

IDENTIFICAÇÃO DE KNCICPOINTS NA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO CINZENTO REGIÃO SUDESTE DO PARÁ

Eduardo Franco Santos¹
Abraão Levi dos Santos Mascarenhas²

INTRODUÇÃO

O relevo compreende um elemento da natureza relevante, cujo estudo possibilita a identificação das inter-relações entre os demais elementos constituintes da paisagem. Dentre os métodos de análise para compreender os processos envolvidos destaca-se aqui o índice de Hack ou Índice SL (relação slope vs. length) proposto por Hack 1973.

Dentre os estudos de caráter regional em detecção de atividades de natureza tectônica com parâmetros morfométricos na rede de drenagem, pode-se citar as contribuições de Etchebehere (2000; et al 2004). Onde ele denomina RDE (Relação Declividade Extensão) através da relação entre a drenagem e a morfometria do relevo para detecção de áreas de deformações neotectônicas na Bacia do rio Peixe, São Paulo.

Os estudos de deformação de superficial demonstram que os cursos d'água configuram os elementos mais sensíveis às modificações tectônicas, respondendo de imediato a quaisquer deformações crustais, sejam eles de pequenas escalas e magnitudes (ETCHEBEHERE et al., 2006).

Tais limiares refletem knickpoints e/ou knickzones (Kps) ao longo da drenagem representando pontos anômalos a serem investigados a partir do ponto de vista de possíveis atividades de natureza tectônica. Segundo Crosby & Whipple (2006) knickpoints são quebras ou rupturas de declive, que criam anomalias de relevo no perfil longitudinal do canal de um rio.

Com a premissa de investigar as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Cinzento, objetivou-se aplicar o índice RDE para a identificação de eventuais áreas com anomalias de relevo na drenagem, como setores de alteração bruta de altitude, como ruptura e deformações nos canais. Através da extração automática utilizando como recursos o software chamado Knickpoint Finder, programado na

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - PA, 201940210030@unifesspa.edu.br.

² Professor orientador: Doutor em Geografia em USP, abraãolevi@unifesspa.edu.br.

linguagem Python para uso acoplado ao software de sistemas de informação geográfica ArcGIS v.10.1®.

A área analisada abrange majoritariamente o município de Marabá e uma pequena porção situada a leste no limite com o município de São Felix do Xingu, região sudeste do estado do Pará, norte do Brasil. Corresponde à bacia hidrográfica do Rio Cinzento afluente da margem esquerda do rio Itacaiúnas (Figura 1).

