

Geomorfologia Tectônica entre a escarpa serrana e a planície flúvio-marinha de Paraty: avaliação do controle tectonoestrutural na evolução e dinâmica do relevo e da drenagem a partir de índices morfotectônicos e geomorfométricos

Pires dos Santos, L. (UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO) ; Delgado Mendes, L. (UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO)

RESUMO

O objetivo da pesquisa é analisar o controle tectonoestrutural na evolução e dinâmica do relevo e da drenagem da bacia hidrográfica do rio Perequê Açu (Paraty - Cunha) a partir de índices morfotectônicos e geomorfométricos. Os resultados mostram basculamento, maiores anomalias no rio Sertão, concavidades mais altas próximas à foz, com diminuição à montante, exceto Sertão e Toca do Ouro, esses com trechos convexos e desajustes à montante. Os rios mais equilibrados são Pedra Branca e Perequê Açu. Os perfis topográficos em faixas longitudinais têm rebaixamento e índices baixos para a integral hipsométrica (THi) no setor inferior e valores moderados à montante. Os perfis transversais indicam THi moderado e correlação com o basculamento. A área reflete as condições do contexto geológico regional, principalmente o controle tectonoestrutural, com compartimentos que indicam soerguimentos e influenciam a dinâmica hidrogeomorfológica.

PALAVRAS CHAVES

morfotectônica; geomorfometria; evolução do relevo; bacias hidrográficas; dinâmica hidrogeomorfológica

ABSTRACT

The study aims to analyze controls in the structural tectonic evolution and dynamics of the relief and drainage of the Perequê Açu river basin (Paraty - Cunha) from morphotectonic and geomorphometric indices. The results show tilted areas, higher anomalies in the Sertão river, rivers tend to have higher concavity indexes close to the mouth, with a decrease upstream, with the exception of the Sertão and Toca do Ouro. The most balanced rivers are Pedra Branca and Perequê Açu. The longitudinal profiles are lowering downstream with lower THi, however moderate in the upstream. The topographic profiles in transverse bands indicate moderate THi values and a correlation to the basin tilting. This area reflects the regional geological context, mainly with the influence of the lithostructural control, which is reflected in the morphotectonic configuration with compartments which may be associated with uplift in the tectonic evolution and hydrogeomorphological dynamic.

INTRODUÇÃO

A análise de condições morfoestruturais e morfotectônicas de bacias de drenagem pode ser realizada a partir de análises quantitativas via parâmetros geomorfométricos, uma vez que a rede de drenagem é importante elemento da paisagem na Geomorfologia Tectônica. Entre os índices utilizados estão incluídos a Relação declividade-extensão (RDE) ou Índice de Hack (HACK, 1973), Fator de assimetria da bacia de drenagem (FABD) (HARE e GARDNER, 1985), Fator de simetria topográfica transversal (FSTT) (COX, 1994), Perfil Topográfico de faixa, o Perfil Normalizado (PÉREZ-PEÑA et al., 2017), Lineamentos Morfoestruturais (CHIANG, 1984), Integral Hipsométrica (Hipsometryc Integral - HI) (KELLER & PINTER, 1996), Índice de Atividade Tectônica (IAT) (EL HAMDOUNI et al., 2008), entre outros. As áreas de escarpas serranas podem apresentar características e/ou condições relacionadas com a evolução geológica e geomorfológica regional e importantes na dinâmica da área e relacionadas com a energia do relevo e a dinâmica hidrogeomorfológica. Portanto, as informações sobre tais características também são necessárias sob o ponto de vista da gestão territorial. Já nas áreas costeiras, Souza (2005) descreve que apresentam uma particularidade geomorfológica importante que condiciona o desenvolvimento de

