

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE AMBIENTES PÓS-RIFTE: UM ESTUDO DE CASO NO NORDESTE ORIENTAL BRASILEIRO

Júlia Stefane da Silva Vieira¹
Kleython de Araujo Monteiro²

INTRODUÇÃO

Os estudos recentes sobre processos neotectônicos no Brasil têm ganhado destaque na geomorfologia, permitindo uma nova compreensão da origem e evolução das formas de relevo antes atribuídas apenas a variações climáticas passadas e à resistência das rochas (Firmino, 2015). A neotectônica emerge assim como uma ferramenta crucial para análises morfogenéticas e morfoevolutivas na perspectiva geomorfológica (Maia e Bezerra, 2011).

A compreensão desses processos é vital para estudos geomorfológicos, especialmente em margens continentais passivas, onde mudanças no relevo podem não ser tão óbvias quanto em margens ativas. Técnicas avançadas de sensoriamento remoto e análise morfométrica de bacias hidrográficas têm se mostrado eficazes na identificação de anomalias ligadas a processos morfotectônicos, especialmente em ambientes de margem passiva, onde a resposta dos sistemas fluviais a forças externas é sensível (Vitafinzi, 2012).

Este estudo¹ visa investigar evidências tectônicas por meio de parâmetros morfoestruturais e morfométricos, comparando duas áreas de litologias distintas com histórico de possíveis reativações tectônicas: a Borda Meridional da Bacia do Jatobá e o Maciço de Mata Grande, localizados na divisa entre os Estados de Pernambuco e Alagoas. Para isso, foram aplicadas técnicas modernas de geoprocessamento e sensoriamento remoto

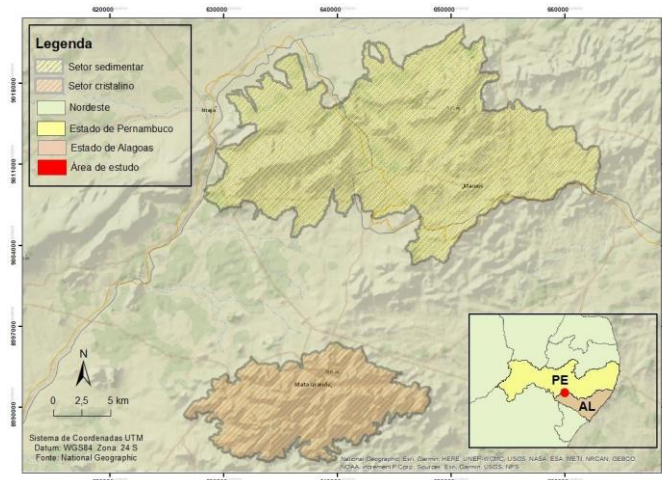
METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

¹ Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, julia.vieira@academico.ufpb.br

² Professor adjunto da Universidade Federal de Alagoas e integrante do Grupo de Estudos do Quaternário do Nordeste do Brasil (GEQUA),

A área alvo desta pesquisa se situa na porção meridional da bacia sedimentar do Jatobá, entre os estados de Pernambuco e Alagoas, NE Oriental do Brasil (Figura 1). Este setor abarca os municípios pernambucanos de Inajá, Jatobá, Manari, Petrolândia e Tacaratu, bem como o município alagoano de Mata Grande.

Figura 1: Localização da área de estudo, com destaque para os setores sedimentar e cristalino.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Na pesquisa, utilizou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM reamostrado para 12,5 m de resolução para análise morfométrica. A metodologia de Radaideh et al. (2016) foi empregada para extrair fotolineamentos estruturais, usando sombreamento multidirecional do relevo no ArcGIS 10.4. Foram adotados azimutes de iluminação de 45° e 90° para destacar feições negativas e 315° e 360° para realçar feições positivas, permitindo uma análise detalhada das características estruturais da área estudada.

O índice RFAV (Razão Fundo/Altura de Vale), introduzido por Bull e McFadden (1977, citados por Wells et al., 1988), foi utilizado para avaliar pulsos tectônicos cenozoicos em bacias de drenagem, especialmente em margens continentais passivas. Wells et al. (1988) observaram que áreas com frentes de montanhas ativas tendem a apresentar vales em "V" e altos valores de RFAV, indicativos de atividade tectônica recente.