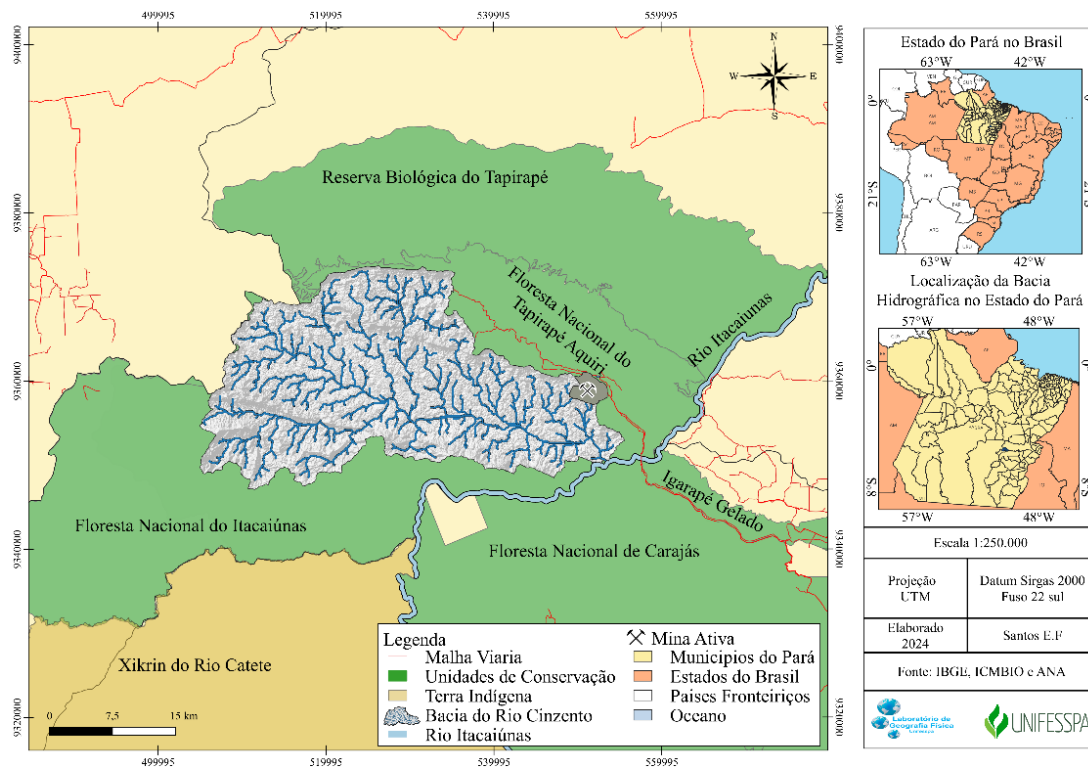


Figura 1 – Mapa de localização da bacia do rio Cinzento - PA.

Fonte: Autores, 2024.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Os procedimentos adotados consistiram em duas etapas sendo a primeira através da revisão bibliográfica, consultando o arcabouço conceitual a partir das obras que embasam os assuntos sobre geomorfologia, tais como as características dos sistemas de drenagens e sua relação com knickpoints. Para segunda etapa a coleta de dados primários foram consultadas as seguintes bases:

- Dados planimétricos – vetores das Unidades de Conservação Federal (ICMBIO,2024) dos Municípios abrangidos pela área de estudo (IBGE, 2021), da rede Hidrográfica (ANA,2022).

- Dados geoespaciais obtidos por meio de Sensoriamento Remoto – Modelo Digital de Superfície (MDS) do Programa ALOS resolução espacial de 30 m, imagens digitais do sensor PALSAR obtidas no site <https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar/>, referente ao levantamento pela Advanced Land Observing Satellite World 3D Topographic (AW3D30-NASA).

Organizada a base de banco de dados georreferenciadas para o posterior mapeamento das feições geomorfológicas na bacia de estudo. Para o mapeamento das anomalias de drenagem, foram utilizados os recursos de geoprocessamento em ambiente SIG, através da ferramenta chamada Knickpoint Finder, programada na linguagem Python de código aberto disponibilizado no sítio eletrônico do Grupo de Pesquisa em Neotectônica da Universidade Federal do Paraná (<http://www.neotectonica.ufpr.br>) (QUEIROZ et al., 2014). Para uso acoplado ao software de sistemas de informação geográfica ArcGIS v.10.1®.

O Knickpoint Finder busca locais onde há quebras de relevo em segmentos de drenagens, perenes ou intermitentes que em síntese estão localizados em um rio, com base nos métodos de Hack (1973). A extensão em questão demanda uma série de procedimentos do raster, como a geração de uma rede de drenagem a partir do MDS e dos pontos anômalos de forma automática, anulando a complexidade inerente à identificação manual.

Identificadas as anomalias estas serão classificadas pelo seu grau de intensidade expresso na paisagem. Para isto das serão adotados os critérios estabelecidos por Seeber & Gornitz (1983), que definiram os setores anômalos os valores superiores a 2 (dois) podendo variar até 10 (dez) indicam anomalias de segunda ordem. Sendo as maiores anomalias consideradas de primeira ordem, quando possuem valores iguais ou acima de 10 (dez).

REFERENCIAL TEÓRICO

Estudos anteriores sobre perfis de rios, material rochoso na região dos apalaches Hack (1957) foram essenciais para embasar conceitualmente o índice o Stream Gradient Index ou simplesmente índice SL relação declive (slope) vs. comprimento de curso (length) proposto inicialmente por Hack (1973). Baseado na premissa que a rede de

drenagem possui propriedades geométricas tridimensionais que podem ser descritas quantitativamente.

O gradiente de um curso de água está relacionado com o relevo e o regime do curso de água, desta maneira o índice pode ser obtido através de medições simples em mapas topográficos, ou por medições fotogramétricas que envolvem medições de diferença de altitude e comprimento do rio.

