

**GÊNESE E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ESPODOSSOLOS NO
BRASIL: uma revisão sob o viés micromorfológico**

**GENESIS AND SPATIAL DISTRIBUTION OF SPPODOSOLS IN BRAZIL: a
review under micromorphological approach**

**GÉNESIS Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE ESPODOSOLES EN BRASIL:
una revisión bajo el sesgo micromorfológico**

Vinicius Borges Moreira

Doutor em Geografia pelo Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – IG/UNICAMP. Professor Substituto no Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP/Rio Claro.
vinicius.moreira@unesp.br / <http://orcid.org/0000-0001-5485-9468>

Luca Lämmle

Doutorando em Geografia pelo Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – IG/UNICAMP.
lucalammle@ige.unicamp.br / <http://orcid.org/0000-0001-6668-3914>

Bruno Araujo Torres

Doutorando em Geografia pelo Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – IG/UNICAMP.
brunotr78@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0003-2004-5620>

Joaquim Ernesto Bernardes Ayer

Doutor em Geociências pelo Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – IG/UNICAMP. Professor do Centro Universitário de Paulínia – UNIFACP.
joaquimeba@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0003-0612-0663>

Ronaldo Luiz Mincato

Doutor em Geociências pelo Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – IG/UNICAMP. Professor Associado da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG.
ronaldo.mincato@unifal-mg.edu.br / <http://orcid.org/0000-0001-8127-0325>

Recebido: 21/10/2021; Aceito: 12/01/2022; Publicado: 20/10/2022.

RESUMO

Os Espodossolos ocupam aproximadamente 167.506,11 km² do território brasileiro, sendo a oitava maior classe de solos em área. Sua abrangência territorial também é distribuída regionalmente no país, ocorrendo nos mais diversos domínios morfoclimáticos, porém tendendo a se expandir em alguns ambientes e regredir em outros com o passar do tempo. Sendo assim, consiste em objetivo deste trabalho apresentar e discutir a distribuição espacial dessa classe de solos e realizar revisão de literatura sobre a aplicação da técnica de análise micromorfológica de Espodossolos no Brasil, apresentar as demandas atuais e abordar questionamentos prévios que podem auxiliar em futuras investigações práticas e aplicadas. As microestruturas dos solos contêm importantes informações sobre grande parte das mudanças ambientais, que quando analisada e interpretadas pela técnica supracitada, podem evidenciar processos pretéritos e presentes, contribuindo para a compreensão

sobre gênese. A partir desta base, também foi possível discutir possíveis futuras modificações na distribuição espacial dos Espodosolos, considerando a ação humana como agente transformador das paisagens e, conseqüentemente, dos solos, no âmbito das mudanças ambientais globais.

Palavras-chave: Espodosolos; Micromorfologia; Distribuição Espacial; Mudanças Ambientais; Solos Tropicais.

ABSTRACT

Spodosols are present over 167.506,11 km² of the Brazilian territory, and they represent the eight greater class of soils in the area. Its territorial coverage is regionally distributed within the country, with occurrence in diverse morphoclimatic domains, however, it tends to expand in some environments whilst retracting in others. Therefore, this work aims to present and discuss the spatial distribution of this soil class and to perform literature review over the application of micromorphology technique in Brazilian spodosols, to introduce current demands regarding past questions which could aid in future practical and applied investigations. Soil microstructures provide important information regarding environmental changes, that when analyzed and interpreted by the technique, could evidence processes that happened in the past and the present, enhancing the comprehension regarding soil genesis. Futhermore, it was also possible to discuss future modification in the spatial distribution of spodosols, considering human action as a transformation agent of the landscape and, consequently, from soil types, in the context of environmental and climatic global changes.

Keywords: Spodosols; Micromorphology; Spatial Distribution; Environmental Changes; Tropical Soils.

RESUMEN

Los Spodosoles ocupan aproximadamente 167.506,11 km² del territorio brasileño, siendo la octava clase de suelo más grande en área. Su ámbito territorial también se distribuye regionalmente en el país, presentándose en los más diversos dominios morfoclimáticos, pero tendiendo a expandirse en algunos ambientes y retroceder en otros a lo largo del tiempo. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es presentar y discutir la distribución espacial de esta clase de suelos y realizar una revisión bibliográfica sobre la aplicación de la técnica de análisis micromorfológico de Spodosols en Brasil, presentar las demandas actuales y abordar cuestiones previas que pueden ayudar en futuras investigaciones prácticas y aplicadas. Las microestructuras del suelo contienen información importante sobre gran parte de los cambios ambientales, que al ser analizados e interpretados por la técnica antes mencionada, pueden mostrar procesos pasados y presentes, contribuyendo a la comprensión de la génesis. A partir de esta base, también fue posible discutir posibles modificaciones futuras en la distribución espacial de los Spodosols, considerando la acción humana como un agente transformador de los paisajes y, en consecuencia, de los suelos, en el contexto de los cambios ambientales globales.

Palabras clave: Spodosoles; Micromorfología; Distribución Espacial; Cambios Ambientales; Suelos Tropicales.

INTRODUÇÃO

Os Espodosolos são caracterizados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), como:

Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B espódico, logo abaixo do horizonte E, A ou horizonte hístico dentro de 200 cm a partir da superfície do terreno, ou de 400 cm se a soma dos horizontes (A)+(E) ou dos

horizontes hísticos (com menos de 40 cm) + E ultrapassando 200 cm de profundidade (SANTOS et al., 2018, p. 91).

Neste contexto, a cobertura vegetal tem importância significativa para a origem, evolução e manutenção destes solos, sendo fonte contínua de matéria orgânica, que, associados aos processos de adição e translocação, caracterizam tais horizontes diagnósticos.

Paralelamente, a classificação geral do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) para Espodossolos, por exemplo, é de solos que misturam de forma amorfa matéria orgânica e alumínio, com ou sem a presença de ferro. Em solos em que não há *input* de material de outras fontes, comumente apresenta camada eluvial superficial de coloração em tons de cinza, representada por grãos de quartzo não revestidos e a maioria não possui concentração significativa de argilas (USDA, 2014).

Estes solos podem ser subdivididos em diversos subgrupos, de acordo com os processos pedogenéticos associados e elementos diagnósticos. Os materiais de origem dos podem ser diversos, incluindo rochas de matriz variada, depósitos sedimentares marinhos e fluviais, assim como outros solos. De acordo com o material de origem, apresentam geralmente textura arenosa ao longo do perfil, sendo poucos os casos diagnosticados como textura média. Quanto ao pH, são caracterizados como solos ácidos e de baixa fertilidade natural (ARAÚJO et al., 2006; OLIVEIRA, 2007).

De acordo com o SiBCS elaborado por Santos et al. (2018), os Espodossolos são divididos em três subgrupos: Humilúvicos; Ferrilúvicos; Ferri-Humilúvicos. Os humilúvicos, de maneira geral, apresentam acúmulo de matéria orgânica e alumínio no horizonte B espódico, enquanto os ferrilúvicos apresentam maiores concentrações de compostos de ferro em relação aos de alumínio no mesmo horizonte. Para definição destes subgrupos, alguns parâmetros são considerados, como: teor de matéria orgânica, espessura das camadas arenosas, dificuldade na penetração de raízes, restrições e/ou dificuldades da drenagem.

