



SEDIMENTOS COLUVIAIS QUATERNÁRIOS COMO GEOARQUIVOS DA RELAÇÃO SOLO–PAISAGEM NO SEMIÁRIDO: EVIDÊNCIAS DO MACIÇO DA SERRA DA TAQUARA (PE), BRASIL

*QUATERNARY COLLUVIAL DEPOSITS AS GEOARCHIVES OF THE SOIL–
LANDSCAPE RELATIONSHIP IN THE SEMI-ARID REGION: EVIDENCE FROM THE
SERRA DA TAQUARA MASSIF (PE), BRAZIL*

*DÉPÔTS COLLUVIAUX QUATERNAIRES COMME GÉOARCHIVES DE LA RELATION
SOL–PAYSAGE EN MILIEU SEMI-ARIDE : ÉVIDENCES DU MASSIF DE LA SERRA
DA TAQUARA (PE), BRÉSIL*

Luana Karla Lima dos Santos¹

¹Mestranda em Geociências pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE-CTG)

e-mail: luana.karla@ufpe.br

 <https://orcid.org/0009-0003-4598-6926>

Etchury Luisa Lopes Etchichury

²Licenciado em Geografia (UFPE)

e-mail: luisa.etchichury@ufpe.br

 <https://orcid.org/0009-0009-7661-0327>

José Danilo da Conceição Santos³

³Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Ciências Geográficas, Programa de Pós-graduação em Geografia

e-mail: jose.danilo@ufpe.br

 <https://orcid.org/0009-0007-6830-5803>

Daniel Rodrigues de Lira⁴

⁴Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Ciências Geográficas, Programa de Pós-graduação em Geografia

e-mail: daniel.rlira@ufpe.br

 <https://orcid.org/0000-0001-9559-2480>

RESUMO

Os depósitos coluviais quaternários do Maciço da Serra da Taquara (PE/Brasil) foram investigados como geoarquivos da relação solo–paisagem em ambiente semiárido. O estudo objetivou avaliar a dinâmica pedosedimentar e o intemperismo químico por meio de análises granulométricas e geoquímicas em quatro perfis coluviais distribuídos ao longo de uma topossequência. Foram aplicadas granulometria a laser, fluorescência de raios X e o Índice Químico de Alteração (Chemical Index of Alteration – CIA). Os resultados evidenciaram forte controle morfotopográfico sobre a evolução geoquímica, com maior intensidade de intemperismo nos setores mais estáveis da vertente. Os depósitos registram retrabalhamento sedimentar, estabilidade pedogenética e oscilações paleoambientais quaternárias, confirmando o potencial dos colúvios como geoarquivos estratégicos da evolução morfopedológica do semiárido brasileiro.

Palavras-chave: Depósitos Coluviais. Geoarquivos. Relação Solo–Paisagem. Semiárido. Holoceno.

ABSTRACT

Quaternary colluvial deposits from the Serra da Taquara Massif (PE/Brazil) were investigated as geoarchives of the soil–landscape relationship in a semi-arid environment. This study aimed to evaluate pedosedimentary dynamics and chemical weathering through granulometric and geochemical analyses of four colluvial profiles along a toposequence. Laser granulometry, X-ray fluorescence, and the Chemical Index of Alteration (CIA) were applied. Results revealed strong morphotopographic control on geochemical evolution, with higher weathering in toposequence. Laser granulometry, X-ray fluorescence, and the Chemical Index of Alteration (CIA) were applied. Results revealed strong



morphotopographic control on geochemical evolution, with higher weathering intensity in the most stable hillslope sectors. The deposits record sediment reworking, pedogenetic stability, and Quaternary paleoenvironmental oscillations, confirming the potential of colluvium as strategic geoarchives of morphopedological evolution in the Brazilian semi-arid region.

Keywords: Colluvial Deposits; Geoarchives; Soil–Landscape Relationship; Semi-arid; Holocene.

RÉSUMÉ

Les dépôts colluviaux quaternaires du massif de Serra da Taquara (PE/Brésil) ont été étudiés comme géoarchives de la relation sol–paysage en environnement semi-aride. Cette étude visait à évaluer la dynamique pédosédimentaire et l'altération chimique à partir d'analyses granulométriques et géochimiques réalisées sur quatre profils colluviaux distribués le long d'une toposéquence. La granulométrie laser, la fluorescence X et le Chemical Index of Alteration (CIA) ont été appliqués. Les résultats montrent un fort contrôle morphotopographique sur l'évolution géochimique, avec une altération plus intense dans les secteurs les plus stables du versant. Les dépôts enregistrent remaniement sédimentaire, stabilité pédogénétique et oscillations paléoenvironnementales quaternaires, confirmant le potentiel des colluvions comme géoarchives stratégiques de l'évolution morphopédologique du semi-aride brésilien.

Mots-clés: Dépôts Colluviaux. Géoarchives. Relation Sol–Paysage. Semi-aride. Holocène.

INTRODUÇÃO

As oscilações climáticas do Quaternário tardio e do Holoceno desempenham papel crucial na reorganização morfodinâmica das paisagens tropicais e semiáridas, influenciando a intensidade do intemperismo, erosão e redistribuição sedimentar (Thomas, 1994; Goudie, 2013; Lima et al., 2023). Em ambientes semiáridos, marcados por forte sazonalidade pluviométrica, pequenas variações na precipitação podem gerar respostas geomorfológicas não lineares, alternando fases de estabilidade pedogenética e mobilização coluvial (Brantley et al., 2007; Fonseca et al., 2020).

Os depósitos coluviais constituem registro da evolução das vertentes, resultantes do retrabalhamento gravitacional de materiais intemperizados ao longo de gradientes topográficos (Summerfield, 1991; Retallack, 2001; Henkner et al., 2018). Esses depósitos preservam assinaturas texturais e geoquímicas associadas à intensidade dos processos morfogenéticos, sendo amplamente reconhecidos como geoarquivos paleoambientais (Kappler et al., 2018; Paisani et al., 2023; Fonseca et al., 2024).

A conectividade sedimentar regula a transferência de materiais coluviais ao longo das vertentes, integrando morfologia, hidrologia e estrutura geológica (D'Arcy et al., 2017; Corrêa et al., 2025). Nos maciços cristalinos localizados no semiárido do Nordeste brasileiro, a formação e a remobilização de colúvios controlam a espessura do regolito e suas propriedades físico-químicas, evidenciando a interdependência entre processos geomorfológicos e pedogenéticos (Corrêa e Santos, 2025; Ab'Saber, 2003; Corrêa, 2001; Fonseca et al., 2020).

A perspectiva da Zona Crítica Continental, entendida como sistema dinâmico que integra rocha, solo, água e biota (Brantley et al., 2007; Anderson et al., 2011), os depósitos coluviais podem ser interpretados como geoarquivos morfopedológicos capazes de registrar variações na intensidade do intemperismo químico e no balanço entre produção e exportação de regolito (Brantley &

Lebedeva, 2011; Corrêa et al., 2025).

Dentro desse contexto, a interação entre análise granulométrica a laser e geoquímica elementar constitui abordagem robusta para investigar a evolução pedosedimentar desses sistemas. A caracterização textural permite inferir padrões de transporte e deposição (Folk & Ward, 1957; Blott & Pye, 2001), enquanto índices geoquímicos, como o Chemical Index of Alteration (CIA) (Nesbitt & Young, 1982) e relações elementares associadas ao balanço de massa (Chadwick et al., 1990),

possibilitam estimar o grau de lixiviação de elementos móveis e a intensidade do intemperismo químico (Goldberg & Humayun, 2019; Cho et al., 2023).

Apesar dos avanços regionais, persiste lacuna metodológica na aplicação integrada de granulometria de alta resolução, geoquímica quantitativa e uso articulado de múltiplos índices de intemperismo em depósitos coluviais desenvolvidos sobre embasamento cristalino no semiárido nordestino. Essa limitação reduz a compreensão integrada da dinâmica pedosedimentar e do papel dos depósitos coluviais como geoarquivos da evolução solo–paisagem em ambientes semiáridos (Kappler et al., 2018; Fonseca et al., 2020).

O Maciço da Serra da Taquara, enclave de brejo de altitude no Planalto da Borborema (Agreste pernambucano), apresenta vertentes estruturadas sobre embasamento cristalino e expressiva ocorrência de colúvios (Corrêa et al., 2010; Lira, 2014; Gois et al., 2021), configurando área adequada para testar relações entre textura, geoquímica e posição topográfica. O presente estudo tem como objetivo investigar os depósitos coluviais quaternários do Maciço da Serra da Taquara como geoarquivos da relação solo–paisagem, avaliando a dinâmica pedosedimentar e o grau de intemperismo químico por meio da integração entre análises granulométricas e geoquímicas ao longo de uma topossequência.

