



ANÁLISE DE KNICKPOINTS APLICADA À INTERPRETAÇÃO MORFOESTRUTURAL DO PERFIL LONGITUDINAL: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACARAÚ/CE

Jônatas Gomes do Nascimento¹
Atson Leles Magalhães²
Frederico de Holanda Bastos³

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar o aspecto conceitual e análise de *knickpoints*, tendo como recorte amostral a Bacia Hidrográfica do rio Acaraú, Nordeste do Brasil. A aplicação das métricas de identificação de *knickpoints* representa ferramenta de fundamental importância na identificação de anomalias ao longo do perfil longitudinal, contribuindo para interpretações acerca do controle litológico e possíveis interferências tectônicas. Em termos metodológicos, foram feitos levantamentos bibliográficos sobre geomorfologia fluvial e *knickpoints*, além da aplicação de técnicas de geoprocessamento na área de estudo. Os *knickpoints* representam pontos onde há quebra de declive ou mudança de elevação abrupta no perfil longitudinal que surgem devido a contrastes na litologia, atividade tectônica, erosão regressiva, grandes aportes de sedimentos grosseiros por fluxo de detritos ou deslizamento de terra e entre a junção de afluentes, capazes de indicar variações de níveis topográficos de superfícies de aplainamento. A bacia do Acaraú está situada no contato entre as províncias Borborema e Parnaíba (Ceará) e é marcada pela diversidade litológica, com forte controle estrutural relacionado às deformações do Lineamento Transbrasiliano de sentido NE. Foram identificadas 1242 anomalias sendo 173 de 1º ordem e 1069 de 2º ordem, com maior concentração de *knickpoints* próximos dos divisores da bacia do Acaraú, associados aos escarpamentos do *glint* da Ibiapaba e dos maciços cristalinos da Meruoca, Serra das Matas, justificados por desníveis topográficos relacionados ao controle litológico de erosão diferencial de arenitos e granitos sustentando planaltos em contraste com rochas metamórficas nas superfícies de aplainamento. Em menor proporção, ocorrem *knickpoints* associados com o contato entre o embasamento metamórfico e o *gráben* Jaibaras, evidenciando o controle do Lineamento Transbrasiliano.

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, jonatas.nascimento@aluno.uece.br;

² Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual Do Ceará - UECE, atson.leles@aluno.uece.br;

³ Professor orientador: pós-doutor, Universidade Estadual do Ceará - UECE, fred.holanda@uece.br;

INTRODUÇÃO

A Geomorfologia Fluvial se preocupa em estudar e analisar os aspectos e processos morfológicos da dinâmica fluvial, rede de drenagem, bacias hidrográficas, escoamento dos rios e processos de erosão e deposição dos rios (Christofolletti, 1980).

