



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Interações pedogeomorfológicas na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, no semiárido brasileiro

Anderson da Silva Santos¹, Damião Isaac de Lira², Thenilly Sérgia de Brito Costa³, Danielma Ferreira da Rocha⁴, Davi do Vale Lopes⁵

¹ Mestrando pelo PPG em Geografia, GEOCERES, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES), Rua Joaquim Gregório, s/n, Caicó, RN CEP 59.300-000, Brasil. santos.anderson1998@hotmail.com (autor correspondente). ² Mestrando pelo PPG em Geografia, GEOCERES, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES), Rua Joaquim Gregório, s/n, Caicó, RN CEP 59.300-000, Brasil. isaaclira1999@gmail.com. ³ Geógrafa pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES), Rua Joaquim Gregório, s/n, Caicó, RN CEP 59.300-000, Brasil. thenilly costa.093@ufm.edu.br. ⁴ Mestranda pelo PPG em Geografia, GEOCERES, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES), Rua Joaquim Gregório, s/n, Caicó, RN CEP 59.300-000, Brasil. danielma.dfd@gmail.com. ⁵ Professor Dr., Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES), Rua Joaquim Gregório, s/n, Caicó, RN CEP 59.300-000, Brasil. davi.lopes@ufm.br.

Artigo recebido em 10/01/2023 e aceito em 30/06/2023

RESUMO

Existem muitas lacunas referentes ao conhecimento do semiárido brasileiro, principalmente, em relação aos estudos que fazem associações solo-relevo. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi executar uma análise integrada das relações pedogeomorfológicas no médio a baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas, no semiárido brasileiro. Realizou-se revisão bibliográfica, análises em gabinete e trabalhos de campo. Foram produzidos mapas temáticos em ambiente SIG com uso do software QGIS. Identificou-se quatro grandes compartimentos morfopedológicos: i) Planícies e terraços com coberturas Holocênicas; ii) Relevos tabuliformes com coberturas latossólicas; iii) Superfícies com coberturas luvisólicas; iv) Superfícies regolíticas e/ou litólicas. Registrou-se maior atuação da pedogênese em ambientes sedimentares com relevos planos associados a solos profundos e desenvolvidos. A morfogênese predomina nas superfícies associadas às rochas cristalinas e com maiores declividades, nessas áreas identificou-se ocorrência de solos rasos e pouco desenvolvidos. Esse tipo de abordagem integradora envolvendo relações solo-relevo, é importante por trazer uma visão dinâmica da paisagem, onde pode-se observar as influências dos diferentes fatores e a atuação do balanço morfogênese/pedogênese.

Palavras-chave: Pedogênese, morfogênese, caatinga, fluxos hídricos, erosão.

Pedogeomorphological interactions in the Piranhas-Açu River Basin, in the Brazilian semi-arid region

ABSTRACT

There are many gaps regarding the knowledge of the Brazilian semi-arid region, mainly in relation to studies about soil-landform relationships. The present study, therefore, aims at assessing the pedogeomorphological relationships in the medium to lower course of the Piranhas River Basin, in the Brazilian semi-arid region. A bibliographical review, analysis in the office and field work were carried out. Thematic maps were produced in a GIS using the QGIS software. Four major morphopedological compartments were identified: i) Plains and terraces with Holocene covers; ii) Tabuliform reliefs with Latossolo; iii) Surfaces with Luvisolo; iv) Regolithic and/or litholic surfaces. A greater performance of pedogenesis was registered in sedimentary environments with flat reliefs associated with deep and developed soils. Morphogenesis predominates on surfaces associated with crystalline rocks, in these areas the occurrence of shallow and poorly developed soils was identified. This type of integrative approach involving soil-landform relationships is important because it brings a dynamic view of the landscape, where one can observe the influences of different factors and the performance of the morphogenesis/pedogenesis balance.

Keywords: Pedogenesis; morphogenesis; caatinga dry Forest; water flows; erosion.

Introdução

A pedologia sempre viu o relevo como um fator importante para a formação dos solos, mas o mesmo não se pode dizer da geomorfologia, a qual, sempre via nos solos apenas um papel coadjuvante na evolução do relevo (Neto, 2010). Desde o século XIX, a pedologia já entendia o relevo como importante para aprofundar o entendimento dos solos, o russo Dokuchaev, considerava o relevo, entre os cinco fatores de formação do solo, junto com o clima, organismos, material de origem e o tempo (Bockheim et al., 2004; Pacheco, 2017).

O estudo da gênese e dinâmica dos solos por meio da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica permitiu relacionar os solos e formações superficiais com a evolução do relevo, levando a identificar a importância da pedogênese para a morfogênese (Neto, 2010). A pedogeomorfologia ou a relação solo-relevo, representa uma abordagem integradora, com o enfoque principal voltado para o entendimento da dinâmica e evolução da paisagem (Salgado, 2005).

A Pedogeomorfologia é compreendida como o estudo que aborda a interação entre o solo e relevo, esse processo é essencial para entender a evolução das paisagens, subsidiar o planejamento e ocupação das terras (Zink et al., 2016; Santana et al., 2022; Lopes et al., 2022). Nessa conjuntura, tem-se as bacias hidrográficas como excelente unidade territorial de análise.

Ao longo da história a Região Semiárida Brasileira (SAB) foi identificada e delimitada de diferentes formas (Silva, 2003; Carvalho, 2012; Pereira, 2016). A delimitação mais recente do SAB considera três critérios principais: precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm; índice de aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50; e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60% (SUDENE, 2021). De acordo com Ab'Saber (1999), o SAB é marcado pelos baixos índices pluviométricos, precipitações irregulares, prolongados períodos de estiagem, e solos rasos e pedregosos.

A região apresenta a Caatinga como bioma típico, marcado pela vegetação xerófila, caules suculentos e sistema radicular difuso (Silva, 2003). A Caatinga recobre cerca de 11% do território brasileiro (844.453 km²), sendo a maior unidade de bioma florestal sazonalmente seco nos Neotrópicos (Souza et al., 2023). Este ambiente, possui relações muito intrínsecas entre os solos e os relevos (Lira et al., 2022; Silva et al., 2022; Sales et al., 2022; Souza et al., 2023). Os predominantes no semiárido brasileiro são os Luvisolos Crômicos Órticos e

Neossolos Regolíticos, associados a áreas com relevo suave ondulado (Jacomine et al, 1971). Também são encontrados Planossolos e Vertissolos, associados a paisagens com modelados de acumulação (Jacomine et al, 1971).

Existem muitas lacunas referentes ao conhecimento do semiárido brasileiro, principalmente, em relação as interações solo-relevo. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise integrada das relações pedogeomorfológicas no trecho médio a baixo da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açú, no semiárido brasileiro.

A problemática da pesquisa parte do questionamento de como acontecem as interações pedogeomorfológicas no semiárido brasileiro, quais áreas a morfogênese e pedogênese são mais atuantes?

Desse modo a hipótese que norteia este estudo é que dentro do contexto climático semiárido, a atuação dos processos pedogeomorfológicos é singular, em áreas sedimentares a pedogênese é mais atuante, a morfogênese, por sua vez, predomina em grande parte na área da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, principalmente na região do Seridó potiguar.

Material e métodos

Os procedimentos metodológicos deste estudo envolveram pesquisa bibliográfica, análises em gabinete e trabalhos de campo.

As análises de gabinete consistem em duas etapas: a etapa de coleta de dados e a etapa de processamento dos dados coletados. Entre os dados coletados se destacam dados vetoriais como aqueles referentes aos temas de geologia, geomorfologia e pedologia do IBGE (2021), adquiridos a partir do Banco de Dados e Informações Ambientais (BDIA); e dados matriciais, nesse caso imagens de radar do Alos Palsar referentes ao conjunto de dados PALSAR_Radiometric_Terrain_Corrected_high_res, obtidas a partir do banco de dados da NASA - ASF DAAC do Earth Data, referentes a um Modelo Digital de Elevação (MDE), utilizadas para a elaboração dos mapas cujo tema remeta às características geomorfológicas, sendo aqueles referentes à hipsometria com perfil de elevação e declividade.

Após a etapa de coleta de dados, produziu-se aqui na etapa de processamento, mapas

temáticos em ambiente SIG, com uso do software de licença livre QGIS (v. 3.22).

Os dados vetoriais de tema geologia, geomorfologia e pedologia obtidos, foram recortados para os limites da bacia em questão, posteriormente tiveram sua simbologia trabalhada e filtrada a partir do estilo disponibilizado também no BDIA para cada tema, onde em todas elas, foi utilizado o terceiro nível de legenda.

As imagens obtidas foram unidas por meio de um mosaico e em seguida foram recortadas para os limites da bacia, possibilitando a obtenção das características geomorfológicas do local. Para isso as imagens foram classificadas através das ferramentas *r.recode* e *r.report*. A primeira ferramenta é utilizada para a criação de classes através de intervalos, já a segunda tem a função de calcular a área (km²) das classes já criadas. No caso da hipsometria, foi elaborado um perfil topográfico através da ferramenta *Terrain Profile*, cuja direção varia de aproximadamente NNE – SSO.

