



ANOMALIAS FLUVIAIS E CONDICIONANTES GEOLÓGICOS NA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ, VALE DO JEQUITINHONHA (MG)

Leomar Moreira Rodrigues ¹

Jussara Dias dos Santos ²

Danielle Piuzana Mucida ³

Marcelino Santos de Moraes ⁴

RESUMO

O estado de Minas Gerais apresenta significativa diversidade geológica e geomorfológica, refletida na organização da rede hidrográfica regional. Na bacia do rio Jequitinhonha, o rio Araçuaí, afluente de margem direita, exibe, próximo ao município de Berilo, uma sequência de meandros com inflexões próximas a 90°, configurando padrões anômalos de drenagem. Este trabalho tem como objetivo analisar essas anomalias, com foco na identificação e interpretação de cotovelos de drenagem, relacionando-os a condicionantes geomorfológicas e estruturais. A hipótese central considera que as anomalias resultam da interação entre processos fluviais e condicionantes tectônicos pretéritos. A análise baseou-se em dados secundários, como o mapeamento geológico de Minas Gerais (IDE-SISEMA), Modelos Digitais de Elevação (NASA) e imagens de satélite (Google Earth), integrados no software QGIS (v. 3.40) e complementados por revisão bibliográfica. A área estudada compreende rochas metassedimentares da Formação Salinas, do Grupo Macaúbas (Neoproterozoico), relacionadas à evolução da Faixa Araçuaí. A geomorfologia regional corresponde aos Patamares das Chapadas do Jequitinhonha, com solos predominantemente Nitossolos Vermelhos Eutróficos. Foram identificadas feições como meandros abandonados, cotovelos de drenagem e alternância entre trechos sinuosos e retilíneos. A direção dos lineamentos estruturais NE-SW e NW-SE, associada à Orogenia Brasileira e ao sistema Espinhaço, sugere forte controle tectônico, reativado no Cenozoico. A complexidade evolutiva da planície aluvial e da morfologia fluvial está associada à herança estrutural, variações de declividade e intervenções antrópicas, que intensificam a erosão em solos naturalmente suscetíveis. O estudo destaca a importância da análise integrada da geomorfologia fluvial e da estrutura geológica para o planejamento territorial e conservação ambiental, especialmente em regiões semiáridas e ambientalmente vulneráveis como o Vale do Jequitinhonha.

Palavras-chave: Análise espacial, Bacia hidrográfica, Evolução da paisagem, Geomorfologia fluvial, Planejamento territorial.

INTRODUÇÃO

A morfologia das bacias hidrográficas reflete a interação complexa entre fatores geológicos, tectônicos, climáticos e antrópicos ao longo do tempo geológico (CHRISTOPHERSON, 2012). Em regiões que passaram por múltiplos eventos orogenéticos, como o sudeste brasileiro, os padrões de drenagem frequentemente

¹ Mestrando em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, leomar.rodriques@ufvjm.edu.br;

² Doutoranda em Ciência Florestal da UFVJM, jussara.dias@ufvjm.edu.br;

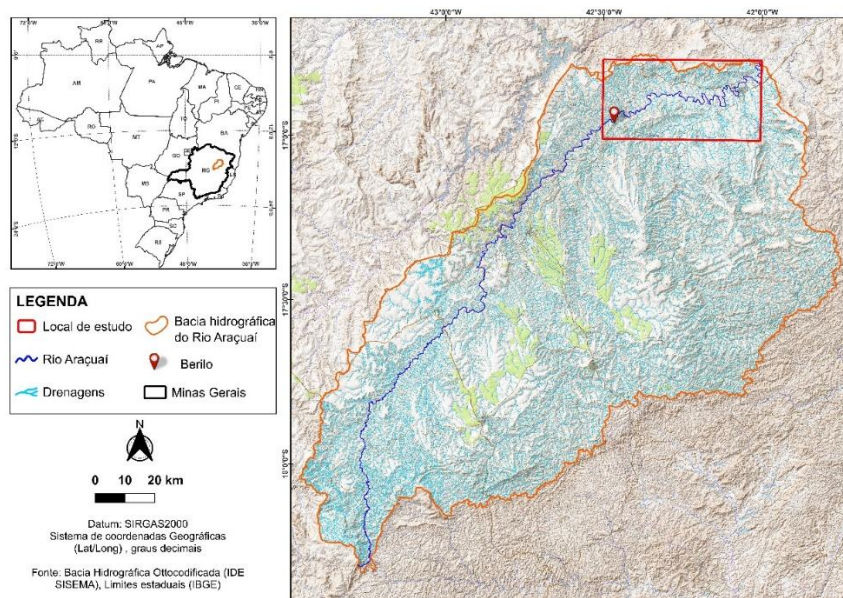
³ Professora do Curso de Geografia e Ciência Florestal da UFVJM, danielle.piuzana@ufvjm.edu.br.

