

## 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

IDENTIFICATION OF DRAINAGE ANOMALIES IN THE MACAÉ CATCHMENT (RJ) FROM THE STREAM GRADIENT INDEX – (SL INDEX) AS A SUBSID TO THE RIVER STYLES FRAMEWORK

### RESUMO



A identificação de estilos fluviais é uma importante metodologia de classificação de rios aplicada à gestão hídrica e tem como base diferenciar segmentos fluviais com características de comportamento de processos fluviais distintos. Para validar as mudanças dos processos fluviais que justificam, muitas vezes, a distinção entre os segmentos fluviais propostos na referida metodologia, buscou-se a aplicação do Índice Relação Declividade-Extensão (RDE) proposto inicialmente por J.T. Hack, em 1973 e adaptado por outros autores. A aplicação desse índice pode identificar anomalias na concavidade natural do perfil longitudinal do rio, de modo que a normalização dos valores de gradiente e a identificação de anomalias de drenagem (ou *knickpoints*) em cada segmento sejam mapeados. O objetivo do trabalho é apresentar os resultados da aplicação deste índice da relação declividade extensão (RDE) em sua etapa automatizada e sua relação com os estilos fluviais já identificados na Bacia do Rio Macaé. A metodologia do trabalho constou da elaboração do RDE em análise conjunta da metodologia dos Estilos Fluviais. Os resultados mostram uma concentração de anomalias de nos estilos fluviais localizados nas áreas mais a montante da bacia, cuja rede de drenagem está caracterizada com forte a moderado controle estrutural. Os estilos com maiores concentrações de anomalias são segmentos em que se caracterizam pela presença de feições do tipo corredeiras e ocasionalmente quedas verticais e pela ocorrência de planícies ocasionais que corrobora na definição do estilo fluvial.

Palavras-Chave: Geomorfologia Fluvial; Índice de Hack, Relação Declividade-Extensão; Classificação de rios; Estilos Fluviais.

### ABSTRACT

The identification of fluvial styles is an important methodology for classifying rivers applied to water management and is based on differentiating river segments with characteristics of distinct fluvial process behaviors. To validate the changes in fluvial processes that often justify the distinction between proposed river segments in the mentioned methodology, the application of the Slope-Length Ratio (SLR) Index proposed initially by J.T. Hack in 1973 and adapted by other authors was sought. The application of this index can identify anomalies in the natural concavity of the river's longitudinal profile, so that the normalization of gradient values and the identification of drainage anomalies (or *knickpoints*) in each segment can be mapped. The objective of the study is to present the results of the application of this slope-length ratio (SLR) index in its automated stage and its relationship with the fluvial styles already identified in the Macaé River Basin. The methodology of the study consisted of the development of SLR in a joint analysis with the Fluvial Styles methodology. The results show a concentration of anomalies in the fluvial styles located in the upstream areas of the basin, whose drainage network is characterized by strong to moderate structural control. The styles with the highest concentrations of anomalies are segments characterized by the presence of features such as rapids and occasionally vertical drops, and by the occurrence of occasional plains, which contributes to defining the fluvial style.

Keywords: Fluvial Geomorphology; Hack Index; Slope-extend Relation; River classification; River Styles.

 Gustavo Pinheiro Cabral Kiss<sup>1</sup>  
 Mônica Marçal dos Santos<sup>2</sup>

1 – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

2 – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Correspondência: [gustavocabral@ufrj.br](mailto:gustavocabral@ufrj.br)

Recebido em: 28-03-2023

Aprovado em: 21-02-2024



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons BY-NC-SA 4.0, que permite uso, distribuição e reprodução para fins não comerciais, com a citação dos autores e da fonte original e sob a mesma licença.



## INTRODUÇÃO

Os ambientes fluviais compõem sistemas complexos de interação multiescalar ao mesmo tempo em que se constituem como espaços e paisagens sensíveis de transformação face às alterações de dinâmicas naturais e àquelas derivadas das intervenções antropogênicas (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; SCHUMM, 2005; MAGALHÃES JR e BARROS, 2020; MARÇAL et al., 2022).

A pressão secular das mudanças ocorridas sob a natureza atua de maneira multiescalar, em menor ou em maior intensidade nos espaços, marcada direta ou indiretamente por sua natureza Global. Um dos ambientes naturais capazes de expor as alterações sistêmicas, numa curta escala temporal, são os ambientes fluviais (SCHUMM, 2005). Marcados por um dinamismo na atuação dos processos fluviais, os elementos da paisagem desses espaços se encontram em recorrente transformação, e a remontagem de seus possíveis cenários evolutivos subsidiam a compreensão da formação daquela paisagem, como explicitam, também, as pressões, naturais ou não, exercidas sobre os ecossistemas (SCHUMM, 2005). Face à complexidade e diversidade dos ambientes fluviais, destaca-se a importância da compreensão e monitoramento desses espaços, pois assumem inúmeras funções de importância social e ecossistêmica.