As classes de declividade foram elaboradas de acordo com a classificação da EMBRAPA (1979), cujas classes se distribuem em 6 classes que variam entre 0 e maior que 75%.

No que concerne o trabalho realizado em campo, cabe discorrer a respeito de dois trajetos percorridos ao longo do trecho da Bacia Piranhas-Açu. O primeiro percurso teve início no município de Caicó, passando por Açu, com o destino ao município de Porto do Mangue/RN. Em que foram realizadas quatro paradas em pontos cruciais para a análise pedogeomorfológica (1º Barragem Armando Ribeiro; 2º Lagoa do Piató; 3º Serra do Mel e 4º APA Dunas do Rosado).

O segundo percurso compreende o deslocamento do município de Caicó rumo ao Pico do Cabugi, localizado em Angicos/RN. No decorrer do trajeto realizou-se quatro paradas, sendo a 1º parada para análise de perfil do solo (Luvissole); a 2º parada para análise da formação de Gilgais; a 3º parada na Mina Brejuí no município de Currais Novos, e por fim, a 4º parada no Pico do Cabugi. Cabe ressaltar que nos pontos citados, realizou-se registros fotográficos dos perfis de solos, evidenciando a diversidade pedogenética no médio e baixo curso da bacia hidrográfica.

Desta forma, buscou-se realizar associações entre os solos e os relevos, a fim de melhor compreender e discutir os processos pedogenéticos e sua relação com a morfogênese na área de estudo.

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açu (BHPA) localiza-se no nordeste setentrional (Figura 1), possuindo área equivalente a 43.683 km², abrangendo o estado da Paraíba com 60% (25.948 km²) e Rio Grande do Norte com 40% (17.735 km²) (Moura et al., 2007). No Rio Grande do Norte, o rio Piranhas adentra pelo município de Jardim de Piranhas, à jusante encontra-se a maior barragem do Estado, Armando Ribeiro Gonçalves.

A área da BHPA, apresenta dois tipos de climas principais de acordo com a classificação de Köppen. A parte mais alta da bacia, apresenta clima Tropical, enquanto o restante da área apresenta clima semiárido. As chuvas são concentradas nos meses de fevereiro a maio, variando de 500 a 800 mm (ANA, 2014).

Levantamento geológico

Confeccionou-se o mapa geológico baseado nos dados do IBGE (2021). O mapa apresenta as Unidades Litoestratigráficas. Essas Unidades estão inseridas dentro de três subprovíncias na área de estudo: a) Borborema, b) Coberturas Cenozóicas; c) Costeira e Margem Continental. Na área de estudo há um predomínio de rochas cristalinas (ígneas e metamórficas), destacando-se principalmente, granitos, xistos, gnaisses e migmatitos que constituem parte da Província Borborema, e parte do embasamento cristalino (Pré-Cambriano) (ANA, 2014).

A porção norte da área de estudo está inserida na Bacia Potiguar, onde destacam-se as Formações Jandaíra (com predominância de calcários) e Açu (com predominância de arenitos) (ANA, 2014). Destaca-se que, em algumas localidades, parte da Bacia Potiguar está recoberta pelo Grupo Barreiras. Na região, identificam-se importantes atividades econômicas como a extração de petróleo, gás, calcário e extração de argilas nas planícies aluviais, por fim, na área costeira tem-se as maiores empresas salineiras do país.

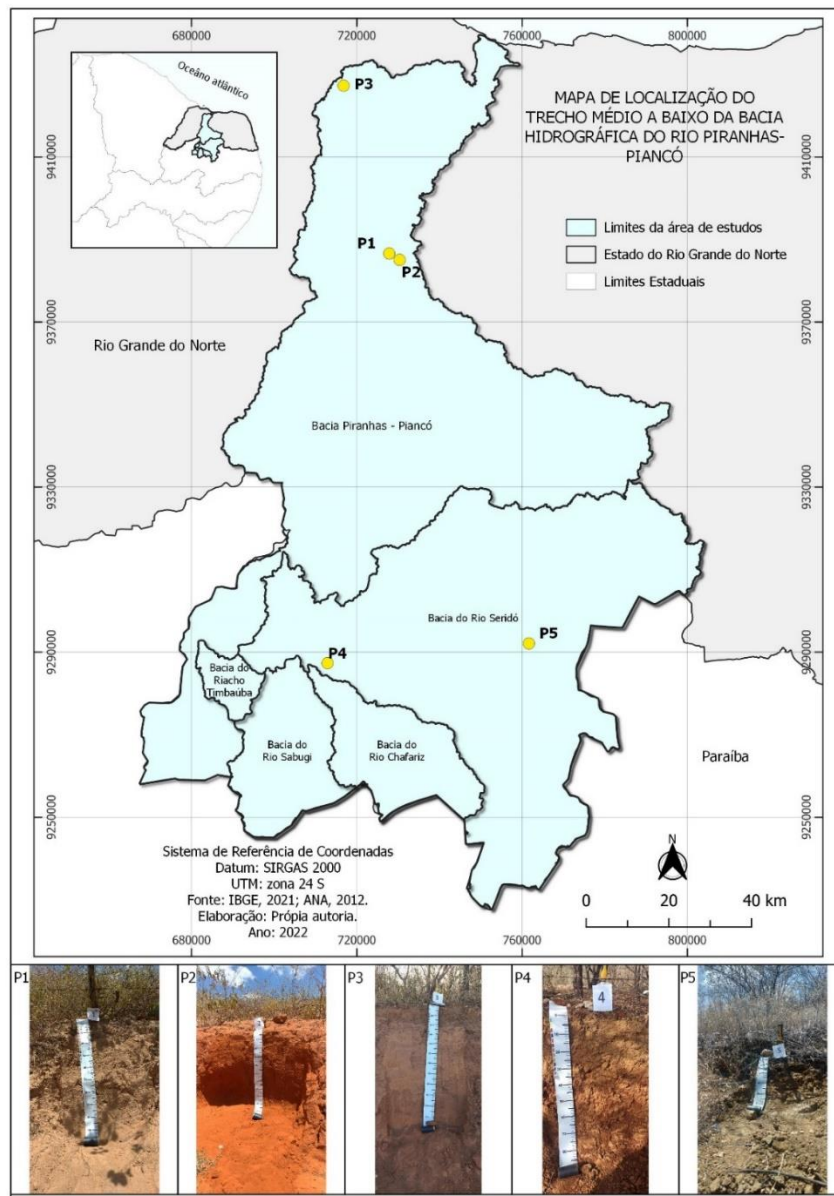


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, trecho médio à baixo da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, no semiárido brasileiro, com os respectivos perfis de solos representativos: P1- Neossolo Quartzarenico; P2- Argissolo Vermelho; P3- Latossolo Vermelho-Amarelo; P4- Luvisolo Crômico; P5- Neossolo Regolítico.

Levantamento dos solos

Confeccionou-se o mapa pedológico baseado nos dados do IBGE (2021). O mapa apresenta treze subordens de solos seguindo a classificação e procedimentos propostos por Santos et al. (2018). Para caracterização dos solos, ainda foram realizadas atividades de campo, com

descrições morfológicas e registros fotográficos de 5 perfis, em diferentes compartimentos geomorfológicos na área de estudo. Os solos analisados foram: P1- Neossolo Quartzarenico; P2- Argissolo Vermelho; P3- Latossolo Vermelho-Amarelo; P4- Luvisolo Crômico; P5- Neossolo Regolítico (Figura 2).