⁴ Professor do Curso de Geografia da UFVJM, marcelino.morais@ufvjm.edu.br;

registram influências lito-estruturais preservadas na paisagem atual. Essas influências manifestam-se por meio de anomalias como trechos retilíneos, inflexões abruptas e cotovelos de drenagem (TWIDALE, 2004). Tais feições podem indicar tanto o controle litológico quanto a presença de lineamentos tectônicos ativos ou reativados, o que confere relevância à análise integrada entre geomorfologia fluvial, estrutura geológica e dados morfométricos (STRAHLER, 1957; HOWARD, 1967).

No contexto da bacia do rio Jequitinhonha, destaca-se o rio Araçuaí, um afluente de margem direita que, em seu trecho médio, exhibe uma sequência de meandros com inflexões próximas a 90° (Figura 1). A distribuição espacial dessas anomalias coincide com feições estruturais regionais. Essa organização anômala da drenagem, observada principalmente no entorno do município de Berilo (MG), levanta hipóteses sobre o controle estrutural do traçado fluvial. Acredita-se que essas feições estejam especialmente associadas a zonas de fraqueza oriundas da Orogenia Brasileira (~600–570 Ma), com possível reativação no Cenozoico (HASUI et al., 1984; ALMEIDA & CARNEIRO, 1998; BARTORELLI et al., 2020).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.



Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar as anomalias fluviais no rio Araçuaí, com ênfase na identificação e interpretação de cotovelos de drenagem e trechos retilíneos. Buscamos relacionar essas feições aos condicionantes geológicos e morfoestruturais regionais. A abordagem adotada integra a análise de bases cartográficas, modelos digitais de elevação e imagens orbitais, associada à literatura especializada



(SCHUMM, 1993; KELLER & PINTER, 2002), visando compreender a evolução morfodinâmica da drenagem e suas implicações para o uso da terra e planejamento ambiental em regiões semiáridas e estruturalmente complexas.

METODOLOGIA

A identificação dessas feições foi realizada a partir da análise visual de imagens de satélite do Google Earth e de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), disponibilizados pela plataforma *Earth Explorer* (USGS). Esses dados foram processados no software QGIS 3.40, utilizando técnicas de realce de relevo (*Hillshade*, *Slope*) e curvas de nível, com o objetivo de evidenciar padrões morfológicos e rupturas no canal fluvial.

A caracterização estrutural da área baseou-se no Mapeamento Geológico do Estado de Minas Gerais, obtido por meio da plataforma IDE-SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos). A partir desse material, foram extraídos e vetorizados lineamentos geológicos com direções predominantes NE–SW e NW–SE, os quais foram sobrepostos à rede hidrográfica para análise de correlação espacial.

As interpretações foram complementadas por revisão bibliográfica especializada, abordando conceitos de geomorfologia fluvial, controle estrutural da drenagem e reativação tectônica. Essa abordagem integrada permitiu compreender como os condicionantes geológicos e morfoestruturais influenciam a organização da rede de drenagem e a evolução da paisagem fluvial no Vale do Jequitinhonha.