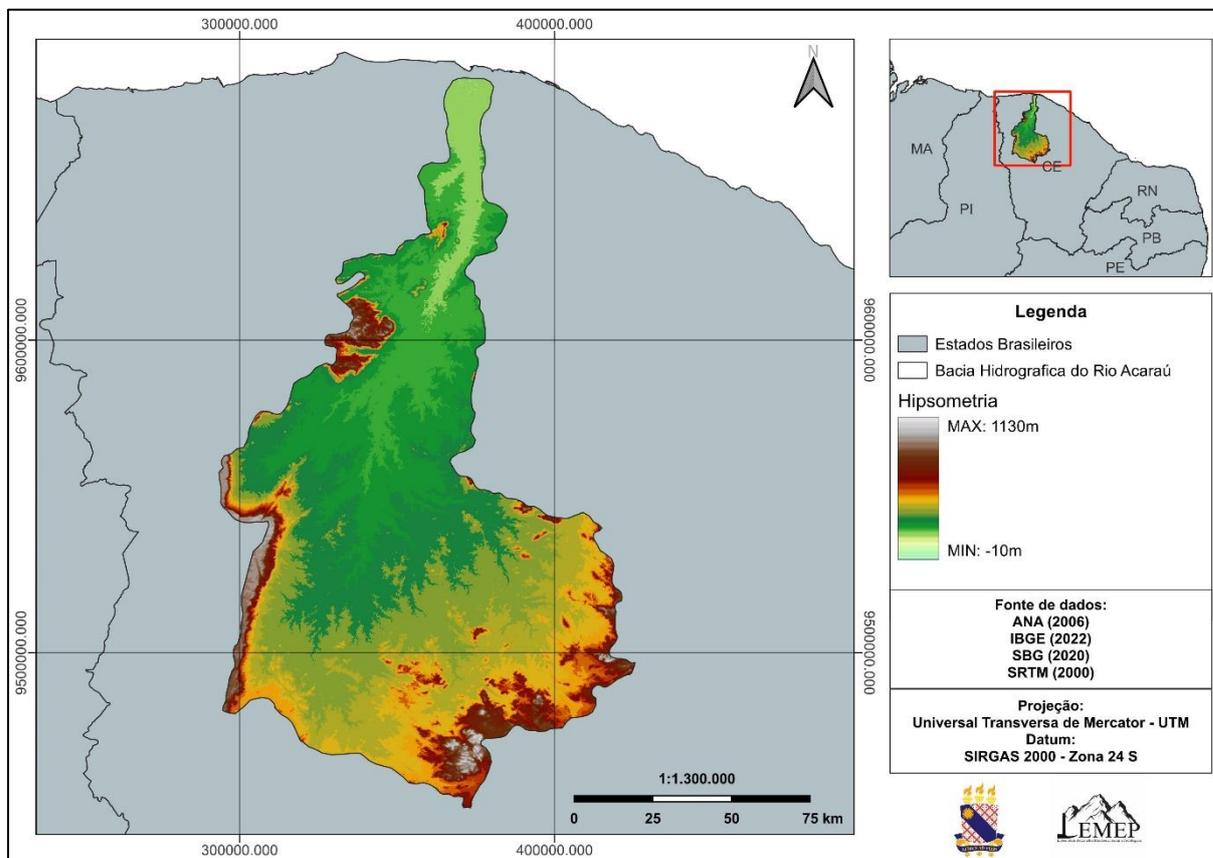
Dentre os elementos morfológicos relevantes na análise de rede de drenagem, destaca-se o perfil longitudinal, que pode ser definido como a descrição da inclinação geométrica de um canal, cuja representação gráfica corresponde à relação de altimetria e o comprimento do curso de água da nascente até a foz (Bowman, 2023, Guerra, 1993), e os principais fatores de controle da sua forma são: litologia, fornecimento de sedimentos para o canal ao longo do tempo e a área de contribuição da drenagem (Bowman, 2023).

O perfil longitudinal é muito importante para geomorfologia fluvial (Fujita et al., 2011), investigação do comportamento dos rios (Monteiro; Souza, 2016) e para análises morfométricas. As análises morfométricas em rede de drenagem auxiliam na identificação de anomalias ao longo do perfil longitudinal e, dentre elas, estão os *knickpoints*.

Os *knickpoints* podem ser definidos como pontos onde há quebra de declive ou mudança de elevação abrupta no perfil longitudinal de um rio. Esses *knickpoints* podem ser transitórios, erodindo e migrando a montante do canal ou permanentes (Rhoads, 2020) e surgir devido a contrastes na litologia, atividade tectônica, erosão, grandes quantidades de injeção de sedimentos grosseiros por fluxo de detritos ou deslizamento de terra e entre a junção de afluentes (Bowman, 2023).

O rio Acaraú (Figura 1) localiza-se no setor centro-norte do estado do Ceará, com nascente na serra das Matas e foz na cidade de Acaraú/CE, com desenvolvimento preferencial no sentido sul-norte, possuindo comprimento de 315 km. O seu canal principal perpassa sobre 19 municípios em contexto climático semiárido, drenando sobre terrenos cristalinos Pré-Cambrianos ao longo de seu alto e médio curso e rochas sedimentares Fanerozoicas no baixo curso (COGERH, 2015), configurando uma complexa organização litoestrutural.

