

GÊNESE, VARIABILIDADE E RELAÇÃO SOLO-RELEVO DOS SOLOS ARENOSOS

ABRAÃO BARBOSA LEMOS

Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGGEO/UFPI)

Email: abraaolemos@ufpi.edu.br ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-1262-3335>

GUSTAVO SOUZA VALLADARES

Professor Titular da Universidade Federal do Piauí - UFPI

Email: valladares@ufpi.edu.br ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4884-6588>

Recebido: 12/25

Avaliado: 03/26

Publicado: 04/26

RESUMO

Em meio aos desafios ambientais contemporâneos, compreender os solos torna-se imprescindível ao planejamento territorial. Entre os fatores que condicionam sua formação, o relevo assume papel central ao interferir na gênese e na variabilidade pedológica, especialmente quando se trata de solos arenosos, reconhecidos por sua maior fragilidade e suscetibilidade aos processos erosivos. Este artigo discute a gênese, variabilidade e relação solo-relevo nesses solos, com base em revisão bibliográfica sobre classificação, processos pedogenéticos e estudos de caso. Os resultados mostram que a condição arenosa é transversal a diferentes classes e que a topografia atua por erosão e dinâmica hídrica, tornando essa relação complexa e decisiva para a gestão sustentável.

Palavras-chave: Pedologia. Geomorfologia. Topografia. Pedogênese.

GENESIS, VARIABILITY AND SOIL-RELIEF RELATIONSHIP OF SANDY SOILS.

ABSTRACT

Amid contemporary environmental challenges, understanding soils becomes essential for territorial planning. Among the factors that condition their formation, relief plays a central role by interfering in pedogenesis and pedological variability, especially in the case of sandy soils, recognized for their greater fragility and susceptibility to erosive processes. This article discusses the genesis, variability, and soil-relief relationship in these soils, based on a bibliographic review addressing classification, pedogenetic processes, and case studies. The results show that sandy characteristics occur across different soil classes and that topography acts through erosion and hydrodynamic processes, making this relationship complex and decisive for sustainable management.

Keywords: Pedology. Geomorphology. Topography. Pedogenesis.

GÉNESIS, VARIABILIDAD Y RELACIÓN SUELO-RELIEVE DE LOS SUELOS ARENOSOS

RESUMEN

En medio de los desafíos ambientales contemporâneos, comprender los suelos se vuelve imprescindible para la planificación territorial. Entre los factores que condicionan su formación, el relieve asume un papel central al intervenir en la génesis y en la variabilidad pedológica, especialmente cuando se trata de suelos arenosos, reconocidos por su mayor fragilidad y susceptibilidad a los procesos erosivos. Este artículo discute la génesis, la variabilidad y la relación suelo-relieve en estos suelos, con base en una revisión bibliográfica sobre clasificación, procesos pedogenéticos y estudios de caso. Los resultados muestran que la condición arenosa es transversal a diferentes clases y que la topografía actúa mediante la erosión y la dinámica hídrica, haciendo que esta relación sea compleja y decisiva para la gestión sostenible.

Palabras Clave: Pedología; Geomorfología; Topografía; Pedogénesis.

GENÈSE, VARIABILITÉ ET RELATION SOL–RELIEF DES SOLS SABLEUX

RÉSUMÉ

Face aux défis environnementaux contemporains, comprendre les sols devient essentiel pour l'aménagement du territoire. Parmi les facteurs qui conditionnent leur formation, le relief joue un rôle central en intervenant dans la pédogenèse et la variabilité pédologique, notamment dans le cas des sols sableux, reconnus pour leur plus grande fragilité et leur susceptibilité aux processus érosifs. Cet article examine la genèse, la variabilité et la relation sol–relief de ces sols à partir d'une revue bibliographique portant sur la classification, les processus pédogénétiques et des études de cas. Les résultats montrent que la condition sableuse est transversale à différentes classes de sols et que la topographie agit par l'érosion et la dynamique hydrique, rendant cette relation complexe et déterminante pour la gestion durable.

Mots-clés: Pedologie. Géomorphologie. Topographie. Pédogenèse.

INTRODUÇÃO

Destacado por ser um recurso com diversas finalidades e que exerce papéis fundamentais para o meio ambiente e para a sociedade, o elemento solo evidencia-se como essencial para o planejamento e a gestão ambiental, sobretudo em regiões marcadas por transições ecológicas e geomorfológicas (FAO, 2015; Castro, 2021). No entanto, para que esse recurso seja devidamente entendido e manejado de forma sustentável, é necessário considerar os fatores que condicionam sua gênese, variabilidade e evolução.

Para Jenny (1941), o solo é formado a partir de 5 fatores interdependentes, a saber, material de origem, clima, relevo, organismos e tempo. Os fatores em conjunto atuam na formação e controlam o processo de alteração pedológica no perfil. Entretanto, é importante ressaltar que, a depender das condições ambientais específicas, certos fatores podem exercer influência predominante sobre os demais, resultando em características pedológicas distintas em diferentes contextos e ambientes (Ker *et al.*, 2015).

O relevo é associado com ênfase nos estudos de gênese de solos, tal fato dá-se na influência direta sobre a dinâmica da água no sistema pedológico, bem como à sua relação com os processos de erosão e deposição de materiais (Zinck *et al.*, 2023). Dado como a manifestação dos processos endógenos e exógenos na superfície, o relevo recebe especial atenção nas discussões sobre gênese e variabilidade de solos ao condicionar a redistribuição de materiais, a drenagem e o grau de intemperismo nos diferentes compartimentos da paisagem.

Nesse sentido, diversos estudos evidenciam a relação entre os tipos de solos e a paisagem em análises realizadas em diferentes escalas, destacando que a terminologia empregada varia de acordo com o enfoque adotado pelo pesquisador. Pereira *et al.* (2022) cita vários estudos que relacionam os tipos de solos e sua relação com a paisagem nos estudos pedológicos e geomorfológicos em diferentes escalas, e a terminologia utilizada de acordo com o interesse do pesquisador, se for em *geoforms*, como *Soil geomorphology* ou *Pedogeomorfology* (Zinck *et al.*, 2015; Daniels *et al.*, 1971; Conacher and Dalrymple, 1977). Se o interesse for em formação, evolução, distribuição espacial, ou cartografia, utiliza-se *Morphopedology*, *Geomorphopedology* or *Geopedology* (Tricart and Kilian, 1979; Zinck, 2013; Zinck *et al.*, 2015).