Assume-se como hipótese que a dinâmica pedosedimentar e o grau de intemperismo químico variam ao longo da topossequência em função do controle morfotopográfico, refletindo diferentes condições de estabilidade geomorfológica, conectividade sedimentar e desenvolvimento pedogenético.

Dinâmica morfogênética em ambientes semiáridos e depósitos coluviais

As mudanças climáticas quaternárias e a variabilidade ambiental recente têm intensificado o interesse científico pelos registros sedimentares continentais como arquivos naturais da evolução da superfície terrestre em ambientes tropicais sazonais. Conforme mencionado previamente, em regiões semiáridas, a interação entre clima, litologia, estrutura geológica e tempo de exposição controla a organização morfogênética da paisagem e a preservação de registros pedosedimentares sensíveis a oscilações paleoambientais (Thomas, 1994; Goudie, 2013).

A organização espacial desses depósitos resulta da interação entre morfoestrutura, litologia e regime climático, que condicionam a distribuição, a espessura e as características texturais dos colúvios ao longo das vertentes. A conectividade sedimentar entre topo, meia encosta e base estabelece padrões diferenciados de erosão e acúmulo, refletindo a intensidade relativa de processos gravitacionais e hidrológicos (Tricart & Caillaux, 1972; Lu et al., 2019). Em sistemas hidrológicos intermitentes, típicos do semiárido, eventos pluviométricos de alta intensidade atuam como gatilhos morfodinâmicos fundamentais para a remobilização sedimentar, evidenciando o

caráter episódico e climaticamente modulado da dinâmica de vertentes (Corrêa, 2001; Corrêa et al., 2010).

Os depósitos coluviais representam registros diretos da dinâmica morfogênética recente, funcionando como geoarquivos da evolução ambiental quaternária. Esses depósitos resultam do retrabalhamento gravitacional de materiais previamente intemperizados, preservando assinaturas estratigráficas de instabilidade de vertentes, conectividade sedimentar e variações paleoclimáticas regionais (Retallack, 2001; Corrêa e Santos, 2025). Estudos realizados no Planalto da Borborema demonstram que colúvios

podem registrar fases alternadas de intensificação e retração morfodinâmica durante o Holoceno e Pleistoceno tardio (Lira, 2014; Fonseca et al., 2024; Paisani et al., 2023).

A análise granulométrica, enquanto ferramenta interpretativa da dinâmica superficial, possui conceitos vinculados ao desenvolvimento da geomorfologia processual e dos estudos sedimentológicos modernos. Schumm (1977), discorre que a organização textural dos sedimentos está diretamente associada à capacidade de transporte dos sistemas geomorfológicos, sendo controlada pela interação entre energia do fluxo, resistência dos materiais e gradientes topográficos. Tucker e Slingerland (1997) argumentam que a distribuição granulométrica em depósitos continentais representa uma resposta sistêmica às condições de equilíbrio dinâmico das vertentes, refletindo ajustes entre processos de produção, transferência e armazenamento de sedimentos ao longo do tempo.

Em ambientes semiáridos, como destacado por Thomas (1994), a forte sazonalidade pluviométrica condiciona a ocorrência de eventos erosivos episódicos de alta energia, promovendo a mobilização seletiva de partículas e a formação de sequências sedimentares com heterogeneidade textural. Retallack (2001), ressalta que sequências pedosedimentares funcionam como arquivos ambientais, preservando evidências das condições paleoecológicas e das transformações da superfície terrestre em escalas quaternárias.

Blott e Pye (2001), destacam a importância das abordagens estatísticas na análise granulométrica, ao demonstrarem que parâmetros como grau de seleção e assimetria textural permitem inferir condições de energia deposicional e eficiência dos processos hidrossedimentares. Assim, a caracterização granulométrica das coberturas colúvias permite integrar sinais morfodinâmicos e paleoambientais, contribuindo para a reconstrução da evolução geomorfológica das paisagens semiáridas.

A análise integrada de colúvios também permite correlacionar, a análise integrada dados geomorfológicos com reconstruções paleoambientais, contribuindo para a compreensão da dinâmica de paisagens semiáridas frente às mudanças climáticas pretéritas e atuais (Cho et al., 2023). Essa abordagem multidisciplinar permite associar características sedimentares a regimes diferenciados de instabilidade morfodinâmica e a fases de intensificação ou retração pedogenética, ampliando a capacidade de interpretação paleoambiental dos depósitos colúvias (Fonseca et al., 2024).

Zona crítica, intemperismo químico e integração geoquímica

A abordagem adotada neste estudo fundamenta-se no conceito de Zona Crítica Continental, entendido como a interface dinâmica entre rocha, solo, água, ar e biota, na qual interações físico-químicas controlam a produção, transformação e redistribuição do regolito ao longo da paisagem (National Research Council, 2001; Brantley et al., 2007). Neste trabalho, tal perspectiva é empregada para interpretar os depósitos colúvias como geoarquivos morfopedológicos, cuja organização textural e assinatura geoquímica refletem processos de intemperismo, mobilização sedimentar e estabilidade de vertentes.

No Maciço da Serra da Taquara, inserido em um domínio semiárido regional, os brejos de altitude configuram importantes enclaves paleoecológicos e geomorfológicos. A topografia atua como fator de modulação das condições atmosféricas locais,

favorecendo a formação de microclimas úmidos em contraste com o contexto regional de aridez sazonal. Conforme discutido por Ab'Saber (2003), compartimentos de relevo desempenham papel fundamental na diferenciação paisagística em regiões tropicais. Estudos de Monteiro (1973) e Ayoade (1983) evidenciam que a orografia

interfere nos padrões de circulação atmosférica, favorecendo a condensação de umidade e a intensificação de precipitações orográficas.

A heterogeneidade topográfica exerce forte controle sobre a redistribuição da umidade e sobre a dinâmica hidrológica do solo, influenciando diretamente a organização dos microambientes tropicais (Saco et al., 2013; Good et al., 2015). Os sistemas morfoclimáticos semiáridos caracterizam-se pela alternância entre processos morfogenéticos úmidos e eventos erosivos episódicos, conforme proposto por Thomas (1994) e Tricart (1977).

Sob a perspectiva da geomorfologia processual, Gilbert (1877) estabeleceu as bases do equilíbrio dinâmico entre produção, transporte e deposição sedimentar. Posteriormente, Howard (1994) refinou essa abordagem ao propor a distinção entre sistemas limitados pelo intemperismo e sistemas limitados pelo transporte sedimentar. Em ambientes tropicais transicionais, o balanço entre intemperismo químico e remoção mecânica controla a espessura do manto de alteração e a evolução do regolito (Stallard e Edmond, 1983; West et al., 2005).

A evolução da Zona Crítica resulta de feedbacks entre hidrologia, atividade biológica e reações geoquímicas, sendo sensível às variações climáticas quaternárias e holocênicas (Huggett, 2017; Brantley e Lebedeva, 2011). As vertentes, nesse contexto, funcionam como sistemas abertos de transferência de energia e matéria, onde a energia topográfica controla a redistribuição sedimentar (Carson, 1971). Estudos demonstram que a taxa de evolução das vertentes depende do acoplamento entre produção de regolito e exportação sedimentar, resultando em paisagens próximas do equilíbrio dinâmico de longo prazo (Dietrich e Perron, 2006; Heimsath et al., 2012).

A interpretação dos depósitos coluviais como arquivos ambientais requer abordagem pedosedimentar integrada. A Zona Crítica, conforme definido por National Research Council (2001) e ampliado por Brantley et al. (2007), constitui sistema complexo que registra processos geológicos, biogeoquímicos e ecológicos. Sendo assim, sequências pedosedimentares funcionam como geoarquivos de variações paleoambientais quaternárias (Retallack, 2001; Chadwick et al., 1990).

Do ponto de vista sedimentológico e geoquímico, a análise granulométrica e química dos colúvios permite inferir condições paleoambientais e mecanismos de transporte sedimentar. Os métodos estatísticos de caracterização sedimentológica foram consolidados por Folk e Ward (1957) e Blott e Pye (2001). Pesquisas posteriores indicam que a integração entre sedimentologia e geoquímica é fundamental para reconstruções paleoambientais em sistemas quaternários (Vandenberghe, 2013; Burbank e Anderson, 2012).