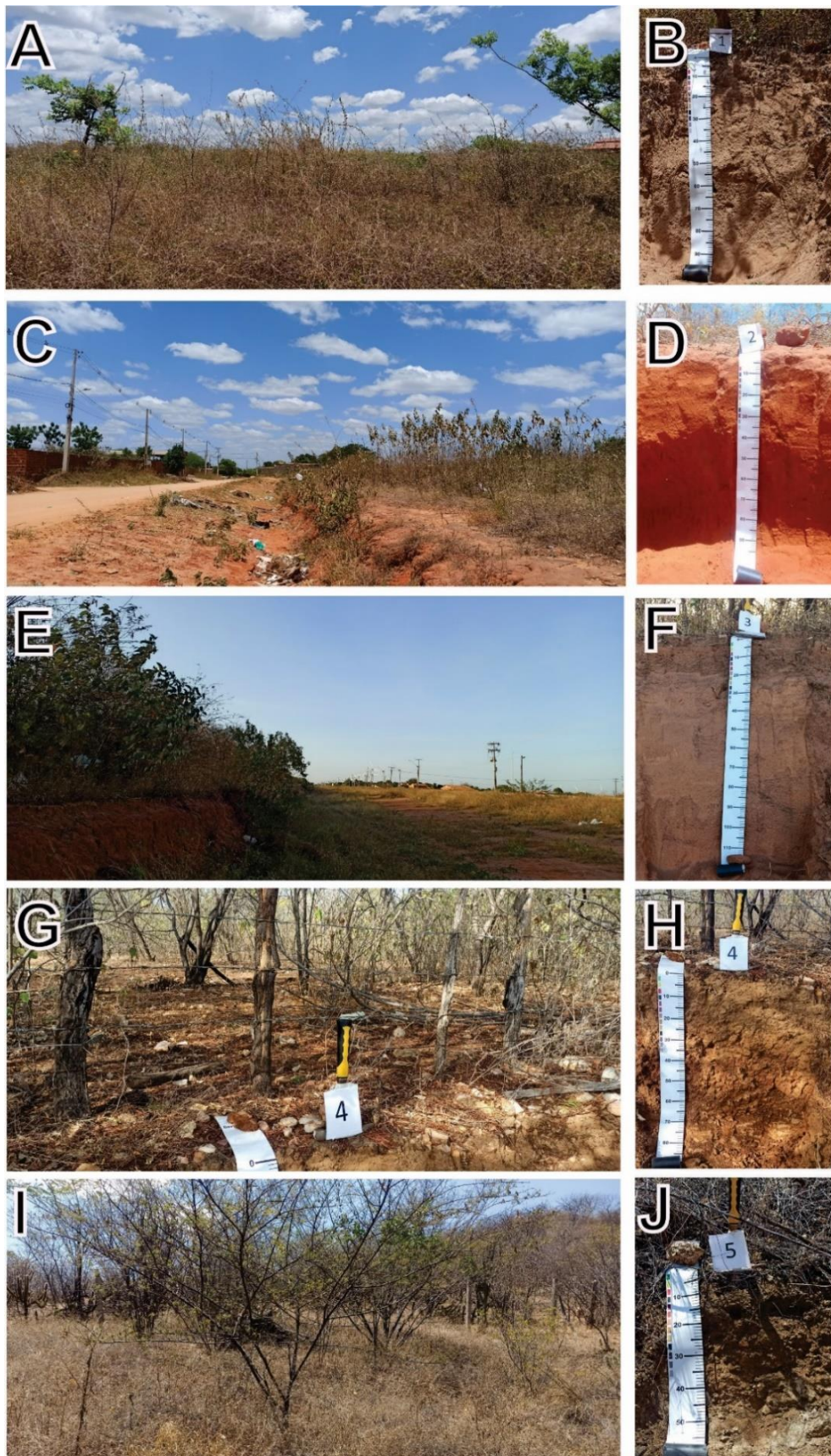


Figura 2. Representação dos perfis de solos e paisagens da área de estudo.

A e B – paisagem no Vale do Rio Açú e P1- Neossolo Quartzarenico; C e D – paisagem no Vale do Rio Açú e P2- Argissolo Vermelho; E e F – paisagem no topo da Serra do Mel e P3 - Latossolo Vermelho-Amarelo; G e H – paisagem na Depressão Sertaneja em Caicó e P4 - Luvisolo Crômico; I e J – paisagem nas Serras Ocidentais e P5- Neossolo Regolítico.

Levantamento geomorfológico

Confeccionou-se o mapa geomorfológico baseado nos dados do IBGE (2021). O tema geomorfologia tem seus dados definidos em três níveis taxonômicos. Os Domínios Morfoestruturais (1º Táxon) estão subdivididos em Cinturões Móveis Neoproterozóicos, Bacias e Coberturas Sedimentares e Depósitos Sedimentares Quaternários. As Unidades Geomorfológicas (2º Táxon) estão representadas pelas diferentes tonalidades de cores, sendo mapeadas 10 unidades na área de estudo. E por fim, os Modelados do Relevo (3º Táxon) estão representados com os rótulos em modelados de aplanamento, dissecação e acumulação, seguindo a proposta do IBGE (2009).

A partir do processamento de dados matriciais no QGIS, foi criado um mosaico de imagens de radar do Advanced Land Observing Satellite (ALOS), com o sensor de micro-ondas Phased Arrayed type L-Band SAR (PALSAR) com resolução espacial de 12,5m, oriunda da base de dados do Distributed Active Archive Centers (DAACs) da ASF (Alaska Satellite Facility). A partir desse mosaico foi realizada a extração da declividade expressa em porcentagem (%) por meio da ferramenta “declividade” e sua classificação foi realizada de acordo com a Embrapa (1979), por meio da ferramenta “r.report” que realiza a classificação a partir da distribuição dos valores em um arquivo .txt.

Por fim, elaborou-se o mapa hipsométrico e o perfil longitudinal com orientações NNE e SSW na área de estudo e extensão de 179.483 Km. O perfil foi elaborado com uso da ferramenta “Terrain profile” que, posteriormente foi suavizado e finalizado no programa Inkscape v. 1.2.1.

Resultados

Caracterização geológica

A área de estudo apresenta rochas sedimentares e cristalinas. Mais especificamente, foram identificadas quarenta unidades litoestratigráficas, divididas em três eras e quatro períodos (Figura 3). Os litotipos associados ao

Cenozoico (Paleógeno – Neógeno) se compõem em dez unidades, sendo: Depósitos aluvionares (N4a), Depósitos litorâneos de praias e dunas móveis (N4lpd), Domínio dos sedimentos cenozoicos eólicos (N34elp), Depósitos flúvio-lacustrinos (N34flc), Depósitos fluviomarinhos (N34fm), Depósitos aluvionares antigos (N3a), Depósitos de mangues (N23m), Depósitos colúvio-eluviais (N23c), Grupo Barreiras (ENb) e Formação Serra do Martins (ENsm).

A era Mesozoico, período Cretáceo possui três unidades: o Basalto Serra do Cuó (K2βc), Formação Jandaíra (K2j) e Formação Açú (K12a) (Figura 3). As unidades mais diversas se apresentam nos períodos Neoproterozóico e Paleoproterozóico, ambos presentes na era Proterozoico. As unidades litoestratigráficas que se encontram no primeiro período são a Suíte intrusiva Dona Inês (NP3γ2di), Suíte intrusiva Itaporanga (NP3γ2it), Suíte intrusiva São João do Sabugi (NP3δ2s), Granitoides indiscriminados (NP3γi), Formação Seridó (NP3ss), Formação Equador (NP3se), Metaconglomerado, Equador (NP3secc), Formação Jucurutu (NP3sju), Jucurutu metacherte (NP3sjuch), Formação Jucurutu com lentes de rochas calcissilicáticas, mármore (NP3sjum), Formação Jucurutu Unidade de quartzitos (NP3sjuq), Formação Jucurutu Unidade de rochas metavulcânicas andesíticas (NP3sjuv), Formação Serra dos Quintos (NP3sq), Formação Serra dos Quintos Unidade de formações ferríferas (NP3sqf), Unidade Metabasaltos/leucortognaisses (NP3sqmb), num total de dezesseis unidades (Figura 3).

No período Paleoproterozóico, por sua vez, estão presentes oito unidades: Suíte Poço da Cruz (PP3γpc), o Complexo Caicó Unidade de ortogneise (PP2γcai), Complexo Caicó Unidade de leucortogneise (PP2γcail), Complexo Caicó Unidade indivisa (PP2cai), Complexo Caicó Unidade das rochas anfibolíticas (PP2caia), Complexo Caicó Unidade dos gnaisses bandados (PP2caib), Complexo Caicó Unidade de lentes de mármore (PP2caim) e Complexo Caicó Unidade metavulcanossedimentar (PP2caivs) (Figura 3).