cheias: em geral, as cabeceiras e a maior área de captação das bacias encontram-se em terrenos do embasamento com declividades elevadas a médias, enquanto que o restante da bacia está implantada sobre terrenos de planície costeira, com declividades baixas até nulas. Com isso, os rios de planície costeira recebem enorme volume de água proveniente das encostas, mas o coeficiente de escoamento diminui fortemente devido às baixas declividades e à ação de represamento das águas doces causada pelas marés que adentram os canais estuarinos e lagunares. Portanto, qualquer estudo de suscetibilidade morfométrica em áreas costeiras deve levar em consideração que essas bacias apresentam dois compartimentos geomorfológicos distintos, que devem ser analisados individualmente (SOUZA, 2005). Nesse contexto, a pesquisa tem como objetivo analisar o controle tectonoestrutural na evolução e dinâmica do relevo e da drenagem da bacia hidrográfica do rio Perequê Açu (Paraty - Cunha) a partir de índices geomorfométricos para contribuir para a interpretação sobre as características morfoestruturais e morfotectônicas que possam influenciar na dinâmica dessa área especialmente afetada por um processo de uso e ocupação que gera condições de risco geomorfológico. Inserida geomorfológicamente no Domínio Morfoestrutural do Planalto Atlântico, na unidade das Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina e unidade de Planícies Fluviais e Flúvio-Marinha (SILVA, 2002), tem nascentes na Serra da Bocaina e setor inferior que corta o centro histórico da cidade de Paraty. A Serra da Bocaina é uma porção da Serra do Mar situada no limítrofe entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Conforme Amador (1988), a Serra do Mar, com as suas diversas denominações locais (Órgãos, Araras, Bocaina etc.), de direção SW-NE, é um bloco falhado e basculado para o norte, produzindo em decorrência uma escarpa íngreme para o mar. Dispondo-se como uma grande barreira de escarpa de linha de falha, se apresenta nessa região com desníveis que chegam a alcançar 2.400 metros (AMADOR, 1988). Sendo um importante divisor de águas regional, os rios que fluem para o sul drenam a escarpa oceânica em direção a baía da Ilha Grande, enquanto os rios que correm para o norte drenam a escarpa interior rumo ao vale do rio Paraíba do Sul (SILVA, 2006). Em geral, essas bacias apresentam grandes amplitudes altimétricas no alto e médio cursos, com elevada declividade. Ao alcançar as planícies costeiras, predominantemente de pequena extensão, os canais apresentam ruptura de declive abrupta.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram gerados no ArcGIS® 10.5, licença do Laboratório de Geociências e Estudos Ambientais do Instituto Multidisciplinar - UFRRJ, a partir de complementos e imagem Alos Palsar (Alaska Satellite Facility), com 12,5 metros de resolução espacial. O índice Relação Declividade-Extensão (RDE) ou índice de Hack (HACK, 1973) foi gerado via Knickpoint Finder (SALAMUNI et al. 2013). Baseada em Etchebehere et al. (2004), utiliza imagem raster com a elevação de onde é extraída a drenagem e calculados os índices por segmento (RDEs) e total (RDEt). Os cálculos estão detalhados nas referências relacionadas. Foram definidas cinco classes de anomalias, de acordo com Pires e Mendes (2021), a partir de adaptação das classes de Andrades Filho (2010) e Etchebehere et al. (2006), que são: menores que 2; maiores que 2 e menores que 4; maiores que 4 e menores que 6; maiores que 6 e menores que 8; maiores que 8 e menores que 10; e maiores que 10. De acordo com Seeber e Gornitz (1983), os trechos entre 0 - 2 não apresentam anomalias, ou seja, a região está equilibrada; de 2 -10 são anomalias de 2ª ordem; e acima de 10 são anomalias de 1ª ordem. Como observam Etchebehere et al. (2004), é uma técnica simples, rápida e apropriada para avaliações de natureza regional, permitindo definir setores anômalos em cada padrão de drenagem, sendo uma importante ferramenta de análise nos estudos neotectônicos (ETCHEBEHERE et al., 2004). O Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD), proposto por Hare e Gardner (1985), indica a assimetria com base na migração lateral do canal. Os valores de FABD iguais ou próximos a 50 indicam que não há basculamento. Todavia, quando o valor é menor que 50, pode indicar um basculamento para a margem esquerda e, quando maior que 50, para a margem direita. Salamuni et al. (2004) destacam que esse deslocamento é causado por processos fluviais internos ou atividades tectônicas. Os Perfis Topográficos em faixa (1000 m) foram gerados via SwathProfiler, com os valores máximos, mínimos e médios de elevação (PÉREZ-PEÑA et al., 2017). Têm sido usados amplamente para caracterizar a topografia em escala regional (GROHMANN, 2005) e muito úteis na geomorfologia tectônica (TELBISZ et al., 2013). Para a obtenção dos dados examina-se a integral hipsométrica (HI), definida por Keller e Pinter (1996) como a área sob a curva hipsométrica. Os valores de HI próximos a 1 indicam elevações médias próximas das elevações máximas, uma

paisagem jovem transitória, e os valores HI próximos de 0 indicam paisagem madura com elevações médias próximas do mínimo (PÉREZ-PEÑA et al., 2017). Os autores propõem o uso da Integral Hipsométrica Transversa (THi) que normaliza e corrige variações hipsométricas anômalas em áreas de relevo plano. São dados utilizados para detectar mudanças (rio, litologia, regime climático, relevo e soerguimento tectônico), baseados na análise de distribuição espacial de métricas de canal, que calculam desvios dos perfis (DEMOULIN, 1998; WHIPPLE e TUCKER, 1999; PÉREZ-PEÑA et al., 2017). Segundo Pérez-Peña et al. (2017), rios em equilíbrio fluindo sobre litologia homogênea desenvolvem um típico perfil de forma côncava, resultado da relação inversa entre a descarga (que pode ser aproximado pela área a montante) e gradiente (que pode ser aproximado pelo canal declive) (PÉREZ-PEÑA et al., 2017). Paixão et al. (2020) afirmam que, geralmente, perfis em condições de equilíbrio demonstram o ajuste estabelecido pela denudação e remodelamento do relevo. Em alguns casos, apresentam inflexão, rupturas de relevo (knickpoints), que alteram a concavidade dos perfis a jusante e a montante (WHIPPLE e TUCKER, 1999). Os Perfis Normalizados, gerados via NProfiler, permitiram calcular o índice de concavidade (CT). Proposto por Demoulin (1998), normaliza elevações em relação à elevação ou amplitude relativa e distâncias em relação ao comprimento total do canal, e permite comparar rios com diferentes comprimentos e gradientes (DEMOULIN, 1998).