Nessa perspectiva, a busca por metodologias que consolidem leituras holísticas que visem cenários e previsões futuras dos comportamentos fluviais tem sido um desafio constante. No espectro dos estudos de bacia hidrográfica, a metodologia dos Estilos Fluviais (*River Styles Framework*®) tem adquirido certo destaque como ferramenta de classificação dos rios, a partir de um conjunto de dados hierarquicamente organizados (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). A classificação de segmentos fluviais não é recente nos estudos de bacias hidrográficas, diversas metodologias foram propostas levando em consideração critérios e finalidades diferentes (ZERNITZ, 1932; PARVIS, 1950; SCHUMM, 1963; MEIJÍA e NIEMANN, 2008, dentre outros). Entretanto, é uma metodologia que tem se destacado por agregar princípios básicos no campo da Geomorfologia Fluvial, no qual busca-se localizar, para cada segmento fluvial, os principais ajustes e mudanças de comportamento dos processos e a sua relação com o sistema de drenagem da bacia. Trata-se, portanto, de uma abordagem que demanda

conhecimentos multidisciplinares, para fins de avaliação da condição em que os rios se encontram, assim como, também, seu potencial de recuperação.

No sentido de compreender os limites dos segmentos fluviais definidos pela metodologia de classificação, a aplicação de parâmetros morfométricos como o Índice Relação Declividade-Extensão (RDE) tem contribuído na identificação de anomalias de drenagens, onde muitas vezes expressam as mudanças ocorridas na dinâmica dos processos. Isso possibilita ter maior definição na delimitação dos segmentos fluviais e das mudanças dos processos associados.

O Índice Relação Declividade-Extensão (RDE) proposto inicialmente por J.T. Hack, em 1973 e adaptado por outros autores (ETCHEBEHERE et al., 2006; QUEIROZ et al., 2014) permite identificar anomalias significativas na concavidade natural do perfil longitudinal do rio, fazendo com que a normalização dos valores de gradiente e a identificação de anomalias de drenagem (ou knickpoints) em cada trecho de seu curso sejam identificados e mapeados.

O RDE é um parâmetro morfométrico que se propõe a analisar as características e o comportamento da drenagem, como por exemplo a avaliação do controle lito-estrutural em bacias hidrográficas (PAES e SILVA, 2017), investigação de atuação neotectônica (ETCHEBEHERE et al., 2006; FUJITA et al., 2011), evolução da rede de drenagem e mudanças de processos fluviais (SORDI et al., 2018), análises morfoestruturais e morfotectônicas de bacias hidrográficas (NETO e FILHO, 2013), dentre outras abordagens.

As múltiplas possibilidades de leitura dos resultados derivados do uso do parâmetro permitem uma análise multiescalar, no sentido de compreender comportamentos e características gerais e servir de aporte em estudos aplicados, uma vez que permitem identificar segmentos anômalos, trechos assimétricos e abrem espaço para mapeamentos de detalhe.

No presente trabalho, o RDE se apresenta como ferramenta útil para identificação de anomalias no perfil longitudinal, às quais podem indicar a presença de feições geomorfológicas presentes no canal fluvial, como também, servir de subsídio para compreender as mudanças de comportamento dos segmentos fluviais definidos pela classificação dos estilos fluviais.

Dessa maneira, a identificação de anomalias de drenagem ao longo do trecho fluvial e conseguinte caracterização de segmentos anômalos, pode ser útil em etapas específicas da metodologia de classificação, onde buscam-se identificar, na escala do canal, características e unidades geomorfológicas para validar as mudanças dos processos fluviais que justificam, muitas vezes, a distinção entre os segmentos fluviais propostos na metodologia de classificação dos rios.

Visto isso, o objetivo do trabalho é apresentar os resultados da aplicação do Índice Relação Declividade-Extensão (RDE), em sua etapa automatizada, e sua relação com os estilos fluviais já identificados na bacia do rio Macaé.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

A bacia do rio Macaé, com aproximadamente 1.800 km<sup>2</sup>, está localizada em sua maior parte na Região Norte Fluminense, onde abrange importantes municípios do norte do estado como Nova Friburgo e Macaé. É uma área que assume importante protagonismo no abastecimento público e aporte às atividades produtivas da região, como por exemplo às relacionadas à indústria do petróleo (desde o final da década de 1970) e a pecuária extensiva (desde as primeiras décadas do século XX), dentre outras atividades.

