

Avaliação da Susceptibilidade à Erosão Laminar no Alto Banabuiú (CE) por meio da Compartimentação Morfopedológica e Análise de Toposequência

Ícaro Breno da Silva
Universidade Estadual do Ceará

Lúcia Maria Silveira Mendes
Universidade Estadual do Ceará

Daniel Rodrigues Dos Santos
Universidade Federal do Ceará

RESUMO

A abordagem morfopedológica delimita compartimentos a partir da relação entre os aspectos litológicos, geomorfológicos e pedológicos, sendo muito utilizada para o diagnóstico e controle dos processos erosivos. Nesse sentido, a área analisada localiza-se na porção central do estado do Ceará, abrangendo parte das sub-bacias dos rios Patu, Miguel Rodrigues, Bonsucesso e do Meio. O objetivo geral da pesquisa é analisar a susceptibilidade a erosão laminar da bacia hidrográfica do Alto Banabuiú a partir da compartimentação morfopedológica. Decidiu-se pela utilização da análise integrada do ambiente, bem como pela adaptação de metodologias referentes à abordagem morfopedológica. Para isso, foram trabalhados no programa QGIS, dados matriciais e vetoriais que auxiliaram na produção dos mapeamentos temáticos. Ao longo da área, foi possível distinguir seis compartimentos morfopedológicos, sendo os compartimentos III (89,09 km²), I (241,09 km²) e VI (46,97 km²) os mais vulneráveis aos processos erosivos, o que representa 25,5% da área total. O trabalho desenvolvido serve como uma importante fonte para um melhor planejamento e manejo adequado das formas de uso e ocupação do solo em nível de bacia hidrográfica, evitando problemas ambientais e perdas econômicas.

Palavras-chave: Susceptibilidade; Erosão; Bacia Hidrográfica.

Assessment of Susceptibility to Laminar Erosion in Alto Banabuiú (CE) through Morphopedological Compartmentalisation and Toposequence Analysis

ABSTRACT

The morphopedological approach delimitates compartments from the relation between the lithological, geomorphological and pedological aspects, being widely used for the diagnosis and control of erosion processes. In this sense, the area analyzed is located in the central portion of the state of Ceará, covering part of the sub-basins of the rivers Tome, Miguel Rodrigues, Bonsucesso and do Meio. The overall goal of this research is to analyze the laminar erosion susceptibility of the basin of the Alto Banabuiú from the morphopedological compartmentalization. It was decided to use the integrated analysis of environment, as well as by the adaptation of methodologies related to the morphopedological approach. For that, raster and vector data were addressed in the software QGIS, which helped in the production of thematic mappings. Along the area it was possible to distinguish six morphopedological compartments, being the compartments III (89.09 km²), I (241.09 km²) and VI (46.97 km²) the most vulnerable ones to erosion processes, representing 25.5% of the total area. The work serves as an important source for a better planning and proper management of forms of use and occupation of the soil at the river basin level, avoiding environmental problems and economic losses.

Keywords: Susceptibility; Erosion; River basin.

Evaluación de la Susceptibilidad a la Erosión Laminar en Alto Banabuiú (CE) mediante Compartimentación Morfopedológica y Análisis de Toposecuencias

RESUMEN

El enfoque morfopedológico delimita compartimentos en función de la relación entre aspectos litológicos, geomorfológicos y edafológicos, siendo ampliamente utilizado para el diagnóstico y control de procesos erosivos. En este sentido, el área analizada se ubica en la porción central del estado de Ceará, abarcando parte de las subcuencas de los ríos Patu, Miguel Rodrigues, Bonsucesso y Meio. El objetivo general de la investigación es analizar la susceptibilidad a la erosión laminar de la cuenca del río Alto Banabuiú a partir de la compartimentación morfopedológica. Se optó por utilizar análisis integrado del ambiente, así como adaptar metodologías afines al enfoque morfopedológico. Para ello se trabajó con datos matriciales y vectoriales en el programa QGIS, lo que ayudó en la producción de mapeos temáticos. A lo largo del área fue posible distinguir seis compartimentos morfopedológicos, siendo los compartimentos III (89,09 km²), I (241,09 km²) y VI (46,97 km²) los más vulnerables a procesos erosivos, representando el 25,5% del área total. El trabajo desarrollado sirve como fuente importante para una mejor planificación y gestión adecuada de las formas de uso y ocupación del suelo a nivel de cuenca hidrográfica, evitando problemas ambientales y pérdidas económicas.

Palabras clave: Susceptibilidad; Erosión; Cuenca hidrográfica.

INTRODUÇÃO

A abordagem morfopedológica evoluiu na Geografia Física a partir de trabalhos de Tricart e Kilian (1979), sendo adaptada e utilizada por diversos autores para diagnóstico e controle de processos erosivos (FIGUEIREDO e SALOMÃO, 2023; RIBEIRO; TOCANTINS; SALOMÃO, 2023; NUNES e CASTRO, 2023). Ela delimita compartimentos morfopedológicos a partir da superposição de dados litológicos, morfológicos e pedológicos.

Nesse contexto, os compartimentos morfopedológicos constituem produto da inter-relação entre substrato geológico, relevo e classes pedológicas, formando unidades têmporo-espaciais homogêneas reconhecíveis em médias e grandes escalas (CASTRO; SALOMÃO, 2000). Assim, de acordo com Faria et al. (2013), a morfopedologia tem se destacado cada vez mais como uma ferramenta muito útil no planejamento do uso e ocupação, pois auxilia nas etapas de compreensão, prevenção e mitigação dos processos erosivos.

Entre os vários tipos de erosão que atuam no desgaste dos solos, podemos destacar a erosão hídrica. Esta é considerada por diversos autores, entre eles, Bertoni e Lombardi Neto (2010) como sendo um dos principais processos relacionados à perda de solo no mundo, sendo agravados em áreas onde a distribuição de chuvas é concentrada em certas épocas do ano.

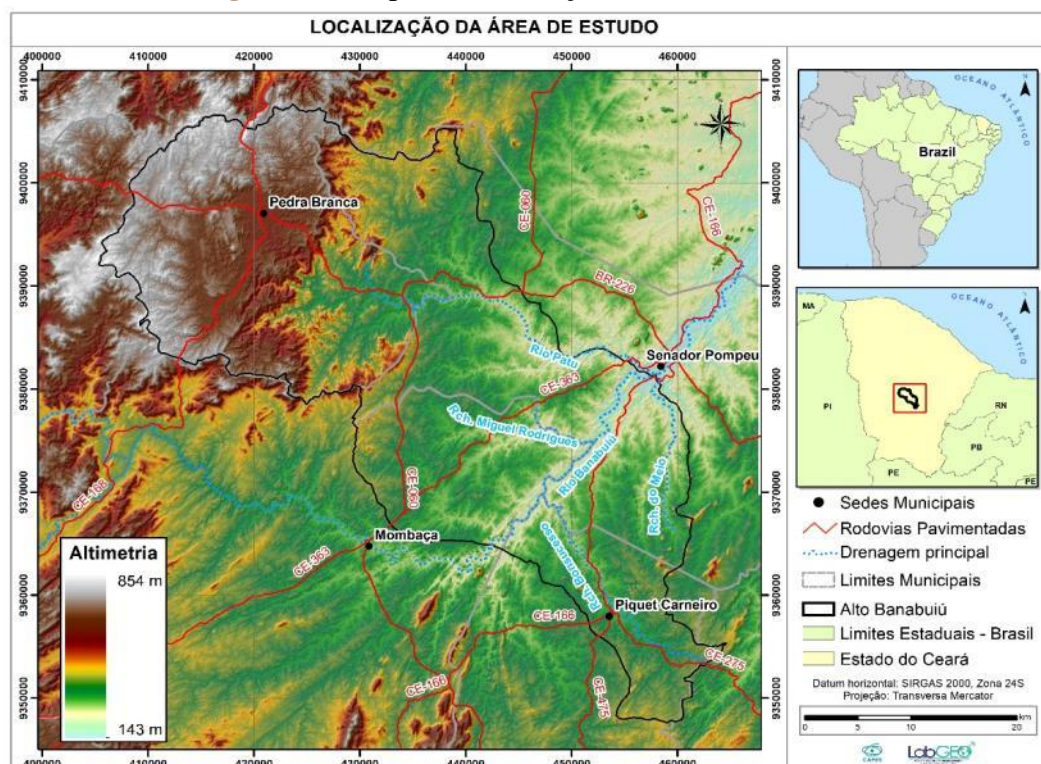
A erosão laminar, especificamente, é um dos principais processos erosivos, além de serem eventos dificilmente perceptíveis (TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005). Este estágio erosivo é responsável pela remoção progressiva de películas subsuperficiais do solo (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985). Tal processo está relacionado, segundo Nunes (2015), ao empobrecimento das áreas afetadas, com a remoção da matéria orgânica do solo levadas junto aos fluxos hídricos.