Logo, trabalhar com sistemas de solos e sua relação com relevo, com foco na investigação sobre gênese e variabilidade em diferentes compartimentos da paisagem, mostra-se uma abordagem eficiente para o entendimento da distribuição e evolução dos solos, especialmente quando se trata de ambientes onde predominam materiais inconsolidados, como no caso de onde há presença solos arenosos (Huang & Hartemink, 2020). Nos estudos de classificação textural, os solos são geralmente agrupados em três classes principais, arenosos, francos e argilosos, dentro das quais existem diversas tipologias com características específicas (Centeno *et al.*, 2017). Entre esses grupos, os solos arenosos se destacam por

apresentarem propriedades físicas e químicas que os tornam mais frágeis, pois devido à baixa coesão entre as partículas e estrutura fraca, são mais suscetíveis à ação da erosão pelos fatores clima e relevo. Devido à sua textura predominantemente grosseira, esses solos possuem baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, sendo altamente suscetíveis à lixiviação e à erosão (EMBRAPA, 2025). Tais processos tendem a ser intensificados em função das condições geomorfológicas e da posição do solo na paisagem, reforçando a importância da análise integrada solo–relevo.

Entretanto, embora haja uma urgência ambiental voltada para questão pedológica (FAO, 2015), os estudos sobre solos arenosos e sua relação com o relevo ainda apresentam lacunas teóricas e metodológicas, demandando aprofundamentos conceituais e analíticos. Diante dessa perspectiva, torna-se fundamental evidenciar os estudos que abordam a gênese e a variabilidade dos solos arenosos sob influência do relevo, considerando sua relevância para o planejamento territorial e a conservação ambiental. Neste contexto, este artigo propõe-se a reunir e discutir estudos que abordam a gênese, a variabilidade e a relação solo–relevo em solos arenosos, contribuindo para o avanço do conhecimento pedogeomorfológico.

GENERALIDADES SOBRE SOLOS ARENOSOS

É comum em diversas ciências o agrupamento de objetos de estudo de acordo com suas características e comportamentos; na Pedologia, esse fenômeno não se difere. Para comparar, registrar, interpretar e analisar as informações do solo de forma concisa, os pedólogos utilizam sistemas de classificação baseados em propriedades que resultam dos processos de gênese do solo, ou seja, do modo como estes foram formados (Lima *et al.*, 2007).

Nesse contexto, a textura do solo destaca-se como um atributo fundamental para sua caracterização e interpretação. Em especial, a textura arenosa merece atenção devido às suas propriedades físicas, químicas e hidrológicas específicas. De modo abrangente, os solos arenosos correspondem àqueles enquadrados nas classes texturais areia e areia franca, cujo material do solo apresenta 85% ou mais de areia, definida pela fração granulométrica $> 0,05$ mm e $\leq 2,00$ mm (Anjos *et al.*, 2025; EMBRAPA, 2025).

Embora a classificação textural seja considerada uma forma simplificada de análise, por se basear em um único atributo (Lima, 2020), ela permite obter estimativas indiretas de diversas propriedades físicas e químicas do solo, como retenção de água, permeabilidade e fertilidade natural (EMBRAPA, 2025). Por essa razão, a textura tem sido amplamente utilizada como ferramenta preliminar em levantamentos pedológicos, especialmente por sua facilidade de aplicação e utilidade para o manejo e uso da terra (Wang *et al.*, 2005; Brady; Weil, 2013; Centeno *et al.*, 2017; Oliveira, 2019).

No Brasil, os solos arenosos possuem expressiva representatividade espacial, ocupando cerca de 8% do território nacional, com destaque para grandes áreas contínuas nos Cerrados do Brasil Central e na região do MATOPIBA, que abrange os estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia (Spera *et al.*, 1999; Donagemma *et al.*, 2016, Oliveira, 2019).

A gênese desses solos está associada à atuação de distintos processos pedogenéticos, que podem ocorrer de forma concomitante ou em diferentes momentos da evolução da paisagem. Em muitos casos, os solos arenosos estão relacionados à herança litológica de materiais de origem predominantemente arenosos, como arenitos quartzosos. No entanto, estudos demonstram que sua formação também pode ocorrer a partir de processos pedogenéticos intensos sobre rochas cristalinas, como granitos, gnaisse e quartzitos. Nesses contextos, a atuação prolongada de processos como acidólise, ferrólise e a intensa remoção ou até mesmo a eluviação da fração argila, promove o enriquecimento relativo da fração areia, podendo resultar na transformação de solos originalmente mais argilosos em solos arenosos (Mafra *et al.*, 2002; Mendonça *et al.*, 2015; Andrade, 2013; Demattê; Demattê, 2024). Além

disso, a ação de agentes transportadores, como processos aluvionares, eólicos e coluvionares, também exerce influência significativa na gênese desses solos (Lepsch, 2016; Bigarella, 2003; Buol *et al.*, 2011).

Do ponto de vista físico, os solos arenosos caracterizam-se pela predominância de partículas grossas, conferindo baixa coesão entre os grãos e estrutura pouco desenvolvida (Centeno *et al.*, 2017). Essa condição resulta em elevada macroporosidade, favorecendo a aeração e a rápida infiltração da água, porém com baixa capacidade de retenção hídrica. A reduzida agregação estrutural torna esses solos suscetíveis à erosão, especialmente em áreas com relevo inclinado ou baixa cobertura vegetal (Donagemma *et al.*, 2016).

Entretanto, a textura arenosa, por si só, não impede a ocorrência de condições hidromórficas. Solos arenosos podem apresentar saturação hídrica periódica ou permanente quando desenvolvidos em posições rebaixadas da paisagem ou sob influência de lençol freático raso, evidenciando que o comportamento hídrico desses solos é fortemente condicionado pelo relevo e pelo regime de drenagem (EMBRAPA, 2025; IUSS Working Group WRB, 2022). Estudos recentes reforçam que solos formados sobre depósitos arenosos aluviais podem apresentar feições típicas de hidromorfismo, como gleização, quando submetidos a regimes de umidade elevados (Likhanova *et al.*, 2022).

Quimicamente, os solos arenosos apresentam baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e, em geral, baixos teores de matéria orgânica, o que limita a retenção e disponibilidade de nutrientes (Yost; Hartemink, 2019). A elevada taxa de lixiviação favorece a perda de bases e outros elementos para camadas mais profundas do perfil, resultando em fertilidade natural reduzida e maior necessidade de práticas corretivas (Demattê; Demattê, 2024).

Diante desse panorama, observa-se que os solos arenosos constituem um grupo pedologicamente diverso, cuja variabilidade está associada à interação entre material de origem, processos pedogenéticos, relevo e condições hidrológicas. Assim, apesar de compartilharem uma característica granulométrica comum, esses solos apresentam comportamentos distintos ao longo da paisagem.

