

GEO **FRONTER**

ISSN: 2447-9195

ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DOS DEPÓSITOS DE ENCOSTA NO MUNICÍPIO DE CARPINA (PE), NO CONTEXTO DO BAIXO CURSO DO RIO CAPIBARIBE

Geomorphological analysis of slope deposits in the municipality of Carpina (PE), in the context of the lower course of the Capibaribe river

Análisis geomorfológico de los depósitos de ladera en el municipio de Carpina (PE), en el contexto del curso inferior del río Capibaribe

Ítalo Rodrigo Paulino de Arruda

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Danielle Gomes da Silva Listo

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Eduardo Paes Barreto

Instituto Federal de Pernambuco - UFPE

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo analisar dois depósitos de encosta, no município de Carpina - PE, visando compreender a dinâmica geomorfológica e os processos responsáveis pela gênese, evolução e organização desses depósitos em um contexto morfoclimático tropical úmido. A área de estudo insere-se no domínio dos Tabuleiros Costeiros, apresentando estreita relação com os materiais sedimentares associados à Formação Barreiras, com a dinâmica atual de vertentes e com a rede de drenagem regional, especialmente o baixo curso do rio Capibaribe, que exerce importante papel na dissecação do relevo e no rebaixamento do nível de base local. Metodologicamente, a pesquisa fundamentou-se em levantamento bibliográfico, atividades de gabinete, trabalhos de campo e análises laboratoriais de caráter sedimentológico. Os resultados indicam que os depósitos analisados apresentam matriz predominantemente arenosa a areno-siltosa, com grãos muito pobremente selecionados, revelando condições de transporte de curta distância e elevada energia. A assimetria granulométrica variou de negativa a positiva, enquanto a curtose foi classificada majoritariamente como platicúrtica, indicando distribuição granulométrica achatada. Tais características evidenciam um ambiente deposicional associado a processos de remobilização de materiais intempéricos ao longo das encostas, condicionados por elevada hidrodinâmica superficial, eventos pluviométricos intensos, pela proximidade da área-fonte e pelo controle exercido pelo nível de base regional associado ao rio Capibaribe em seu baixo curso, o que favorece processos de entalhamento fluvial, instabilização de vertentes e retrabalhamento de materiais coluviais. Dessa forma, os depósitos de encosta resultam principalmente de rastejos, fluxos gravitacionais e retrabalhamento de mantos de alteração desenvolvidos sobre os sedimentos da Formação Barreiras. Os dados apresentados contribuem de forma inédita para a compreensão da geomorfologia de encostas na Zona da Mata Norte pernambucana, oferecendo subsídios relevantes para o planejamento ambiental, o ordenamento territorial e a gestão de áreas suscetíveis a processos erosivos e movimentos de massa.

Palavras-chave: Análise sedimentológica; Colúvio; Formação Barreiras; Planalto da Borborema.

Abstract: This study aims to analyze two hillslope deposits in the municipality of Carpina, Pernambuco, Brazil, in order to understand the geomorphological dynamics and the processes responsible for the genesis, evolution, and organization of these deposits within a humid tropical

morphoclimatic context. The study area is located within the Coastal Tablelands domain and shows a close relationship with sedimentary materials associated with the Barreiras Formation, with current slope dynamics, and with the regional drainage network, especially the lower course of the Capibaribe River, which plays an important role in landscape dissection and local base level lowering. Methodologically, the research was based on bibliographic review, office work, fieldwork, and laboratory sedimentological analyses. The results indicate that the analyzed deposits have a predominantly sandy to sandy-silty matrix, with very poorly sorted grains, indicating short-distance transport and high-energy conditions. The granulometric skewness ranged from negative to positive, while kurtosis was mostly classified as platykurtic, indicating a flattened grain-size distribution. These characteristics indicate a depositional environment associated with remobilization processes of weathered materials along slopes, conditioned by high surface hydrodynamics, intense rainfall events, proximity to the source area, and the control exerted by the regional base level associated with the Capibaribe River in its lower course, which favors fluvial incision processes, slope instability, and reworking of colluvial materials. Thus, the hillslope deposits result mainly from creep, gravitational flows, and reworking of weathering mantles developed over the sediments of the Barreiras Formation. The data presented contribute in an unprecedented way to the understanding of hillslope geomorphology in the Zona da Mata Norte of Pernambuco, providing relevant support for environmental planning, land-use planning, and the management of areas susceptible to erosive processes and mass movements.

Keywords: Sedimentological analysis; Colluvium; Barreiras Formation; Borborema Plateau.

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo analizar dos depósitos de ladera en el municipio de Carpina, Pernambuco, Brasil, con el fin de comprender la dinámica geomorfológica y los procesos responsables de la génesis, evolución y organización de estos depósitos en un contexto morfoclimático tropical húmedo. El área de estudio se inserta en el dominio de los Tableros Costeros y presenta una estrecha relación con los materiales sedimentarios asociados a la Formación Barreiras, con la dinámica actual de vertientes y con la red de drenaje regional, especialmente el curso bajo del río Capibaribe, que desempeña un papel importante en la disección del relieve y en el descenso del nivel de base local. Metodológicamente, la investigación se

basó en revisión bibliográfica, actividades de gabinete, trabajos de campo y análisis sedimentológicos de laboratorio. Los resultados indican que los depósitos analizados presentan una matriz predominantemente arenosa a areno-limosa, con granos muy pobremente seleccionados, lo que indica condiciones de transporte de corta distancia y alta energía. La asimetría granulométrica varió de negativa a positiva, mientras que la curtosis fue clasificada mayoritariamente como platicúrtica, indicando una distribución granulométrica achatada. Estas características evidencian un ambiente deposicional asociado a procesos de removilización de materiales meteorizados a lo largo de las laderas, condicionados por elevada hidrodinámica superficial, eventos pluviométricos intensos, proximidad al área fuente y por el control ejercido por el nivel de base regional asociado al río Capibaribe en su curso bajo, lo que favorece procesos de incisión fluvial, inestabilidad de laderas y retrabajo de materiales coluviales. De esta manera, los depósitos de ladera resultan principalmente de reptación, flujos gravitacionales y retrabajo de mantos de alteración desarrollados sobre los sedimentos de la Formación Barreiras. Los datos presentados contribuyen de manera inédita a la comprensión de la geomorfología de laderas en la Zona da Mata Norte de Pernambuco, proporcionando subsidios relevantes para la planificación ambiental, la ordenación territorial y la gestión de áreas susceptibles a procesos erosivos y movimientos en masa.

Palabras clave: Análisis sedimentológico; Coluvio; Formación Barreiras; Planalto de Borborema.

Introdução

A análise da dinâmica geomorfológica tem se consolidado como um importante campo investigativo no âmbito da Geografia Física, Geociências e áreas afins, nos últimos anos, sobretudo no que se refere à compreensão dos processos superficiais responsáveis pela modelagem do relevo em ambientes tropicais, semiáridos e áridos.

O avanço de técnicas e métodos analíticos, como os estudos sedimentológicos aplicados a depósitos sedimentares, tem possibilitado interpretações mais precisas acerca da relação entre formas, processos e materiais, contribuindo para a reconstrução da evolução recente das paisagens. Nesse contexto, os depósitos de encosta, em especial os colúvios, assumem papel central, por registrarem respostas diretas às variações ambientais, climáticas e antrópicas que atuam sobre os sistemas geomorfológicos (Suguio, 2008; Silva, 2013; Arruda, 2020; Lima; Listo; Arruda, 2021; Listo; Santos; Balder, 2024).

No intervalo geológico mais recente, especialmente ao longo do Quaternário tardio, a atuação conjunta de agentes naturais e das intervenções humanas promoveu profundas reorganizações nos fluxos de energia e matéria que controlam a dinâmica das vertentes (Suguio, 2010; Silva; Corrêa; Amorim, 2017). Em áreas submetidas a regimes pluviométricos elevados e a intensos processos de intemperismo, como ocorre na Zona da Mata Norte de Pernambuco, essas transformações tendem a se expressar de forma significativa na geração, remobilização e estocagem de sedimentos ao longo das encostas. Assim, os materiais colúviais e correlatos tornam-se importantes indicadores da dinâmica morfogenética local, refletindo tanto eventos episódicos de alta energia quanto processos graduais de retrabalhamento superficial ao longo da história (Silva, 2007; 2013; Ranulpho, 2016; Arruda, 2020; Silva, 2021).

Sob a perspectiva geomorfológica e aos olhares geográficos, os sedimentos acumulados nas encostas e em seus setores adjacentes constituem registros diretos da interação entre os elementos da geodiversidade, sendo eles a rocha, o clima, o solo, as águas superficiais, e o uso da terra por parte antrópica. Alterações na estabilidade das vertentes, sejam elas induzidas por fatores naturais ou pela ação humana, resultam na mobilização de mantos de alteração e de sedimentos previamente estabilizados, os quais passam a integrar novos sistemas deposicionais. Destarte, a análise sedimentológica desses materiais, ponto-chave desse estudo, permite inferir condições de transporte, energia do meio, distância da área-fonte e mecanismos deposicionais envolvidos, a partir de parâmetros como granulometria, grau de seleção, assimetria, curtose e hidrodinâmica.