As principais áreas de ocorrência de Espodossolos no Brasil podem ser agrupadas de acordo com a unidade de relevo associada, sendo estes ambientes: planícies costeiras, leques aluviais do rio Taquari no Pantanal, depressões em tabuleiros costeiros e parte da bacia amazônica do rio Negro (OLIVEIRA et al., 1992; EMBRAPA, 2000; MOREAU, 2001; MENEZES, 2016; SILVA et al., 2012). Estimada no Mapa de Solos do Brasil, escala 1:5.000.000, de acordo com Santos et al. (2011), esta tipologia de solos ocupa área de 167.506,11 km², representando 2% do território nacional, sendo o oitavo tipo de solo em

extensão areal no país. Resende et al., (2014) destaca que estes valores podem estar subdimensionados por conta da escala e metodologia de trabalho utilizada.

Tendo em vista as características dos Espodosolos, que, de acordo com Schaetzl e Isard (1991), Schaetzl et al. (2015) e Valerio et al. (2016), são mais comuns em regiões de clima temperado e frio sob florestas de coníferas, salienta-se a importância de compreender sua gênese e distribuição no Brasil, que possui clima tropical e subtropical. Para tanto, algumas técnicas são fundamentais para compreensão dos processos de formação inerentes deste tipo de solo em condições tropicais, dentre elas, destaca-se a micromorfologia.

Conforme (BULLOCK et al., 1985; RINGROSE-VOASE, 1991; FITZPATRICK, 1993; CASTRO et al., 2003; LIMA et al., 2017; STOOPS et al., 2018; PEREIRA & PAISANI, 2020), a análise micromorfológica é uma técnica de caracterização das microestruturas dos solos, que auxilia a compreensão dos processos relativos à gênese, evolução e degradação em escala micrométrica, a partir da análise microscópica de lâminas delgadas, obtidas de amostras indeformadas dos distintos horizontes do solo. É importante ressaltar que, para a compreensão dos processos pedogenéticos, o uso desta técnica deve ser precedido de outras análises em escalas de macroestruturas e megaestruturas, como unidades de paisagem homogênea, toposequência e descrição do perfil de solo.

Desta forma, o objetivo deste trabalho consiste em ampliar a compreensão da gênese, padrão de distribuição e processos associados aos Espodosolos no território brasileiro, por meio da revisão de literatura sobre a aplicação da técnica micromorfologia e apresentar os principais resultados e ponderações acerca da temática. Em adição, visa apresentar possíveis demandas que não foram amplamente consideradas até o momento, abordando questões pretéritas que podem contribuir com investigações práticas e aplicadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir de pesquisa bibliográfica em acervos digitais de artigos científicos, dissertações e teses. Para tanto, foram utilizadas as principais plataformas de busca, como: *Springer Link*, *Scientific Electronic Library Online (Scielo)* e *Scencedirect*, sendo o acesso destas disponibilizado de forma gratuita a estudantes de pós-graduação e professores por meio da CAPES e instituições de ensino superior.

Destaca-se que as buscas foram realizadas a partir das palavras chaves deste trabalho, sendo que a plataforma que localizou mais artigos foi a *Scencedirect*. Após a identificação dos trabalhos, realizou-se uma leitura criteriosa, selecionando somente aqueles que possuíam vinculação teórica e metodológica com esta proposta. Deve-se destacar que

devido à especificidade do tema e à reduzida quantidade de trabalhos selecionados, a revisão contemplou amplo recorte temporal e espacial, desde os trabalhos pioneiros dos anos 1960 até o presente, abrangendo diversas regiões do Brasil.

O mapa de distribuição dos Espodosolos no território brasileiro, elaborado por Santos et al. (2011) e apresentado no tópico a seguir, foi elaborado com base nos dados compilados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) na escala 1:5.000.000, que agrega informações sobre o levantamento dos tipos de solos no Brasil desde a década de 1940, sendo a principal referência em escala nacional. A partir dos dados extraídos desta base em ambiente SIG, foi possível gerar a espacialização dos Espodosolos em território nacional, utilizando o *software ArcGIS 10.8*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os trabalhos considerados utilizaram metodologias distintas de interpretação micromorfológica de solos, com nomenclaturas e técnicas de descrição de lâminas de acordo com o período que foram produzidos, ilustrando assim, a evolução conceitual e teórica da técnica. De modo geral, as produções elaboradas até meados dos anos 1980 seguem Brewer (1964), que descreve os principais termos e procedimentos sistematizados até então.

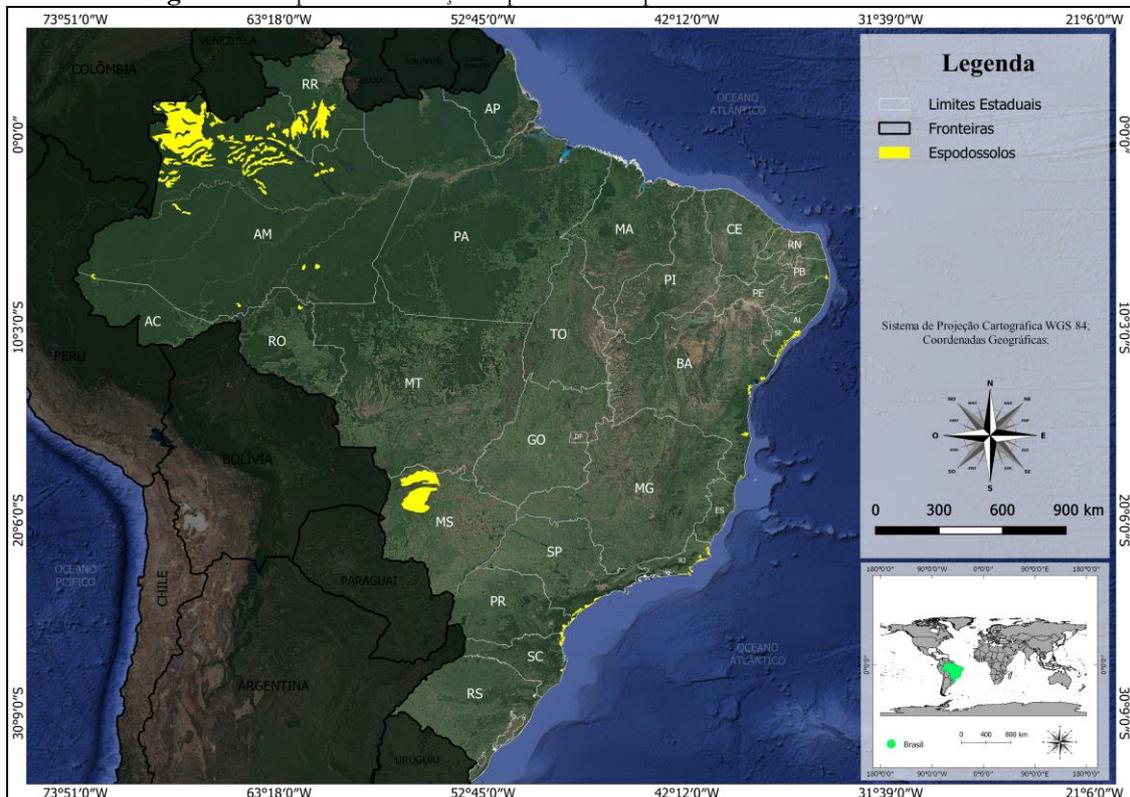
Posteriormente a esta fase, com maior divulgação da técnica e aumento na quantidade de pesquisadores debruçados sobre o tema, houve a necessidade de atualizar alguns termos e definir novos conceitos, que ocasionou na elaboração do manual de interpretação de Bullock et al. (1985), sendo a principal referência até o final do século. Nos anos 2000 surge nova atualização dos conceitos, como a de Stoops (2003) e Stoops et al. (2018), que juntamente com Bullock et al. (1985) tornam-se as principais referências dos trabalhos produzidos até o presente momento (CASTRO et al., 2003). Sendo assim, durante a descrição dos processos aqui discorridos pode ocorrer a sobreposição destes autores e fases.