SOLOS ARENOSOS E TAXONOMIA

Há diferentes formas de classificar os solos, sendo que, no Brasil, a normatização é realizada por meio do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Criado oficialmente em 1999, o SiBCS possui uma estrutura hierárquica e multicategórica, permitindo organizar os solos desde categorias mais amplas até níveis taxonômicos mais específicos. Atualmente, o sistema reconhece 13 ordens: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos, definidas a partir de atributos diagnósticos que refletem os principais processos de formação e evolução dos solos (Centeno *et al.*, 2017; EMBRAPA, 2025).

Cada uma dessas ordens é subdividida em níveis categóricos inferiores, compreendendo subordens, grandes grupos e subgrupos, os quais fornecem informações progressivamente mais detalhadas sobre características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas. Essa estrutura permite a identificação das variações internas dos solos, incluindo aquelas relacionadas à textura e à presença de propriedades diagnósticas específicas (EMBRAPA, 2025).

No âmbito do SiBCS, a textura arenosa não define, isoladamente, uma única classe de solo, podendo ocorrer de forma transversal em diferentes ordens e níveis taxonômicos. Destaca-se, nesse contexto, a subordem dos Neossolos Quartzarênicos, cujos critérios diagnósticos exigem, obrigatoriamente, textura arenosa ao longo do perfil, refletindo o predomínio de quartzo e o baixo grau de desenvolvimento pedogenético desses solos

(EMBRAPA, 2025). Além disso, o sistema incorpora a textura arenosa em níveis inferiores por meio de classes e qualificadores texturais, como psamítico, arênico e espessarênico, aplicáveis a diferentes ordens, indicando elevada proporção da fração areia na seção de controle (Anjos *et al.*, 2025; EMBRAPA, 2025).

Embora os Neossolos Quartzarênicos sejam frequentemente associados aos solos arenosos, essa relação não é exclusiva. Outros solos, como determinados Latossolos, Argissolos, Luvisolos, Planossolos, também podem apresentar textura arenosa em seus horizontes superficiais, desde que atendam aos critérios estabelecidos pelo SiBCS, evidenciando que a arenosidade representa uma condição textural e não uma classe pedológica única (Demattê; Demattê, 2024). Espodossolos e outros Neossolos podem ter textura arenosa (EMBRAPA, 2025).

No contexto internacional, a classificação dos solos normatizada pela World Reference Base for Soil Resources (WRB), sistema desenvolvido sob coordenação da International Union of Soil Sciences (IUSS) organiza os solos em Grupos de Referência (Reference Soil Groups – RSGs), complementados por qualificadores principais e suplementares, que conferem maior especificidade à classificação (IUSS Working Group WRB, 2022).

No WRB, os solos arenosos são reconhecidos tanto por meio de um grupo de referência específico, os Arenosols, quanto pela aplicação de qualificadores texturais a outros grupos, desde que a fração areia seja dominante nos horizontes diagnósticos. Os Arenosols abrangem solos com elevado teor de areia ao longo do perfil, fraco desenvolvimento pedogenético e limitações físicas associadas à baixa retenção de água e nutrientes, sendo comuns em ambientes eólicos, fluviais e costeiros. Contudo, a condição arenosa também pode ocorrer em outros grupos de referência, como Regosols, Podzols e Fluvisols, sendo expressa por meio de qualificadores, conforme os critérios diagnósticos do sistema (IUSS Working Group WRB, 2022).

Dessa forma, tanto o SiBCS quanto o WRB reconhecem a textura arenosa como um atributo relevante na classificação dos solos, seja como critério central de determinados grupos taxonômicos, seja como característica transversal aplicada a diferentes classes, reforçando sua importância para a interpretação pedológica e para o manejo dos solos arenosos em distintas escalas.

RELAÇÃO SOLO-RELEVO

Dentre os variados elementos que contribuem para a formação das paisagens naturais, o relevo terrestre exerce uma das mais significativas influências sobre as atividades humanas, tornando indispensável o entendimento de seus compartimentos e feições. Abordado no âmbito da Geografia Física e constituindo a temática central da ciência geomorfológica, o relevo é entendido como o resultado da atuação integrada e dinâmica entre forças endógenas, associadas aos processos tectônicos e estruturais, e forças exógenas, vinculadas ao intemperismo e à erosão (Huggett; Shuttleworth, 2022).

Embora tradicionalmente entendido como um elemento resultante da interação entre forças endógenas e exógenas, o relevo não se restringe à sua dimensão estritamente física. Conforme argumenta Kuhne (2018), os componentes da paisagem material são continuamente mediados por interpretações sociais, estéticas e simbólicas, o que confere aos elementos naturais uma dimensão que ultrapassa sua forma concreta. Nessa perspectiva, o relevo apresenta-se simultaneamente como base material da paisagem e como elemento dotado de significados construídos socialmente, sendo apropriado, interpretado e ressignificado conforme os usos e práticas espaciais. Assim, o relevo configura-se como um objeto de análise que articula processos naturais e organização espacial humana,

influenciando diretamente a variação paisagística em contextos naturais e antrópicos e expressando-se por meio de ampla diversidade de compartimentos e feições (Ross, 2025).

Apropriando-se da teoria geossistêmica que retrata a interação do espaço em sua totalidade com objetos postos nele, ou seja, elementos que mantêm relações entre si e entre o meio ambiente (Rodríguez; Da Silva, 2016), torna-se evidente a inter-relação entre solo e relevo na composição da paisagem, visto que entender como componente da paisagem, e suas formas é fundamental para analisar as características e origens dos solos, o que por sua vez influenciam na composição da paisagem. Desse modo, a relação solo-relevo pode ser descrita como o conjunto dos atributos do solo e do relevo e a interação entre ambos na formação da paisagem.

No entanto, esta relação nem sempre esteve explícita nos estudos, sejam eles de ordem pedológica ou geomorfológica, mas principalmente por parte dos geomorfólogos havia-se resistência de envolver a pedologia nos estudos morfodinâmicos da paisagem, assim como aponta Queiroz Neto (2011, p.16) “A pedologia sempre viu no relevo um fator importante para a compreensão dos solos; o mesmo não se pode dizer da geomorfologia, que via nos solos um papel de coadjuvante” .

Essa perspectiva começou a se modificar a partir de estudos interpretativos que buscaram compreender a relação entre estes elementos da paisagem de forma integrada. Dentre os estudos iniciais desta relação destacam-se os estudos interpretativos desenvolvidos por Milne (1935). Este criou e difundiu o conceito de catena, cujo, remete à sequência de perfis de solo que ocorrem ao longo de uma vertente, apresentando variações em suas características físicas, químicas e morfológicas em função da posição no relevo (Vidal-Torrado *et al.*, 2005). Tal ideia foi aprimorada por Ruhe (1956), o qual passou a considerar não só o relevo atual, mas também a história das superfícies geomórficas, os materiais que as recobrem, e os solos formados sobre esses materiais. (Vidal-Torrado *et al.*, 2005).