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Acaraú.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao longo do seu perfil longitudinal, o rio Acaraú drena sobre litologias controladas pelo Lineamento Transbrasiliiano (LT), passando pelo Domínio Ceará Central (DCC), em seu alto curso, e Domínio Médio Coreau (DMC), no médio e baixo curso. O canal apresenta fortes evidências de controle estrutural, sobretudo, no âmbito do LT (Brandão; Freitas, 2014).

Tendo em vista a diversidade morfoestrutural no trecho percorrido pelo rio Acaraú, o presente trabalho visa identificar e analisar os *knickpoints*, contribuindo para interpretações morfoestruturais, morfotectônicas e morfoclimáticas no contexto regional analisado.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Foram realizados levantamentos bibliográficos, cartográficos e técnicas de geoprocessamento sobre perfil longitudinal e *knickpoints*, utilizando como palavras-chave: “geomorfologia fluvial”, “*knickpoints*”, “perfil longitudinal” e “rio Acaraú” inseridas nas



plataformas: Google Acadêmico, Portal de Periódicos Capes e Scielo, com o objetivo de encontrar teses, dissertações, livros, artigos, produtos técnicos e mapas ligados ao tema.

As etapas de geoprocessamento foram feitas utilizando os softwares ArcMap 10.8 e QGIS 3.40. Para a extração dos *knickpoints* foi utilizada a ferramenta computacional para ArcGIS “knickpointfinder” cujo o algoritmo identifica e extrai anomalias a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), inserção da escala de trabalho e o valor do intervalo altimétrico que determina o tamanho dos segmentos de drenagem analisados e faz os índices RDE, RDEs (Relação Declividade-Extensão para um trecho fluvial) e RDEt (Relação Declividade-Extensão para a extensão total de um curso d’água) a partir destes dados, o algoritmo encontra e localiza os *knickpoints* e cria uma rede de drenagem e uma camada de pontos em *shapefile* determinando a localização dos *knickpoints* (Queiroz et al., 2015). E são classificadas em anomalias 1ª e 2ª ordem sendo considerado anomalias de 1ª ordem quando a razão entre os índices RDEs e RDEt e superior a 10. As anomalias de 2ª ordem ocorrem quando a razão entre os índices RDEs e RDEt for superior a 2 ou igual ou inferior a 10 (Guillén; Nolasco; Castro, 2023). O MDE utilizado foi STRM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) com resolução de 30 metros proveniente da ferramenta computacional para QGIS “OpenTopography DEM Downloader”.

Após a extração de *knickpoints* foram feitos mapas de densidade utilizando a função mapa de calor (estimativa de densidade kernel) do Qgis dos *knickpoints*, feições estruturais, das falhas geológicas e um mapa hipsométrico.

REFERENCIAL TEÓRICO

O perfil longitudinal representa a descrição da inclinação geométrica de um canal cuja representação gráfica corresponde à relação de altimetria e o comprimento do curso de água da nascente até a foz. Os estudos sobre perfis longitudinais têm raízes profundas na geomorfologia, podendo ser traçados até o século XVI, mencionado por Galileu Galilei em seus escritos sobre escoamento fluvial (Christofolleti, 1981). Mas é Alexandre Surell, em 1841, na obra: *Etude sur les torrentes des Hautes-Alpes*, que ao postular as primeiras leis da morfologia fluvial, estabelece os conceitos de nível de base e perfil longitudinal de equilíbrio (Zancope, 2025).

Estes conceitos passaram a ser desenvolvidos por outros autores ao longo do século XIX com destaque para Grove Karl Gilbert, e retrabalhado por William Morris Davis e o integrando na sua teoria de ciclos de erosão estabelecendo a concepção davisiana de perfil de equilíbrio e o conceito de equilíbrio, sendo equilíbrio a condição balanceada de um rio maturo ou senil. Ao alcançar esse equilíbrio o trabalho fluvial se torna mais eficiente, neste estágio o rio controla a



evolução das vertentes até a senilidade ou recomeço do ciclo geográfico (Zancope, 2025; Christofolletti, 1981).

Levando como base o ciclo de Davis, outros autores expandiram e modificaram esta teoria com destaque para Mackin (1948) e Baulig (1950) durante as décadas de 1940 e 1950, sendo repensada novamente levando em consideração a teoria dos sistemas introduzida na geomorfologia na década de 1950 e novamente levando em consideração a teoria probabilística.