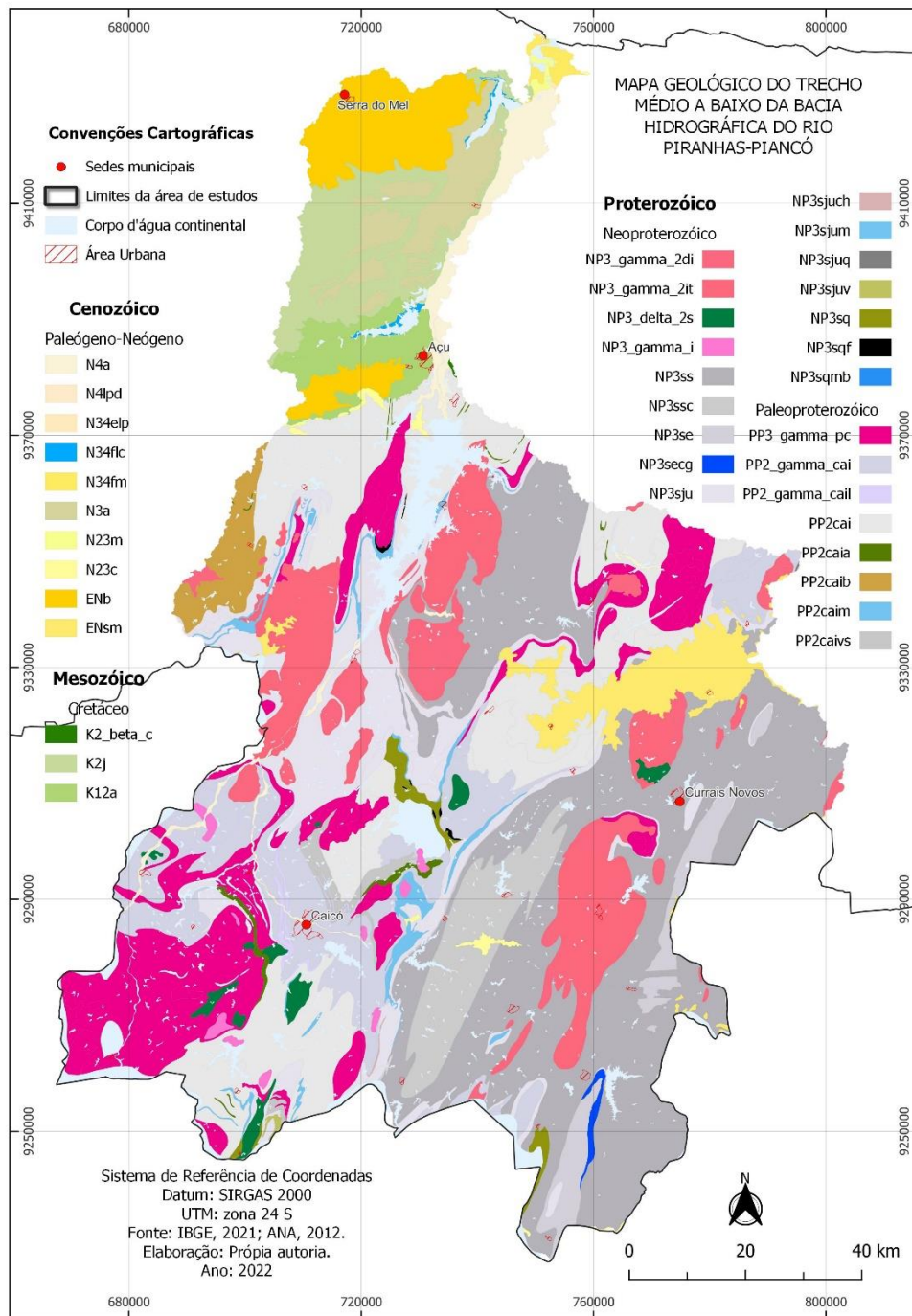


Figura 3: Mapa geológico da área de estudo, trecho médio à baixo da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, no semiárido brasileiro.

Caracterização do relevo

A área de estudo possui terrenos com altitudes variando de 798 m até o nível do mar. As porções mais elevadas estão associadas com os relevos tabuliformes associados com a Formação

Serra do Martins, destacando-se a Serra de Santana a leste e João do Vale a oeste da área de estudo. Ao norte da área de estudo situam-se as terras mais baixas, principalmente no vale do Rio Piranhas-Açu (Figura 4).

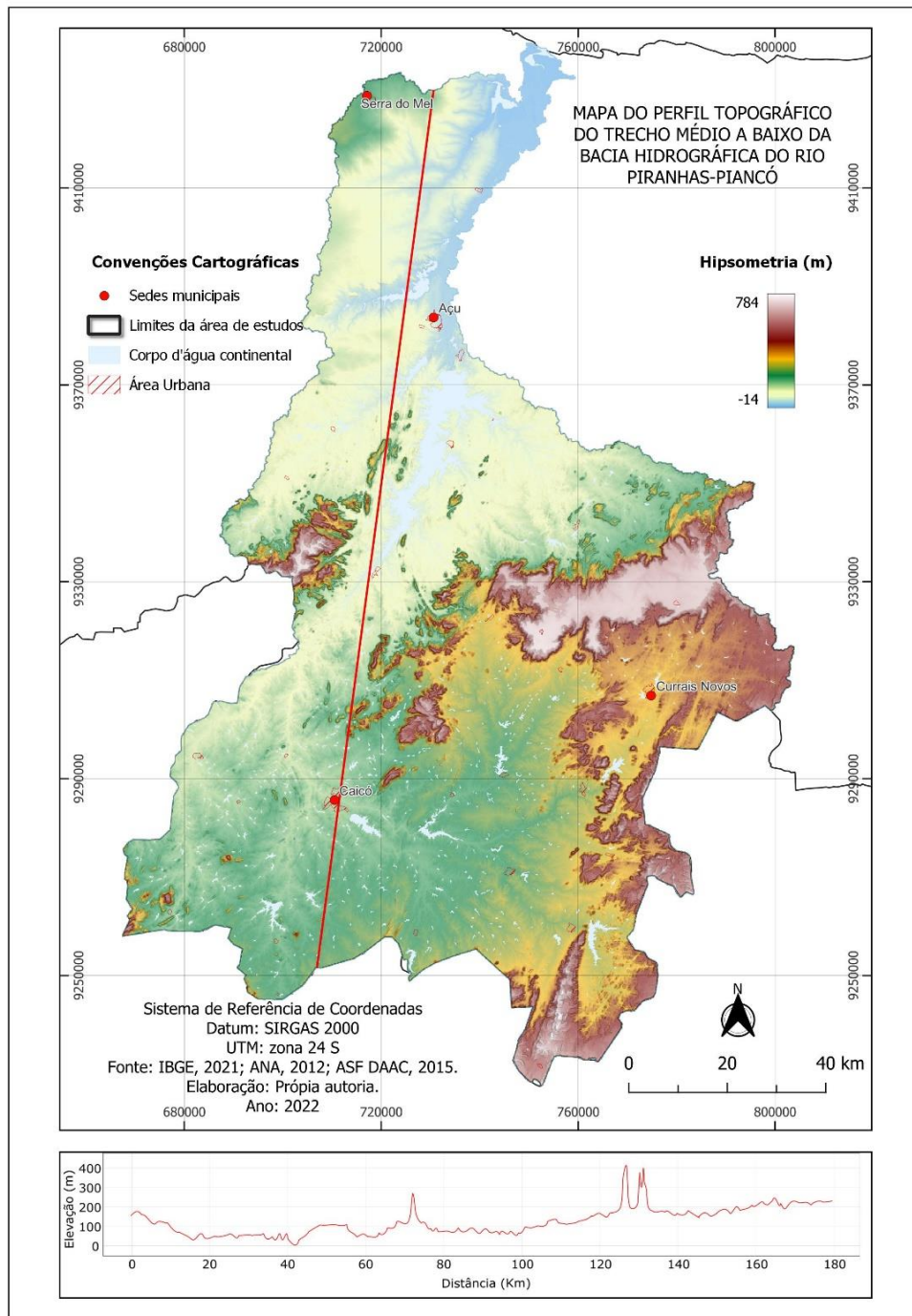


Figura 4: Hipsometria com perfil de elevação, do trecho médio à baixo da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açú, no semiárido brasileiro.

A geomorfologia do trecho médio e baixo da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas- Piancó é caracterizada por unidades geomorfológicas, representadas em três grupos: Cinturões Móveis Proterozóicos em tons de cores terrosos (Serras ocidentais Planalto da Borborema, Pediplano Central do Planalto da Borborema, Encostas Orientais do Planalto da Borborema, Depressão Sertaneja Setentrional), Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas com tons esverdeados

(Chapada do Apodi, João do Vale, Superfície Rebaixada do Vale do Rio Açú, Serras de Santana e Cuité) e Depósitos Sedimentares Quartanários nos tons de cores amarelados (Litoral Setentrional Nordeste, Planícies e Terraços Fluviais) (Figura 5). Observa-se que a Depressão Sertaneja Setentrional corresponde à maior parte da área de estudo, seguida das Serras Ocidentais do Planalto da Borborema, o Pediplano Central do Planalto da Borborema, a Chapada do Apodi, a Superfície

Rebaixada do Vale do Rio Açu, Serras de Santana e Cuité, Serras Portalegre e João do Vale e

Encostas Ocidentais do Planalto da Borborema (Figura 5)