Distribuição de Espodosolos no território brasileiro

Para compreensão das dinâmicas atreladas a gênese dos Espodosolos foi elaborado o mapa da distribuição espacial deste solo no território brasileiro a partir da base do IBGE na escala de 1:5.000.000 (Figura 1). O mapa ilustra o predomínio dos Espodosolos em áreas litorâneas (planícies costeiras), pantanal e na região norte-amazônica, ocorrendo de

forma mais restrita em outras regiões do país. Destaca-se que na zona litorânea os Espodosolos estão distribuídos de forma intermitente e linear ao longo da costa brasileira.

Figura 1 – Mapa da distribuição espacial dos Espodosolos no território brasileiro.



Fonte: IBGE (2006) e Santos et al. (2011).

No âmbito do litoral sul e sudeste brasileiro, de acordo com Coelho et al. (2010), Boski et al. (2011), Coelho et al. (2012) e Martinez et al. (2018), os Espodosolos possuem maior recorrência na faixa litorânea do norte de Santa Catarina ao centro do estado de São Paulo, onde inicia o afloramento do embasamento cristalino da serra do mar até a cidade do Rio de Janeiro e seu entorno, onde é interrompido por zona de fratura que caracteriza a mudança na orientação da linha de costa no Cabo Frio. Na sequência, ocorrem desde o Cabo Frio até a planície costeira do Rio Paraíba do Sul, no norte fluminense. Divesos trabalhos descrevem a espacialização e gênese desses solos no litoral do estado do Rio de Janeiro, como Coe et al. (2007), Rocha et al. (2013), Bohrer et al. (2009) e Menezes (2016).

No litoral nordeste, os Espodosolos são encontrados a partir do sul da Bahia e estão descritos, de forma geral, por Moreau et al. (2006), Oliveira (2007), Andrade et al. (2020) concentrados na planície costeira da foz do rio Jequitinhonha e de forma espaçada no litoral norte estado. Do extremo norte do litoral baiano até a planície costeira da foz do rio São Francisco, no limite dos estados de Sergipe e Alagoas, apresentam características

singulares descritas por Araújo et al. (2006), Carvalho et al. (2013), Sobral (2018) e são encontrados de forma contínua, sendo interrompidos a norte da planície do rio São Francisco, onde os tabuleiros costeiros estão muito próximos ao oceano e as planícies muito restritas. Os Espodosolos tornam a ocorrer de forma localizada entre os estados da Paraíba e Pernambuco. Por fim, no litoral norte são pouco expressivos, ocorrendo de forma pontual, podendo ser identificados em escala de maior detalhe.

Já no interior do país, estes solos são identificados de forma concentrada em determinadas áreas e com abrangência espacial maior. Predomina especificamente no Amazonas, principalmente na bacia hidrográfica do rio Negro, conforme Oliveira et al. (1992) e no noroeste do Mato Grosso do Sul (Pantanal), em áreas que contemplam o leque fluvial do rio Taquari. De acordo com Schiavo et al. (2012), no pantanal ocorre a formação de horizontes espódicos associados a altos teores de sódio (Na^+), localizados nos arredores de lagoas salinas, característica singular em relação a maioria dos Espodosolos classificados no Brasil.

Nas planícies pantaneiras verifica-se uma das principais ocorrências de Espodosolos do território brasileiro (figura 1), ocupando cerca de 21% da área da bacia sedimentar do pantanal de acordo com Fernandes et al. (2007). O material de origem para formação dos Espodosolos neste ambiente decorre dos depósitos arenosos dos rios, que invadem a depressão pantaneira perdendo energia e depositando seu material detrítico. Estes rios se caracterizam por sua dinâmica lateral intensa, construindo diferentes níveis de planícies, alagáveis ou não, que dão origem a diferentes tipos de Espodosolos, de acordo com a variação no nível do lençol freático e regime de cheias e vazantes, conforme descrito por Schiavo et al. (2012).

De forma pontual e não representativa em mapa na escala Brasil, os Espodosolos também ocorrem nos campos de altitude no interior de Minas Gerais (Parque Estadual da Serra do Brigadeiro), por exemplo, com altitude acima de 1.600 m onde foram caracterizadas feições de podzolização sobre outros tipos de solos (BENITES et al., 2001). Segundo estes autores, tais processos estão estreitamente ligados à vegetação de campos de altitude, considerados relictos ou refúgios ambientais, que, ocasionalmente, substituem a mata atlântica. Neste caso, os Espodosolos foram formados também sobre rochas graníticas e gnáissicas, sendo esta uma exceção em relação aos demais ambientes de formação encontrados na literatura.

Sendo assim, a distribuição dos Espodosolos suscita discussões quanto a gênese, que possuem particularidades de acordo com as características ambientais locais que podem ser evidenciadas pela análise micromorfológica, que historicamente foi amplamente

aplicada nos contextos litorâneo e amazônico, porém ainda pouco explorados na região do pantanal, sem estudos sistematizados no âmbito micromorfológico, conforme revisão realizada (MAFRA et al., 2002; DINIZ, 2011, SCHIAVO et al., 2012; SOUZA et al., 2021; SANTIN, 2017).

Os Espodosolos amazônicos

Os Espodosolos em diversos compartimentos topográficos/geomorfológicos da bacia amazônica foram alvos de pesquisas em relação à gênese de solos no Brasil. O avanço dos processos de podzolização sobre Latossolos e Argisolos nesta região foi tema de investigação de autores como Kitagawa e Moller (1979), Lucas et al. (1984), Bravard e Righi (1990), Dubroeuq e Volkoff (1998), que descreveram feições que ilustram os processos de empobrecimento de argilas e que indicam a instabilidade de Latossolos com o avanço da podzolização e do hidromorfismo, caracterizadas com técnicas como a micromorfologia. Desta forma, são destacados trabalhos que ilustram tais processos em ambientes amazônicos distintos.