Derivado do índice de Hack, o RDE leva em consideração o aumento da energia da corrente em determinado segmento da drenagem, utilizando como variável a declividade da superfície do canal (ETCHEBEHERE, 2004). Que por sua vez foi utilizado para criar o algoritmo que identifica os knickpoints, o software knickpoint finder. O índice RDE pode ser calculado da seguinte maneira:

$$RDEt = \frac{\Delta H}{\Delta L} \quad RDEs = \frac{\Delta H}{\Delta L} \times L \quad RDE = \frac{RDEs}{RDEt}$$

Onde:

- ΔH = Corresponde a diferença altimétrica em metros da nascente até a foz do rio em metros.
- ΔL = É o comprimento em metros de um trecho a outro levando.
- L = Corresponde à extensão total (em linha reta) que vai da nascente do canal até o ponto final do trecho para onde o índice RDE está sendo calculado (m).

O RDE demonstra ser de extrema relevância pois identifica áreas geológicas e geomorfológicas com diferenças de declividade de um curso fluvial em relação a sua altimetria (ETCHEBEHERE, 2000).

Comparado as tecnologias que foram lançadas a épocas do estabelecimento do índice, a escolha e utilização do software knickfinder tem por foco a automatização e aceleração do processo da análise geomórfica e morfométrica no contexto geomorfológico, possibilitando um bom grau de precisão e detalhe na busca de anomalias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia do Rio Cinzento é marcada por rochas intrusivas representadas pelo metagranito Igarapé gelado referem-se a um complexo alongado de metagranitoides

com forte presença de rochas encaixadas e zonas de cisalhamento (TAVARES; OLIVEIRA e LIMA, 2021).

A rede de drenagem é composta por canais que possuem suas nascentes em terrenos adjacentes mais elevados sobre a serra dos carajás, cinzento e redenção com cotas altimétricas que variam de 400 a 600 metros. Formando uma rede constituída por diversos tributários e um rio principal - Cinzento, denotada por uma bacia hidrográfica endorreica que deságua na margem esquerda do rio Itacaiúnas (Figura 2).

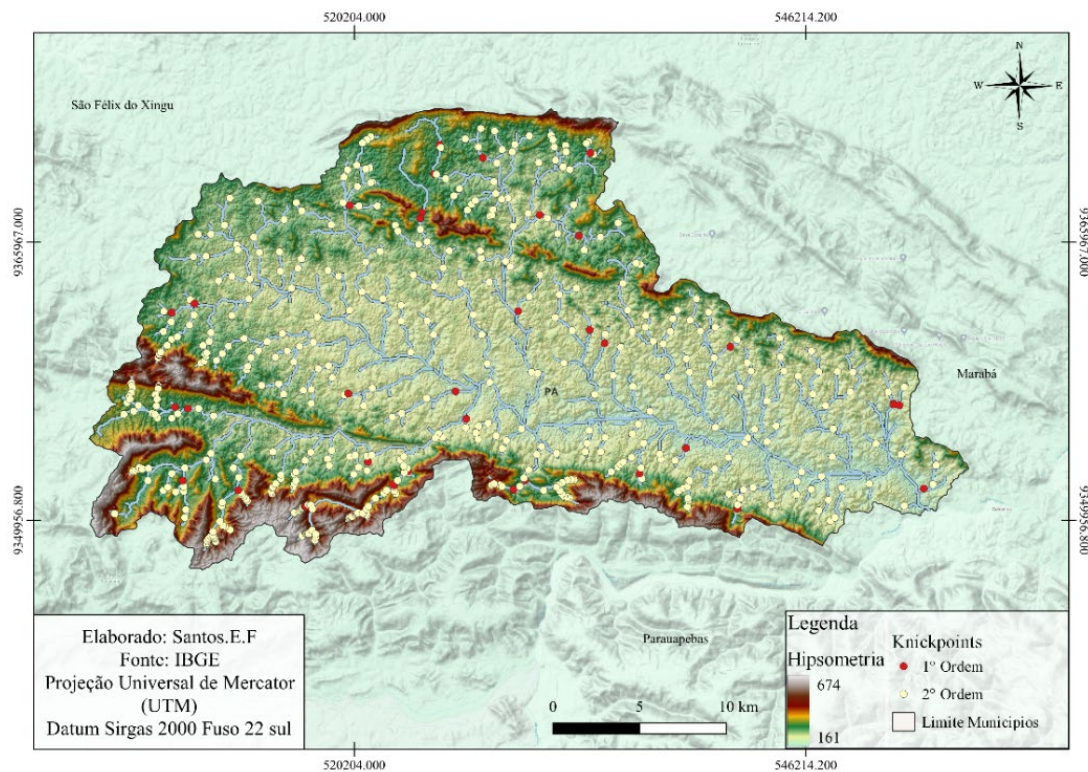


Figura 2 – Mapa da hipsométrico da bacia do rio cinzento - PA.
Fonte: Autores, 2024.