Dentre outros autores, que se buscavam evidenciar a relação solo-relevo através de seus estudos, podem-se destacar Maignien (1958), Bocquier (1973) e Delvigne (1965). O estudo da relação entre os solos e as formas do relevo ganhou destaque na Pedologia com a introdução da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, proposta por Boulet (1978). Essa abordagem, difundida no Brasil a partir da década de 1980, representou um avanço significativo no entendimento da organização espacial dos solos em vertentes. Trabalhos como os de Queiroz Neto (1988), Castro (1989), Salomão (1994), Cunha *et al.* (1999) e Vidal-Torrado e Lepsch (1999) contribuíram para o desenvolvimento e consolidação desta metodologia no contexto brasileiro. A proposta de Boulet aperfeiçoou o conceito de catena, ao incorporar observações de campo e análises detalhadas da distribuição dos solos ao longo das vertentes. Trata-se de um procedimento sistemático voltado à reconstituição da distribuição espacial dos solos, permitindo entender como eles se organizam e se transformam, tanto lateralmente quanto vertical, em função das variações do relevo (Queiroz, 2002; Gasparetto *et al.*, 2001). Esse modelo trouxe crescentes contribuições, conforme destaca Danzer (2015, p.28):

A aplicação da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica (AECPC) permitiu compreender os solos, seu funcionamento, sua gênese, sua distribuição espacial, além de suas relações com as outras ciências, de maneira sistêmica. Assim, o solo foi percebido como um meio contínuo, cujas diferenciações são devidas ao movimento interno das soluções, sob a influência das formas das vertentes [...]

Desse modo, mais do que uma simples classificação de solos ao longo de um relevo, essa abordagem busca reconstruir a história evolutiva da paisagem, integrando os fatores

formadores do solo, os fluxos laterais de massa e energia e os processos de transformação que ocorrem em diferentes escalas temporais e espaciais (Barbosa; Silveira; Marcatto, 2021). Assim, revela-se uma leitura funcional da paisagem, onde o solo deixa de ser apenas um objeto isolado de estudo e passa a ser interpretado como um componente ativo e integrado a outros elementos.

Entretanto, ao se discutir a relação solo-relevo, é importante destacar que a topografia se sobressai como um dos principais fatores condicionantes dessa interação. Segundo Oliveira (2005), o principal elemento que resulta no relevo e interfere diretamente na formação e morfologia do solo é a topografia que, em conjunto a outros elementos, é capaz de provocar variações na dinamicidade e nos atributos dos solos. Queiroz Neto (2011) também destaca a mesma ideia ao evidenciar que a relação solo-relevo pode ser definida principalmente através da variação pedológica resultante da posição topográfica. Foi nesse contexto de percepção que Boulet *et al.* (1982) ampliaram a abordagem da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica ao formalizarem o conceito de topossequência (Rubira; Perez; De Melo, 2017). A partir deste momento, as análises passaram a considerar sucessões descontínuas ao longo das vertentes, reconhecendo que os solos não se distribuem aleatoriamente, mas sim obedecem a uma lógica espacial diretamente influenciada pelas posições topográficas.

Para Zinck *et al.* (2023), o estudo e a interpretação da diferenciação do solo no ambiente constitui como fundamental nos preceitos teóricos para os pedólogos, visto que há variadas evidências nas pesquisas pedológicas que mostram que a distribuição dos solos em determinadas áreas não é uniforme. No contexto do relevo, a interação entre variáveis morfológicas, hidrológicas e pedogenéticas condiciona a diferenciação espacial dos solos ao longo das vertentes, resultando na formação de distintos tipos pedológicos, entre os quais se destacam os solos arenosos. Essa diferenciação manifesta-se, por exemplo, em vertentes onde se observa a transição de solos altamente desenvolvidos para solos pouco evoluídos, com mudanças graduais de textura, profundidade e estrutura, mesmo sob um mesmo tipo de clima e cobertura vegetal. Nessas situações, os solos arenosos podem ocupar tanto posições elevadas quanto áreas de deposição, refletindo a dinâmica dos processos de intemperismo, transporte e sedimentação (Demattê; Demattê, 2024).

Desse modo, a relação solo-relevo ganha especial relevância quando se trata destes tipos de solos, no qual as suas distribuições na paisagem são fortemente influenciadas pelo relevo. Além disso, outro fator que chama-se a atenção dos estudos de solos arenosos e sua relação com relevo refere-se particularmente a sua sensibilidade ao ambiente, especialmente à influência do relevo, o qual esses solos são diretamente afetados pela posição na vertente (Oliveira, 2019; EMBRAPA, 2025).

Essa sensibilidade implica que pequenas variações na posição topográfica seja no topo, encosta ou base das vertentes resultam em modificações significativas nos atributos físicos, químicos e morfológicos desses solos. Essas modificações estão frequentemente associadas a processos como a lixiviação, escoamento superficial, redistribuição de materiais e alterações no regime hídrico, os quais afetam diretamente a dinâmica da formação e evolução dos solos (Oliveira, 2005). Sendo comum sua ocorrência em setores convexos ou topo de morros, onde os processos de lixiviação são mais intensos e o aporte de materiais finos é reduzido. Em contrapartida, nas partes médias e baixas da vertente, é possível o acúmulo de materiais transportados lateralmente, o que pode resultar na formação de solos mais desenvolvidos ou de transição.

Essas dinâmicas evidenciam a estreita inter-relação entre a morfodinâmica das vertentes, o transporte de materiais e a gênese dos solos arenosos, ressaltando a importância dessa abordagem para a interpretação da evolução da paisagem e para o planejamento do uso da terra, relação esta, amplamente demonstrada por estudos empíricos como mostra trabalhos

de Dubroeuq e Didier (1998), Oliveira *et al.* (2020), Brito *et al.* (2022) e Oyebiyi *et al.* (2024).

EXEMPLOS DE ESTUDOS DA RELAÇÃO SOLO-RELEVO ENVOLVENDO SOLOS ARENOSOS

Brito *et al.* (2022), ao analisarem uma topolitossequência desenvolvida sobre material parental arenoso e de gnaiss, evidenciaram que, mesmo sob a mesma litologia, o relevo atua como fator determinante na redistribuição de partículas e atributos químicos, resultando em solos arenosos nos setores mais elevados e em solos progressivamente mais finos e quimicamente diferenciados nas posições inferiores da vertente. Os autores demonstram que processos como eluviação, transporte lateral de materiais e deposição seletiva, condicionam a organização espacial dos solos, favorecendo o acúmulo de argila, matéria orgânica e óxidos de ferro em sopés colúviais e aluviais, culminando, inclusive, na formação de Plintossolos.