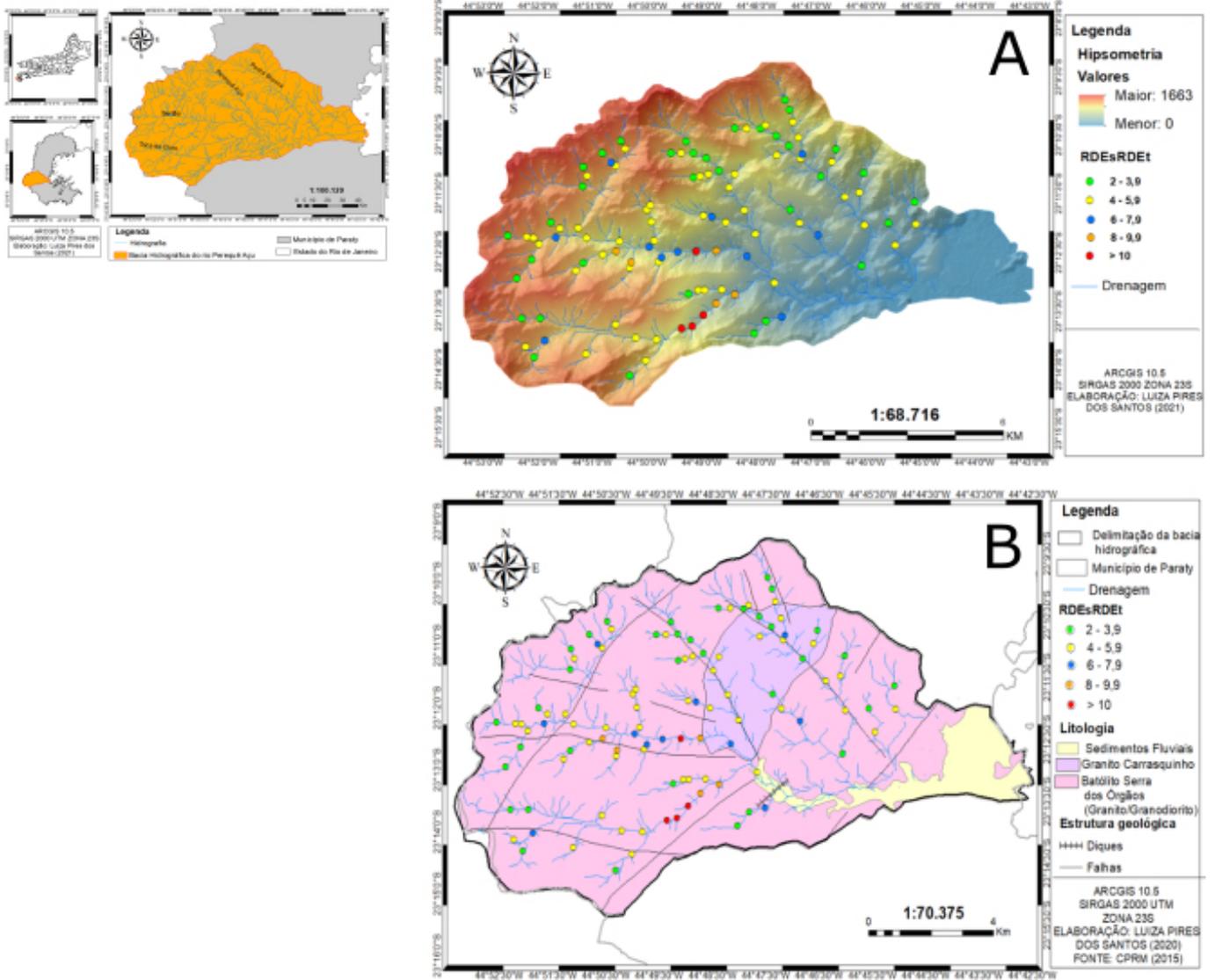
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Relação Declividade-Extensão indica o grau de desequilíbrio da rede de drenagem, com distribuição variada. As anomalias mais altas acumulam-se nos rios Toca do Ouro e do Sertão. Embora ocorra maior dispersão nas classes entre 2 e 5,9, há concentração das intermediárias entre 6 e 9,9 no rio do Sertão (Figura 1A). Na correlação com a geologia (Figura 1B) observa-se que os pontos de rupturas de declive estão associados ao sistema de falhas e lineamento morfoestruturais. Para Salamuni et al. (2013), a reativação de planos de falhas, processos erosivos e intemperismo diferencial também atuam sobre a sua disposição espacial. No setor central, estruturas NE-SW (falhas e diques) parecem controlar a drenagem e a evolução do relevo à montante, principalmente. Nesse aspecto, destaca-se a sub-bacia do rio Toca de Ouro, com as maiores anomalias e onde estruturas se cruzam e podem ser responsáveis pela elevação do relevo, como já observado sobre a influência do cruzamento de estruturas (falhas) com diferentes orientações na geração de altos topográficos e rupturas de declive em área serrana do Rio de Janeiro (MENDES et al., 2007). Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem indica basculamento da margem direita dos rios Pedra Branca (75) e Perequê Açu (59), e da margem esquerda para os rios do Sertão (36) e Toca do Ouro (18), com base em Hare e Gardner (1985), que são significativos e não uniformes, com assimetrias altas, médias e baixas. O rio Toca do Ouro parece refletir melhor a configuração da bacia ao longo de todo o seu curso, com basculamento da margem esquerda e, portanto, a migração do rio para a margem direita. A superimposição das estruturas geológicas ocorre no setor superior, enquanto no inferior a migração do rio é menos controlada. De acordo com Silva e Paes (2018), o reconhecimento de basculamentos é de suma importância para o estudo da dinâmica, pois pode indicar a predisposição aos processos erosivos devido ao aumento da declividade, logo, aumento da velocidade de fluxos d'água nas encostas em diferentes trechos. Com os perfis longitudinais normalizados (Figura 2) buscou-se avaliar o grau de dissecação e condições de equilíbrio fluvial, a partir de dois critérios: (A) distância da cabeceira até a foz no centro histórico de Paraty; e (B) da cabeceira até a convergência com o afluente. Na análise da cabeceira até a foz (Figura 2A), os rios mais equilibrados são o Sertão (58,19%) e o Toca do Ouro (55,59%), já que quanto maior o percentual do índice de concavidade, maior é a condição de equilíbrio do perfil, com maior dissecação na área. Os rios com valores mais baixos são o Perequê Açu (46,82%), em estágio de ajuste, e Pedra Branca (37,45%). De modo geral, os rios tendem a apresentar índices de concavidade mais altos próximos à foz, com diminuição mais à montante. Contudo, percebe-se que os rios do Sertão e Toca do Ouro possuem alta concavidade mesmo à montante, se comparado com o Pedra Branca e Perequê Açu, o que reforça a condição de maior dissecação e equilíbrio. Segundo Paixão et al. (2020), esses dados auxiliam na análise do grau de dissecação do relevo. Valores elevados indicam drenagens mais ajustadas ao nível de base local e um perfil mais próximo do normal. Os valores mais baixos indicam estágio de ajuste ao nível de base (PÉREZ-PEÑA et al., 2017). Baller (2014) afirma que esses estudos podem complementar várias áreas do conhecimento, a fim de analisar e indicar alguns condicionantes, tais como estágios de