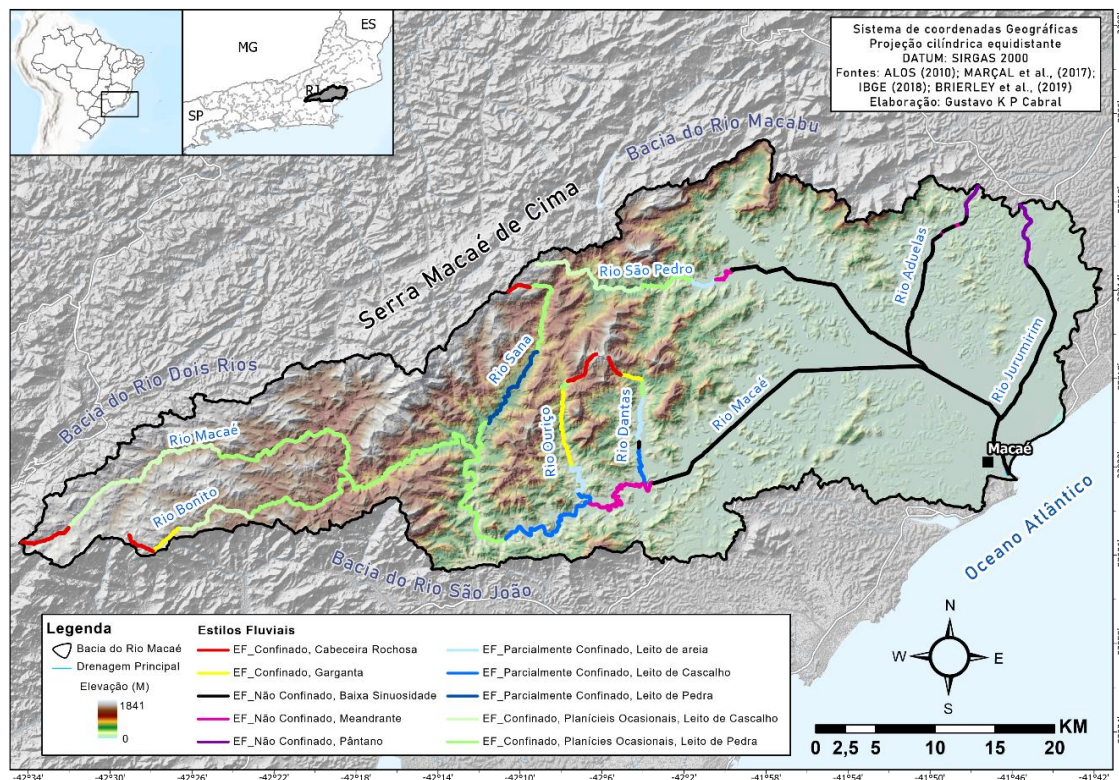
A geomorfologia da área da bacia, de acordo com Silva (2002), se insere no contexto do Planalto Atlântico e das Escarpas da Serra dos Órgãos e no domínio das Depressões Tectônicas Mesozóicas-Cenozóicas, marcado pela Região dos Tabuleiros Costeiros e dos Terraços e Planícies Fluviais e/ou Fluviomarinhas. Em vista disso, Marçal et al., (2015) ressaltam que a bacia apresenta três segmentos definidos pelos limites dos compartimentos geomorfológicos, sendo eles caracterizados pelo padrão de serras escarpadas e vertentes íngremes em todo domínio do alto curso, com a presença de morros e colinas no domínio de transição e a presença de extensas planícies de inundação do rio Macaé e do seu principal afluente rio São Pedro no seu baixo curso.

Para além de sua importância regional, o sistema fluvial da bacia do rio Macaé foi alvo de intervenções ao longo do século XX, como a retificação de canais aluviais e aumento da ocupação dos espaços de vales, margens e encostas da bacia (ASSUMPÇÃO e MARÇAL, 2012). Em especial na década de 1980, a mudança funcional na Região

Norte Fluminense, devido a chegada da indústria do petróleo na Bacia de Campos, intensificou o processo de urbanização e aumentou a demanda dos recursos hídricos.

Nesse sentido, a área de estudo tem sido foco de estudos relacionados à dinâmica dos rios, sobretudo os relacionados aos monitoramentos dos processos fluviais, os seus ajustes e mudanças com vistas a serem aplicados à compreensão da trajetória de evolução, com destaque aos trabalhos de identificação dos Estilos Fluviais na bacia realizado por Marçal et al., (2017), com atualização em BRIERLEY et al., (2019), na qual foram definidos dez Estilos Fluviais com características e comportamento distintos (Figura 1), sendo eles: Confinado de Cabeceira Rochosa, Confinado estilo Garganta, Confinado com Planícies Ocasionais Leito de Pedra, Confinado com Planícies Ocasionais Leito de Cascalho, Parcialmente Confinado Leito de Areia, Parcialmente Confinado Leito de Cascalho, Parcialmente Confinado Leito de Pedra, Não Confinando Meandrante, Não Confinado Pântano, Não Confinado de Baixa Sinuosidade.

Figura 1 - Localização da área de estudo e os estilos fluviais da bacia do rio Macaé.