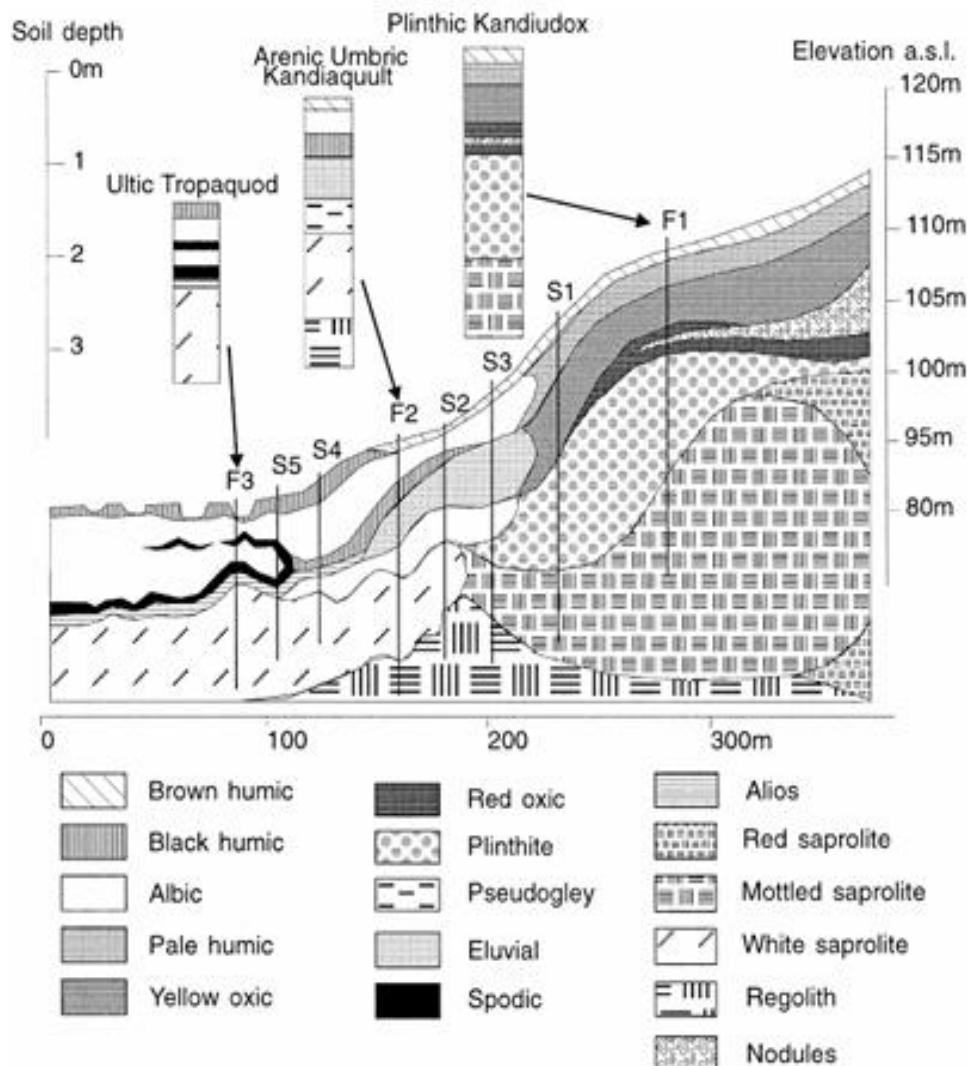
Concordando com essa perspectiva, Oyebiyi *et al.* (2024), ao investigarem uma topossequência desenvolvida sobre embasamento cristalino no sudoeste da Nigéria, evidenciaram que a posição topográfica exerce forte controle sobre a variabilidade física e química dos solos. Os autores identificaram maior presença de frações mais grosseiras e melhor drenagem nas posições superiores, enquanto as porções inferiores apresentaram aumento relativo de frações mais finas, menor condutividade hidráulica e indícios de hidromorfismo. A matéria orgânica e a saturação por bases também variaram ao longo da vertente, reforçando a influência do relevo na redistribuição de materiais e nutrientes. Embora não trate especificamente da gênese de solos quartzarenosos, o estudo confirma que, mesmo sob a mesma litologia, a dinâmica topográfica condiciona diferenciações pedológicas significativas.

Outro estudo de bastante relevância, foram desenvolvidos por Dubroeuq e Volkoff (1998), na bacia do alto Rio Negro, onde demonstram que Latossolos, Argissolos e Espodossolos podem coexistir em uma mesma paisagem e sobre um mesmo material parental cristalino, organizados em catenas controladas predominantemente pela dinâmica da água no solo. Diferentemente das interpretações tradicionais que associam Espodossolos exclusivamente a materiais arenosos de origem sedimentar, causado principalmente pela deposição de sedimentos, os autores evidenciam que esses solos podem se formar *in situ*, por meio da transformação progressiva do manto de intemperismo.

Segundo Dubroeuq e Volkoff (1998), nos setores mais elevados da paisagem predominam Latossolos profundamente intemperizados, nos quais os processos pedogenéticos atuam majoritariamente de forma vertical, com intensa lixiviação e redistribuição interna de argila e óxidos. À medida que se avança para posições mais baixas e planas, a dinâmica hídrica passa a favorecer fluxos laterais e ascensão do lençol freático, promovendo a remoção progressiva de argila e óxidos de ferro, a formação de horizontes esbranquiçados e, posteriormente, o desenvolvimento de Espodossolos arenosos. Em áreas ainda mais deprimidas e mal drenadas, esses Espodossolos podem evoluir para solos hidromórficos e orgânicos, como Organossolos, sustentando vegetação de floresta alagada.

Essa organização lateral dos solos ao longo do relevo, com transições progressivas entre Latossolos, Argissolos e Espodossolos sobre o mesmo material parental, pode ser observada no esquema de catena apresentado por Dubroeuq e Volkoff (1998), no qual a dinâmica hídrica controla a diferenciação pedológica (Figura 1).

Figura 1 - Corte transversal de uma encosta com sequência Latossolo-Argissolo-Espodossolo.