As assinaturas geoquímicas permitem avaliar a intensidade do intemperismo químico e a maturidade sedimentar, com base em índices como o Chemical Index of Alteration (CIA) e do Ruxton Index (RI). Conforme demonstrado por Nesbitt e Young (1982) e Retallack (2001), tais índices possibilitam correlacionar processos geoquímicos com a evolução geomorfológica e pedogenética. Em ambientes semiáridos, a limitação hídrica tende a reduzir a intensidade do intemperismo químico, embora eventos pluviométricos concentrados possam intensificar processos de lixiviação e mobilização elementar (Fonseca et al., 2024; Paisani et al., 2023).

O semiárido brasileiro deve ser interpretado como sistema complexo de herança paleoclimática e ajustes morfodinâmicos recentes, no qual a variabilidade climática do Quaternário tardio e do Holoceno exerceu influência decisiva na configuração das paisagens tropicais secas e de seus geoarquivos sedimentares (Thomas, 1994; Selby, 1985; Brovkin et al., 2019; Dixon et al., 2016; Corrêa e Santos, 2025).

Área de estudo

O Maciço da Serra da Taquara, está localizado no setor oriental do Planalto da Borborema, no Agreste do estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. A Figura 1 apresenta a localização da área investigada em contexto regional, estadual e nacional, permitindo sua inserção espacial no território pernambucano. A área encontra-se aproximadamente nas coordenadas 7,90°S e 36,05°W, integrando o domínio geológico da Província Borborema, caracterizada por um embasamento cristalino pré-cambriano constituído predominantemente por rochas metamórficas e intrusões graníticas associadas ao Ciclo Brasileiro (Brito Neves et al., 2001). O processamento dos dados espaciais, a elaboração dos mapas temáticos e a organização das bases cartográficas foram realizados no software QGIS versão 3.34, adotando-se o sistema de referência geodésico SIRGAS 2000, projeção UTM, Zona 24S (QGIS Development Team, 2024).

Figura 1 – Localização da área de estudo no Maciço da Serra da Taquara, Pernambuco, Brasil.



Fonte: FACEPE 2026, Adaptação dos autores

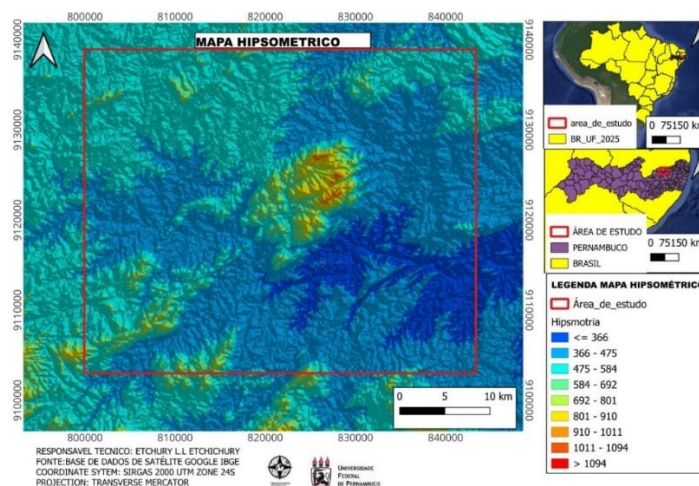
As altitudes da área variam aproximadamente entre 366 m e 1094 m, configurando um compartimento topograficamente elevado que se destaca na paisagem regional. O clima é do tipo BSh (semiárido quente), segundo a classificação de Köppen-Geiger, caracterizado por forte sazonalidade pluviométrica, com precipitações concentradas entre os meses de outono e inverno. A elevação topográfica favorece a ocorrência de brejos de altitude, criando condições microclimáticas relativamente mais úmidas quando comparadas à matriz semiárida circundante. Esse contraste ambiental influencia

diretamente os processos de intemperismo, pedogênese, erosão e dinâmica sedimentar das vertentes (Ab'Saber, 2003; Goudie, 2013; Gois et al., 2021).

A configuração altimétrica da área é apresentada na Figura 2, por meio do mapa hipsométrico, que evidencia a distribuição espacial das cotas altimétricas e permite

identificar os setores mais elevados do maciço, bem como os gradientes topográficos associados à dinâmica geomorfológica local. As maiores altitudes concentram-se na porção central da área estudada, correspondendo aos divisores topográficos que controlam a drenagem superficial e os processos de transporte e deposição sedimentar.

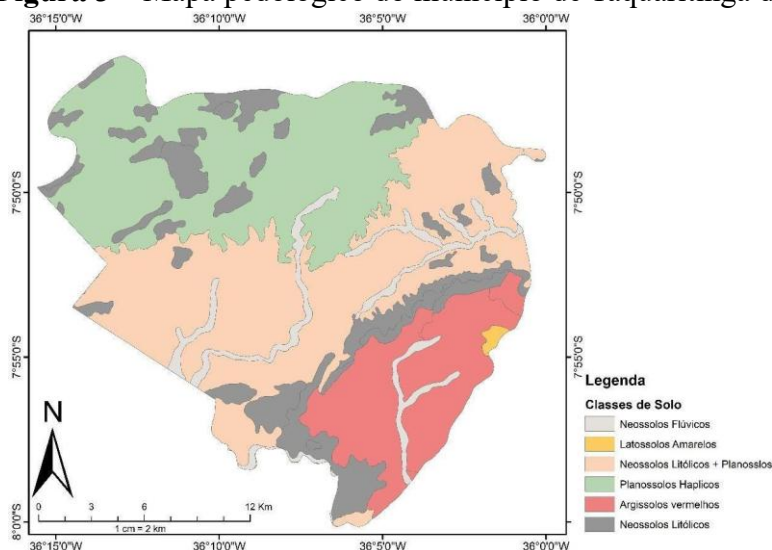
Figura 2 – Mapa hipsométrico da área de estudo no Maciço da Serra da Taquara, Pernambuco, Brasil.



Fonte: FACEPE 2026, Adaptação dos autores

Do ponto de vista geológico, a área integra a Província Borborema, consolidada durante o Ciclo Brasileiro–Pan-Africano, com predominância de rochas metamórficas e intrusões graníticas. A presença de fraturamentos estruturais favorece a infiltração hídrica e o espessamento do regolito, condicionando a organização dos depósitos colúvies (Migoñ, 2006; 2019). A distribuição dos solos reflete a interação entre litologia cristalina, topografia e sazonalidade climática, influenciando a intensidade do intemperismo químico e a assinatura geoquímica dos depósitos colúvies (Retallack, 2001; Nesbitt & Young, 1982).

Figura 3 – Mapa pedológico do município de Taquaritinga do Norte



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2018); elaboração dos autores (2026).

A configuração do mapa pedológico figura 3, evidencia uma organização espacial dos solos diretamente controlada pela compartimentação geomorfológica da vertente. Nos setores inferiores predominam Neossolos Litólicos associados a áreas de maior dinâmica sedimentar e menor espessura de regolito, enquanto os setores superiores apresentam Argissolos Vermelhos mais desenvolvidos, relacionados à maior estabilidade geomorfológica, maior tempo de residência do material e intensificação dos processos pedogenéticos. Essa distribuição confirma a estreita relação solo–paisagem observada ao longo da topossequência estudada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta dos dados e estratégia amostral

O estudo foi conduzido no Maciço da Serra da Taquara, situado no Agreste de Pernambuco, a partir da seleção de uma topossequência representativa da variabilidade morfodinâmica regional. Foram descritos quatro perfis coluviais (TA01, TA02, TA03 e TA04), distribuídos ao longo do gradiente topográfico baixa vertente–média vertente–setor de transição–setor superior, considerando critérios de declividade, conectividade sedimentar, posição geomorfológica, estabilidade superficial e grau de desenvolvimento pedogenético. A localização dos pontos amostrais e sua distribuição ao longo da vertente podem ser observadas na Figura 4.

Figura 4 – Localização dos pontos de coleta (TA01, TA02, TA03 e TA04) na topossequência da Serra da Taquara.



Fonte: Google Earth 2024

A estratégia amostral foi estruturada com base na variabilidade morfotopográfica da vertente, buscando representar diferentes setores de redistribuição sedimentar e intensidade de intemperismo químico. A escolha dos perfis considerou: (i) mudanças na declividade; (ii) presença de descontinuidades sedimentares; (iii) variações texturais observadas em campo; (iv) evidências de retrabalhamento coluvial; e (v) diferenciação pedogenética ao longo da vertente, conforme proposto por Gale e Hoare (1991) e Blair e McPherson (2009).

Foram coletadas, em 29 de julho de 2024, 32 amostras para análise granulométrica (oito por perfil) e 24 amostras para análise geoquímica (seis por perfil), priorizando horizontes com contraste textural, contatos litológicos e unidades estratigráficas

representativas. A amostragem foi realizada em intervalos verticais de 10 a 20 cm, definidos de acordo com mudanças sedimentológicas observadas em campo. A profundidade dos perfis variou entre 1,20 m e 2,40 m, em função da espessura dos depósitos coluviais e do contato com o embasamento saprolítico.