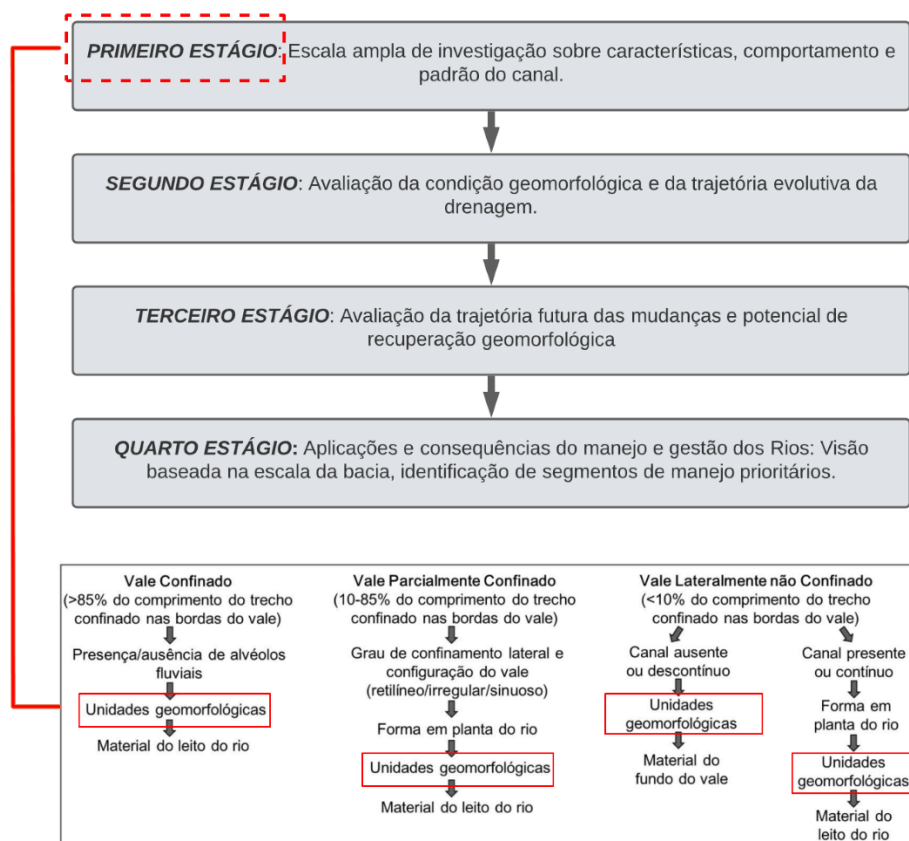


Fonte: IBGE (2018); MARÇAL et al., (2017); BRIERLEY et al., (2019).

## Metodologia

A metodologia da pesquisa teve como base a aplicação e análise do Índice de Relação Declividade-Extensão (RDE), com destaque aos trabalhos de J.T. Hack e adaptado por outros autores, em análise conjunta com os estilos fluviais identificados para a bacia do rio Macaé por Marçal *et al.*, (2017). A identificação dos estilos fluviais foi baseada na metodologia de classificação proposta por Brierley e Fryirs (2005) e abrangeu uma das etapas de elaboração do primeiro estágio (do total de quatro estágios) (Figura 2).

Figura 2 - Estágios da metodologia dos estilos fluviais e detalhamento metodológico da primeira etapa.



Fonte: Adaptado de Brierley e Fryirs

Nessa etapa, busca-se identificar o grau de confinamento da drenagem, e para cada segmento, propõe-se a reunião de informações estratégicas para o entendimento do comportamento e das características do canal. Algumas dessas informações são comuns para todos os segmentos, dentre estas as unidades geomorfológicas e o material do leito do rio, os quais são considerados como peças-chaves para a interpretação das características e do comportamento do canal (BRIERLEY e FRYIRS, 2005).

A identificação das unidades geomorfológicas pode ser feita por meio do mapeamento de detalhe na escala do canal, como também identificados a partir de métricas e parâmetros morfométricos. A exemplo de unidades a nível do canal, pode-se citar feições deposicionais como barras e ilhas, assim como unidades que indicam atuação de controle estrutural e/ou litológico como degraus, corredeiras, cachoeiras, dentre outras, estas que podem se apresentar em formas de anomalias de drenagem, como rupturas de declive e concavidades no perfil longitudinal.

Dessa forma, a exemplo do Índice Relação Declividade-Extensão (RDE), este possui potencial em identificar áreas geológico-geomorfológicas anômalas discriminadas por possíveis desequilíbrios no perfil longitudinal dos canais que podem ser, em função de mudanças no substrato geológico, alterações no aporte de carga e/ou tectonismo (HACK, 1973). Para além do proposto, o mapeamento dessas anomalias (*knickpoints*) por meio do RDE, pode indicar unidades geomorfológicas presentes no canal como corredeiras, quedas verticais, degraus, dentre outras feições, tal como servir de subsídio para compreender a mudança de comportamento dos segmentos fluviais.

O Índice Relação Declividade-Extensão (RDE) foi proposto inicialmente por J.T. Hack, em 1973 e pode identificar anomalias significativas na concavidade natural do perfil longitudinal do rio, fazendo com que a normalização dos valores de gradiente e a identificação de anomalias de drenagem (ou *knickpoints*) em cada trecho de seu curso sejam identificados e mapeados. O índice pode ser calculado por meio da equação:

$$RDEt = \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

$$RDEs = \frac{\Delta H}{\Delta L} \times L$$

$$RDE = \frac{RDEs}{RDEt}$$

Onde “ $\Delta H$ ” representa a diferença altimétrica entre dois pontos distintos da drenagem e “ $\Delta L$ ” é a distância entre os pontos (HACK, 1973) (ETCHEBEHERE *et al.* 2006) (MAGALHÃES JR e BARROS, 2020). O índice permite o cálculo para segmentos inteiros (RDE) e para recortes do mesmo (RDEs) onde “ $L$ ” corresponde a distância entre o ponto mais jusante e o ponto mais a montante da drenagem.

Além disso, esse índice permite a classificação por grau de anomalia, o que expressa a sua intensidade na paisagem. Segundo Seeber e Gornitz (1983) os valores superiores a 2 são considerados pontos anômalos. Os valores presentes no intervalo entre  $2 \leq RDEs/RDEt \leq 10$ , configura-se como anomalia de 2ª ordem. E quando o valor for maior que 10 ( $> 10$ ) considera-se uma anomalia de 1ª ordem. A diferença da natureza das anomalias varia de acordo com sua ordem, sendo considerado as de primeira ordem como as mais intensas na paisagem, as quais representam rupturas de declive mais proeminentes, enquanto que as de segunda ordem apresentam menores intensidades (MAGALHÃES JR e BARROS, 2020).