Desta forma, o presente estudo objetiva analisar a susceptibilidade à erosão laminar de parte da bacia hidrográfica do Banabuiú (Ceará) frente aos compartimentos morfopedológicos presentes na área e, subsidiada por uma topossequência.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no alto curso do Rio Banabuiú, situado no Sertão Central, mesorregião dos Sertões Cearenses, tendo como microrregião os Sertões de Senador Pompeu (IPECE, 2017). A região cobre uma área de 1.477,34 km² e abrange parte das sub-bacias dos rios Patu, Miguel Rodrigues, Bonsucesso e do Meio. Na presente delimitação da área encontram-se inseridos, em parte, quatro municípios: Pedra Branca, Senador Pompeu, Mombaça e Piquet Carneiro (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

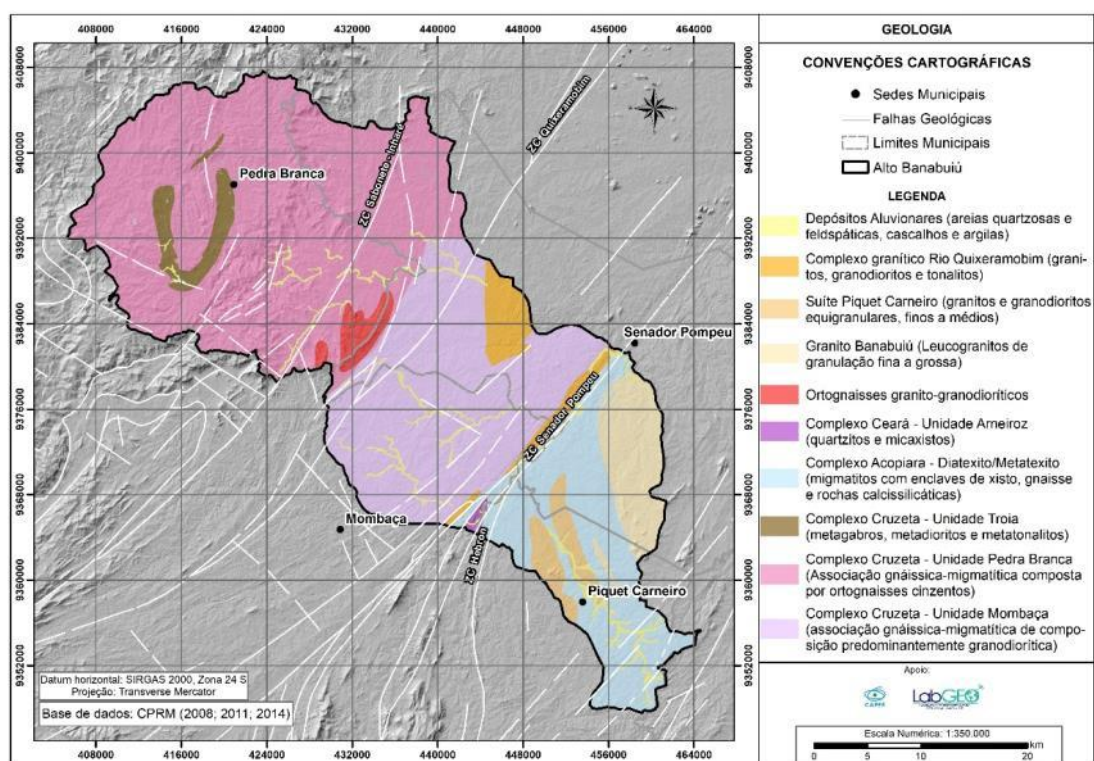


Fonte: Autores (2024).

O clima predominante, segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2017), é o Tropical Quente Semiárido, tendo como principal sistema atmosférico a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Tal sistema, conforme Ayoade (2010), é o principal responsável pela geração de chuvas em todo o Nordeste Setentrional. Essa zona é formada pela confluência dos ventos alísios do hemisfério Norte com os ventos alísios do hemisfério sul, promovendo a descontinuidade térmica, instabilidade do tempo e, consequentemente, chuvas normalmente intensas e de rápida duração.

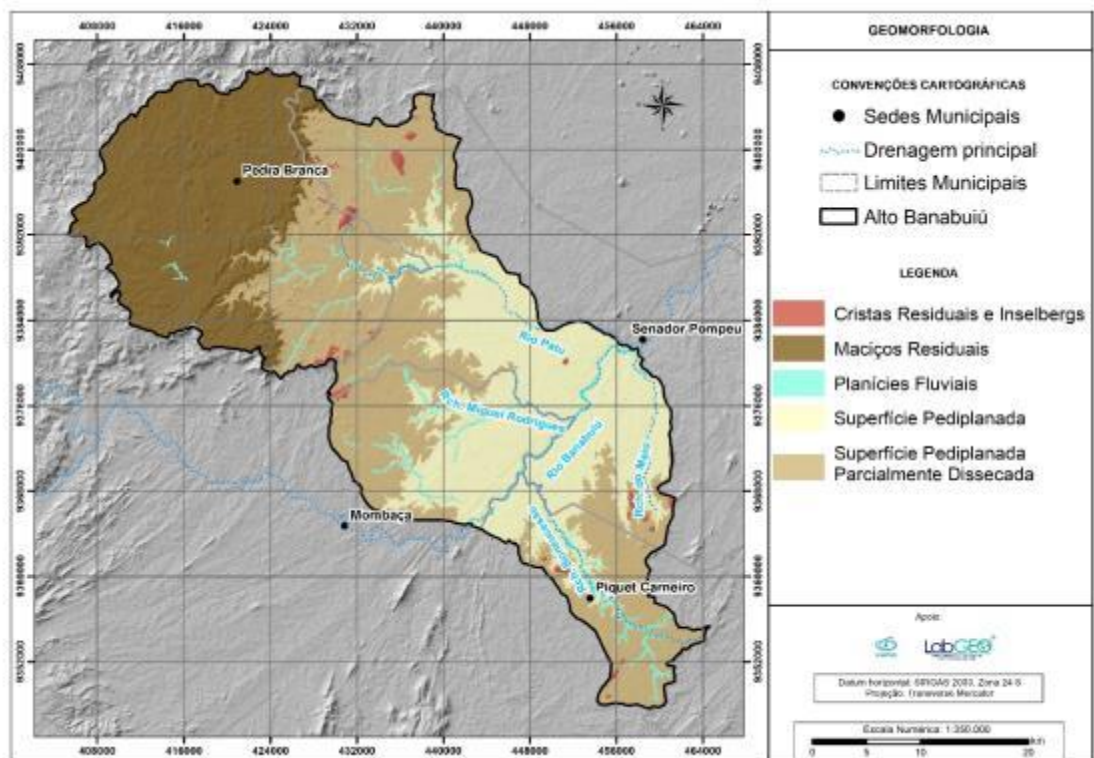
Os aspectos geológicos locais apresentam grande variedade litológica, apresentando, segundo o Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2008; 2011; 2014), na escala 1:100.000, um domínio do embasamento de idade arqueano-paleoproterozóica, com predomínio do Complexo Cruzeta, tendo como os principais representantes, as Unidades Pedra Branca (ortognaisses), Mombaça (Associação gnáissica-migmatítica homogênea com predomínio de biotita) e Tróia (associação metaplutônica máfica-ultramáfica constituída por metagabros) (Figura 2). A geologia reflete-se nas formas de relevo locais, estando presentes, segundo Souza (2007) e Costa (2017), as seguintes unidades geomorfológicas: maciços residuais, cristas residuais e inselbergs, superfícies pediplanadas e o vale do Banabuiú, que é o mais representativo ao longo do recorte analisado (Figura 3).

Figura 2 – Mapa Geológico



Fonte: Autores (2024).

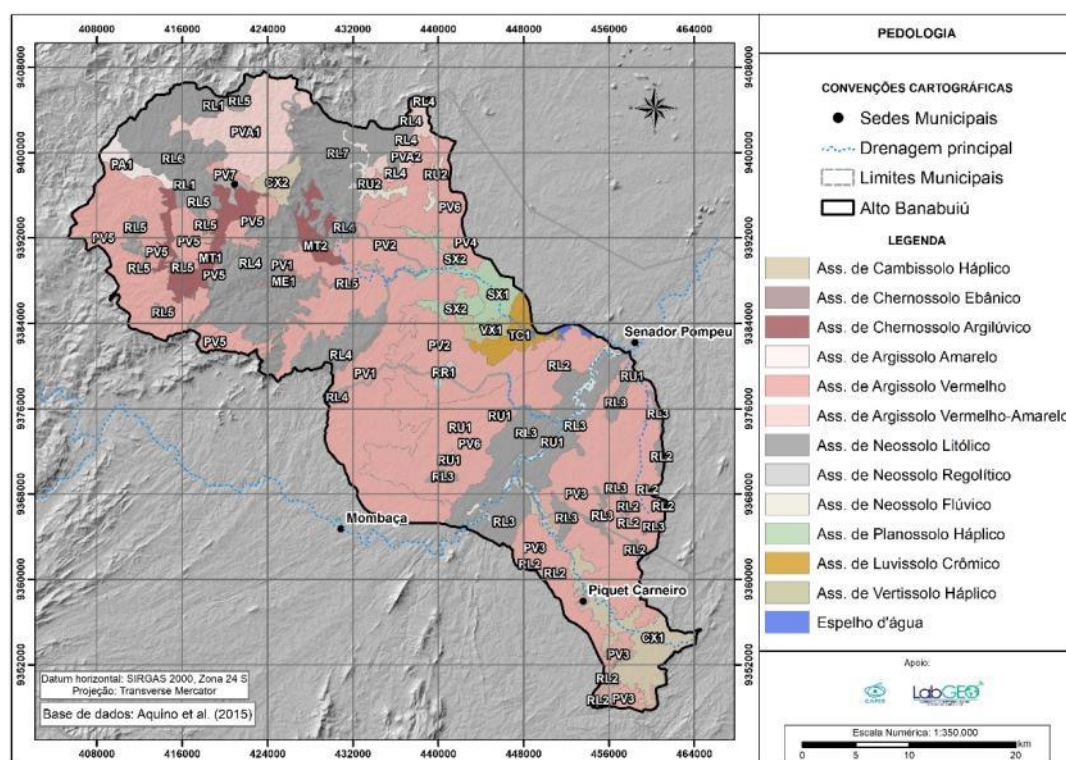
Figura 3 – Mapa Geomorfológico



Fonte: Autores (2024).

As unidades pedológicas presentes também contam com grande diversidade. As unidades de solos da área de estudo são discriminadas a seguir conforme o mapa de reconhecimento de alta intensidade dos solos do Alto Banabuiú, na escala 1:100.000, de Aquino et al. (2015), a saber: Cambissolo Háplico, Chernossolo Ebânico e Argilúvico, Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Regolítico, Litólico e Flúvico, Planossolo Háplico, Luvisolo Crômico e Vertissolo Háplico (Figura 4).