evolução da paisagem, tectônica, soerguimento ou subsidência, variações na residência das rochas, mudanças do nível de base, confluência de tributários, efeitos do clima e também a introdução de carga sedimentar maior ou mais grossa. Portanto, é ferramenta de extrema importância para os estudos geomorfológicos e são utilizados para a identificação de mudanças abruptas ou não na declividade (PAIXÃO, 2020). Na análise setorizada da cabeceira até o ponto de confluência com outros canais os resultados são bem distintos (Figura 2B). Os rios mais equilibrados são o Pedra Branca (28,85%) e Perequê Açu (21,87%). Os rios Sertão (7,80%) e o Toca do Ouro (-10,74%) possuem valores menores, com trechos convexos que indicam desajustes à montante. Paixão (2020) observa elevados valores de “CT” para drenagens distantes da foz associados a depósitos eocênicos e à fase de ajuste erosivo e expansão após diminuição da intensidade tectônica em área próxima, na bacia do rio Paraíba do Sul, no reverso da serra da Bocaina. É no setor superior até a área de confluência principal onde são encontradas as principais rupturas de declive, e que são mais destacadas nos perfis normalizados do que em perfis longitudinais tradicionais, além de serem de mais fácil interpretação, segundo Perez-Peña et al. (2017). Tais rupturas interferem no equilíbrio dinâmico dos rios e, portanto, na configuração dos perfis do rio Sertão e, principalmente, do rio Toca do Ouro, que concentra mais anomalias de 1º ordem (RDE acima de 10) (Figura 1), além de serem os rios mais extensos. Perez-Peña et al. (2017) destacam que os perfis convexos podem indicar que esses rios estão em estado transiente e, portanto, ainda não adaptados ao nível de base da área. Como Paixão et al. (2020) também observaram na bacia do rio Paraíba do Sul, o rio Toca do Ouro, convexo e com valor de CT negativo, reflete a topografia elevada e rupturas de declive, que também podem estar associadas principalmente à presença de estruturas que se cruzam e controlam a evolução do relevo. Os perfis topográficos em faixa longitudinal (PTL) (Figura 3A) têm padrão similar aos perfis normalizados, com rebaixamento à jusante, e valores “baixos” da integral hipsométrica (THi), indicando uma paisagem madura com elevações médias. A exceção foi observada na para o perfil do rio Toca de Ouro que mostra convexidade no resultado no perfil normalizado setorizado (cabeceira até a confluência). Os perfis topográficos em faixa transversais (PFT) (Figura 3B) destacam valores máximos e mínimos do relevo e os desnivelamentos entre as sub-bacias. Essa análise também mostra maior dissecação onde ocorrem as principais estruturas geológicas (Figura 1) que definem compartimentos. O PFT3 e o PFT4 indicam um maior potencial erosivo, considerando a diferença altimétrica do PFT1 e o PFT 2. Os valores de THi são moderados em todos os perfis. Há correlação, principalmente os perfis PFT3 e PFT4, com os resultados do basculamento da margem esquerda, bem expresso nos perfis transversais à jusante. As falhas e os rios estão visivelmente encaixados nos perfis, especialmente o perfil PFT1 onde passa o rio Toca do Ouro que possui as principais anomalias de RDEs/RDEt, exercendo uma maior energia no relevo. A alta energia da bacia do rio Perequê-Açu está relacionada com sua amplitude altimétrica (1663 m) e as condições apresentadas, o que contribui para o rápido escoamento das águas, com uma planície mais suscetível a inundações, combinada com a posição na área costeira, muito próxima da escarpa serrana, com baixas declividades e sob influência das marés. Na cidade de Paraty ocorre concentração de chuvas na primavera e, especialmente, no verão (OLIVEIRA e GALVANI, 2015). O PBMC (2016) reitera que nas cidades costeiras do Brasil os eventos meteorológicos-oceanográficos extremos, como ressacas e sobrelevações das marés meteorológicas positivas, têm como efeitos principais as inundações costeiras e a erosão costeira, que são perigos de origem hidrometeorológica. A urbanização se expande, intensificada pela especulação imobiliária com grandes empreendimentos a fim de concretizar o projeto da “Cancun brasileira”, onde se destacam as modificações na cobertura e uso da terra. Diante disto, é de suma importância a proteção da Área de Proteção Permanente da Baía de Paraty, visto suas características geomorfológicas influenciam na alta energia dos canais, ocasionando uma maior suscetibilidade a eventos como enchentes e inundações.