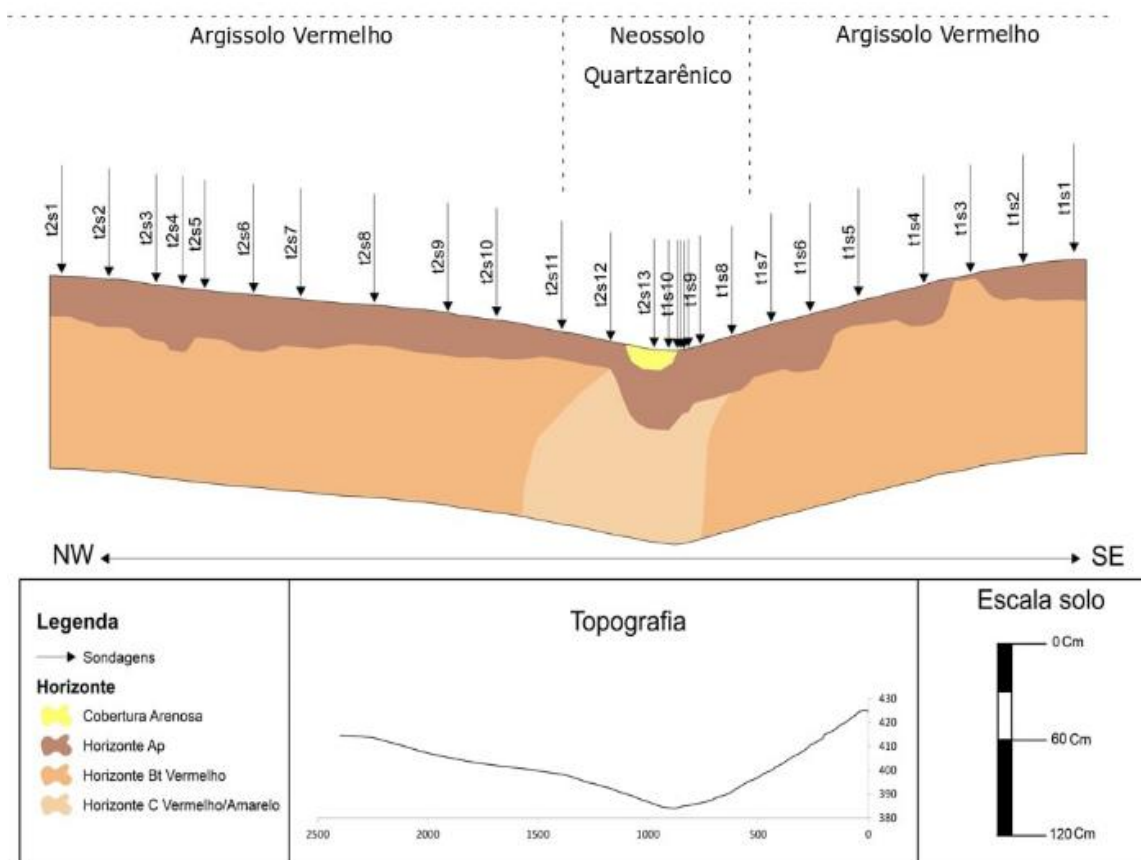
Fonte: Dubroeuq e Volkoff (1998)

Como citado, a figura ilustra a relação solo–relevo–água, mostrando a transição lateral dos solos em função da posição topográfica e das condições de drenagem, destacando a lógica da catena e fornecendo subsídios para análises comparativas com outras regiões e estudos sobre a gênese de solos arenosos.

Em contexto semelhante, Oliveira *et al.* (2020), ao analisarem duas topossequências desenvolvidas sobre os arenitos do Grupo Caiuá no município de Amaporã, sintetizam e corroboram os padrões descritos pelos estudos anteriores, evidenciando que a distribuição dos solos arenosos na paisagem é diretamente condicionada pela posição topográfica.

Por meio da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, os autores identificaram um sistema pedológico composto por Argissolos Vermelhos nas porções superiores e médias das vertentes e Neossolos Quartzarênicos nos fundos de vale (Figura 2). Essa diferenciação não é estática, mas resultado de uma transformação lateral progressiva ao longo da vertente, comandada por processos de eluviação e iluviação.

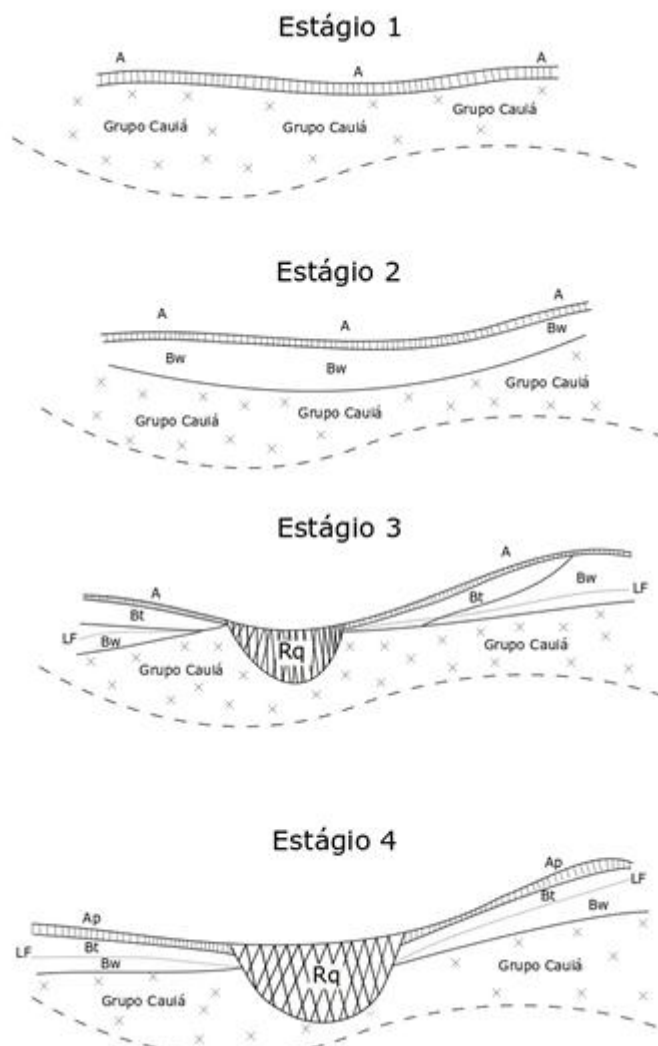
Figura 2 - Representação dos sistemas pedológicos nas toposequências 1 e 2



Fonte: Oliveira *et al.* (2020)

A análise granulométrica neste estudo revelou concentração de argila em subsuperfície na média vertente, zona denominada pelos autores de argiluviação, e decréscimo progressivo das frações finas em direção ao vale, onde os teores de areia atingiram valores iguais ou superiores a 85% nas amostras de superfície e ainda mais expressivos em profundidade. Esse padrão foi acompanhado por uma transição gradativa na cor dos solos, de vermelho nas posições de montante para amarelados e esbranquiçados próximo ao vale. Os autores concluíram que a gênese dos Neossolos Quartzarênicos está associada a processos favorecidos pela posição topográfica, e propuseram um modelo evolutivo em quatro estágios que demonstra a evolução simultânea entre pedogênese e morfogênese ao longo das vertentes (Figura 3).