Figura 4 – Mapa Pedológico



Fonte: Autores (2024).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a presente pesquisa aplicou-se o roteiro metodológico concebido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (1990), de Salomão (1999) e Castro e Salomão (2000), objetivando a delimitação dos compartimentos morfopedológicos existentes, bem como a realização do mapeamento das áreas susceptíveis à erosão laminar, sendo realizada, posteriormente, a sobreposição dos dois temas. Dessa forma, a escala de trabalho adotada foi de 1:100.000. Em síntese, os procedimentos adotados incluem a aquisição, tratamento e articulação de dados matriciais e vetoriais, integrados de tal forma a conhecer a susceptibilidade dos processos erosivo de cada compartimento morfopedológico da área de estudo, subsidiados pelas técnicas de topossequência adotadas. A manipulação dos dados matriciais e vetoriais foi realizada no *software* livre QGIS (versão 3.28.13).

Para a obtenção dos dados de susceptibilidade à erosão laminar, foi realizada a sobreposição dos dados de erodibilidade dos solos e de declividade. O primeiro foi obtido a partir da base pedológica de Aquino et al. (2015), na escala de 1:100.000, referente à área

analisada. As classes de erodibilidade vão de 1 (maior vulnerabilidade a erosão) a 5 (menor vulnerabilidade a erosão) sendo cada unidade pedológica enquadrada, conforme proposto por Cabral, Valladares e Aquino (2016), em sua respectiva classe, levando em consideração suas diferentes características físicas, químicas e mineralógicas. (Quadro 1).

Quadro 1 – Classes de erodibilidade dos solos

Classes de Erodibilidade	Unidades Pedológicas*
1	RL1; RL2; RL4; RL5; RL6; ME1
2	CX1; CX2; RL3; RL7; RR1; SX1; SX2; TC1
3	MT1; MT2; PA1; PV2; PV3; PV4; PV6; VX1
4	PV1; PV5; PV7; PVA1; PVA2
5	RU1; RU2
<p>*CX1: Ass. de Cambissolo Háplico e Planossolo Háplico; CX2: Ass. de Cambissolo Háplico e Neossolo Litólico; ME1: Grupamento indiscriminado de Chernossolo Ebânico e Cambissolo Flúvico; MT1: Ass. de Chernossolo Argilúvico vertissólico e Chernossolo Háplico; MT2: Ass. de Chernossolo Argilúvico saprolítico e Chernossolo Háplico; PA1: Ass. de Argissolo Amarelo, Vermelho Amarelo, Chernossolo Argilúvico e Cambissolo Háplico; PV1: Argissolo Vermelho; PV2: Ass. de Argissolo Vermelho e Neossolo Litólico; PV3: Complexo de Argissolo Vermelho, Planossolo Háplico, Nátrico e Neossolo Litólico; PV4: Ass. de Argissolo Vermelho e Neossolo Regolítico; PV5: Argissolo Vermelho nitossólico; PV6: Ass. de Argissolo Vermelho, Planossolo Háplico e Neossolo Litólico; PV7: Ass. de Argissolo Vermelho e Neossolo Flúvico; PVA1: Argissolo Vermelho Amarelo e Vermelho; PVA2: Ass. de Argissolo Vermelho Amarelo e Chernossolo Argilúvico e Háplico; RR1: Neossolo Regolítico; RL1: Neossolo Litólico eutrófico; RL2: Neossolos Litólicos indiscriminados e afloramento de rocha; RL3: Ass. de Neossolo Litólico eutrófico e distrófico e Neossolo Regolítico distrófico; RL4: Complexo de Neossolo Litólico, Cambissolo Háplico e Argissolo Vermelho; RL5: Complexo de Neossolo Litólico e Cambissolo Háplico; RL6: Complexo de Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico e Cambissolo Háplico; RL7: Ass. de Neossolo Litólico eutrófico e distrófico e Neossolo Regolítico distrófico e eutrófico; RU1: Ass. de Neossolo Flúvico eutrófico e Neossolo Flúvico sálico; RU2: Neossolo Flúvico eutrófico; SX1: Ass. de Planossolo Háplico e Luvisso Crômico; SX2: Ass. de Planossolo Háplico e Argissolo Vermelho Amarelo; TC1: Complexo de Luvisso Crômico e Neossolo Litólico; VX1: Ass. de Vertissolo Háplico e Luvisso Crômico.</p>	

Fonte: Adaptado de Salomão (1999); Cabral, Valladares e Aquino (2016).

Para obter os dados de declividade, foram adquiridas duas cenas do ALOS PALSAR, imagem de radar com resolução espacial de 12,5 m. Segundo a metodologia adotada, agrupa-se a declividade em quatro classes, obedecendo aos seguintes intervalos: Classe I: > 20%; Classe II: 12,01 a 20%; Classe III: 6 a 12%; e Classe IV: < 6%. Assim, por meio de álgebra de mapas, realizou-se o cruzamento das cinco classes de erodibilidade com as quatro classes de declividade, obtendo-se o mapa de susceptibilidade à erosão laminar, dividido em cinco classes conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Classes de susceptibilidade à erosão laminar

		Declividade (%)				Classes de Susceptibilidade à Erosão Laminar
		I (>20%)	II (12 a 20%)	III (6 a 12%)	IV (<6%)	
Erodibilidade	1	I	I	II	II	I - Extremamente susceptível
	2	I	II	II	III	II - Muito susceptível
	3	II	III	III	IV	III - Moderadamente susceptível
	4	II	IV	IV	V	IV - Pouco susceptível
	5	Não existe	Não existe	Não existe	V	V - Pouco a não susceptível

Fonte: Adaptado do IPT (1990).

Por fim, a aplicação da metodologia da compartimentação morfopedológica seguiu os fundamentos propostos por Castro e Salomão (2000), norteadas pelas pesquisas de Batista, Veríssimo e Diniz (2014); Villela, Ross e Manfredini (2015); e Cordeiro, Bastos e Maia (2017), sendo realizada a partir da sobreposição dos seguintes mapas temáticos: geologia, geomorfologia e pedologia, de modo a serem identificadas e delimitadas as unidades morfológicas homogêneas, resultando, então, no mapa de compartimentos morfopedológicos. O enriquecimento das análises e da delimitação de cada compartimento levou em consideração os atributos hipsométricos e de declividade oriundos da imagem ALOS PALSAR.

Após a definição dos compartimentos morfopedológicos, foram realizados diagnósticos de cada um deles em face da sua susceptibilidade à erosão laminar (SALOMÃO, 1999), bem como das classes de capacidade de uso das terras definidas por Lepsch et al. (2015), excluindo-se os perímetros urbanos. Também foram avaliadas as relações dos compartimentos morfopedológicos com a topossequência realizada em campo, buscando avaliar como a variação topográfica (e litológica) está atrelada com a formação dos solos. Para a realização da topossequência, foram analisados em campo cinco barrancos de estradas, partindo dos setores mais altos do maciço residual até o leito principal do Rio Banabuiú.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tendo em vista o diagnóstico do quadro natural da área de estudo, o presente tópico buscará discutir os principais resultados encontrados, levando em consideração a metodologia adotada. Dessa forma, o relacionamento complexo entre os componentes da paisagem traduz-se como algo elementar para a delimitação dos compartimentos morfopedológicos, bem como de um melhor entendimento acerca dos processos erosivos. Estes, em conjunto, subsidiarão um planejamento territorial adequado, em face da capacidade de suporte dos ambientes analisados.

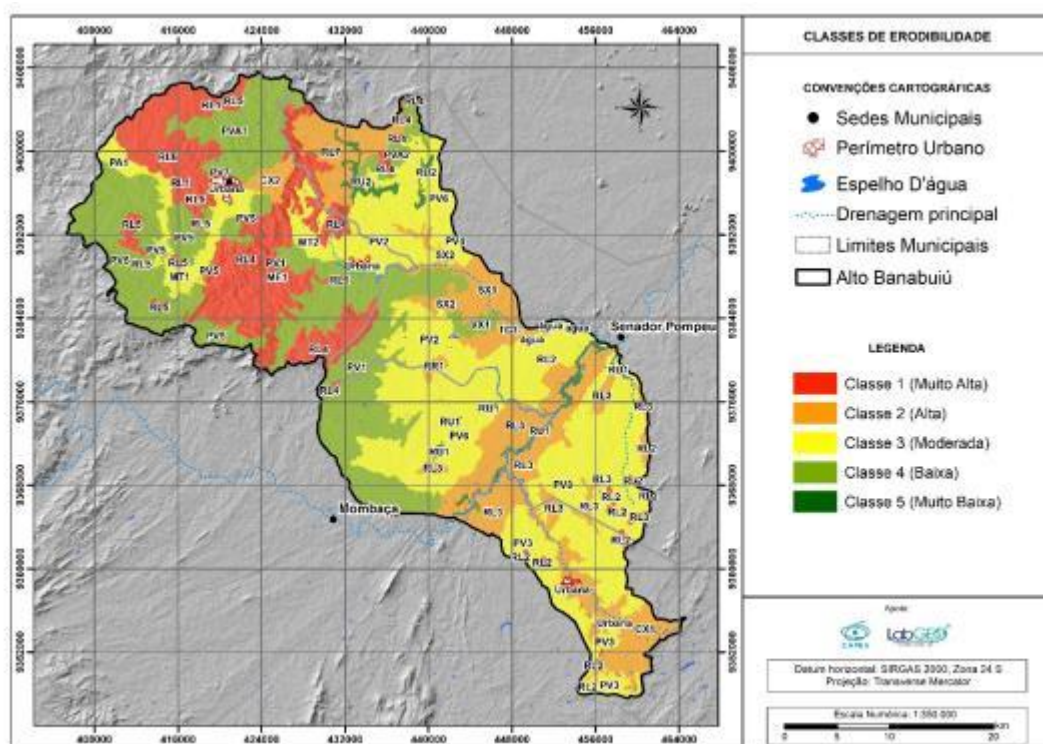
Avaliação da Susceptibilidade à Erosão Laminar

Para os dados de erodibilidade, todas as cinco classes foram encontradas na área de estudo. A classe I corresponde aos solos cujas características relacionadas ao seu caráter físico, químico e mineralógico favorecem uma maior erodibilidade. Esta classe é representada por 16,5% da área analisada, estando associadas às diversas associações de Neossolo Litólico. A

classe II tem representatividade de 18,67% e está associada às diversas associações de Cambissolo Háplico, Neossolo Regolítico, Neossolo Litólico, Planossolo Háplico e Luvisolo Crômico. Já a classe III é a que possui maior representação ao longo da área (36,81%), estando presentes nessa classe as seguintes unidades pedológicas: associações de Chernossolo Argilúvico, Argissolo Vermelho, Argissolo Amarelo e Vermelho-Amarelo e associação de Vertissolo Háplico com Luvisolo Crômico. A classe IV, segunda maior em área, com 25,9%, está vinculada às associações de Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho. A última classe de erodibilidade, representada pela classe V, é caracterizada pelos solos hidromórficos em relevo plano (1,54%). Estão nesta classe as associações de Neossolo Flúvico, situadas ao longo das principais áreas de drenagem, entre elas, o Rio Banabuiú.