Onde no qual se evidencias nas cabeceiras de drenagem uma concentração maior de Knickpoints de 2º ordem em síntese caracterizadas pelas nascentes, canais de primeira ordem (1º) e nos canais de segunda ordem (2º), ao todo foram mapeadas 508 anomalias tabela 1.

Tabela 1: Quantificação dos Knickpoints mapeados na bacia segmentados

Anomalias de Primeira Ordem	44
Anomalias de Segunda Ordem	464
Total de Anomalias	508

Os resultados mostram que através do mapeamento uma dispersão de anomalias de drenagem identificadas tanto a jusante e a montante. Pela hierarquia fluvial de Strahler (1952) a bacia é classificada de quarta ordem (4°) figura 3.

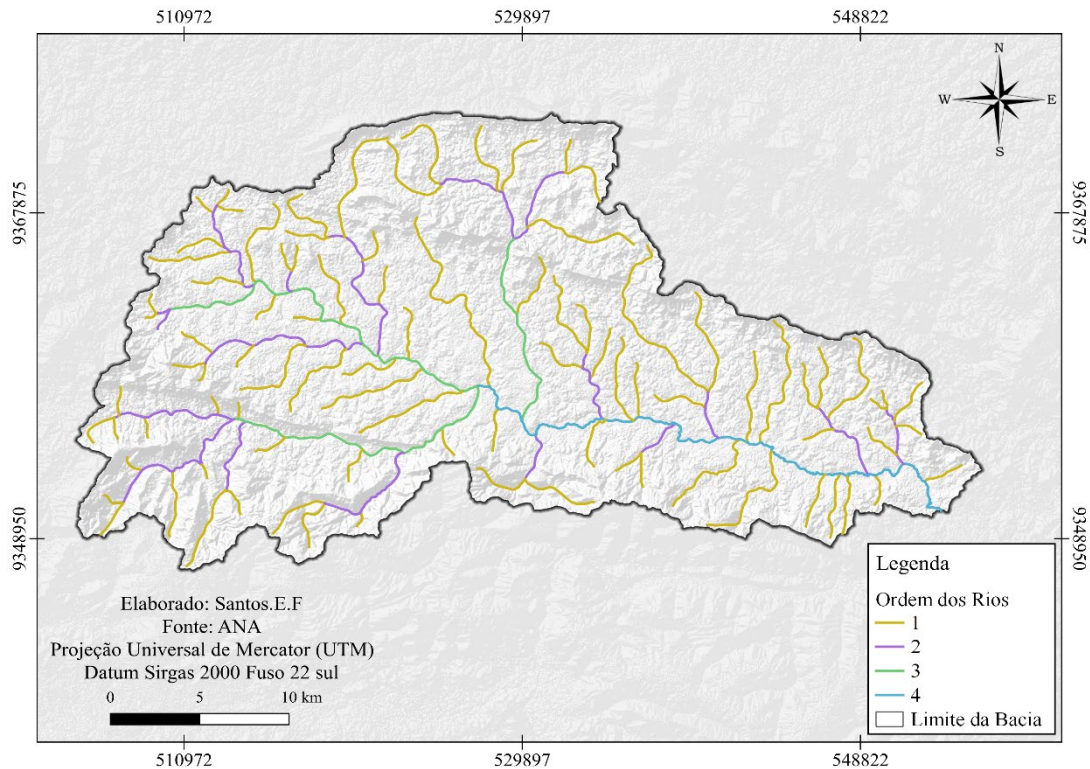


Figura 3 – Mapa da hierarquia fluvial bacia do rio cinzento - PA.
Fonte: Autores, 2024.

As bacias hidrográficas possuem um equilíbrio extremamente sensível a qualquer mudança. Neste sentido a quantidade de anomalias explicita um “desequilíbrio” na rede de drenagem em relação ao perfil longitudinal resultado de mudanças na declividade de um canal fluvial associadas a diferentes resistências à erosão hidráulica do substrato lítico e/ou à atividade tectônica (Etchebehere, 2000).