De acordo com Mafra et al. (2002), na alta bacia do rio Negro é comum ocorrer em áreas planas camadas de sedimentos arenosos com até 10 m de espessura sem nenhuma estrutura estratificada, principalmente no entorno de colinas onde encontra-se Latossolos sobre o embasamento cristalino. A origem destes pacotes arenosos pode ser atribuída a depósitos sedimentares fluviais (teoria mais aceita nas décadas de 1970 e 1980) ou a processos pedogenéticos que alteraram os Latossolos mais argilosos das colinas dando origem aos Espodosolos. Para compreender melhor esse processo, Mafra et al. (2002) estudaram uma topossequência em uma transição Latossolos/Espodosolos entre as colinas e a planície, analisando a micromorfologia, mineralogia, atributos físicos e químicos dos perfis de solos.

As análises micromorfológicas de Mafra et al. (2002) apontaram alterações em saprólitos (horizonte C e transição BC) dos perfis de solos na colina e no contato com a áreas mais planas do relevo, havendo diferenciação nítida entre o material da colina e na ruptura do relevo. No horizonte C, na meia encosta, foram identificadas porções irregulares e interconectadas, de coloração amarelada, associadas ao material avermelhado do plasma, possuindo trama porfírica a enáulica, relacionada à textura francoargilo-arenosa mal selecionada, com esqueleto composto majoritariamente por quartzo. Foram identificados ainda micas e feldspatos parcialmente intemperizados, além de fragmentos de granito.

Na descrição micromorfológica de Mafra et al. (2002), em duas lâminas delgadas do mesmo perfil, já no contato com a ruptura do relevo, o Horizonte BCg na borda da colina

apresentou zonas amarelo-oliváceas mais argilosas, com trama enáulica no plasma e porções isoladas com areia branca e trama mônica. O predomínio de quartzo aumenta no esqueleto com granulometria mais grossa nas porções com areia branca e predomínio de areia fina nos agregados granulares, possuindo formato ovalado e contornos subangulares. Neste trecho, as micas e os feldspatos são raros. Já no horizonte C, foram identificadas zonas bruno-acinzentadas com trama enáulica a gefúrica e porções interconectadas com areia branca, com feições ilustrativas da perda de argila ainda mais evidentes do que o horizonte anterior. Em relação à estrutura, no esqueleto o quartzo é abundante, ocorrendo maiores quantidades de cascalhos com as micas pouco frequentes e os feldspatos mais abundantes.

A partir destas inferências micromorfológicas associadas a outras técnicas aplicadas, os autores concluem que os Espodosolos que se desenvolvem na borda das colinas são autóctones e indicam o estágio final de degradação dos Latossolos em ambiente tropical atual. A dissolução das argilas e o consequente empobrecimento dos materiais ocorrem neste ambiente principalmente em decorrência da acidólise e hidromorfismo propiciado pelo ambiente úmido com muita matéria orgânica. Ainda segundo Mafra et al. (2002), os mecanismos envolvidos na transformação dos Latossolos em areias brancas hidromórficas podem ser o principal mecanismo responsável pelo aplainamento geral do terreno na região.

Em outra unidade de relevo da bacia amazônica do rio Negro, os planaltos baixos, situados ao Norte, próximo ao estado de Roraima, também são comuns e extensas as áreas de ocorrência de Espodosolos, que geralmente avançam a partir de depressões úmidas de topo (NASCIMENTO et al., 2004). Tais depressões ocorrem em meio à floresta com vegetação campestre diferenciada, sendo que a abundância dos Espodosolos aumenta do centro para a borda. As feições dos processos associados à podzolização são muito similares aos descritos anteriormente, porém, o material de origem deriva de Argissolos desenvolvidos sobre arenitos.

Nascimento et al. (2004) descrevem quatro mecanismos envolvidos nesse processo de ferrólise sendo eles: (i) empobrecimento da argila, (ii) produção de ácidos orgânicos e intemperismo mineral, (iii) formação e translocação de complexos organo-metálicos e (iv) remoção de metais armazenados em complexos organo-metálicos e translocação de compostos orgânicos livres de metal. Tais processos sintetizam de forma geral como ocorre a transição Latossolos ou Argissolos/Espodosolos em ambiente tropicais.

A partir das informações acima, Bardy et al. (2008) realizaram a análise micromorfológica dos perfis de solo da topossequência, descrita por Nascimento et al.

(2004), obtendo novos resultados e refinaram a descrição da dinâmica de translocação da matéria orgânica na cobertura pedológica. De acordo com esses autores, a matéria orgânica varia substancialmente de acordo com sua posição vertical e lateral no solo e ocorre de duas formas, conforme a análise microscópica: estrutura vegetal com decomposição parcial com estrutura celular reconhecível e matéria orgânica bem decomposta sem estrutura visível de plantas ou fungos, que pode ser polimórfica ou monomórfica.

Bardy et al. (2008) demonstraram a partir de lâminas delgadas analisadas que a matéria orgânica ocorre como revestimentos nos horizontes Bhs, Bh e 2BCs indicando processos contínuos de iluviação. Em Bhs os revestimentos são polimórficos contendo complexos Al-Mo, e foram observadas ocasionalmente pelotas orgânicas entre grãos de quartzo que estão associadas com o decaimento de restos radiculares. Já em horizontes espódicos bem diferenciados Bh e 2BCs, a matéria orgânica ocorre primeiro como grânulos polimórficos grosseiros preenchendo os interstícios entre os grãos de quartzo na parte superior dos horizontes de Bh. Porém, na parte inferior amostrada as pelotas orgânicas se fundem ocupando a maior parte do espaço poroso, sendo observados em preenchimentos (pedotúbulos) em contato com horizonte 2BC. Tais características estão em acordo com a abundância de compostos organometálicos neste horizonte, que podem explicar o endurecimento desse horizonte, embora sua maior coesão também possa ser devido à presença de um horizonte arenítico pouco intemperizado descrito por Nascimento et al. (2004). As características morfológicas descritas são típicas de podzóis mal drenados e destacam a ocorrência de mecanismos como iluviação e acúmulo de complexos organometálicos no perfil do solo.

Espodosolos em zonas costeiras

Em grande parte da extensa planície costeira brasileira, a montante dos depósitos de praia atuais, comumente, ocorrem os Espodosolos, que se situam em áreas de terraços marinhos e apresentam forte correlação com a oscilação do nível do lençol freático, vegetação de restinga e depressões entre cordões litorâneos (ROSSI; QUEIROZ NETO, 2001).

Uma das correspondências atribuídas aos Espodosolos em planícies costeiras é relativa ao período de deposição do material sedimentar, pois próximo aos depósitos praias atuais ocorrem sedimentos inconsolidados que ainda não passaram pelo processo de pedogênese. Portanto, ocorrem em depósitos sedimentares mais antigos, preferencialmente em terraços mais elevados e distantes da linha de costa, que não recebem contribuição de eventos extremos associados à dinâmica litorânea. As características das microestruturas

nestes ambientes pouco variam em relação aos Espodosolos de outros ambientes, porém podem ser observados processos singulares relativos ao material de origem marinha.