As demais áreas estudadas são representadas pelos espelhos d'água e pelos perímetros urbanos de Pedra Branca, Minerolândia e Piquet Carneiro, cujas poligonais não são atribuídas classes de erodibilidade. As classes de erodibilidade das unidades pedológicas são representadas na Figura 5.

Figura 5 – Mapa de Erodibilidade

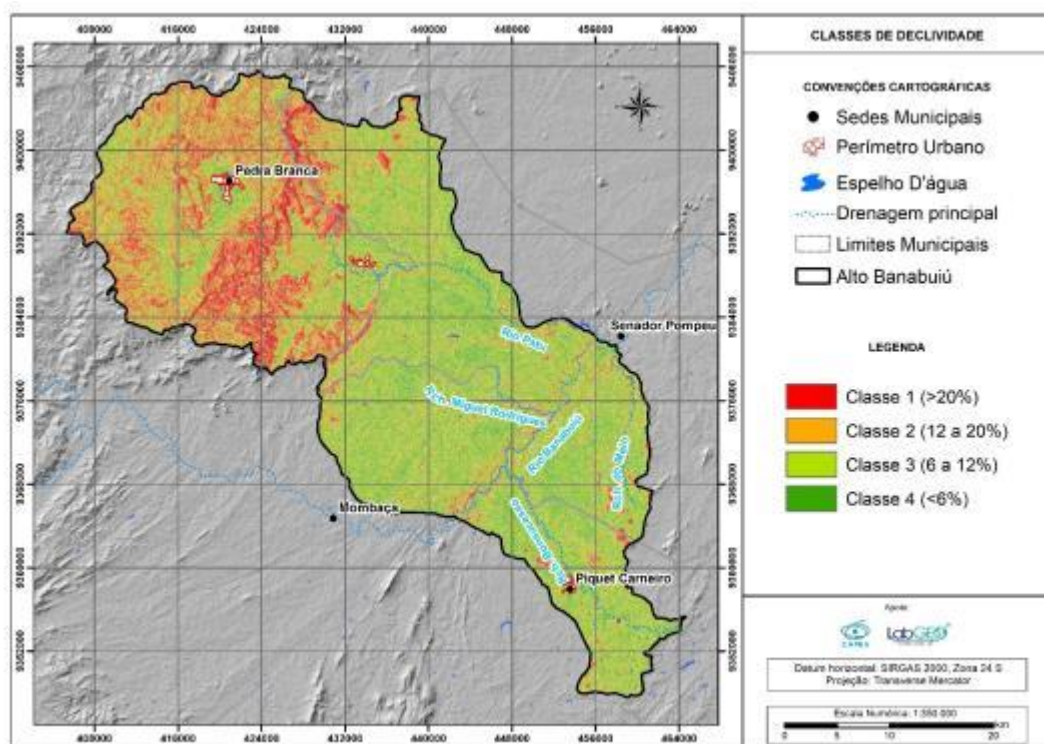


Fonte: Autores (2024).

Em relação aos aspectos de declividade (Figura 6), considerando os quatro intervalos adotados, observa-se que as classes mais representativas são as III (6% a 12%) e IV (< 6%). As duas representam 63,6% da área total, ou seja, mais da metade da área está representada entre as classes de relevo plano, suave ondulado e ondulado, o que é típico de áreas inseridas em planície fluvial e na depressão sertaneja. Esta última, por sua vez, tem seu relevo monótono

interrompido por maciços residuais e inselbergs. E é justamente nesses dois últimos que se encontra a maior concentração das classes I (>20%) e II (12 a 20%) de declividade, as duas juntas tem uma representação de 36,4% da área total. A porcentagem de cada classe (Quadro 3) é exibida a seguir:

Figura 6 – Mapa de Declividade



Fonte: Autores (2024).

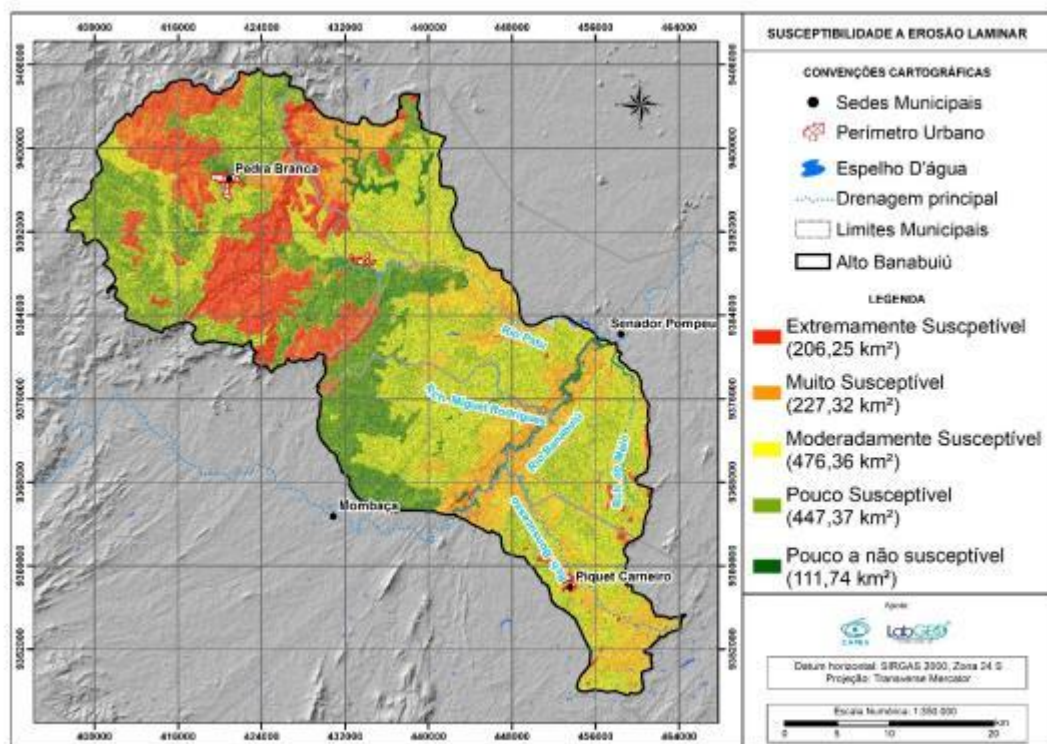
Quadro 3 – Representatividade das classes de declividade

CLASSE	ÁREA (km ²)	%
1 (>20%)	207,75	14,07
2 (12 a 20%)	329,95	22,33
3 (6 a 12%)	515,56	34,9
4 (<6%)	424,01	28,7

Fonte: Autores (2024).

Assim, por meio de álgebra de mapas, foi realizada a combinação entre as classes dos mapas de declividade e de erodibilidade dos solos, originando um mapa de suscetibilidade à erosão laminar, conforme Figura 7:

Figura 7 – Mapa de Susceptibilidade à Erosão Laminar



Fonte: Autores (2024).

O mapeamento apontou como dominantes na área as classes moderadamente susceptíveis (32,24%) e pouco susceptíveis (30,28%). As duas predominam na depressão sertaneja, com declividades pouco expressivas. Na classe moderadamente susceptível (Figura 8A) predominam as associações de Argissolo Vermelho com Neossolo Litólico e Regolítico (PV2, PV3, PV4 e PV6), associação de Chernossolo Argilúvico (MT2) e a associação de Vertissolo Háptico com Luvisolo Crômico (VX1). O predomínio de associações com solos incipientes e rasos, como o Neossolo Litólico e a presença de Chernossolos e Luvisolos com elevado gradiente textural entre o horizonte A e o horizonte B subjacente (solo imperfeitamente drenado), justifica o enquadramento dessas áreas na classe moderadamente susceptível