A delimitação das bacias, extração da hipsometria, traçamento de perfis e demais análises foram realizadas no ArcGIS 10.4. Os resultados morfométricos foram compilados em uma tabela no Excel para análise final (Gonçalves; Fonseca; Correa,

2017).

REFERENCIAL TEÓRICO

Recentes pesquisas têm revelado que, apesar da longa consideração da margem continental brasileira como passiva e estável, os pulsos tectônicos cenozoicos têm exercido influências significativas nas unidades pós-rifte, impactando a sedimentação e a morfologia das bacias e do relevo associado (Lima; Lavor; Furrier, 2017). O avanço das ferramentas de geoprocessamento e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) tem sido fundamental para entender melhor a evolução cenozoica do relevo.

Enquanto os estudos morfoestruturais e morfotectônicos tradicionalmente focaram nas bacias sedimentares mesozoicas, há um crescente interesse nas bacias com estratos paleozoicos, que registraram importantes eventos de inversão de relevo desde o Cretáceo até o Cenozoico (Marques et al., 2014; Maia; Bezerra, 2015; Nogueira et al., 2015; Vasconcelos et al., 2019; Tavares, 2015). No nordeste oriental do Brasil, eventos de reativação tectônica cretácea têm sido documentados, afetando especialmente segmentos de bacias marginais e coberturas sedimentares costeiras (Bezerra et al., 2007; Lima et al., 2017; Vasconcelos et al., 2019).

Embora os estudos morfométricos tenham explorado a dinâmica evolutiva das escarpas das bordas de bacias sedimentares marginais, as análises geomorfológicas relacionadas a litotipos cristalinos são ainda incipientes, conforme observado por Maia e Bezerra (2016). Neste trabalho, foram estudados a escarpa sedimentar da borda meridional da bacia do Jatobá e o Maciço de Mata Grande, representando respectivamente os setores sedimentar e cristalino.

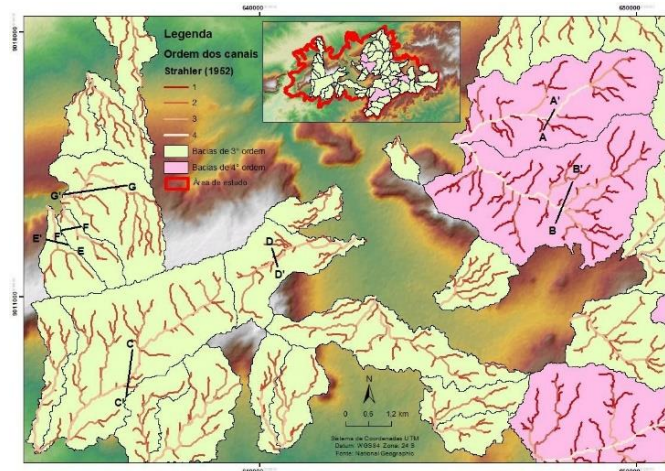
A avaliação da estruturação do relevo por meio de parâmetros morfométricos revela que, segundo Wobus et al. (2006), a rede hidrográfica é a que melhor mantém suas conexões com as forças tectônicas, sendo uma ferramenta útil para armazenar informações sobre variações nas taxas de soerguimento crustal e na dinâmica das paisagens.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise da área da escarpa sedimentar em questão, a Relação Altura/Fundo de Vale (RFAV) foi utilizada para investigar a morfologia dos vales fluviais em relação a possíveis atividades tectônicas ou processos denudacionais de longo prazo. Conforme indicado na literatura, valores próximos a 1 sugerem incisões fluviais recentes,

possivelmente associadas a atividades tectônicas, resultando em vales em "V", enquanto valores mais altos indicam processos de erosão lateral predominantes, resultando em morfologias em "U".

Figura 2: Valores de RFAV extraídos das bacias de 3° e 4° ordem da escarpa da Bacia do Jatobá



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

A análise foi focada em bacias de 3° e 4° ordens, selecionadas com base em sua localização nas cimeiras entre a borda da Bacia Sedimentar do Jatobá e o maciço de Mata Grande. Os valores de RFAV extraídos dessas bacias foram notavelmente mais baixos em comparação com as do maciço. Especificamente, as bacias localizadas no reverso mostraram os valores mais baixos, indicando incisões de vale pronunciadas.

Tabela 1: Valores de RFAV da escarpa da Bacia Sedimentar do Jatobá

<i>Seguimento</i>	<i>Lfv (m)</i>	<i>Add (m)</i>	<i>Ade (m)</i>	<i>Efv (m)</i>	<i>RFAV</i>
A-A'	405	725	650	475	2
B-B'	1153	550	725	475	7,09
C-C'	332	425	475	400	6,64
D-D'	510	525	500	475	13,6
E-E'	153	575	625	500	1,53
F-F'	100	550	625	500	1,14
G-G'	154	475	550	425	1,76

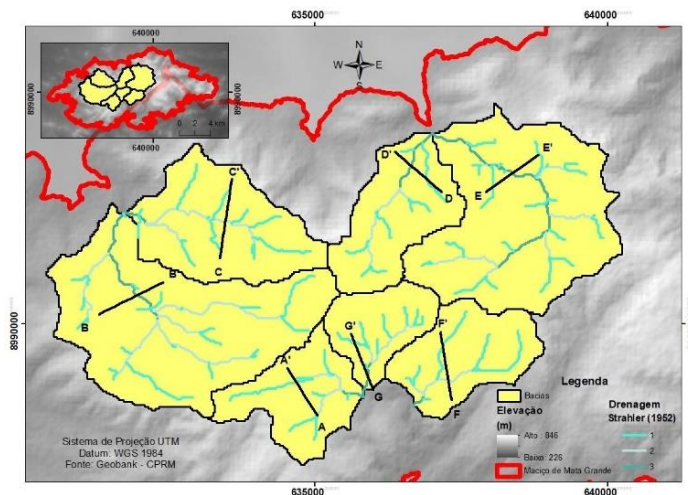
Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Além disso, a influência da litologia é destacada, pois as incisões pronunciadas são frequentemente associadas a materiais mais friáveis, como a litologia sedimentar predominantemente planalto homoclinal.

A análise da Razão Fundo/Altura de Vale (RFAV) revela valores elevados nas

bacias localizadas no maciço, indicando uma baixa ou ausência de atividade tectônica e um processo prolongado de dissecação. Isso resulta em vales mais suaves, com margens mais alargadas, em contraste com as bacias de drenagem mais recentes, que apresentam valores mais baixos de RFAV e têm uma maior probabilidade de apresentar vales entalhados quando ocorrerem reativações.

Figura 3: Valores de RFAV extraído das bacias de 3º ordem do maciço de Mata Grande



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Os valores elevados de RFAV observados nas bacias do maciço indicam uma consolidação dos processos denudacionais ao longo do tempo, revelando terrenos rebaixados emaduros, conforme a aplicações de outros índices correlatos já aplicados na área, a exemplo a curva de integral hipsométrica conforme apontado por Vieira et al. (2023).

Tabela 2: valores de RFAV extraídos das bacias situadas na cimeira do Maciço de Mata Grande/AL

<i>Seguimento</i>	<i>Lfv (m)</i>	<i>Add (m)</i>	<i>Ade (m)</i>	<i>Efv (m)</i>	<i>RFAV</i>
<i>A-A' (bacia 1)</i>	413	600	600	550	8,26
<i>B-B' (bacia 2)</i>	1027	550	575	500	16,4
<i>C-C' (bacia 3)</i>	1362	600	625	525	15,5
<i>D-D' (bacia 4)</i>	781	550	575	525	20
<i>E-E' (bacia 5)</i>	873	625	600	525	10
<i>F-F' (bacia 6)</i>	925	550	575	500	14,8
<i>G-G' (bacia 7)</i>	625	550	575	500	10

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Ao comparar os valores de RFAV das bacias do maciço com os da escarpa

sedimentar previamente analisada, fica evidente a discrepância entre eles. Enquanto as bacias do maciço apresentam valores mais altos, indicativos de vales mais suaves e processos denudacionais consolidados, as da escarpa sedimentar revelaram valores mais baixos, sugerindo uma incisão fluvial mais recente e possivelmente associada a atividades tectônicas.