A descrição morfológica dos perfis seguiu os procedimentos estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2018) e por Retallack (2001) para depósitos coluviais e paleossolos. Foram registrados os seguintes atributos diagnósticos: cor úmida e seca segundo a Carta de Cores de Munsell; textura aparente; estrutura sedimentar e pedológica; consistência; espessura dos horizontes; presença, dimensão e arredondamento de clastos; limites entre horizontes; feições hidromórficas; porosidade; raízes; mosqueamentos; nódulos ferruginosos; além de evidências de bioturbação e retrabalhamento sedimentar.

A classificação dos materiais seguiu os critérios granulométricos de Wentworth (1922), enquanto a interpretação pedológica foi baseada no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), considerando atributos morfológicos, organização estrutural e características diagnósticas dos horizontes.

Análises laboratoriais

As análises foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia do Quaternário (LABGEQUA/UFPE). A abordagem metodológica integrou análises granulométricas,

caracterização geoquímica e aplicação de índices de intemperismo químico, visando interpretar a dinâmica de vertentes, os processos de redistribuição sedimentar e a evolução pedogenética em ambiente semiárido sob controle estrutural.

Análise granulométrica

A caracterização granulométrica foi realizada por integração entre peneiramento mecânico para as frações arenosas ($>63 \mu\text{m}$) e difração a laser para as frações finas ($<63 \mu\text{m}$), permitindo descrição textural completa das amostras.

Inicialmente, as amostras foram secas em estufa a 105°C por 24 h, desagregadas manualmente em almofariz de porcelana e quarteadas até obtenção de aproximadamente 100 g de material representativo. Em seguida, procedeu-se à dispersão química com hexametáfosfato de sódio (NaPO_3)₆ a 5%, associada à agitação mecânica, visando evitar floculação e agregação das partículas finas.

A fração arenosa foi submetida ao peneiramento mecânico em agitador orbital, utilizando peneiras com intervalos de 1 ϕ , conforme escala granulométrica de Wentworth (1922). A precisão analítica foi mantida abaixo de 2%, por meio de repetição de amostras e controle de massa residual.

As frações silte e argila foram analisadas em equipamento Malvern Mastersizer 3000®, utilizando difração a laser após dispersão química, agitação mecânica e aplicação de ultrassom por 2 min. As análises foram realizadas em triplicata, sendo aceitas apenas amostras com coeficiente de variação inferior a 3%.

Os parâmetros estatísticos granulométricos — média, seleção, assimetria e curtose foram calculados segundo Folk e Ward (1957), com auxílio do software SysGran 3.0. Os dados texturais foram posteriormente representados em diagramas de Shepard (1954) e Pejrup (1988), permitindo inferir padrões de energia hidrodinâmica, competência de transporte e seleção sedimentar.

Análise geoquímica e índices de intemperismo

A composição geoquímica das amostras foi determinada por fluorescência de raios X (FRX), utilizando espectrômetro Shimadzu EDX-720®. As amostras foram previamente pulverizadas em almofariz de ágata até granulometria inferior a 75 µm, homogeneizadas e acondicionadas em porta-amostras revestidos com filme de polipropileno.

Foram quantificados os óxidos maiores SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂ e MnO, com limite de detecção inferior a 0,01% e erro analítico médio inferior a 5%, determinado a partir de análises replicadas e materiais de referência certificados.

Para atingir os objetivos propostos com a análise geoquímica, foi realizada a aplicação dos índices de CIA, RI e do índice de Paleoambiente. O índice CIA serviu para avaliar o grau de alteração química dos sedimentos Nesbitt e Young (1982), medindo variações do intemperismo dentro do perfil de análise de acordo com a seguinte fórmula;

Onde o valor de CIA vai ser diretamente proporcional ao grau de alteração do material. A partir dessa premissa, quando o CIA aumenta ocorre concomitantemente, o aumento na lixiviação, além da diminuição dos valores da perda de base, refletindo, por conseguinte, altos valores de precipitação, indicando que estes materiais foram submetidos a intensos processos de alteração química (Fonsêca et al., 2024), calculado conforme a equação 1:

$$CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] \times 100$$

De acordo com Fonsêca et al., (2024), o índice de Ruxton é baseado na relação molar entre a Sílica e o Alumínio, partindo do pressuposto que em condições de maior intemperismo químico a sílica vai se comportar como elemento mais móvel, enquanto o Alumínio elemento menos móvel. Outrossim, na escala de 0 a 10, valores próximos a 0 indicam materiais muito intemperizados, já valores próximos a 10, sedimentos pouco intemperizado (Fonsêca et al., 2024). O presente índice é representado pela seguinte equação 2;

$$RI = SiO_2 / Al_2O_3$$

Análises estatísticas e tratamento dos dados

Os dados granulométricos e geoquímicos foram submetidos à análise estatística descritiva, incluindo média, desvio padrão, valores mínimo e máximo e coeficiente de variação.

A normalidade dos dados foi previamente verificada pelo teste de Shapiro–Wilk, enquanto a homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Levene. Posteriormente, a comparação dos valores médios de CIA entre os perfis foi realizada por análise de variância (ANOVA) de uma via, adotando nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Quando observadas diferenças estatisticamente significativas, aplicou-se o teste post hoc de Tukey para identificação dos grupos distintos.

As relações entre variáveis texturais e geoquímicas foram avaliadas por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r), considerando intensidade e direção das associações lineares.

As análises estatísticas foram realizadas nos softwares Microsoft Excel 2021. Os gráficos e diagramas sedimentológicos foram elaborados no OriginPro 2023 e SysGran 3.0.

Distribuição espacial dos perfis e organização sedimentar e granulométrica.

A distribuição dos perfis ao longo da topossequência evidência forte controle morfotopográfico sobre a organização sedimentar e a intensidade do intemperismo químico, conforme proposto na estratégia amostral descrita na seção de Materiais e Métodos. A análise de variância (ANOVA) aplicada aos valores de CIA indicou diferença estatisticamente significativa entre os perfis ($F = 6,87$; $p = 0,003$), confirmando que o grau de alteração geoquímica não se distribui de forma aleatória na paisagem.

Os valores de CIA apresentam tendência geral de aumento da baixa vertente para os setores superiores, refletindo incremento progressivo do intemperismo químico em áreas de maior estabilidade geomorfológica. Conforme sintetizado no quadro 1, o perfil TA01 apresenta média de 67,4, caracterizando intemperismo moderado e elevada variabilidade vertical, enquanto o TA02 exibe ampla variação (56–80), indicando heterogeneidade estratigráfica associada à superposição de eventos deposicionais.

Quadro 1– Estatísticas descritivas dos índices de intemperismo (CIA e RI)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	QUADRO 1 - Estatísticas descritivas dos índices de intemperismo(CIA e RI)									
2	PERFIL	nº	CIA (média ± DP)		CIA(mín-máx)		RI (média ± DP)		RI (mín-máx)	
3	TA01	6	67,4 ± 4,2		62,1 – 71,8		1,54 ± 0,21		1,30 – 1,78	
4	TA02	6	68,3 ± 8,5		56,0 – 80,0		2,05 ± 0,68		1,31 – 3,00	
5	TA03	6	69,2 ± 2,6		65,7 – 72,6		1,75 ± 0,12		1,60 – 1,91	
6	TA04	6	79,1 ± 1,1		77,9 – 80,3		1,15 ± 0,03		1,12 – 1,18	

Fonte: Dados da pesquisa 2026.

Os perfis TA03 (65,71–72,65) e TA04 (77,89–80,30) apresentam maior homogeneidade geoquímica vertical, o que sugere estabilidade morfodinâmica prolongada e predomínio de processos pedogenéticos. A correlação positiva entre posição topográfica e CIA ($r = 0,74$; $p < 0,01$) reforça o papel da topografia como fator estruturante da evolução geoquímica, em concordância com a organização pedológica observada no mapa apresentado na figura 3.

Além das diferenças nos valores médios, observa-se contraste na dispersão interna dos índices geoquímicos. Os perfis TA01 e TA02 apresentam amplitude vertical de até 12 unidades de CIA, refletindo retrabalhamento sedimentar e heterogeneidade deposicional. Em contrapartida, TA03 e TA04 apresentam baixa variabilidade (desvio padrão < 3), indicando pedogênese contínua e menor influência de pulsos coluviais. Os resultados granulométricos evidenciam predominância de sedimentos com textura argilo-arenosa ao longo da topossequência. Conforme sintetizado no quadro 2, as proporções médias variam entre 42% e 55% de areia, 10% e 18% de silte e 32% e 46% de argila, indicando relativa homogeneidade textural entre os perfis analisados.