Figura 1

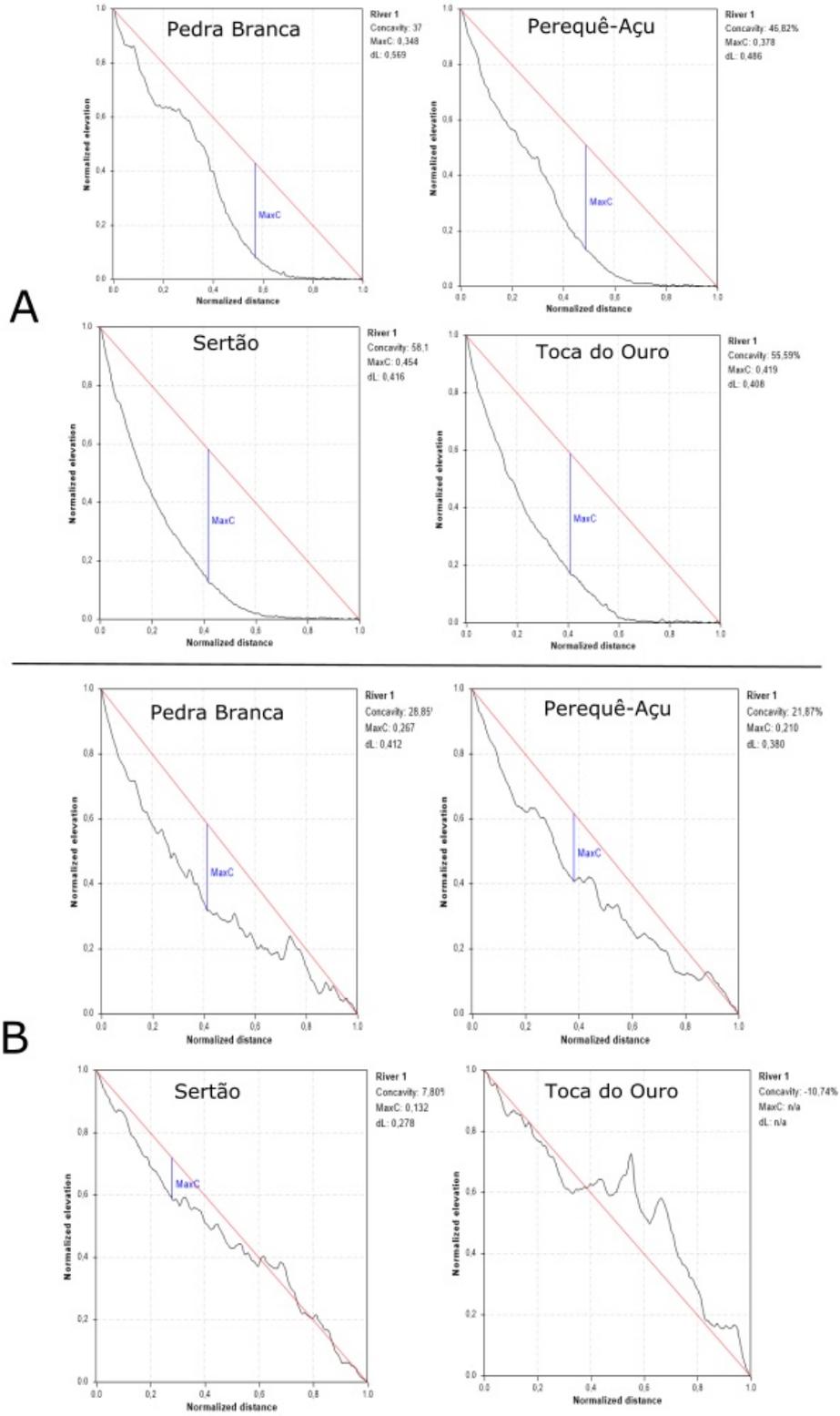
Figura 1 - Área de estudo com destaque para os principais rios analisados e dados da relação declividade-extensão (RDE) sobre mapas hipsométrico (A) e geológico (B)



Área de estudo com destaque para os principais rios