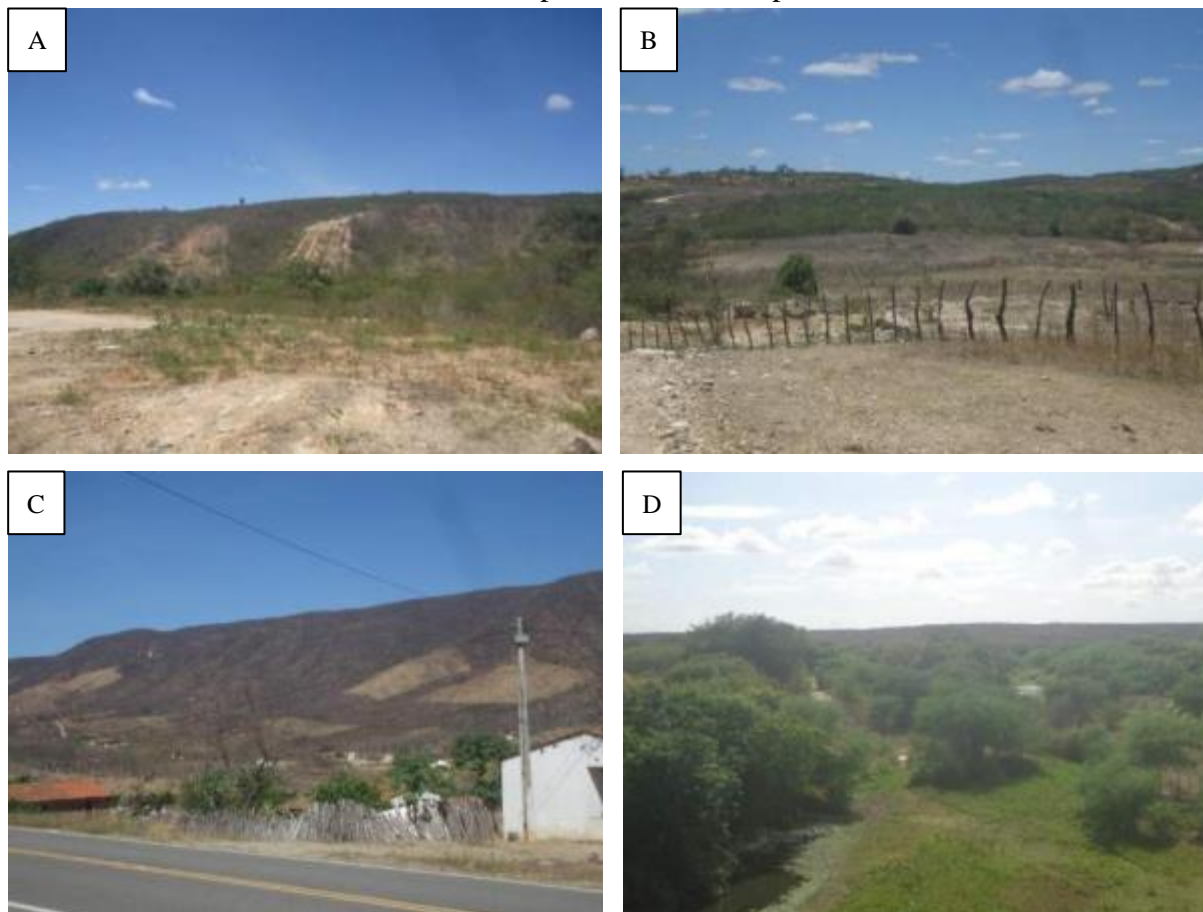
A classe de pouca susceptibilidade à erosão está presente ao longo da depressão sertaneja e no maciço residual. As classes predominantes na unidade dos sertões são o Argissolo Vermelho (PV1) e a associação do Argissolo Vermelho-Amarelo com o Chernossolo Argilúvico e Háptico (PVA2). Já no maciço, as classes existentes são as associações de Argissolo Vermelho (PV5), Argissolo Vermelho com Neossolo Flúvico (PV7) e Argissolo Vermelho-Amarelo e Vermelho (PVA1). Tal classe é justificada pela presença de solos profundos e bem drenados, aliada ao fato de estarem presentes em áreas que não ultrapassam a declividade de 20%. Desta forma, mesmo com as discontinuidades texturais típicas dos argissolos, a topografia, representada pela declividade, tem grande influência sobre a erosão nesta área.

Já as classes muito susceptível e extremamente susceptível aos processos de erosão laminar somam quase 30% da área total. A primeira é composta pelas associações de Cambissolo Háplico (CX1 e CX2), grupamento indiscriminado de Chernossolo Ebânico e Cambissolo Flúvico (ME1), Neossolo Regolítico (RR1), associações de Neossolo Litólico com Neossolo Regolítico (RL3 e RL7), associações de Planossolo Háplico (SX1 e SX2) e complexo de Luvisolo Crômico e Neossolo Litólico (TC1). Todas estas unidades encontram-se nas regiões mais planas da depressão sertaneja, exceto por uma pequena porção de Cambissolo presente no maciço residual. Dessa forma, a elevada susceptibilidade à erosão dessas áreas está mais associada aos altos índices de erodibilidade dos solos (incipientes, rasos e pedregosos), tendo em vista as pequenas declividades ao longo dos terrenos em que se encontram (Figura 8B). A presença destas unidades pedológicas em áreas de declive menos acentuado está diretamente associada à uma maior variabilidade do material geológico, bem como as intensas condições de semiaridez, prevalecendo o intemperismo físico.

As classes extremamente susceptíveis, por sua vez, também estão associadas aos altos índices de erodibilidade dos solos, aliado ao fator declividade, que, na área de estudo, pode chegar a mais de 20%, considerado um relevo forte ondulado ou montanhoso (Figura 8C). Os solos aqui presentes são os Neossolos Litólicos e os complexos de Neossolo Litólico, Cambissolo Háplico, Argissolo Vermelho e Neossolo Regolítico (RL1, RL2, RL4, RL5 e RL6). Esses, em sua maioria, são caracterizados pela intensa morfogênese, são rasos e pedregosos, apresentam frequência de afloramentos rochosos e um horizonte A diretamente sobre a rocha ou horizonte C.

Por fim, a que apresenta menor representatividade (7,56%) é a classe V, sendo considerada de pouco a não susceptível. Essa classe é representada pelos solos que apresentam baixo índice de erodibilidade e encontra-se em relevos de pequenos gradientes de declive. Essas áreas são compostas pelas associações de Neossolo Flúvico (RU1 e RU2) e ocorrem ao longo dos pequenos riachos que drenam a área, bem como ao longo do Rio Banabuiú (Figura 8D).

Figura 8 – (A) Área com níveis moderados de susceptibilidade à erosão laminar; (B) Área de Neossolo Litólico, considerada muito susceptível à erosão laminar; (C) Área de extrema susceptibilidade à erosão laminar; (D) Área marginal ao canal principal do Rio Banabuiú, considerada pouco a não susceptível

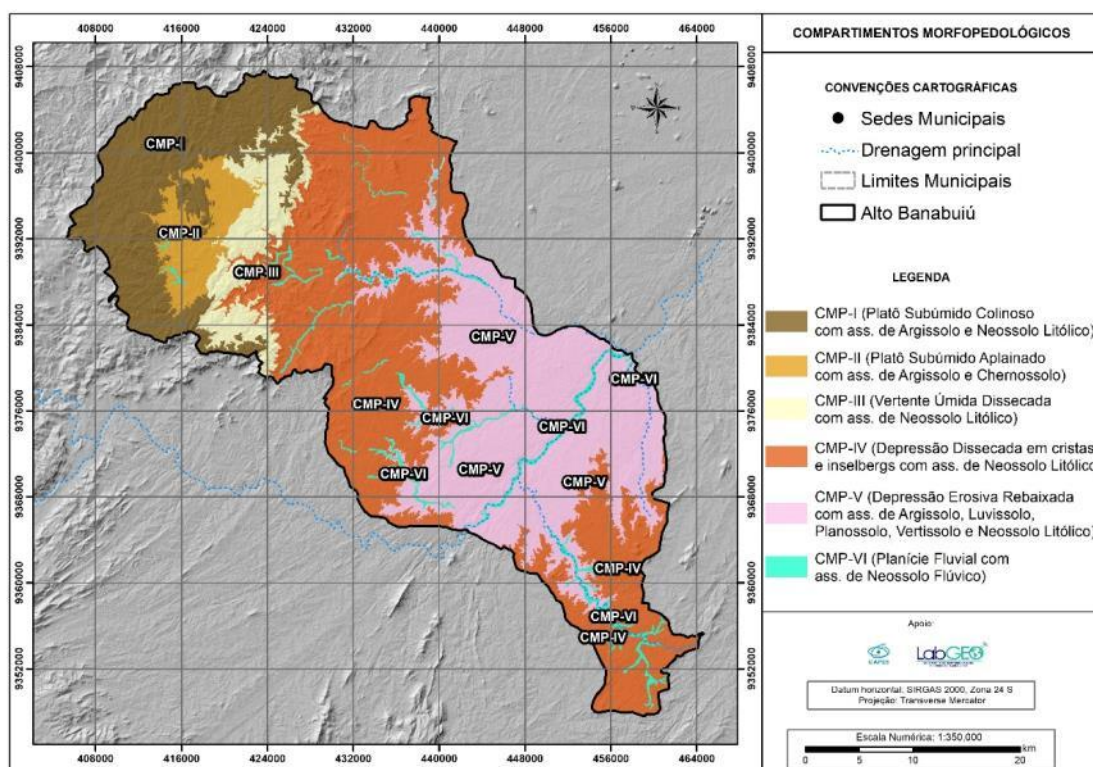


Fonte: Autores (2019).

Compartimentação Morfopedológica

Os compartimentos morfopedológicos aqui definidos são oriundos da relação de síntese entre os condicionantes geológicos, geomorfológicos e pedológicos, constituindo unidades relativamente homogêneas. Nesse contexto, foram definidos, ao longo da área de estudo, seis compartimentos morfopedológicos (Figura 9). Tais compartimentos também foram avaliados em detrimento de sua capacidade de uso das terras, diagnosticando, conforme sugerido por Lepsch et al. (2015), as melhores opções de uso e as práticas que devem ser implantadas para melhor controlar a erosão. A descrição dos compartimentos morfopedológicos pode ser encontrada a seguir, no Quadro 4.

Figura 9 – Compartimentos Morfopedológicos



Fonte: Autores (2024).

Quadro 4 – Quadro síntese dos compartimentos morfopedológicos

SIMBOLOGIA	RELEVO		Geologia	Associações de Solos
	UNIDADE	SUBUNIDADE		
CMP-I	Maciço Residual	Platô Subúmido Colinoso	Complexo Cruzeta (Un. Pedra Branca)	Argissolos e Neossolo Litólico
CMP-II		Platô Subúmido Aplainado	Complexo Cruzeta (Un. Pedra Branca e Tróia)	Argissolos e Chernossolo
CMP-III		Vertente Úmida Dissecada	Complexo Cruzeta (Un. Pedra Branca)	Neossolo Litólico
CMP-IV	Depressão Sertaneja	Depressão Dissecada em Cristas e Inselbergs	Complexo Acopiara e Complexo Cruzeta (Un. Pedra Branca e Mombaça)	Argissolos, Cambissolo, Neossolo Litólico e Regolítico
CMP-V		Depressão Erosiva Rebaixada	Complexo Acopiara, Complexo Ceará e Complexo Cruzeta (Un. Pedra Branca e Mombaça)	Argissolos, Luvisolo, Planossolo, Vertissolo e Neossolo Litólico

CMP-VI	Planícies	Planície Fluvial	Depósitos Aluviais (areias quartzosas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas)	Neossolo Flúvico
---------------	-----------	------------------	--	------------------

Fonte: Autores (2024).

