

Artigo de Pesquisa

Análise do Potencial Erosivo por Compartimentos Morfopedológicos como Subsídio ao Planejamento do Uso e Ocupação da Terra do Alto Banabuiú - Ceará

Analysis of the Erosive Potential by Morphopedological Compartments as a Subsidy for Planning the Use and Occupation of Land in Alto Banabuiú – Ceará

Ícaro Breno da Silva ¹, Lúcia Maria Silveira Mendes ²

¹ Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Fortaleza, Brasil. E-mail: icarobrenos@hotmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8164-5614>

² Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Fortaleza, Brasil. E-mail: lucia.mendes@uece.br.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-6933>

Recebido: 21/05/2020; Aceito: 03/07/2021; Publicado: 15/01/2022

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. 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, compondo o Alto Banabuiú. O objetivo geral da pesquisa é analisar o potencial de erosão laminar da área do Alto Banabuiú a partir da compartimentação morfopedológica. Dessa forma, para a identificação das áreas com potencial erosivo, decidiu-se pela utilização da análise integrada do meio físico, bem como pela adaptação de metodologias referentes à abordagem morfopedológica. Para isso, foram trabalhados no programa ArcMap 10.2.2, dados matriciais e vetoriais que auxiliaram na produção dos mapeamentos temáticos. Os resultados mostraram com fidelidade as diferentes classes de susceptibilidade e potencialidade à erosão laminar, fato confirmado pelas observações de campo. Predominaram as áreas moderadamente susceptíveis e as de baixo potencial de erosão laminar. Ao longo da área, foi possível distinguir seis compartimentos morfopedológicos, sendo os compartimentos I (241,09 km²), III (89,09 km²) e VI (46,97 km²) os mais vulneráveis aos processos erosivos, o que representa 25,5% da área total. A fim de orientar a gestão da ocupação e do uso da terra, sugere-se que sejam realizadas a recuperação e a preservação das áreas mais críticas, sendo as demais localidades propensas ao uso pela pecuária e culturas perenes e anuais, devendo ser adotadas técnicas de controle de erosão, mecanizadas ou edafovegetacionais, quando necessário.

Palavras-chave: Morfopedologia; Susceptibilidade; Potencial erosivo.

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. 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, composing the Alto Banabuiú. The overall goal of this research is to analyze the laminar erosion potential of the Alto Banabuiú area from the morphopedological compartmentalization. In this way, for the identification of areas with erosive potential, it was decided to use the integrated analysis of the physical environment, as well as by the adaptation of methodologies related to the morphopedological approach. For that, raster and vector data were addressed in the program ArcMap 10.2.2, which helped in the production of thematic mappings. The results showed with fidelity the different classes of susceptibility and potentiality to laminar erosion, a fact confirmed by field observations.

Predominated the moderately susceptible areas and the ones with low potential for laminar erosion. Along the area it was possible to distinguish six morphopedological compartments, being the compartments I (241,09 km²), III (89,09 km²) and VI (46,97 km²) the most vulnerable ones to erosion processes, representing 25.5% of the total area. In order to guide the management of the occupation and land use, it is suggested to do the reforestation and the preservation of the most critical areas, being the the other places prone to use by livestock and perennial and annual crops, being adopted techniques for erosion control, mechanized or edapho-vegetational, when necessary.

Keywords: Morphopedology; Susceptibility; Erosive potential.

1. 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, a saber: Freitas et al. (2017); Maranhão et al. (2017); Cuiabano et al. (2017); e Jesus, Souto e Santos (2019). Os compartimentos morfopedológicos são compreendidos como fisionomias do meio físico que revelam um tipo delimitável de relevo suportado por estruturas litológicas e pedológicas, cujos atributos e funcionamentos revelam consonância histórico-evolutiva (CASTRO; SALOMÃO, 2000).

O produto da relação entre o substrato rochoso, relevo e solos, também pode, posteriormente, ser relacionado com os usos históricos ou atuais do solo. Tal processo auxilia como subsídio ao planejamento à frente do uso e ocupação, pois conduzem não só ao entendimento atual, como também um prognóstico em face da necessidade de reequilibrar o meio físico ou evitar desequilíbrios (CASTRO; SALOMÃO, op. cit.).

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.

Neste sentido, segundo Salomão (1999), o potencial de erosão laminar pode ser definido como o resultado da relação direta entre a susceptibilidade da paisagem em desenvolver erosão e a ocupação atual das terras. A partir desta relação torna-se possível discutir e diagnosticar os conflitos de uso da terra existentes.

Assim, este estudo objetiva analisar o potencial de erosão laminar de parte da bacia hidrográfica do Alto Banabuiú (Ceará), a partir da compartimentação morfopedológica.

2. Materiais e Métodos

Para alcançar o objetivo proposto, 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 potenciais 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 o potencial erosivo de cada compartimento morfopedológico da área de estudo.

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

*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.

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).

O mapeamento do uso e ocupação do solo, foi realizado pela extração automatizada das informações das imagens de satélite SENTINEL-2, com resolução espacial de 10 m, sendo considerado adequado para a escala de trabalho adotada, tendo em vista a área mínima mapeável. Para a extração dessas informações, foi realizada, a princípio, a correção atmosférica das imagens, visando representar da forma mais fiel possível a resposta espectral de cada alvo, excluindo as interferências provocados pelos constituintes atmosféricos. A técnica utilizada foi a do Dark Object Subtraction (DOS), que consiste na correção do espalhamento atmosférico.

De posse dos dados tratados e corrigidos, foi efetuada, por meio do programa SPRING 5.3., a classificação supervisionada do tipo “pixel a pixel” – sendo empregada a técnica da Máxima Verossimilhança (MAXVER) – bem como a validação das classes de mapeamento.

Também foram delimitadas as Áreas de Preservação Permanente (APPs) das faixas marginais dos cursos d’água (natural, perene e intermitente). As categorias contempladas neste estudo apresentaram faixas de APP de 30 m (pequenos tributários), de 50 m e 100 m (leito principal do Rio Banabuiú). A demarcação dessas áreas se faz importante para a identificação dos possíveis usos inadequados ao longo das mesmas.

A partir da obtenção dos dados de susceptibilidade à erosão laminar e do mapeamento de uso e ocupação do solo, foi realizada a sobreposição destas duas camadas, resultando no mapa de potencialidade à erosão laminar. Para isso, as classes de uso e ocupação foram organizadas em ordem decrescente de predisposição do solo a processos erosivos (Quadro 3), tendo como critério o porte vegetacional e a intensidade da ação antrópica no manejo do solo.

Quadro 3. Classes de uso e ocupação frente à erosão laminar

Classes de uso frente à erosão laminar	Mapeamento do uso e ocupação do solo
Atividade Antrópica Intensa	Solo Exposto
Atividade Antrópica Moderada a Intensa	Agricultura; Pecuária; Silvicultura; Caatinga Degradada
Atividade Antrópica Moderada a Baixa	Caatinga Conservada; Mata Ciliar
---	Área Urbanizada; Área Coberta por Nuvem; Corpo D’água

Fonte: Adaptado de Mesquita et al. (2015).

Dessa forma, o critério utilizado para a confecção do mapa de potencialidade à erosão laminar, exposto no Quadro 4, leva em consideração as seguintes classes de potencial erosivo: Alto potencial (Classe I): uso atual do solo incompatível com a susceptibilidade à erosão laminar; Médio potencial (Classe II): uso atual do solo incompatível com a susceptibilidade à erosão laminar, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas; Baixo potencial (Classe III): uso atual do solo compatível com a susceptibilidade à erosão laminar.

Quadro 4. Definição das classes de potencial atual à erosão laminar

		Classes de Ocupação Atual das Terras		
		Atividade Antrópica Intensa	Atividade Antrópica Intensa a Moderada	Atividade Antrópica Moderada a Baixa
Classes de Susceptibilidade à erosão laminar	1	I	I	II
	2	I	I	III
	3	I	II	III
	4	I	III	III
	5	II	III	III

Fonte: Adaptado do IPT (1990) e Mesquita et al. (2015).

Por fim, a aplicação da metodologia da compartimentação morfopedológica seguiu os fundamentos propostos por Castro e Salomão (2000), norteada 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 e potencialidade 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 avaliados os conflitos existentes entre o potencial erosivo de cada compartimento e sua capacidade de uso.

3. Configuração 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, 2016). 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).

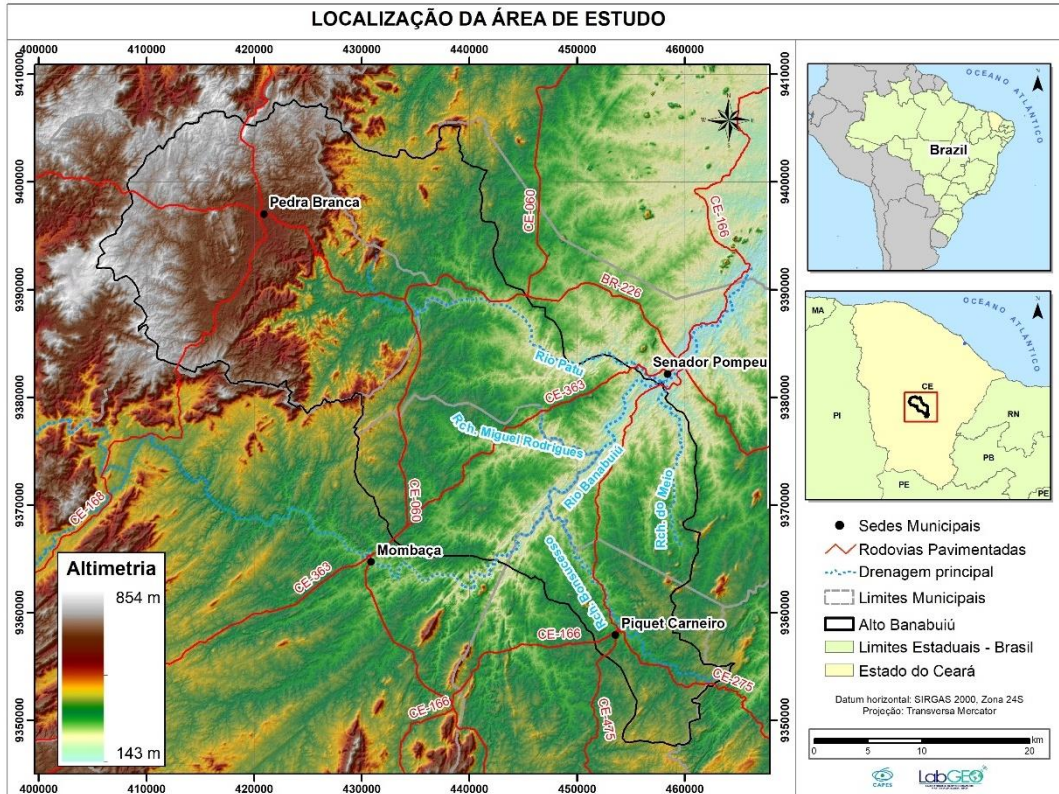


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

O clima predominante, segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2016), 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, conseqüentemente, 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).

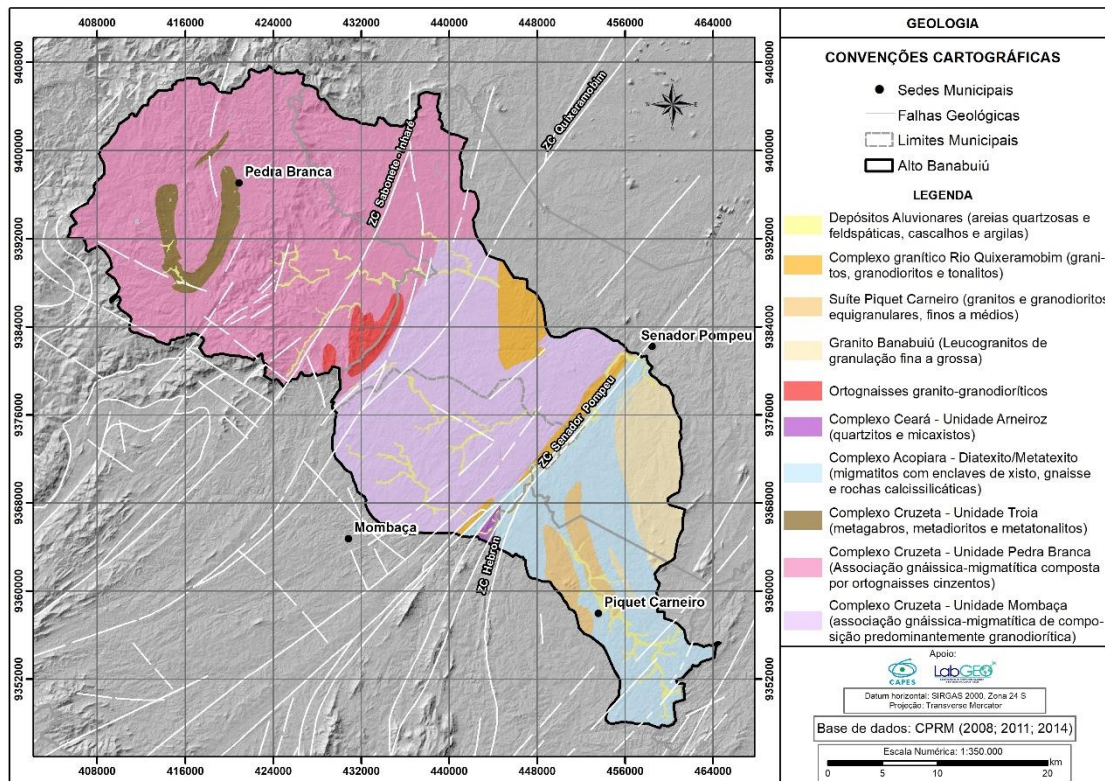


Figura 2. Mapa de geologia do Alto Banabuiú – Ceará.

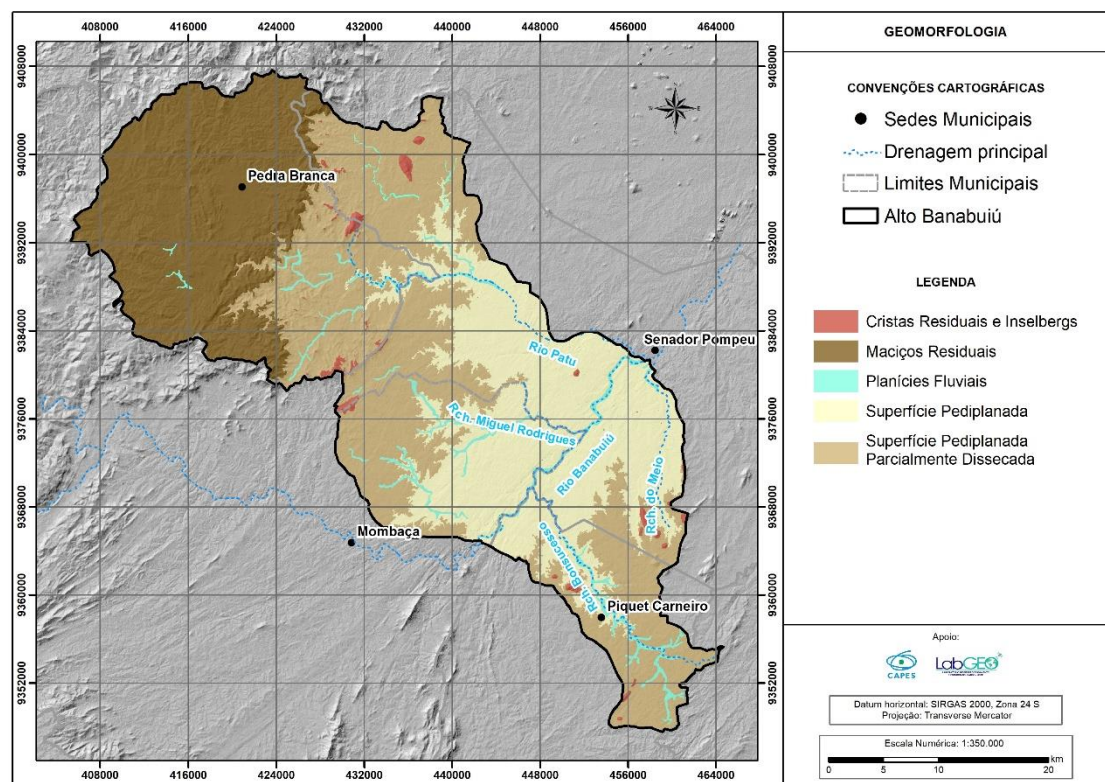


Figura 3. Mapa geomorfológico do Alto Banabuiú – Ceará.

As unidades pedológicas presentes também contam com grande diversidade. As unidades de solos da área de estudo são discriminados 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, Luvisso Crômico e Vertissolo Háplico (Figura 4).

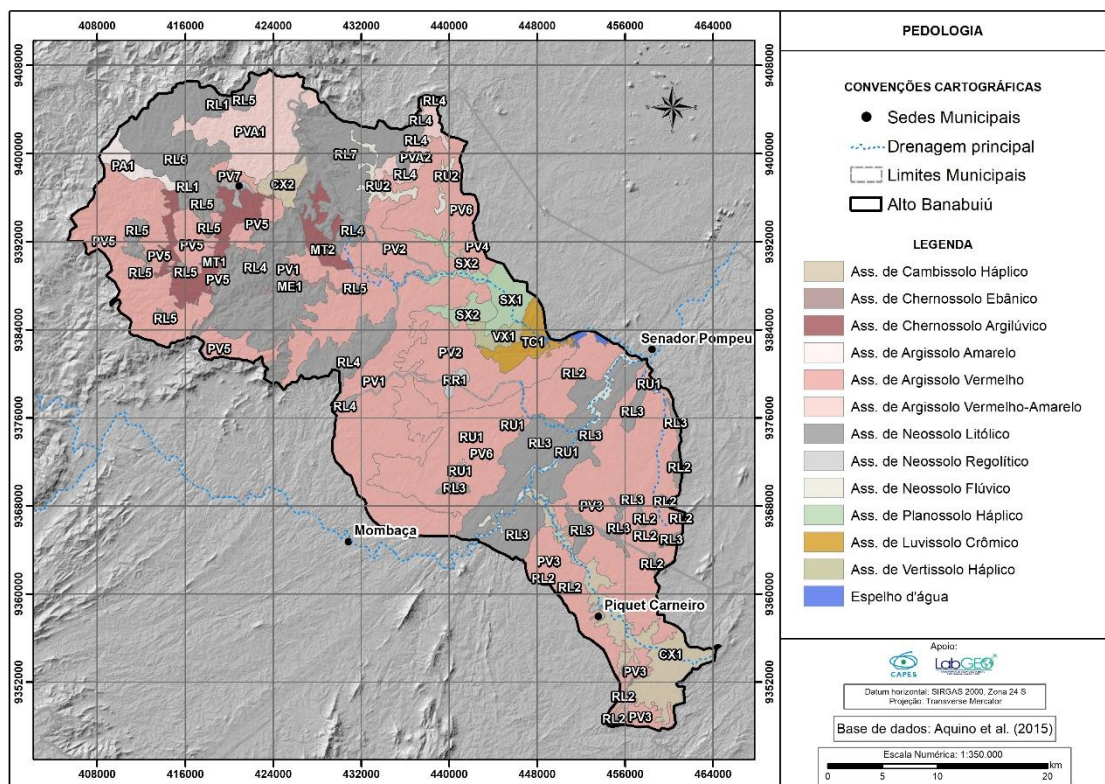


Figura 4. Mapa pedológico do Alto Banabuiú - Ceará.

A vegetação da área é composta, segundo Moro et al. (2015), pela caatinga arbustiva, distribuída em diferentes níveis de degradação (densa e aberta), floresta caducifolia espinhosa (arbórea) e floresta subcaducifolia tropical pluvial (mata seca).

4. Resultados e Discussão

4.1. Avaliação da Susceptibilidade à Erosão Laminar

O resultado do mapeamento, conforme Figura 5, 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 6A) 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 Háplico com Luvisso Crômico (VX1). O predomínio de associações com solos incipientes e rasos, como o Neossolo Litólico e a presença de Chernossolos e Luvissois 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.

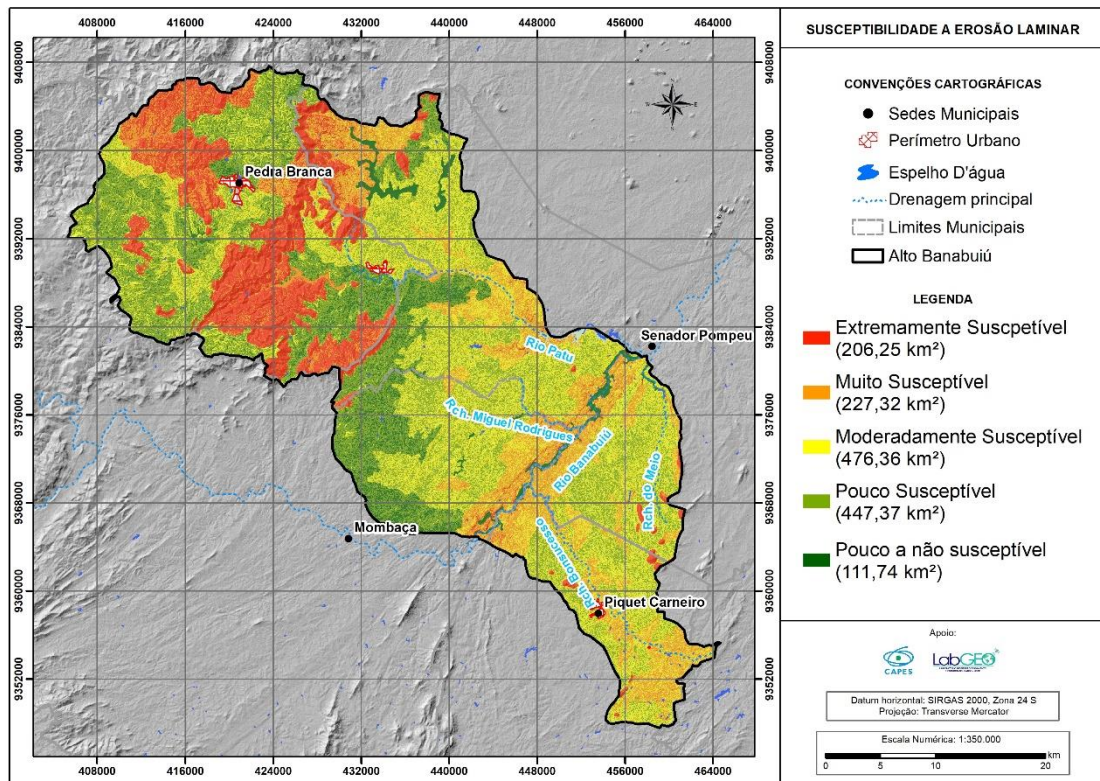


Figura 5. Mapa de susceptibilidade à erosão laminar do Alto Banabuiú – Ceará.

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 Háplico (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 argissolo, a topografia, representada pela declividade, tem grande influência sobre a erosão nesta área.

Já as classes muito suscetível e extremamente suscetível 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 Luvisso 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 6B). 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 suscetíveis, 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 6C). 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 6D).

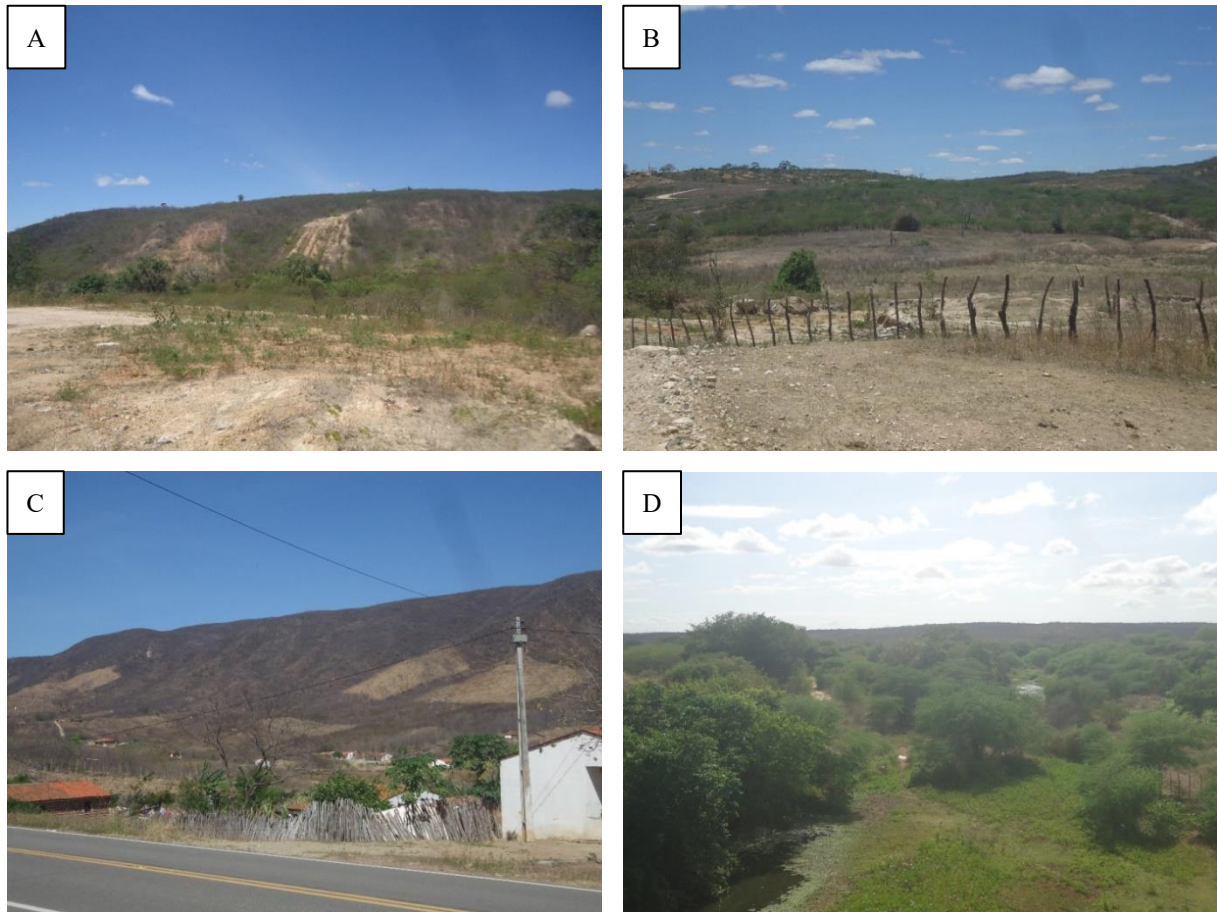


Figura 6. (A) Área com níveis moderados de susceptibilidade à erosão laminar; (B) Área de Neossolo Litólico, considerada muito susceptível à erosão laminar; (C) Área de extrema susceptibilidade à erosão laminar; (D) Área marginal ao canal principal do Rio Banabuiú, considerada pouco a não susceptível.

4.2. Potencial Erosivo

Os dados referentes às classes de susceptibilidade à erosão laminar refletem, unicamente, as características naturais da paisagem em face do desenvolvimento dos processos erosivos. No entanto, por meio das formas de uso e ocupação do solo (Figura 7), a erosão laminar também é fortemente condicionada pela ação antrópica, já que influi diretamente no porte e estado de conservação da cobertura vegetal, bem como na intensidade da ação antrópica sobre o manejo do solo.

Nesse contexto, áreas que apresentam o mesmo nível de susceptibilidade à erosão, quando ocupadas de maneiras diferentes, apresentam potenciais erosivos distintos (Figura 8).

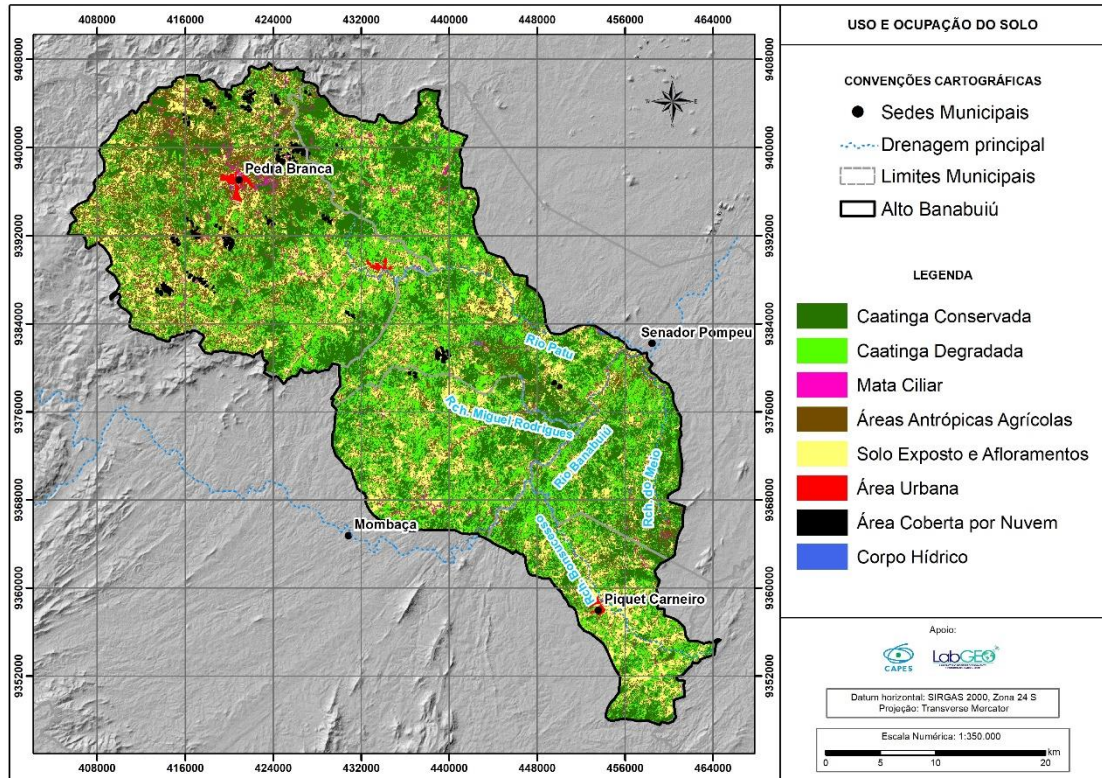


Figura 7. Mapa de uso e ocupação do Alto Banabuiú – Ceará.

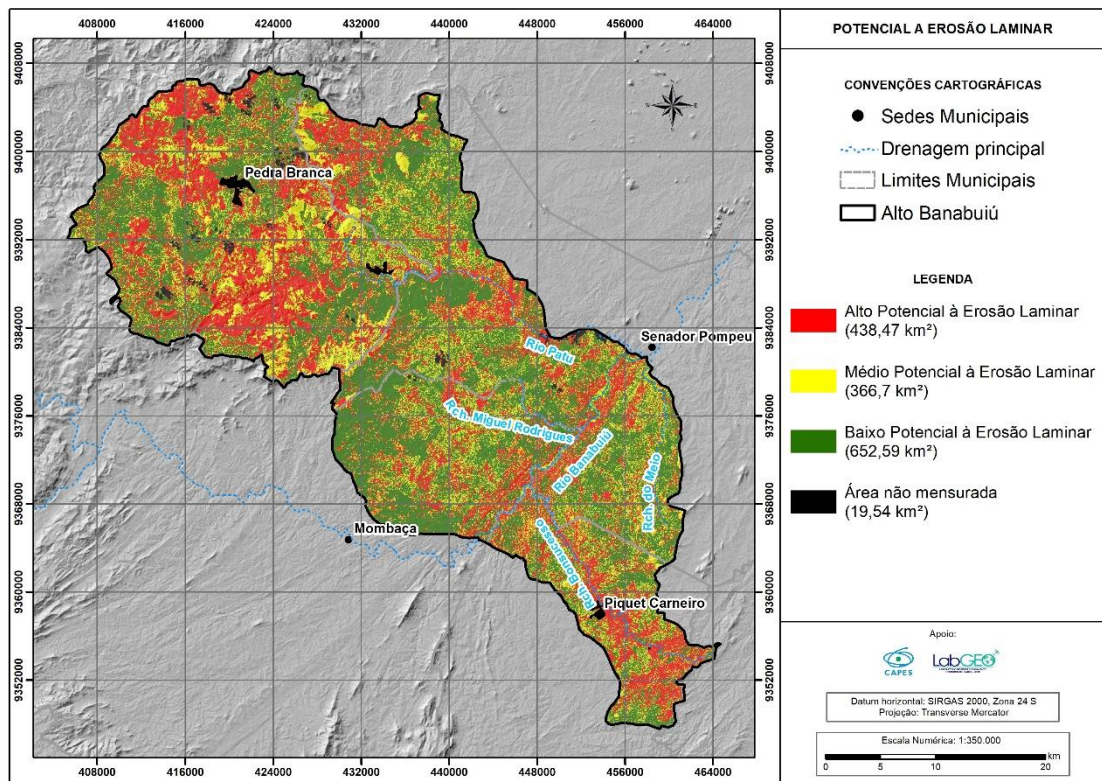


Figura 8. Mapa de potencial à erosão laminar do Alto Banabuiú – Ceará.

Nota-se que a maior parte da área possui baixo potencial de erosão laminar, sendo o uso da terra compatível com a susceptibilidade à erosão laminar. Essa classe está presente ao longo do maciço residual e da depressão sertaneja, predominando nesta última. Nela predominam os remanescentes florestais de caatinga conservada, mata ciliar e a classe de caatinga degradada. Ademais, essa classe engloba as diversas associações de Neossolo Flúvico, Argissolos Vermelho, Amarelo e Vermelho-Amarelo, considerados de baixa erodibilidade e que se encontram, predominantemente, em áreas de pouca declividade.

Cerca de 29% da área apresenta incompatibilidade entre a forma atual de uso e ocupação e a susceptibilidade à erosão laminar. Tais áreas são consideradas, portanto, de alto potencial de erosão. Essas estão situadas, geralmente, nas áreas de relevo mais escarpado as quais não apresentam um recobrimento vegetacional adequado que proporcione uma maior proteção ao solo (Figura 9A), associado a solos de elevada erodibilidade, a saber: as associações de Neossolo Litólico e a associação de Cambissolo Háplico e Neossolo Litólico.

As formas de uso predominantes nessas áreas são: a caatinga em estado degradado de conservação, as atividades antrópicas agrícolas e o solo exposto, predominando estes dois últimos.

A classe de menor expressão é representada pelo médio potencial de erosão laminar (24,82%). Nessas áreas também ocorrem incompatibilidades entre o uso atual do solo e a susceptibilidade à erosão, porém, as possíveis ocorrências erosivas podem ser controladas com práticas conservacionistas adequadas, como plantio em nível, terraceamento, cobertura do solo com palhada (plantio direto), entre outros.

No maciço residual, essa classe está presente ao longo do setor colinoso, ao norte da área de estudo; no setor mais aplainado do maciço, nas proximidades do perímetro urbano de Pedra Branca; e em determinados setores de sua vertente dissecada.

Ao longo da depressão sertaneja, estas áreas ocorrem ao longo das associações de Argissolo Vermelho com Planossolo Háplico e Neossolo Litólico, nos setores mais aplainados (Figura 9B). Já nas áreas mais dissecadas, com presença de cristas e inselbergs, ocorrem as diversas associações de Neossolo Litólico. As formas de cobertura e uso predominantes são: caatinga conservada (nos inselbergs), solo exposto e áreas agrícolas nas demais localidades.

Nas áreas de planície fluvial, predominam os pequenos declives e solos de baixa erodibilidade (Neossolos Flúvicos e suas associações), sendo essas regiões consideradas pouco a não susceptíveis aos processos de erosão laminar. Contudo, a pressão antrópica nestes locais acaba descaracterizando a mata ciliar, que, aos poucos, vai cedendo espaço para as áreas agrícolas, de solo exposto ou de caatinga degradada, que oferecem uma menor proteção ao solo e potencializam os processos erosivos (Figura 9C).

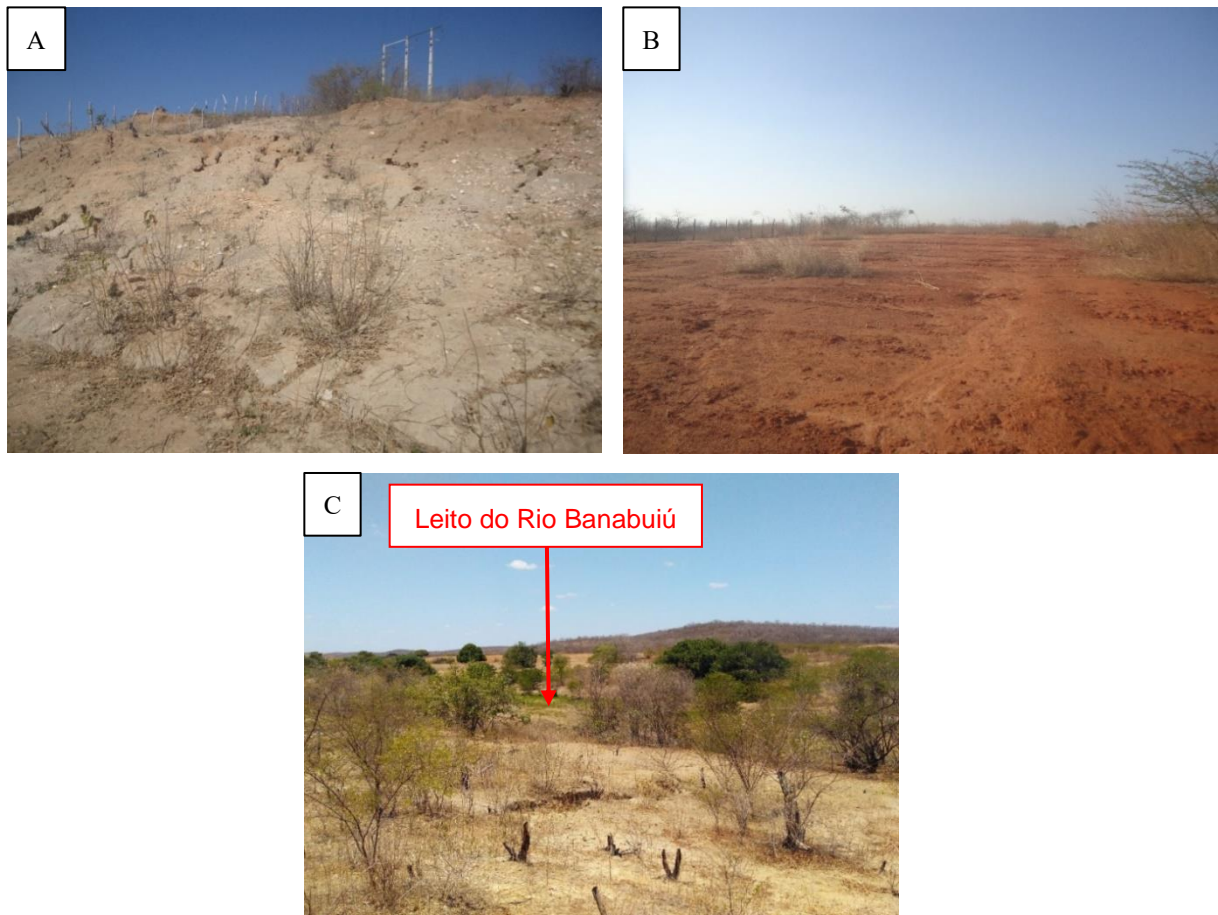


Figura 9. (A) Vertente do maciço residual, com presença de ravinamentos; (B) Setor descampado e com ocorrência de Argissolo Vermelho, considerado de média potencialidade à erosão laminar; (C) Mata ciliar descaracterizada ao longo do Rio Banabuiú, compondo uma paisagem de média potencialidade à erosão laminar.

4.3. *Compartimentação Morfopedológica e Propostas de Uso e Ocupação*

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 10). 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 5.

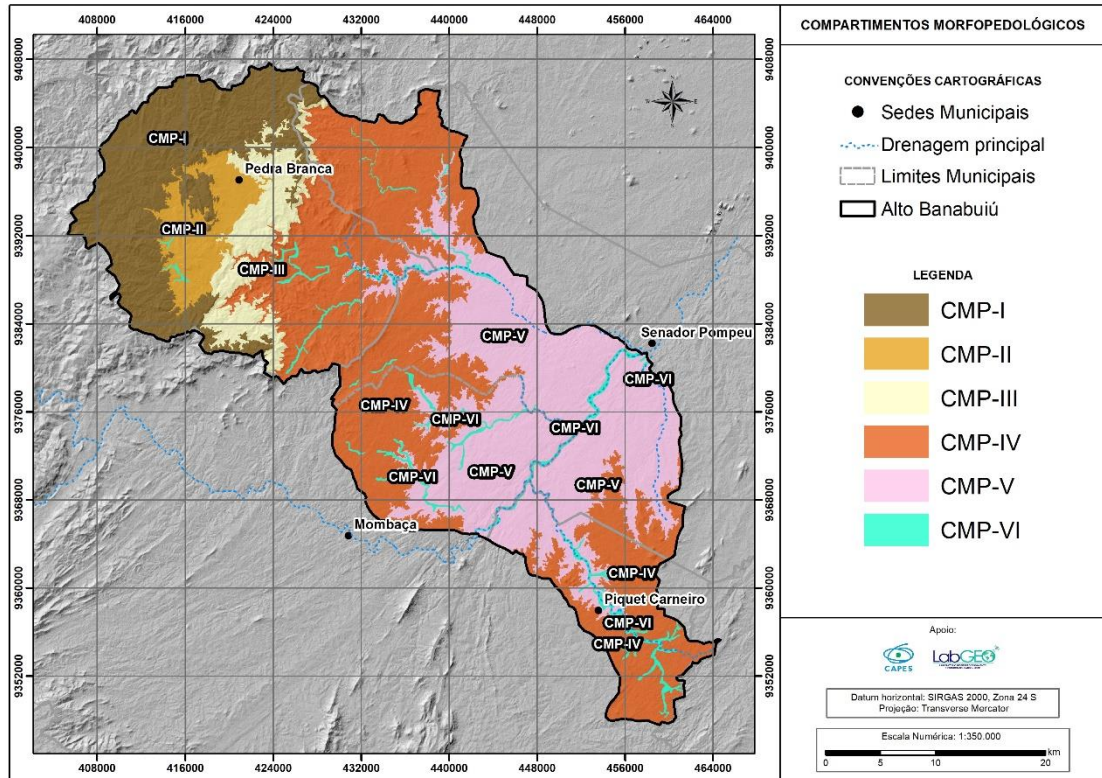


Figura 10. Mapa dos compartimentos morfopedológicos do Alto Banabuiú – Ceará.

Quadro 5. Compartimentos morfopedológicos e suas representatividades de relevo, geologia e associações de solo

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

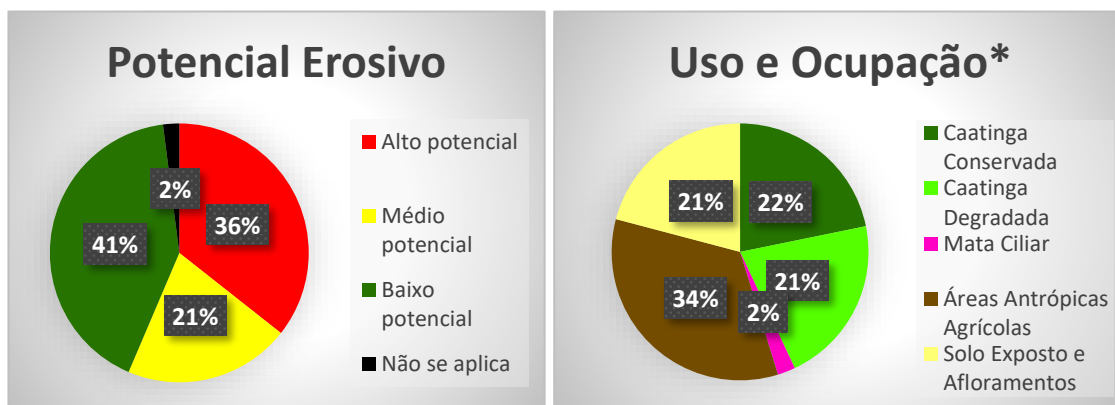
4.3.1. Compartimento Morfopedológico I (CMP-I) – Platô Subúmido Colinoso

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 (ortognaisses). Em relação às classes de solos, predominam, aqui, os Argissolos (Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo) e o Neossolo Litólico, em menor expressão, oriundos dos diferentes níveis de dissecação e de declividade ao longo da unidade morfopedológica.

Esse setor é predominantemente recoberto por áreas antrópicas agrícolas, caatinga conservada e caatinga degradada, sendo também comuns as áreas de solo exposto (Gráfico 1). Em relação aos aspectos erosivos, predominam as classes de baixo e alto potencial de erosão laminar, demonstrando que 36% deste setor apresentam incompatibilidade entre a susceptibilidade dos solos e o uso atual da terra (Gráfico 1). Vale ressaltar que, mesmo com mais da metade do compartimento sendo representado por solo exposto e áreas agrícolas, o predomínio de Argissolo profundos e bem drenados faz com que a porcentagem de áreas com baixo potencial erosivo seja a mais expressiva (41%).

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 recuperação, 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.

Gráfico 1. Áreas do Compartimento I



* Corpos hídricos e nuvem somam, aproximadamente, 2%.

4.3.2. Compartimento Morfopedológico II (CMP-II) – Platô Subúmido Aplainado

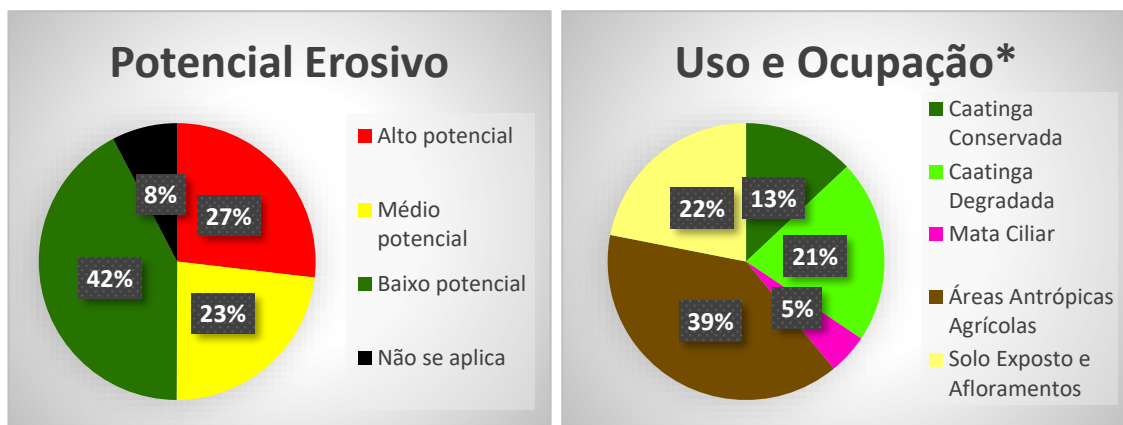
Está localizado na porção central do maciço residual e possui somente 66,45 km². É sustentado pelo Complexo Cruzeta, sendo comum às unidades Pedra Branca e Tróia. Esta última é composta por uma associação metaplutônica máfica-ultramáfica, apresentando reflexo geomorfológico na área (setor aplainado). 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.

Este setor é amplamente ocupado por áreas antrópicas agrícolas, estando presentes, também, em maior quantidade, o solo exposto e a caatinga em estado degradado de conservação (Gráfico 2). A agricultura na área é favorecida pelo relevo plano, bem como pelo alto potencial agrícola do Chernossolo. Em relação às classes de potencial erosivo, as que apresentam maior percentual são as classes de baixo (42%) e alto (27%) potencial de erosão laminar, em que cerca de 27% do setor apresenta incompatibilidade entre o uso atual do solo e o seu nível

de susceptibilidade (Gráfico 2). No entanto, o predomínio do setor aplainado nas áreas de ocorrência de Argissolo (profundo e bem drenado) favorece a porcentagem referente às áreas de baixo potencial erosivo.

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 ou edafovegetativas de controle da erosão. Também presente nesse compartimento está uma pequena mancha de Neossolo Litólico, nas proximidades do açude Trapiá II, sendo indicada a recuperação ou a preservação dessas áreas.

Gráfico 2. Áreas do Compartimento II



* Área urbana, nuvem e corpos hídricos somam, aproximadamente, 8%.

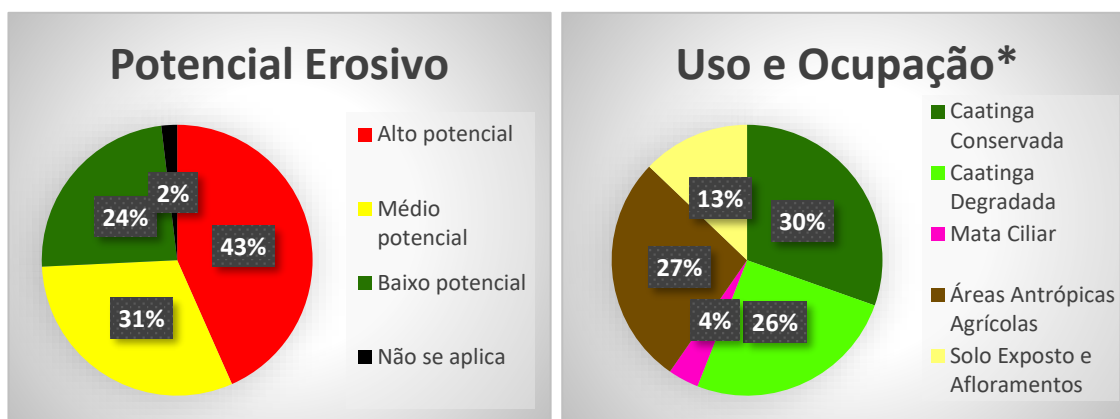
4.3.3. Compartimento Morfopedológico III (CMP-III) – Vertente Úmida Dissecada

Localizado no setor Leste do maciço residual, 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 em associações com Argissolo Vermelho ou Cambissolo Háplico.

Sua área é ocupada, principalmente, pela caatinga conservada, com predomínio de uma mata fechada, áreas antrópicas agrícolas e caatinga degradada, em que o solo fica mais exposto aos processos erosivos (Gráfico 3). Devido aos usos inapropriados neste setor, predominam aqui as classes de alta e média potencialidade aos processos de erosão laminar (Gráfico 3). Tal cenário também pode ser justificado pelo predomínio de solos de elevada erodibilidade ao longo do compartimento morfopedológico.

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 realizadas a recuperação desses ambientes e sua posterior conservação. Para os locais onde predomina o Argissolo, sugere-se o uso de culturas perenes.

Gráfico 3. Áreas do Compartimento III



* Corpos hídricos e nuvem somam, aproximadamente, 2%.

4.3.4. Compartimento Morfopedológico IV (CMP-IV) – Depressão Dissecada em Cristas e Inselbergs

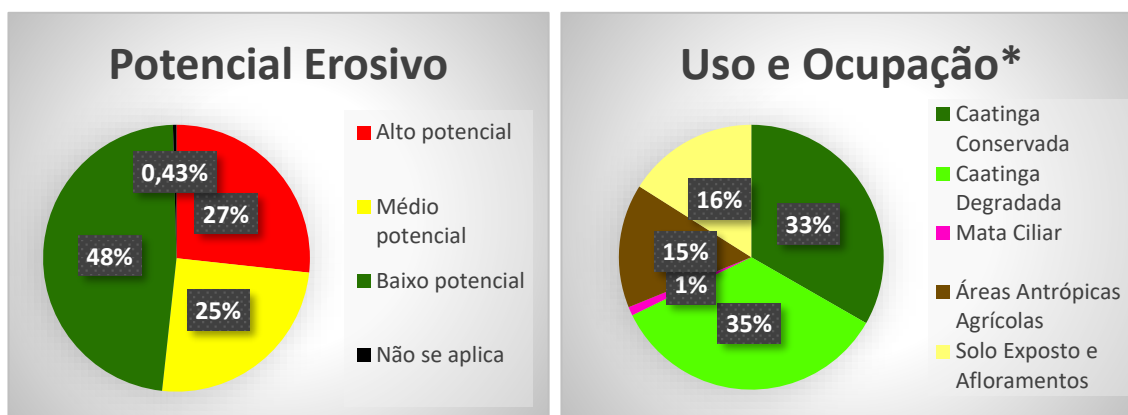
Está presente tanto na porção Norte quanto na porção Sul da área de estudo, sendo a maior unidade presente, com 593,96 km². Devido a suas dimensões, este compartimento abrange litologias variadas, a saber: Complexo Acopiara (Diatexito, Metatexito e as rochas calcissilicáticas), Complexo Cruzeta (Unidade 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 caatinga degradada, seguida da caatinga conservada (Gráfico 4). Logo em seguida, solo exposto e áreas antrópicas agrícolas somam mais de 30% da área. Já para as classes que expressam o potencial erosivo, as de maior representatividade foram a de baixo (48%) e alto (27%) potencial de erosão laminar. Desta forma, 27% da área não apresenta compatibilidade entre as formas de uso e ocupação e os níveis de susceptibilidade dos solos (Gráfico 4). O predomínio do Argissolo ao longo da depressão sertaneja, aliado a uma maior presença da vegetação de caatinga neste compartimento faz com que as áreas de baixo potencial de erosão laminar representem 48% da área total do CMP-IV.