REFERENCIAL TEÓRICO

A análise das formas e padrões dos cursos d'água, especialmente de suas anomalias, tem sido central nos estudos de geomorfologia fluvial e geologia estrutural, dada sua relevância para a compreensão da evolução da paisagem e dos processos que a moldam ao longo do tempo (SILVA, 2019; SANTOS & ROCHA, 2020). Dentre as anomalias fluviais, destacam-se os cotovelos de drenagem e os meandros com inflexões abruptas, que podem refletir interferências significativas de estruturas geológicas no traçado dos rios.

Anomalias fluviais e morfologia dos rios

As anomalias fluviais são variações significativas no padrão típico de drenagem, geralmente associadas a estruturas geológicas preexistentes, como falhas, fraturas e zonas



de cisalhamento, ou ainda à presença de litologias contrastantes (RODRIGUES & SOUZA, 2020; RODRIGUES; SALGADO; MAIA, 2022; KISS & SANTOS, 2024). Essas alterações podem indicar reativações tectônicas ou condicionantes estruturais antigos que continuam a influenciar a organização atual da rede de drenagem (GREGORY & WALLING, 1973; TWIDALE, 2004).

Um tipo clássico de anomalia é o cotovelo de drenagem, uma mudança brusca no curso do rio, muitas vezes com ângulos próximos a 90°, que não se explicam apenas por processos fluviais normais. Essas inflexões são frequentemente interpretadas como respostas à presença de lineamentos estruturais, que redirecionam a direção do fluxo ao longo de zonas de fraqueza no embasamento rochoso (HOWARD, 1967; SUMMERFIELD, 1991).

Os meandros, por sua vez, são curvas sinuosas naturais em canais fluviais de baixa energia e declividade, formadas por processos erosivos e deposicionais ao longo do tempo. No entanto, quando apresentam formas ou ângulos inusuais, como inflexões agudas ou interações abruptas com feições estruturais, podem ser classificados como meandros anômalos. Em alguns casos, esses padrões indicam a tentativa do canal de se ajustar a condicionantes tectônicas ou litológicas (SANTOS et al., 2022).

Condicionantes geológicos e tectônicos

A estrutura geológica regional desempenha papel crucial na definição do padrão de drenagem e na formação de anomalias. Lineamentos estruturais oriundos de eventos orogenéticos antigos, como a Orogenia Brasileira (~600–570 Ma), podem ainda hoje exercer influência na organização do relevo e da hidrografia, especialmente em regiões sujeitas a reativações tectônicas (ALMEIDA et al., 2000; SAADI, 2013).

Rios que atravessam terrenos com forte controle estrutural frequentemente apresentam trechos retilíneos alternados com curvas bruscas, padrões que não obedecem a leis simples de erosão ou deposição, mas sim ao controle imposto pelas estruturas geológicas. A literatura aponta que zonas de fratura, falhas normais e cisalhamentos antigos muitas vezes direcionam o traçado dos rios, resultando em drenagens estruturadas ou subordinadas à geologia do substrato (RICCOMINI & ASSUMPÇÃO, 1999; BURBANK & ANDERSON, 2011).

Implicações geomorfológicas e ambientais

A presença de anomalias fluviais está fortemente relacionada à instabilidade geomorfológica e pode indicar áreas de maior suscetibilidade a processos como erosão



de margens, assoreamento e colapsos. Essa vulnerabilidade é agravada em regiões com solos naturalmente mais suscetíveis à degradação física, como os Nitossolos, comuns em ambientes tropicais (EMBRAPA, 2018). Além disso, a leitura das feições fluviais anômalas fornece pistas importantes sobre a evolução paleogeográfica e tectônica da paisagem, permitindo reconstituir fases de deformação e reorganização da drenagem associadas à tectônica neotectônica ou à erosão diferencial (SOARES JUNIOR et al., 2011).

Portanto, a análise integrada entre geomorfologia fluvial, geologia estrutural e análise espacial é essencial para interpretar padrões anômalos da rede de drenagem e compreender os fatores que moldam a paisagem fluvial. Esses conhecimentos também subsidiam estratégias de planejamento territorial, conservação ambiental e mitigação de riscos naturais em áreas sujeitas a extremos climáticos e degradação do solo (SILVA et al., 2023).