O **CMP-I** está representado pela borda superior Norte da bacia hidrográfica, abrangendo rios de primeira ordem e as principais nascentes do Rio Patu. Em relação à declividade, predominam os setores ondulados a forte ondulados (8% – 45%), sendo comum o relevo colinoso.

Este setor apresenta forma semicircular, possui 241,09 km² e situa-se entre as cotas mais elevadas da área, de 550 a 854 m. Inserido na unidade geomorfológica dos maciços residuais, a unidade é sustentada, unicamente, pelo Complexo Cruzeta, sendo predominante a Unidade Pedra Branca. Em relação às classes de solos, predominam, aqui, os Argissolos (Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo) e o Neossolo Litólico, oriundos dos diferentes níveis de dissecação e de declividade ao longo da unidade morfopedológica.

Em relação aos aspectos erosivos, predominam as classes pouco susceptíveis (60,47%) e extremamente susceptíveis (33,34%). Dessa forma, tendo como base as classes de capacidade de uso das terras, propõe-se que as áreas mais dissecadas, nas quais predominam as manchas de Neossolo Litólico, sejam indicadas para preservação ou reflorestamento, tendo em vista que apresentam problemas complexos de conservação. Já as áreas de Argissolo, são favoráveis à ocupação por pastagens, bem como por culturas perenes e anuais, sendo, neste caso, necessárias práticas mecanizadas de controle da erosão.

O **CMP-II** apresenta-se bem nítido ao longo da região, abrangendo as áreas mais planas ao longo do maciço residual. Nele estão inseridos o perímetro urbano de Pedra Branca e o açude Trapiá II. Aqui predominam as declividades planas a suave onduladas, estando situadas nas cotas altimétricas entre 450 e 600 m, fazendo limite com o setor colinoso, representado pela unidade morfopedológica anterior.

Está localizado na porção central do maciço residual e possui somente 66,45 km². É sustentado pelo Complexo Cruzeta, sendo comum às unidades Pedra Branca e Tróia. Esta última é composta por uma associação metaplutônica máfica-ultramáfica, apresentando reflexo geomorfológico na área (setor aplainado). Ao longo da unidade Tróia ocorrem as manchas de Chernossolo e, nos demais locais onde estão presentes a unidade Pedra Branca, são predominantes os Argissolos Vermelhos.

Em relação às classes de susceptibilidade à erosão laminar, predominam as classes moderadamente susceptível (43,23%) e pouco susceptível (38,93%). De modo a alcançar uma ocupação ordenada do meio físico que vise à conservação dos solos, indica-se que as áreas de Chernossolo sejam ocupadas por culturas perenes e pastagens. As áreas de Argissolo, bem como no compartimento anterior, são favoráveis à ocupação por pastagens, bem como por culturas perenes e anuais. Nesse último caso, são necessárias práticas mecanizadas de controle da erosão. Também presente nesse compartimento está uma pequena mancha de Neossolo

Litólico, nas proximidades do açude Trapiá II, sendo indicado o reflorestamento ou a preservação dessas áreas.

O **CMP-III** é representado pela vertente Leste da serra de Pedra Branca. Considerada uma vertente úmida com dissecação pronunciada, abrange rios de primeira ordem que apresentam padrão de drenagem paralelo. Aqui predominam as declividades acima dos 45%, considerado um relevo forte ondulado a escarpado, com cotas altimétricas que variam de 400 a 550 m.

Este compartimento possui 89,09 km², tendo como embasamento o núcleo Arqueano do Complexo Cruzeta, onde predomina a Unidade Pedra Branca, composta por ortognaisses. Tem o Neossolo Litólico como classe predominante, típico de áreas nas quais sobressaem os relevos acidentados, e a morfogênese predomina sobre a pedogênese. O Neossolo, por sua vez, pode ocorrer com associações com Argissolo Vermelho ou o Cambissolo Háplico.

Predomina aqui a classe extremamente susceptível aos processos erosivos, ocupando mais da metade do compartimento morfopedológico (51,55%). Assim, para o ordenamento do uso e ocupação desse setor, é apropriado que, nas áreas mais dissecadas, em que prevalece o Neossolo Litólico (ou associações com o Cambissolo), sejam realizados o reflorestamento e sua posterior conservação. Para os locais onde predominam o Argissolo, sugere-se o uso de culturas perenes.

A unidade do **CMP-IV** corresponde aos níveis altimétricos mais elevados da depressão sertaneja, entre 250 e 400 m, correspondendo a uma superfície com uma dissecação mais acentuada e que pode apresentar declividades que vão do plano (0% – 3%) ao montanhoso (45% – 75%). Os maiores declives, no entanto, estão restritos às áreas próximas ao maciço residual, bem como nas áreas onde ocorrem cristas ou inselbergs.

Está presente tanto na porção Norte quanto na porção Sul da área de estudo, sendo a maior unidade presente, com 593,96 km². Devido a suas dimensões, este compartimento abrange litologias variadas, a saber: Complexo Acopiara (Diatexito, Metatexito e as rochas calcissilicáticas), Complexo Cruzeta (Unidade Mombaça e Pedra Branca), Complexo Granítico Rio Quixeramobim, Granito Banabuiú, Monzonito Quixadá, Monzonito Piquet Carneiro, ortognaisses granito-granodioríticos e a Suíte Máfica Mombaça. As cristas residuais e os inselbergs, no entanto, predominam nas unidades do Complexo Cruzeta e ao longo dos ortognaisses granito-granodioríticos.

Em relação aos tipos de solos, predominam o Argissolo Vermelho e o Neossolo Litólico, no entanto, também ocorrem associações de Neossolo Regolítico, Cambissolo Háplico e Chernossolo.

O setor apresenta, em maior expressão, a classe moderadamente susceptível aos processos erosivos (40,50%), seguida das classes pouco susceptível (26,61%) e muito susceptível (14,65%). Desta forma, para o ordenamento territorial desse setor, indica-se o reflorestamento e a manutenção da preservação das áreas onde ocorrem as cristas residuais e os inselbergs, bem como nas áreas próximas à vertente do maciço residual, em que também predominam as associações de Neossolo Litólico. Nos locais onde ocorrem as associações de Neossolo Regolítico e Cambissolo Háplico, ainda tendo como base as classes de capacidade de uso das terras, podem ocorrer áreas de pasto, no entanto, são mais apropriados para o

reflorestamento. Por fim, nas regiões em que predominam o Argissolo, regiões com problemas menos complexos de conservação, são favoráveis à ocupação por pastagens, culturas perenes e anuais, sendo, nesse último caso, necessárias práticas mecanizadas de controle da erosão.

Na unidade do **CMP-V** estão os setores mais aplainados da depressão sertaneja, nos quais predominam os relevos planos (0% – 3%) a suave ondulado (3% – 8%) e que as cotas altimétricas não ultrapassam os 250 m. Ocorre na porção central da área de estudo e possui 439,75 km². Seus aspectos geológicos se assemelham aos da unidade morfopedológica anterior, tendo como diferencial a presença do Complexo Ceará (Unidade Arneiroz) e o Complexo Granítico Rio Quixeramobim (Muxerê Velho). Aqui ocorre uma maior variedade de solos, predominando as associações de Argissolo Vermelho, Cambissolo Háplico, Luvisolo Crômico, Neossolo Litólico, Planossolo Háplico e Vertissolo Háplico.

As classes predominantes de susceptibilidade à erosão laminar são as classes moderadamente susceptíveis (56,79%) e muito susceptíveis (36,72%). Dessa forma, de modo a alcançar uma ocupação ordenada, em que se respeite a capacidade de suporte dos ambientes, serão feitas algumas considerações a seguir. As regiões em que predominam o Argissolo Vermelho e os Vertissolos são mais indicadas para pastagens e o plantio de culturas perenes. Locais onde ocorrem as associações de Planossolo Háplico, Cambissolo Háplico, Luvisolo Crômico e Neossolo Litólico também podem ser indicados ao uso de pastos e culturas perenes, no entanto, as áreas mais comprometidas (solo exposto) são mais apropriadas para reflorestamento. Em relação ao reflorestamento, aqui deve-se ter uma atenção maior nas áreas próximas ao leito do Rio Banabuiú, onde sua mata ciliar vem perdendo espaço para o solo exposto e as áreas agrícolas.

O último compartimento morfopedológico é o **CMP-VI**, representado pelas principais calhas dos rios, a saber: Patu, Miguel Rodrigues, Bonsucesso, Riacho do Meio e Rio Banabuiú, bem como suas áreas de influência, onde predominam a deposição de sedimentos de calibres diferenciados. Considerada como superfícies deposicionais, esta unidade morfopedológica está representada, predominantemente, pelos relevos planos (0% – 3%) das planícies fluviais, cujas cotas altimétricas não ultrapassam os 200 m. Além disso, abrangem rios de padrão dentrítico, em sua maioria, tendo o curso principal do Rio Banabuiú um padrão anastomótico.

Encontra-se bem distribuída ao longo da área de estudo, sendo mais comum sua ocorrência na depressão sertaneja. É o menor compartimento, tendo uma extensão aproximada de 46,97 km². Sua unidade corresponde, geologicamente, aos depósitos aluviais, com litologias representadas por areias quartzosas e feldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas. Relacionados a esses locais estão as associações de Neossolo Flúvico, oriundos dos sedimentos depositados em ambiente fluvial.