Este cenário indica áreas suspeitas de atividades tectônicas recente mudança de comportamento dos segmentos fluviais que podem estar associada ao controle estrutural e/ou litológico. Contudo não se descarta a hipótese da ação dos processos erosivos e intempéricos que agem de forma diversa sobre os em litotipos variados, sendo necessário uma análise mais aprofundada em campo.

O índice RDE é um potencial indicativo para presença de anomalias na área de estudo. A exemplo das mudanças nos canais fluviais, pode-se citar possíveis feições

unidades geomorfológicas presentes na bacia hidrográfica do rio Cinzento como corredeiras, quedas verticais, degraus, cachoeiras, dentre outras feições que são expressas nas formas de anomalias de drenagem, como rupturas de declive e concavidades no perfil longitudinal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que a bacia hidrográfica do rio Cinzento encontrasse em uma área de difícil acesso, majoritariamente preservada e os seus elementos fisiográficos (relevo, vegetação e hidrografia) impede a identificação e mensuração dos elementos geomorfológicos ou morfoestruturais notáveis por mera visualização de em imagens de satélite ou fotografias aéreas.

Deste modo diante das dificuldades centradas na complexidade de localização in situ de um dado elemento geomórfico, a aplicação do índice RDE sistematizado na busca automatizada no software Knickfinder possibilitou distinguir diferentes anomalias nos canais dentro da bacia do Cinzento.

Cabe ressaltar que a automatização dos parâmetros morfométricos estabelecidos por Hack e Etcheberre revela-se uma ferramenta ágil na identificação rápida de áreas sujeitas a movimentações e ruptura de declive suaves e abruptas por caracterizar o nível de base e desenvolvimento da rede de drenagem. Servindo como subsídio para interpretações posteriores de maior detalhe confirmando, a importância da aplicação desse método.

Palavras-chave: Anomalias; knickpoints, RDE.

REFERÊNCIAS

Advanced Land Observing Satellite Advanced Land Observing Satellite (ALOS-NASA). Modelo Digital de Superfície (MDS). Disponível em: <https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar/>. Resolução espacial: 30m. 2011. Acesso em 08 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Catálogo de Metadados da ANA. 2022. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/32e309da-a8c1-443f-90ac-0cd79ce6a33d#:~:text=A%20Base%20Hidrográfica%20Ottocodificada%206,o%20QGIS%20e%20o%20ArcGIS>. Acesso em 06 ago. 2024.

CROSBY, T.B.; WHIPPLE, K.X. Knickpoint initiation and distribution within fluvial networks: 236 waterfalls in the Waipaoa River, North Island, New Zealand. *Geomorphology*, 82:16-38, 2006.

ETCHEBEHERE, M. L. D. C. Terraços neoquaternários no vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: Implicações estratigráficas e tectônicas. Rio Claro. 2v. Tese de Doutorado – IGCE, UNESP, 2000.

ETCHEBEHERE, M. L. C.; 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 neogênicas. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, v. 4, n. 2, p. 43-56, 2004.

ETCHEBEHERE, M.L.C.; SAAD, A.R.; SANTONI, G.; CASADO, F.C.; FULFARO, V.J. 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 Geociências**, UNESP, v.25, n.3, p.271-289, 2006.

HACK, J.T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. **Shorter Contributions to General Geology**, p. 45-97, 1957.

HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **Journal of Research of the us Geological Survey**, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.

IBGE.INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em 06 ago. 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais. Acesso em 06 ago. 2024.

Neotectonics research group. Brazil. Available at Disponível em: <http://www.neotectonica.ufpr.br/2013/>. UFPR, 2013. Acesso em 08 ago. 2024.

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.

SEEBER, L. GORNITZ, V. River Profiles **along the Himalayan arc as indicators of active tectonics**. **Tectonophysics**, v. 92, p. 335-367, 1983.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

TAVARES, F.M.; OLIVEIRA, J.K.M.; LIMA, R.B. **áreas de relevante interesse mineral – província mineral de Carajás, Pa**: controles críticos das mineralizações de cobre e ouro do lineamento do cinzento os, Estados do Pará Belém, 2021.