Ao trabalhar com micromorfologia de horizontes espódicos em diferentes trechos do litoral do estado de São Paulo, Coelho et al. (2012) apontaram similaridades com trabalhos realizados na região amazônica no que diz respeito ao predomínio da origem iluvial da matéria orgânica nos horizontes espódicos, com revestimentos orgânicos monomórficos na superfície dos constituintes grossos na maioria dos horizontes analisados, bem como o preenchimento quase completo dos poros entre os grãos de alguns horizontes cimentados e brandos, evidenciando o transporte e a precipitação de complexos organometálicos. No entanto, Coelho et al. (2012) destacaram a decomposição de raízes como sendo o principal mecanismo de acumulação de carbono em horizontes espódicos, sobrepostos aos horizontes hísticos, em solos sujeitos a fortes condições de hidromorfismo.

Em estudos de caracterização desta classe em tabuleiros costeiros desenvolvidos no sul da Bahia e norte do Espírito Santo, Corrêa et al. (2008) apontaram para concentração de materiais finos em profundidade e relação inversa com areia de textura grossa e fina, sendo evidenciados por índices de gradiente texturais, ligados à remoção preferencial de material fino devido à estabilidade natural da paisagem.

A degradação de Espodosolos em zonas costeiras é tema de investigação de Lopes-Mazzetto et al. (2018), que, por meio da micromorfologia, datação absoluta e análise da evolução geomorfológica regional, correlacionou fases diferenciadas de drenagem vertical. Desta forma, os autores identificaram como a disponibilidade de água influencia nos processos de formação e degradação dos solos nestes ambientes.

Conforme Lopes-Mazzetto et al. (2018), nas superfícies mais antigas averiguadas, os Espodosolos se formaram em circunstâncias de drenagem limitada (condições ambientais muito diferentes das atuais), porém, após um possível soerguimento da costa pós desenvolvimento pedológico, as condições de drenagem passaram a ser mais intensas, causando degradação do sistema pedológico até então estável. Foi aferido que superfícies geomórficas com Espodosolos mais recentes não estão sofrendo o mesmo processo, pois foram formadas em condições de drenagem mais próximas às atuais. As características morfológicas nos horizontes E e B dos Espodosolos refletem os processos de formação e fornecem sua cronologia relativa, sendo uma estrutura valiosa na interpretação micromorfológica.

Lopes-Mazzetto et al. (2018) descreveram que, enquanto as transições entre os horizontes E e B em podzóis mal drenados são geralmente planas e horizontais, após o

melhoramento da drenagem, o topo do horizonte B pode perder matéria orgânica. Assim, o limite EB pode se tornar gradual, para que os horizontes EB e BE possam ser distinguidos. A drenagem mais melhorada por conta das novas condições ambientais, pode causar a dominância do movimento vertical sobre a dinâmica lateral da água. Esse movimento da água geralmente segue zonas de maior porosidade, como o entorno dos canais radiculares, causando a formação de línguas ou bolsas radiculares na transição EB. Processos similares também foram observados em uma falésia onde o mar está avançando erodindo os Espodosolos e modificando as características do perfil de solo.

Corrêa et al. (2015) também identificaram processos de degradação a partir do padrão micromorfológico dos Espodosolos em dois perfis no estado do Rio de Janeiro. Conforme a interpretação dos autores, o processo de destruição do horizonte B espódico ocorre à medida que a matéria orgânica é submetida à alteração, havendo dissolução e descoloração do material com o aparecimento de cores mais claras, fissuração da matéria orgânica e o aparecimento dos cutãs. As causas, neste caso, não são apresentadas pois são estudos ainda preliminares, mas é possível correlacionar as análises micromorfológicas com o trabalho de Lopes-Mazzetto et al. (2018), no intuito de descobrir os gatilhos para degradação de solos por meios naturais e/ou antrópicos.

Já os Espodosolos em depressões sobre tabuleiros costeiros no nordeste brasileiro, consistem no objeto de pesquisa de Silva et al. (2012), que investigaram a ocorrência destes em quatro pontos distintos nos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas. O Grupo Barreiras, unidade estratigráfica da estruturação dos relevos de tabuleiros costeiros, de acordo com Araújo et al. (2006a), consiste na unidade geológica mais expressiva do Brasil, distribuída desde o norte do estado do Rio de Janeiro até o estado do Amapá, ao longo da costa brasileira, sendo caracterizada por sedimentos com granulometria variada e origem Miocênica.

Silva et al. (2012) descreveram, a partir da micromorfologia das amostras, a presença de cutãs de iluviação compostas por argila mineral, material orgânico e ferro (provavelmente provenientes do material de origem). Tais cutãs de argila não foram identificadas na morfologia de campo, no entanto, tal microestrutura está associada ao processo de podzolização, que tem sido comumente registrado na literatura internacional sobre Podzóis. Os autores acrescentaram que a morfologia relativamente simples e mineralogia de argilãs homogêneas identificados nos Espodosolos do nordeste brasileiro são distintas das que ocorrem em climas temperados, fazendo uma breve comparação entre os dois casos.

Mudanças ambientais e impactos sobre a pedogênese em Espodosolos

O sistema de produção industrial globalizado tem promovido uma rápida alteração das características dos sistemas naturais. Neste cenário, cumpre destacar a gênese desses problemas de curto, médio e longo prazos no que tange aos impactos gerados sobre os sistemas ambientais. Assim, a ação antrópica tem causado impactos e alterando os níveis de base de diferentes sistemas naturais, gerando alterações na magnitude, diversidade, distribuição e tipos de processos e fenômenos físicos, químicos e biológicos. Em específico, quando estamos falando de solos, devem ser destacados os impactos produtivos que afetam os fatores de formação destes. Neste caso, o homem interfere em fatores de formação dos solos (clima, relevo, uso e cobertura), o que significa que o solo é afetado por quase todos os impactos ambientais gerados pelo homem, considerando a sinergia e os efeitos de retroalimentação do sistema Terra, variando de acordo com o impacto apenas em dimensão e magnitude dos efeitos.

A ação humana, portanto, pode alterar diversos fatores, como: topografia, pela ação de obras de engenharia e mineração, afetando o material de origem pela remoção transporte e deposição e alteração das taxas de intemperismo e de erosão; uso e cobertura pela prática da agropecuária, urbanização e mineração; dentre outros. A ação humana impacta ainda o fator clima, em diferentes graus e escalas, desde mudanças locais de curto, médio e longo prazo, como alterações locais do microclima urbano e inversão térmica (curto prazo), a alterações regionais via desmatamento e poluição (médio prazo), além dos chamados impactos globais como a depleção do ozônio, que altera a entrada de raios ultravioletas na atmosfera terrestre e a alteração do balanço energético e do efeito estufa da terra via emissão de Gases de efeito Estufa (GEE). Por afetar a velocidade dos processos, acelerando os mesmos na maioria das vezes, afeta também o fator tempo (FEDDEMA & FREIRE, 2001; LAL, 2012; BRADY & WEIL, 2013; RUDDIMAN; 2015; EEA, 2019; BRASIL, 2021; IPCC, 2021).