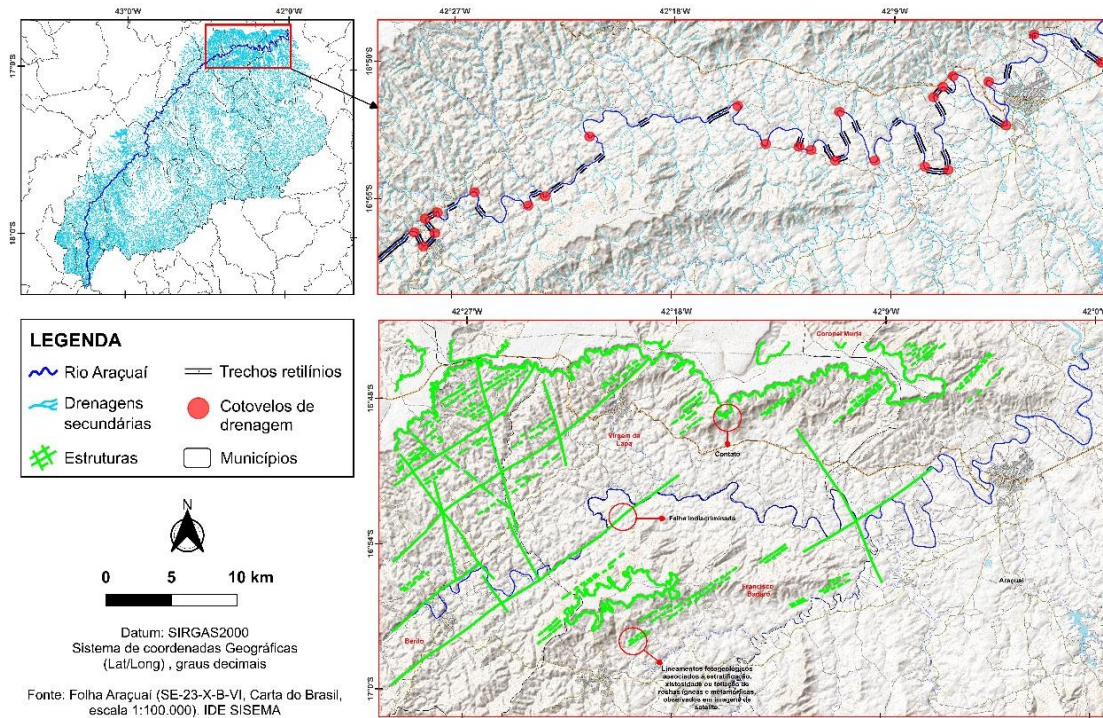
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área de estudo existe uma distribuição de feições anômalas, como a concentração de cotovelos de drenagem e trechos retilíneos ao longo do médio curso do rio Araçuaí, próximo ao município de Berilo (Figura 2). Essas feições, que exibem inflexões próximas a 90°, não se alinham com a morfologia esperada para um rio em estágio de maturidade geomorfológica, sugerindo um controle externo à dinâmica fluvial intrínseca. A sobreposição da rede hidrográfica com os lineamentos estruturais mapeados (Figura 2) revela uma correlação espacial notável, onde as direções preferenciais NE–SW, associadas à Faixa Araçuaí e à Orogenia Brasileira (~600–570 Ma), e NW–SE, características do sistema Espinhaço, coincidem com as inflexões e retificações do canal.

Essa observação corrobora a hipótese central deste estudo, de que as anomalias resultam da interação complexa entre processos fluviais e condicionantes tectônicos pretéritos. A persistência dessas estruturas geológicas, mesmo após milhões de anos, demonstra a influência duradoura da tectônica na escultura da paisagem (ALMEIDA et al., 2000; SAADI, 2013; BARTORELLI et al., 2020). Os cotovelos de drenagem, em particular, atuam como "marcadores" geomorfológicos de zonas de fraqueza no embasamento rochoso, onde o rio, ao longo de sua evolução, explorou essas descontinuidades estruturais (HOWARD, 1967; SUMMERFIELD, 1991). As áreas com maior densidade de inflexões e cotovelos coincidem com zonas de interseção entre esses

sistemas estruturais, o que reforça a hipótese de herança tectônica atuando sobre a morfologia fluvial atual.

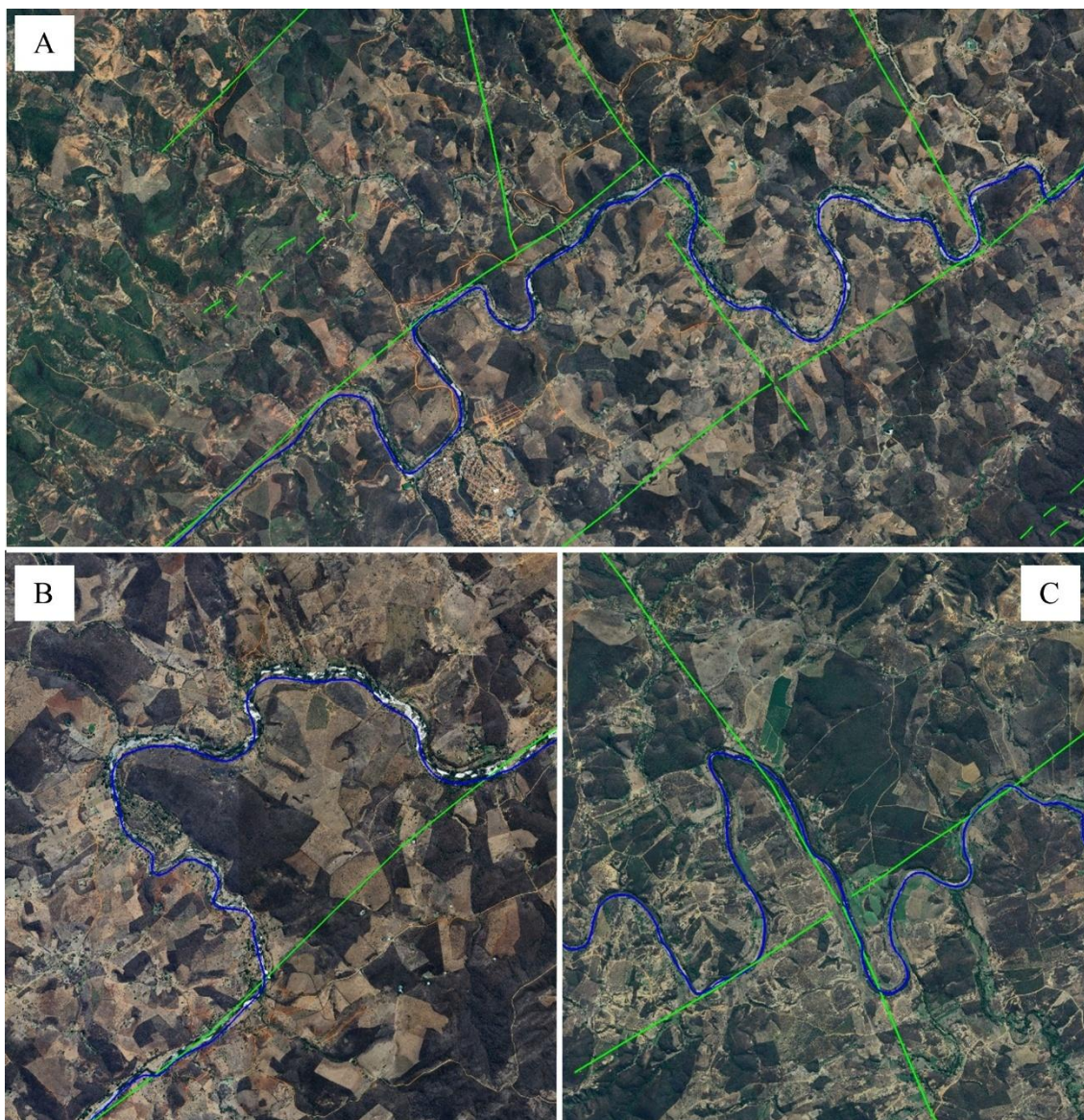
Figura 2: Mapa da área de estudo com as áreas de anomalias fluviais em evidências.