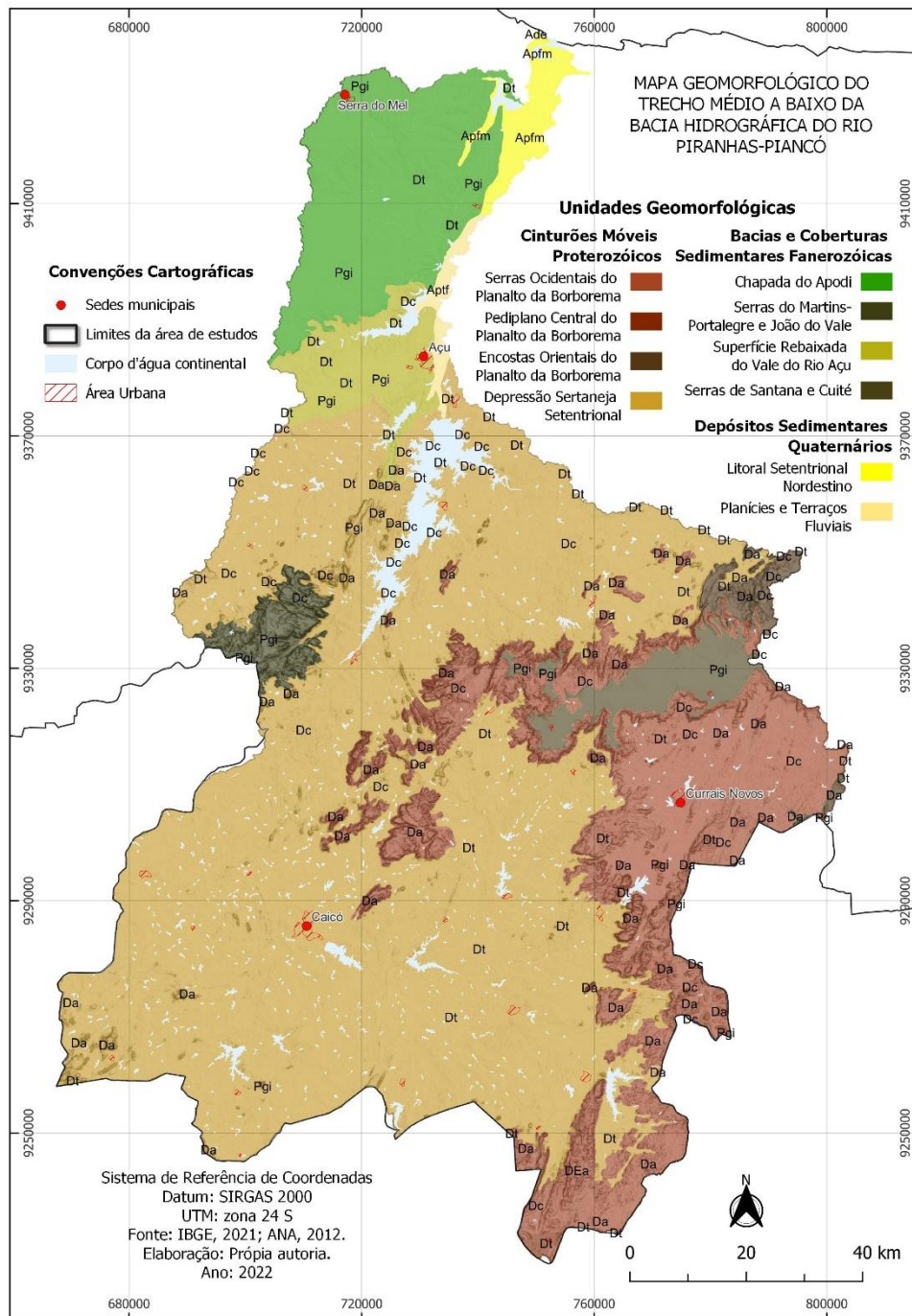


Figura 5. Mapa geomorfológico do trecho médio à baixo da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, no semiárido brasileiro.

Na área de estudo tem-se predominância da classe de declividade Suave Ondulado (3 a 8%), ocupando um total de 51,19% da área total, seguido pela classe Ondulado (29,50%), Forte Ondulado

(9,48%), Plano (7,44%), Montanhoso (2,19%) e Escarpado (0,20%) (Figura 6).

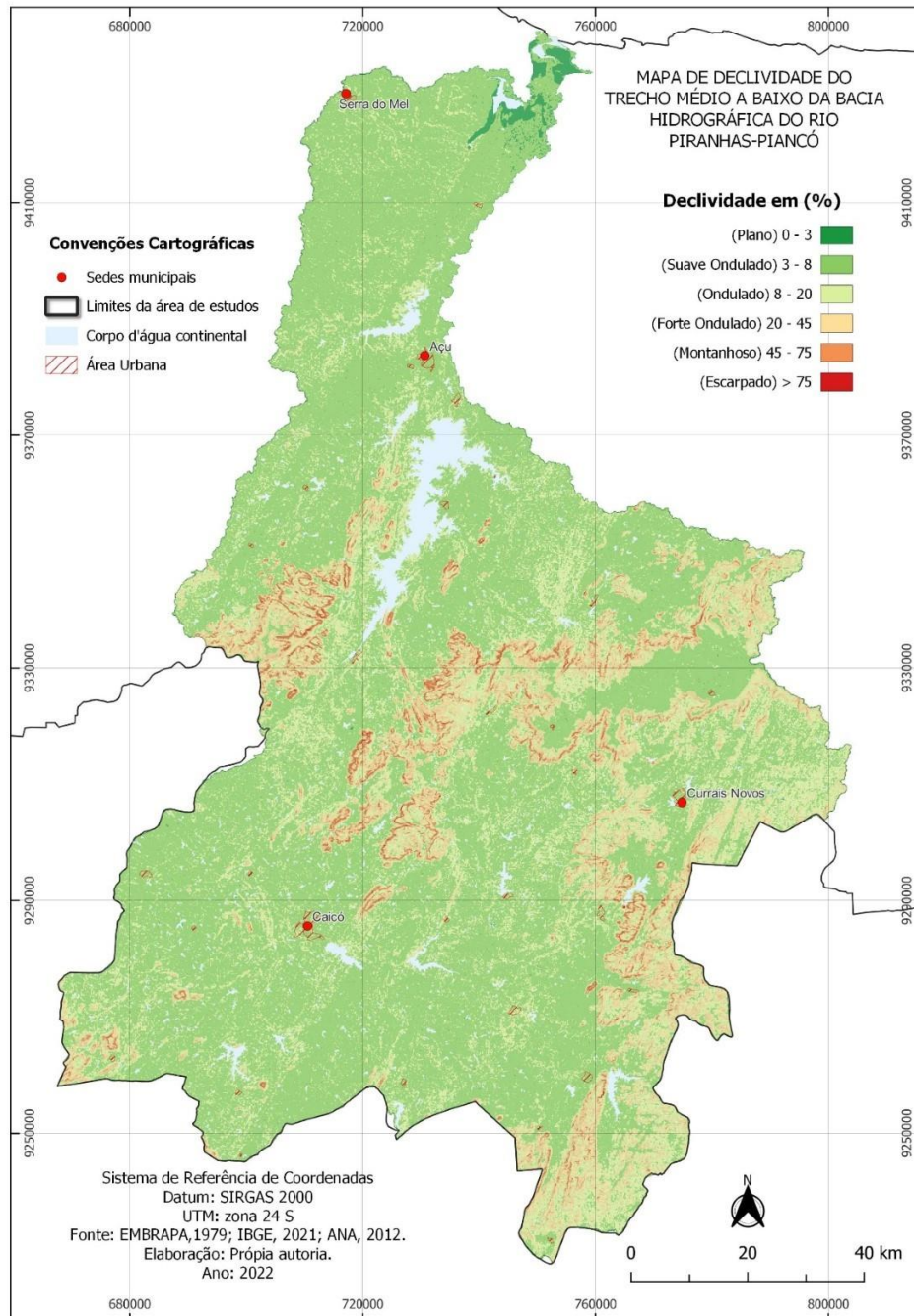


Figura 6. Mapa de declividade do trecho médio à baixo da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, no semiárido brasileiro.

Caracterização dos solos

A área de estudo apresenta menor pedodiversidade nos terrenos associados às rochas cristalinas, onde predominam Luvisolos Crômicos, Neossolos Litólicos e Regolíticos

(Figura 7). Por sua vez, no setor das rochas sedimentares, observou-se maior pedodiversidade com ocorrência de Latossolos, Argissolos Vermelhos, Cambissolos Háplicos, Chernossolos Rêndzico e Gleissolos Sálcos (Figura 7). Ao norte

da Serra de Santana, observa-se manchas de ocorrência de Planossolos Nátricos, associado à Suíte Intrusiva Poço da Cruz (Figura 7).