Embora não haja uma definição exata na literatura para os estágios evolutivos das baciashidrográficas com base nos valores de RFAV, valores próximos a 1 indicam incisões fluviais recentes, enquanto valores acima de 1 sugerem vales mais maduros e reafeiçoados por processos erosivos. Essa interpretação está alinhada com os postulados de Davis (1899) sobre a morfologia dos rios e pode ou não estar relacionada a controle estrutural desencadeado por reativações tectônicas.

Na análise das áreas de escarpa sedimentar em questão, observamos uma variação significativa nos valores da Relação Altura/Fundo de Vale (RFAV), que reflete diretamente nas características morfológicas dos vales fluviais. Os valores de RFAV extraídos das bacias de 3^o e 4^o ordem da Bacia Sedimentar do Jatobá apresentam uma gama diversificada, variando de 1,14 a 13,6. Notavelmente, os segmentos E-E', F-F' e G-G', situados no reverso da área, exibimos menores valores, indicando fortes incisões de vale (1,14 a 1,76). Essa tendência sugere uma incisão fluvial recente, possivelmente relacionada a atividades tectônicas.

Por outro lado, os valores de RFAV nas bacias do maciço de Mata Grande revelam uma tendência a valores mais altos, variando de 8,26 a 20. Isso sugere baixa ou ausência de atividade tectônica e um longo processo de dissecação. A ausência de atividade tectônica ao longo do tempo contribui para a dissecação dos vales, resultando em margens mais alargadas e uma morfologia em "U" característica de vales maduros. O traçado de perfis transversais nas bacias analisadas reforça a hipótese de altos níveis de denudação na cimeira do maciço.

Estudos semelhantes foram realizados por Barbosa e Furrier (2011) e Barbosa et al. (2013), em bacias hidrográficas da PB e SP, respectivamente, cujos resultados do RFAV indicaram uma forte influência da tectônica recente, relevando valores de RFAV > 1, revelando anomalias na relação fundo-altura do vale para uma margem continental passiva e possíveis soerguimentos recente na área.

As diferenças morfológicas entre as duas áreas são evidentes. Enquanto as bacias da Bacia Sedimentar do Jatobá exibem vales em "V" com incisões mais enérgicas

(baixos valores de RFAV), as do Maciço de Mata Grande apresentam vales mais suaves em "U" (altos valores de RFAV).

Esses resultados sugerem que as variações nos valores de RFAV estão ligadas à atividade tectônica e aos processos denudacionais ao longo do tempo geológico. A compreensão desses padrões morfológicos pode fornecer insights importantes para prever comportamentos hidrológicos e geomorfológicos futuros, especialmente em termos de riscos de erosão e instabilidade do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na comparação das áreas analisadas, destacam-se diferenças significativas na morfologia dos vales e na atividade tectônica. Na escarpa sedimentar, observam-se vales com baixos valores de RFAV, indicativos de incisões fluviais recentes e possível atividade tectônica ativa. Isso sugere um processo de incisão ainda em curso, relacionado ao contexto geológico local.

Em contraste, no maciço de Mata Grande, os valores mais altos de RFAV apontam para um processo de dissecação prolongado e menor atividade tectônica. Os vales são mais suaves, com margens mais alargadas, refletindo um estágio avançado de evolução geomorfológica e a predominância de processos denudacionais ao longo do tempo.

Essas diferenças morfométricas refletem as características geológicas distintas e os processos geomorfológicos predominantes em cada área. Enquanto a escarpa sedimentar evidencia atividade tectônica recente e incisão fluvial ativa, o maciço de Mata Grande exibe uma morfologia mais estável e dissecação prolongada, com menor influência de atividades tectônicas.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, T. S.; DE 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**, v. 26, p. 195-213, 2013.

BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. Influência Neotectônica Identificada Através de Dados Morfométricos e de Produtos Cartográficos na Bacia Hidrográfica do Rio Guruji (PB), Brasil (Influence Neotectonics Identified by Means of Morphometric Data and Cartographic Products in the Guruji...). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 1, p. 215-228, 2011.