A análise detalhada das imagens de satélite permitiu visualizar a complexidade da planície aluvial e a morfologia dos meandros, revelando a alternância entre trechos sinuosos e retilíneos (Figura 3 A, B, C). Essa variabilidade sugere que a evolução do rio Araçuaí não é meramente um processo de migração lateral de meandros, mas sim um ajuste contínuo a uma paisagem que foi moldada por eventos tectônicos passados e, possivelmente, reativados no Cenozoico.

A reativação tectônica, mesmo que sutil, pode ter papel fundamental na manutenção ou acentuação dessas anomalias. Riccomini & Assumpção (1999) destacam como a neotectônica pode influenciar a rede de drenagem, alterando padrões de erosão e deposição e, consequentemente, a morfologia fluvial. A presença de meandros abandonados (Figura 3) também indica fases de reorganização do canal, que podem ter sido disparadas por eventos tectônicos, variações climáticas ou mesmo por processos de captura fluvial influenciados pela estrutura.

Figura 3 A, B e C: Imagens evidenciando anomalias em diferentes trechos do Rio Araçuaí.



Adicionalmente, o comportamento anômalo da drenagem também está condicionado pela litologia regional, dominada por rochas metassedimentares da Formação Salinas (Grupo Macaúbas), que apresentam variações na resistência à erosão. A interação entre a estrutura geológica e os tipos litológicos favorece a fragmentação da paisagem e a diversificação morfológica do canal. Além disso, a geomorfologia regional, classificada como Patamares das Chapadas do Jequitinhonha, influencia a declividade do relevo e o potencial de erosão, contribuindo para a complexidade evolutiva da planície aluvial e da morfologia dos meandros.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação sobre as anomalias fluviais no médio curso do rio Araçuaí demonstrou a relevância de se considerar a herança geológica e estrutural como fator condicionante da organização da drenagem e da evolução da paisagem. As evidências morfológicas, corroboradas por dados geológicos e imagens de satélite, apontam para um controle estrutural significativo, representado por cotovelos de drenagem, inflexões abruptas e trechos retilíneos alinhados a lineamentos regionais, sobretudo aqueles associados à Faixa Araçuaí e ao sistema Espinhaço.

As análises sugerem que, além da litologia, a atuação de estruturas tectônicas pretéritas e possivelmente reativadas no Cenozoico exerce papel central na configuração atual do canal principal. Essa constatação amplia a compreensão dos mecanismos responsáveis pela dinâmica fluvial no Vale do Jequitinhonha, especialmente em áreas marcadas por elevada suscetibilidade à erosão e degradação ambiental.

O presente estudo reforça a importância de abordagens integradas em geomorfologia estrutural, combinando interpretação morfotectônica, dados topográficos e geológicos, sensoriamento remoto e análise de campo. Os resultados obtidos oferecem subsídios para o planejamento ambiental e territorial, contribuindo para a mitigação de riscos e a preservação dos recursos hídricos em regiões de alta fragilidade socioambiental. Futuros trabalhos poderão aprofundar essa análise, com foco em sub-bacias, levantamentos de campo e aplicação de métricas quantitativas para avaliação de controle estrutural em ambientes fluviais.

AGRADECIMENTOS Este estudo foi financiado, em parte, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio ao projeto APQ 00185-22, à Bolsa de Produtividade em Pesquisa FAPEMIG/CNPq APQ-06558-24 (DPM).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. de; FUCK, R. A. A tectônica do continente Sul-Americano. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (org.). **Tectônica da América do Sul**. Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 265–366. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/19419>. Acesso em: 22 Jul. 2025.