As alterações nas taxas dos processos e fenômenos que envolvem os fatores de formação dos solos têm impactado a pedogênese destes, afetando sua permeabilidade, compactação, fertilidade, estoques de carbono, e em alguns casos até transformação do tipo e da classificação do solo. Merece destaque que não são incomuns as conversões de Latossolos/Argissolos em áreas de Espodosolos, Gleissolos, devido à modificação de drenagens conforme apresentado por Bardy et al. (2008) e Lopes-Mazzetto et al. (2018). O aumento de áreas de Cambissolos em altas declividades por efeitos da erosão acelerada, alteração dos subníveis de classificação ligadas a horizontes hísticos, húmicos, férricos, aluminicos, entre outros, é resultado da ação humana que impactam os processos

hidrossedimentológicos (FEDDEMA; FREIRE, 2001). A velocidade e a distribuição destes processos de alterações pedogenéticas é ainda motivo de intensa discussão, todavia, a ocorrência deles já é amplamente aceita.

No Brasil, o recuo da linha de costa em função dos processos de erosão costeira tenderá a reduzir as áreas de Espodosolos. Já na região amazônica, devido à dinâmica sazonal relacionada às cheias dos rios, é mais difícil avaliar qual seria a tendência pedogenética no que tange a estas transformações. Entretanto, com o avanço do desmatamento e das mudanças climáticas, a umidade tende a ser reduzida no bioma amazônico, que deve submeter a região a eventos climáticos mais extremos, onde serão mais comuns chuvas torrenciais e secas prolongadas. Estas situações tendem a reduzir as áreas de Espodosolos devido à alteração do regime hidrossedimentológico e pedogenético, associados às áreas destes tipos de solos, que normalmente ocorrem em áreas de alta umidade durante todo o ano.

Diante de tal complexidade, é necessário aprofundar os estudos que tratam destes impactos pedogenéticos e ambientais. De tal modo, é importante a adoção de políticas públicas para preservação e manutenção das áreas de Espodosolos, assim como alternativas para mitigar as mudanças climáticas globais que afetam, tanto diretamente quanto por efeitos de retroalimentação, os processos pedogenéticos e hidrossedimentológicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao comparar a diversidade de ambientes que ocorrem Espodosolos no Brasil, pode-se observar que os processos de podzolização são ativados ou reativados quando ocorre um conjunto de elementos da natureza em sincronia, portanto o *input* de novos elementos ou mesmo o aumento da quantidade de determinado elemento já existente, pode dar início a um processo de podzolização ou mesmo de degradação dos mesmos, como os exemplos discorridos nesta revisão.

Foi possível observar uma relação espacial curiosa neste contexto, pois as áreas com ocorrência de Espodosolos avançaram a partir de um determinado momento na região amazônica, enquanto nas áreas litorâneas estão regredindo por conta da progressão do processo de erosão e conseqüentemente redução das planícies costeiras. Assim, a atividade antrópica e variação do nível de base acabam por ocasionar mudanças significativas na distribuição espacial destes no território brasileiro.

Os resultados aqui apresentados, no âmbito dos Espodosolos, modificaram paradigmas nas ciências do solo e geociências, utilizando a análise micromorfológica como meio fundamental para compreender processos da natureza, como no caso dos Espodosolos localizados na borda de encostas de colinas na região amazônica, que eram interpretados como depósitos aluviais, porém, a análise das microestruturas indicou que esse material era de horizontes Espódicos autóctones. Portanto, não possuíam acréscimo de material fluvial, o que explica a ausência de estrutura sedimentar.

Outra questão que a micromorfologia de solos ajudou a interpretar processos da natureza, agora na interface com a biologia, foi o papel das raízes ao fixar material orgânico no entorno da atividade radicular pelo dessecamento, o que só foi possível após a interpretação mais detalhada das microestruturas dos horizontes espódicos.

Desta forma, reitera-se que essas microestruturas do solo podem oferecer importantes informações sobre grande parte das mudanças ambientais, que quando analisadas e interpretadas adequadamente pela micromorfologia, podem evidenciar processos do passado e do presente, melhorando a compreensão sobre gênese e permitindo fazer projeções futuras.

As mudanças ambientais trazem novas perspectivas sobre a discussão de gênese e espacialização de Espodosolos, pois a interferência antrópica tem a capacidade de alterar sua distribuição de acordo com processos que já vem sendo observados tanto no bioma amazônico quanto em áreas costeiras. Por fim, os solos devem ser considerados como um sistema aberto entre os diversos sistemas naturais, que são constantemente influenciados por fluxos de matéria e energia, ou seja, o solo evolui, se desenvolve e se transforma de maneira contínua no ambiente em que está inserido, ajustando-se as novas variáveis ambientais.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, I. C. M.; LIMA, J. da M.; DINIZ, A. D.; ROSA, M. E. C. da. Caracterização pedogeomorfológica de uma transição Neossolos Quartzarênicos – Espodosolos, na reserva da Sapiroanga, mata de São João - BA. **Revista GeoUECE**, v. 9, n. 16, p. 154–166, 2020. Disponível em: <<https://www.revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/2191>>. Acesso em: 15 out. 2021.

ARAÚJO, M. S. B.; SCHAEFER, C. E.; SAMPAIO, E. V. S. B. O processo de formação dos Espodosolos e o transporte de fósforo associado. **Revista de Geografia**, Recife, v. 23, p. 53-64, 2006. Disponível em:

<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228670>>. Acesso em: 20 out. 2021

ARAÚJO, V. D.; REYES-PERES, Y. A.; LIMA, R. O.; PELOSI, A. P. M.; MENEZES, L.; CÓRDOBA, V. C.; LIMA-FILHO, F. P. Fácies e Sistema Depositional da Formação Barreiras na Região da Barreira do Inferno, Litoral Oriental do Rio Grande do Norte. **Revista do Instituto de Geociências**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 43-49, outubro 2006a. Disponível em: <<https://doi.org/10.5327/S1519-874X2006000300006>>. Acesso em: 17 out. 2021.

BARDY, M.; FRITSCH, E.; DERENNE, S.; ALLARD, T.; DO NASCIMENTO, N. R.; BUENO G. T. Micromorphology and spectroscopic characteristics of organic matter in waterlogged podzols of the upper Amazon basin. **Geoderma**, v. 145, Issues 3–4, p. 222-230, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.03.00>>. Acesso em: 15 set. 2021.

BENITES, V. M.; SCHAEFER, C. E. G. R. MENDONÇA, E. S.; MARTIN NETO, L. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob campos de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG). **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 25, p. 661-674, set 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000300015>>. Acesso em: set. 2021.

BOHRER, C. B. A.; DANTAS, H. G. R.; CRONENBERGER, F. M.; VICENS, R. S.; ANDRADE, S. F. Mapeamento da vegetação e do uso do solo no Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 1, p. 1–23, jan./mar. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2175-7860200960101>>. Acesso em: out. 2021.