Em vista disso, são três as etapas principais de operacionalização da pesquisa em questão: aquisição de dados, mapeamento e discussão dos resultados. Na primeira etapa foram realizadas obtenções de arquivos vetoriais em formato *shapefile*. (*.shp*) com destaque para base de dados do IBGE (2018). Além dos dados dessa natureza, foram levantadas também imagens do tipo *raster* oriundas do ALOS (PALSAR) disponibilizado pela plataforma ASF (*Alaska Satellite Facility*). Por fim, adquiriu-se arquivos vetorizados utilizados na publicação dos trabalhos relacionados à classificação dos estilos fluviais realizados na Bacia do rio Macaé (MARÇAL *et al.*, 2017; BRIERLEY *et al.*, 2019).

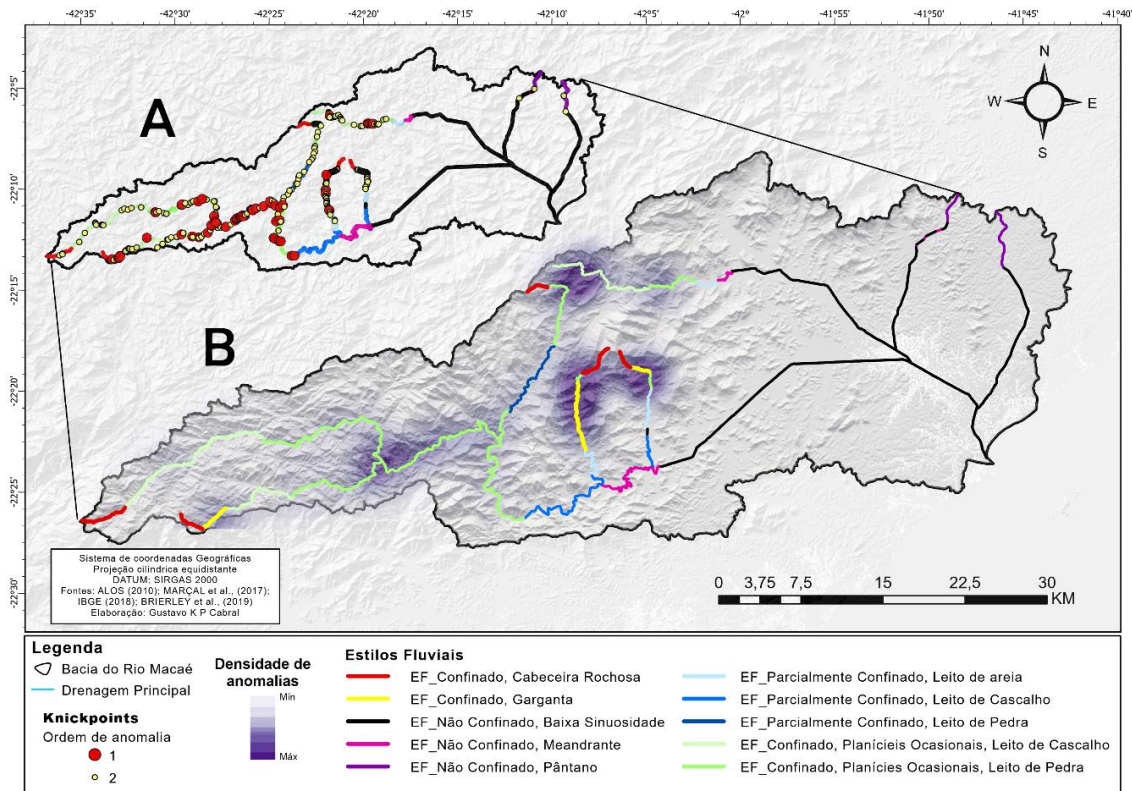
Para o mapeamento das anomalias de drenagem, foi utilizado o software de extensão do Arcgis, *KnickPoint Finder*® criado e disponibilizado pelo Grupo de pesquisa em neotectônica da Universidade Federal do Paraná (QUEIROZ *et al.*, 2014). A extensão em questão demandou uma série de procedimentos e tratamento do *raster*, geração de uma rede de drenagem a partir do modelo digital de elevação, interpolação da rede de drenagem, correção de eventuais trechos anômalos e outros procedimentos de formatação dos arquivos gerados. Em consequente, os arquivos são gerados em formato gráfico ponto, com a localização variando de acordo com a precisão do modelo *raster* utilizado.

## RESULTADOS

Os resultados mostram, através do mapeamento, uma concentração de anomalias de drenagem identificadas nos estilos fluviais localizados nas áreas mais a montante da bacia, cuja rede de drenagem está caracterizada com forte a moderado controle estrutural e com a presença de vales confinados, como no caso do Estilo Fluvial em Vale Confinado do Tipo Garganta (figura 3).



Figura 3 - (A) Localização dos Knickpoints na bacia; (B) Densidade de Knickpoints por estilo fluvial na Bacia.



Fonte: IBGE (2018); MARÇAL et al., (2017).

O Estilo Fluvial Garganta, localizado nas áreas mais elevadas da bacia é caracterizado por uma drenagem fortemente controlada pela estrutura do vale e por apresentar quedas verticais abruptas tais como corredeiras, os quais se configuram como rupturas de declive e como anomalias de drenagem. Observou-se, ainda, uma concentração das anomalias de drenagem nos trechos dos rios caracterizados pela ocorrência de planícies ocasionais que corrobora na definição do estilo fluvial com a ocorrência de planícies descontínuas.