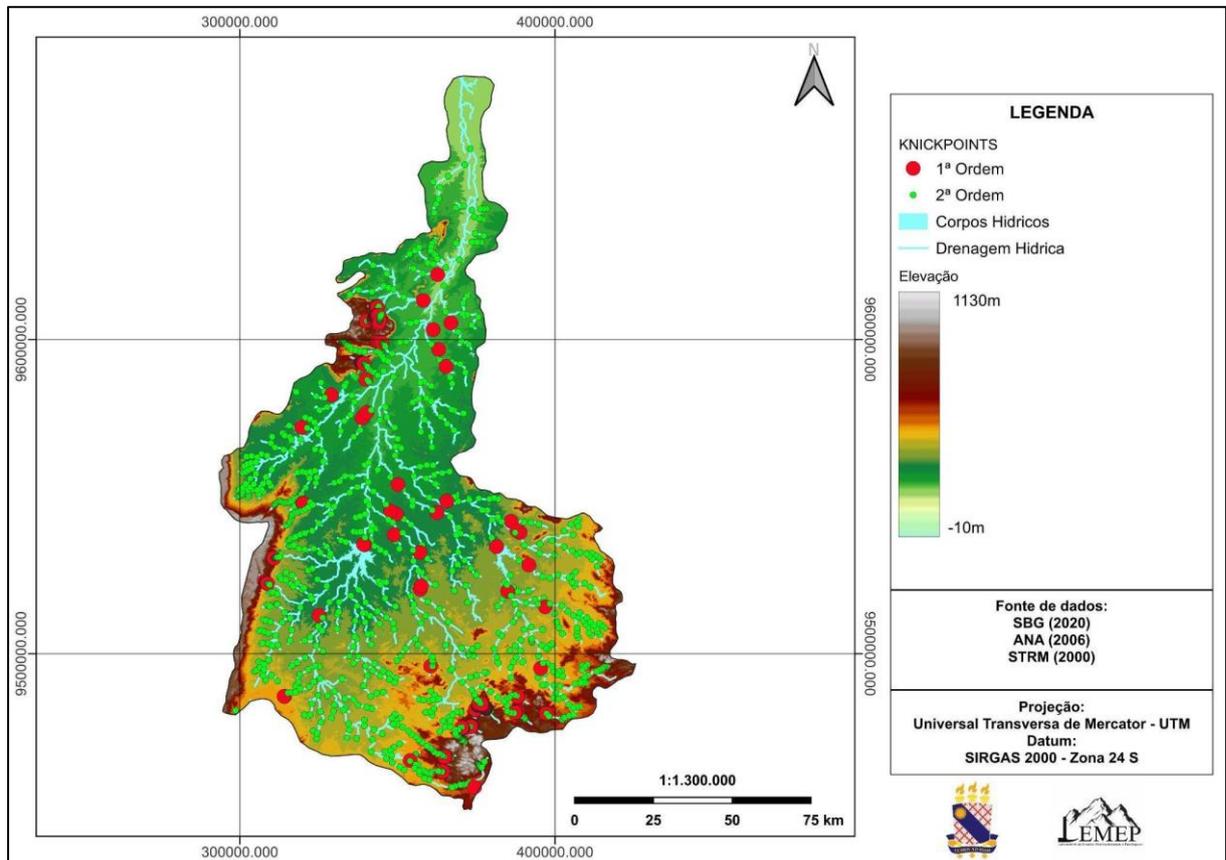
A história dos *knickpoints* nos estudos de geomorfologia está profundamente entrelaçada ao perfil longitudinal. O termo *knickpoint* foi usado pela primeira vez em literatura geomorfológica por Knopf (1924) e desde então vem sendo abordado pelas geociências, a extração do perfil longitudinal é o passo mais importante necessário para se encontrar os *knickpoints* e identificar que pode ser considerado uma anomalia ou não no curso d'água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 1242 anomalias, sendo 173 de 1.^a ordem e 1069 de 2.^a ordem (Figura 2), com maior concentração de *knickpoints* próximo aos divisores da bacia do Acaraú, associados ao escarpamento do *glint* da Ibiapaba e drenados sobre o maciço da Meruoca com a maioria associada a falhas e o contato de superfícies elevadas e rebaixadas em decorrência da erosão diferencial e o maciço da Serra das Matas com *knickpoints* associados ao contato de superfícies elevadas e rebaixadas e a grande densidade de falhas na região. Na superfície sertaneja os *knickpoints* estão associados a diversidade litológica e ao controle estrutural com destaque para as zonas de cisalhamento do rio Groairas e Sobral-Pedro II.

Em menor proporção, ocorrem *knickpoints* associados com o contato entre o embasamento metamórfico e o *gráben* Jaibaras evidenciando o controle do lineamento transbrasileiro e de arenitos e granitos sustentando planaltos em contraste com rochas metamórficas nas superfícies de aplainamento.

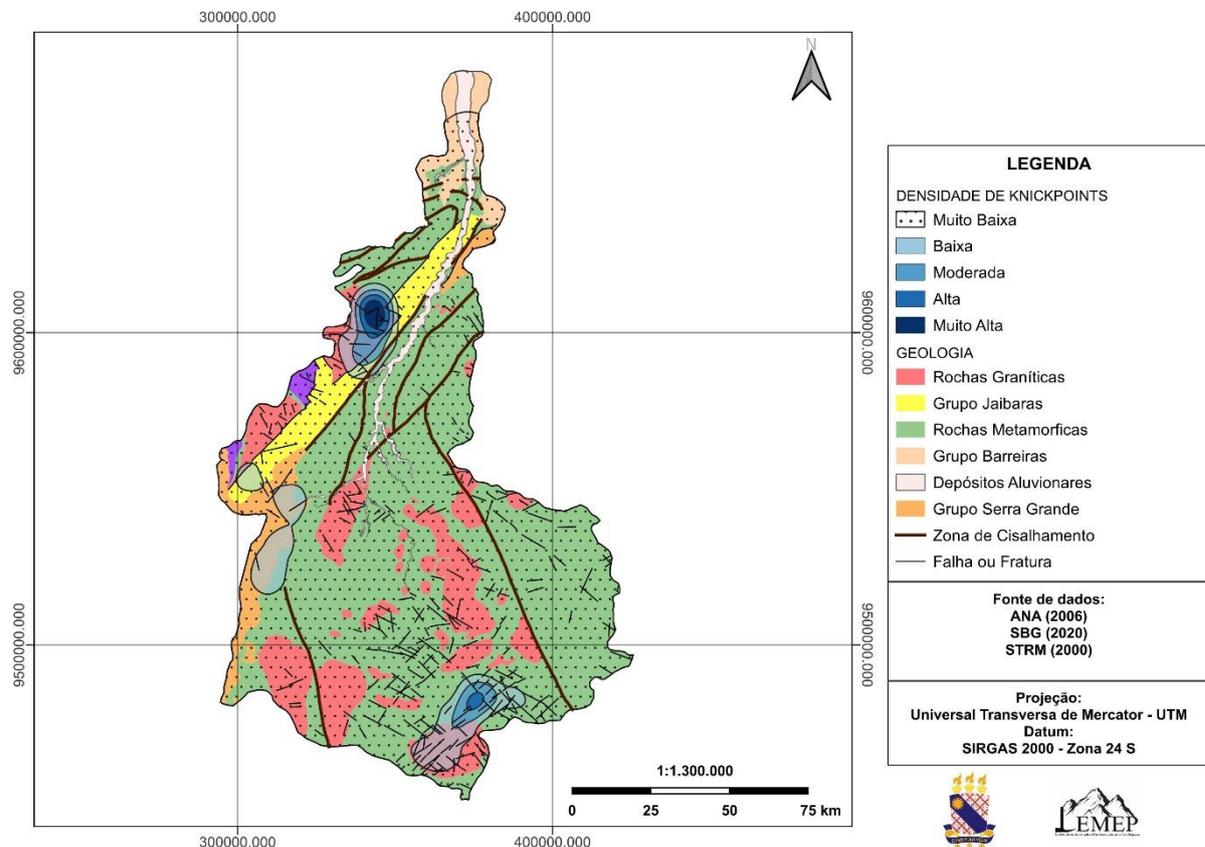
Figura 2 – Distribuição espacial de *knickpoints* identificados na bacia hidrográfica do Acaraú.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O maciço da Meruoca concentra a maior densidade de *knickpoints* associados a falhas (Figura 3), a Serra das Matas apresenta a segunda maior densidade de *knickpoints* da bacia estando associado a grande densidade de falhas e o *glint* da Ibiapaba a terceira maior densidade, justificados por desníveis topográficos relacionados ao controle litológico de erosão diferencial. Na bacia do Acaraú a densidade de *knickpoints* estão majoritariamente associados às rochas graníticas e metamórficas próximas à regiões onde há mudança da litologia.

Figura 3 – Mapa geológico simplificado e de densidade de *knickpoints*.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de *knickpoints* têm sua evolução e desenvolvimento ligados ao perfil longitudinal e a aplicação das métricas (*knickpoints*) representa ferramenta de fundamental importância na identificação de anomalias ao longo do perfil longitudinal do rio Acaraú, contribuindo para interpretações acerca do controle litológico e possíveis interferências com a neotectônica do recorte espacial escolhido, foi possível notar a forte influência do controle estrutural e dos processos erosivos como principal fator determinante na formação e desenvolvimento de *knickpoints*.

Palavras-chave: Rio Acaraú, Anomalias de Drenagem, Geomorfologia Fluvial



REFERÊNCIAS

- BARBOSA, T. S.; LIMA, V. F.; FURRIER, M. Anomalias em padrões de redes de drenagem como fator de verificação de neotectônica – Um estudo de caso nas sub-bacias do rio Mamuaba-PB. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Brasil, v. 26, p. 195–213, 2013 DOI:10.7154/RDG.2013.0026.0010. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/75196>. Acesso em: 9 mar.2025
- BRANDÃO, Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos. **Geodiversidade do estado do Ceará**. 2014.
- BOWMAN, D. **Base-level Impact**. Springer Nature, 2023.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher,1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial: o canal fluvial**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
- COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Comitê da Bacia Hidrográfica do Acaraú. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/eixos-de-atuacao/gestaoparticipativa/comites-de-bacias-hidrograficas/comite-da-bacia-hidrografica-do-acarau>>. Acesso em: 25 ago. 2015.
- FUJITA, R. H. et al. Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR. **Brazilian Journal of Geology**, v. 41, p. 597-603, 2011.
- GUERRA, A. T. Dicionário geológico-geomorfológico. 8. ed. **Rio de Janeiro: Bertrand Brasil**, Rio de Janeiro: IBGE, 1993.
- GUILLÉN, A. J. G.; NOLASCO, M. C.; CASTRO, P. de T. A. Modelagem dos níveis de base fluviais da bacia do rio Jacuípe, nordeste semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 24, n. 3, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i3.2358. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2358>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- KNOPF, E. B. Correlation of residual erosion surfaces in the eastern Appalachian Highlands. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 35, n. 3, p. 633-668, 1924.
- MACKIN, J. H. Concept of the Graded River. **The Geological Society of America Bulletin**, v. 59, p. 463-512, 1948.
- MONTEIRO, D. C. S.; SOUZA, J. O. P. Perfil longitudinal e aplicação do índice de gradiente na bacia riacho do Tigre, Semiárido paraibano. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 11; 2016, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2016.
- QUEIROZ, Gustavo Lopes; SALAMUNI, Eduardo; NASCIMENTO, E. R. Knickpoint finder: A software tool that improves neotectonic analysis. **Computers & Geosciences**, v. 76, p. 80-87, 2015. DOI: 10.1016/j.cageo.2014.11.004 0098-3004.
- RHOADS, B. L. **River dynamics: Geomorphology to support management**. Cambridge University Press, 2020.
- ZANCOPE, M. H. C. **Análise morfodinâmica do Rio Mogi Guaçu**. 2008. 11p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1607975>. Acesso em: 5 mar. 2025.