BOSKI, T.; SOUZA, M. C.; ÂNGULO, R. J.; GONZALEZ VILA, F. J.; Evolução temporal das piçarras desenvolvidas sobre as barreiras holocênicas do litoral de Santa Catarina. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 13., & ENCONTRO DO QUATERNÁRIO SULAMERICANO, 3., 2011, Armação dos Búzios-RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEQUA, 2011. p. 1-12.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 715 p.

BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovações. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovações, 2021. 620 p. Disponível em: <https://issuu.com/mctic/docs/quarta_comunicacao_nacional_brasil_unfccc>. Acesso em: 05 out. 2021.

BRAVARD, S.; RIGHI, D. Micromorphology of an Oxisol-Spodosol Catena in Amazonia (Brazil). **Developments in Soil Science**, n. 19, p. 169-174, 1990. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)70327-1](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)70327-1)>. Acesso em: 10 ago. 2021.

BREWER, R. **Fabric and mineral analysis of soils**. New York: John Wiley & Sons, 1964. 482 p.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G. & TURSINA, T. **Handbook for soil thin section description**. Albrington: Waine Research, 1985. 152 p.

CARVALHO, V. S.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JUNIOR, V. S.; BRILHANTE, S. A. Caracterização de Espodosolos dos estados da Paraíba e do Pernambuco, Nordeste do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1454-1463, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000600003>>. Acesso em: 05 out. 2021.

CASTRO, S. S.; COOPER, M.; SANTOS, M. C.; VIDAL-TORRADO, P. Micromorfologia do solo: bases e aplicações. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 107-158.

COE, H. H. G.; CARVALHO, C. N.; SOUZA, L. O. F.; SOARES, A. Peculiaridades ecológicas da região de Cabo Frio, RJ. **Revista Tamoios**, v. 3, n. 2, p. 1-20, dez. 2007. Disponível em: <<https://www-publicacoes.uerj.br/ojs/index.php/tamoios/article/view/626>>. Acesso em: 05 out. 2021.

COELHO, M. R.; MARTINS, V. M.; PÉREZ, X. L. O.; VÁZQUEZ, F. M.; GOMES, F. H.; MIGUEL COOPER, M.; VIDAL TORRADO, P. Micromorfologia de horizontes espódicos nas restingas do estado de São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa-MG, v. 36, p. 1380-1394, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500002>>. Acesso: 03 mar. 2021.

COELHO, M. R.; MARTINS, V. M.; VIDAL-TORRADO, P.; SOUZA, C. R. G.; PEREZ, X. L. O.; VÁZQUEZ, F. M. Relação solo-relevo-substrato geológico nas restingas da planície costeira do estado de São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa-MG, v. 34, n. 3, p. 833-846, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300025>>. Acesso em: 05 out. 2021.

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; CURI, N.; TORRES, T. C. P. Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente Tabuleiros Costeiros. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 297-313, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100028>>. Acessado: 05 out. 2021.

CORRÊA, T. A.; PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; FONTANA, A.; DOS ANJOS, L. H. C. Caracterização Micromorfológica de Espodosolos no Rio de Janeiro. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 35., 2015, Natal-RN. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015, p.1-5. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138320/1/2015-168.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2021.

ROCHA, T. B.; FERNANDEZ, G. B.; PEIXOTO, M. N. de O.; RODRIGUES, A. Arquitetura deposicional e datação absoluta das cristas praias pleistocênicas no complexo deltaico do Paraíba do Sul (RJ). **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n. 4, p. 711-724, dec. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5327/Z2317-488920130004000010>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

DINIZ, A. D. **Origem e dinâmica do mercúrio em sistemas de transformação latossolo-espodosolo na bacia do Rio Negro, Amazonas**. 2011. 132 f. Tese -

(Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2011.

DUBROEUCQ, D.; VOLKOFF, B. From Oxisols to Spodosols and Histosols: evolution of the soil mantles in the Rio Negro basin (Amazônia). **Catena**, v. 32, p. 245–280, June 1998. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(98\)00045-9](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00045-9)>. Acesso em: 15 Jan. 2021.

EEA, European Environment Agency. **Land and soil in Europe Why we need to use these vital and finite resources sustainably**. Luxembourg: European Environment Agency, 2019. 60 p. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/publications/eea-signals-2019-land>>. Acesso em: 04 mar. 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: MAA/EMBRAPA-CNPS-CPATSA, 2000. 381 p. (Boletim de Pesquisa, n. 11).

FEDDEMA, J. J.; FREIRE, S. Soil degradation, global warming and climate impacts. **Climate Research**, v. 17, p. 209–216, 2001. Disponível em: <<https://www.intres.com/abstracts/cr/v17/n2/p209-216/>>. Acesso em: 21 Jul. 2021.

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M.; SOARES, M. T. S; PELLEGRIN, L. A.; LIMA, I. B. T. **Atualização do mapa de solos da planície pantaneira para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Corumbá: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Embrapa Pantanal, 2007. 49 p. (Comunicado Técnico, 61).

FITZPATRICK, E. A. **Soil Microscopy and Micromorphology**. Wiley: New Jersey. 1993. 316 p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. England: Cambridge University Press, 2021. 3949 p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf>. Acesso em: 05 out. 2021.

KITAGAWA, Y.; MOLLER, R. F.; Clay mineralogy of some typical soils in the Brazilian Amazon region. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 14, n. 3, p. 201-228, 1979. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197876/1/Clay-mineralogy-of-sme-typical.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2021.

LAL, R. Climate change and soil degradation mitigation by sustainable management of soils and other natural resources. **Agric Res.**, v. 1, p. 199–212, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40003-012-0031-9>>. Acesso em: 09 set. 2021.

LIMA, F. J.; PAISANI, J. C.; CORRÊA, A. C. B.; PONTELLI, M. E. Micromorfologia de colúvios em sequências pedoestratigráfica e litaestratigráfica – o caso das superfícies de palmas/água doce (sul) e planalto sedimentar do Araripe (nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 2, p. 329-348, abr./jun. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i2.983>>. Acesso em: 04 mar. 2021.

LOPES-MAZZETTO, J. M. [et al.]. Soil morphology related to hydrology and degradation in tropical coastal podzols (SE Brazil). **Catena**, v. 162, p. 1-13, mar. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.11.007>>. Acesso em: jan. 2021.

LUCAS, Y.; CHAUVEL, A.; BOULET, R.; RANZANI G.; SCATOLINI F. Transição Latossolos-Podzóis sobre a formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 8, p. 325-335, 1984. Disponível em: <<https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/23D00010.pdf>>. Acesso em: 04set. 2021.

MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; VOLKOFF, B.; MELFI, A. J. Pedogênese numa seqüência latossolo-espodosolo na região do alto rio negro, amazonas. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 381-394, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000200012>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

MARTINEZ, P.; BUURMAN, P.; LOPEZ-MAZZETTO, J. M.; GIANINNI, P. C. F; SCHELLEKENS, J.; VIDAL-TORRADO, P. Geomorphological control on podzolisation – An example from a tropical barrier island. **Geomorphology**, v. 309, p. 86-97, may 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.02.030>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

MELO, J. C. F.; BOEGER, M. R. T. Riqueza, estrutura e interações edáficas em um gradiente de restinga do Parque Estadual do Acaiaí, estado de Santa Catarina, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 2, p. 207-232. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2236-8906-40/2014>>. Acesso em: 09 set. 2021.

MENEZES, A. R. de. **Proposta de melhoramento do mapa de solos do Brasil para a classe dos Espodosolos**. 2016. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente) – Departamento de Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2016.

MENEZES, A. R.; FONTANA, A.; COELHO, M. R. Mapeamento dos Espodosolos e sua ocorrência no território brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 35., Natal-RN, 2015. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. p. 1-6. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1035921/mapeamento-dos-espodosolos-e-sua-ocorrencia-no-territorio-brasileiro>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

MOREAU, A. M. S. S. **Gênese, mineralogia e micromorfologia de horizontes coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia**. 2001. 139 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MOREAU, A. M. S. S.; KER, J. C.; DA COSTA, L. M.; GOMES, F. H. Caracterização de solos de duas toposseqüências em tabuleiros costeiros do sul da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1007-1019, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000600010>>. Acesso: 10 out. 2021.

NASCIMENTO, N. R.; BUENO, G. T.; FRITSCH, E.; HERBILLON, A. J.; ALLARD, TH.; MELFI, A. J.; ASTOLFO, R.; BOUCHER, H.; LI, Y. Podzolization as a deferralitization process: a study of an Acrisol–Podzol sequence derived from Palaeozoic sandstones in the northern upper Amazon Basin. **Euro. Journ. Of soil Science**, v. 55, p.

523-538, June 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2004.00616.x>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

OLIVEIRA, A. P. **Pedogenesis of Spodosols under environments of the Barreiras formation and sandbank on southern Bahia**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Fertilidade do solo e nutrição de plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia, Química) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

OLIVEIRA, J. B.; KLINGER, T. J.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. 2. ed. FUNEP: Jaboticabal, 1992. 201 p.

PEREIRA, J. S.; PAISANI, J. C. Micromorfologia e mineralogia de unidades pedoestratigráficas Colúviais em paleofundo de vale na superfície de São José dos Ausentes (RS). **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 24, e52., p. 1-24, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/2236499443126>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F.; KER, J. C. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 6. ed. Lavras: Editora UFLA, 2014. 378 p.

RINGROSE-VOASE A. J. Micromorphology of soil structure – Description, quantification, application. **Soil Research**, v. 29, n. 6, p. 777-813, 1991. Disponível em: <<https://www.publish.csiro.au/sr/SR9910777>>. Acesso em: 10 maio 2021.

RUDDIMAN, W. F. **A terra transformada**. Porto Alegre: Bookman, 2015. 396 p.

ROSSI, M.; QUEIROZ NETO, J. P. Os solos como indicadores das relações entre sedimentos continentais e marinhos na planície costeira: Rio Guaratuba (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, n. 25, p. 113-120, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000100012>>. Acesso em: 15 ago. 2021

SANTIN, R. C. **Avaliação da sensibilidade à mineralização e estudo detalhado da matéria orgânica em Espodosolos da alta bacia do Rio Negro, Amazonas**. 2017. 215 f. Tese (Doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

SANTOS, H. G. dos; CARVALHO JUNIOR, W. de; DART, R. de O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S. de; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. da S.; OLIVEIRA, A. P. de. **Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 96 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. 353 p.

SCHAETZL, R. J.; ISARD, S. A. The Distribution of Spodosol Soils in Southern Michigan: A Climatic Interpretation. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 81, n. 3, p. 425-442, 1991. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1991.tb01703.x>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

SCHAETZL, R. J., LUEHMANN, M. D., ROTHSTEIN, D. Pulses of podzolization: The relative importance of spring snowmelt, summer storms, and fall rains on Spodosol

development. **Soil Sci. Soc. Am J.**, v. 79, p. 117–131, jan. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.2136/sssaj2014.06.0239>>. Acesso em: 10 set. 2021.

SCHIAVO, J. A.; DIAS NETO, A. H.; PEREIRA, M. G.; ROSSET, J. S.; SECRETI, M. L.; PESSENDA, L. C. R. Characterization and classification of Soils in the Taquari River Basin - Pantanal Region, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 36, p. 697-707, jun. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300002>>. Acesso em: 10 set. 2021.

SILVA, E. A.; GOMES, J. B. V.; ARAÚJO FILHO, J. C.; VIDAL-TORRADO, P.; COOPER, M.; CURI, M. Morphology, mineralogy and micromorphology of soils associated to summit depressions of the northeastern brazilian coastal plains. **Ciênc. agrotec.**, v. 36, n. 5, p. 507-517, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000500003>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

SOBRAL, L. F. A fertilidade dos solos do estado de Sergipe – Pesquisa e Desenvolvimento. **R. Bras. Ci. Solo – Núcleo Regional Nordeste**, v. 146, p. 1-3, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/35223797/artigo-a-fertilidade-dos-solos-do-estado-de-sergipe---pesquisa-e-desenvolvimento>>. Acesso em: 10 out. 2021.

USDA - Natural Resources Conservation Service. **Soil survey staff - keys to soil taxonomy**. Washington, DC: USDA, 2014. 308 p.

SOUZA, C. A.; SILVA, R. V.; RAYMUNDI, V. M. O.; GOMES, J. B.; PIERANGELI, M. A. P. Estudos sobre solos do Pantanal: contribuições ao entendimento dos aspectos morfopedológicos da planície pantaneira. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 580–590, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0050>>. Acesso em: 10 out. 2021.

STOOPS, G. **Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections**. Madison: Soil Science Society of America, 2003. 184 p.

STOOPS, G. Micromorphology as a tool in soil and regolith studies. In: STOOPS, G; MARCELINO, V.; MEES, F. (Org.). **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier, 2018. p. 1-19.

VALERIO, M. W.; MCDANIEL, M. W. P. A.; GESSLER, P. E. Distribution and properties of podzolized soils in the northern Rocky Mountains **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 80, n. 5, p. 1308-1316, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.2136/sssaj2016.04.0109>>. Acesso em: 10 out. 2021.

Como citar:

ABNT

MOREIRA, V. B. [et al.]. Gênese e distribuição espacial de Espodosolos no Brasil: uma revisão sob o viés micromorfológico. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 8, e202202, 2022. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e202202>>. Acesso em: 20 out. 2022.

APA

Moreira, V. B. [et al.]. Gênese e distribuição espacial de Espodossolos no Brasil: uma revisão sob o viés micromorfológico. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 8, e202202, 2022. Recuperado em 20 outubro, 2022, de <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e202202>



This is an open access article under the CC BY Creative Commons 4.0 license.

Copyright © 2022, Universidade Federal do Maranhão.