BEZERRA, F.H.R., TAKEYA, M.K., SOUZA, M.O.L. & DO NASCIMENTO, A.F. 2007. Coseismic reactivation of the Samambaia fault, Brazil. **Tectonophysics** 430:27–39.

- BULL, William B.; MCFADDEN, Leslie D. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In: **Geomorphology in arid regions**. Routledge, 1977. p. 115-138.
- DAVIS, W. M. The geographical cycle. **The Geographical Journal**, v. 14, n. 5, p. 481-504, 1899.
- FIRMINO, I. G. Avaliação de modelos cartográficos de índices morfométricos voltados à análise neotectônica. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 6, n. 2, p. 168-182, 2015.
- LIMA, V. F.; LAVOR, L. F.; FURRIER, M. Estudo Neotectônico em Margem Continental do Tipo Passiva. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 21, n. 1, p. 206-215, 2017.
- MAIA, Rubson Pinheiro; BÉTARD, François; BEZERRA, Francisco Hilário. Geomorfologias dos Maciços de Portalegre e Martins-NE do Brasil: Inversão do relevo em análise. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, 2016.
- MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Neotectônica, geomorfologia e sistemas fluviais: Uma análise preliminar do contexto nordestino. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p. 37-46, 2011.
- MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Potiguar Basin: Diversity of Landscapes in the Brazilian Equatorial Margin. In: VIEIRA, B. C.; SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C. **Landscapes and landforms of Brazil**. Dordrecht: Springer, 2015. p. 147-156.
- MARQUES, F. O.; NOGUEIRA, F. C. C.; BEZERRA, F. H. R.; CASTRO, D. L. The Araripe Basin in NE Brazil: An intracontinental graben inverted to a high-standing horst. **Tectonophysics**, v. 630, n. 1, p. 251-264, 2014.
- NOGUEIRA, F. C. C.; MARQUES, F. O.; BEZERRA, F. H. R.; CASTRO, D. L.; FUCHS, R. A. Cretaceous intracontinental rifting and post-rift inversion in NE Brazil: Insights from the Rio do Peixe Basin. **Tectonophysics**, v. 644-645, n. 1, p. 92-107, 2015.
- TAVARES, B. A. C. **Evolução morfotectônica dos pedimentos embutidos no planalto da Borborema, Nordeste do Brasil**. 2015. 251 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2015.
- VITA-FINZI, C. River history and tectonics. **Phil. Trans. R. Soc. A**, v. 370, n. 1966, p. 2173-2192, 2012.
- VASCONCELOS, D. L.; BEZERRA, F. H. R.; MEDEIROS, W. E.; CASTRO, D. L.; CLAUSEN, O. R.; VITAL, H.; OLIVEIRA, R. G. Basement fabric controls rift nucleation and post-rift basin inversion in the continental margin of NE Brazil. **Tectonophysics**, v. 751, p. 23-40, 2019.
- RADAIDEH, O. M. A.; GRASEMANN, B.; MELICHAR, R.; MOSAR, J. Detection and analysis of morphotectonic features utilizing satellite remote sensing and GIS: An example in SW Jordan. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 275, n. 1, p. 58-79, 2016.
- WELLS, S. G. et al. Regional variations in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary, Pacific coast of Costa Rica. **Geomorphology**, v. 1, n. 3, p. 239-265, 1988.
- WOBUS, C. et al. Tectonics from topography: Procedures, promise, and pitfalls. **Special papers geological society of America** 398: 55. 2006.
- VASCONCELOS, D. L.; BEZERRA, F. H. R.; MEDEIROS, W. E.; CASTRO, D. L.; CLAUSEN, O. R.; VITAL, H.; OLIVEIRA, R. G. Basement fabric controls rift nucleation and post-rift basin inversion in the continental margin of NE Brazil. **Tectonophysics**, v. 751, p. 23-40, 2019.
- VIEIRA, J. S. S. et al. Análise morfoestrutural e geomorfométrica no escarpamento da margem passiva do Nordeste oriental do Brasil. 2023. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023.