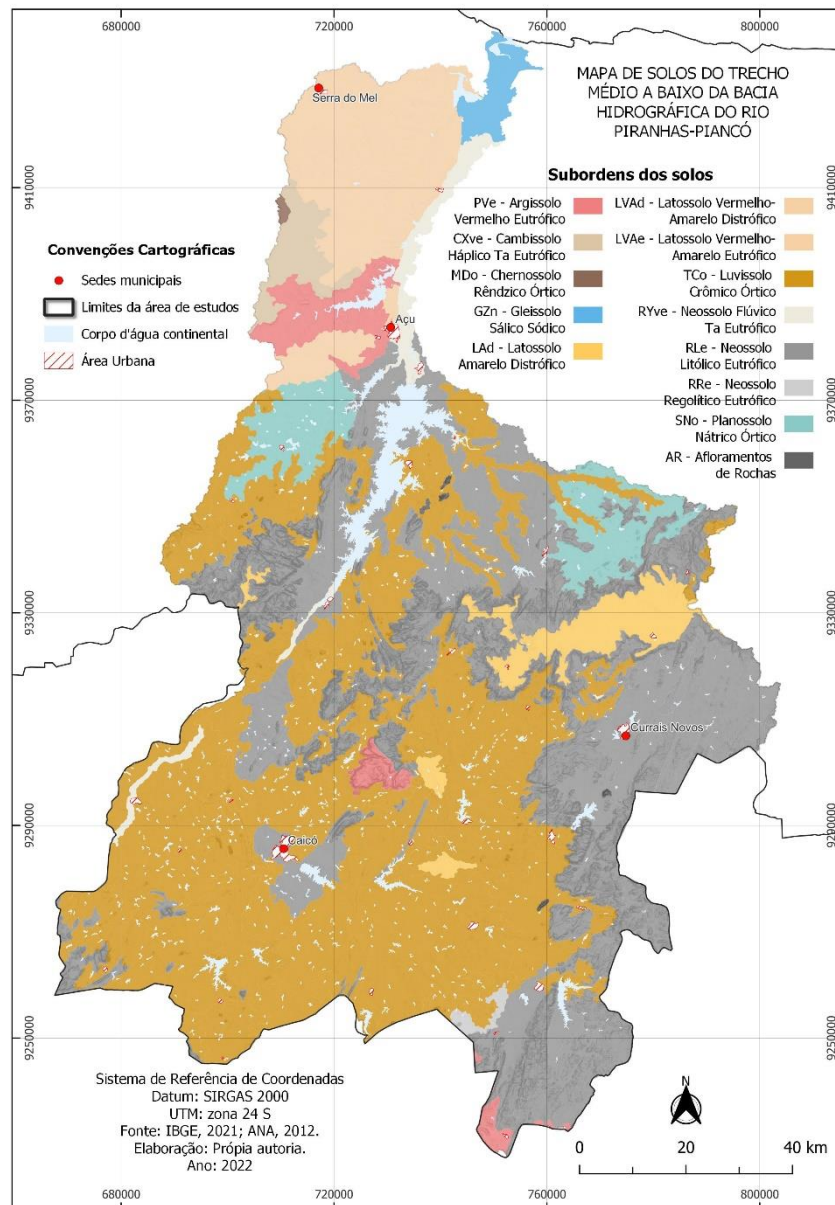


Figura 7. Mapa de solos da área de estudo, trecho médio à baixo da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, no semiárido brasileiro.

Caracterização pedogeomorfológica

Observou-se Latossolos Amarelos, associados aos relevos tabuliformes da Formação Serra do Martins, identificou-se na Serra de Santana abrangência de 94% de Latossolos e na Chapada do Apodí cerca de 79%, sendo estes solos nesta área associados principalmente com o Grupo

Barreiras (Quadro 1). Na depressão sertaneja, registrou-se predominância de Luvisolos (69%). Nas planícies fluviais identificou-se predomínio de Neossolos (95%), observou-se Neossolos Flúvicos associados as planícies fluviais do Rio Piranhas-Açu (Quadro 1).

Quadro 1. Compartimentos geomorfológicos associados com as ocorrências dos solos na área de estudo.

AF – Afloramento rochoso; P – Argissolo; C – Cambissolo; M – Chernossolo; G – Gleissolo; L – Latossolo; T – Luvissolo; R – Neossolo; S – Planossolo.

	AF (%)	P (%)	C (%)	M (%)	G (%)	L (%)	T (%)	R (%)	S (%)
Chapada do Apodi	0,00	3,14	16,07	0,76	0,38	79,01	0,00	0,64	0,00
Depressão Sertaneja Setentrional	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,66	69,93	22,47	6,73
Encostas Orientais do Planalto da Borborema	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,07	13,09	83,10	3,69
Litoral Setentrional Nordeste	0,00	0,00	0,00	0,00	67,37	9,44	0,00	23,19	0,00
Pediplano Central do Planalto da Borborema	0,00	70,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,03	0,00
Planícies e Terraços Fluviais	0,00	4,53	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	95,29	0,00
Serras de Santana e Cuité	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	94,16	0,39	5,44	0,00
Serra de João do Vale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,06	0,38	93,56	0,00
Serras Ocidentais do Planalto da Borborema	0,15	3,26	0,00	0,00	0,00	1,12	4,41	90,89	0,17
Superfície Rebaixada do Vale do Rio Açu	0,00	50,21	0,35	0,00	0,00	33,19	0,01	15,87	0,37

A área de estudo apresenta quatro grandes compartimentos pedogeomorfológicos principais, sendo eles, i) Planícies e terraços com coberturas Holocênicas; ii) Relevos tabuliformes com coberturas latossólicas; iii) Superfícies com coberturas luvissólicas; iv) Superfícies regolíticas e/ou litólicas (**Tabela 1**).

Discussão

Planícies e terraços fluviais com coberturas Holocênicas

A Planícies e os Terraços Fluviais apresentam coberturas Holocênicas, associadas principalmente a Neossolos Flúvicos (Tabela 1). Esses ambientes apresentam predomínio da morfogênese, associada aos modelados de acumulação (fluvial e/ou marinha). Dessa forma, tem-se processo de rejuvenescimento constante dos solos, comumente, observa-se descontinuidades, em que os horizontes não apresentam relação pedogenética entre si, as propriedades destes solos são muito variáveis do ponto de vista físico, químico e mineralógico (Curi et al., 2017). Em menor abrangência, esses ambientes podem possuir ocorrência de Gleissolos, porém, na área de estudo

estes solos são mais abundantes no litoral setentrional (Quadro 1).

Os Neossolos Flúvicos das Planícies são solos jovens que estão bastante associados a presença de carnaubais e culturas de várzeas (Diniz; Oliveira, 2018). Segundo Filho et al. (2009) a presença de Neossolos Flúvicos na área em análise ocorre com diferentes ciclos de deposição, derivados do produto direto do intemperismo das rochas ígneas e metamórficas.

Relevos tabuliformes com coberturas latossólicas

Na área de estudo, as unidades geomorfológicas em que se tem predominância da pedogênese são a Chapada do Apodi, o Litoral Setentrional, e as Serras de Santana e Cuité (Figura 7). Nessas áreas, tem-se ocorrência dos solos mais profundos e desenvolvidos, Latossolos e Argissolos. Na Serra de Santana tem-se predominância de Latossolo-Amarelo, associado ao relevo com topo plano e com rochas sedimentares da Formação Serra do Martins (Figura 7). São definidos por Bernardino, Diniz e Bezerra (2021) como relevos de tabuleiros interiores e áreas planálticas no Seridó Potiguar.

Estudos recentes com utilização de técnicas de datações associaram a existência de Latossolos no semiárido com paleoclimas úmidos

(Souza et al., 2023; Souza et al., 2023). De acordo com Souza et al. (2023), Latossolos da Serra de Santana (Formação Serra do Martins), foram datados do último Máximo Glacial (18 kyr), possivelmente correspondentes a um ambiente com paleovegetação densa e a um paleoclima úmido. Segundo Souza et al., (2023) o semiárido brasileiro passou por mudanças paleoambientais induzidas por eventos de escala global. Durante o Pleistoceno Superior - Holoceno Inferior, o semiárido passou por processos de intemperismo severo, associado com uma vegetação densa e períodos úmidos, nessas condições a latossolização foi o principal processo de formação do solo (Souza et al., 2023). Os mesmos autores propuseram cinco fases de latossolização na região nos últimos 100 mil anos, vinculadas a diferentes eventos climáticos em escala global (Souza et al., 2023).

No presente estudo, identificou-se Latossolo Vermelho-Amarelo (P3), sobre o Grupo Barreiras na Chapada do Apodí. As condições do relevo com baixa declividade (Figura 6), favorecem a maior infiltração, intemperismo químico e atuação da pedogênese, assim tem-se solos mais uniformes, desenvolvidos, lixiviados e oxidados. Nos Tabuleiros Costeiros estes solos ultrapassam facilmente os 2 m de profundidade e possuem condições de boa drenagem. Solos com horizontes B latossólico (Bw), apresentam agregados muito pequenos e granulares, sendo resistentes em relação aos processos erosivos (Lepsch, 2010). De acordo com Silva et al. (2022), em áreas com relevo com topos planos, associado às rochas sedimentares, tem-se favorecimento a maior atuação da pedogênese, encontrando-se solos bem estruturados e profundos, esses solos tendem a ser mais resistentes em relação aos processos erosivos e são mais favoráveis aos usos mais intensivos (Pereira et al., 2019; Silva et al., 2022). Esses solos, associados aos relevos suaves ondulados, apresentam um bom potencial para a agricultura irrigada, mecanização agrícola, silvicultura, etc (Lucena et al., 2023; Lisbinski et al., 2023).

