

## **INFLUÊNCIA LITOESTRUTURAL NA CONFIGURAÇÃO DA EROSÃO LINEAR EM BACIA HIDROGRÁFICA SOBRE A ZONA DE CISALHAMENTO PERNAMBUCO OESTE (ZCPW)**

### **INTRODUÇÃO**

No interior do estado de Pernambuco, os processos erosivos são caracterizados, principalmente, pela ocorrência de feições erosivas lineares do tipo ravinhas e voçorocas. Diversos fatores dão origem a esse tipo de processo erosivo, podendo atuar de maneira individualizada ou conjunta, dependendo da região em que ocorrem. Dentre variados aspectos, a influência geológica pode ser considerada como um dos agentes responsáveis pela origem e desenvolvimento da erosão linear (Silva; Viegas, 2021), já que a litologia teria influência direta na intensidade das erosões e a estrutura geológica, na localização e direção (Beavis, 2000).

Especificamente, a litologia pode influenciar o processo de erosão através das características mineralógicas e texturais das rochas presentes no substrato geológico regional, condicionando a permeabilidade do escoamento e o carreamento de partículas desprendidas pelo intemperismo. De maneira indireta, a litologia influencia ainda na gênese de solos, cujas características herdadas da rocha matriz podem deixar a cobertura pedológica mais suscetível à erosão. Quanto aos aspectos estruturais, por sua vez, Anazco e Viana (2009), apontaram que lineamentos locais associados a anomalias estruturais, podem aparecer alinhados com lineamentos ou tendências regionais, como acontece em zonas de cisalhamento, nas proximidades de falhas transcorrentes.

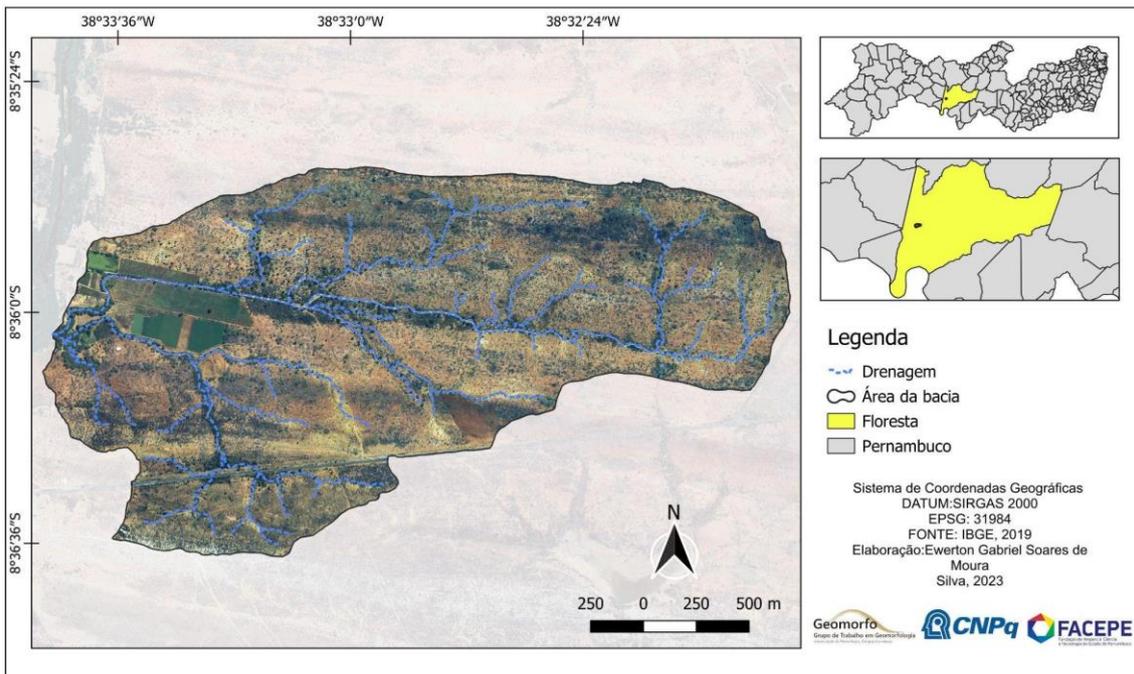
A zona de cisalhamento Pernambuco Oeste (ZCPW) apresenta trend WNW, infletindo para E-W, no centro oeste do estado de Pernambuco. Esta consiste em uma zona milonítica de alta temperatura com até 10 quilômetros de largura, que terminaria para leste em uma larga zona transpressiva, com a foliação milonítica encurvando-se para nordeste (Vasconcelos, 2016). Nos terrenos desenvolvidos sobre a ZCPW, os lineamentos e foliações litológicas condicionaram a direção e sentido das redes de drenagem, demonstrando o grau de controle estrutural sobre os elementos que compõem as paisagens regionais.

Especificamente no município de Floresta, as feições erosivas lineares ocorrem significativamente e em diferentes setores, concentrando-se nos terrenos desenvolvidos sobre a zona milonítica, cujos lineamentos estruturais e litologias controlam as redes de drenagem locais e podem exercer influência na configuração das formas lineares de erosão. Assim, o objetivo deste estudo é analisar a influência de aspectos geológicos na configuração das feições erosivas lineares e compreender de que forma os lineamentos, falhas e fraturas associadas a ZCPW condicionam os padrões de direção dessas feições de incisão em uma bacia hidrográfica experimental situada no município de Floresta (PE).

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica selecionada área em estudo está localizada no município de Floresta (Figura 1), na região semiárida do Estado de Pernambuco, às margens da rodovia PE-360. A área de estudo, denominada de bacia hidrográfica do riacho do Moura, está situada a 4,8 km de distância da cidade de Floresta e possui área total de 4,31 km<sup>2</sup>.

**Figura 1:** Mapa de localização da bacia hidrográfica do riacho do Moura.



Fonte: os autores, 2024.

A área de estudo está posicionada há cerca de 470 metros de distância a norte da zona de cisalhamento Pernambuco Oeste (ZCPW), cuja litologia local é composta por ortognaisses anfibolíticos, anfibolíticos-biotíticos, quartzodioríticos e tonalíticos,

parcialmente migmatizados, de alto grau metamórfico, pertencentes ao Complexo Floresta (2132 Ma). Ocorrem na bacia hidrográfica, rochas metamáficas tabulares encaixadas no Complexo Floresta, compostas por metagabros, metanortositos, metadioritos, quartzo-dioritos, biotita tonalitos, dentre outras, integrantes da Suíte Malhada Vermelha (2118 Ma) (Bezerra, 2018).

Regionalmente se formaram superfícies planas resultantes de processos de aplainamento generalizado em condições climáticas secas. Na área de estudo o pedimento possui declividade predominante entre 0-5% com inclinação geral no sentido NE/E – O-NO (Trend da ZCPW) até o vale do rio Pajeú (Neves; Mariano, 1999). A superfície apresenta variação altimétrica entre 317 e 348 metros, com ocorrência de ressaltos topográficos, afloramentos rochosos e vale de fundo plano.

A classificação climática regional, segundo Koppen, é do tipo clima BSh – Semiárido quente, cujas temperaturas médias anuais se encontram entre 28°C no inverno e acima de 30°C no verão, aumentando as taxas de evapotranspiração. As chuvas se iniciam no mês de novembro e terminam em abril, onde a precipitação média anual é de 431,8 mm EMBRAPA (2001).

Na bacia hidrográfica predominam os Luvisolos crômicos, caracterizados por serem rasos a pouco profundos, com horizonte B textural e horizonte A fraco, revestidos superficialmente por pavimento detrítico, altamente susceptíveis aos processos erosivos, em razão da diferença textural entre o horizonte A e o horizonte B (EMBRAPA, 2021).

Ocorrem ainda os Neossolos Litólicos, caracterizados por serem pouco desenvolvidos, rasos, não hidromórficos, com horizonte A diretamente sobre a rocha ou horizonte C de pequena espessura. São pedregosos, moderadamente a excessivamente drenados com horizonte A pouco espesso, cascalhento, de textura predominantemente média. Segundo EMBRAPA (2021), são solos com grande susceptibilidade à erosão, principalmente a erosão laminar e a formação de sulcos severa ou muito severa.

Recobrando os solos ocorre a vegetação de caatinga, classificada como Savana Estépica Parque, com arbustos e pequenas árvores, em geral de mesma espécie, e distribuição bastante espaçada, entremeadas com plantas herbáceas e gramíneas (IBGE, 2012). São espécies que se caracterizam pela xerofilia (Caatinga hiperxerófila), sendo o clima como principal fator de sua adaptação.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Os dados geológicos regionais, utilizados nesta pesquisa, foram extraídos da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), cujos arquivos vetoriais (shp) utilizados corresponderam a Carta Geológica-Geofísica da Folha SC-24-X-A-IV (Floresta), escala 1:100.000.

Para a obtenção da erosão linear, foram utilizados como base, produtos derivados do Projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D), como ortoimagens e modelo digital do terreno (MDT), com resolução de 1 metro e 0,5 metros, respectivamente. A partir do MDT, foram extraídas curvas de nível com equidistância de 1 metro, e elaboradas superfícies sombreadas, segundo método de interpretação visual apontado por Zhang e Liu (2019).

As erosões lineares foram mapeadas em escala 1:5000 no software QGIS Desktop 3.16.1, e classificadas de acordo com o arranjo espacial (Silva et al., 2003; Lima et al., 2023), a saber: [a] incisão conectada a outra; [b] incisão conectada ao canal fluvial e; [c] incisão desconectada do canal fluvial.

O relevo sombreado foi elaborado com 2 combinações de parâmetros distintos, de forma a auxiliar na identificação e mapeamento da erosão linear, a saber: [i] fator "Z" (exagero vertical) 3, Azimute 315, Altitude 45; [ii] fator "Z" (exagero vertical) 3, Azimute 45 e Altitude 30. O primeiro evidenciou as erosões presentes no setor Sul da bacia e o segundo evidenciou os lineamentos estruturais onde estão distribuídas as erosões no setor centro-leste e oeste da bacia. Nos sombreamentos foi adicionado a transparência de 70% que melhor evidenciou as erosões lineares.

Para gerar os diagramas de rosetas, foi utilizado o software no software QGIS Desktop 3.16.1, inserindo em seu banco de dados os arquivos SHP dos lineamentos das erosões, drenagem e estruturais. Em seguida, para gerar as direções preferenciais dos lineamentos, foi definido como parâmetro padrão a frequência absoluta das direções dos lineamentos, permitindo a realização do processamento dos dados. Por fim, foram elaborados diagramas de roseta para cada tipo de lineamento traçado, utilizando o complemento "*line direction histogram*".

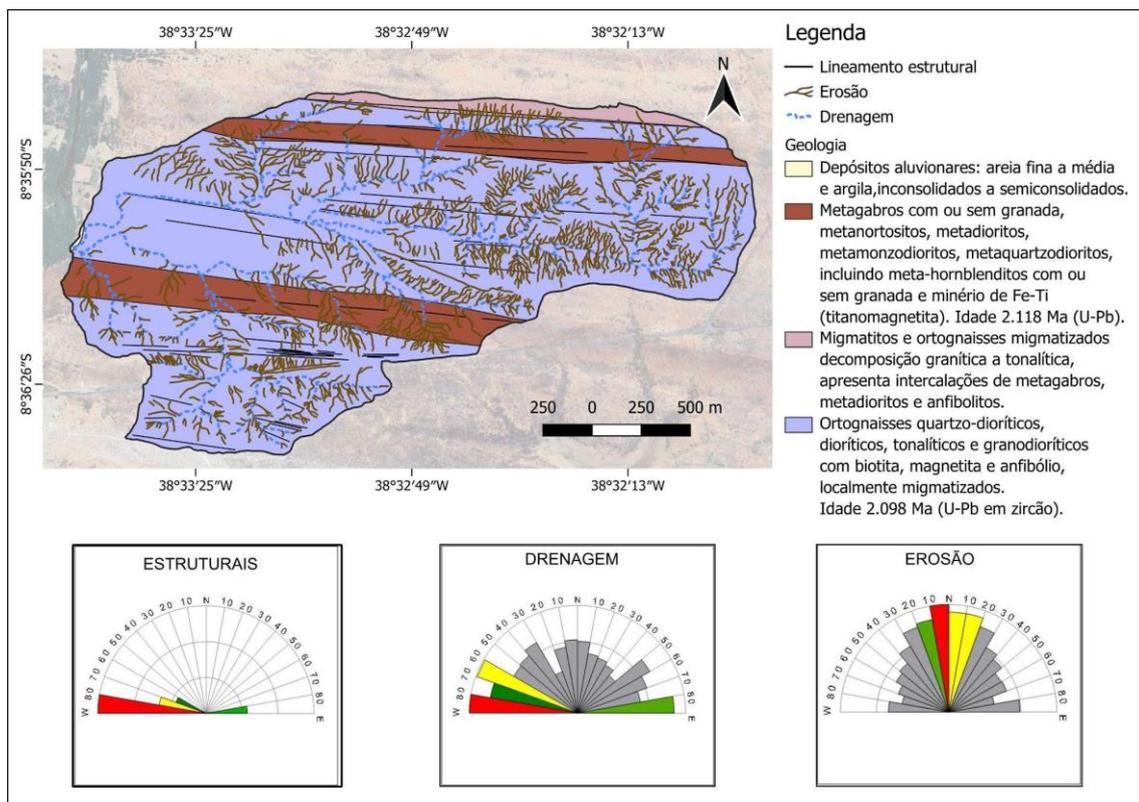
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir da observação do mapa geológico da bacia hidrográfica em estudo, observou-se que as faixas litológicas seguem a mesma direção da ZCPW localmente, indicando a influência sobre os lineamentos estruturais e de drenagem. Tal fato pode ser

observado quando os lineamentos estruturais correspondem aos topos alinhados em forma de “lombadas”, nos locais mais elevados, e aos leitos, especialmente ao leito do canal principal, que tendem a se estabelecer na mesma direção dos trends dos lineamentos (Figura 2). Como apresentado por Maia e Bezerra (2014), as zonas de cisalhamento, exercem forte influência e controle nas feições, em especial, nos maciços estruturais, cristas lineares e vales escavados compondo áreas mais altas e baixas do relevo, orientando e seguindo as tendências estruturais.

A respeito das erosões, foram mapeados 1.595 segmentos de feições erosivas lineares em 2016, apresentando uma densidade de 369,4 segmentos/km<sup>2</sup>. As incisões erosivas ocorrem de forma generalizada em toda a área da bacia (Figura 2), concentrando-se predominantemente nas regiões central e leste. Entre os segmentos mapeados, 892 estavam interligados a outros segmentos erosivos, 649 estavam ligados a canais de drenagem fluvial e 54 não apresentavam ligação com esses canais. A partir do mapeamento na escala de 1:5000, verificou-se uma maior incidência de sistemas erosivos e erosões lineares nas regiões central e leste da bacia.

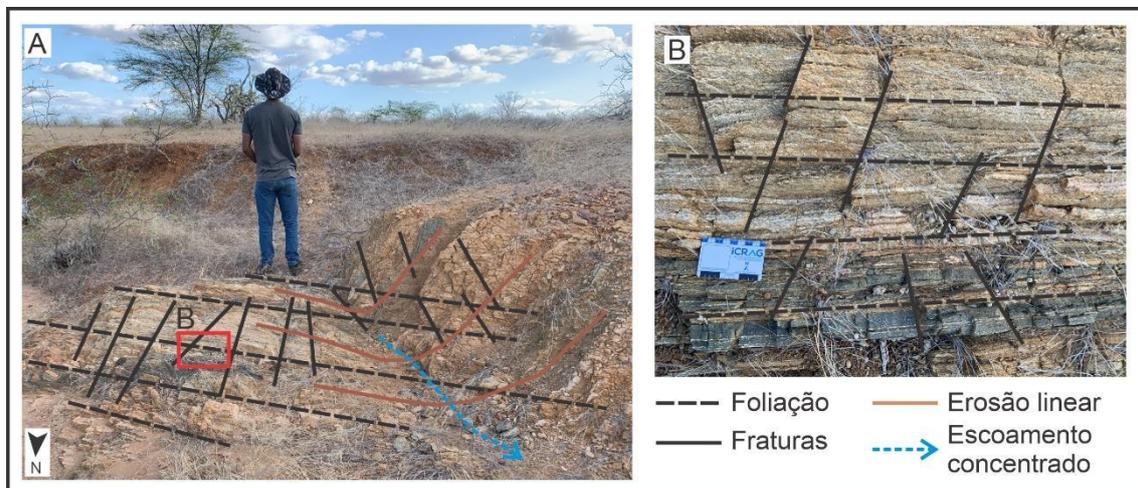
**Figura 2:** Mapa geológico da bacia hidrográfica do riacho do Moura com a sobreposição dos lineamentos e erosões lineares; e os diagrama de rosetas dos lineamentos mapeados.



Fonte: os autores, 2024.

Contudo, observou-se que a direção predominante das erosões lineares foi transversal aos lineamentos estruturais (topos) e de drenagem, além de serem transversais às faixas litológicas associadas a ZCPW (vide diagrama de rosetas – erosão, figura 2). Em campo, foi observado que as diferentes litologias apresentam forte quantidade de fraturas que, na maior parte das vezes, ocorre perpendicularmente aos trends estruturais e às direções das foliações. As erosões lineares, por sua vez, encontram-se desenvolvidas sobre a rede de fraturas, apresentando configuração perpendicular condicionada aos fraturamentos (Figura 3).

**Figura 3:** Setor representativo demonstrando o sentido dos lineamentos e da foliação no sentido geral da região e formação de ravina (A); e o detalhamento das foliações e sentido das fraturas dos ortognaisses (B).



Fonte: os autores, 2024.

A partir das observações de campo e dos dados obtidos nos mapeamentos e diagramas de rosetas, acredita-se que a gênese das erosões lineares na bacia do riacho do Moura apresente relações diretas com outros elementos da paisagem, que não aqueles geológicos, como a torrencialidade das chuvas sobre os solos com mudança textural abrupta entre os horizontes, aliados a cobertura vegetal rarefeita.

Os elementos litoestruturais funcionariam como variáveis indiretas, onde: as diferentes rochas podem determinar os tipos de erosão linear (ravinas ou voçorocas) e a maior/menor incidência em setores da bacia. Os lineamentos em si, não condicionam a

direção das feições lineares, mas sim, as fraturas, que funcionam como pontos de fraqueza que permitem a concentração do escoamento superficial e posterior incisão linear e desenvolvimento das erosões.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise e interpretação dos dados obtidos, levando em consideração o objetivo proposto, permitiram entender como os aspectos geológicos, particulares da ZCPW, influenciam a distribuição e a configuração das feições erosivas na bacia estudada. A análise das fraturas presentes nas rochas, que, devido ao seu maior grau de fragilidade, favorecem a intensificação das feições erosivas e agravam os processos erosivos, também foi fundamental para a compreensão dessa variável no contexto local e possivelmente regional.

Com base na análise realizada na área de estudo, pode-se dizer que a análise da erosão a partir de abordagens geológicas pode fornecer dados importantes para se tentar prevenir ou reduzir as áreas sob intensos processos de erosão que acabam formando cenários de degradação ambiental, que conduzem a situações de riscos e vulnerabilidades sociais no município e na região.

**Palavras-chave:** Processos erosivos; Geologia; Semiárido.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa de iniciação científica (processo no PIBIC, processo nº146627/2022-9) concedida ao primeiro autor.

## **REFERÊNCIAS**

Anazco, J. R.; Viana, R. R. **Deteção e Extração de Lineamentos Locais (Sujeitos ao Controle Estrutural Regional) de Imagens de Relevo, Derivadas de Dados da SRTM.** Anais... 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held. Salvador, Brazil, p. 24-28, 2009.

Araujo Filho, J. C. et al. **Diagnóstico ambiental do município de Floresta, Pernambuco.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2001.

Beavis, S. G. Structural controls on the orientation of erosion gullies in mid-western New South Wales, **Australia**. **Geomorphology**, v. 33, p. 59-72. 2000.

BEZERRA, João Pedro Santana. **Geologia estrutural, geoquímica e geocronologia de ortognaisses na região de Airi (Floresta, Pernambuco): implicações para a evolução crustal dos Domínios Alto Moxotó e Pernambuco-Alagoas**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Serviço Geológico do Brasil. Carta Geológica-Geofísica Folha SC.24-X-A-IV-Floresta. **Brasília**: MME, 2018. 1 mapa, Escala 1:100.000.

EMBRAPA, Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diagnóstico ambiental do município de Floresta**, Pernambuco. Rio de Janeiro, 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. **2ª ed. rev. e ampl.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

Lima, K. C. et al. Erosão em áreas suscetíveis à desertificação no Semiárido: possibilidades de análise por meio da cartografia geomorfológica baseada em imagens de altíssima resolução. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 2, 2023.

Maia, R. P.; Bezerra, F. H. R. Condicionamento estrutural do relevo no Nordeste setentrional brasileiro. **Mercator (Fortaleza)**, v. 13, p. 127-141, 2014.

Neves, S. P.; MARIANO, G. Assessing the tectonic significance of a large-scale transcurrent shear zone system: the Pernambuco lineament, northeastern Brazil. **Journal of Structural Geology**, v. 21, n. 10, p. 1369-1383, 1999.

Silva, T. P. et al. A influência de aspectos geológicos na erosão linear-médio-baixo vale do Ribeirão do Secretário, Paty do Alferes (RJ). **Geosul**, v. 18, n. 36, p. 131-150, 2003.

Silva, R. F.; Viegas, G. Estimativas de tensão diferencial durante a milonitização ao longo da zona de cisalhamento Pernambuco Leste (Província Borborema, nordeste do Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 48, n. 3, 2021.

TAURA, Tatiana Ayako. **Bioma Caatinga: luvisolos**. Embrapa. Conteúdo migrado na íntegra em: 08 dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos/luvisolos>. Acesso em: 01 ago. 2024.

Vasconcelos, C. L. **Mapeamento geológico, caracterização estrutural, análise geoquímica e microestrutural da porção oriental da zona de cisalhamento Pernambuco Oeste e áreas adjacentes.** Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, UFPE, 2016. 123 p.

Zhang, W.; Liu, Y. Research on visual interpretation and spatial distribution pattern of the erosion gully in Luoyugou Watershed of China. **Environment and Natural Resources Research**, v. 9, n. 3, p. 23-31, 2019. DOI: 10.5539/enrr.v9n3p23.