura 1). A área de drenagem abrange parcial ou integralmente os municípios de Bicas, Chácara, onde se localiza sua nascente, Juiz de Fora, Mar de Espanha, Matias Barbosa, Senador Cortes, Pequeri,Guarará, Santana do Deserto e Chiador, sendo entre as duas últimas, onde se localiza a foz do Rio Cágado.

Figura 1. Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Cágado.



Fonte: os autores, 2026.

Do ponto de vista geomorfológico, a bacia do rio Cágado insere-se no domínio das Serranias da Zona da Mata Mineira, associado regionalmente à Serra da Mantiqueira. Esse domínio caracteriza-se por relevo montanhoso, com forte dissecação, formas alongadas e presença marcante de escarpas controladas estruturalmente. Conforme descrito por Gatto *et al* (1983), e retomado por Eduardo, Marques Neto e Silva (2017):

> "o relevo regional é composto por formas alongadas, marcadas por escarpas adaptadas a falhas, sulcos estruturais, cristas simétricas alinhadas e linhas expressivas de cumeadas, evidenciando o papel determinante da estrutura geológica na compartimentação da paisagem e na organização da drenagem." (GATTO *et al*, 1983 apud EDUARDO; MARQUES NETO; SILVA, 2017, p.5835).

Geologicamente, a área encontra-se inserida no contexto da Faixa Ribeira, faixa móvel neoproterozoico-cambriana associada à Orogênese Brasiliana, caracterizada por intensa deformação dúctil a rúptil. Segundo a Carta Geológica de Juiz de Fora, a bacia do rio Cágado é constituída por unidades litológicas predominantemente paleoproterozóicas, destacando-se o Complexo Juiz de Fora, o Complexo Quirino, o Grupo Paraíba do Sul, o Grupo Raposo e a Suíte Matias Barbosa, compostos majoritariamente por ortognaisses, granulitos, quartzitos e rochas granítico-gnáissicas (Duarte *et a*l, 2003). Essas litologias apresentam elevada resistência mecânica, favorecendo o encaixamento dos vales e o desenvolvimento de rupturas de declive ao longo do perfil longitudinal do rio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para Florenzano (2008), por meio do uso se *SIG*s, é possível integrar bases cartográficas permitindo que novos dados sejam gerados e manipulados, o que possibilita a interpolação de informações. Isto posto, para compreender as dinâmicas e os controles que levaram ao posicionamento das planícies ao longo do Rio Cágado, foi feito um trabalho cartográfico de geração de bases e dados utilizando os softwares QGIS, *ArcGis e Google Earth Pro.*

Para mapear as planícies e os terraços, que foram colocados juntos, como uma única feição, foi feita a demarcação inicial pela observação das cartas e o refinamento pelas imagens do *Google Earth Pro.* Após essa etapa, selecionaram-se pontos para um trabalho de campo, por quatro critérios: presença de planícies bem desenvolvidas, mudanças das tipologias dos vales (principalmente confinamento), alterações nos padrões de drenagem e acessibilidade ao local.

Para mapear os lineamentos estruturais, gerou-se, a partir das imagens de satélite FABDEM V1-2 (Neal & Hawker, 2023), o relevo sombreado com os ângulos de 315°, 45° e 90°. Com o resultado dessas estruturas, para melhor interpretação, gerou-se o diagrama de roseta.

Com as bases cartográficas finalizadas, foi possível gerar o perfil longitudinal do rio e o Índice de Gradiente (Hack, 1973) ou Índice de Relação Declividade_Extensão (RDE) (Etchebehere *et al*, 2004). O perfil longitudinal, de acordo com Etchebehere *et al* (2004), é uma representação do rio em um gráfico em que o eixo das ordenadas corresponde à altitude e as abscissas, à extensão do

canal. Para os autores, quanto mais o perfil se apresentar próximo à linha de tendência logarítmica, mais o ele estará em equilíbrio, já trechos de drenagem mais distantes podem indicar atividade tectônica recente. Ademais, rupturas de declive, além da atividade tectônica podem indicar contato litológico entre rochas de durezas distintas. Essa relação, por fornecer um aporte considerável de dados a respeito do curso d'água, permite uma interpretação mais bem fundamentada a respeito da dinâmica fluvial. O Índice de Relação Declividade_Extensão (Etchebehere *et al*, 2004; Hack, 1973) é:

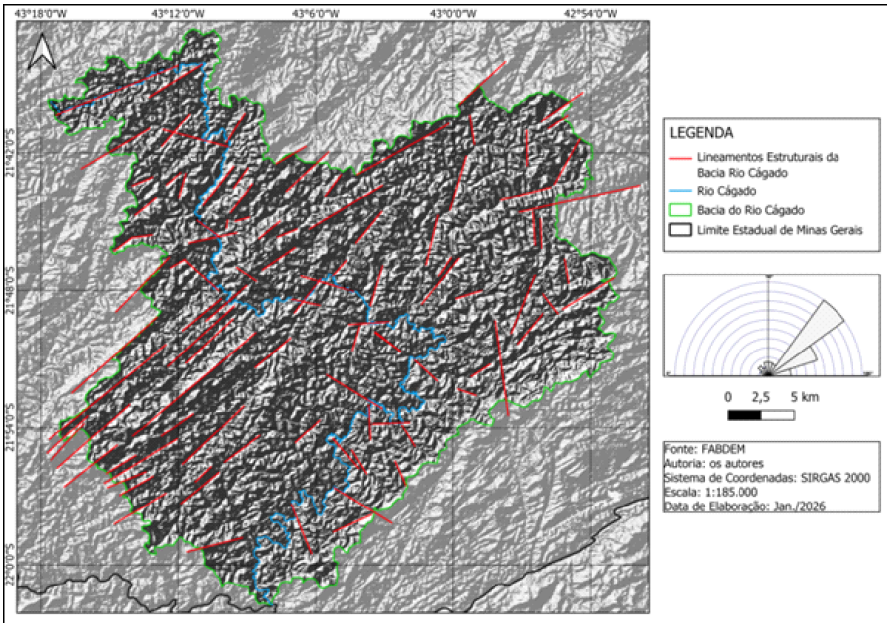
1. $RDE_{Trecho}=(\Delta h/\Delta l).L$; 2. $RDE_{Total} = \Delta h/\ln L$; 3. RDE_{Trecho}/RDE_{Total}

Na equação 1, Δh é a diferença altimétrica entre dois pontos de um segmento ao longo do curso do rio, Δl a distância entre os dois pontos e L o comprimento total do curso d'água do seu início até o ponto para o qual está sendo calculado o RDE. Na equação 2, Δh é a diferença altimétrica entre o ponto inicial e final do curso d'água e lnL, a função logarítmica do tamanho total do rio. Por fim, para buscar anomalias no comportamento do rio, relaciona-se os valores finais das equações 1 e 2, como visto na equação 3. Para os cálculos do RDE_{Trecho} os segmentos selecionados foram definidos conforme a carta topográfica de 1:50.000, com os trechos delimitados pelos pontos onde o curso do rio passava sobre as linhas (logo, com Δh sempre igual a 20m)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de lineamentos estruturais (Figura 2) mostra o domínio de estruturas com direção NE-SW, sendo compatível com a geologia da Faixa Ribeira (Duarte *et al*, 2003). Apesar de grande parte do Rio Cágado apresentar orientação ortogonal a esses lineamentos, é perceptível, em diversos trechos, o ajuste do canal às falhas e às fraturas, causando desvios abruptos, cotovelos de drenagem e setores de maior encaixamento, como discutido por Christofoletti (1981) e Schumm (1977).

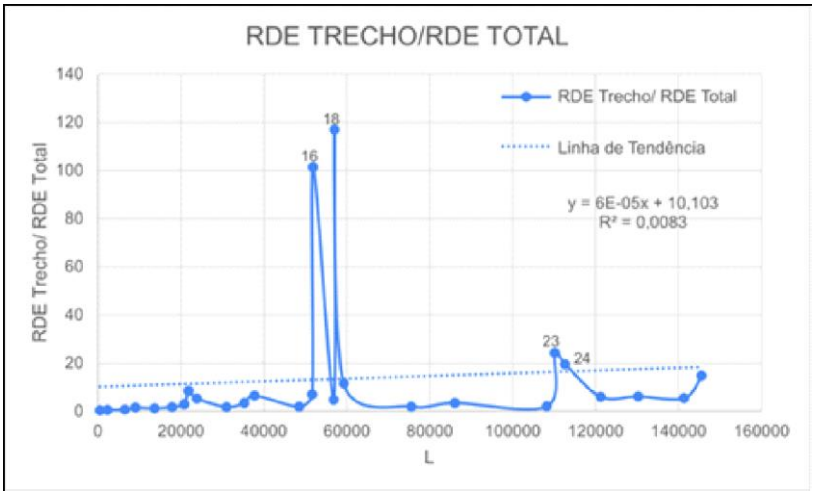
Figura 2. Mapa de lineamentos estruturais



Fonte: os autores

Para Etchebehere *et al* (2004), o método RDE estabelecido por Hack (1973) permite a análise de perfis longitudinais de rios e de trechos selecionados. Essas análises se concentram na determinação da capacidade do fluxo de água de causar erosão e transportar a carga sedimentar, ligadas aos níveis de energia (*stream power*) do rio. No gráfico abaixo (Figura 3) constam os resultados da relação RDE do Trecho/RDE Total, com destaque para os pontos utilizados no cálculo.

Figura 3. Gráfico da Relação RDE Trecho/ RDE Total pela distância (L).

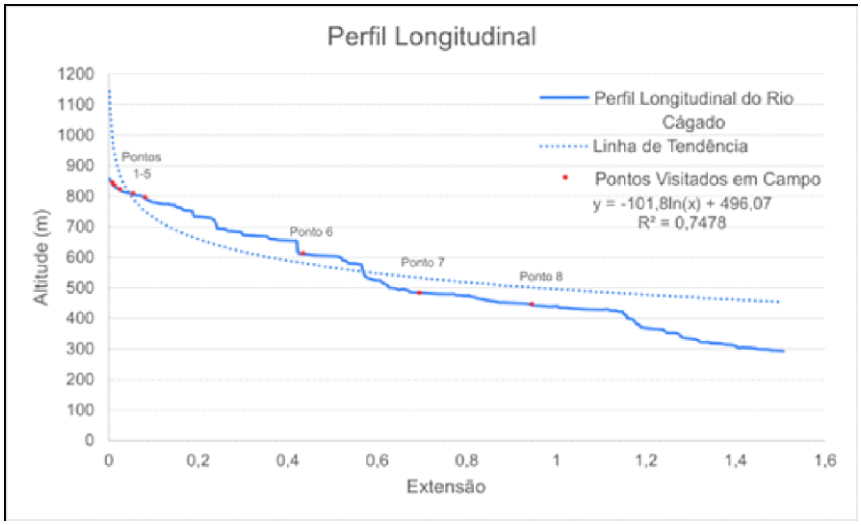


Fonte: os autores, 2026

Na figura acima, picos de energia que se afastam da linha de tendência (*best fit line*) logarítmica, indicam desequilíbrios locais no ajustamento do canal. Nos dois maiores valores (16 e

18), observou-se, pela imagem de satélite, baixo desenvolvimento de planícies, com o rio apresentando comportamento mais encaixado. Conforme Etchebehere *et al* (2004), esses desvios podem estar associados a controles estruturais ou contatos litológicos, exigindo assim, uma análise integrada com outros produtos geomorfológicos. Dessa forma, a interpretação conjunta do RDE, do perfil longitudinal e do mapeamento de lineamentos estruturais se mostra fundamental para a compreensão da dinâmica do Rio Cágado.

Figura 4. Gráfico Representando Perfil Longitudinal.

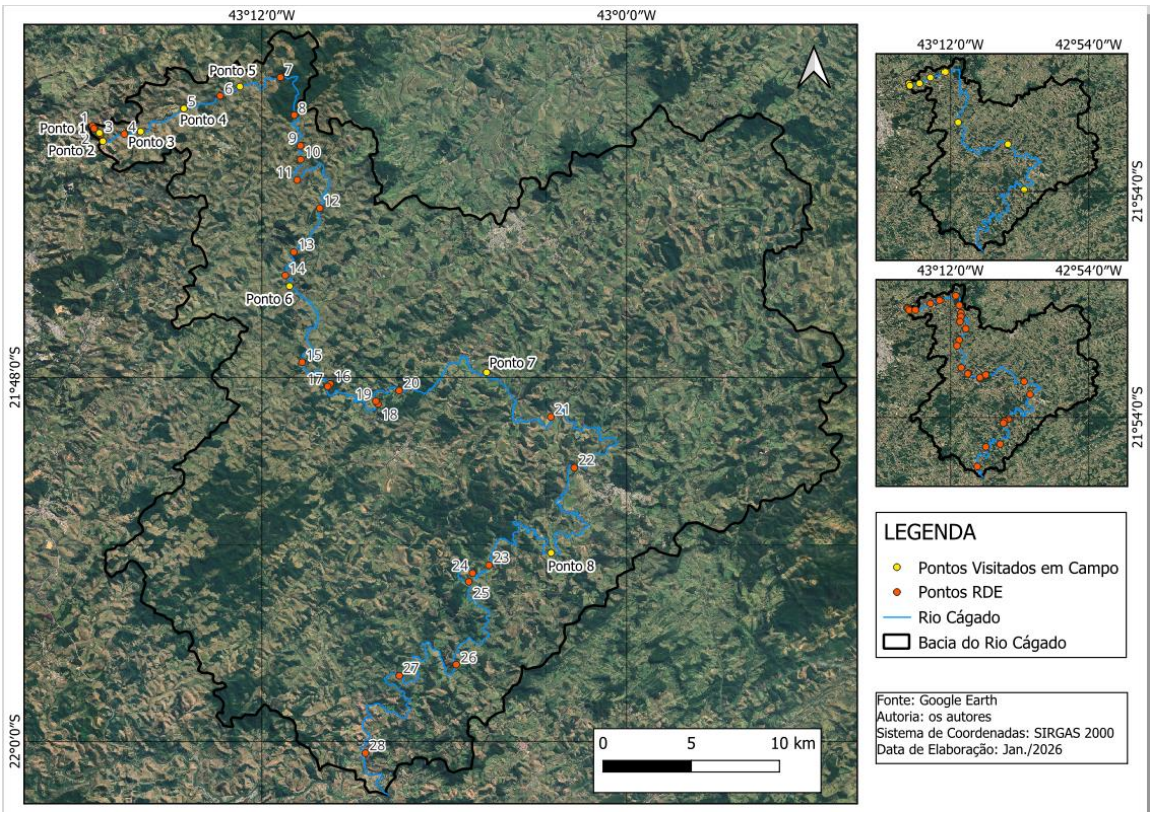


Fonte: os autores, 2026

O gráfico do Perfil Longitudinal (Figura 4) apresenta rupturas de declives bem definidas, especialmente no intervalo altimétrico entre aproximadamente 600m e 700m, e 600m e 500m. Nesses setores, foram identificados os *knickpoints*. Segundo Hack (1973), rupturas dessa natureza refletem respostas do canal a mudanças na resistência litológica ou a atuação de controles estruturais, o que se mostra coerente com o contexto geológico da área de estudo.

Os pontos visitados em campo, bem como os pontos utilizados para calcular o RDE, estão dispostos na Figura 5. Os pontos P1 a P6 identificados na figura acima, se concentram no trecho superior a médio da bacia do rio Cágado, em áreas próximas às nascentes e trechos intermediários do curso fluvial. Os pontos P7 e P8 concentram-se nos setores médio-inferior da bacia do Cágado, em áreas caracterizadas por maior desenvolvimento de planícies fluviais, presença de meandros abandonados e variações no padrão de energia do canal. Esses pontos permitem avaliar a relação entre a morfologia estrutural, a dinâmica deposicional e os processos de ajuste do canal fluvial.

Figura 5. Mapa com pontos visitados e pontos do RDE



Fonte: os autores, 2026

Os pontos de 1 a 5, relativamente próximos à nascente, se localizam a montante de um grande cotovelo de drenagem, encaixados em um lineamento. Entretanto, apesar dessas características, apresenta uma planície bem desenvolvida, bem como terraços, observados em campo. Essa configuração morfológica sugere reorganizações do sistema de drenagem, possivelmente relacionadas a processos de captura fluvial, como abordado por Eduardo, Marques Neto e Silva (2017). Segundo Christofoletti (1981), a ocorrência de planícies relativamente desenvolvidas em trechos de pequena ordem pode indicar ajustes herdados do sistema fluvial, associados a mudanças nas condições estruturais ou no nível de base do local.

Além da planície bem desenvolvida no ponto 5, foi perceptível a presença de meandros ativos e abandonados, indicando um ajuste recente no canal. Tal conjunto de características condiz com os valores baixos do RDE na área, e com o defendido por Schumm (1977), em que o autor coloca que trechos fluviais com ampla planície de inundação e elevada sinuosidade refletem condições de menor energia do fluxo, nas quais os processos deposicionais tendem a predominar e o há o ajuste morfológico do canal como resposta ao regime hidrossedimentológico

No ponto 6, próximo à ruptura de declive entre o intervalo altimétrico de 600m e 700m, foi observado em campo, a presença simultânea de cachoeiras, *knickpoints* e meandros abandonados. Conforme Etchebehere *et al* (2004), trechos do perfil longitudinal associados a rupturas de declive tendem a apresentar desequilíbrios na energia do fluxo, o que resulta em ajustes morfológicos do canal e em variações no desenvolvimento das planícies fluviais ao longo do curso do rio, como também foi observado. Após o ponto 6, área com ampla planície, vale ressaltar que o Rio Cágado passa por uma área de entrincheiramento, com maior declividade (pontos 16 e 17 do RDE), que coincide com áreas onde o canal se ajusta a lineamentos estruturais, indicando novamente, o controle estrutural sobre o rio e presença de depósitos menos desenvolvidos.