Nesse sentido, os colúvios podem ser compreendidos como testemunhos naturais da dinâmica geomorfológica recente, capazes de revelar padrões de resposta do relevo frente a diferentes controles ambientais (Silva; Côrrea, 2009; Sousa et al., 2019; Lima; Listo; Arruda, 2021; Listo; Santos; Balder, 2024). Em ambientes tropicais úmidos, como o município de Carpina, tais depósitos estão frequentemente associados à remobilização de materiais derivados dos sedimentos da Formação Barreiras, condicionados por elevada hidrodinâmica superficial, eventos pluviométricos concentrados e pela proximidade entre áreas-fonte e zonas de deposição. Esses fatores conferem aos depósitos características texturais específicas, que refletem processos como rastejos, fluxos gravitacionais de curta distância e retrabalhamento superficial contínuo.

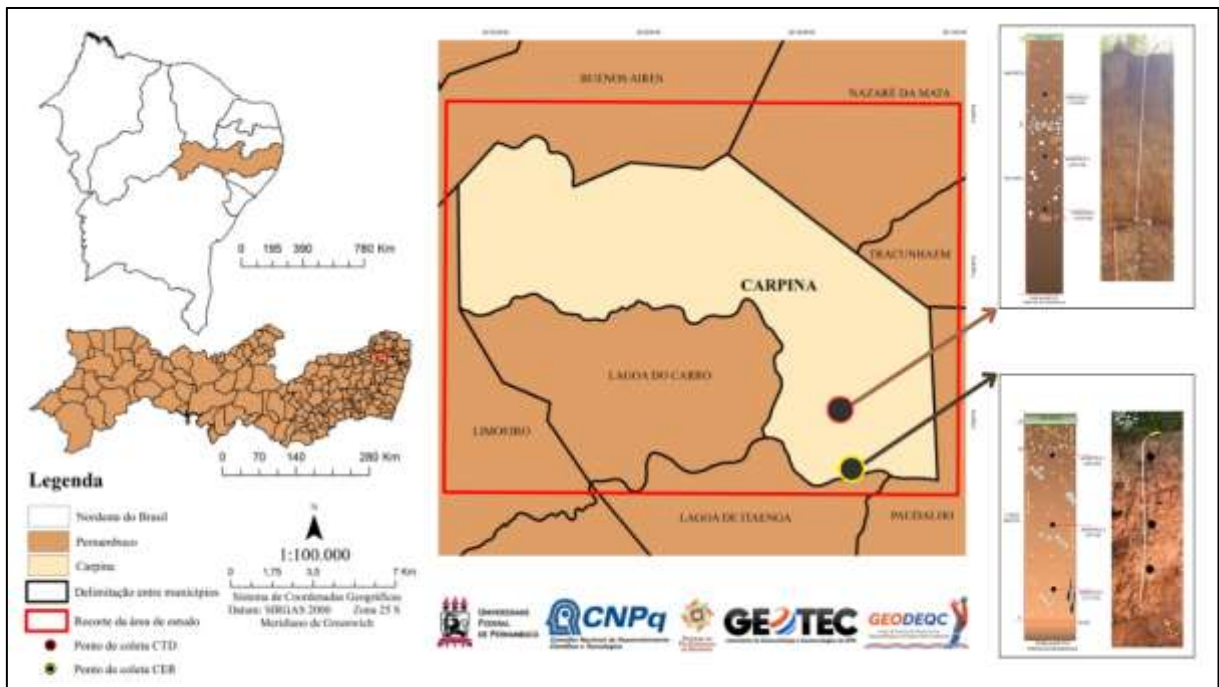
Apesar da relevância desses registros sedimentares para a compreensão da evolução das encostas na Zona da Mata Norte pernambucana, observa-se ainda uma lacuna significativa de estudos sistemáticos voltadas à caracterização sedimentológica, estratigráfica e geomorfológica dos depósitos de encosta no município de Carpina. Dessa forma, a investigação proposta justifica-se tanto pela escassez de trabalhos científicos na área quanto pela necessidade de aprofundar o entendimento sobre os processos geomorfológicos atuantes em um contexto marcado por intensa ocupação humana e modificações na paisagem.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo analisar a dinâmica geomorfológica dos depósitos de encosta no município de Carpina, Zona da Mata Norte de Pernambuco, a partir da caracterização sedimentológica, buscando compreender sua gênese e organização espacial. Ressalta-se que os dados apresentados são inéditos para a área de estudo, constituindo importante subsídio para a compreensão da dinâmica geomorfológica local. Além da contribuição científica, os resultados podem auxiliar ações de planejamento ambiental e ordenamento territorial, especialmente em áreas suscetíveis a processos erosivos e instabilidade de encostas.

Área de Estudo

O município de Carpina localiza-se na porção norte do estado de Pernambuco, na região da Zona da Mata, sob as coordenadas 07°51'03" S e 35°15'17" W. Situado a aproximadamente 45 km da capital Recife, apresenta altitude média de 184 m (Figura 01). Segundo estimativa do IBGE (2025), o município possui cerca de 83.482 habitantes e área territorial de 146,124 km².

Figura 01 - Mapa de localização do Município de Carpina e da área de estudo.



Fonte: Adaptado do IBGE (2020). Elaborado pelos autores (2020).

Com base na figura 1, a área limita-se ao norte com os municípios de Nazaré da Mata e Buenos Aires; ao sul com Lagoa de Itaenga e Lagoa do Carro; a leste com Tracunhaém e Paudalho; e a oeste com Limoeiro. A economia local baseia-se principalmente na monocultura da cana-de-açúcar, no comércio varejista e em pequenas indústrias, sendo Carpina considerada um polo regional de serviços e comércio, com destaque para as rodovias BR-408 e PE-090 (Arruda, 2020).

A área apresenta clima tropical do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger (1928), caracterizado por temperaturas médias anuais em torno de 24 °C e pluviosidade média aproximada de 1.082 mm. No que tange aos aspectos geológicos, a área possui rochas que vão desde o Paleoproterozóico até o Mesozóico, com ocorrência da Formação Barreiras, constituída por sedimentos arenosos pouco consolidados que recobrem o embasamento cristalino, além da Suíte Serra de Taquaritinga, do Complexo Salgadinho e do Complexo Vertentes, cujas litologias exercem forte controle sobre a estruturação do relevo, dos processos de intemperismo e a dinâmica geomorfológica local (Cavalcanti; Côrrea, 2008; Fônsaca, 2018; Arruda, 2020).

A bacia hidrográfica da área de estudo desempenha papel fundamental na modelagem do relevo, apresentando forte controle estrutural associado a fraturas, falhas e zonas de cisalhamento. O município insere-se nas bacias hidrográficas dos rios Goiana e Capibaribe, destacando-se cursos d'água com regime predominantemente perene, padrão de drenagem

dendrítico e presença de canais retilíneos nos trechos estruturalmente controlados, bem como segmentos meandantes em áreas topograficamente rebaixadas (Silva Junior; Silva, 2014; Carvalho et al., 2017; Fônsaca, 2018; Arruda, 2020). Observa-se ainda assimetria de drenagem, indicando influência tectônica e estrutural na organização espacial dos canais e na evolução geomorfológica da paisagem.

A diversidade de solos da área resulta da interação entre o arcabouço litológico, o relevo, a drenagem e as condições climáticas, sendo identificadas as classes de solos: Argissolos, Luvisolos, Latossolos, Chernossolos e Neossolos. Atrelado a isso, a geomorfologia do recorte em análise reflete a interação entre o arcabouço geológico cristalino da Província Borborema, a dinâmica climática úmida a subúmida e os processos denudacionais, resultando em relevo predominantemente dissecado.

Portanto, a área integra um domínio geomorfoestrutural do Planalto da Borborema e seu Piemonte (Noroeste), apresentando alinhamentos estruturais condicionados por zonas de cisalhamento pré-cambrianas, com ocorrência de colinas, tabuleiros e morros isolados (Sudeste). Conforme Fônsaca (2018), em ambientes úmidos e subúmidos, típicos da Zona da Mata Pernambucana, os vales apresentam, em geral, morfologia transversal em “V”, com fundos colmatados por sedimentos quaternários e, em muitos casos, por deposição antropogênica, sobretudo nos setores mais úmidos.