Figura 3 - Modelo evolutivo



Fonte: Oliveira *et al.* (2020)

A figura mostra a dinâmica evolutiva ao longo da vertente, evidenciando a progressiva diferenciação dos horizontes e a redistribuição dos materiais. No Estágio 1, observa-se uma cobertura pedológica ainda pouco diferenciada sobre o material de origem. No Estágio 2, inicia-se a individualização dos horizontes, com destaque para o desenvolvimento do horizonte Bw e a mobilização de argila. No Estágio 3, a concentração de partículas finas em subsuperfície na média vertente torna-se mais evidente, enquanto o vale passa a apresentar maior predominância de areia. Por fim, no Estágio 4, consolida-se a formação do Neossolo Quartzarênico na porção inferior, associada ao aprofundamento do vale pela erosão e à intensificação dos processos de remoção e redistribuição de partículas ao longo da vertente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da gênese, variabilidade e distribuição dos solos arenosos em função do relevo, revela-se essencial para o entendimento dos processos pedogenéticos e para o manejo sustentável desses ambientes. Ao longo do trabalho, observou-se que os solos arenosos, embora amplamente distribuídos em determinadas regiões do Brasil, apresentam limitações

físicas e químicas que os tornam altamente vulneráveis à degradação, sobretudo em áreas de transição ecológica e geomorfológica. A partir da abordagem teórica, ficou evidente que o relevo exerce papel determinante na dinâmica desses solos, influenciando diretamente a intensidade de processos como lixiviação, erosão e intemperismo. Assim, torna-se imprescindível que os estudos pedogeomorfológicos avancem na caracterização detalhada desses solos, considerando a importância de entender sua variabilidade interna e suas relações com os fatores ambientais. Este esforço contribui não apenas para o aprimoramento do conhecimento científico, mas também para subsidiar práticas de uso do solo mais adequadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido por meio de bolsa e fomento à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANJOS, L. H. C. dos; KER, J. C.; SHIMIZU, S. H.; PEREIRA, M. G.; FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, V. Á. de. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**: 8ª edição – revisada e ampliada. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2025.

BARBOSA, A. F.; SILVEIRA, H.; MARCATTO, F. S. **A relação entre o sistema pedológico e o relevo no município de Iguaraçu-PR. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 12, n. 1, p. 174-186, 2021.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. – 8ª. ed. – São Paulo: Ícone, 2012.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais: Processos erosivos, Vertentes Movimentos de massa, Atividade endógena, Superfícies de erosão, Compartimentação do relevo, Depósitos correlativos e Ambientes fluviais**. Editora da UFSC, 2003.

BOCQUIER, G. **Génèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad: interprétation biogéodynamique**. Orstom, 1973.

BOULET, René *et al.* Analyse structurale et cartographie en pédologie. I: Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. **Cahiers-ORSTOM. Pédologie**, v. 19, n. 4, p. 309-321, 1982.

BOULET, R. **Análise estrutural da cobertura pedológica e a experimentação agrônômica**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1987, Campinas. Anais [...]. Campinas: SBCS, 1988. p. 431-446.

BOULET, R. **Toposéquences de sols tropicaux en Haute Volta: équilibres et déséquilibres pédobioclimatiques**. Paris: ORSTOM, 1978. 272 p.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 790p.

BUOL, S. W. *et al.* **Soil genesis and classification**. John Wiley & Sons, 2011.

CAMPOS, M. C. C. *et al.* Relações solo-paisagem em uma topossequência sobre substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 13-23, 2011.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.

CASTRO, S. S.. **Solo e relevo: pontos para um resgate histórico sobre o estudo das interrelações**. William Morris Davis - **Revista de Geomorfologia**, v. 2, p. 1-36, 2021.

CENTENO, Luana Nunes *et al.* Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017.

CONACHER, A. J.; DALRYMPLE, J. B. **The nine unit landsurface model. An approach to pedogeomorphic research**. 1977.

DANZER, M. *et al.* **Relação solo-relevo na subunidade morfoescultural de Nova Santa Rosa-PR**. 2015.

DE BRITO FILHO, E. G. *et al.* Variation of soil attributes along a sandstone-gneiss toposequence in southern Amazonas, Brazil. **Revista brasileira de geomorfologia**, v. 23, n. 2, p. 1481-1500, 2022.

DELVIGNE. , J. **pédogenese en zone tropical**. La formation des mineiaux secondaires en milieu ferrallitique. *Mémoires Orstom*, 13: 1 - 1-17, 1965.

DEMATTÊ, J. L. I.; DEMATTÊ, J. A. M. **Manejo de solos arenosos: fundamentos e aplicações**. 2024.

DONAGEMMA, G.K.; FREITAS, P.L.; BALIEIRO, F.C.; FONTANA, A.; SPERA, S.T.; LUMBRERAS, J.F.; VIANA, J.H.M.; ARAUJO FILHO, J.C.; SANTOS dos, F.C.; ALBUQUERQUE, M.R., MACEDO, M.C.M.; TEIXEIRA, P.C.; AMARAL, A.J.; BORTOLAN, E.; BORTOLAN, L. **Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil**. *Pesquisa. agropecuária* . Brasília, v.51, n.9, p.1003-1020. set. 2016.

DUBROEUCQ, D.; VOLKOFF, B. From Oxisols to Spodosols and Histosols: evolution of the soil mantles in the Rio Negro basin (Amazonia). **Catena**, v. 32, n. 3-4, p. 245-280, 1998.

FAO (Food and Agriculture Organization). **The State of Food Insecurity in the World 2015. Food and Agriculture Organization Publications**, Rome. 2015.

GASPARETTO, N.V.L.; NÓBREGA, M.T. E CARVALHO, A. A reorganização da cobertura pedológica no noroeste do Paraná e as suas relações com o Arenito Caiuá. In: **Encuentro de Geografos de America Latina**, 8., 2001, CDRom,Santiago, EGAL. 2001. p. 164 -169.

GUERRA, A. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 648 p.