BARTORELLI, A.; TEIXEIRA, W.; NEVES, B. B. B. **Geocronologia e evolução tectônica do Continente Sul-Americano**: a contribuição de Umberto Giuseppe Cordani. 2020. Disponível em: <https://www.sbgeo.org.br/assets/admin/imgCk/files/Livros/apresentacao.pdf>. Acesso em: 22 Jul. 2025.

BURBANK, D. W.; ANDERSON, R. S. **Tectonic geomorphology**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011. Disponível em: <https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-600128-9f864b945d.pdf>. Acesso em 23 Jul. 2025.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em 23 Jul. 2025.

GREGORY, K. J.; WALLING, D. E. **Drainage basin form and process**: a geomorphological approach. London: Edward Arnold, 1973. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1363163>. Acesso em 23 Jul. 2025.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, Tulsa, v. 51, n. 11, p. 2246–2259, 1967. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1130746>. Acesso em 23 Jul. 2025.

KISS, G. P. C.; SANTOS, M. M. Identificação De Anomalias De Drenagem Na Bacia Do Rio Macaé (RJ) Por Meio Do Índice Relação Declividade-Extensão – Rde Como Subsídio A Metodologia Dos Estilos Fluviais. **HUMBOLDT**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, 2024. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/humboldt/article/view/74473>. Acesso em: 23 jul. 2025.

RICCOMINI, C.; ASSUMPÇÃO, M. Quaternary tectonics in Brazil: a review. In: BEZERRA, B.; VITA-FINZI, A.; COSTA, A. M. (ed.). **Quaternary tectonics in Eastern Brazil**. Oxford: Quaternary International, 1999. p. 1–23. <https://doi.org/10.18814/epiugs/1999/v22i3/010>

RODRIGUES, Jeferson Mauricio; DE SOUZA, Jonas Otaviano Praça. Parâmetros de controle de estilos fluviais na bacia hidrográfica do alto curso do rio Piranhas, semiárido paraibano. **Caderno de Geografia**, v. 30, n. 62, p. 650-650, 2020. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2020v30n62p650>

RODRIGUES, W. F.; SALGADO, A. A. R.; MAIA, R. P. Evidências de captura fluvial no semiárido setentrional brasileiro: o caso do divisor entre os rios Acaraú e Aracatiaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 2, p. 1334-1356, 2022. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i2.2047>

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminar. **Revista Geonomos**, 2013. DOI: [10.18285/geonomos.v1i1e2.233](https://doi.org/10.18285/geonomos.v1i1e2.233)

SANTOS, M. dos et al. Interactions between tectonics, bedrock inheritance and geomorphic responses of rivers in a post-rifting upland (Ponta Grossa Arch region, Brazil). **Brazilian Journal of Geology**, v. 52, p. e20210002, 2022. <https://doi.org/10.1590/2317-4889202220210002>



SANTOS, C. R.; ROCHA, P. C. Análise da fragmentação da paisagem na região extremo Oeste Paulista, Brasil. **Geosul**, v. 35, n. 75, p. 325-349, 2020. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n75p325>

SILVA, M. J. M. et al. Morfologias fluviais em ambiente semiárido: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Seridó, Brasil. **William Morris Davis-Revista de Geomorfologia**, v. 4, n. 1, p. 1-15, 2023. Disponível em: <https://williamorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/210>. Acesso em: 23 Jul. 2025.

SILVA, B. O. **As margens dos cursos d'água de Patos de Minas - MG: estudo da relação entre a configuração espacial e a qualidade ambiental urbana**. 2019. 122 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. DOI <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.2202>.

SOARES JÚNIOR, A. V. et al. Evolução do rifteamento e paleogeografia da margem Atlântica Equatorial do Brasil: Triássico ao Holoceno. 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/7410c5c9-714d-4ce6-8049-813d539abd1b>. Acesso em: 23 Jul. 2025.

SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology**. London: Longman, 1991.

TWIDALE, C. R. River patterns and their meaning. *Earth-Science Reviews*, Amsterdam, v. 67, n. 3-4, p. 159-218, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2004.03.001>