As cotas altimétricas variam aproximadamente entre 50 e 270 m, destacando-se colinas amplas e suaves (60–130m), colinas dissecadas do Piemonte (130–270m) e tabuleiros sustentados pela Formação Barreiras (130–198m), nos quais se insere a área urbana. Os vales apresentam morfologia em “V”, com fundos parcialmente colmatados, e a compartimentação do relevo, evidencia diferentes níveis de fragilidade natural, influenciando diretamente os processos erosivos, a dinâmica fluvial e a pedogênese (Arruda, 2020).

Do ponto de vista geomorfológico, a configuração das vertentes em Carpina revela forte influência da dissecação fluvial associada à atuação dos rios Capibaribe e Goiana e de seus afluentes, os quais exercem importante controle sobre o rebaixamento do nível de base regional. Esse processo favorece o entalhamento progressivo dos vales e a individualização de encostas com diferentes graus de declividade, comprimento e curvatura, condicionando a atuação de processos morfodinâmicos responsáveis pela remoção, transporte e deposição de sedimentos ao longo das vertentes. Em setores mais declivosos, predominam processos erosivos lineares e concentrados, enquanto em áreas de menor declividade observa-se maior tendência à deposição e ao acúmulo de material coluvial.

Nesse contexto, os depósitos de encosta constituem importantes registros sedimentares da dinâmica geomorfológica local, refletindo a interação entre fatores litológicos, topográficos, climáticos e antrópicos. A presença de materiais inconsolidados derivados do intemperismo das unidades geológicas, associada à elevada pluviosidade sazonal e às intensas modificações no uso e ocupação da terra, contribui para a intensificação de processos de erosão, coluvionamento e retrabalhamento sedimentar. Dessa forma, a distribuição espacial, a espessura e as características sedimentológicas desses depósitos representam elementos-chave para a interpretação da evolução geomorfológica das encostas no município

Por fim, a cobertura vegetal da área de estudo é composta por Floresta Ombrófila e Floresta Estacional Semidecidual, acompanhando o gradiente de redução da precipitação em direção ao interior, embora atualmente se encontre fragmentada em função da expansão urbana e da monocultura da cana-de-açúcar.

Procedimentos Metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma revisão bibliográfica, associada a levantamentos de campo, coleta de amostras sedimentares e realização de análises laboratoriais voltadas à caracterização dos materiais estudados.

Durante os trabalhos de campo voltados à coleta de sedimentos, foram selecionados pontos de amostragem em cortes de estradas, áreas afetadas por processos de voçorocamento e margens de canais fluviais temporariamente secos (Quadro 01).

Quadro 01 - Pontos de coleta de sedimento.

PONTOS DE COLETA DOS SEDIMENTOS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	Latitude	Longitude
Ponto 01 – Encosta convexa com pacote sedimentar com altura mínima de 2m. Área de acesso para moradores locais. Próximo ao parque de Eventos da Cidade do Carpina/PE. Antiga cabeceira de drenagem que alimentava o rio Capibaribe.	7°51'46.6"S	35°15'32.0"W
Ponto 02 – Corte de estrada em rampa de colúvio. Abertura que dá acesso para área rural do município. Setindo ao município de Lagoa do Itaenga – PE. Próximo ao canal principal do rio Capibaribe.	7°53'07.8"S	35°15'19.1"W

Fonte: Elaborado pelos Autores (2020).

Foram selecionados dois pontos de amostragem representativos de contextos geomorfológicos distintos, com o objetivo de analisar a influência da posição topográfica e da proximidade em relação à drenagem regional na dinâmica sedimentar dos depósitos de encosta.

O primeiro ponto localiza-se em uma encosta elevada inserida em setor de tabuleiro dissecado, caracterizado por maior altitude e expressiva dissecação do relevo. O segundo ponto situa-se em uma encosta convexa a aproximadamente 2,5 km da planície do Rio Capibaribe (Figura 02).

A escolha desses pontos fundamenta-se na hipótese de que a proximidade com o rio exerce influência direta sobre a dinâmica geomorfológica local, uma vez que o Rio Capibaribe atua como importante controlador do nível de base regional, condicionando processos de incisão fluvial, dissecação das vertentes e redistribuição de sedimentos ao longo da paisagem.

Nesse contexto, a comparação entre os dois depósitos permite avaliar diferenças na organização sedimentológica associadas à atuação de processos morfodinâmicos em setores com distintos graus de influência fluvial. Para subsidiar a análise, foram elaboradas seções verticais e modelagens tridimensionais das áreas estudadas, denominadas Colúvio em Tabuleiro Dissecado (CTD) e Colúvio em Encosta próxima ao Rio (CER), respectivamente.

Figura 02 - Transecto entre os dois pontos de coleta.



Fonte: Adaptado do Google Earth Pro (2020).

O procedimento de amostragem teve início com a limpeza dos perfis por meio de raspagem, visando à remoção do material superficial exposto às ações externas do ambiente. Após essa etapa de limpeza do perfil, tornou-se possível a visualização das camadas sedimentares, permitindo a medição do pacote sedimentar tanto em sua totalidade quanto por unidades estratigráficas individuais. Nos perfis em que as camadas se apresentaram bem definidas, procedeu-se à coleta de aproximadamente 1 kg de sedimento por camada.

Na etapa laboratorial, as amostras coletadas foram submetidas a análises granulométricas, seguindo metodologias clássicas consolidadas na literatura sedimentológica (Folk & Ward, 1957; Gale & Hoare, 1991; Silva & Corrêa, 2009). Inicialmente, foram separados 100g de cada amostra por meio do método de quarteamento, assegurando a representatividade do material analisado. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em béqueres contendo solução dispersante de hexametáfosfato de sódio (10g), preparada com água

destilada, sendo posteriormente submetidas à agitação mecânica por aproximadamente 30 minutos, com o objetivo de promover a desagregação dos finos e a completa limpeza dos grãos, conforme procedimentos clássicos descritos na literatura.

Após esse tratamento, o material foi lavado, em água corrente e em uma peneira de 63 mm, permitindo a separação das frações muito finas. O material retido foi seco em estufa a temperatura controlada e, posteriormente, submetido ao peneiramento mecânico em agitador do tipo *rotap*, utilizando um conjunto de peneiras padronizadas, de acordo com a escala granulométrica de Wentworth (1922). Esse procedimento possibilitou a quantificação das frações arenosas e cascalhos.

Para complementar a análise granulométrica e estimar os teores de silte e argila, empregou-se o método de pipetagem, utilizado em estudos sedimentológicos e fundamentado nos princípios da sedimentação segundo a Lei de Stokes (1999). As amostras representativas foram dispersas, agitadas e submetidas aos tempos de decantação previamente estabelecidos, sendo posteriormente secas e pesadas em balança de precisão, de modo que a soma das frações granulométricas totalizasse 100% do peso inicial da amostra.

Os dados obtidos a partir do peneiramento seco e úmido foram tratados estatisticamente com base nos parâmetros propostos por Folk e Ward (1957), possibilitando o cálculo do diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e curtose. A classificação dos sedimentos foi realizada por meio de diagramas granulométricos específicos utilizando o diagrama de Pejrup e Folk, com o auxílio do software SysGran 3.0, disponível gratuitamente na internet.

Complementarmente, procedeu-se à análise morfooscópica dos grãos, na qual foram selecionados aleatoriamente 100 grãos da fração de 0,250 mm para cada amostra. A avaliação do grau de arredondamento, da esfericidade e da composição mineralógica foi realizada em lupa, seguindo os critérios propostos por Tucker (1995). Esse procedimento, adotado em estudos de sedimentos eluviais e coluviais (Arruda, 2020), permite inferir os processos atuantes durante o transporte e a deposição, contribuindo para a interpretação da dinâmica deposicional das encostas.

Nesse contexto, os dois pontos de coleta escolhidos representam as principais áreas de estocagem sedimentar: uma encosta em tabuleiro dissecado e uma encosta convexa próxima à planície do rio Capibaribe, denominados CTD e CER. A escolha desses pontos buscou representar uma sequência deposicional ao longo do sistema de drenagem, desde a cabeceira até o rio principal, permitindo compreender a organização espacial dos depósitos de encosta, os

processos de transporte e a redistribuição de sedimentos ao longo da vertente até a planície fluvial.

Resultados e discussão

A análise sedimentológica, é fundamental para a interpretação do relevo e dos depósitos coluviais, eluviais e aluviais, permitindo a reconstrução dos processos de remobilização, transporte e deposição dos sedimentos (Arruda, 2020). A relação entre as unidades deposicionais e a morfologia superficial exige a comparação entre a geometria dos depósitos e as formas do relevo, visando à compreensão da evolução morfoestratigráfica da paisagem (Corrêa, 2001).

Destarte, a análise integrada entre os atributos sedimentológicos e a compartimentação geomorfológica da área de estudo permite identificar padrões deposicionais associados à dinâmica das encostas. A distribuição espacial, a geometria e as características texturais dos sedimentos constituem importantes indicadores dos processos morfodinâmicos responsáveis pela formação, remobilização e acumulação dos depósitos ao longo da paisagem.