Quando em análise da quantidade de anomalias por extensão de cada estilo fluvial (tabela 1) foi possível identificar que em determinados estilos, os *Knickpoints* representam importantes feições presentes em grandes segmentos da drenagem que caracterizam morfologicamente determinado estilo. Dessa maneira, os *Knickpoints* presentes nos estilos fluviais Garganta e os dois estilos confinados com planícies ocasionais, se apresentam como feições morfológicas de destaque em considerável parte dos segmentos dessas drenagens.

Tabela 1: Quantificação dos Knickpoints mapeados na bacia e segmentados por estilo fluvial.

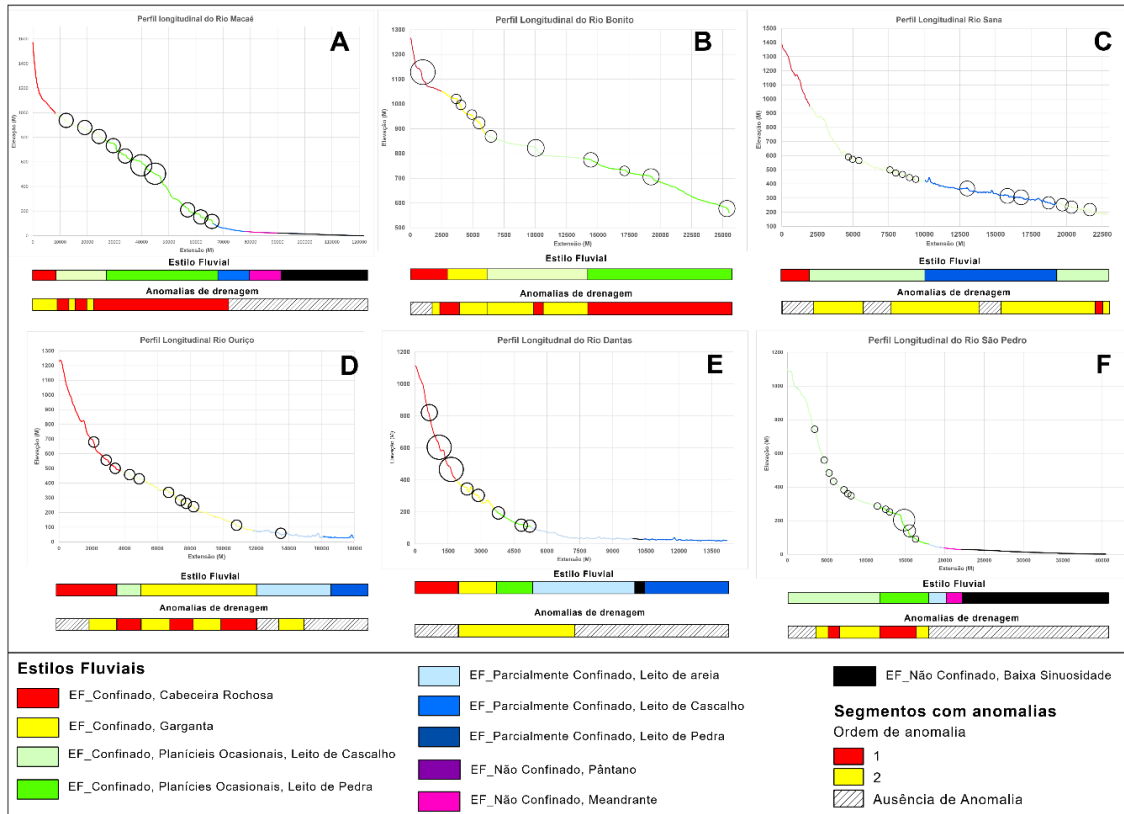
<b>Knickpoints na bacia do rio Macaé</b>				
Total de anomalias				299
Anomalias de primeira ordem				68
Anomalias de segunda ordem				232
<b>Knickpoints por Estilo fluvial na bacia</b>				
<b>Estilo fluvial</b>	<b>Extensão (KM)</b>	<b>Total de anomalias</b>	<b>Anomalias por KM</b>	<b>Percentual</b>
Confinado Cabeceira rochosa	14,7	19	1,3	6%
Garganta	11,5	75	6,5	25%
Confinado Planície ocasional leito de cascalho	38,6	45	1,2	15%
Confinado Planície ocasional leito de pedra	78,3	137	1,7	46%
Parcialmente confinado, leito de pedra	8,8	14	1,6	5%
Parcialmente confinado, leito de cascalho	17,3	0	0,0	0%
Parcialmente confinado, leito de areia	11,2	9	0,8	3%

Fonte: Os autores (2022).

A aplicação do índice RDE na Bacia do Rio Macaé também permitiu analisar a existência de concentrações das anomalias em trechos anteriores à mudança de um estilo, o que indica um padrão característico. Nos casos dos trechos de estilos fluviais de cabeceira íngreme, quando alteram-se para outro estilo, seja Estilo Fluvial Garganta ou estilo com planície ocasional (leito de pedra ou cascalho), tendem a apresentar maiores quantidades de anomalias. Tal cenário indica que a variação do controle estrutural mesmo que sensível, explicitada pela mudança de um estilo fluvial com percentuais diferentes de confinamento de vale, é um potencial indicativo para presença de anomalias.