analisados e dados da relação declividade-extensão (RDE) sobre mapas hipsométrico (A) e geológico

Figura 2

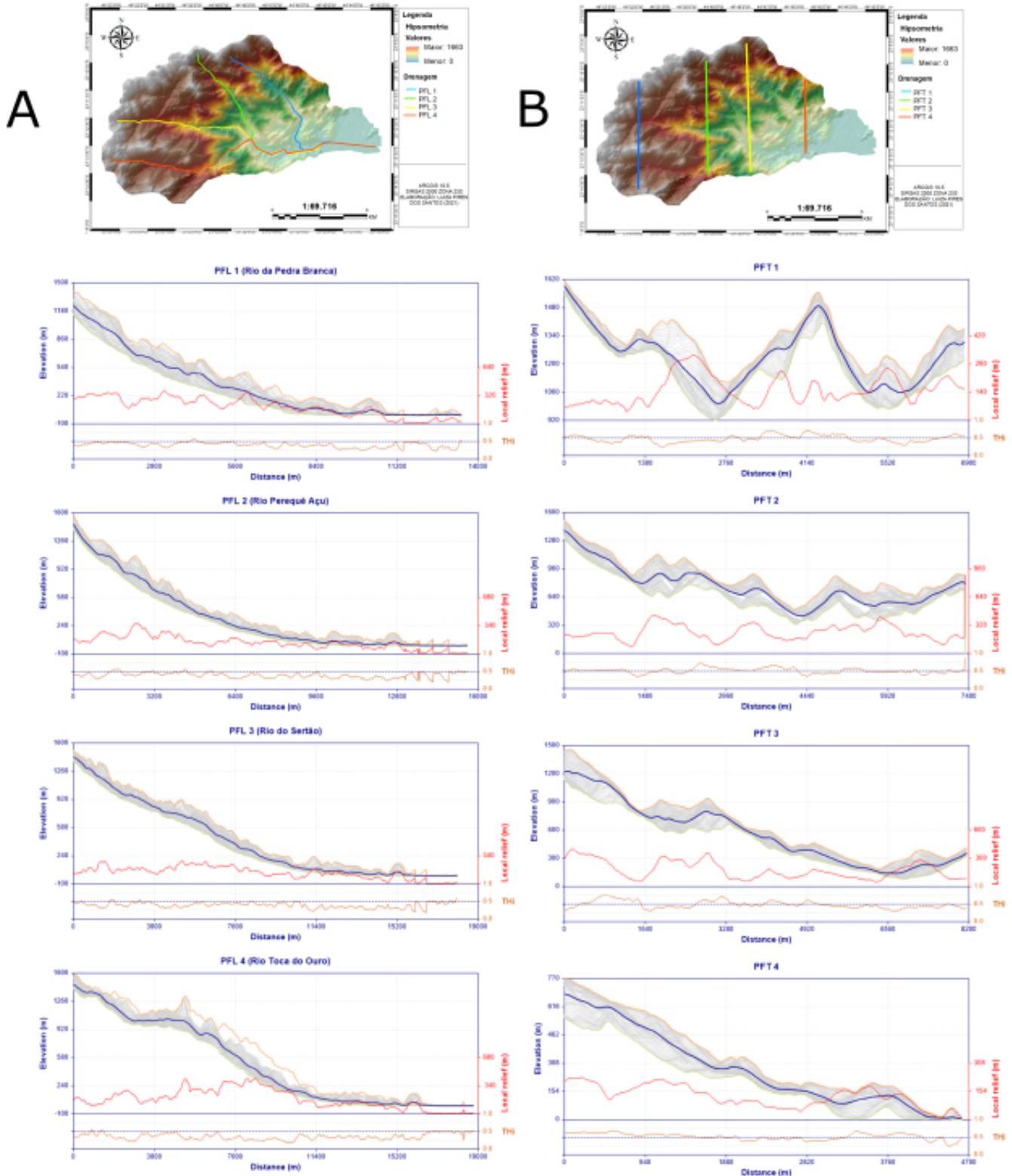
PNProfiles - Perfis longitudinais normalizados: (A) cabeceira até a foz em Paraty (B) cabeceira até o ponto de confluência