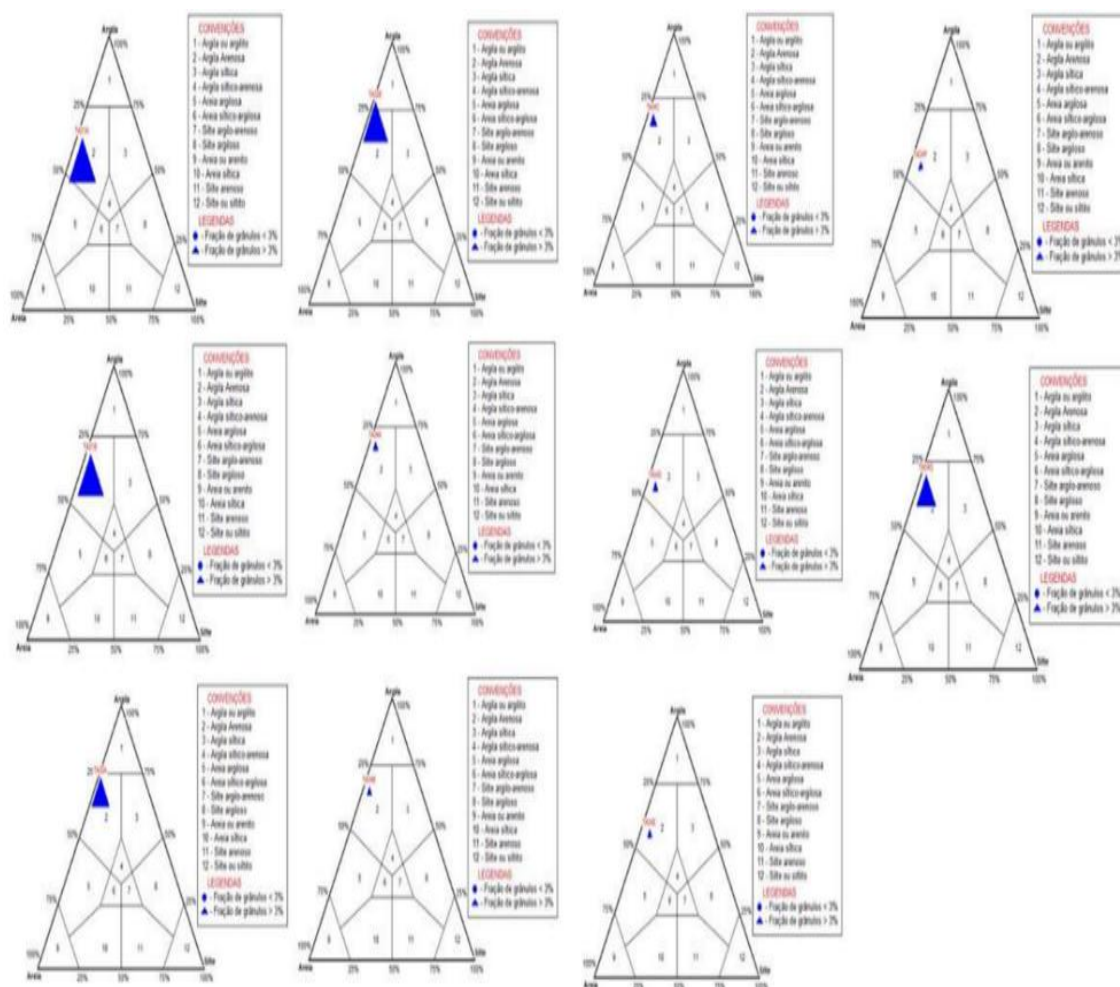
Quadro 2 – Estatísticas granulométricas dos perfis TA01–TA04 (%)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	QUADRO 2- Estatísticas granulométricas dos perfis TA01 - TA04 (%)									
2	PERFIL	nº	Areia (média ± DP)		Silte (média ± DP)		Argila (média ± DP)		Classe textural	
3	TA01	8	52 ± 3,5		14 ± 2,1		34 ± 2,8		Argilo-arenosa	
4	TA02	8	55 ± 4,2		12 ± 2,5		33 ± 3,1		Argilo-arenosa	
5	TA03	8	47 ± 2,8		15 ± 1,9		38 ± 2,4		Argilo-arenosa	
6	TA04	8	42 ± 2,5		16 ± 1,7		46 ± 2,2		Argilosa	

Fonte: Dados da pesquisa 2026.

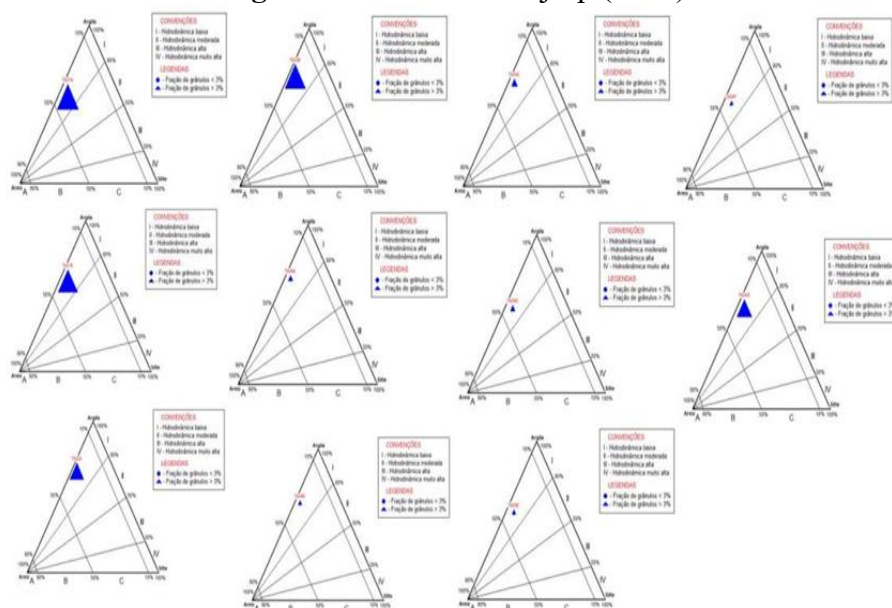
A projeção das amostras no diagrama triangular de Shepard (Figura 4) demonstra concentração nos campos de areia argilosa e argila arenosa, sem ocorrência significativa de frações grossas. De forma complementar, o diagrama de Pejrup (Figura 5) indica predominância de condições de baixa energia hidrodinâmica para o conjunto das amostras. A ausência de frações cascalhosas e a predominância de sedimentos finos indicam sistemas deposicionais caracterizados por transporte de baixa competência, com distribuição granulométrica relativamente uniforme ao longo da vertente.

Figura 5 - Gráficos de Shepard (1954)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 6 - Gráfico de Pejrup (1988)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

A relativa homogeneidade textural ao longo das diferentes posições topográficas sugere conectividade sedimentar eficiente entre os compartimentos de vertente, com transferência progressiva de materiais das porções superiores para setores intermediários e inferiores. Tal padrão indica funcionamento integrado da encosta como sistema de transferência sedimentar contínua, conforme discutido por Lu et al. (2019) e Cho et al. (2023).

Descrição estratigráfica dos perfis coluviais

Os perfis TA01–TA04 apresentam organização estratigráfica distinta ao longo da topossequência, refletindo diferentes condições de estabilidade geomorfológica, conectividade sedimentar e intensidade de retrabalhamento coluvial.

O perfil TA01, localizado na baixa vertente, apresenta sequência predominantemente argilo-arenosa, com alternância entre níveis mais maciços e camadas com estrutura fracamente desenvolvida. Observam-se contatos gradativos entre os horizontes, presença dispersa de clastos subangulares e evidências de retrabalhamento sedimentar recente, indicando dinâmica deposicional episódica. Os horizontes superficiais apresentam coloração brunada escura e maior teor de matéria orgânica, enquanto os níveis inferiores exibem coloração avermelhada associada ao aumento do intemperismo.

O perfil TA02, situado em média vertente, apresenta maior heterogeneidade vertical, com intercalação entre níveis arenosos e argilo-siltosos. A ocorrência de descontinuidades texturais e mudanças abruptas na coloração sugerem superposição de eventos deposicionais distintos. Foram identificados níveis com maior concentração de clastos e estruturas maciças pouco organizadas, indicando episódios de mobilização coluvial associados a eventos pluviométricos de maior energia.