No ponto 8, em campo, uma moradora informou ser um local caracterizado por recorrentes eventos de inundação. Na área, observou-se um trecho fortemente meandrante, com ampla planície fluvial, seguido por um setor em que o canal perde essa característica e passa a apresentar maior encaixamento. Esse comportamento condiz com a interseção do rio com um lineamento, que mantém o canal com configuração mais retilínea até que este se afaste dessa estrutura. Esse ajuste espacial do canal reforça a interpretação de Schumm (1977) sobre o padrão fluvial responder diretamente às variações na energia do fluxo impostas por controles estruturais, influenciando a mobilidade lateral e a capacidade deposicional do sistema.

Nesse mesmo trecho, há, ainda, a presença de seixos nas planícies, indicando episódios de maior competência do fluxo ou o retrabalhamento de antigos leitos fluviais associados a ajustes morfodinâmicos do sistema fluvial, como discutido Christofoletti (1981). A associação desses depósitos com trechos estruturalmente controlados sugere que a estrutura geológica exerce papel relevante na redistribuição sedimentar ao longo do vale.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa permitiu verificar como os controles estruturais, como fraturas, falhas e lineamentos, têm atuação importante na dinâmica do Rio Cágado e na configuração de suas planícies. Ademais, os resultados evidenciaram que a distribuição espacial das planícies fluviais, terraços e setores meandrantes está diretamente relacionada às variações da energia fluvial imposta tanto pela declividade quanto pelo controle estrutural do substrato geológico.

A utilização do perfil longitudinal permitiu uma análise preliminar dos pontos de anomalias e, posteriormente, a utilização do índice de RDE possibilitou detalhar esses pontos ao longo do Rio Cágado e entender como influenciam na sua conformação. A associação entre o perfil longitudinal, o RDE, o mapeamento de lineamentos estruturais e as observações de campo mostrou-se

fundamental para a identificação de setores anômalos e de maior equilíbrio geomorfológico ao longo do canal. Esse resultado reforça a importância da integração entre os dados cartográficos e as observações de campo na interpretação da dinâmica fluvial. Nesse sentido, a metodologia adotada demonstrou potencial para ser aplicada em outras bacias hidrográficas estruturalmente condicionadas, contribuindo para estudos voltados à compreensão da dinâmica fluvial.

REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial.** Editora: Edgard Blücher, São Paulo, 1981.

DUARTE *et al.*. (2003). Mapa Geológico da Folha Juiz de Fora, SF-23-X-D-IV. Escala 1:100.000. CODEMIG UERJ. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279850530_Mapa_Geologico_da_Folha_Juiz_de_Fora_SF-23-X-D-IV_Escala_1100000_CODEMIG_UERJ_2003 Acesso em: 30 dez. 2025

EDUARDO, C. C.; MARQUES NETO, R.; SILVA, F. P. **Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Cágado (MG)**. In: Anais do SBGFA, 2017.

ETCHEBEHERE, M. L; SAAD, A. R; FULFARO, V. J; PERINOTTO, J. A. J. Aplicação do Índice "Relação Declividade-Extensão – RDE" na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações Neotectônicas. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, v. 4, N. 2, p. 43-56, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228491613_Aplicacao_do_Indice_Relacao_Declividade-Extensao_-_RDE_na_Bacia_do_Rio_do_Peixe_SP_para_Deteccao_de_Deformacoes_Neotectonicas Acesso em: 27 jan. 2026

FLORENZANO, T. G. (org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008

HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **U. S. Geol. Survey Jour Research**, Reston, VA, v. 1, no. 4, p. 421-429, 1973. Disponível em: https://pubs.usgs.gov/publication/70161653 Acesso em: 27 jan. 2026

NEAL, J. & HAWKER, L. **FABDEM V1-2 S30W50-S20W40**. Bristol: Universidade de Bristol. 2023. Imagem de satélite. Modelo Digital de Elevação Copernicus GLO 30. Resolução aproximada de 30m. Disponível em: https://data.bris.ac.uk/data/dataset/s5hqmjcdj8yo2ibzi9b4ew3sn Acesso em: 30 dez. 2025

SCHUMM. S.A.; **The Fluvial System**. Nova Iorque: Wiley, 1977.