O relevo com topo plano, aliado aos solos estruturados e porosos facilitam a infiltração e percolação hídrica, consequentemente, tem-se excelentes condições para recarga hídricas de aquíferos, condições ainda mais potencializadas com a existências de pacotes de rochas sedimentares (Tucci, 2009; Silva et al., 2022).

Nas áreas sedimentares, nos relevos tabuliformes, ou nas superfícies rebaixadas (Vale do Rio Açú), também podem ser identificados, Neossolos Quartzarênicos, como o P1, associado a Formação Açú (Arenitos), nesse caso, os solos

estão mais associados ao material de origem do que ao relevo. Embora, ocorram associações entre Latossolos e Neossolos Quartzarênicos em áreas sedimentares, a predominância aparenta ser de **Latossolos, a partir das observações realizadas nas excursões de campo com análises de perfis.**

Superfícies com coberturas luvisólicas

Este compartimento morfopedológico é predominante na Depressão Sertaneja. Neste estudo, identificou-se Luvisolo Crômico (P4) típico deste compartimento. Este solo é comumente identificado no semiárido, sua ocorrência está associada às condições climáticas, com déficit hídrico. De acordo com Souza et al., (2023), diferentemente dos Latossolos que podem estar associados às condições paleoambientais muito distintas das atuais, superfícies luvisólicas estão associados ao atual clima semiárido. Assim sendo, tem-se baixa lixiviação e baixo intemperismo químico, isto favorece a maior concentração de argilas 2:1 nos solos (Leite, 2022). As condições de relevo também favorecem a ocorrência dos Luvisolos, o qual tende a se localizar em setores específicos com declividade e acumulação moderada. Esses solos possuem horizonte Bt, tendem a ser pouco profundos, ricos em bases (Ca, Mg, K, etc) e com argila de alta atividade (Ta) (argilas 2:1 ou expansivas), o que acarreta em consistência muito dura quando seca e muito pegajosa quando molhada, dificultando o uso agrícola (EMBRAPA, 2014). A concentração de argilas expansivas no solo, podem ocasionar uma série de implicações paisagísticas, influenciando os fluxos hídricos (Lira et al., 2022).

Os Luvisolos possuem ocorrência bastante associada a Depressão Sertaneja (Souza et al., 2023), que apresenta diferentes níveis de altitudes dos pedimentos (Vital; Santos; Santos, 2021), onde o clima semiárido se caracteriza por precipitações pluviométricas de curta duração e alta intensidade, que em consórcio com a baixa condutividade hidráulica dos Luvisolos, contribui com o escoamento superficial e a erosão laminar. Tal condição favorece a remoção das partículas mais finas, especialmente da argila e contribui com a formação do contraste textural dos solos em análise (Oliveira et al., 2008). O clima semiárido minimiza a lavagem das bases do complexo de troca, diminuindo a sua troca por íons H^+ . Tal condição impossibilita o abaixamento do pH, a decomposição de minerais de argila e o aparecimento de Al trocável (Veloso et al., 1992).

Superfícies regolíticas e/ou litólicas

As Serras Ocidentais e Planalto da Borborema, possuem áreas com maiores declividades associados com rochas cristalinas (Figuras 5 e 6), nessas superfícies predominam solos jovens e pouco desenvolvidos. Mesmo na Depressão Sertaneja, em áreas com afloramentos rochosos (“lajedos”) e inselbergs tem-se ocorrência de solos litólicos e regolíticos. Nesses locais, além das lentas taxas de intemperismo químico nas rochas cristalinas, tem-se rejuvenescimento constante dos solos com predomínio da morfogênese (**Tabela 1**). Sales et al. (2022) registram ocorrência generalizada de Neossolos (regolíticos e litólicos) em áreas associadas aos granitos da Suíte Itaporanga, no Seridó Potiguar. Segundo Xavier (2021), essas paisagens são

dominadas pela presença de Luvisolos Crômicos, Neossolos Litólicos e Regolíticos associados a rochas ígneas e metamórficas sob Caatinga Arbustiva. Neste estudo, identificou-se Neossolo Regolítico (P5), nas Serras Ocidentais (Figura 5).

Os Neossolos Regolíticos apresentam pequenas variações no semiárido em função principalmente do regime climático e material de origem. Tais características ambientais provocam processos pedogenéticos de pequena expressão (Santos et al., 2012). Quanto aos Neossolos Litólicos, estão comumente associados à afloramentos rochosos (Medeiros et al., 2013) e segundo Schulz et al. (2016) ocupam 19% do semiárido brasileiro.

Tabela 1. Compartimentos morfopedológicos com suas caracterizações e descrições.

Compartimentos Morfopedológicos	Relevo	Solos	Geologia	Balanco morfogênese /pedogênese	Descrição geral
Planícies e terraços com coberturas Holocênicas	Litoral setentrional/Planícies e Terraços Fluviais	Gleissolos, Neossolos Flúvicos e Quartzarênicos	Depósitos Holocênicos	Morfogênese	Planícies Holocênicas com solos jovens, influenciado pelo rejuvenescimento constante promovido pela sedimentação marinha ou fluvial.
Relevos tabuliformes com coberturas latossólicas	Chapada do Apodi, Serra de Santana e Superfície Rebaixada do Rio Açu	Latossolos e Argissolos	Formações Barreiras, Serra de Martins, Jandaíra e Açu	Pedogênese	Cobertura latossólica associada ao relevo plano e rochas sedimentares.
Superfícies com coberturas luvisólicas	Depressão Sertaneja	Luvisolos	Complexo Caicó e Suíte Itaporanga	Morfogênese	Cobertura luvisólica associada à condições de boa drenagem, e relevo suave ondulado, favorecendo a gênese de horizonte B textural.
Superfícies regolíticas e/ou litólicas	Serras Ocidentais	Neossolos	Grupo Seridó e Suíte Itaoranga	Morfogênese	Cobertura regolítica e/ou litólica associada à morfogênese intensa, típica do clima semiárido agindo sobre o material de origem cristalino.

Conclusões

Os solos e relevos são importantes elementos do meio físico que evoluem em conjunto nas paisagens. Os fenômenos terrestres são melhor compreendidos quando se realiza uma abordagem integrada, nesse sentido, esse trabalho traz uma discussão importante considerando a conexão de dados ambientais no semiárido brasileiro. Nessa abordagem, entende-se o solo e o relevo como dinâmicos, sendo sua evolução produto de combinação de fatores que vão influenciar no balanço entre pedogênese e morfogênese.

Registrou-se que a morfogênese predomina em grande parte da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, principalmente na região do Seridó potiguar, sendo consequência das chuvas torrenciais típicas do semiárido, da existência de rochas cristalinas (principalmente granitos e gnaisses), e das baixas taxas de intemperismo químico (afetada pela resistência litológica e pelo déficit hídrico).

Por sua vez, a pedogênese é mais atuante, em áreas com rochas sedimentares, associadas principalmente com o Grupo Barreiras e Formação Serra de Martins. Nessas áreas, o relevo plano associado com a ocorrência de rochas sedimentares (principalmente arenitos e conglomerados), favorecem a infiltração e percolação hídrica, consequentemente, tem-se maiores taxas de intemperismo químico e solos mais desenvolvidos.

É essencial que se aprofunde o conhecimento dos solos e dos relevos no semiárido com escalas em maior detalhe e com a produção de mais dados primários sobre as propriedades químicas, físicas e mineralógicas dos solos, assim pode-se aprofundar no conhecimento sobre a evolução das paisagens, subsidiar as ações voltadas a preservação ambiental e auxiliar nas melhores estratégias de uso/ocupação das terras visando a minimização dos impactos ambientais.

Agradecimentos

Os autores agradecem pela colaboração da equipe do GEOPAS/UFRN (Grupo de Estudo em Geomorfologia e Paisagens Semiáridas). Agradecemos ao PPG em Geografia do CERES pelo apoio na realização das atividades de campo. Por fim, agradecemos também os revisores e editores pelas sugestões e melhorias no trabalho.

Referências

Ab'Saber, A.N. 1999. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. Estudos Avançados, São Paulo 13, 07-59.