Nas análises dos perfis longitudinais (figura 4), reitera-se novamente a presença de anomalias nos estilos fluviais anteriormente destacados, tanto em drenagens localizadas mais a montante como também a jusante da bacia.

**Figura 4:** Mosaico dos perfis longitudinais dos canais com indicação de segmentos anômalos por estilo fluvial classificado para os canais principais da Bacia. Em destaque preto as rupturas de declive mais expressivas no perfil: (A) Perfil longitudinal do rio Macaé; (B) Perfil longitudinal do rio Bonito; (C) Perfil longitudinal do rio Sana; (D) Perfil longitudinal do rio Ouriço; (E) Perfil longitudinal do rio Dantas; (F) Perfil longitudinal do rio São Pedro.



Fonte: Os autores (2023).

Chama atenção em alguns casos a presença de segmentos anômalos de distintas ordens anterior a mudança de um estilo fluvial. A exemplo do rio Macaé, as anomalias de segunda ordem aparecem associadas ao estilo de cabeceira íngreme e a transição para o estilo fluvial confinado de planícies ocasionais é marcada pela presença de anomalias de outra natureza, até o domínio do estilo de planícies ocasionais com leito de pedra. O mesmo cenário ocorre quando em análise do rio Bonito, do rio Ouriço e do rio São Pedro.

Além disso, a nível de unidades geomorfológicas, as rupturas de declive podem ser representadas por feições presentes na escala do canal que podem alterar significativamente a dinâmica hidrossedimentológica daquele trecho, podendo levar a reajustes a montante e a jusante do canal. Em parte, tal fato aliado a outros condicionantes,

ajudam a explicar em parte as mudanças no comportamento e padrão de estilos fluviais em outros segmentos.

Figura 5: Exemplo de um Knickpoint de 2ª ordem mapeado no rio Sana, no Estilo Fluvial parcialmente confinado, leito de pedra. Modelo em escala com aproximadamente 1,80m.



Fonte: Fotografia tirada durante trabalho de campo pelos autores (2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desafio de compreender os ambientes fluviais em toda sua dinamicidade é complexo e demanda releituras contínuas. Dessa forma, a busca por subsidiar metodologias que se proponham a enxergar esses ambientes em perspectiva, deve ser um esforço incessante em vista de contribuir para formação de conhecimentos sólidos com potencial aplicação na gestão desses espaços. A definição dos estilos fluviais na Bacia do Rio Macaé por Marçal *et al.*, (2017) proporcionou a compreensão de funcionamento dos processos nos compartimentos geomorfológicos que são bem definidos na área da bacia.

A aplicação do índice RDE na bacia, no entanto, mostrou-se de forma eficiente na confirmação desses limites, uma vez que os diferentes padrões identificados em segmentos de transição entre estilos distintos, corroboram no delineamento dos limiares entre um segmento e outro. Para além disso, a identificação de feições esperadas em cada estilo fluvial aprimora a compreensão dos processos inerentes em cada segmento.

Nesse sentido, se faz interessante a análise dos *knickpoints* em conjunto com os Estilos Fluviais por dois motivos centrais. O primeiro deles é devido ao potencial de

indicar a existência de unidades geomorfológicas. Os *knickpoints* podem ser expressos na paisagem pelas unidades geomorfológicas anteriormente citadas, que são esperadas em determinado estilo fluvial seguindo os critérios da metodologia, de maneira a subsidiar a confirmação de uma classificação, a partir da existência das feições esperadas.

O segundo diz respeito ao *knickpoint* como potencial indicador para mudança, mesmo que sensível, dos confinamentos de vales. Tendo como uma das etapas iniciais da metodologia a análise do confinamento de vale, se faz importante a leitura sob diversos indicadores de modo a complementar o resultado. Por tal, alguns estilos, mesmo que classificados em um mesmo grupo hierárquico de confinamento (confinado, parcialmente confinado e não confinado) apresentam percentuais de confinamentos distintos. Os vales íngremes de cabeceira apresentam maiores índices de confinamento, os estilos classificados como confinados com planícies ocasionais, por mais que estejam inseridos no mesmo grupo de confinamento, apresentam percentuais menores do que o estilo anterior. A existência de *Knickpoints* dessa forma podem indicar essas mudanças sensíveis de confinamento que aprimoram a identificação e diferenciação de estilos fluviais.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC e ao CNPQ pelo auxílio financeiro da chamada PIBIC - PIBIC Nº 21/2022 durante a pesquisa. Aos colegas de pesquisa pelo suporte durante o processo.

## REFERÊNCIAS

- ASSUMPÇÃO, André Polly; MARÇAL, Mônica dos Santos. Retificação dos canais fluviais e mudanças geomorfológicas na planície do Rio Macaé (RJ). **Revista de Geografia (UFPE)**. Vol. 30, n.3., p. 19-36, 2012.
- BELARMINO, Yuri da Silva; BASTOS, Frederico de Holanda. Análise morfoestrutural e aplicação do índice declividade extensão (RDE) na bacia hidrográfica do rio Ubatuba, divisa CE/PI, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Vol. 22, n.2., p.441-462, 2021.
- BRIERLEY, Gary; FRYIRS, Kristie; MARÇAL, Mônica dos Santos; LIMA, Raphael. The use of river styles framework as a tool to work with nature in managing rivers in brazil: Examples from the Macaé catchment. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOMORFOLOGIA**. Vol. 20, p. 751-771, 2019.