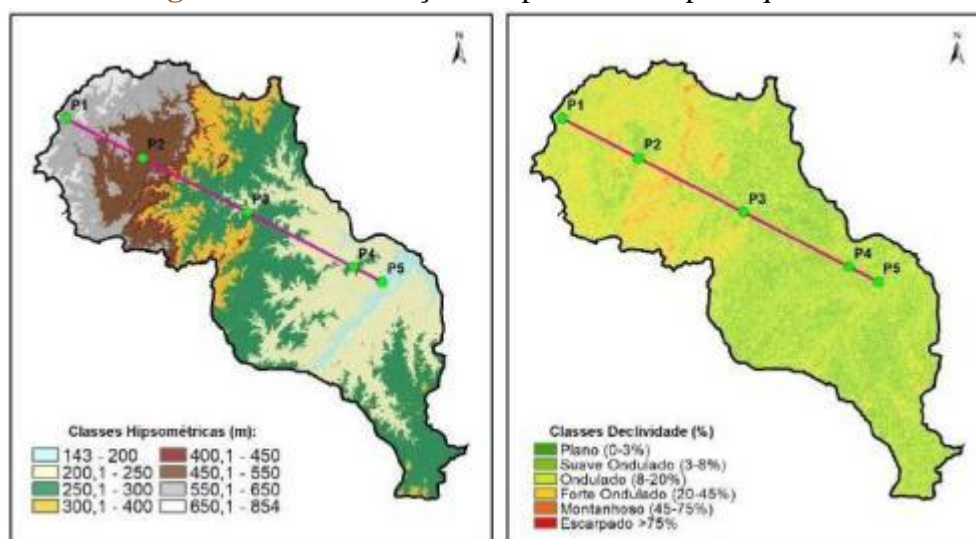
Devido às características ambientais deste setor, predominam aqui as classes de susceptibilidade pouco a não susceptível (37,93%). Em relação ao ordenamento dessas áreas, indica-se o reflorestamento das áreas descaracterizadas (solo exposto). As demais localidades podem ser indicadas ao uso de pastos ou ao plantio de culturas diversificadas, devendo ser adotadas medidas simples de conservação, como o plantio em nível.

Análise de Topossequência

As relações estabelecidas entre os aspectos pedológicos e geomorfológicos tornam possível a interpretação correta das influências da pedogênese e da morfogênese na elaboração dos relevos (QUEIROZ NETO, 2011). Dessa forma, a variação topográfica leva à formação de uma sequência de perfis de solos geneticamente ligados entre si, mas que apresentam diferenciações em seus aspectos físicos e químicos.

Nesse contexto, a topossequência realizada foi composta por cinco barrancos de estrada que abrangeram diferentes níveis altimétricos em classes variadas de declividade (Figura 10). Os solos encontrados apresentaram diferenças em relação ao substrato rochoso que os sustenta, bem como ao nível de alteração das rochas pelo intemperismo, formando solos em diferentes estágios de evolução.

Figura 10 – Distribuição dos pontos em topossequência



Fonte: Autores (2024).

O primeiro corte de estrada (P1) é classificado como um Argissolo Amarelo, possui como material originário o Complexo Cruzeta – Unidade Pedra Branca e está localizado no setor colinoso do maciço residual. Assim, segundo Vervloet (2015), as colinas ou suas áreas de ocorrência caracterizam-se pelo predomínio da infiltração de água no topo sobre o escoamento lateral superficial nas encostas.

Desse modo, a morfologia deste setor colinoso é oriundo da dissecação linear fluvial que ocorre em diferentes graus de incisão e que são determinantes na diferenciação de colinas de topo convexo ou semiconvexo. Assim, a maior infiltração da água potencializa os processos intempéricos, gerando solos bastante evoluídos, do ponto de vista pedogenético, podendo alcançar 200 cm de profundidade.

O segundo corte ao longo da topossequência (P2) é de um Chernossolo Argilúvico. O material originário é o Complexo Cruzeta – Unidade Tróia, que é bordejado pelo Complexo Cruzeta – Unidade Pedra Branca. As duas unidades possuem diferentes resistências em face do

processo erosivo, o que ocasiona um reflexo geomorfológico na área, representado pelo Platô Subúmido Aplainado.

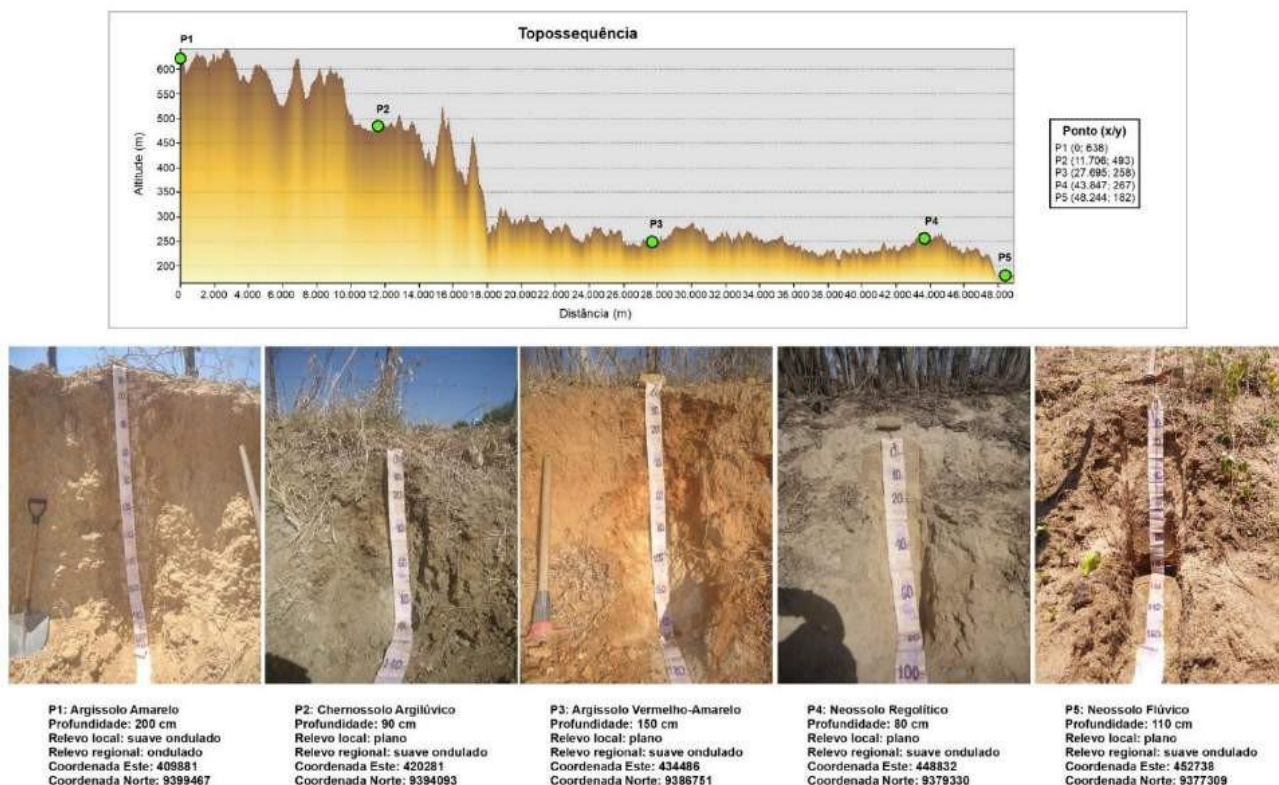
Dessa forma, o relevo plano a suave ondulado em que ocorre esse segundo ponto favorece a formação e a permanência de um horizonte superficial rico em matéria orgânica (horizonte A chernozêmico), o que é um fator importantíssimo para a formação dos Chernossolos. Esses, por sua vez, são considerados solos de desenvolvimento não muito avançado, considerado pouco profundo, que alcançou, aproximadamente, 90 cm de espessura. O ponto seguinte (P3) é considerado um Argissolo Vermelho-Amarelo que possui como material de origem o Complexo Cruzeta – Unidade Pedra Branca. Este localiza-se ao longo da depressão sertaneja dissecada em cristas e inselbergs, com cotas altimétricas entre 250 – 400 m. Dessa forma, está situado nos pediplanos mais dissecados pela rede de drenagem, podendo apresentar declividades mais acentuadas e, em determinadas localidades, solos mais profundos. No caso do P3, o solo pode ser considerado bem desenvolvido, do ponto de vista pedogenético, apresentando 150 cm de espessura.

Já o corte de estrada P4 é representado pelo Neossolo Regolítico, tendo como material originário o Complexo Cruzeta – Unidade Mombaça. Está situado no setor mais aplainado da depressão sertaneja (superfície pediplanada), área que, por meio da morfogênese mecânica, foi truncada indistintamente, formando largas áreas aplainadas. Na sua área de ocorrência predominam os relevos planos a suave ondulosos, com dissecação incipiente do relevo. A desagregação mecânica, por sua vez, acaba por gerar solos mais incipientes e pedregosos, podendo chegar aos 70 cm de espessura.

Por fim, nas regiões de menores cotas altimétricas, ao longo do leito do Rio Banabuiú, realizou-se o corte de estrada P5, representado pelo Neossolo Flúvico. O ponto está situado ao longo dos depósitos aluviais, em que predominam os relevos planos. Dessa forma, o ponto analisado é considerado um solo profundo, com 110 cm de espessura, oriundo de sedimentos aluviais que compõem uma sequência de várias camadas, com diferentes texturas, que não guardam relações pedogenéticas entre si.

Assim, conforme as ideias abordadas acima, nota-se a estreita relação de cada classe de solo com os aspectos de relevo em que estão inseridos, como é ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Perfil esquemático da topossequência



Fonte: Autores (2024). Registros fotográficos: Autores (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os mapeamentos gerados, no recorte de estudo predominam solos com classe 3 de erodibilidade e áreas com declividade média entre 0% – 12%. Tal configuração apontou como dominantes as áreas moderadamente susceptíveis aos processos de erosão laminar, sendo no maciço residual as áreas onde existe a maior susceptibilidade e, na depressão sertaneja, as menores.

Ao utilizar a abordagem morfoopedológica, foi possível identificar, ao longo da área, seis compartimentos morfoopedológicos, os quais puderam ser relacionados aos seus aspectos geomorfológicos, pedológicos e geológicos, bem como os dados de susceptibilidade à erosão laminar. De maneira geral, a área de estudo apresenta-se, em sua maior parte, como moderadamente susceptível aos processos erosivos.

Os compartimentos mais susceptíveis aos processos erosivos são: CMP-III, representado pelo Neossolo Litólico da vertente úmida dissecada, em que ocorrem declividades maiores que 45%; CMP-I, representado pelo setor colinoso do maciço residual, principalmente nas áreas de ocorrência do Neossolo Litólico (predominam, nestes dois últimos compartimentos, classes extremamente susceptíveis); e o CMP-V, representada pela depressão erosiva rebaixada, onde predominam áreas moderadamente susceptíveis aos processos erosivos, associadas às ocorrências de Planossolos, Cambissolos, Luvisolos e Neossolo Litólico.

O contraste ambiental ao longo dos compartimentos morfoopedológicos também fica evidenciado pela topossequência elaborada em campo. Os pontos levantados mostraram que a

variação topográfica está atrelada à formação de solos distintos, com diferentes estágios de evolução, tendo em vista a influência do balanço pedogênese/morfogênese na elaboração do relevo. Em síntese, o setor colinoso do maciço residual apresentou solos bastante desenvolvidos, do ponto de vista pedogenético, enquanto que nos setores mais aplainados da depressão sertaneja predominaram solos mais rasos e pedregosos.

Assim, com o intuito de organizar a ocupação e o uso do solo, além de orientar a gestão da área sobre a qual incidem, sugere-se que sejam realizados o reflorestamento e a preservação das áreas mais críticas, geralmente as mais dissecadas, onde predominam as associações de Neossolo Litólico. Já nos locais com problemas menos complexos de conservação, nos quais predominam as associações de Argissolo, a ocupação pode ser feita por pastagens, culturas perenes e anuais, sendo, nessa última, necessárias práticas mecanizadas de controle da erosão. Dessa forma, o trabalho desenvolvido serve como uma importante fonte para um melhor planejamento e manejo adequado das formas de uso e ocupação do solo em nível de bacia hidrográfica, evitando problemas ambientais e perdas econômicas. Já a delimitação de diferentes compartimentos morfoopedológicos, por sua vez, com características ambientais singulares, principalmente no que diz respeito a solos, relevo e geologia, proporciona uma melhor compreensão dos fatores que atuam na evolução dos processos erosivos.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, R. P.; VALLADARES, G. S.; COELHO, R. M.; GOMES, J. F. V. L.; ASSIS, A. C.; CABRAL, L. J. R. S. Levantamento Pedológico de Reconhecimento de Alta Intensidade em Área no Sertão Central do Ceará. In: FAÇANHA, A. C.; AQUINO, C. M. S. de; CARDOSO, J. A.; SILVA, S. S. (Orgs.). **Geografia: o regional e o geoambiente em debate**. Teresina: EDUFPI, 2015. p.123-141.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332p.
- BATISTA, C.; VERÍSSIMO, C.; DINIZ, M. T. Morfoopedologia e erodibilidade no maciço de Baturité/CE. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 21, p.124-128, 2014.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355p.
- BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão integrada do controle da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 3., 1985, Maringá. **Anais...** Maringá: ADEA, ABGE, 1985. p.315-329.

CABRAL, L. J. R. S.; VALLADARES, G. S.; AQUINO, C. M. S. de. Erosividade das chuvas em parte do alto curso do Rio Banabuiú - sertão central do Ceará. **Revista Equador (UFPI)**, v. 3, n. 2, p.51-61, 2014. <https://doi.org/10.26694/equador.v3i2.2895>

CASTRO, S. S. de; SALOMÃO, F. X. T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. **Revista GEOUSP**, São Paulo, n. 7, p.27-37, 2000.

CORDEIRO, A. M. N.; BASTOS, F. H.; MAIA, R. P. Caracterização Geoambiental e Compartimentação Geomorfológica da Serra do Quincuncá e Entorno, Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 34, p.106-121, 2017. <https://doi.org/10.11606/rdg.v34i0.137653>

COSTA, L. R. F. **Fragilidade ambiental nos sistemas ambientais e sítios urbanos no Vale do Rio Banabuiú - CE**. 2017. 231 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

FARIA, T. O.; VECCHIATO, A. B.; SALOMÃO, F. X. T.; SANTOS JÚNIOR, W. A. Abordagem morfopedológica para diagnóstico e controle de processos erosivos. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 2, p.215-232, 2013. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1007>

FIGUEIREDO, D. M. de; SALOMÃO, F. X. de T. Morfopedologia: abordagem metodológica para estudos ambientais. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v. 24, n. Especial, p.1-16, 2023. <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2327>

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico Municipal – Pedra Branca**. Fortaleza: IPECE, 2017. 18p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no estado de São Paulo, Bacia do Pardo Grande**. São Paulo: IPT, 1990.

LEPSCH, I.F.; ESPINDOLA, C.R.; FILHO, O.J.V.; HERNANI, L.C.; SIQUEIRA, D.S. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2015. 170p.

NUNES, E. D. **Modelagem de processos erosivos hídricos lineares no município de mineiros - GO**. 2015. 242 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

NUNES, E. D.; CASTRO, S. S. Análise multiescalar aplicada à avaliação de erosão hídrica linear para área tropical subúmida situada na região Sudoeste do estado de Goiás-Brasil.

Revista Brasileira De Geomorfologia, v. 24, n. Especial, p.1-25, 2023.

<https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2368>

QUEIROZ NETO, J. P. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p.15-24, 2011.

<https://doi.org/10.20502/rbg.v12i0.255>

RIBEIRO, J. C.; TOCANTINS, N.; SALOMÃO, F. X. T. Abordagem morfopedológica aplicada à prevenção de voçorocas: Estudo de caso na bacia do Rio Itiquira - Alto Pantanal - Mato Grosso. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v. 24, n. Especial, p.1-21, 2023.

<https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2349>

SALOMÃO, F. X. T; Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A S. da.; BOTELHO, R G. M. (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1999. cap. 7, p.229-267.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico Folha Boa Viagem** (SB.24-V-D-II). Escala 1:100.000. Fortaleza: CPRM/UFC, 2008.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico Folha Mombaça** (SB.24-V-D-V). Escala 1:100.000. Fortaleza: CPRM, 2014.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico Folha Senador Pompeu** (SB.24-V-D-VI). Escala 1:100.000. Fortaleza: CPRM, 2011.

SOUZA, M. J. N. Compartimentação geoambiental do Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T; DANTAS, E. **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p.125-168.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 57/3, p.235-244, 2005.

TRICART, J.; KILIAN, J. **L'éco-Geographie et l'aménagement du Milieu Naturel**. Paris: Maspero, 1979. 325p.

VERVLOET, R. J. H. M. **Elementos de geomorfologia estrutural: estudo aplicado a região serrana do Espírito Santo**. Vitória: Edição do Autor, 2015. 196p.

VILLELA, F. N. J.; ROSS, J. L. S.; MANFREDINI, S. Análise geomorfopedológica na borda leste da bacia sedimentar do Paraná, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6 n. 4, p.669-682, 2015. <https://doi.org/10.20502/rbg.v16i4.608>

HISTÓRICO

Submetido: 14 de maio de 2024.

Aprovado: 24 abril de 2025

Publicado: 16 de maio de 2025

DADOS DO(S) AUTOR(ES)

Ícaro Breno da Silva

Graduado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e Especialista em Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental e aos Recursos Hídricos pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Mestre em Geografia e Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGeo/UECE). Possui experiência na área de Geografia Física e na aplicação das técnicas de geoprocessamento. As áreas de atuação incluem análise geoambiental, gestão de bacias hidrográficas, morfopedologia, uso da terra, processos erosivos, capacidade de suporte dos ambientes e geoestatística. Fortaleza, Ceará, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Dr. Silas Munguba, 1700, Itaperi, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60714-903.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8164-5614>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8302758450196118>

E-mail: icarbrenos@hotmail.com.

Lúcia Maria Silveira Mendes

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará (1981), mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal do Ceará (1988) e doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz" / Universidade de São Paulo (2005) conceito CAPES 7. Atualmente é pesquisadora do Laboratório de Geoprocessamento e Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Solos e Nutrição de Plantas, atuando principalmente nos seguintes temas: Geoprocessamento, Sistema de Informações Geográficas, Banco de Dados, Estatística Espacial e geoestatística. Fortaleza, Ceará, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Dr. Silas Munguba, 1700, Itaperi, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60714-903.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-6933>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1129346695509826>

E-mail: lucia.mendes@uece.br

Daniel Rodrigues Dos Santos

Possui graduação em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Ceará (2013) e em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (2023). É mestre em Recursos Naturais pela Universidade Estadual do Ceará (2016) e especialista em Licenciamento Ambiental, Saneamento Ambiental e Auditoria e Perícia Ambiental pela Faculdade de Iguazu. Atualmente é doutorando em Engenharia Hidráulica e Ambiental na Universidade Federal do Ceará, desenvolvendo pesquisa na área de Digestão Anaeróbia Seca em parceria com a Embrapa Agroindústria Tropical. Tem experiência em pesquisa nas áreas de Microbiologia Ambiental e Tratamento de Efluentes, com ênfase em susceptibilidade antimicrobiana, bactérias entéricas, bactérias degradadoras de agrotóxicos, qualidade do ar em ambientes internos, produção e melhoramento de lodos ativados e digestão anaeróbia. Atuou como professor substituto no Instituto Federal do Ceará – Campus Juazeiro do Norte, ministrando disciplinas como Legislação Ambiental, Auditoria Ambiental, Gestão Ambiental e Avaliação de Impacto Ambiental. Nos últimos anos, trabalhou com Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos junto ao Governo do Estado do Ceará. Fortaleza, Ceará, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Pernambuco, 2270, Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60511-110.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9621-8703>.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6964952070614896>

E-mail: drs.santos@outlook.com.

COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

SILVA, Í. B.; MENDES, L. M. S.; SANTOS, D. R. Avaliação da Susceptibilidade à Erosão Laminar no Alto Banabuiú (CE) por meio da Compartimentação Morfopedológica e Análise de Toposequência. **Revista GeoUECE**, Fortaleza (CE), v. 14, n. 26, e13104, 2025.