Perfis longitudinais normalizados: (A) cabeceira até a foz em Paraty (B) cabeceira até o ponto de confluência)

Figura 3

SwathProfiler - Perfis topográficos em faixa: (A) longitudinais e (B) Transversais



Perfis topográficos em faixa: (A) longitudinais e (B) Transversais

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que a bacia do rio Perequê Açu sofre influência do controle tectonoestrutural, com compartimentos e anomalias que podem resultar dos soerguimentos na evolução tectônica da área, com estruturas geológicas associadas à evolução geológica regional, em especial do Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste (ZALÁN e OLIVEIRA, 2005). Ocorre basculamento, maiores anomalias no rio Sertão, concavidades mais altas próximas à foz, com diminuição à montante, exceto os rios Sertão e Toca do Ouro, esses com menor concavidade e trechos convexos e desajustes à montante. Os rios mais equilibrados são Pedra Branca e Perequê Açu. Os perfis topográficos em faixas longitudinais têm rebaixamento no setor inferior e baixos THi, com valores moderados à montante, indicando uma paisagem madura com elevações médias. Os perfis transversais indicam THi moderado e correlação com o basculamento. Por fim, são dados úteis para análise sobre condições de energia do relevo e dinâmica de fluxos num contexto entre a imponente escarpa serrana da serra da Bocaina e as planícies flúvio-marinhas da Baía da Ilha Grande, sob influência de marés e climáticas altamente favoráveis a ocorrência de eventos pluviométricos de alta intensidade e que demanda maior atenção sob os processos de uso e ocupação já preocupantes. A geomorfometria oferece importantes dados que ajudam na caracterização, seja sob a perspectiva evolutiva ou de processos que possam afetar a área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- AMADOR, E. S. Geomorfologia da planície costeira da praia do sul – Ilha Grande - uma contribuição à elaboração do plano diretor da reserva biológica. Anuário do Instituto de Geociências, v.11, p. 35-56, 1988.
- ANDRADES FILHO, C.O. Análise morfoestrutural da porção central da bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDESRTM e ALOS-PALSAR FBD. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2010. 177 p.
- BALLER, L. Caracterização de perfis longitudinais dos rios nas bacias hidrográficas do Paraná III (Brasil) e alto Paraná (Paraguai). Dissertação (Mestrado Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, 2014. 88 p.
- CHIANG, L.C. Análise estrutural de lineamentos em imagens de sensoriamento remoto: aplicação ao estado do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1984. 157 p.
- COX R.T. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment. Geological Society of America Bulletin, v.106, n.5, p. 571-581, 1994.
- DEMOULIN, A. Testing the tectonic significance of some parameters of longitudinal river profiles: the case of the Ardenne (Belgium, NW Europe). Geomorphology, v. 24, p. 189-208, 1998.
- EL HAMDOUNI, R.; IRIGARAY, C.; FERNÁNDEZ, T.; CHACÓN, J.; KELLER, E. A. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain). Geomorphology, v. 96, n. 1-2, p. 150-173, 2008.
- ETCHEBEHERE, M. L. C. 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 neotectônicas. Revista do Instituto de Geociências - USP, São Paulo, 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. Geociências, Rio Claro, v. 25, p. 290-319, 2006.
- GROHMANN, C.H. Trend-surface analysis of morphometric parameters: A case study in southeastern Brazil. Computer and Geosciences, v. 31, n. 8, p. 1007-1014, 2005.
- HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. U. S. Geol. Survey Jour Research, Reston, VA, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.
- HARE, P.H.; GAEDNER, T.W.M. Geomorphic Indicators of Vertical Neotectonism along Converging Plate Margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica. In: MORISAWA M.; HACH J.T. (Eds.) Tectonic Geomorphology. Boston: Allen and Unwin, 1985, p. 75-104.