O perfil TA03 corresponde a um setor de transição morfo-pedológica, caracterizado por maior homogeneidade estratigráfica e desenvolvimento pedogenético mais evidente (figura 6). Observa-se aumento progressivo da fração argila em profundidade, associado à formação de horizontes com estrutura blocosa subangular e indícios de iluviação,

compatíveis com horizonte Bt incipiente. Os contatos entre horizontes tornam-se mais graduais, sugerindo maior estabilidade superficial.

Figura 7- Perfil TA03 coleta campo.



Foto: Acervo dos autores 2024

O perfil TA04, localizado no setor superior da vertente, apresenta a sequência mais homogênea e pedogeneticamente desenvolvida da topossequência. Predominam sedimentos finos argilo-arenosos, fortemente intemperizados, com coloração vermelho-amarelada e estrutura pedológica bem definida. A ausência de descontinuidades sedimentares marcantes e de níveis clásticos expressivos sugere predomínio de estabilidade geomorfológica prolongada e reduzida influência de retrabalhamento coluvial recente.

De forma geral, a organização vertical dos depósitos evidencia alternância entre fases de agração sedimentar e estabilidade pedogenética, refletindo oscilações morfodinâmicas quaternárias controladas pela interação entre clima, topografia e conectividade sedimentar. A distribuição espacial dos perfis e suas diferenças estratigráficas e geoquímicas refletem distintos níveis de estabilidade geomorfológica ao longo da vertente. Essa organização espacial pode ser observada no mapa pedológico apresentado na Figura 2, que sintetiza a relação entre os perfis TA01–TA04 e os compartimentos morfopedológicos da Serra da Taquara.

Integração Geoquímica: CIA, RI e intensidade do intemperismo dos perfis

A relação inversa entre o Chemical Index of Alteration (CIA) e o Ruxton Index (RI) foi confirmada por correlação negativa significativa ($r = -0,81$; $p < 0,001$), indicando que o aumento do intemperismo químico está diretamente associado à redução relativa de sílica.

Em brejos de altitude do Nordeste semiárido desenvolvidos sobre embasamento cristalino, os índices de CIA e RI tendem a apresentar comportamento intermediário a

elevado quando comparados à matriz semiárida circundante. Essa configuração está associada à atuação desses ambientes como enclaves úmidos, caracterizados por maior disponibilidade hídrica relativa, espessamento do regolito e intensificação da pedogênese.

Nesses sistemas, valores de CIA entre 65 e 85 são frequentemente associados a condições de intemperismo moderado a forte, especialmente em setores estáveis da vertente, paleossolos e horizontes Bt mais desenvolvidos. Em contrapartida, o Ruxton Index (RI), por apresentar relação inversa com o grau de alteração geoquímica, tende a diminuir progressivamente à medida que ocorre remoção de sílica e enriquecimento relativo de alumínio. Em brejos de altitude semiáridos, valores de RI entre 3 e 6 são compatíveis com materiais intensamente alterados.

Embora modelos clássicos de toposequência tropical frequentemente indiquem maior alteração química nas bases das vertentes devido ao acúmulo de umidade, o comportamento observado na Serra da Taquara sugere influência adicional da estabilidade geomorfológica e da dinâmica coluvial. Nos setores inferiores, o retrabalhamento sedimentar recorrente e a conectividade sedimentar tendem a remover ou reorganizar materiais previamente alterados, enquanto os setores superiores preservam maior tempo de residência do regolito e desenvolvimento pedogenético mais contínuo.

Nos perfis superiores (TA03 e TA04), os teores de Al_2O_3 ultrapassam 32%, enquanto CaO ocorre em concentrações mínimas ou ausentes, caracterizando estágio avançado de lixiviação, como pode ser acompanhado no quadro 3, que mostra os elementos químicos da amostra TA04 em porcentagem. Esses dados, sintetizados na tabela seguir, evidenciam evolução geoquímica progressiva ao longo da vertente.

Quadro 3 – Elementos químicos em porcentagem (Amostra TA04)

ELEMENTOS QUÍMICOS EM PORCENTAGEM										
AMOSTRA	Si	Al	Fe	k	Ti	Ba	Zr	Sr	Mn	
TA04A	37.886	32.032	17.723	9.105	1.647	0.885	0.464	0.077	0.062	
TA04B	37.226	33.102	18.439	8.170	1.474	0.922	0.403	0.058	0.087	
TA04C	37.429	32.611	18.862	8.014	1.692	0.628	0.487	0.062	0.081	
TA04D	38.72	32.111	16.851	8.832	1.709	0.516	0.521	0.059	0.070	
TA04E	38.804	31.499	17.670	8.732	1.548	0.775	0.603	0.048	0.073	
TA04F	37.947	32.439	17.443	8.951	1.565	0.737	0.604	0.072	0.081	
TA04G	35.212	30.361	22.811	7.458	1.619	0.771	0.338	0.088	0.091	

Fonte: Dados da pesquisa 2026.

Nos perfis TA01 e TA02, a variabilidade vertical dos índices geoquímicos indica alternância entre níveis mais e menos alterados, sugerindo superposição de eventos coluviais sobre superfícies previamente intemperizadas. Essa configuração é consistente com dinâmica policíclica, marcada pela alternância entre fases de estabilidade pedogenética e episódios de mobilização sedimentar (Retallack, 2001; Zielhofer et al., 2017).

O perfil TA03 representa uma zona de transição morfo-pedológica, conforme indicado na Tabela 4, com aumento da homogeneidade geoquímica e início de diferenciação textural compatível com horizonte Bt. Já o TA04 caracteriza um sistema pedogeneticamente maduro, com predomínio de processos químicos e ausência de evidências de aporte sedimentar recente.

Controle Morfotopográfico e Organização Solo–Paisagem

A integração entre os dados granulométricos, geoquímicos e pedológicos demonstra que a topografia exerce controle direto sobre a evolução dos perfis ao longo da toposequência. Conforme sintetizado na tabela 4, observa-se uma transição sistemática

de Neossolos Litólicos nos setores inferiores para Argissolos Vermelhos nos setores superiores.

Os perfis TA01 e TA02, situados em baixa e média vertente, apresentam maior heterogeneidade interna e evidências de retrabalhamento sedimentar. Em contraste, TA03 e TA04 apresentam maior estabilidade geomorfológica, refletida na homogeneidade geoquímica e na intensificação da pedogênese.

A correlação significativa entre posição topográfica e CIA indica que a evolução geoquímica da vertente responde não apenas à disponibilidade hídrica, mas também às diferenças de estabilidade geomorfológica e intensidade de retrabalhamento sedimentar entre os compartimentos topográficos. Em ambientes de brejo de altitude semiárido, setores superiores relativamente estáveis podem preservar materiais mais intensamente alterados do que áreas basais submetidas à remobilização coluvial recorrente.

Os gradientes verticais de CIA, associados à homogeneidade granulométrica e à organização espacial dos perfis, indicam alternância entre fases de maior intemperismo químico e períodos de reorganização sedimentar ao longo do Quaternário. A predominância de frações finas e os padrões observados nos diagramas de Shepard (Figura 4) e Pejrup (Figura 5) sugerem que a dinâmica de vertentes ocorreu sob condições de baixa energia, controlada principalmente por variações climáticas.

Esse comportamento é compatível com modelos de variabilidade climática para o semiárido brasileiro (Zielhofer et al., 2017; Paisani et al., 2023), nos quais fases mais úmidas favorecem a pedogênese, enquanto períodos mais secos promovem mobilização coluvial episódica. A ausência de datação absoluta, conforme indicado nos métodos, limita a atribuição cronológica precisa desses eventos. Assim, a interpretação paleoambiental deve ser compreendida como hipótese robusta baseada na integração de proxies sedimentológicos e geoquímicos, e não como reconstrução definitiva. No quadro 4 sintetiza a relação entre posição topográfica, classe de solo, textura predominante, interpretação morfo-pedológica e tendência geoquímica dos perfis TA01–TA04.

Quadro 4– Síntese granulométrica, geoquímica e morfo-pedológica dos perfis TA01–TA04

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Síntese granulométrica, geoquímica e morfo-pedológica dos perfis TA01–TA04														
2	Perfil	Posição topográfica	Classe de solo	Textura predominante			Tendência geoquímica					Interpretação morfo-pedológica			
3	TA01	Baixa vertente	Neossolo Litólico	Argilo-arenosa			↑ Al2O3 e Fe2O3 em níveis intermediários					Perfil coluvial com múltiplos			
4		638 m										eventos deposicionais			
5	TA02	Média vertente	Neossolo Litólico	Argilo-arenosa homogênea			Enriquecimento progressivo Al2O3 e Fe2O3					Maior estabilidade relativa			
6		(640 m)										regolito			
7	TA03	Zona de transição	Neossolo–Argisso	Argilo-arenosa com silte			Altos teores de Al2O3 e Fe2O3					Transição morfo-pedológica			
8		(~680 m)										início de horizonte			
9	TA04	Setor superior	Argissolo Vermelho	Argilosa			Elevado Al2O3 e ausência de CaO					Sistema pedogeneticamente			
10		(~800 m)										maduro			

Fonte: Dados da pesquisa 2026.

DISCUSSÃO

Depósitos Coluviais como Geoarquivos da Evolução Solo–Paisagem no Semiárido de Altitude

A integração dos dados granulométricos, geoquímicos e pedológicos indica que os depósitos coluviais da Serra da Taquara constituem importantes geoarquivos da evolução morfo-pedológica quaternária em ambientes semiáridos de altitude. A distribuição vertical dos índices geoquímicos e das frações sedimentares sugere alternância entre fases de estabilidade superficial, associadas ao desenvolvimento pedogenético, e períodos de maior mobilização sedimentar relacionados à dinâmica das vertentes. Tal comportamento é compatível com modelos de evolução geomorfológica que associam oscilações

climáticas quaternárias à alternância entre processos de pedogênese e remobilização coluvial (Zielhofer et al., 2017; Paisani et al., 2023).

A predominância das frações finas ao longo dos perfis, associada à reduzida ocorrência de materiais grosseiros, sugere transporte sedimentar sob condições de baixa energia hidrodinâmica. Entretanto, a interpretação desses registros requer cautela, uma vez que características granulométricas semelhantes podem resultar de diferentes processos geomorfológicos. Conforme discutido por Summerfield (1991) e Thomas (1994), depósitos argiloarenosos podem refletir tanto processos de alteração *in situ* sob condições de maior disponibilidade hídrica quanto o retrabalhamento de materiais previamente intemperizados. Dessa forma, a homogeneidade textural observada não constitui evidência exclusiva de mudanças climáticas pretéritas, devendo ser analisada em conjunto com os demais indicadores sedimentológicos e geoquímicos.

A organização da relação solo-paisagem observada na área estudada evidencia a influência conjunta da litologia cristalina, da compartimentação geomorfológica e da variabilidade climática. O embasamento da Província Borborema exerce controle direto sobre a produção de regolito, a disponibilidade de sedimentos e a conectividade entre os compartimentos de vertente. Adicionalmente, a presença de fraturamentos e zonas de cisalhamento favorece a infiltração hídrica e influencia os padrões de redistribuição sedimentar ao longo da paisagem (Brito Neves et al., 2001; Migoñ, 2006; Migoñ, 2019).

Os resultados obtidos para o Chemical Index of Alteration (CIA) demonstraram tendência de aumento em direção aos setores superiores das vertentes. Esse comportamento difere parcialmente dos modelos clássicos de toposequência desenvolvidos em ambientes tropicais úmidos, nos quais a intensificação do intemperismo químico tende a ocorrer nos setores inferiores devido à maior retenção de umidade e ao acúmulo de materiais finos (Chadwick et al., 1990; Dietrich e Perron, 2006). Na Serra da Taquara, entretanto, os setores superiores apresentam características compatíveis com maior estabilidade geomorfológica relativa, favorecendo maior tempo de residência do regolito e desenvolvimento mais prolongado dos processos pedogenéticos.

Estudos realizados em brejos de altitude do Nordeste brasileiro demonstram que esses ambientes apresentam dinâmica distinta daquela observada na matriz semiárida circundante, caracterizada por maior disponibilidade hídrica relativa, espessamento do regolito e intensificação dos processos de alteração química (Ab'Saber, 2003; Bétard, Peulvast e Claudino-Sales, 2007; Gois et al., 2021). Nesse contexto, os valores moderados a elevados de CIA observados nos horizontes mais desenvolvidos são compatíveis com superfícies submetidas a longos períodos de estabilidade geomorfológica.

Por outro lado, os setores inferiores das vertentes apresentam evidências de remobilização sedimentar recorrente. A redistribuição de materiais por processos coluviais tende a promover a mistura de sedimentos provenientes de diferentes posições topográficas, reduzindo a preservação de horizontes intensamente alterados e contribuindo para uma maior heterogeneidade geoquímica. Esse comportamento foi descrito em estudos sobre conectividade sedimentar e evolução de vertentes, nos quais a mobilização episódica de sedimentos constitui fator importante na reorganização dos depósitos superficiais (D'Arcy, Ritchie e Macklin, 2017; Lu et al., 2019).

A interpretação dos valores de CIA deve considerar, adicionalmente, as limitações inerentes ao próprio índice. Embora amplamente utilizado como indicador da intensidade do intemperismo químico, o CIA pode ser influenciado pela composição mineralógica original, pela retenção diferencial de cátions e pelos aportes detríticos ao longo da evolução dos depósitos (Nesbitt e Young, 1982; Retallack, 2001). Dessa forma, os gradientes observados não devem ser interpretados isoladamente como reflexo direto das

condições climáticas, mas como resultado da interação entre fatores climáticos, litológicos, pedogenéticos e geomorfológicos.

A relativa homogeneidade granulométrica identificada ao longo da topossequência sugere ainda elevada conectividade sedimentar entre os compartimentos da vertente. Eventos pluviométricos concentrados provavelmente atuam como mecanismos de mobilização episódica dos materiais superficiais, alternando-se com períodos mais prolongados de estabilidade e desenvolvimento pedogenético. Esse padrão é compatível com modelos contemporâneos de evolução de paisagens semiáridas, nos quais a dinâmica geomorfológica é controlada por eventos de alta magnitude e baixa frequência (Heimsath et al., 2012; Henkner et al., 2018; Cho et al., 2023).

Os depósitos coluviais da Serra da Taquara registram, portanto, sucessivos episódios de agração sedimentar e pedogênese, preservando evidências da evolução ambiental quaternária dos brejos de altitude do Nordeste brasileiro. A integração entre indicadores sedimentológicos, geoquímicos e pedológicos demonstra que esses depósitos constituem sistemas solo-sedimento complexos, cuja interpretação requer abordagem multiproxy e análise integrada dos diferentes controles ambientais envolvidos (Bigarella et al., 1994; Retallack, 2001). Os resultados obtidos reforçam a relevância dos brejos de altitude como ambientes estratégicos para a reconstrução da evolução geomorfológica e paleoambiental do semiárido brasileiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos dados demonstra que esses depósitos apresentam comportamento policíclico, marcado pela alternância entre fases de estabilidade pedogenética e episódios de mobilização sedimentar. A interpretação desses registros deve considerar limitações inerentes aos proxies utilizados, especialmente no que se refere à equifinalidade dos padrões granulométricos e às restrições do CIA em ambientes semiáridos. Os resultados indicam que a evolução das vertentes não pode ser atribuída exclusivamente à variabilidade climática, sendo fortemente condicionada por controles litológicos e estruturais que regulam a produção, o transporte e o armazenamento de sedimentos. Nesse sentido, o clima atua como fator modulador, e não dominante, na dinâmica morfopedológica.

Do ponto de vista metodológico, o estudo reforça a importância de abordagens multiproxy na análise de geoarquivos quaternários, ao integrar dados sedimentológicos, geoquímicos e pedológicos. No entanto, a ausência de controle cronológico absoluto limita a precisão das inferências paleoambientais, indicando a necessidade de incorporação futura de técnicas de datação (e.g., OSL, radiocarbono) e análises isotópicas. Os depósitos coluviais quaternários do Maciço da Serra da Taquara atuam como geoarquivos morfopedológicos relevantes para a compreensão da dinâmica solo-paisagem em ambientes semiáridos de altitude. A organização espacial dos perfis evidencia forte controle morfotopográfico, com incremento do grau de intemperismo químico em setores mais estáveis da vertente.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado, vinculada ao código de financiamento 001, e ao Laboratório de Geomorfologia do Quaternário (LABGEQUA), do

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **O relevo brasileiro e seus problemas**. In: AZEVEDO, A. (org.). Brasil, a terra e o homem. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1964. p. 135–250.
- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ANDERSON, S. P. et al. Exploring weathering and regolith transport controls on Critical Zone development with models and natural experiments. **Applied Geochemistry**, v. 26, p. S3–S5, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.03.004>
- AYOADE, J. O. Introduction to climatology for the tropics. London: John Wiley & Sons, 1983.
- BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: UFSC, 1994.
- BLAIR, T. C.; MCPHERSON, J. G. Processes and forms of alluvial fans. In:
- PARSONS, A. J.; ABRAHAMS, A. D. (org.). Geomorphology of desert environments. 2. ed. Dordrecht: **Springer**, 2009. p. 413–467.
- BRANTLEY, S. L. et al. Toward a conceptual model for the evolution of the critical zone. **Applied Geochemistry**, v. 22, p. 210–213, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2006.10.006>
- BRANTLEY, S. L.; LEBEDEVA, M. Geochemical weathering and critical zone evolution. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, v. 85, p. 45–72, 2011.
- BRITO NEVES, B. B. et al. Tectonic evolution of the Borborema Province. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, p. 251–262, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(01\)00016-1](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(01)00016-1)
- BLOTT, S. J.; PYE, K. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 26, p. 1237–1248, 2001. <https://doi.org/10.1002/esp.261>
- BROVKIN, V. et al. Past and future changes in land carbon storage. **Nature Geoscience**, v. 12, p. 424–429, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0354-4>
- BURBANK, D. W.; ANDERSON, R. S. **Tectonic geomorphology**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012.
- CARSON, M. A. **The mechanics of erosion**. London: Pion, 1971.

CHADWICK, O. A. et al. From a black box to a gray box: a mass balance interpretation of pedogenesis. **Geomorphology**, v. 3, p. 369–390, 1990.

CHO, S. J. et al. Sediment sources and connectivity linked to hydrologic processes. **Frontiers in Water**, v. 5, 2023. <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1241622>

CORRÊA, A. C. B. et al. Geomorphological evolution of semi-arid landscapes in northeastern Brazil. **Geomorphology**, v. 118, p. 1–12, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.12.012>

CORRÊA, A. C. B.; SANTOS, J. D. C. Colúvios do Planalto da Borborema como geoarquivos do Quaternário tardio. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 35, n. 1, p. 41–58, 2025. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2025v35n1p41>

CORRÊA, A. C. B. **Geomorfologia do semiárido nordestino**. Recife: UFPE, 2001.

D'ARCY, M.; RITCHIE, A.; MACKLIN, M. G. Floodplain sediment storage and sediment connectivity in dryland environments. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 42, n. 2, p. 190–205, 2017. <https://doi.org/10.1002/esp.4063>

DIETRICH, W. E.; PERRON, J. T. The search for a topographic signature of life. **Nature**, v. 439, p. 411–418, 2006. <https://doi.org/10.1038/nature04452>

DIXON, J. L. et al. The role of climate and lithology in controlling soil production. **Nature Geoscience**, v. 9, p. 348–351, 2016. <https://doi.org/10.1038/ngeo2699>

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain-size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 27, p. 3–26, 1957.

FONSECA, D. N. et al. Climatically driven Quaternary sedimentation in a passive margin tropical context. **Geomorphology**, v. 461, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109316>

FONSECA, D. N. et al. Coupling of tectonic factors and precipitation variability as a driver of Late Quaternary aggradation in Northeast Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 45, n. 14, p. 3485–3503, 2020. <https://doi.org/10.1002/esp.4982>

GALE, S.J.;HOARE ,P.G. *Quaternary sediments;petrographiac methods for the study of unlithified rocks*.London : Belhaven Press.1991.

GILBERT, G. K. *Report on the geology of the Henry Mountains*. Washington: U.S. Geological Survey, 1877.

GOIS, L. S. S. et al. Caracterização sedimentológica dos colúvios do Maciço de Mata Grande. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v. 7, n. 1, p. 1–14, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2021v7n01>

GOLDBERG, K. M.; HUMAYUN, M. Geochemical constraints on weathering and sediment provenance. **Chemical Geology**, v. 524, p. 112–126, 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2019.05.015>

GOOD, S. P.; NOONE, D.; BOWEN, G. J. Hydrologic connectivity constrains partitioning of global terrestrial water fluxes. **Science**, v. 349, n. 6244, p. 175–177, 2015. <https://doi.org/10.1126/science.aab1665>

GOUDIE, A. **Geomorphological processes in the tropical environment**. London: Routledge, 2013.

HARVEY, A. M. Dryland alluvial fans and climatic change. **Geomorphology**, v. 139-140, p. 222–237, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.10.017>

HEIMSATH, A. M. et al. Soil production and transport in landscapes. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 40, p. 255–283, 2012. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-042711-105012>

HENKNER, J. et al. Archaeopedological analysis of colluvial deposits. **Royal Society Open Science**, v. 5, p. 171624, 2018. <https://doi.org/10.1098/rsos.171624>

HOWARD, A. D. A detachment-limited model of drainage basin evolution. **Water Resources Research**, v. 30, p. 2261–2285, 1994. <https://doi.org/10.1029/94WR00757>

HUGGETT, R. J. **Fundamentals of geomorphology**. 4. ed. London: Routledge, 2017.

KAPPLER, C. et al. Stratigraphy and age of colluvial deposits indicating Late Holocene soil erosion. **Catena**, v. 170, p. 224–245, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.06.010>

LIMA, F. J. et al. Late Quaternary geomorphological evolutionary dynamics of the Araripe Plateau. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 124, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104244>

LIRA, D. R. Evolução geomorfológica e paleoambiental das bacias do Riacho do Pontal e GI-8. **Tese (Doutorado)** – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

Lu, X.; Li, Y.; Li, Z.; Shi, Z. Structural and sedimentological connectivity on a rilled hillslope. **Science of The Total Environment**, v. 655, p. 1479–1494, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.137>

MCLENNAN, S. M. Weathering and global denudation. **Journal of Geology**, v. 101, n. 2, p. 295–303, 1993. <https://doi.org/10.1086/648222>

MIGÓN, P. **Granite landscapes of the world**. Oxford: Oxford University Press, 2006.

MIGÓN, P. Landscapes and landforms of Brazil. Cham: **Springer**, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73774-3>

MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo**. São Paulo: USP, 1973.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Basic research opportunities in the earth sciences. Washington, DC: **National Academies Press**, 2001.

<https://doi.org/10.17226/9981>

NESBITT, H. W.; YOUNG, G. M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. **Nature**, v. 299, p. 715–717, 1982.

<https://doi.org/10.1038/299715a0>

PAISANI, J. C. et al. Pleistocene–Holocene colluvial facies from the volcanic plateau of the Paraná Sedimentary Basin (Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 126, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104344>

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

RETALLACK, G. J. **Soils of the past: an introduction to paleopedology**. 2. ed. Oxford: Blackwell, 2001.

SACO, P. M.; WILLGOOSE, G. R.; HANCOCK, G. R. Eco-geomorphology of banded vegetation patterns in arid and semi-arid regions. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, p. 1685–1700, 2013.

SELBY, M. J. **Earth's changing surface**. Oxford: Oxford University Press, 1985.

SHELDON, N. D.; TABOR, N. J. Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols. **Earth-Science Reviews**, v. 95, p. 1–52, 2009.

<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.03.004>

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 24, p. 151–158, 1954. <https://doi.org/10.1306/D4269774-2B26-11D7-8648000102C1865D>

STALLARD, R. F.; EDMOND, J. M. Geochemistry of the Amazon River: the influence of geology and weathering environment on the dissolved load. **Journal of Geophysical Research**, v.88,p.96719688,1983.

Research, v.88,p.96719688,1983.

SCHUMM, S. A. **The fluvial system**. New York: Wiley, 1977.

SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology**. London: Longman, 1991.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the Tropics: A Study of Weathering and Denudation in Low Latitudes**. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TRICART, J.; CAILLEUX, A. **Introduction à la géomorphologie climatique**. Paris: SEDES, 1972.

TUCKER, G. E.; SLINGERLAND, R. Drainage basin responses to climate change. **Water Resources Research**, v. 33, p. 2031–2047, 1997.



MPRG



SANTOS, K. L. dos; ETCHICHURY; E. L. L.
SEDIMENTOS COLUVIAIS QUATERNÁRIOS COMO GEOARQUIVOS DA
RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM NO SEMIÁRIDO: EVIDÊNCIAS DO MACIÇO DA
SERRA DA TAQUARA (PE), BRASIL.

<https://doi.org/10.1029/97WR00409>

VANDENBERGHE, J. Grain size of fine-grained sediments as a proxy for environmental processes. *Earth-Science Reviews*, v. 121, p. 18–30, 2013.

ZIELHOFER, C.; BEHMLING, H.; MAY, J.-H.; DUPONT, L.; HAUG, G. H. Late Quaternary environmental changes in northeastern Brazil from marine and lacustrine records. *Quaternary Research*, v. 87, n. 2, p. 293–309, 2017. <https://doi.org/10.1017/qua.2016.98>

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, v. 30, p. 377–392, 1922. <https://doi.org/10.1086/622910>

WEST, A. J.; GALY, A.; BICKLE, M. Tectonic and climatic controls on silicate weathering. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 235, p. 211–228, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.03.020>



Margarida
Penteado