HUANG, J.; HARTEMINK, A. E. Soil and environmental issues in sandy soils. **Earth-Science Reviews**, v. 208, p. 103295, 2020.

HUGGETT, R.; SHUTTLEWORTH, E. **Fundamentals of geomorphology**. Routledge, 2022.

JENNY, H. **Factors of soil formation**: a system of quantitative pedology. 1. ed. New York, 1941, 281 p.

JUHÁSZ, C. E. P. *et al.* **Dinâmica físico-hídrica de uma topossequência de solos sob savana florestada (cerradão) em Assis, SP**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, p. 401-412, 2006.

KER, J. C., CURI, N., SCHAEFER, C. E. G. R., & Vidal-Torrado, P. **Pedologia: fundamentos**. 2015.

KÜHNE, O. **Landscape and power in geographical space as a social-aesthetic construct**. Dordrecht: Springer International Publishing, 2018.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de textos, 2016.

LIKHANOVA, I. A. *et al.* The effect of hydromorphism on soils and soil organic matter during the primary succession processes of forest vegetation on ancient alluvial sands of the European North-East of Russia. **Forests**, v. 13, n. 2, p. 230, 2022.

LIMA, M. R. **Principais classes de solos do Brasil**. Curso de solos para professores do ensino fundamental e médio, v. 33, p. 1-28, 2020.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R. de; MELO, V. F. (org.). **O solo no meio ambiente**: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 11-16.

MAIGNIEN, R. **Le cuireseement des sols en Guinde**, Afrique Occidentale. MCM. Serv. Carte géol. Als. Lorr., 1 6 Strasbourg, 1958.

MILNE, G. **Some suggested units of classification and mapping, particularly of East African soils**. Soil Research. v. 4, n. 3, p. 183-198, 1935

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 210 p.

OLIVEIRA, J. G. de. **Variação granulométrica em sistemas pedológicos de cabeceira de drenagem no noroeste do estado do Paraná**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/65340>. Acesso: 10 maio 2024.

OLIVEIRA, J. G.; SANTOS, L. J. C.; CALEGARI, M. R.. Relação solo-relevo em sistema pedológico Argissolo-Neossolo Quartzarênico na região Noroeste do estado do Paraná: caso de Amaporã. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 3, 2020.

OLIVEIRA, M. A. T. **Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas**. In GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M (Org.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2ed. p.340, 2005.

OYEBIYI, Oluwatoyosi. Evaluation of soil properties variability along a toposequence in Wasinmi, Southwest Nigeria. **Agricultura Tropica et Subtropica**, 2024.

PEREIRA, M. G. *et al.* Soil genesis on the soft slopes of ancient coastal plains, southeastern Brazil. **Catena**, v. 210, p. 105894, 2022.

QUEIROZ NETO, J. P. **Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil**. XXI Congr. Bras,de Ciência do Solo. Anais 4 15-430, Campi-nas, 1988.

QUEIROZ NETO, J. P.. **Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 15, p. 77-90, 2011. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47299>. Acesso em: 12 set. 2024

RODRÍGUEZ, J. M. M; DA SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Edições UFC, 2016.

ROSS, J. L. S.. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. Editora Contexto, 2025.

RUBIRA, F. G.; PEREZ FILHO, A.; DE MELO, G. V. **Análise macromorfológica da cobertura pedológica e perfil da topossequência realizada em um segmento da vertente da FEI/UEM**. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, v. 1, p. 5917-5930, 2017.

RUHE, R. V. Geomorphic surfaces and the nature of soils. **Soil science**, v. 82, n. 6, p. 441-456, 1956.

SALOMÃO, F. X. T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização e cartografia aplicada ao controle preventivo urbano e rural**. 1 v. Tese (Doutorado)- Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 1994.

SANTOS, H. G. dos. *et al.* Sistema brasileiro de classificação de solos. 6 ed. Brasília: **EMBRAPA**, 2025, 393 p. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1176834/1/Sistema-Brasileiro-de-Classificacao-de-Solos-2025.pdf&ved=2ahUKEwj9i6qxjZCQAxXRirkGHfRqLsAQFnoECB0QAQ&usg=AOvVaw0M_NRcWW13zccqnxHysVtc . Acesso em: 01 out 2025.

SPERA, S. T. *et al.* **Solos areno-quartzosos no cerrado: características, problemas e limitações ao uso**. 1999.

THOMAZ, E. L., PEREIRA, A. A. **Atributos químicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de uso e manejo no município de Reserva – PR.** Caminhos de Geografia, v. 16, n. 55, p. 186-194, 2015.

KILIAN, J.; TRICART, J. **L'éco-géographie et l'aménagement du milieu naturel.** FeniXX, 1979.

VALLADARES, G. S.; DE CARVALHO JUNIOR, W.; PINHEIRO, H. S. K. Applied Morphometry to Digital Soil Mapping in Detailed Scale: Thematic Session: Pedometrics Guidelines to Systematic Soil. In: **Pedometrics in Brazil.** Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 235-244.

VAN RANST, E. *et al.* Revisiting ferrollysis processes in the formation of Planosols for rationalizing the soils with stagnic properties in WRB. **Geoderma**, v. 163, n. 3-4, p. 265-274, 2011.

VENTURI, L. A. B. **Recurso natural:** a construção de um conceito. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), v. 10, n. 1, p. 09-17, 2006.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. de. **Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas.** In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S. da; REICHERT, J. M. (ed.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. p. 145-192

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I.F. **Relações material de origem-solo e pedogênese em uma sequência de solos predominantemente argilosos e latossólicos sobre psamitos na Depressão Periférica Paulista.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 357-369, 1999.

WANG, Q.; OTSUBO, K. & ICHINOSE, T. **Digital map sets for evaluation of land productivity.** Disponível em: <<http://www.iscgm.org/html4/pdf/forum2000/DrQinxueWang.pdf>>.

YOST, J. L.; HARTEMINK, A E. **Soil organic carbon in sandy soils:** A review. Advances in agronomy, v. 158, p. 217-310, 2019.

ZINCK, J.A., 2013. **Geopedology, Elements of geomorphology for soil and geohazard studies.** ITC Special Lecture Notes Series. ITC (Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation), Enschede, the Netherlands.

ZINCK, J.A., METTERNICHT, G., BOCCO, G., DEL VALLE, H.F. (Eds.). (2015). **Geopedology:** an integration of geomorphology and pedology for soil and landscape studies. 1. ed Springer.

ZINCK, Joseph Alfred; METTERNICHT, Graciela; DEL VALLE, Héctor Francisco; ANGELINI, Marcos (org.). **Geopedology: an integration of geomorphology and pedology for soil and landscape studies.** 2. ed. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-20667-2.