- ANA. Agência Nacional de Águas, 2014. Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. Brasília.
- Bernardino, D.S.M., Diniz, M.T.M., Bezerra, L.S., 2021. Caracterização geoambiental multiescalar das paisagens do Seridó potiguar: do envelope geográfico às regiões naturais. Revista Equador, 10, 01-27. DOI: <https://doi.org/10.26694/equador.v10i01.12535>.
- Bockheim, J.G., Gennadiyev, A.N., Martelo, R.D., Tandarich, J.P., 2005. Historical development of key concepts in pedology. Revista Geoderma 124, 23-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.004>.
- Carvalho, L.D., 2012. Ressignificação e reapropriação social da natureza: práticas e programas de “convivência com o semiárido” no território de Juazeiro - Bahia. Tese (Doutorado), UFS, São Cristóvão.
- Cestaro, L.A., Soares, J.J., 2004. Variações florística e estrutural e relações fitogeográficas de um fragmento de floresta decídua no Rio Grande do Norte, Brasil. Acta Botanica Brasilica 18, 203-208. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-3306200400020000>.
- Curi, N.C., Ker, J.C., Novais, R.F., Vidal-Torrado, P., Schaefer, C.E.G.R., 2017. Pedologia: solos dos biomas brasileiros. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa.
- Diniz, M.T.M., Oliveira, A.V.L.C., 2018. Mapeamento das unidades de paisagem do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Boletim Goiano de geografia 38, 342-364. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v38i2.54613>.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1979. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 83.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2014. Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife. Solos do Nordeste. Recife/PE. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003864/solos-do-nordeste> > Acessado: 29/10/2022.
- Filho, E.T.D., Sobrinho, F.E., Silva, F.N., Maracaja, P.B., Maia, S.S.S., 2009. Caracterização e uso de solos em região semiárida do médio oeste do Rio Grande do Norte. Revista Caatinga 22, 111-120.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Manual Técnico de

- Geomorfologia. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 175.
- Jacomine, P.K.T., Silva, F.B.R., Formiga, R.A., Almeida, J.C., Beltrão, V.A., Pessoa, S.C.P., Ferreira, R.C., 1971. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. SUDENE/Divisão de Pesquisa Pedológica, Recife, 533.
- Leite, M.J.H., 2022. Características gerais dos principais solos da região semiárida. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar 3, 1-20. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i10.1964>
- Lepsch, I.F., 2010. Formação e Conservação dos Solos. Oficina de Texto. São Paulo, 216.
- Lira, D. I., Reis, J.S., Lopes, D.V., Silva, I.M., 2022. Morfologia de microrrelevos gilgai na região de Caicó – RN. International Journal Semiarid. Ano 5, 5, 386 – 401.
- Lisbinski, F.C., Bobato, A.M., Coronel, D.A., Feistel, P.R., 2023. Exportações de melão, manga e uva produzidos no nordeste brasileiro (2000-2018): uma análise de dados em painel. Revista Econômica do Nordeste, 178-201.
- Lopes, D.V., Reis, J.S., Silva, J.S., Lira, D.I., Rocha, D.F., 2022. Caracterização pedogeomorfológica da RPPN Olho d'água das Onças, no semiárido brasileiro. In: XIX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Antropoceno: das transformações às metamorfoses das paisagens e do mundo, 2022. Rio de Janeiro. Geomorfologia e Pedologia: evolução, comportamento, gênese e transformações antropogênicas. Rio de Janeiro. 302-306.
- Lucena, C.Y.S., Souza, J.J.L.L., Silva, B.Q., Reis, J.S., Lucena, R.L., 2023. A Serra de Santana no semiárido nordestino: aspectos geográficos e possibilidade de práticas sustentáveis. Revista Geográfica de América Central, 70, 448-475. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.70-1.17>.
- Medeiros, L.C., Medeiros, B.V.V., Sobrinho, F.E., Gurgel, M.T., 2013. Caracterização físico química de um neossolo litólico na região Seridó do RN. Agropecuária Científica no Semiárido 9, 01-07. DOI: <https://doi.org/10.30969/acsa.v9i4.401>.
- Moura, E.M., Righetto, A.M., Júnior, J.A.G., Mattos, A., 2007. Modelagem hidrológica da bacia do rio Piranhas-Açu utilizando o MODHISA juntamente com o balanço hídrico dos principais açudes da rede fluvial. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo, 1-20.
- Neto, J.P.Q., 2010. O papel da pedogênese no modelado do relevo: busca de novos paradigmas. In: Anais do VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, 1-19.
- Oliveira, L.B., Fontes, M.P.F., Ribeiro, M.R., Ker, J.C., 2008. Micromorfologia e gênese de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semi-árido brasileiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo 32, 2407-2423. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000600019>.
- Pacheco, J.M., 2017. Interações pedogeomorfológicas em bacia de drenagem no semiárido baiano. Tese (Doutorado), São Paulo, USP, 1-146.
- Pereira, M. G., Anjos, L. C., Junior, C. R. P., Pinto, L. A. S. R., Neto, E. C. S., Fontana, A., 2019. Formação, Classificação e Cartografia dos Solos. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 8 –10.
- Pereira, S., 2016. As representações territoriais e o processo de gestão do semiárido brasileiro (Sertão), 1985-2016. L'Ordinaire des Amériques, Toulouse 221, 1-12.
- Ranzani, G., Freire, O., Kinjo, T., Cesar, C.M., 1964. Considerações gerais sobre os solos de tabuleiro do Nordeste. Boletim de Recursos Naturais 2, 45-70.
- Sales, E.L.V., Lopes, D.V., Souza, S.F., Reis, J.S. 2022. Análise integrada da geodiversidade no município de Acará-RN, semiárido brasileiro. International Journal Semiarid Ano 5. 5, 418 – 428.
- Salgado, C.M., 2005. Pedogeomorfologia: uma nova disciplina para a análise ambiental. Revista Tamoios, 1-32. DOI: <https://doi.org/10.12957/tamoios.2005.645>.
- Santana, E.P., Diniz, A.D., Rosa, E.C., Andrade, I.C., Sousa, J.H., Bomfim, M. R., 2022. Caracterização e evolução de solos em vertentes assimétricas da Reserva Ecológica da Sapiranga - Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte do Estado da Bahia. Revista Brasileira de Geografia Física. 15, 2903-2920.
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L. H.C., Oliveira, V.A., Lumberras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Filho, J.C.A., Oliveira, J.B., Cunha, T.J. F., 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa 5, 1-356.
- Santos, J.C.B., Júnior, V.S.S., Corrêa, M.M., Ribeiro, M.R., Almeida, M.C., Borges, L.E.P., 2012. Caracterização de Neossolos Regolíticos

- da região semiárida do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do solo* 36, 683-696. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300001>.
- Schulz, K., Voigt, K., Beusch, C., Almeida-Cortez, J.S., Kowarik, I., Walz, A., Cierjacks, A., 2016. Grazing deteriorates the soil carbon stocks of Caatinga forest ecosystems in Brazil. *Forest Ecology and Management* 367, 62-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.02.011>.
- Silva, I.G., Assis, T.M.F., Silva, L.A., Lopes, D.V., Reis, J.A., 2022. Geociências e educação ambiental no semiárido: estudo de caso na Reserva Ecológica Olho d'água das Onças. *International Journal Semiarid Ano 5*, 5, 465 – 476.
- Silva, R.M.A., 2003. Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semiárido. *Sociedade e Estado*, Brasília 18, 339-360. DOI: [10.1590/S0102-69922003000100017](https://doi.org/10.1590/S0102-69922003000100017).
- Souza, C.G., Viana, C.D.B., Wake, M., Costa, V.S., 1981. Pedologia: Levantamento exploratório de solos, 349-484. In: Brasil – Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal. Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro.
- Souza, D.V., Spinola, D., Santos, J.C., Tatumi, S.H., Yee, M., Oliveira, R.A.P., Eltink, E., Lopes, D.V., Spölt, C., Cherkinsky, A., Reis, H.F., Silva, J.O., Auler, A., Cruz, F.W. 2023. Relict soil features in cave sediments record periods of wet climate and dense vegetation over the last 100 kyr in a 1792resente-day semiarid region of northeast Brazil. *CATENA* 226, 107092. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2023.107092>
- Souza, J.J.L.L., Castro, F.E.C., Andrade, C.V.P.A., Ker, J.C., Perez Filho, A., 2023. Brazilian semiarid soils formed during the last glacial maximum. *Catena* 223, 106899. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106899>
- SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, 2021. Delimitação do Semiárido. Relatório Final.
- Tucci, C.E.M., 2009. Hidrologia: ciência e aplicação. 4 ed. Porto Alegre: ABRH. 943.
- Veloso, C.A.C., Borges, A.L., Muniz, A.S., Veigas, I.A.J.M., 1992. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. *Scientia Agrícola* 49, 123-128.
- Vital, R.O.; Santos, A.S.; Santos, C.L., 2021. Mapeamento geomorfológico da região do Seridó, estado do Rio Grande do Norte. *Revista brasileira de geomorfologia*, 2, 1-15. DOI: <https://doi.org/10.48025/%20ISSN2675-6900.v2n2.2021.155>.
- Xavier, R.A., 2021. Processos geomorfológicos e evolução da paisagem no semiárido brasileiro. *Revista de Geociências do Nordeste* 7, 59-69. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2021v7n1ID20692>.
- Zinck, J.A., Metternicht, G., Bocco, G., Valle, H. F., 2016. Geopedology - An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies.