



IDENTIFICAÇÃO DE ESPAÇOS DE ACOMODAÇÃO EM CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS: ESTUDO DE CASO NA ÁREA ARQUEOLÓGICA DA SERRA VERMELHA - PERNAMBUCO

IDENTIFICATION OF ACCOMMODATION SPACES IN ARCHAEOLOGICAL CONTEXTS: A CASE STUDY IN THE SERRA VERMELHA ARCHAEOLOGICAL AREA, PERNAMBUCO

IDENTIFICACIÓN DE ESPACIOS DE ACOMODACIÓN EN CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS: ESTUDIO DE CASO EN EL ÁREA ARQUEOLÓGICA DE LA SERRA VERMELHA, PERNAMBUCO

João Rhannyé de Brito Araújo

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia
Universidade Federal de Pernambuco

e-mail: joao.rhannye@ufpe.br

 <https://orcid.org/0009-0003-1403-6813>

Thaysa Gisella Mendes de Araújo Silva

²Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia
Universidade Federal de Pernambuco

e-mail: thaysa.gisella@ufpe.br

 <https://orcid.org/0009-0001-2486-0844>

Rafael Oliveira de Araújo

³Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia,
Universidade Federal de Pernambuco, e-mail: rafael.oliveiraaraujo@ufpe.br

 <https://orcid.org/0009-0001-2486-0844>

Jonas Herisson Santos de Melo

⁴Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia,
Universidade Federal de Pernambuco

e-mail: jonas.melo@ufpe.br

 <https://orcid.org/0000-0003-3508-6433>

Bruno de Azevedo Cavalcanti Tavares

⁵Professor Adjunto do Departamento de Arqueologia,
Universidade Federal de Pernambuco

e-mail: bruno.tavares@ufpe.br

 <https://orcid.org/0000-0003-1823-3016>

RESUMO

A área Arqueológica da Serra Vermelha possui 75 sítios arqueológicos registrados pelo IPHAN, e uma cronologia que chega a indícios de ocupação há pelo menos 9.500 BP no entanto ainda carece informações acerca da dinâmica de formação dos depósitos inconsolidados presentes na área. Essa identificação e caracterização dos depósitos são fundamentais para a compreensão da gênese desses sedimentos que atuaram como pisos de ocupação pelos povos originários. Dessa forma, a pesquisa fez uso de análises espaciais (Direção de Fluxo, Análise de KSN) para identificar setores de acúmulo de sedimentos quaternários associados a sítios arqueológicos na Serra Vermelha (Sertão de Pernambuco). Utilizando uma base espacial de 1 metro de resolução (dados obtidos pelo PE3D), imagens aéreas por VANT e dados arqueológicos já estabelecidos para a área, mapeamos direções de fluxo, áreas de acumulação e



identificação de níveis de base ao longo do planalto. Foi possível identificar 20 depósitos, dos quais um foi possível realizar a cartografia de detalhe na escala de 1:5000, evidenciando a presença de leques colúvio-aluviais, com indícios de distintas fases de erosão/deposição. A integração entre SIG e validação de campo (sondagens, perfis estratigráficos, amostras para granulometria) demonstra a eficácia do método para orientar prospecções arqueológicas e futuras reconstruções paleoambientais. Discute-se assim a influência de controles estruturais e litológicos na organização geométrica dos níveis de base e consequente formação e preservação de depósitos que conservam vestígios arqueológicos e setores associados aos sítios.

Palavras-chave: Espaços de acomodação; Área Arqueológica da Serra Vermelha; Análises Espaciais; VANT; Depósitos sedimentares;.

ABSTRACT

The Serra Vermelha Archaeological Area contains 72 archaeological sites registered by IPHAN and presents a chronology with evidence of occupation dating back at least 9,500 BP. However, information regarding the formation dynamics of the unconsolidated deposits present in the area remains limited. Identifying and characterizing these deposits is essential for understanding the genesis of the sediments that served as occupation surfaces for Indigenous populations. This study employed spatial analyses (Flow Direction, KSN Analysis) to identify sectors of Quaternary sediment accumulation associated with archaeological sites in Serra Vermelha (Sertão of Pernambuco). Using a 1-meter-resolution spatial dataset (PE3D), UAV aerial imagery, and previously established archaeological data for the region, we mapped flow directions, accumulation zones, and base-level positions across the plateau. Twenty deposits were identified, one of which was mapped in detail at a 1:5000 scale, revealing colluvial-alluvial fan structures with evidence of multiple erosion/deposition phases. The integration of GIS analyses with field validation (test pits, stratigraphic profiles, granulometric sampling) demonstrates the effectiveness of the method for guiding archaeological prospection and future paleoenvironmental reconstructions. The study discusses the influence of structural and lithological controls on the geometric organization of base levels and the consequent formation and preservation of deposits that contain archaeological remains and areas associated with the sites.

Keywords: Accommodation spaces; Serra Vermelha Archaeological Area; Spatial Analysis; UAV; Sedimentary deposits.

RESUMEN

l Área Arqueológica de la Serra Vermelha cuenta con 72 sitios arqueológicos registrados por el IPHAN y presenta una cronología con indicios de ocupación de al menos 9.500 BP. No obstante, aún existe una carencia de información sobre la dinámica de formación de los depósitos inconsolidados presentes en la región. La identificación y caracterización de estos depósitos es fundamental para comprender la génesis de los sedimentos que funcionaron como superficies de ocupación de los pueblos originarios. En este estudio se emplearon análisis espaciales (Dirección de Flujo, Análisis de KSN) para identificar sectores de acumulación de sedimentos cuaternarios asociados a sitios arqueológicos en la Serra Vermelha (Sertão de Pernambuco). A partir de una base espacial con resolución de 1 metro (PE3D), imágenes aéreas obtenidas mediante VANT y datos arqueológicos previamente establecidos para el área, se mapearon direcciones de flujo, zonas de acumulación e identificación de niveles de base a lo largo del altiplano. Se identificaron veinte depósitos, uno de los cuales pudo ser cartografiado en detalle a escala 1:5000, evidenciando la presencia de abanicos coluvio-aluviales con indicios de distintas fases de erosión y deposición. La integración entre SIG y validación en campo (sondeos, perfiles estratigráficos, muestras para granulometría) demuestra la eficacia del método para orientar prospecciones arqueológicas y futuras reconstrucciones paleoambientales. Se discute la influencia de controles estructurales y litológicos en la organización geométrica de los niveles de base y en la consecuente formación y preservación de depósitos que conservan vestigios arqueológicos y sectores asociados a los sitios..

Palabras clave: Espacios de acomodación; Área Arqueológica de la Serra Vermelha; Análisis Espaciales; UAV; Depósitos sedimentarios.

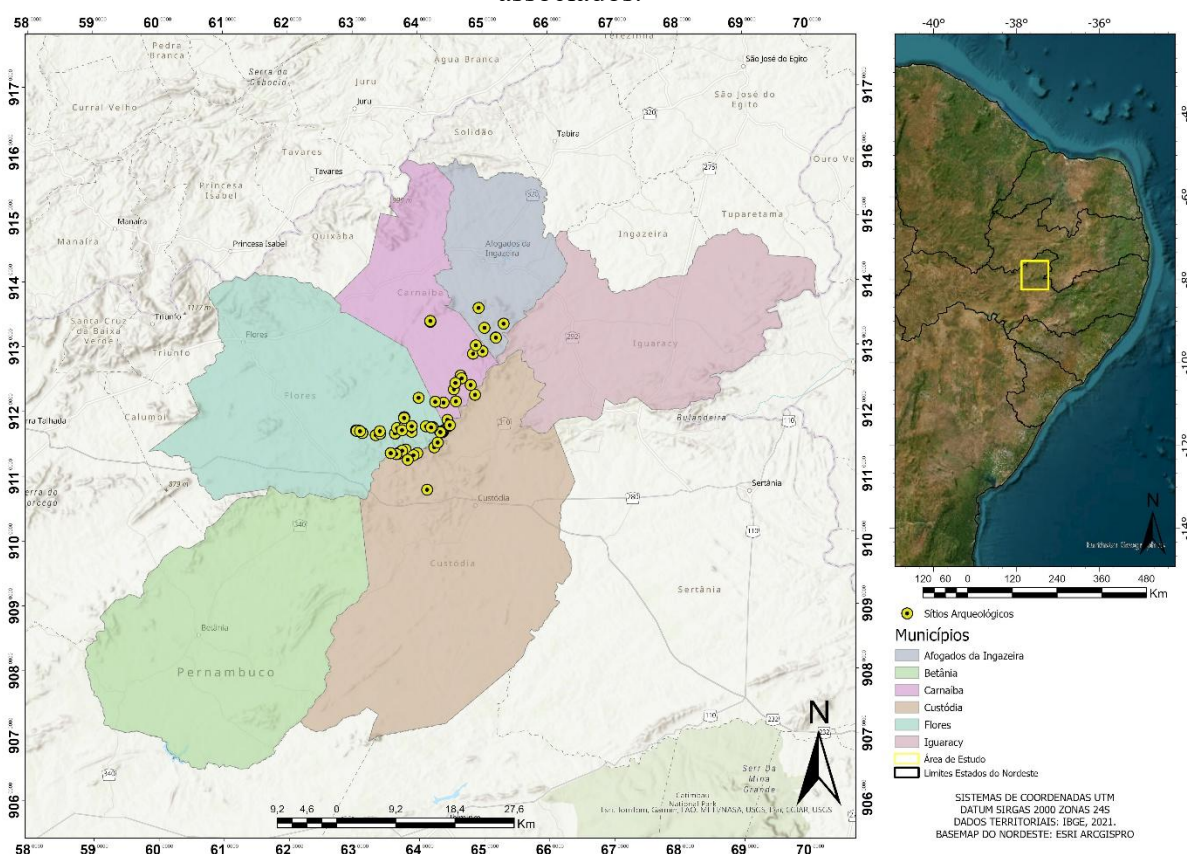
RÉSUMÉ

La zone archéologique de la Serra Vermelha compte 72 sites archéologiques enregistrés par l'IPHAN et présente une chronologie indiquant une occupation d'au moins 9 500 BP. Toutefois, les informations concernant la dynamique de formation des dépôts meubles présents dans la région demeurent limitées. L'identification et la caractérisation de ces dépôts sont essentielles pour comprendre la genèse des sédiments ayant servi de surfaces d'occupation aux populations autochtones. Cette recherche a mobilisé des analyses spatiales (Direction de flux, Analyse KSN) afin d'identifier des secteurs d'accumulation de sédiments quaternaires associés aux sites archéologiques de la Serra Vermelha (Sertão du Pernambouc). À partir d'une base spatiale de résolution métrique (PE3D), d'images aériennes obtenues par UAV et de données archéologiques préexistantes, nous avons cartographié les directions de flux, les zones d'accumulation et les niveaux de base le long du plateau. Vingt dépôts ont été identifiés, dont un a pu être cartographié en détail à l'échelle 1:5000, révélant la présence d'éventails colluvio-alluviaux présentant des indices de différentes phases d'érosion et de dépôt. L'intégration entre SIG et validation de terrain (sondages, profils stratigraphiques, échantillons granulométriques) démontre l'efficacité de la méthode pour orienter les prospections archéologiques et les futures reconstructions paléoenvironnementales. L'étude discute enfin l'influence des contrôles structuraux et lithologiques sur l'organisation géométrique des niveaux de base et sur la formation et la préservation de dépôts conservant des vestiges archéologiques et des secteurs associés aux sites.

INTRODUÇÃO

A Área Arqueológica da Serra Vermelha está localizada entre as microregiões do Pjaeú e Moxotó, no Sertão Pernambucano, há cerca de 320 km de Recife. A área em tela abriga 75 sítios arqueológicos com presença de Grafismos Rupestres, onde estão inseridos em abrigos sob rochas, afloramentos rochosos, lajedos graníticos, matacões, paredões rochosos e grutas. Dentre esses sítios com pinturas, gravuras e pinturas e gravuras, existem figuras como zoomorfos, antropomorfos, fitomorfos e grafismos puros distribuídos na região. A região está em um contexto geológico vinculado à Bacia Sedimentar de Fátima e embasamento com faixas metamórficas e intrusões graníticas. A geomorfologia da área é marcada por um Planalto Sedimentar Soerguido dentro da megageomorfologia do Planalto da Borborema. A região também atua como um importante divisor de águas entre as bacias hidrográficas do Pajeú e Moxotó (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de Localização dos sítios Arqueológicos e os limites municipais associados.



Fonte: Adaptado de IBGE, 2021 e dados arqueológicos do CNSA/IPHAN, 2026.

A pesquisa objetiva a identificação de áreas de acúmulo de material sedimentar que estão associadas a sítios arqueológicos da Serra Vermelha, no Sertão Pernambucano, a partir do mapeamento de direção de fluxo.

CONTEXTO AMBIENTAL E ARQUEOLÓGICO

Contexto Geológico

A bacia sedimentar de Fátima está situada ao sul do município de Afogados da Ingazeira, no sertão do Pajeú, no estado de Pernambuco. Inserida geologicamente na Zona Transversal da Província Borborema, em um domínio crustal delimitado ao norte pela Zona de Cisalhamento Patos e ao sul pela Zona de Cisalhamento Pernambuco (Almeida et al., 2000). Essa Província é caracterizada por um arcabouço estrutural de zonas de cisalhamento de orientação E-W, de cinemática dextral, e de NE-SW, de cinemática sinistral, demonstrando intensa atividade durante a orogênese Brasiliana-Pan-Africana entre aproximadamente 750 e 540 Ma (Vauchez et al., 1995; Neves, 2003; Neves, 2021).

A principal estrutura crustal próxima à bacia é a Zona de Cisalhamento Afogados da Ingazeira (ZCAI), a mais expressiva estrutura de *trend* NE-SW da área, com continuidade superior de 250 km e cinemática sinistral predominante. Estudos estruturais e petrográficos demonstram que a deformação transcorrente sinistral gerou a foliação principal C-S das rochas, com história deformacional iniciada em condições de fácies anfíbolito e decrescendo até fácies xisto verde (Silva e Mariano, 2000). A ZCAI funcionou, no Mesozóico, como zona de fraqueza pré-existente aproveitada pelo campo de esforços distensivo da abertura do Atlântico Sul, gerando um evento rúptil com esforço máximo NE-SW responsável pela nucleação do *half-graben* da Bacia de Fátima, cujo borda falhada se situa a noroeste (Matos, 1999; Celestino et al., 2017; Correia Filho et al., 2021).

Litologia da bacia de Fátima

A bacia representa uma pequena depressão com contorno elíptico com eixo maior orientado na direção NE-SW, geometria essa influenciada pelas estruturas do embasamento pré-cambriano subjacente que engloba o Terreno Alto Pajeú. Seu embasamento é constituído por litologias gnáissico-migmatíticas, rochas metassedimentares do Complexo Sertânia e granitos neoproterozoicos que afloram em eixos de drenagem; contudo, Silva e Mariano (2000) identificaram milonitos nos setores próximos à ZCAI. Ao realizar a datação do embasamento, Santos et al. (2010) definiram as idades para cada litologia: o gnáissico-migmatítico possui 2,1–2,2 Ga, as rochas metassedimentares entre cerca de 1000 e 920 Ma e os granitos entre 650 e 520 Ma, durante os vários estágios da orogenia Brasiliana.

Sua coluna sedimentar compreende três unidades principais, da base ao topo: a Formação Tacaratu (Siluro-Devoniana), a Unidade Fátima (Cretáceo Inferior) e os depósitos quaternários inconsolidados. A separação entre as duas primeiras unidades é marcada por uma discordância erosiva regional que representa um hiato de aproximadamente 250 Ma, durante o qual os sedimentos paleozoicos foram expostos ao intemperismo e parcialmente erodidos (Leite et al., 2000).

A Formação Tacaratu representa a unidade basal da coluna sedimentar, composta por arenitos quartzosos de granulação média a grossa, bem selecionados, com estratificações cruzadas tabulares e acanaladas de grande porte, indicativas de sistemas fluviais de alta energia (Celestino et al., 2017; Correia Filho et al., 2021), correlacionadas às sequências terrígenas de outras bacias interiores do Nordeste. (Figura 2).

A segunda sequência siliciclástica constitui a Formação Fátima, que engloba sedimentos originados do rifteamento Cretáceo, sendo compatível com a fase de sedimentação sin-rift que se estende do Neocomiano ao Aptiano, com depósitos de leques aluviais compostos

predominantemente por uma matriz areno-argilosa, localmente conglomeráticos do tipo matriz suportada, compostos por clastos do embasamento com morfologia subangulosa/subarredondada (Leite et al., 2000; Matos, 1999; Matos et al., 2019; Correia Filho et al., 2021).

Figura 2: Foto aérea dos topos em estrutura homoclinal da Formação Tacaratu. Encostas e fundo de vale com as coberturas colúvio-aluviais.



Fonte: Autores, 2026.

Os depósitos colúvio-aluvionares formados durante o Cenozóico, decorrentes da erosão regional, compõem a terceira sequência siliciclástica de cobertura da bacia. Esses depósitos cenozoicos apresentaram dezenas de metros de espessura nos setores central e nordeste da bacia (Correia Filho et al., 2021), geralmente estão alojados na base das encostas, constituindo rampas com morfologia em leque, sendo retrabalhados por processos superficiais contemporâneos.

Essa cobertura sedimentar revela feições com deformação rúptil, que acompanham as estruturas do embasamento, as quais foram estudadas por Celestino et al. (2017). A grande quantidade de bandas de deformação com direções preferenciais N20E e N50E com mergulho moderado a forte (60° a 80°) indica uma correlação com os lineamentos topográficos da bacia (Celestino et al., 2017). Esses dados sugerem que o componente tectônico foi fundamental para a formação dessa morfoestrutura, cujas estruturas deformacionais resultaram em mecanismos de soerguimento assimétrico.

Geomorfologia

Do ponto de vista geomorfológico, Corrêa et al. (2010) insere a bacia no limite entre o Domínio dos Maciços Remobilizados da Zona Transversal e a Depressão Intraplanáltica do Pajeú, configurando um planalto sedimentar inserido no contexto do soerguimento heterogêneo e polifásico da Megamorfologia do Planalto da Borborema. Segundo Correia Filho et al. (2021), a cobertura sedimentar da bacia apresenta amplitude altimétrica de 488 m, com altitude máxima de 952 m e mínima de 464 m, valores morfométricos expressivos que, associados à

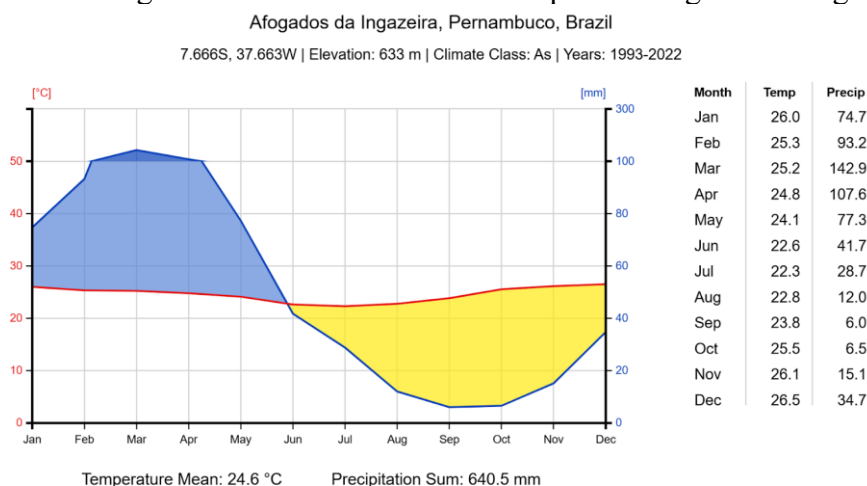
estimativa de soerguimento de aproximadamente 500 m obtida pela exumação da Formação Tacaratu, evidenciam soerguimento diferencial e evolução morfotectônica polifásica, incompatíveis com uma bacia em simples subsidência ou estabilização pós-cretácea.

A morfoestrutura da Bacia de Fátima expressa-se em superfície cuestiforme, decorrente do mergulho homoclinal suave das camadas sedimentares em direção ao depocentro, a O-NW. As formas de relevo geradas pelos depósitos da Formação Tacaratu, aflorantes no setor SE da bacia, mergulham suavemente para NNW, NW e SW — direção oposta à das principais falhas normais na borda noroeste da bacia (CORREIA FILHO et al., 2021).

2.4 Contexto Climático e Paleoclimático

O diagrama ombrotérmico de Afogados da Ingazeira (1993–2022) revela um regime climático fortemente sazonal, com uma estação chuvosa curta e concentrada entre fevereiro e abril e um longo período seco entre junho e outubro; a temperatura média anual em torno de 24–25 °C e a soma pluviométrica anual da ordem de 600–700 mm confirmam um quadro de clima semiárido com monção curta (Figura 3). Essa assinatura climática tem implicações diretas e imediatas sobre os processos geomorfológicos atuantes no Planalto da Borborema e, por consequência, sobre a formação, transporte e preservação de depósitos arqueológicos em matrizes sedimentares (CORRÊA et al, 2019; SANTOS, 2024).

Figura 3: - Diagrama Ombrotérmico do município de Afogados da Ingazeira.



Fonte: Dados extraídos a partir das normais climatológicas e gerado no Climate Chart (disponível em: <https://climatecharts.net/>)

Do ponto de vista dinâmico, a concentração das chuvas no final do verão e início do outono é coerente com a migração sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). No verão austral a ZCIT desloca-se para latitudes mais ao sul, aumentando a convecção e a disponibilidade de vapor sobre o interior nordestino; quando a ZCIT se posiciona favoravelmente, bandas convectivas e sistemas de nuvens organizadas produzem os episódios de precipitação que geram a maior parte do acúmulo anual. A advecção de umidade a partir do Atlântico, por ventos de leste/nordeste, é o vetor que fornece umidade necessária para essas células convectivas; a interação entre advecção marítima e aquecimento continental favorece a formação de núcleos convectivos intensos sobre o relevo, especialmente onde o Planalto da Borborema promove elevação orográfica e convergência local (TAVARES, 2015; SANTOS, 2024).

Além da ZCIT, eventos sinóticos de caráter episódico — em particular VCANs (Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis) e sistemas de altos níveis associados a cavados em níveis médios/altos — atuam como moduladores importantes da pluviosidade no outono. Esses sistemas, quando coincidem com advecção de umidade atlântica, podem intensificar a instabilidade e produzir episódios de chuva mais persistentes ou de maior intensidade fora do pico sazonal, explicando picos pluviométricos pontuais observados na série. A variabilidade interanual também é fortemente modulada por anomalias oceânicas e atmosféricas de maior escala: episódios de El Niño tendem a reduzir a precipitação no Nordeste semiárido, enquanto La Niña pode favorecer anos mais chuvosos; essa teleconexão é um fator crítico quando se busca correlacionar camadas sedimentares com episódios climáticos específicos (Macedo, Felice e Corrêa, 2025; Fonseca et al, 2020; Fonseca et al, 2024; Lira et al, 2026).

No que tange os aspectos paleoclimáticos para a área é importante mencionar que o Nordeste semiárido apresenta um cenário marcado por grandes oscilações ambientais documentadas no registro sedimentar (Behling et al, 2000; Corrêa, 2001). A literatura ressalta a importância do uso de dados contemporâneos e da transposição de áreas análogas, partindo do princípio de que os mecanismos climato-meteorológicos sub-recentes na América do Sul tropical não foram substituídos, mas sim alterados em intensidade e distribuição espacial desde o Último Máximo Glacial (UMG) (Gurgel et. al., 2013; Braüning, 2009). Essa abordagem permite interpretar as respostas erosivas e sedimentares do relevo continental como reflexos de oscilações na posição e intensidade das células de perturbação atmosférica ao longo do tempo. Autores como Thomas (2002) e Knox (1972) argumentam que tais processos são resultantes de mudanças bruscas nas condições climáticas, refutando a ideia de que os sedimentos de encosta seriam fruto de fases estáveis de pedimentação sob condições semiáridas constantes (Bigarella e Andrade, 1965). Nesse contexto, os mecanismos que inibem a migração da ZCIT e a ocorrência de episódios ENOS (El Niño) desempenham um papel crucial, pois a interconexão entre as secas generalizadas no Nordeste e as variações no Pacífico tropical sul fornece uma base para interpretar os "paleo-ENOS" como gatilhos para a produção de sedimentos na região (Peterson e Haug, 2006), da mesma forma que a dinâmica do Dipolo do Atlântico atua na alternância de fases secas e úmidas, controlando a subida e descida da ZCIT (Barros, 2018; Santos, 2024).

Contexto Arqueológico

Os principais eixos de concentração de evidências pré-históricas nos atuais limites políticos compreendem a região de Petrolândia e o médio São Francisco, o agreste setentrional, o Vale do Catimbau e o sertão do Pajeú e Moxotó (MARTIN, 2008; PESSIS et al., 2017). É exatamente nesse último eixo que se insere a área de estudo.

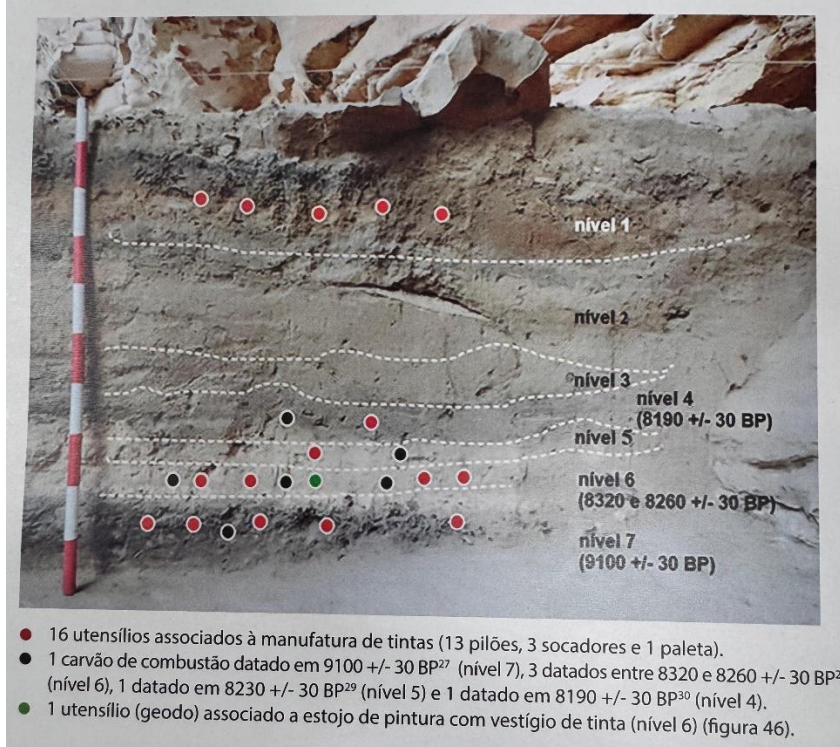
Segundo Araújo (2025), a região de estudo 75 sítios arqueológicos com presença de pinturas e gravuras rupestres, distribuídos pelos quatro municípios que a compõem O Sítio Serrote do Giz, se sobressai por ter sido um dos primeiros sítios arqueológicos ligados à Tradição Nordeste identificados no século XX (Galindo, 1994). O sítio em questão exibe pinturas com características das Tradições Agreste (grafismos isolados, sem formar cenas podendo compor animais, seres humanos, e figuras geométricas) e Nordeste (associada a cenas indicativas de movimento com representação de diversos motivos tais como: luta, caça, e danças). Essas pinturas incluem figuras zoomorfas e antropomorfas (Galindo, 1994; MARTIN, 2013). Para além dos grafismos rupestres (pinturas e gravuras), foram identificados vestígios cerâmicos e líticos relacionados a estruturas históricas dos séculos XIX e XX. A análise do conjunto evidenciou dois momentos

de ocupação distintos: o primeiro de caráter indígena, identificado pelo material lítico, e o segundo de natureza histórica (Hattori, 2015). No município de Flores, foram identificados e catalogados mais de 20 sítios arqueológicos com figuras rupestres, entre pinturas e gravuras, com presença da Tradição Itacoatiara. Os trabalhos realizados nesses sítios não confirmaram relatos de moradores sobre a ocorrência de objetos líticos como machados no sítio Serra da Letra I, tendo sido registradas, ações antrópicas como pichações e danos causados por processos naturais de intemperismo sobre as pinturas (Fernandes et al., 2014).

O conjunto arqueológico da área de estudo totaliza 75 sítios cadastrados (Base do Iphan/CNSA – Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos) com pinturas e gravuras rupestres, sendo 32 com apenas pinturas, 23 exclusivamente com gravuras e 20 com a presença concomitante de ambas as técnicas. Os sítios estão inseridos em suportes rochosos de natureza variada, condicionados pela geomorfologia local: abrigos sob rocha, definidos como cavidades com altura de entrada maior que a profundidade e com indícios de ocupação humana (Mendonça, 1997).

Do ponto de vista estilístico, os grafismos distribuem-se entre as tradições Agreste e Nordeste, com predominância da primeira. A Tradição Nordeste caracteriza-se por representações de antropomorfos, zoomorfos, fitomorfos e objetos em cenas de movimento, como dança, sexo e caça, executadas com pinturas monocromáticas e policromáticas em materiais variados, incluindo ocre, ossos calcinados e aglutinantes de gordura animal. A Tradição Agreste, predominante na área, ocorre preferencialmente nos pés de serras, várzeas e brejos das regiões agreste e sertaneja de Pernambuco e da Paraíba, com representações de antropomorfos, zoomorfos e grafismos puros, geralmente isolados e de grandes dimensões, executados majoritariamente em monocromia vermelha, com ocorrência frequente de marcas de mãos em positivo e carimbo. Os sítios com gravuras rupestres localizam-se preferencialmente nas margens e nos leitos de rios e riachos, circunstância que dificulta o estabelecimento de relações diretas entre os grafismos e os demais componentes da cultura material dos sítios (Pessis et al., 2017). (Figura 4)

Figura 4 – Sítio Arqueológico Pedra do Tamanduá e seu assoalho com material sedimentar. Suporte rochoso do arenito das pinturas rupestres. Perfil com datação de material arqueológico.



Fonte: Adaptado de Pessis, Souto Maior e Amâncio, (2024).

O sítio Pedra do Tamanduá, localizado no município de Custódia, constitui o contexto arqueológico de maior relevância cronológica e interpretativa para a área de estudo. As escavações realizadas no sítio documentaram ocupação contínua com profundidade temporal de 9.100 anos BP (Carvões), tendo sido recuperados 77 utensílios relacionados à prática pictórica, numeroso conjunto de material lítico, material cerâmico em menor quantidade, além de restos vegetais e carvões que permitiram a realização de datações radiocarbônicas (Pessis, Souto Maior, Amâncio, 2024). A identificação de materiais associados à manufatura de tinta levou à classificação do sítio como oficina de pintura (Pessis, Souto Maior, Amâncio, 2024). Esses dados situam a Serra Vermelha entre as áreas de ocupação humana mais antigas do semiárido pernambucano e fundamentam



ARAÚJO, J. R. de. B; SILVA, T. G. M. de. A; ARAÚJO, R. O. de; MELO, J. H. S. de; TAVARES; B. de. A. C.

DIREÇÃO DE FLUXO E *LOCIS* DE POSICIONAIS: BASES PARA IDENTIFICAÇÃO DE ESPAÇOS DE ACUMULAÇÃO DE SEDIMENTOS EM CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS

a necessidade de investigações geoarqueológicas sistemáticas que permitam correlacionar a cronologia da ocupação com a dinâmica paleoambiental quaternária da região.

MATERIAS E MÉTODOS

A partir da geotecnologia foi possível identificar as direções de fluxo para as áreas receptoras de sedimentos e seus níveis de base. Nesse sentido, foi utilizado dados de sensores remotos, onde o cruzamento dos dados georreferenciados em ambiente SIG, permitiu a avaliação dos parâmetros topográficos dos setores de acúmulo de material sedimentar e sua associação aos sítios arqueológicos. Dessa maneira, foi possível a identificação dos potenciais áreas de *locis* deposicionais (setores de acúmulo de material sedimentar indicativo de dinâmica processual na interface encosta/fundo de vale) de forma remota, sendo uma ferramenta facilitadora na otimização dos trabalhos de campo e coleta de materiais sedimentares e vestígios arqueológicos. Com a confecção do mapa de direcionamento de fluxo, foi possível integrar os dados de direção com a distribuição espacial dos sítios. Após a integração destas informações foi verificado a posição dos sítios em diversos níveis de base ao longo do Planalto, onde são áreas preferenciais de acúmulo de sedimentos.

Dados e Pré-processamento - DEM (PE3D), ortofotos, mosaicos por drone, distribuição dos sítios

Foram utilizados modelos digitais de elevação (DEM), incluindo dados do projeto PE3D (Pernambuco Tridimensional), ortofotos e mosaicos gerados por aerolevantamento com VANT (Veículo Aéreo Não tripulado). A base de dados também contemplou a distribuição espacial dos sítios e informações temporais associadas à área de estudo, localizada em Pedra do Tamanduá. O recorte amostral da área está associado ao Planalto da Bacia de Fátima e os pedimentos que marcam o seu contato.

Os dados do PE3D estão disponíveis na plataforma Pernambuco tridimensional (<https://pe3d.pe.gov.br/>), onde é possível após fazer cadastro no site, o download de dados espaciais na escala de 1:5000 e 1:1000 de todos os municípios do Estado de Pernambuco. A base espacial contém modelos digitais de terreno, ortoimagens e modelos digitais de superfícies, todos devidamente georreferenciados no sistema de Coordenadas Projetadas UTM SIRGAS 2000, nos fusos 24S ou 25S.

O pré-processamento envolveu etapas de organização, padronização e validação dos dados geoespaciais, incluindo correção de inconsistências, reprojeção para sistema de referência compatível e integração das diferentes fontes em ambiente SIG.

Processamento topográfico e Mapeamento de fluxo indicar as direções de fluxo, extração de drenagem, declividade da área, estatísticas utilizadas

O Geoprocessamento dos modelos digitais de elevação (DEM), aplicou-se o procedimento de preenchimento de depressões (*fill sinks*), visando eliminar inconsistências no modelo e garantir a continuidade do escoamento superficial.

Em seguida, foi gerado o modelo de direção de fluxo (*flow direction*), que permite identificar o sentido preferencial do escoamento da água em cada célula do raster. A partir



desse produto, foi calculada a acumulação de fluxo (*flow accumulation*), possibilitando a identificação de áreas com maior concentração de escoamento.

Com base nesses dados, procedeu-se à extração da rede de drenagem, utilizando limiares de acumulação definidos conforme as características da área de estudo. A rede resultante foi posteriormente vetorizada e integrada às demais camadas geoespaciais.

A declividade (classes de relevo da EMBRAPA) foi derivada do DEM, sendo expressa em graus e/ou porcentagem, permitindo a identificação de variações topográficas e padrões de relevo. Esse produto foi utilizado para apoiar a análise geomorfológica, bem como para compreender a influência do relevo na distribuição dos sítios e no comportamento do escoamento superficial.

Foram aplicadas análises estatísticas descritivas aos dados derivados, incluindo medidas de tendência central (média e mediana) e dispersão (desvio padrão), com o objetivo de caracterizar os padrões topográficos da área de estudo.

Adicionalmente, foram realizadas análises espaciais para avaliar a relação entre variáveis, como declividade, acumulação de fluxo e distribuição dos sítios, permitindo identificar possíveis correlações e padrões de ocupação associados às características do terreno.

K_{sn}, ou índice de declividade normalizada do canal, é uma entre várias métricas usadas para analisar processos de incisionamento fluvial, sendo favorecida em canais caracterizados por alta vazão, grande declividade e exposição de rochas de baixa resistência aos processos denudacionais (Peifer et al., 2020). A equação a seguir representa o índice *K_{sn}*:

$$S = K_{sn} A^{\theta_{ref}}$$

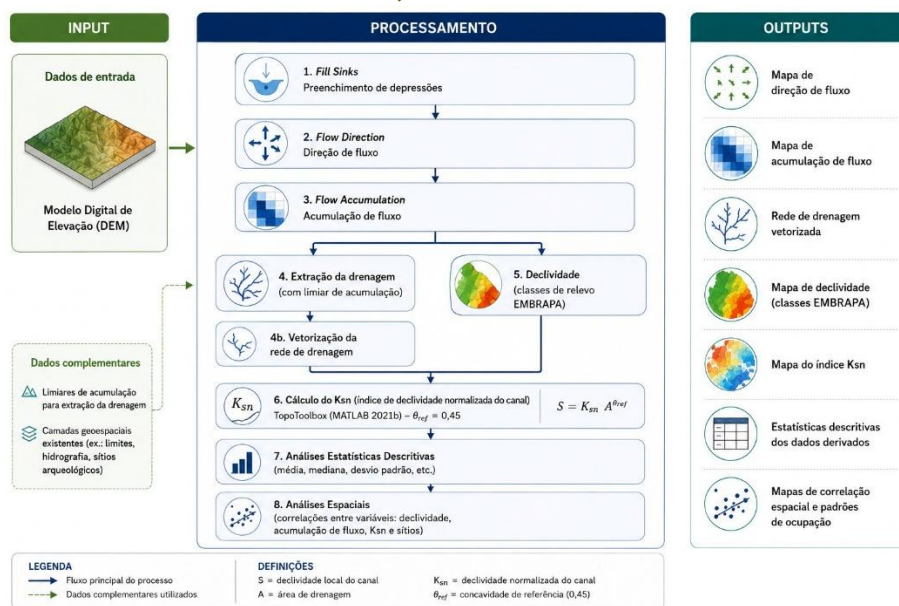
onde *S* representa a declividade local dos canais fluviais, *A* representa a área de drenagem, *K_{sn}* descreve a declividade normalizada do canal, e θ_{ref} refere-se à concavidade de referência fixa. O valor de 0,45 é frequentemente usado para facilitar a comparação de valores de *K_{sn}* entre diferentes paisagens (KIRBY e WHIPPLE, 2012; WOBUS et al., 2006).

O *K_{sn}* permite comparar a declividade dos canais em diferentes bacias hidrográficas. Além disso, valores de *K_{sn}* correlacionam-se significativamente com as taxas médias de erosão de uma bacia, conforme determinado em estudos de caso. Nesse sentido, Liu et al. (2020) mostraram que variações relativas na taxa de erosão podem ser inferidas combinando a declividade média do canal normal da bacia com a declividade das encostas (LIU et al., 2021).

O índice *K_{sn}* foi calculado usando a função “*k_{sn}*” presente no pacote TopoToolbox (MATLAB 2021b), que permite, a partir de um MDE (Modelo Digital de Elevação), o cálculo dos valores de *K_{sn}* utilizando o valor de 0,45 como concavidade padrão (Figura 5).

Figura 5 - Fluxo metodológico de processamento topográfico, extração da rede de drenagem, cálculo do índice *K_{sn}* e geração dos produtos cartográficos derivados.

Margarida Penteado – Revista de Geomorfologia. v.3 n.1, julho de 2026, p.1-31
<https://doi.org/10.66049/ISSN2966-2958.v3n1.2026.012>



Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de Inteligência Artificial Generativa (ChatGPT/DALL·E, OpenAI, 2026), com adaptação metodológica baseada nos procedimentos descritos na pesquisa

Mapeamento detalhado e validação por drone dados do voo, processamento no metashape e webodm, mapeamento dos espaços de acomodação (área amostral), identificação dos setores de acúmulo de sedimentos

A captura das imagens por meio de VANT foi realizada a partir do uso do drone DJI Mavic 3 Enterprise do Laboratório de Geoarqueologia da UFPE. O voo foi realizado em um loci deposicional como área amostral, onde a obtenção de dados permitiu a captação de 280 imagens a uma altitude de 250 metros e GSD (Distância de Amostragem do Solo) de 6.5 cm. O mapeamento permitiu a obtenção de produtos de alta resolução espacial para apoio à análise geomorfológica e validação dos dados topográficos.

O voo foi planejado considerando parâmetros como altitude, sobreposição longitudinal e lateral das imagens (frontal e lateral), velocidade de cruzeiro e condições atmosféricas, de modo a garantir a qualidade dos produtos gerados, para o mapeamento não foram utilizados pontos de controle. As imagens obtidas foram utilizadas para a construção de ortomosaicos e modelos digitais de superfície (MDS), permitindo uma representação detalhada da área de estudo (Pereira e Mützenber, 2022).

O processamento das imagens foi realizado por meio do software Agisoft WebODM, seguindo as etapas clássicas da fotogrametria digital:

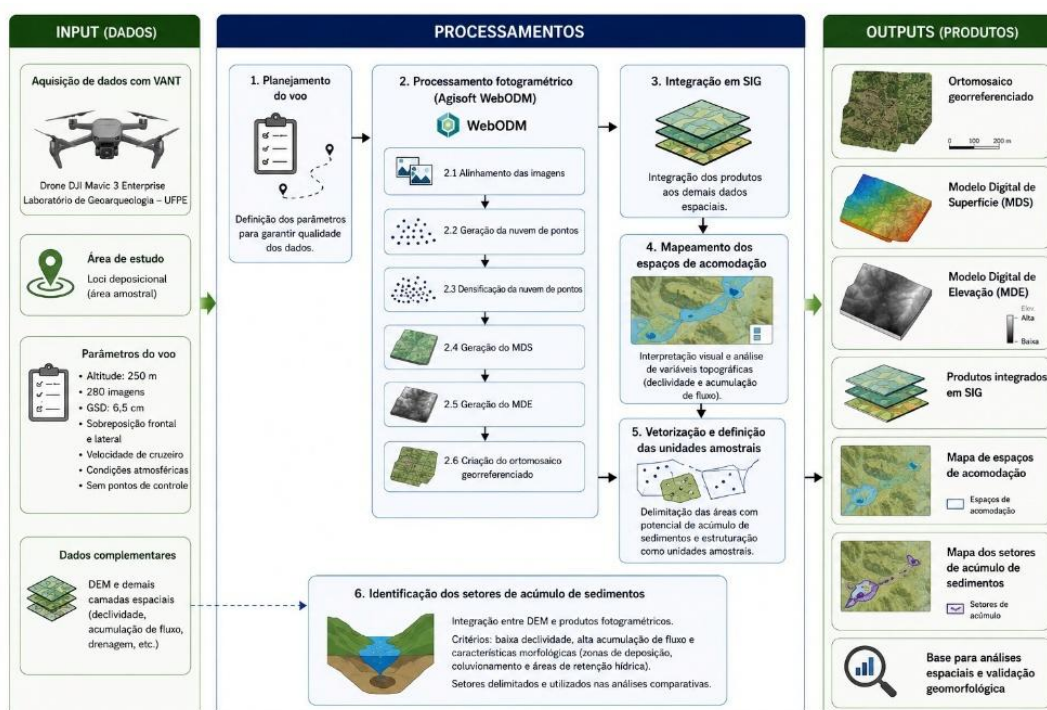
- alinhamento das imagens;
- geração da nuvem de pontos;
- densificação da nuvem de pontos;
- geração do modelo digital de superfície (MDS);
- modelo digital de elevação (MDE);
- criação do ortomosaico georreferenciado.

Os produtos gerados foram posteriormente integrados ao ambiente SIG, permitindo sua utilização em conjunto com os demais dados espaciais. A partir dos ortomosaicos e modelos derivados, foi realizado o mapeamento detalhado dos espaços de acomodação,

definidos como áreas com potencial para acúmulo de sedimentos. A delimitação dessas áreas foi conduzida com base na interpretação visual dos produtos de alta resolução, aliada à análise de variáveis topográficas, como declividade e acumulação de fluxo. Essas áreas foram vetorizadas e estruturadas como unidades amostrais, possibilitando análises espaciais e comparações entre diferentes setores da área de estudo.

A identificação dos setores de acúmulo de sedimentos foi realizada a partir da integração entre os dados topográficos derivados do DEM e os produtos fotogramétricos obtidos por drone. Foram considerados critérios como baixa declividade, alta acumulação de fluxo e características morfológicas observadas nos ortomosaicos, como zonas de deposição, coluvionamento e áreas de retenção hídrica (Figura 6).

Figura 6 - Fluxo metodológico de aquisição de dados através de VANT, processamento fotogramétrico, integração em SIG e identificação dos setores de acúmulo de sedimentos.



Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de Inteligência Artificial Generativa (ChatGPT/DALL·E, OpenAI, 2026), a partir dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.

3.4 Trabalho de Campo e Amostragem

O trabalho de campo foi realizado com o objetivo de validar os padrões identificados nas análises topográficas e no mapeamento de fluxo, bem como caracterizar os depósitos sedimentares da área de estudo. As atividades incluíram reconhecimento da área, registro de feições geomorfológicas e verificação *in loco* das direções preferenciais de escoamento indicadas pelo modelo digital de elevação.

Com base na integração entre os dados de direção de fluxo, hipsometria e áreas de potencial deposição, foi selecionado um local de amostragem com maior probabilidade de representação das características buscadas.:

- Perfil FDC: localizado em área de convergência de fluxo, associada a zonas de menor declividade e maior potencial de acúmulo sedimentar. Este perfil encontra-

se inserido em um contexto geomorfológico favorável à deposição, conforme indicado pela densidade de vetores de fluxo convergentes na área.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

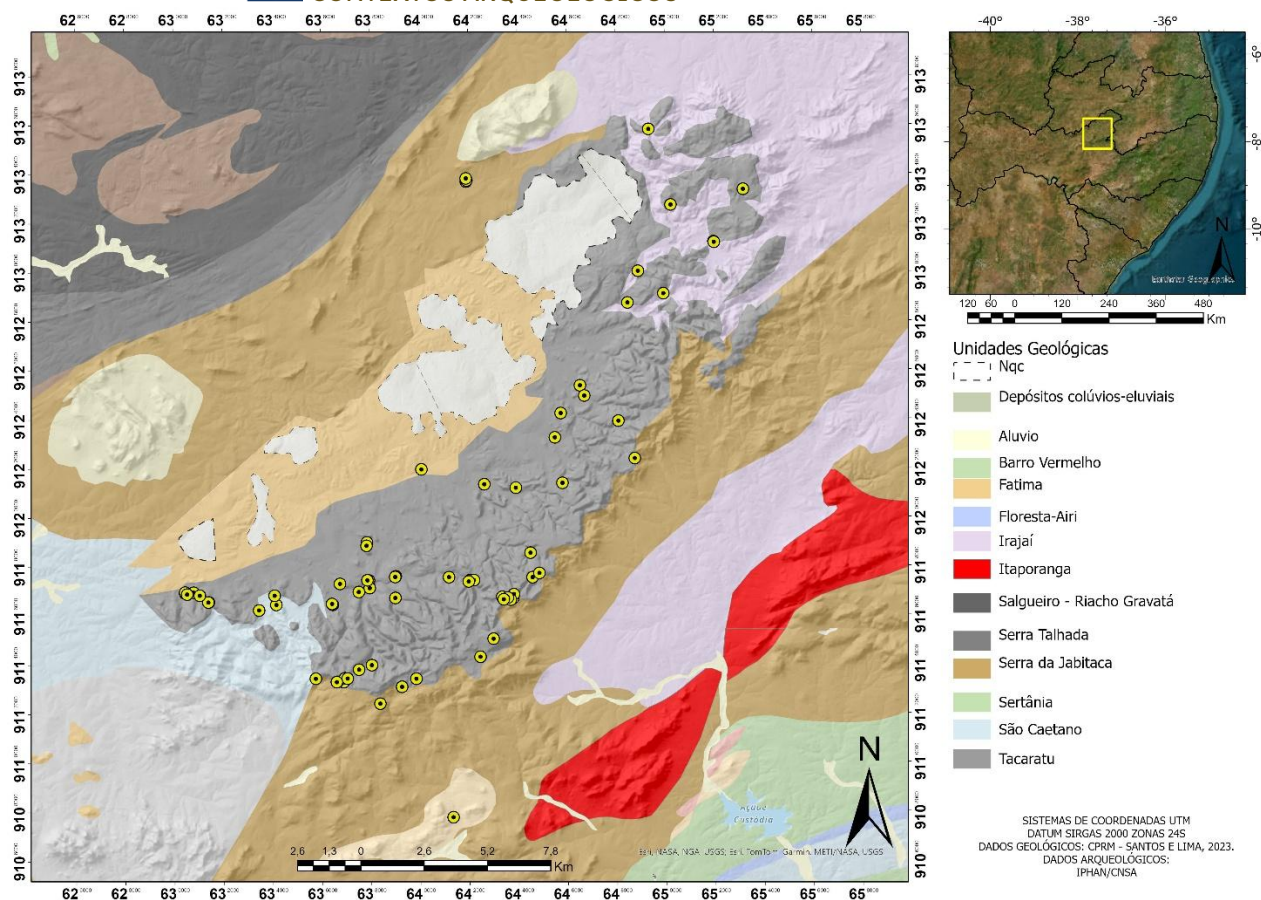
A Serra Vermelha, sobre o Planalto da Borborema, apresenta morfologia cuestiforme com topos controlados pelo arenito Tacaratu e um reverso apoiado em níveis sedimentares mais rebaixados, vinculados à bacia de Fátima. O caimento preferencial em direção NW e a presença de falhas normais e estruturas *half-graben* criam compartimentos topográficos e zonas de acomodação de sedimentos. Esses compartimentos tendem a concentrar locis deposicionais (leques colúvio-aluviais, estruturas de corte e preenchimento e confluências de leques nas porções rebaixadas do reverso), que são os principais alvos para preservação e descoberta de vestígios arqueológicos (líticos, cerâmicos, remanescentes ósseos).

Nesse sentido, a discussão aqui recai na aplicação de índices morfométricos para a identificação desses espaços de acomodação (locis deposicionais) e sua associação aos dados arqueológicos da área em tela. A Serra Vermelha possui setores com *clusters* de sítios arqueológicos na porção da escarpa sudeste e seu reverso, sítio com cronologia absoluta como o Pedra do Tamanduá, apresenta vestígios de ocupação que permeiam todo o Holoceno (Pessis, Souto-Maior; Amâncio, 2024). Essa cronologia é fundamental para a compreensão das ocupações desta área, no entanto, este setor carece de mais informações sobre os aspectos físico/naturais e sua integração com o posicionamento dos sítios.

Morfologia do Planalto e os *Locis* deposicionais

O Planalto Sedimentar da bacia de Fátima resulta da estrutura herdada do *half-graben*, cujo limite é controlado pela Zona de Cisalhamento Afogados da Ingazeira (ZCAI), constituindo uma falha de borda situada a noroeste, onde se encontra o depocentro. As camadas encontram-se basculadas em direção ao depocentro, de modo que o reverso monoclinal voltado para oeste-noroeste, concordante com o mergulho das camadas, exibe encostas regularmente inclinadas de baixa a moderada declividade, enquanto a frente da cuesta voltada para sudeste, em sentido oposto ao mergulho, é abrupta, marcada por feições de grande amplitude topográfica. Portanto, esta morfologia cuestiforme possui caráter estrutural-tectônico. Ela não advém exclusivamente de variações litoestratigráficas, sendo fundamentalmente moldada pela exumação e pelo basculamento (inclinação diferencial) dos estratos, decorrentes do soerguimento Cenozóico (Corrêa et al., 2010; Celestino et al., 2017; Correia Filho et al., 2021) (Figura 7).

Figura 7 - Mapa geológico da Bacia de Fátima e o posicionamento dos sítios arqueológicos.



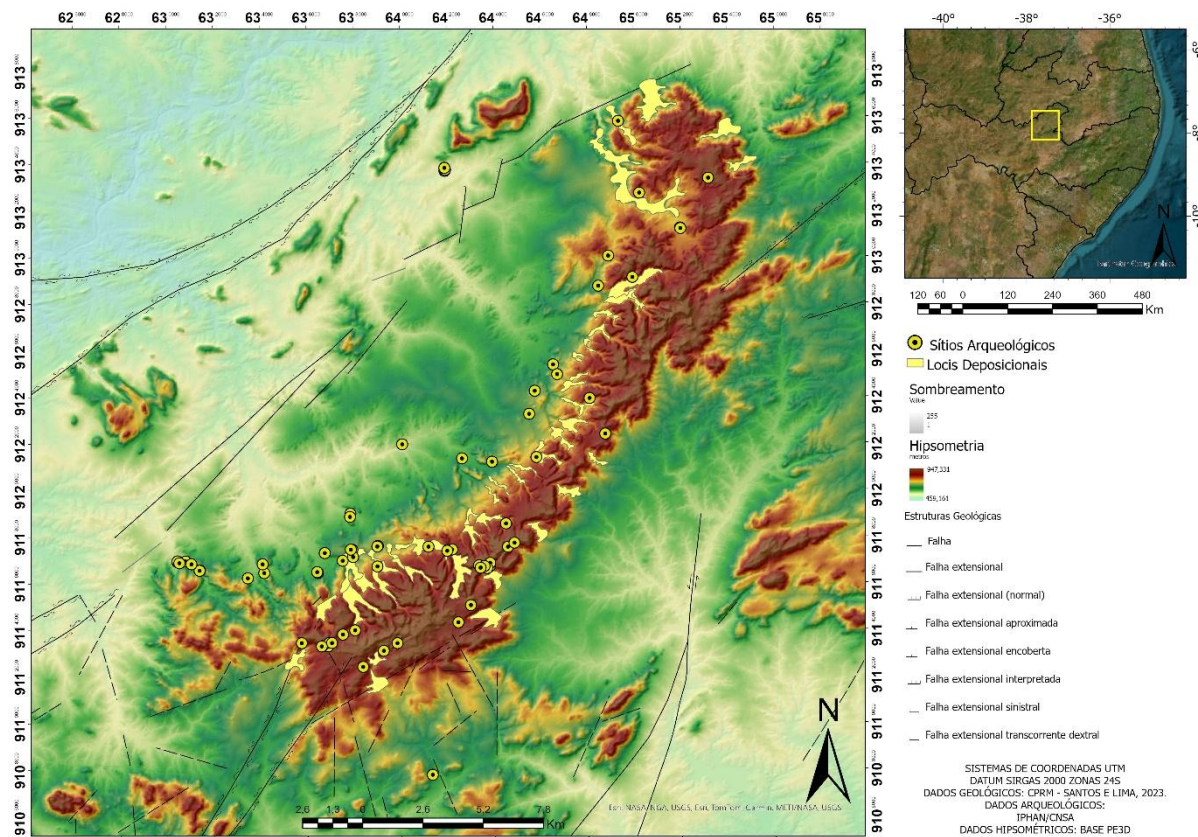
Fonte: Autores, 2026 Base geológica adaptada de Santos e Lima (2023).

A dissecação progressiva do planalto sedimentar evidencia o forte controle estrutural na gênese das formas de relevo, posteriormente modeladas por processos de erosão diferencial. Celestino et al. (2017) e, posteriormente, Correia Filho et al. (2021) demonstraram a correlação direta entre lineamentos topográficos e gravimétricos da área e os *trends* estruturais do embasamento, interpretando que os vales são controlados estruturalmente, orientados conforme as estruturas, constituindo vales tectônicos, formados pelo aprofundamento erosivo preferencial ao longo de zonas de fraqueza estrutural reativadas no Cenozóico.

Essa arquitetura favorece a acumulação de depósitos quaternários inconsolidados de caráter misto (colúvio-aluvionar) nos sopés das encostas e nos fundos dos vales tectônicos. Esses depósitos resultam da combinação de processos gravitacionais com transporte fluvial subsequente, originando clastos angulosos a subangulosos, de granulometria variada, em matriz arenosa a areno-argilosa.

Portanto, o soerguimento cenozoico diferencial, documentado por Correia Filho et al. (2021), é o principal motor da geração e redistribuição desses depósitos: o aumento local da energia do relevo, decorrente dos rejuvenescimentos tectônicos, intensifica a erosão nas encostas e o transporte de sedimentos para os vales adjacentes. De acordo com Corrêa et al. (2019), ao longo do Quaternário produziu-se uma organização estratigráfica interna nos depósitos, com possível intercalação de paleossolos, registrando as variações paleoclimáticas do semiárido nordestino durante o Pleistoceno e o Holoceno (Figura 8).

Figura 8 - Mapa hipsométrico com indicação das coberturas sedimentares inconsolidadas associadas ao front e reverso da cuesta da Bacia de Fátima.



Fonte: Adaptado da base de dados PE3D e dados geológicos Santos e Lima, 2023.

Logo, os depósitos Quaternários da bacia são compostos por coberturas eluviais no topo do planalto, resultantes do intemperismo *in situ* de arenitos quartzosos, gerando areia média a grossa não consolidada. Nas encostas, especialmente na face mais declivosa da cuesta, ocorrem coluviões, enquanto aluviões preenchem os terraços ao longo das drenagens estruturalmente adaptadas.

Assim, esses depósitos registram fases alternadas de agradação, quando o material erodido das bordas soerguidas é depositado nos fundos dos vales durante pulsos de maior instabilidade das encostas, e de denudação incisiva, em que o aprofundamento dos vales remobiliza os depósitos previamente acumulados. Segundo (Corrêa et al., 2019), o retrabalhamento em curso reflete a dinâmica morfogenética quaternária da área, condicionada principalmente pelas oscilações paleoclimáticas do Semiárido Nordeste, que alternam fases úmidas de maior transporte e fases secas de deflação e erosão laminar, favorecendo a ocupação por grupos humanos pretéritos na Bacia de Fátima, comprovada pela densidade de sítios arqueológicos.

Morfometria da Área Arqueológica: Direção de Fluxo e K_{sn}

A análise da direção de fluxo revela um padrão rigorosamente consistente com a arquitetura do relevo homoclinal. No front da cuesta, os fluxos orientam-se para a face barlavento da serra; em contrapartida, verifica-se uma inversão no sentido do reverso da cuesta (face sotavento). Neste setor, a dinâmica de dissecação da drenagem consequente é governada por um sistema de falhas normais arrançadas em *half-grabens*, que estruturam

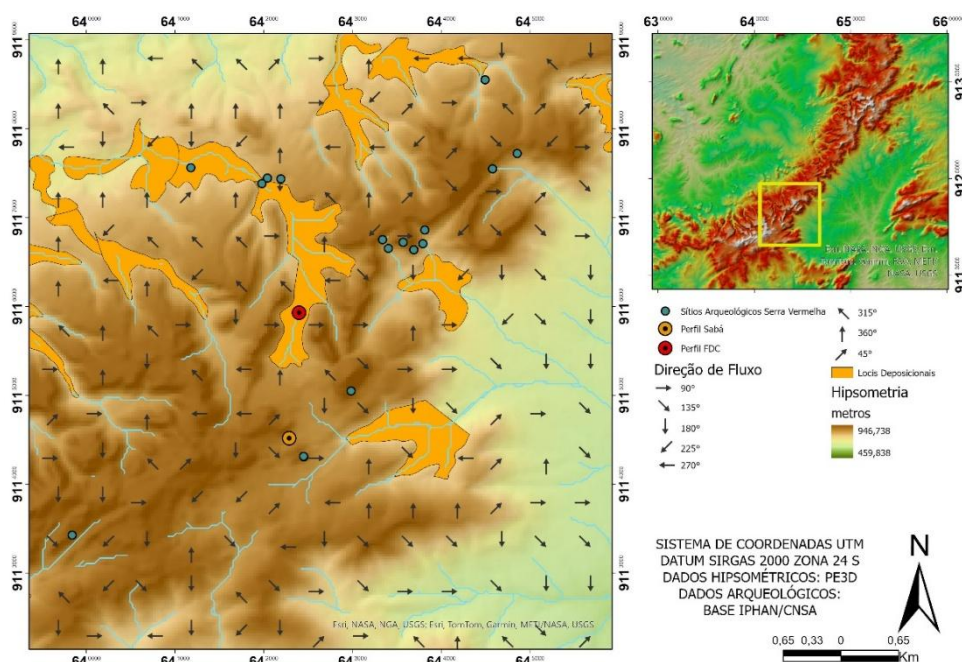
setores rebaixados aptos a funcionar como espaços de acomodação para o aporte sedimentar quaternário sob a forma de leques alúvio-coluvionares. Observa-se, portanto, um controle morfoestrutural onde a tectônica comanda o nível de base local, permitindo a criação e o preenchimento desses loci deposicionais em função das dinâmicas climáticas pretéritas e atuais.

O setor sudeste sobressai neste cenário por responder às áreas que concentram maiores índices de umidade e que recebem diretamente os ventos provenientes dos sistemas climáticos atuantes na região. Essa estabilidade hídrica é um diferencial estratégico: mesmo nos períodos de estiagem severa, a manutenção da umidade é garantida pela densidade da vegetação de caatinga e pela retenção de água em subsuperfície nos depósitos sedimentares. Para os grupos caçadores-coletores e ceramistas, esse ambiente funcionou como um refúgio biológico estável em uma paisagem semiárida oscilante.

Existe uma congruência notável entre os vetores de fluxo, os níveis de base e a distribuição do registro arqueológico. A porção sudeste é marcada por uma tipologia dual de assentamentos: sítios em encostas negativas (*surplombs*), caracterizados pela presença de material coluvionar estratificado, e sítios em abrigos de baixa encosta, situados no contato com o fundo do vale onde os leques alúvio-coluvionares se encontram depositados. Estes leques exibem sequências complexas de estruturas maciças, plano-paralelas e com estratificação cruzada, típicas de sistemas mistos que alternam fluxos canalizados e movimentos de massa hídricos (Figura 9 e 10).

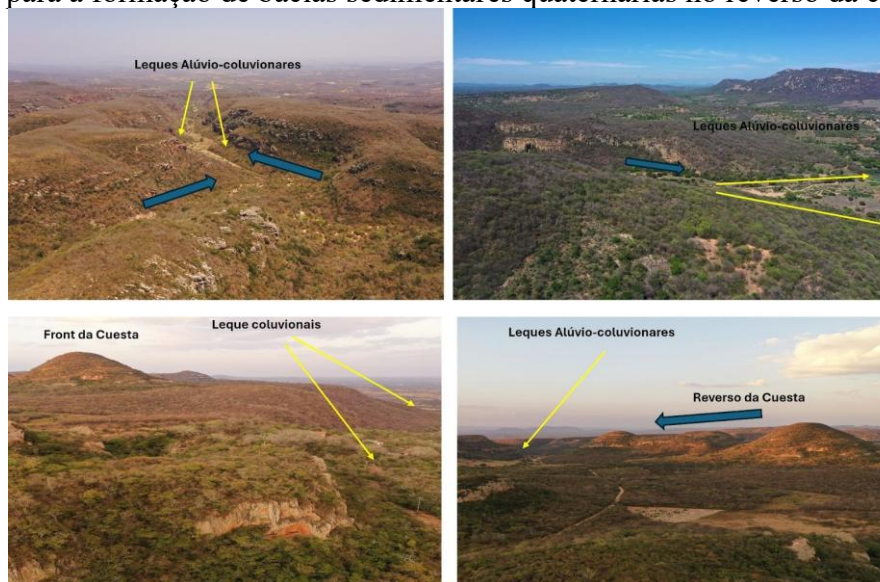
Embora a associação espacial entre colúvios e sítios já esteja clara no mapeamento, ressalta-se que estes depósitos de vertente são de extrema importância geoarqueológica, pois podem conter informações detalhadas sobre eventos de curta duração e mudanças ambientais que afetaram diretamente as ocupações humanas. No entanto, ainda se faz necessária uma investigação mais minuciosa — através de escavações sistemáticas e análises micromorfológicas (Corrêa et al, 2015; Oliveira, 2025).

Figura 9 - Mapa de direção de fluxos e locis deposicionais associados a confluência de vetores atrelados a concentração dos locis deposicionais.



Fonte: Adaptado da Hipsometria do PE3D e dados Arqueológicos CNSA/IPHAN

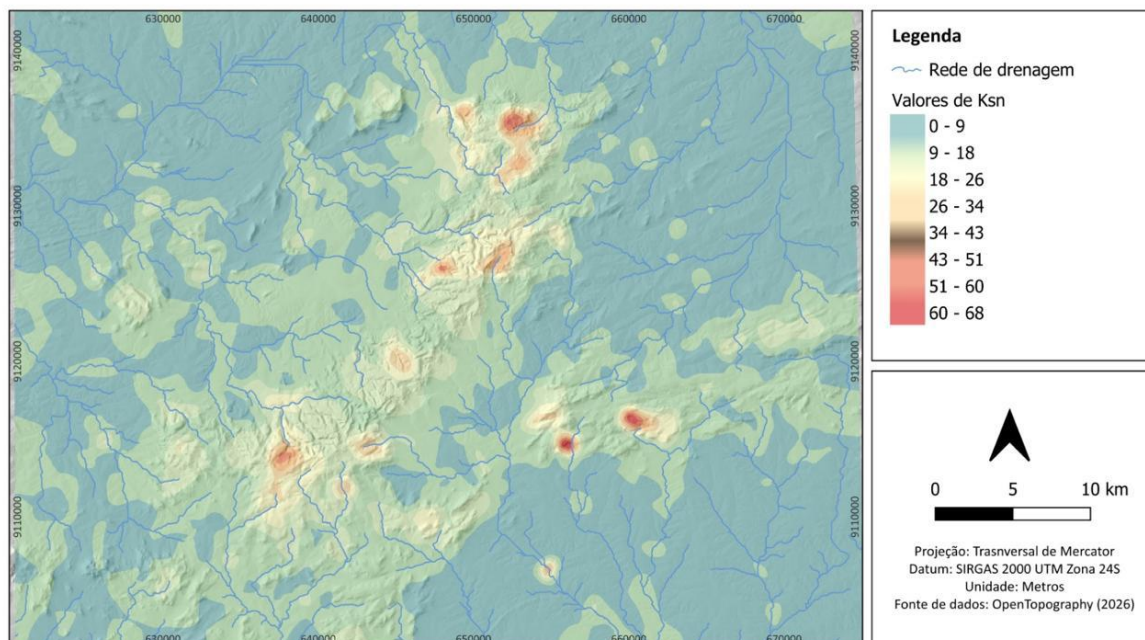
Figura 10 - Fotos aéreas dos setores com acúmulo de material sedimentar. Destaque para a formação de bacias sedimentares quaternárias no reverso da cuesta.



Fonte: Autores, 2026.

A análise integrada dos mapas de K_{sn} (Índice de Declividade Normalizado), direção de fluxo e os perfis longitudinais das bacias (BH01 a BH08) revela um cenário de intensa dinâmica transiente na Serra Vermelha. A hipótese de que o K_{sn} atua como um "drive" erosivo para a remobilização de sedimentos com potencial arqueológico encontra eco em discussões contemporâneas sobre a geoarqueologia do Nordeste brasileiro (Figura 11). O k_{sn} é diretamente proporcional ao *stream power* (poder de fluxo). Nos perfis apresentados (especialmente Bacia 02, 05 e 06), as "agulhas" vermelhas de k_{sn} elevado coincidem com rupturas de declive (*knickpoints*).

Figura 11: Mapa com valores de Ksn. Destaque para números elevados no setor das cabeceiras (setas em azul) que partem do reverso da cuesta, com sentido consequente as camadas sedimentares.



Fonte: Autores, 2026.

Esses valores elevados (43 - 68) indicam que o sistema de drenagem está em processo de ajuste a um nível de base mais baixo ou respondendo a um soerguimento tectônico diferencial, comum no contexto da Província Borborema. Como aponta Maia et al. (2020), em estudos no relevo do NE, o ksn elevado em setores de escarpa sinaliza uma frente de erosão ativa que consome o reverso do planalto (Mützenberg et al, 2015).

No mapa acima com os valores de ksn, os tons avermelhados representam os setores de alta energia. Imediatamente a jusante desses setores, o mapa de fluxo mostra a concentração de "Locis Depositionais". Temos uma situação de armadilha sedimentar, onde a redução brusca da competência do fluxo ao atingir os setores de baixo gradiente promove a deposição de leques. Nesse sentido, o contexto arqueológico da Serra Vermelha se associa a esta configuração geomorfológica, com abrigos em ambientes de sopés de encostas e bacias colmatadas, estas como nichos preferenciais de ocupação humana pretérita devido a uma manutenção da umidade principalmente associada às fases de maior estiagem, e proteção morfológica que os abrigos formados nestas zonas proporcionam.

A dinâmica contemporânea de perda de material que é uma das características dos leques, onde há estruturas de erosão linear indicando incisão nos depósitos, pode atuar como uma ferramenta erosiva ao atrelar essas feições erosivas com os valores de ksn elevados nas porções de cabeceira, indicando um drive erosivo atuando sobre as coberturas superficiais. No reverso do planalto, a erosão remontante pode desestabilizar os depósitos coluviais onde os sítios estão inseridos. Assim, os setores de potencial arqueológico podem estar vulneráveis em função dessa dinâmica erosiva, uma vez que os eixos de drenagem em ambiente semiárido são rapidamente reativados nos momentos de input climático (eventos extremos). A geometria e morfologia das cabeceiras e alvéolos pode contribuir para processos de retenção de material sedimentar, como um controle fundamental na preservação desses registros sedimentares e arqueológicos (Mützenberg



ARAÚJO, J. R. de. B; SILVA, T. G. M. de. A; ARAÚJO, R. O. de; MELO, J. H. S. de; TAVARES; B. de. A. C.

DIREÇÃO DE FLUXO E *LOCIS* DE POSICIONAIS: BASES PARA IDENTIFICAÇÃO DE ESPAÇOS DE ACUMULAÇÃO DE SEDIMENTOS EM CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS

et al, 2013; Macedo, Felice e Corrêa, 2025). Enquanto áreas de alto gradiente podem criar fases alternadas entre soterramento e exumação de depósitos, com estruturas de corte e preenchimento típicas das encostas semiáridas (Corrêa, 2001).

Área amostral

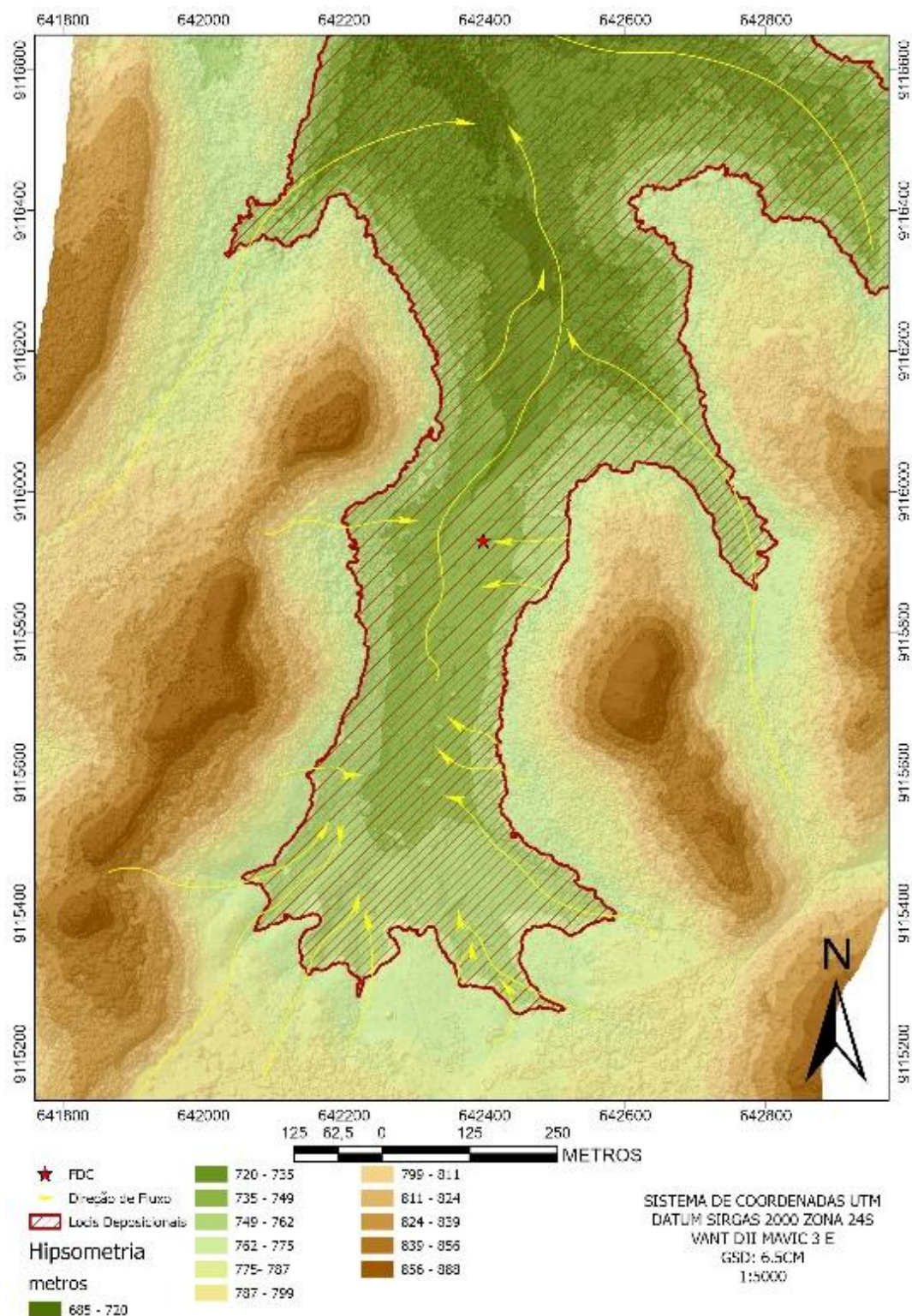
O setor amostral situa-se na porção sudeste do planalto, como indicado na figura 9, configurando-se na paisagem como uma área de confluência de leques colúvio-aluviais que desembocam no fundo de vale drenado em direção ao rio Pajeú, o nível de base regional para esta parte da Borborema. A inclinação do vale segue a direção noroeste, obedecendo a um controle estrutural, e a pequena depressão intraplanáltica apresenta encostas rochosas na porção superior, dominadas pelo arenito Tacaratu, enquanto a média e a baixa encosta são cobertas por depósitos colúvio-aluviais.

Essa configuração revela uma dinâmica deposicional mista, alternando entre fluxos canalizados e eventos de transporte maciço e turbulento. O fundo do vale encontra-se entulhado por sedimentos, e em vários trechos os leques provenientes das encostas invadem esse fundo, que funciona como nível de base local dentro da depressão.

Um aspecto relevante é o contato do embasamento com o fundo do vale, onde afloram micaxistos e intrusões graníticas no talvegue, sugerindo um controle tectonoestrutural sobre o setor. As porções elevadas do planalto, sustentadas pelo arenito, contrastam com o embasamento associado ao fundo do vale, o que aponta para uma possível inversão de relevo. Assim formam-se verdadeiras armadilhas sedimentares que atuam como níveis de base locais para a dinâmica geomorfológica, operando sob o regime climático semiárido (Figura 12 e 13).



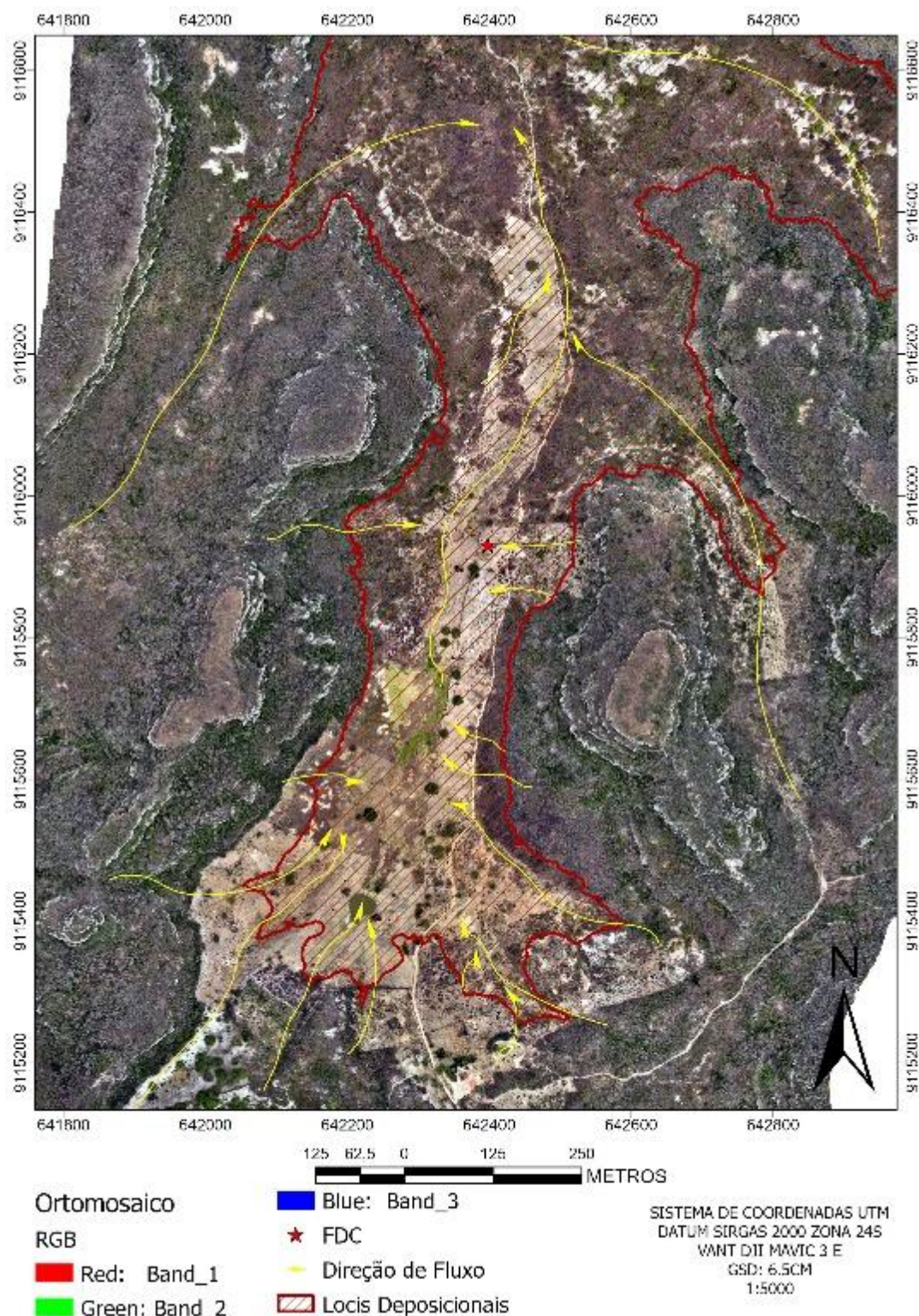
Figura 12 - Ortomosaico e Modelo digital de terreno da bacia onde foi realizada a seção estratigráfica FDC (Forno de Carvão). Destaque para o vale colmatado por sedimentos e as encostas compostas por leques de dejeção truncando o fundo do vale.



Fonte: Captura das Imagens DJI MAVIC 3 Enterprise, GDS 6.5cm. Autores, 2026.



Figura 13 - Ortomosaico da bacia onde foi realizada a seção estratigráfica FDC (Forno de Carvão – Estrela na cor vermelha). Destaque para o vale colmatado por sedimentos e as encostas compostas por leques de dejeção truncando o fundo do vale.



Fonte: Captura das Imagens DJI MAVIC 3 Enterprise, GDS 6.5cm. Autores, 2026.





ARAÚJO, J. R. de. B; SILVA, T. G. M. de. A; ARAÚJO, R. O. de; MELO, J. H. S. de; TAVARES; B. de. A. C.

DIREÇÃO DE FLUXO E *LOCIS* DE POSICIONAIS: BASES PARA IDENTIFICAÇÃO DE ESPAÇOS DE ACUMULAÇÃO DE SEDIMENTOS EM CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS

Perfil estratigráfico

Foi realizado um perfil estratigráfico associado ao nível de base local dentro do contexto do reverso do Planalto Sedimentar. A seção em questão apresenta uma morfologia em leque que sofre com a dinâmica erosiva hodierna. Nesse sentido, a seção aqui analisada está em um contexto de leques de base de encostas declivosas. Estas morfologias resultam de uma interação dinâmica entre disponibilidade sedimentar, declividade e regimes de escoamento, produzindo depósitos de caráter misto que alternam entre fluxos canalizados e não canalizados; quando alimentados por setores superiores de uma encosta em arenito Tacaratu, esses leques tendem a apresentar granulometria dominada por areias médias a grossas com níveis de cascalho, e uma estratigrafia que varia entre pacotes maciços sem gradação aparente e camadas com estratificação plano-paralela e cruzada, sinalizando episódios de transporte por correntes hiperconcentradas, enxurradas e saltos de leito. A geometria do leque — instalado na base da escarpa com inclinação voltada para o fundo do vale e truncando o piso do vale — favorece a perda súbita de energia dos fluxos, promovendo deposição abrupta em eventos de alta carga sedimentar e preservando, em sucessão, registros de eventos distintos; os níveis mais grosseiros correspondem a pulsos de alta energia, enquanto as intercaladas mais finas indicam fases de decantação ou de menor capacidade de transporte. No entanto, a estabilidade morfológica desses corpos é frequentemente efêmera: a concentração do escoamento superficial sobre o leque, aliada à remoção das frações finas por processos de erosão linear, conduz à incisão preferencial que se manifesta como ravinas e voçorocas, expondo camadas mais resistentes e promovendo retrogradação da escarpa e reconfiguração da conectividade sedimentar entre encosta e vale. Esse trabalho geomorfológico erosivo altera não apenas a arquitetura sedimentar preservada — removendo fácies finas e mascarando sinais de eventos anteriores — mas também intensifica a exportação de sedimentos para o sistema fluvial, com consequências para a morfodinâmica do vale, qualidade da água e risco de assoreamento. A interpretação desses leques exige, portanto, uma abordagem integrada que combine mapeamento morfométrico, perfis sedimentares detalhados, análise granulométrica e identificação de superfícies de erosão ativa, de modo a distinguir entre feições de deposição episódica e sinais de instabilidade atual. Para fins de manejo, é crucial priorizar intervenções que reduzam a energia de pico do escoamento e restabeleçam a retenção de sedimentos finos — por exemplo, medidas de estabilização de nascentes, estruturas de dissipação de energia em linhas de escoamento e revegetação com espécies de raízes profundas — sempre calibradas a partir de diagnóstico geomorfológico local, pois soluções mal calibradas podem deslocar a erosão para setores adjacentes e acelerar a degradação do leque e da encosta (Figura 14).



Figura 14: Seção Estratigráfica do Leque misto (colúvio-aluvial). Estruturas plano paralelas e estratificações cruzadas indicando pulsos de fluxos canalizados e estruturas maciças indicadores de material remobilizado em fluxos turbulentos. Destaque para a imagem da direita com o leque sob atuação de processos erosivos hodiernos.



Fonte: Autores, 2026.

Integração dos dados de acúmulo sedimentar e associação com sítio arqueológico Pedra do Tamanduá

A interpretação integrada dos mapas de *locis* deposicionais para a serra e da área amostral indica um quadro geomorfológico e geoarqueológico coerente com a hipótese de que a morfologia cuestiforme do Planalto da Borborema, controlada por um patamar resistente de arenito no topo e por níveis sedimentares mais moles na base, determina a localização preferencial de *locis* deposicionais e, conseqüentemente, concentrações de sítios arqueológicos. A primeira imagem evidencia um gradiente altimétrico acentuado entre topos e vales e mostra a orientação preferencial do escoamento superficial em direção NW, bem como a presença de um setor sudeste do planalto com elevada densidade de pontos arqueológicos e polígonos identificados como *locis* deposicionais; a segunda imagem, de escala mais restrita, detalha a hipsometria local, a direção de fluxo e um conjunto de áreas hachuradas identificadas como zonas de acumulação sedimentar, incluindo um ponto de referência (Seção Estratigráfica FDC – Forno de Carvão.) que coincide com um núcleo de interesse. A partir desses elementos é possível construir uma leitura processual: o *caprock* arenítico forma topos e escarpas que geram um dip-slope contínuo; sobre esse dip-slope, a combinação de declividade moderada a baixa em trechos inferiores, concavidades de encosta e confluências de drenagem favorece a formação de leques coluviais, preenchimentos de covas de ordem zero e depósitos de ravina intermitente, ambientes nos quais sedimentos finos e matéria orgânica tendem a se acumular e a ser preservada. A presença de falhas normais e estruturas de half-graben, mencionadas no contexto regional, acrescenta um componente estrutural que cria compartimentação topográfica e zonas de acomodação sedimentar localizadas; essas feições estruturais podem explicar a agregação espacial dos sítios no setor sudeste, pois

vales tectonicamente controlados funcionam como sumidouros de sedimento e água, aumentando a probabilidade de enterramento e conservação de vestígios arqueológicos (Figura 15).

Figura 15: Sítio Arqueológico Pedra do Tamanduá. Base do abrigo preenchida com material sedimentar.



Fonte: Autores, 2026.

Do ponto de vista metodológico, a presença de material sedimentar acumulado na base das encostas suportam a aplicação de um protocolo geoarqueológico baseado em índices morfométricos derivados de DEM de alta resolução (dados PE3D): declividade para discriminar zonas de transporte versus acumulação; dados de direção de fluxo, modelos de *KSN*; e densidade de drenagem para mapear redes que alimentam leitos de deposição. A sobreposição desses dados com a distribuição dos sítios mapeados nas imagens permite gerar um mapa preditivo de probabilidade de ocorrência de depósitos arqueológicos em matrizes sedimentares. Em termos práticos, as áreas hachuradas e os pontos de alta densidade observados nas imagens correspondem a classes de baixa declividade, curvatura côncava o que corrobora a interpretação de que ali se concentram *locis* deposicionais com maior potencial de preservação de materiais arqueológicos.

Em síntese, os mapeamentos realizados fornecem evidência consistente de que a morfologia cuestiforme, o controle litológico do arenito de topo e a compartimentação estrutural favorecem a formação de *locis* deposicionais no setor sudeste do planalto, tornando essas áreas prioritárias para prospecção geoarqueológica. A aplicação sistemática de índices morfométricos, seguida de validação de campo e análises sedimentológicas e datativas, constitui a via mais eficiente para identificar depósitos com maior probabilidade de conter vestígios líticos, cerâmicos ou restos orgânicos e para orientar escavações dirigidas com base em critérios preditivos e replicáveis. Se desejar, posso transformar esta interpretação em um protocolo operacional detalhado (parâmetros SIG, critérios de ponderação, roteiro de sondagens e lista de análises laboratoriais) adaptado à sua área amostral.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada da Serra Vermelha revela que o setor sudeste configura-se como ambiente de exceção hídrica, apresentando características microclimáticas e hidrológicas singulares que o distinguem do restante do planalto. Diferente de outras áreas da serra, este setor registra os maiores totais pluviométricos da região, o que, aliado à

morfologia do relevo, potencializa o volume de água direcionado pelos fluxos hídricos superficiais. A manutenção da umidade nessas áreas é prolongada pela convergência das direções de fluxo para os loci deposicionais, permitindo que, mesmo nos períodos mais secos, a vegetação de caatinga densa conserve o microclima e o acúmulo de água em subsuperfície garanta a disponibilidade de um recurso vital. Para os grupos caçadores-coletores e, posteriormente, ceramistas, essa estabilidade hídrica e biológica tornou o setor sudeste um ponto de fixação recorrente na paisagem semiárida ao longo de todo o Holoceno.

Nesse contexto, os loci deposicionais identificados — especificamente os leques colúvio-aluviais e as rampas de colúvio — desempenham um papel geoarqueológico duplo: atuam como reservatórios térmicos e hídricos e funcionam como eficientes "armadilhas de sedimentos" (*sediment traps*) (TAVARES et al, 2025) que preservam o registro material. É fundamental observar que diversos sítios arqueológicos neste setor possuem coberturas de colúvios, depósitos de vertente que são de extrema importância por conterem informações estratificadas sobre eventos de curta duração e mudanças ambientais que afetaram diretamente as ocupações humanas. Embora a associação espacial entre colúvios e sítios já esteja clara no mapeamento, ressalta-se a necessidade de investigações futuras mais minuciosas, como escavações e análises micromorfológicas, para extrair todo o potencial informativo desses depósitos e entender como a dinâmica de encosta interagiu com a cultura material ao longo dos milênios.

A coerência entre os dados de sedimentação e o registro arqueológico é robusta: as direções de fluxo convergem para o setor sudeste, onde os espaços de acomodação favorecidos por controles estruturais permitiram a formação de depósitos que sustentam a vida e possuem um potencial de preservação da informação arqueológica. O Sítio Pedra do Tamanduá exemplifica essa resiliência, com datações obtidas por C14, confirmando que a indústria pictórica e a ocupação de longa duração foram possibilitadas pelas condições ambientais favoráveis deste setor específico

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Geoarqueologia da UFPE pelos equipamentos usados na fase de campo e de gabinete que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa. Os autores também agradecem à Universidade Federal de Pernambuco por disponibilizar transporte e colaborar com a logística nas campanhas de campo realizadas durante o desenvolvimento desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.F.M; BRITO NEVES, B.B; CARNEIRO, C.D.R. The origin and evolution of the South American Platform. *Earth-Sci Rev* 50:77–111, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(99\)00072-0](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(99)00072-0)

ANDRADE, G. O.; LINS, R. C. Introdução à Morfoclimatologia do Nordeste do Brasil. *Arquivos (Recife)*, v. 3-4, p. 17–28, 1965.

ARAÚJO, João Rhannyé de Brito. Para onde eu vou?: análise de redes de caminhos de menor custo na região da Serra Vermelha – PE. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arqueologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2025.



ARAÚJO, J. R. de. B; SILVA, T. G. M. de. A; ARAÚJO, R. O. de; MELO, J. H. S. de; TAVARES, B. de. A. C.

DIREÇÃO DE FLUXO E *LOCIS* DE POSICIONAIS: BASES PARA IDENTIFICAÇÃO DE ESPAÇOS DE ACUMULAÇÃO DE SEDIMENTOS EM CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS

BARROS, Ana Clara Magalhães de. Tipologia e dinâmica de paisagens não canalizadas no semiárido brasileiro. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 178p, 2018.

BEHLING, H.; ARZ, H. W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. Late Quaternary vegetational and climatic dynamics in northeastern Brazil: inferences from marine core GeoB 3104-1. *Quaternary Science Reviews*, v. 19, n. 10, p. 981–994, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(99\)00046-3](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00046-3)

BIGARELLA, J.J. & ANDRADE, G.O. Contribution to the study of the Brazilian Quaternary. In: *International Studies on the Quaternary*, Geol. Soc. of America, Special Paper, 84: 433-451, 1965.

BÄRNING, A. Climate variability of the tropical Andes since the late Pleistocene. *Advances in Geosciences*, v. 22, p. 13–25, 13 out. 2009. <https://doi.org/10.5194/adgeo-22-13-2009>

BREMER, T. P. Análise geoquímica de elementos-traço em rutilo detrítico de arenitos das bacias sedimentares de Fátima, Mirandiba e São José do Belmonte, para determinação e refinamento da proveniência sedimentar e das áreas-fonte. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

CORREIA FILHO, Osvaldo José; BARBOSA, José Antonio; RAMOS, Germano Mário Silva; OLIVEIRA, Jefferson Tavares Cruz; ARAUJO, Araly Fabiana Lima de; MIRANDA, Tiago Siqueira de; ALENCAR, Marcio Lima. Cenozoic uplift of the Fátima Basin, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 112, p. 103599, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103599>

CELESTINO, Maria Alcione; MIRANDA, Tiago Siqueira; CORREIA FILHO, Osvaldo José; BARBOSA, Jose Antonio. ASPECTOS TECTÔNICOS DA BORDA NE DA BACIA DE FÁTIMA, PROVÍNCIA BORBOREMA- NE DO BRASIL. *Estudos Geológicos*, [S. l.], v. 27, n. 2, 2017. <https://doi.org/10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v27n2p3-19>

CORRÊA, Antônio Carlos de Barros. Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil. Universidade Estadual Paulista–UNESP, Rio Claro–SP. Tese de Doutorado. 386f, 2001.

CORRÊA, A. C. de B., TAVARES, B. de A. C., MONTEIRO, K. DE A., CAVALCANTI, L. C. de S., & LIRA, D. R. de.. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. *Revista Do Instituto Geológico*, 31(1-2), 35–52, 2010. <https://doi.org/10.5935/0100-929X.20100003>

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, A. C. B.; LIRA, D. R.; MUTZENBERG, D. S.; CAVALCANTI, L. C. S. The semi-arid domain of the Northeast of Brazil. In: SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C.; PAISANI, J. C. (Eds.). *The Physical Geography of Brazil*. Cham: Springer, 2019. p. 119–150. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04333-9>





ARAÚJO, J. R. de. B; SILVA, T. G. M. de. A; ARAÚJO, R. O. de; MELO, J. H. S. de; TAVARES, B. de. A. C.

DIREÇÃO DE FLUXO E *LOCIS* DE POSICIONAIS: BASES PARA IDENTIFICAÇÃO DE ESPAÇOS DE ACUMULAÇÃO DE SEDIMENTOS EM CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS

CORRÊA ACB, CAVALCANTI LCS, LIRA DR. Stone and sand ruins in the drylands of Brazil: the rustic landscapes of Catimbau National Park. In: Vieira B, Salgado A, Santos L (eds) Landscapes and landforms of Brazil. World geomorphological landscapes. Springer, Dordrecht, 2015. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8023-0_1

FERNANDES, A. A. et al. Caracterização dos sítios arqueológicos do município de Flores, Estado de Pernambuco. Informativo Técnico do Semiárido, v. 5, n. 1, p. 20–40, 2014.

FONSÊCA, D. N., DE BARROS CORRÊA, A. C., DE AZEVÊDO CAVALCANTI TAVARES, B., RODRIGUES DE LIRA, D., MAGALHÃES DE BARROS, A. C., DA SILVA MÜTZENBERG, D. Coupling of tectonic factors and precipitation variability as a driver of Late Quaternary aggradation in Northeast Brazil. Earth Surf. Process. Landforms, 45: 3525–3539, 2020. <https://doi.org/10.1002/esp.4982>

FONSÊCA, Drielly Naamma; CORRÊA, Antonio Carlos de Barros; LIRA, Daniel Rodrigues de; TAVARES, Bruno de Azevêdo Cavalcanti; TORRES, Bruno Araújo; GONÇALVES, Rhandysson Barbosa; SILVA, Wermerson Flávio da. Climatically driven Quaternary sedimentation in a passive margin tropical context: Insights into the geomorphological evolution of Northeastern Brazil. Geomorphology, v. 461, p. 109316, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109316>

GALINDO, Marcos. Dois Sítios da Tradição Nordeste. Clio – Série Arqueológica, n. 10, v. 1, 1994.

OLIVEIRA, G. P. Geomorfologia estrutural das coberturas sedimentares paleozoicas da Província Borborema, NE do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, 181p, 2025.

GUERRA, Antônio José Teixeira; GUERRA, Antônio Teixeira. Novo dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018.

GURGEL, Silvana P. P.; BEZERRA, Francisco H. R.; CORRÊA, Antonio C. B.; MARQUES, Fernando O.; MAIA, Rubson P. Cenozoic uplift and erosion of structural landforms in NE Brazil. Geomorphology, v. 186, p. 68-84, 2013. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.12.023..

KIRBY, E; WHIPPLE, K. X. Expression of active tectonics in erosional landscapes. Journal of Structural Geology, 44, 54–75, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2012.07.009>

KNOX, J.C.. Valley alluviation in southwestern Wisconsin. Ann. Assoc. Am. Geogr. 62 (3), 401–410, 1972. <https://www.jstor.org/stable/2562292>

LEITE, J. F.; PIRES, S. T. M.; ROCHA, D. E. G. A. Estudo hidrogeológico da bacia de Fátima – PE. Recife: CPRM, 2000.

LIMA, Jeannette Maria Dias de. Arqueologia da Furna do Estrago, Brejo da Madre de Deus – PE. CLIO – Revista do Curso de Mestrado em História, v. 2, n. 3, p. 97–111, 1985.



LIRA, Daniel Rodrigues de; CORRÊA, Antonio Carlos de Barros; FONSÊCA, Drielly Naamma; SANTOS, José Danilo da Conceição; TAVARES, Bruno de Azevedo Cavalcanti; ALVES, Keyla Manuela Alencar da Silva. Fluvial aeolian interactions in northeastern South America: Implications for provenance and paleoenvironmental interpretations. CATENA, v. 265, p. 109857, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2026.109857>

LIU, F., YAO, X., LI, L. Applicability of geomorphic index for the potential slope instability in the three river region, Eastern Tibetan plateau. Sensors, 21(19), 6505, 2021. <https://doi.org/10.3390/s21196505>

MACEDO, A. O.; FELICE, G. D.; CORRÊA, A. C. B. Depositional processes and the formation of the paleontological and archeological record at the Lagoa dos Porcos site, Southeastern Piauí. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 26, n. 2, 2025. <https://doi.org/10.20502/rbg.v26i2.2662>

MARTIN, Gabriela. Arte rupestre e registro arqueológico no Nordeste do Brasil. CLIO – Série Arqueológica, v. 1, n. 9, 1993.

MARTIN, Gabriela. As pinturas rupestres do sítio Alcobaça, Buíque – PE, no contexto da Tradição Agreste. CLIO Arqueológica, n. 18, 2005.

MARTIN, Gabriela. Pré-História do Nordeste do Brasil. Recife: EDUFPE, 2008.

MARTIN, P. M. S.; PESSIS, A. M.; DE MORAES, M. A. Tintas do Passado: Manufatura e composição mineral de registros rupestres em Pernambuco. Recife: CEPE, 2024.

MARTIN; ROCHA, Jacionira. O Adeus à Gruta do Padre, Petrolândia – PE. CLIO – Série Arqueológica, n. 6, p. 31–66, 1990.

MATOS, R. M. D. History of the northeastern Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. Geological Society of London, 1999. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1999.153.01.04>

MATOS, R. M. D; NORTON, I. CASEY, EKATERINA; KRUEGER, ANA. An orthogonal zone between the Equatorial and South Atlantic margins. In: 16º International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro, 2019.

MUTZENBERG, D. S. et al. Serra da Capivara National Park: ruiniform landscapes on the Parnaíba Cuesta. In: VIEIRA, B.; SALGADO, A.; SANTOS, L. (Eds.). Landscapes and Landforms of Brazil. Dordrecht: Springer, 2015. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8023-0_1

MUTZENBERG, D. S. et al. Sítio arqueológico Lagoa Uri de Cima: cronoestratigrafia de eventos paleoambientais do semiárido nordestino. Fumdhamentos, p. 51–68, 2013.

NEVES, Sérgio Pacheco. Comparative geological evolution of the Borborema Province and São Francisco Craton. Precambrian Research, v. 355, p. 106119, 2021.



ARAÚJO, J. R. de. B; SILVA, T. G. M. de. A; ARAÚJO, R. O. de; MELO, J. H. S. de; TAVARES, B. de. A. C.
DIREÇÃO DE FLUXO E *LOCIS* DE POSICIONAIS: BASES PARA
IDENTIFICAÇÃO DE ESPAÇOS DE ACUMULAÇÃO DE SEDIMENTOS EM
CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS

NEVES, Sérgio Pacheco. Proterozoic history of the Borborema province (NE Brazil). *Tectonics*, v. 22, n. 4, 2003. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2021.106119>

PEREIRA, C.; MUTZENBERG, D. Aerofotogrametria de baixa altitude no mapeamento do Forte Castelo do Mar e Quartel Velho – Cabo de Santo Agostinho – PE. *Revista Noctua*, v. 1, n. 7, p. 61–77, 2022. <https://doi.org/10.26892/noctua.v1i7p61-77>

PETERSON, L.G., HAUG, G.H. Variability in the mean latitude of the Atlantic Intertropical Convergence Zone as recorded by riverine input of sediments to the Cariaco Basin (Venezuela). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 234,97–11, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.10.021>

SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R.; KOZUCH, M.; BRITO NEVES, B. B. The Cariris Velhos tectonic event in Northeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 61–76, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.07.003>

SANTOS, J. D. C., 2024. Evolução geomorfológica da paisagem da Bacia Hidrográfica do Riacho do Meio, afluente do rio Ipanema, Pesqueira-PE. Dissertação (Mestrado em Geografia) -Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024. 132p. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/56351>.

SILVA, J. M. R; G. MARIANO. Geometry and kinematics of the Afogados da Ingazeira shear zone, state of Pernambuco, northeast Brazil, *Int. Geol. Rev.*, 42, 86–95, 2000. <https://doi.org/10.1080/00206810009465071>

SANTOS, Carlos Alberto; LIMA, Felipe José Cruz. Mapa geológico do estado de Pernambuco. Recife: SGB-CPRM, 2023. 1 mapa, color. Escala 1:500.000. Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Ação: Levantamentos Geológicos e Integração Geológica Regional.

TAVARES, B. A. C. Evolução Morfotectônica dos pedimentos embutidos no planalto da Borborema. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

TAVARES, B. A. C. da Silva, W. F., de Melo, J. H. S., de Oliveira, G. P., de Lira, D. R., de Barros Corrêa, A. C., da Silva Mützenber, D., de Araújo, R. O., & Girão, O. Structural controls and dysconnectivity in a semi-arid watershed: A case study from northeastern Brazil. *Geographical Research*, 63(3), 326–352, 2025. <https://doi.org/10.1111/1745-5871.12687>

TAVARES, Kaio César de Oliveira. Relações quimioestratigráficas entre os sedimentos quaternários do maciço Serra da Baixa Verde e seu significado geomorfológico. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

THOMAS, M.F.. Quaternary fans and colluvia: indicators of environmental change and landscape sensitivity. *Rev. Institut. Geol.* 23, 1–11, 2000. [10.5935/0100-929X.20020001](https://doi.org/10.5935/0100-929X.20020001)





ARAÚJO, J. R. de. B; SILVA, T. G. M. de. A; ARAÚJO, R. O. de; MELO. J. H. S. de; TAVARES; B. de. A. C.

DIREÇÃO DE FLUXO E *LOCIS* DE POSICIONAIS: BASES PARA IDENTIFICAÇÃO DE ESPAÇOS DE ACUMULAÇÃO DE SEDIMENTOS EM CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS

VAUCHEZ, A.; NEVES, S.; CABY, R.; CORSINI, M.; EGYDIO SILVA, M.; ARTHAUD, M.; AMARO, V. The Borborema shear zone system, NE Brazil. Journal of South American Earth Sciences, v. 8, n. 3–4, p. 247–266, 1995. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(95\)00012-5](https://doi.org/10.1016/0895-9811(95)00012-5)

WOBUS, C., WHIPPLE, K. X., KIRBY, E., SNYDER, N., JOHNSON, J., SPYROPOLOU, K., CROSBY, B. T., SHEEHAN, D. Tectonics from topography: Procedures, promise and pitfalls. In S. D. Willett, N. Hovius, M. T. Brandon, & D. M. Fisher (Eds.), Tectonics, climate and landscape evolution (pp. 55–74). GSA Special Paper, 2006. [10.1130/2006.2398\(04\)](https://doi.org/10.1130/2006.2398(04))