- KELLER, E.A.; PINTER, N. Active tectonics: Earthquakes, uplift, and landscape. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 123 p.
- MENDES, L. D.; FERNANDES, N. F.; GONTIJO-PASCUTTI, A. H. F. Morfotectônica da bacia hidrográfica do rio Bonito, Petrópolis, RJ. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 8, n° 1, p. 63-77, 2007.
- OLIVEIRA, M. R. P. GALVANI, E. Avaliação do efeito orográfico na variação das precipitações no perfil longitudinal Paraty (RJ) e Camposdo Jordão (SP). *Entre-Lugar, Dourados, MS*, ano 6, n.11, v.1, p. 133-151, 2015.
- PAIXÃO, R. W. Morfogênese do Sistema Fluvial no Rift Continental Sudeste do Brasil: Endorreísmo e Captura Fluvial. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. 207 p.
- PAIXÃO, R. W. SALGADO, A. U. R. FREITAS, M. M. ALMEIDA, J. C. H. Possibilidade de endorreísmo e capturas fluviais na morfogênese da bacia do rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.21, n.4, p.821-834, 2020.
- PBMC. PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas. In: MARENGO, J.A., SCARANO, F.R. (Eds.). Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: PBMC, COPPE – UFRJ, 2016, 184 p.
- PÉREZ-PEÑA, J. V.; AL-AWABDEH, M.; AZAÑÓN, J. M.; GALVE, J. P.; BOOTH-REA, G.; NOTTI, D. SwathProfiler and NProfiler: Two new ArcGIS Add-ins for the automatic extraction of swath and normalized river profiles. *Computers & Geosciences*, v. 104, p. 135–150, 2017.
- SANTOS, L.P; MENDES, L.D. Proposta de classificação de anomalias de drenagem a partir da análise da relação declividade-extensão na bacia hidrográfica do rio Perequê-Açu, Paraty-Cunha (RJ/SP) In: SANTOS, G.B.; FELIPPE, M.F.; MARQUES NETO, R. XIII Sinageo: geomorfologia: complexidade e interesclaridade da paisagem. 1 ed. São José dos Campos: Comum Design, 2022, p. 3073-3086.
- SALAMUNI, E.; EBERT, H.D.; HASUI, Y. Morfotectônica da bacia sedimentar de Curitiba. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 34, n. 4, p. 469-478, 2004.
- SALAMUNI, E. NASCIMENTO, E. R., SILVA, P. A. H., QUEIROZ, G. L. SILVA, G. Knickpoint Finder: Ferramenta Para a Busca de Geossítios de Relevante Interesse para o Geoturismo. *Boletim Paranaense de Geociências*, v.70, p. 200-208, 2013.
- SEEBER, L.; GORNITZ, V. River profiles along the himalayan arc as indicators pf active tectonics. *Tectonophysics*, v. 92, p.335-367, 1983.
- SILVA, L. G. A. E. A interação entre os eventos tectônicos e a evolução geomorfológica da Serra da Bocaina, Sudeste do Brasil. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. 315 p.
- SILVA, T. M. A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002. 264 p.
- SILVA, T. M. PAES, T. V. Parâmetros morfométricos aplicados a análise tecno erosiva em bacias de drenagem. *Geo UERJ*, n. 33, e, 37684, 2018.
- SOUZA, C. R. D. G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 6, n. 1, p.45 – 61, 2005.
- TELBISZ, T. KOVÁCS, G. SZÉKELY, B. SZABÓ, J. Topographic swath profile analysis: a generalization and sensitivity evaluation of a digital terrain analysis tool. *Zeitschrift für Geomorphol.* v. 57, p. 485–513, 2013.
- WIPPLE, K. X.; TUCKER, G. E. Dynamics of the stream-power river incision model: Implications for height limits of mountain ranges, landscape response timescales, and research needs. *J. Geophys. Res.*, v. 104, p. 17661–17674, 1999.
- ZÁLAN, P. V. OLIVEIRA, J. A. B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Boletim Geociências da Petrobras*, v. 13, n. 2, p. 269-300, 2005.