- ETCHEBEHERE, Mario Lincoln de Carlos; SAAD, Antonio Roberto; SANTONI, Gisele; CASADO, Fabio da Costa; FULFARO, Vicente José. Detecção de prováveis deformações neotectônicas no vale do rio do Peixe, Região Ocidental Paulista, mediante aplicação de índices RDE (Relação Declividade-Extensão) em segmentos de drenagem. **Revista UNESP – Geociências**. Vol.25, n. 3, p.271-287, 2006.
- FUJITA, Rafaela Harumi; GON, Priscilla Panzarini; STEVAUX, Jose Cândido; SANTOS, Manoel Luiz dos; ETCHEBEHERE, Mario Lincoln. Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR. **Revista Brasileira de Geociências**. Vol. 41, n.4., p. 597-603, 2011.
- HACK, John Tilton. Stream-profile analysis and stream-gradient index. U.S. **Geol. Survey, Jour. Research**, Vol. 1, n.4, p.421-429, 1973.
- HOWARD, Arthur David. Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation. **American Association of Petroleum Geologist Bulletin**, Stanford, California., Vol. 51, n.11, p. 2246- 2259, 1967.
- MAGALHÃES JR, Antônio Pereira; BARROS, Luiz Fernando de Paula (Org.). **HIDROGEOMORFOLOGIA - Formas, processos e registros sedimentares fluviais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. 1ªed. 417p
- MARÇAL, Mônica dos Santos; BRIERLEY, Gary; LIMA, Raphael Nune de Souza. Using geomorphic understanding of catchment-scale process relationships to support the management of river futures: Macaé Basin, Brazil. **Applied Geography**. Vol. 84. p. 23-41. 2017.
- MARÇAL, Mônica dos Santos; CASTRO, Adão Osdayan Cândido de; LIMA, Raphael Nunes de Souza. Geomorfologia Fluvial e Gestão dos rios no Brasil. In: JÚNIOR, Osmar Abílio de Carvalho; GOMES, Maria Carolina Villaça; GUIMARÃES, Renato Fontes; GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso (org.). **Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira**. Brasília : Universidade de Brasília: Selo Caliandra, 2022. v. 1. 1057p. p. 240-264.
- MARÇAL, Mônica dos Santos; RAMOS, Renato Rodriguez Cabral; SESSA, Juliana Cabral; FEVRIER, Paulo Vinicius Fevrier. Sedimentação Fluvial Quaternária no vale do alto curso do Rio Macaé, estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Vol. 16, n.3, 2015.
- MEJIA, Alfonso I; NIEMANN, Jeffrey D. Identification and characterization of dendritic, parallel, pinnate, rectangular, and trellis networks based on deviations from planform self- similarity. **Journal of Geophysical Research-Earth Surface**, n. 113, p. 1–21, 2008.
- NETO, Roberto Marques; FILHO, Archimedes Perez. Análise morfoestrutural e morfotectônica da bacia do rio Capivari, sul de Minas gerais: a neotectônica e as superfícies geomorfológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Vol. 14., n.4, p.271-277, 2013.
- PAES, Thainá Vasconcelos; SILVA, Telma Mendes da. Indicadores geomorfológicos de controles litológicos e/ou estruturais - bacia do rio Guapi-Açu, Cachoeiras de Macacu (RJ). **Revista de Geografia – PPGeo - UFJF**, Juiz de Fora - MG, Vol. 7, n. 2, p. 107-123, 2017.

- PARVIS, Merle. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks, **Photogrammetric Engineering.**, Vol. 16, p. 375-409, 1950.
- QUEIROZ, Gustavo Lopes; SALAMUNI, Eduardo; NASCIMENTO, Edenilson Roberto do. Knickpoint finder: A software tool that improves neotectonic analysis. **Computers & Geosciences**, Vol. 76, p. 80-87, 2014.
- SCHUMM, Stanley Alfred. A tentative classification of alluvial river channels. **US Geological Survey Circular**, Washington, DC., Vol. 477, 1963.
- SCHUMM, Stanley Alfred. **River Variability and Complexity**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- SEEBER, Leonardo; GORNITZ, Vivien. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, Vol. 92, p. 335-367, 1983.
- SILVA, Telma Mendes da. **A Estruturação Geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro**. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 263p, 2002.
- SORDI, Michael Vinicius de; VARGAS, Karine Bueno; FORTES, Edilson. Mecanismos controladores do rearranjo fluvial: o caso da captura do Ribeirão laçador pelo Ribeirão laçadorzinho, Faxinal, (PR). **Revista Continentes (UFRRJ)**. Vol. 7., n.12, p.146-173, 2018.
- SOUZA, Pilar Amadeu de; MARÇAL, Mônica dos Santos. Hidrossedimentologia e Conectividade do Rio Macaé, Norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista GeoUERJ**. Vol. 27, p.176-201, 2015.
- ZERNITZ, Emilie R. Drainage Patterns and Their Significance. **Journal of Geology**. Vol. 40, p.498-521, 1932.