Identificação e caracterização dos depósitos de encosta

- Análise da seção vertical CTD (Ponto 01)

O ponto de coleta CTD corresponde a um depósito coluvial em encosta, exposto por intervenções antrópicas. A descrição do perfil resultou na coleta das amostras CTD 10, CTD 60 e CTD 120 (Figura 03). O depósito apresenta aproximadamente 1,80 m de espessura e encontra-se sobreposto a uma cascalheira matriz associada à Formação Barreiras.

Ao longo do perfil, foram identificados dois pacotes sedimentares distintos, separados por uma descontinuidade localizada a aproximadamente 90 cm da base. O pacote inferior é constituído por material predominantemente argilo-arenoso, com presença de grânulos dispersos e moderado grau de compactação. Já o pacote superior apresenta material arenoso-argiloso, com ocorrência de clastos de maior dimensão e distribuição heterogênea ao longo da matriz sedimentar.

A descontinuidade observada entre os dois pacotes caracteriza-se por uma superfície de contato irregular, marcada por concentração expressiva de fragmentos de quartzo e por mudança textural entre as unidades subjacente e sobrejacente. Essa feição sugere uma ruptura deposicional no perfil, possivelmente associada a alterações nas condições de transporte, remobilização ou deposição sedimentar ao longo da evolução da encosta.

Do ponto de vista genético, a organização sedimentar do perfil indica a atuação de diferentes processos deposicionais. O pacote inferior, em razão da matriz mais fina e da presença de grânulos dispersos, sugere deposição associada a fluxos gravitacionais de baixa energia. Em contrapartida, o pacote superior, caracterizado por sedimentos relativamente mais grosseiros e clastos de maior dimensão, pode refletir episódios deposicionais com maior capacidade de transporte, possivelmente relacionados a eventos de remobilização coluvial mais intensos.

Figura 03 - Depósito coluvial na encosta planar do Tabuleiro costeiro; A1 - Medição do depósito de colúvio – Ponto 01; A2 - Seção vertical do depósito de colúvio; A3 - Coleta de sedimentos para análises.



Fonte: Registro fotográfico no dia 12 de janeiro de 2020. Elaborado pelos autores (2020).

- Análise da seção vertical CER (Ponto 02)

O ponto de coleta CER corresponde a um depósito colúvio-aluvial localizado em posição intermediária de uma rampa sedimentar, exposto em decorrência da abertura de estrada de acesso à comunidade rural (Figura 04). A descrição do perfil resultou na coleta das amostras CER 30, CER 80 e CER 160. O depósito apresenta aproximadamente 1,90 m de espessura e encontra-se sobreposto ao embasamento cristalino em avançado estágio de alteração intempérica.

Em campo, o perfil apresentou aparente homogeneidade sedimentar, sendo composto predominantemente por sedimentos grossos inseridos em matriz areno-argilosa, com presença

de clastos angulosos e subarredondados a arredondados, distribuídos de forma heterogênea ao longo do depósito. Apesar dessa aparente uniformidade, observou-se variação na concentração de fragmentos de quartzo ao longo da seção vertical.

Figura 04 - Área de coleta do Ponto 2 – Estrada para área rural do município.; B1 - Medição e análise do perfil in loco em rampa sedimentar; B2 - Análise da rampa coluvial associada às estruturas existentes na área; B3 - Seção vertical do depósito de colúvio e coleta de sedimentos para análises.



Fonte: Registro fotográfico no dia 20 de fevereiro de 2020. Elaborado pelos autores (2020).

Entre 1,65 m e 1,72 m foi identificada uma stone line, caracterizada pela concentração de fragmentos quartzosos e clastos mais grosseiros (Figura 4), configurando uma descontinuidade sedimentar no perfil. Essa feição pode representar uma superfície erosiva relictas ou um nível de concentração residual associado à remoção seletiva de partículas finas por processos erosivos pretéritos.

Sob a perspectiva genética, as características sedimentológicas observadas sugerem deposição associada à atuação conjunta de processos coluviais e aluviais. A presença de sedimentos grossos, associada à heterogeneidade granulométrica e à ocorrência de clastos com diferentes graus de arredondamento, indica dinâmica deposicional complexa, envolvendo remobilização gravitacional de material de vertente e retrabalhamento hídrico.

A *stone line* identificada no perfil constitui uma importante descontinuidade sedimentar, indicando alteração nas condições de deposição e na dinâmica geomorfológica da área ao longo do tempo. Sua gênese, no entanto, não pode ser atribuída a um único processo, uma vez que

stone lines podem estar associadas a concentrações residuais de clastos, superfícies de estabilidade geomorfológica, retrabalhamento coluvial ou ainda a processos pedogenéticos. Nesse contexto, a ocorrência dessa feição sugere mudanças nas condições morfodinâmicas da vertente e da rampa sedimentar, refletindo possíveis episódios de erosão, remobilização e reorganização sedimentar.

Além dos condicionantes naturais, observou-se que a ação antrópica exerce papel significativo na intensificação da dinâmica geomorfológica da área estudada. Em ambos os pontos analisados, a exposição dos depósitos esteve diretamente associada a intervenções humanas, especialmente cortes de estradas, abertura de acessos e modificações na morfologia original das encostas.

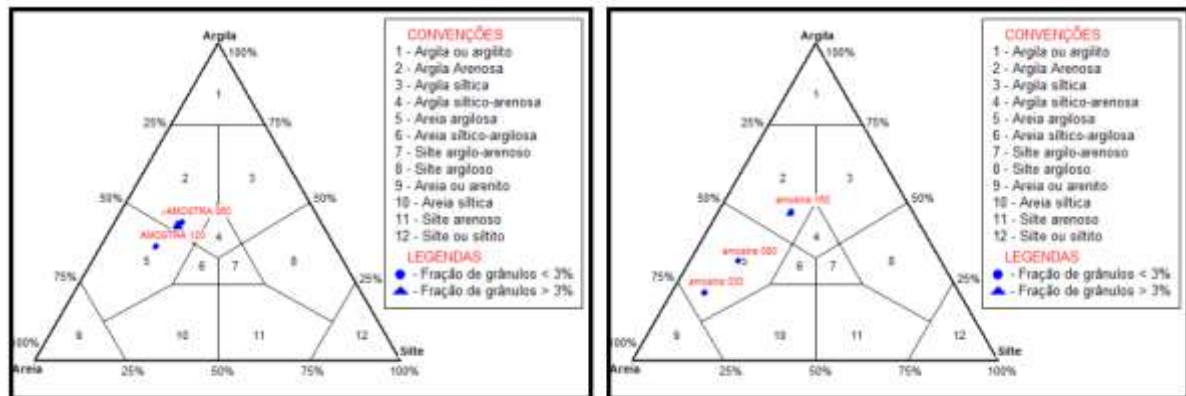
Essas alterações promovem a remoção da cobertura vegetal, modificam a estabilidade superficial dos mantos de alteração e favorecem a concentração do escoamento superficial, intensificando processos erosivos lineares, movimentos de massa e episódios de remobilização sedimentar. Soma-se a isso a expansão urbana e a predominância da monocultura da cana-de-açúcar no município de Carpina, fatores que contribuem para o aumento da fragilidade ambiental e da susceptibilidade geomorfológica das vertentes.

Análise sedimentológica dos depósitos de encosta

Com a finalidade de caracterizar as unidades deposicionais, foram realizadas análises sedimentológicas das amostras, visando à determinação da textura, do grau de arredondamento, da esfericidade e dos parâmetros estatísticos. Os valores de curtose, seleção e assimetria foram calculados de acordo com Folk & Ward (1957).

Os resultados obtidos indicaram que as classes modais da matriz sedimentar refletem tanto os processos atuantes quanto a maturidade dos sedimentos, com predomínio de argila arenosa e areia argilosa, evidenciando o retrabalhamento do material nas vertentes. Conforme o diagrama de Folk & Ward (1957), no ponto 01 as frações granulométricas variam da areia argilosa à argila arenosa da base ao topo, enquanto no ponto 02 observa-se variação de argila arenosa à areia argilosa (Figura 05). Dessa forma, os resultados evidenciam a influência direta dos processos geomorfológicos no controle da distribuição e organização granulométrica dos sedimentos nas vertentes (Santos, 2020; Silva, 2021).

Figura 05 - Diagrama triangular segundo Folk & Ward para os sedimentos dos pontos.



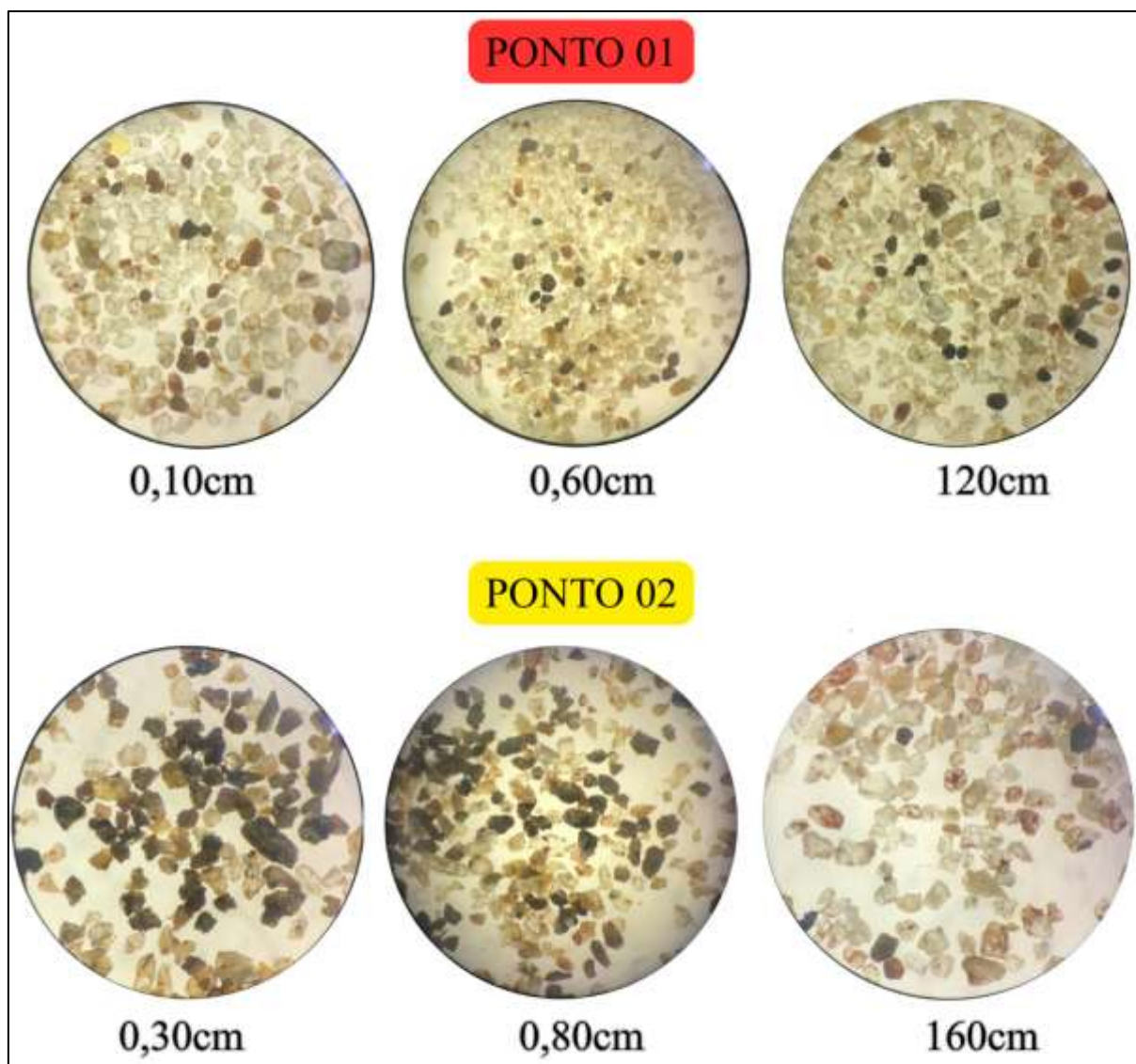
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Essa alternância granulométrica ao longo dos perfis sugere variações na competência dos fluxos superficiais durante os eventos de deposição, refletindo episódios de diferentes energias no transporte de encosta. A predominância dessas frações mistas corrobora a natureza coluvial dos depósitos, nos quais a seletividade hídrica é limitada, resultando em uma matriz sedimentar que preserva as características texturais herdadas do intemperismo in situ e do transporte gravitacional.

No que tange à análise morfooscópica, o método forneceu subsídios para a determinação do grau de arredondamento, da esfericidade e da mineralogia dos grãos, tanto de forma qualitativa quanto quantitativa, contribuindo para a caracterização da natureza dos depósitos e dos processos responsáveis pelo transporte e deposição dos sedimentos. As amostras dos dois pontos de coleta apresentaram elevada heterogeneidade quanto à forma dos grãos (Figura 06). Predominaram classes de esfericidade esférica, sub-discoidal e sub-prismoidal, com graus de arredondamento variando de angular a subarredondado (Tabela 01). Essas características indicam transporte de curta distância e proximidade da área fonte.

Em relação à mineralogia, destacam-se quartzo, feldspato, mica, plagioclásio, allanita, epidoto e rutilo, presentes em diferentes estágios de alteração, o que reforça o reduzido retrabalhamento dos sedimentos. Com base em Silva (2013) e Arruda (2020), a análise morfooscópica e mineralógica confirma a influência de processos de transporte limitado, associados à proximidade da área fonte e ao baixo grau de retrabalhamento dos sedimentos.

Figura 06 - Morfoscopia dos sedimentos dos pontos de coleta.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Tabela 1 - Análise morfoscópica da fração 0,25 mm dos pontos 01 e 02.

Propriedade	CTD-010	CTD-060	CTD-120
Distribuição por tamanho	Heterogêneo	Heterogêneo	Heterogêneo
Agregação	Pouca agregação	Pouca agregação	Pouca agregação
Esfericidade	Prismoidal 4%	Prismoidal 3%	Prismoidal 3%
	Sub-prismoidal 18%	Sub-prismoidal 24%	Sub-prismoidal 23%
	Esférico 46%	Esférico 41%	Esférico 41%
	Sub-discoidal 26%	Sub-discoidal 27%	Sub-discoidal 30%
	Discoidal 6%	Discoidal 5%	Discoidal 2%
Arredondamento	Muito angular 8%	Muito angular 9%	Muito angular 7%
	Angular 41%	Angular 28%	Angular 37%
	Sub-angular 16%	Sub-angular 14%	Sub-angular 20%
	Sub-arredondado 11%	Sub-arredondado 23%	Sub-arredondado 29%
	Arredondado 19%	Arredondado 10%	Arredondado 7%
	Bem arredondado 5%	Bem arredondado 16%	Bem arredondado 0%

Textura superficial	Brilhante 49% Polida 26% Fosca 25%	Brilhante 41% Polida 35% Fosca 24%	Brilhante 59% Polida 21% Fosca 20%
Opacidade	Transparente 59% Opaco 20% Translúcido 21%	Transparente 40% Opaco 20% Translúcido 40%	Transparente 50% Opaco 40% Translúcido 10%
Minerais diversos	Quartzo, Feldspato, Plagioclásio, Argila, Epidoto	Quartzo, Feldspato, Argila	Quartzo, Argila, Mica
Propriedade	CER-030	CER-080	CER-160
Distribuição por tamanho	Heterogêneo	Heterogêneo	Heterogêneo
Agregação	Pouca agregação	Pouca agregação	Pouca agregação
Esfericidade	Prismoidal 19% Sub-prismoidal 21% Esférico 20% Sub-discoidal 30% Discoidal 10%	Prismoidal 12% Sub-prismoidal 8% Esférico 58% Sub-discoidal 12% Discoidal 10%	Prismoidal 8% Sub-prismoidal 10% Esférico 48% Sub-discoidal 20% Discoidal 14%
Arredondamento	Muito angular 33% Angular 20% Sub-angular 30% Sub-arredondado 10% Arredondado 5% Bem arredondado 2%	Muito angular 23% Angular 15% Sub-angular 35% Sub-arredondado 16% Arredondado 8% Bem arredondado 3%	Muito angular 9% Angular 11% Sub-angular 42% Sub-arredondado 20% Arredondado 8% Bem arredondado 10%
Textura superficial	Brilhante 30% Polida 34% Fosca 36%	Brilhante 50% Polida 24% Fosca 26%	Brilhante 45% Polida 34% Fosca 21%
Opacidade	Transparente 49% Opaco 38% Translúcido 13%	Transparente 35% Opaco 42% Translúcido 23%	Transparente 39% Opaco 36% Translúcido 25%
Minerais diversos	Quartzo, Argila, Mica, Allanita	Quartzo, Mica, Rutilo, Epidoto	Quartzo, Epidoto, Argila

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A convergência entre esses indicadores texturais e a diversidade mineralógica aponta para um regime de sedimentação imaturo, característico de depósitos coluviais de curto alcance. A preservação de minerais instáveis, aliada à angulosidade dos clastos, confirma que o aporte sedimentar ocorreu sob baixa-moderada energia e com reduzido tempo de residência no sistema, limitando o desgaste mecânico das partículas. Tal cenário ratifica a estreita relação genética entre os depósitos e a rocha matriz, evidenciando uma dinâmica deposicional predominantemente autóctone, onde a evolução morfodinâmica é ditada por processos locais de encosta.

De acordo com os parâmetros de Folk & Ward (1957), os valores do grau de seleção variaram entre 3,228 e 3,402, classificando os sedimentos como muito pobremente selecionados. Conforme Camargo Filho e Bigarella (1998), esse padrão indica variações nas condições do fluido transportador, sendo típico de depósitos associados a fluxos gravitacionais de alta magnitude e baixa recorrência (Quadro 02). Para Assis (2021), o grau de seleção

observado reforça a atuação de processos deposicionais episódicos, marcados por elevada energia e baixa frequência de ocorrência.

Do ponto de vista geomorfológico, o padrão de seleção muito pobre observado em todas as amostras reflete a atuação de processos deposicionais marcados por baixa capacidade de segregação granulométrica. Esse comportamento é característico de sistemas de vertente dominados por fluxos gravitacionais, nos quais o transporte ocorre de forma rápida e episódica, sem tempo suficiente para seleção eficiente das partículas. A coexistência de frações finas e grossas no mesmo depósito indica remobilização conjunta de material oriundo dos mantos de alteração, sugerindo eventos de instabilidade associados a chuvas intensas, erosão superficial concentrada e movimentos de massa de curta distância.

Quadro 02 - Parâmetros estatísticos das unidades deposicionais dos pontos.

Amostras	Seleção	Assimetria	Curtose
CER-010	3,402 – Muito pobremente selecionado	-0,7023 – Muito negativa	0,5851 – Muito platicúrtica
CER-060	3,228 – Muito pobremente selecionado	-0,7211 – Muito negativa	0,5769 – Muito platicúrtica
CER-120	3,268 – Muito pobremente selecionado	0,137 – Positiva	0,5462 – Muito platicúrtica
CTD-030	3,332 – Muito pobremente selecionado	0,4423 – Muito positiva	0,5751 – Muito platicúrtica
CTD-080	3,352 – Muito pobremente selecionado	0,2821 – Positiva	0,5393 – Muito platicúrtica
CTD-160	3,274 – Muito pobremente selecionado	-0,763 – Muito negativa	0,5761 – Muito platicúrtica

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A análise integrada dos Pontos 01 e 02 indica que ambos os conjuntos sedimentares são resultantes de eventos deposicionais de alta magnitude e baixa recorrência, associados a fluxos gravitacionais. A baixa seleção, a variabilidade da assimetria e a curtose muito platicúrtica confirmam um ambiente deposicional instável, com rápido aporte de sedimentos e limitada atuação de processos de retrabalhamento. As diferenças sutis observadas entre os pontos refletem variações locais nas condições de transporte, sem alterar o padrão deposicional dominante da área estudada.

Quanto à assimetria, os valores apresentaram tanto tendências positivas quanto negativas, associadas às fácies areno-argilosas e argiloarenosas (Quadro 03), indicando hidrodinâmica moderada e alternância no regime de transporte. Esse comportamento evidencia um duplo padrão de fluxo, com mobilização alternada de sedimentos finos e grossos. Em conjunto, esses resultados reforçam a predominância de um sistema deposicional controlado por fluxos gravitacionais, com variações hidrodinâmicas locais (Silva, 2013; Lima; Listo; Arruda, 2021; Listo; Santos; Balder, 2024).

Reforça-se ainda na assimetria que a alternância entre valores positivos e negativos revela variações importantes no regime de transporte sedimentar ao longo dos perfis. Valores positivos indicam maior concentração de sedimentos finos, sugerindo deposição sob condições de menor energia, associadas a fases de estabilização da vertente ou redução da capacidade de transporte. Em contrapartida, valores negativos refletem enriquecimento relativo em frações mais grossas, indicando episódios de maior energia, nos quais fluxos superficiais concentrados ou movimentos gravitacionais foram capazes de mobilizar partículas de maior diâmetro. Essa alternância sugere que a evolução sedimentar dos depósitos não ocorreu de forma contínua, mas por sucessivos pulsos deposicionais controlados pela variabilidade morfodinâmica das encostas.

Quadro 03 - Resultados estatísticos Folk Ward (1957) para os pontos de coleta.

Ponto 01				Ponto 02			
Amostra	Média	Classificação	Mediana	Amostra	Média	Classificação	Mediana
010	5,619	Areia Argilosa	7,446	030	3,698	Argila Arenosa	2,403
060	5,796	Argila Arenosa	7,605	080	4,106	Areia Argilosa	3,224
120	4,482	Argila Arenosa	3,997	160	5,819	Areia Argilosa	7,78

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A análise comparativa dos resultados granulométricos demonstra que os Pontos 01 e 02 foram formados sob condições deposicionais semelhantes, dominadas por sedimentos finos e mal selecionados, porém com respostas distintas à variação de energia do fluxo. O Ponto 01 apresenta caráter mais estável, enquanto o Ponto 02 evidencia maior heterogeneidade granulométrica, indicando flutuações no regime de transporte.

Esses resultados reforçam a interpretação de um ambiente deposicional controlado por eventos episódicos, com alternância entre fases de menor e maior energia, compatível com fluxos gravitacionais e hidrodinâmica moderada. Reforça-se que a curtose das amostras foi classificada como muito platicúrtica, indicando distribuições granulométricas achatadas.

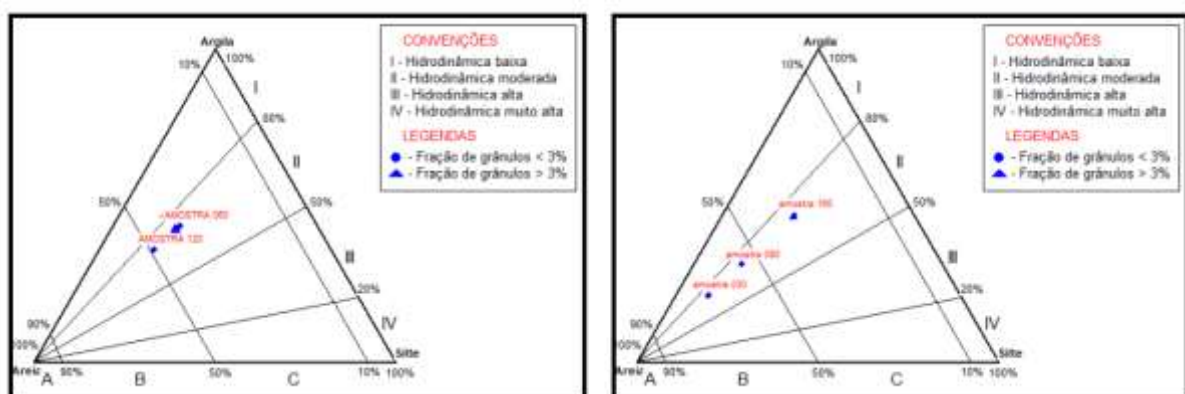
No tange ainda a curtose, os valores muito platicúrticos indicam distribuições granulométricas amplas e pouco concentradas em torno da média, evidenciando elevada heterogeneidade sedimentar. Sob a ótica geomorfológica, esse comportamento sugere contribuição simultânea de múltiplos processos de transporte e deposição, incluindo escoamento superficial difuso, fluxos concentrados e remobilização gravitacional. Esse padrão

reforça a interpretação de um ambiente deposicional instável, no qual diferentes mecanismos atuaram de forma combinada na construção dos depósitos de encosta.

A integração entre seleção, assimetria e curtose demonstra que os depósitos CTD e CER registram uma dinâmica geomorfológica fortemente condicionada pela instabilidade das vertentes e pela atuação episódica de fluxos de alta magnitude. No CTD, a presença de maior alternância granulométrica sugere pulsos deposicionais associados à remobilização coluvial em setores mais dissecados do relevo. Já no CER, a maior heterogeneidade sedimentar reflete a influência combinada de processos de encosta e do retrabalhamento associado à proximidade com a rede de drenagem e com o nível de base regional controlado pelo Rio Capibaribe. Dessa forma, os parâmetros estatísticos não apenas caracterizam os sedimentos, mas também funcionam como importantes indicadores da dinâmica morfossedimentar da área de estudo.

Arelado a isso, a análise hidrodinâmica, baseada no diagrama de Pejrup (1988), apontou condições de energia moderada durante a deposição dos sedimentos (Figura 07). Dessa forma, os resultados corroboram a hipótese de que os depósitos analisados foram submetidos a transporte de alta energia em eventos episódicos de elevada intensidade e baixa recorrência, compatíveis com processos gravitacionais atuantes na área de estudo. Para Arruda (2020), a análise hidrodinâmica confirma que os depósitos foram formados sob condições energéticas moderadas a elevadas, associadas a eventos episódicos de natureza gravitacional, compatíveis com a dinâmica geomorfológica da área de estudo.

Figura 07 - Diagramas de Pejrup indicando hidrodinâmica dos pontos analisados.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A variabilidade sedimentológica observada também pode estar relacionada à intensificação recente de processos geomorfológicos induzidos por ações antrópicas. Intervenções como supressão vegetal, cortes em encostas, abertura de vias de acesso e

alterações no uso da terra modificam diretamente a dinâmica hidrossedimentar, favorecendo o aumento do escoamento superficial e a mobilização de material inconsolidado. Esses fatores potencializam a ocorrência de eventos erosivos de maior magnitude, contribuindo para o aporte rápido e episódico de sedimentos nos depósitos coluviais e colúvio-aluviais analisados.

Os resultados sedimentológicos evidenciam que os depósitos analisados (CTD e CER) apresentam baixa maturidade textural e elevado grau de heterogeneidade granulométrica, refletindo processos deposicionais associados à dinâmica de vertentes. O predomínio de sedimentos argilo-arenosos e areia argilosa, aliados à má seleção, às distribuições platicúrticas e às assimetrias variáveis, indicam condições de transporte marcadas por flutuações energéticas, incompatíveis com sistemas deposicionais de longa duração ou transporte prolongado. Essas características reforçam a importância dos processos gravitacionais na configuração dos depósitos coluviais e colúvio-aluviais da área de estudo.

A análise morfoscópica e mineralógica confirma a proximidade das áreas fonte, evidenciada pelo elevado grau de angularidade dos grãos, pela esfericidade variada e pela presença de minerais pouco alterados, como quartzo, feldspato e micas, em diferentes estágios de intemperismo. A identificação de descontinuidades sedimentares, incluindo *stone lines* e variações na concentração de clastos, sugere episódios sucessivos de remobilização do material, associados a eventos de alta magnitude e baixa recorrência, possivelmente relacionados a chuvas intensas e instabilidade das encostas.

A integração dos parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957) com a análise hidrodinâmica baseada no diagrama de Pejrup (1988) permite inferir que a deposição ocorreu predominantemente sob condições de hidrodinâmica moderada-alta, com pulsos episódicos de maior energia capazes de transportar frações grossas. Esses resultados corroboram a interpretação de que os depósitos estudados resultam da atuação combinada de fluxos gravitacionais, escorregamentos translacionais e retrabalhamento superficial, desempenhando papel fundamental na evolução morfoestratigráfica da paisagem e no armazenamento temporário de sedimentos nas vertentes e áreas adjacentes às planícies fluviais.

Ressalta-se que as análises estatísticas aqui consideradas corroboram a hipótese apresentada por Silva (2013), Silva (2019), Arruda (2020), Santos (2020); Silva (2020), Assis (2021) e Listo e colaboradoras (2024), segundo a qual existe um determinado controle nos mantos de alteração, morfologicamente condicionados por variações climáticas no Nordeste do Brasil.

A dinâmica geomorfológica observada na área de estudo também está diretamente relacionada à atuação do rio Capibaribe, especialmente em seu baixo curso, que exerce importante controle sobre o nível de base regional. O entalhamento fluvial promovido pelo rio ao longo do tempo contribuiu para a dissecação dos Tabuleiros Costeiros e para a formação de vertentes mais íngremes e instáveis, favorecendo a ocorrência de processos de remobilização de materiais e a formação de depósitos coluviais e colúvio-aluviais.

A proximidade do Ponto 02 (CER) com a planície fluvial evidencia a influência direta do sistema fluvial na dinâmica sedimentar das encostas, atuando tanto como área de recepção de sedimentos quanto como agente de retrabalhamento durante eventos de maior energia associados a períodos chuvosos intensos. Dessa forma, a evolução das encostas não pode ser compreendida de forma isolada, estando integrada ao sistema vertente-vale, no qual o rio Capibaribe atua como principal agente de organização da paisagem, controlando processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos.

Assim, os depósitos de encosta analisados representam não apenas registros de processos gravitacionais locais, mas também respostas geomorfológicas às variações do nível de base e à dinâmica fluvial regional, evidenciando a forte conectividade entre as encostas, as áreas de cabeceira e a planície do rio principal na evolução geomorfológica da Zona da Mata Norte pernambucana.

Considerações Finais

As conclusões acerca da evolução ambiental do município de Carpina fundamentam-se na análise morfoestratigráfica e sedimentológica de depósitos associados à cobertura coluvionar, observados diretamente em campo. Os resultados indicam que esses depósitos resultam da remobilização dos mantos de alteração desenvolvidos sobre o embasamento cristalino, reorganizados em sistemas coluviais de diferentes espessuras ao longo das encostas. Esses processos refletem a dinâmica superficial do relevo, controlada por variações ambientais, condicionantes geomorfológicos, interferências antrópicas e pelo controle exercido pelo nível de base regional associado ao rio Capibaribe, especialmente em seu baixo curso, que atua como principal elemento organizador da dissecação do relevo, da dinâmica de vertentes e da sedimentação na área de estudo.

No Ponto 01 (Colúvio em Tabuleiro Dissecado – CTD), os depósitos analisados são caracterizados por uma matriz sedimentar variando de areia argilosa a argila arenosa, com sedimentos muito pobremente selecionados, assimetria oscilando entre valores muito negativos

e positivos e curtose platicúrtica. As condições hidrodinâmicas inferidas são predominantemente moderadas, com indícios de pulsos episódicos de maior energia. Esses atributos indicam a atuação de processos gravitacionais associados a fluxos de massa, com transporte de curta distância e deposição rápida, refletindo a instabilidade das vertentes em setores elevados do relevo.

No Ponto 02 (Colúvio em Encosta próxima ao Rio – CER), os sedimentos apresentam matriz variando de argila arenosa a areia argilosa, igualmente muito pobremente selecionados, com assimetria variando de valores positivos a negativos e curtose platicúrtica. A hidrodinâmica também se mostrou moderada, indicando deposição sob condições energéticas variáveis, possivelmente influenciadas pela proximidade com áreas de concentração de drenagem e pela atuação combinada de processos coluviais e colúvio-aluviais. Esses depósitos refletem episódios de remobilização associados à instabilidade das encostas adjacentes às planícies fluviais.

A análise morfoscópica das amostras de ambos os pontos revelou elevada heterogeneidade quanto à forma dos grãos, predominância de grãos angulosos a subangulosos e esfericidade variável, além da presença de minerais pouco retrabalhados. Essas características reforçam a interpretação de transporte limitado e proximidade das áreas fonte, associadas a processos como escorregamentos translacionais e corridas de lama, responsáveis pela reorganização dos sedimentos nas vertentes.

Por fim, observa-se que a dinâmica atual do relevo da área de estudo encontra-se fortemente condicionada pela intensificação dos processos intempéricos e pela ação antrópica, aumentando a vulnerabilidade das encostas e influenciando os padrões de produção, transporte e deposição de sedimentos. Diante disso, ressalta-se a necessidade do desenvolvimento de pesquisas complementares, com ampliação do número de pontos amostrais, realização de mapeamentos geomorfológicos mais detalhados, aplicação de métodos geocronológicos, geoquímicos e micromorfológicos, bem como a integração com estudos de uso e ocupação da terra, a fim de aprofundar a compreensão da evolução morfoestratigráfica e da sensibilidade dessas paisagens frente às mudanças ambientais e às pressões antrópicas.

Referências

ARRUDA, I. R. P. **Análise geomorfológica dos depósitos de encosta no município de Carpina, Zona da Mata Norte-PE**. Dissertação (Mestrado) em Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, 167p., 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/42249>. Acesso em: 27 jun. 2026.

ASSIS, K. S. G. **Depósitos coluviais como geoconômetro das mudanças ambientais no município de Quipapá-PE**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/46849>. Acesso em: 2 mai. 2026.

CAMARGO FILHO, M. & BIGARELLA, J. J. Correlação de parâmetros estatísticos de sedimentos de vertentes, rampas de colúvio-alúvio e terraço de várzea da bacia do Bananas – Guarapuava – PR. **Geosul**, v. 14, p. 438 – 442, 1998.

CARVALHO, J. A. R., et al. Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais em Domínios Urbanos e Rurais do Entorno do Rio Tracunhaém, Município de Nazaré da Mata-PE. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 39, v. 2, p. 160-174, 2017. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/4749>. Acesso em: 14 jul. 2026.

CAVALCANTI, L. C. S.; CORRÊA, A. C. B. Superfícies Morfoestratigráficas Mesorregionais na Área de Paudalho – Pernambuco. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v.25, n.1, janeiro/abril. 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228748>. Acesso em: 3 abr. 2026.

CORRÊA, A. C. B. **Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil**. 2001. 386 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2001.

FOLK, R. L. & WARD, W. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, 27: 3-26, 1957. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/sepm/jsedres/article-abstract/27/1/3/95232/Brazos-River-bar-Texas-a-study-in-the-significance?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 9 mai 2026.

FÔNSECA, D. N. **Evolução geomorfológica e sedimentação quaternária no setor oriental do piemonte da Borborema**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/32310>. Acesso em: 29 jun. 2026.

GALE, S.J. & HOARE, P.G. Quaternary Sediments: Petrographic Methods for the Study of Unlithified Rocks. **Londres: Bethaven Press**, 1991, 318p. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/gj.2584>. Acesso em: 15 jun. 2026.

IBGE. **Cidades e Estados: Carpina** - PE. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/carpina.html>. Acesso em: 11 jan. 2026.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. **Gotha**: Verlag condicionadas. Justus Perthes. n.p, 1928.

LIMA, G. R.; LISTO, D. G. S.; ARRUDA, I. R. P. Análise dos depósitos de colúvio na serra dos cavalos – Caruaru / Pernambuco. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 7, n. 2,

p. 01–10, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/18221>. Acesso em: 19 jan. 2026.

LISTO, D. G. DA S., SANTOS, L. F. L. DOS.; BALDER, R. F. T. DE M. Morfoestratigrafia do Quaternário como instrumento para a reconstrução ambiental no maciço estrutural Serra dos Cavalos - Pernambuco. **Revista De Geografia**, 41(4), 78–96, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/264827>. Acesso em: 13 abr. 2026.

PEJRUP, M. **The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach**. In: BOER, P. L.; VAN GELDER, A.; NIO, S. D. (ed.). Tide-influenced sedimentary environments and facies. Dordrecht: D. Reidel, 1988. p. 289-300.

RANULPHO, R. **Fitólitos em Depósitos de Colúvio do Quaternário Superior na face Nordeste da Bacia Sedimentar do Araripe/CE: Significado Paleoambiental**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) -Universidade Federal de Pernambuco, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/22591>. Acesso em: 4 fev. 2026.

SANTOS, L. F.; L. **Morfoestratigrafia do Quaternário em depósitos coluviais: instrumento para a reconstrução ambiental no maciço estrutural Serra dos Cavalos (PE)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/43625>. Acesso em: 30 jan. 2026.

SILVA JUNIOR, M. A. B., SILVA, S. R. **A outorga de direito de uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, Pernambuco-Brasil**. Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal. 2014.

SILVA, D. G. **Evolução Paleoambiental dos Depósitos de Tanques em Fazenda, Município de Brejo da Madre de Deus, Pernambuco**. (2007) Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco/UFPE. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6938>. Acesso em: 14 mar. 2026.

SILVA, D. G.; CORRÊA, A. C. B. Evolução paleoambiental dos depósitos de tanques em Fazenda Nova, Pernambuco - Nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Geografia Física**, v. 2(2), p. 43-56, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/232639>. Acesso em: 27 mai. 2026.

SILVA, D. G.; CORRÊA, A. C. B.; AMORIM, R. F. Caracterização morfológica e dinâmica ambiental das marmitas (Weathering Pit) no Distrito de Fazenda Nova, Pernambuco – Nordeste Do Brasil. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, 18(2), 2017. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1062>. Acesso em: 17 mai. 2026.

SILVA, D.G. **Reconstrução da Dinâmica Geomorfológica do Semiárido Brasileiro no Quaternário Superior a Partir de Uma Abordagem Multiproxy**. Recife -Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. 2013, 277p. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/37737>. Acesso em: 12 jun. 2026.

SILVA, M. L. G. **Evolução da paisagem geomorfológica no semiárido alagoano a partir do estudo dos modelados de acumulação e denudação do município de Água Branca.** 2019. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Recife, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/35279>. Acesso em: 27 de jun. 2026.

SILVA, V. T. **Análise geomorfológica dos depósitos coluviais no Brejo de Taquaritinga do Norte - Pernambuco.** 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/50415>. Acesso em: 14 mai. 2026.

SOUSA, S. G. et al. Análise geomorfológica do município de Quipapá - Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Equador** (UFPI), Vol. 8, Nº 2, p.436 – 448, 2019. Disponível em:

<http://observatoriodageografia.uepg.br/files/original/dcf4cd109b9b75173e41fcae7e91583035fcf3b2.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2026.

STOKES, S. Luminescence dating applications in geomorphological research.

Geomorphology, v. 29, p.153-171, 1999. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X99000124>. Acesso em: 18 mar. 2026.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010, 408p.

SUGUIO, K. **Mudanças Ambientais da Terra** / Kenitiro Suguio. – São Paulo: Instituto Geológico, 2008. 336 p

TUCKER, M. **Techniques in Sedimentology.** London: Blackwell, 1995.

WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, Iowa, v. 30, n.5, p. 377–392, agosto, 1922. Disponível em:

<http://jurassic.ru/pdf/1988.Techniques.in.sedimentology.pdf>. Acesso em: 27 de jun. de 2026.

AUTORES

Ítalo Rodrigo Paulino de Arruda

Doutor em Geociências - CTG/UFPE. Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Geografia - PPGeo/UFPE. Licenciado em Geografia (DCG/CFCH) pela Universidade Federal de Pernambuco. Professor Permanente do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental do Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP/OS. Atua na área de Geografia Física. Participante/Colaborador no Grupo de Estudos de Estudos em Mapeamento Geomorfológico e do Quaternário Continental com ênfase na Geomorfologia do Nordeste, Coordenado/Orientado pela Professora Doutora Danielle Gomes da Silva no Centro de Filosofia e Ciências Humanas/Departamento de Ciências Geográficas (CFCH/DCG) da Universidade Federal de Pernambuco. Foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de 2016 a 2018. Tem experiência na área de Geociências (Geografia Física) atuando principalmente com os temas: semi-árido, sedimentação, quaternário, mudanças ambientais e Geodiversidade.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2621-5993>

E-mail: italo.arruda@ufpe.br

Danielle Gomes da Silva Listo

Possui Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (2005), Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (2007), Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (2013) e Pós-Doutorado pelo Instituto de Geografia da Facultad de Filosofía e Letras da Universidad de Buenos Aires (UBA, sob a supervisão da Professora Emérita Dra. Claudia Eleonor Natenzon. É docente da Universidade Federal de Pernambuco e líder do Grupo de Estudos em Mapeamento Geomorfológico e do Quaternário Continental (GEODEQC), vice-líder do Grupo de Pesquisa em Geotecnologias Aplicadas a Geomorfologia de Encostas e Planícies (ENPLAGEO), Coordenadora do Laboratório de Geomorfologia e Geotecnologias (GEOTEC), e Vice-tutora da Empresa Júnior MapGeo Jr. Soluções Geográficas, ambos lotados na Universidade Federal de Pernambuco, onde atua como pesquisadora. Tem experiência na área de Geografia Física, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Geomorfologia do Quaternário, Paleoclimatologia, Cartografia Geomorfológica, Geomorfologia de Ambientes Semiáridos, Vulnerabilidade socioal à riscos de seca meteorológica, Cartografia de risco; Mapeamentos participativos; Modelos Matemáticos de previsão de riscos e Metodologias para Redução do Risco de Desastres e Técnicas de ERRD (Educação para Redução de Riscos e Desastres). Atualmente, é vice-coordenadora na elaboração dos Planos Municipais de Redução de Risco (PMRR) dos Municípios de Jaboatão dos Guararapes/PE e Olinda/PE em Acordo de Cooperação Técnica com a Secretaria Nacional de Periferias do Ministério das Cidades, estando conectado com a Rede PMRR Brasil/Ministério das Cidades.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9391-1211>

E-mail: danielle.listo@ufpe.br

Eduardo Paes Barreto

Graduado em Geografia, Bacharel em Direito e Pedagogo, com especializações em Gestão Ambiental e Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, 2007), possui Mestrado em Engenharia Mineral (2010) e Doutorado em Geociências pela UFPE (2014). Professor efetivo de Geografia da Secretaria de Educação de Pernambuco, docente permanente no Programa de Mestrado em Tecnologia Ambiental do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) e Professor efetivo da Prefeitura de Garanhuns. Tem experiência nas áreas de Educação, formação de professores, Geociências e Geotecnologias, com ênfase em Geologia Marinha e Educação Ambiental, abordando temas como erosão marinha, geologia e geomorfologia costeira, vulnerabilidade, gestão ambiental costeira, sedimentologia marinha e geoprocessamento. Atua como professor formador no Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), ministrando disciplinas como Fundamentos de Geologia, Biogeografia, Geomorfologia do Brasil, Geomorfologia I e Fundamentos de Pedologia e Edafologia nos cursos de Geografia e Gestão Ambiental da Universidade Aberta do Brasil (UAB). Foi Assessor Pedagógico do Núcleo de Línguas e Culturas da UFPE.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8301-4878>

E-mail: eduardo.barreto@ufpe.br

Data de submissão: 30 de março de 2026.

Aceito para publicação: 16 maio de 2026.

Data de publicado: 28 de julho de 2026.