Para o ordenamento territorial desse setor, indica-se a recuperação 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, considera-se a conservação dessas áreas a forma mais apropriada de uso. Por fim, nas regiões em que predomina 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.

Gráfico 4. Áreas do Compartimento IV



* Área urbana, nuvem e corpos hídricos somam, aproximadamente, 0,4%.

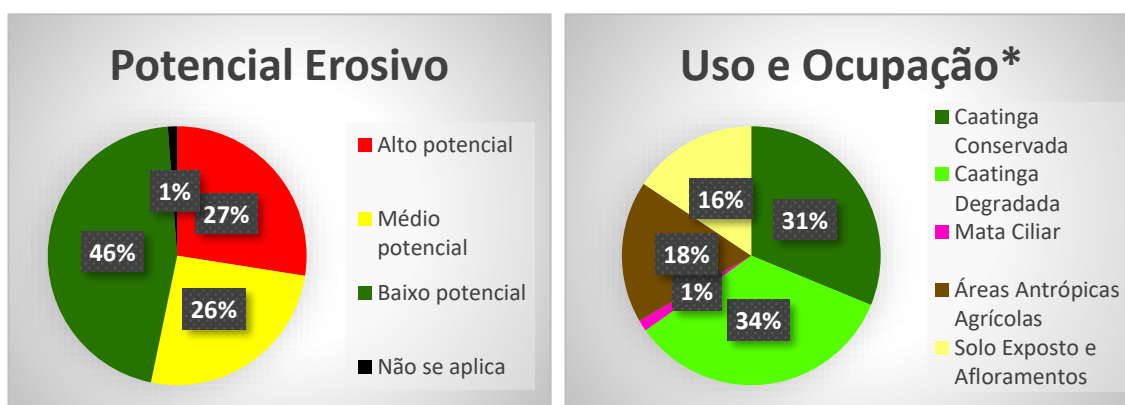
4.3.5. Compartimento Morfopedológico V (CMP-V) – Depressão Erosiva Rebaixada

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 Háptico, Luvisolo Crômico, Neossolo Litólico, Planossolo Háptico e Vertissolo Háptico.

Os aspectos de uso e ocupação também são semelhantes ao nível mais dissecado da depressão sertaneja. Assim, predominam aqui a caatinga degradada, caatinga conservada e as áreas antrópicas agrícolas, seguida do solo exposto (Gráfico 5). Com essa configuração de uso da terra, predominam na área as classes de baixo e médio potencial erosivo. Aproximadamente 27,4% desses locais apresentam incompatibilidade entre as formas de uso e os níveis de susceptibilidade dos solos (Gráfico 5). A maior expressão da classe de Argissolo, em detrimento de outras classes de solos de maior erodibilidade, também justifica o predomínio das áreas de baixo potencial erosivo (46%).

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 Háptico, Cambissolo Háptico, Luvisolo Crômico e Neossolo Litólico também podem ser indicados ao uso de pastos e culturas perenes, no entanto, as áreas mais comprometidas são mais apropriadas para a recuperação e posterior conservação. 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.

Gráfico 5. Áreas do Compartimento V



* Área urbana, nuvem e corpos hídricos somam, aproximadamente, 0,6%.

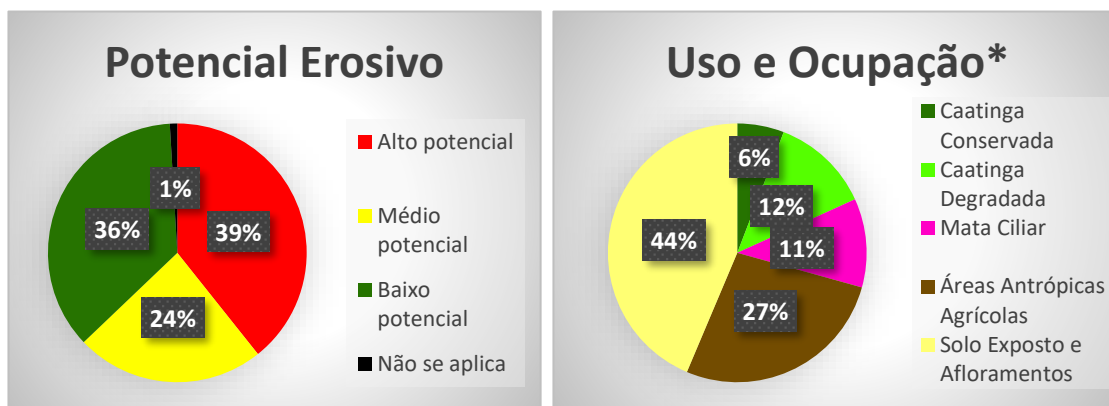
4.3.6. Compartimento Morfopedológico VI (CMP-VI) – Planícies Fluviais

Encontra-se distribuída ao longo dos cursos d'água 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, oriundas dos sedimentos depositados em ambiente fluvial.

Este setor apresenta cobertura vegetal bastante descaracterizada, tendo em vista a pressão antrópica sobre estes ambientes que, apresentam elevado potencial agrícola e maior disponibilidade de água subterrânea. Nesse contexto, cerca de 71% dessas áreas encontram-se desmatadas (solo exposto) ou ocupadas por atividades agrícolas (Gráfico 6). Mesmo com esse cenário, boa parte deste compartimento possui baixo potencial de erosão laminar (36,19%), relativo aos locais onde a mata ciliar continua preservada. No entanto, a classe de maior expressão é a de alto potencial erosivo, que soma, aproximadamente, 39%, resultado da elevada pressão antrópica nesse compartimento morfopedológico (Gráfico 6).

O ordenamento deste setor não apresenta grande complexidade, já que, por sua vez, não ocorrem problemas complexos de conservação. Neste sentido, sugere-se a recuperação das áreas descaracterizadas. Já as demais localidades deste setor são indicadas ao uso de pastos ou ao plantio de culturas diversificadas, devendo ser adotadas medidas simples de conservação, como realizar a cobertura do solo com palhada (plantio direto).

Gráfico 6. Áreas do Compartimento VI



* Área urbana, nuvem e corpos hídricos somam, aproximadamente, 0,94%.

5. Considerações

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.

O estudo 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, a menor.

Ao utilizar a abordagem morfopedológica, foi possível identificar, ao longo da área, seis compartimentos morfopedológicos, os quais puderam ser relacionados aos seus aspectos geomorfológicos, pedológicos e geológicos. A identificação desses compartimentos e sua interpretação em face dos dados de susceptibilidade à erosão laminar e do uso e ocupação dos solos permitiram conhecer o atual potencial erosivo de cada

compartimento, constituindo-se, assim, em subsídios para o planejamento ambiental. De maneira geral, a área de estudo apresenta 44,17% de áreas de baixo potencial de erosão laminar.

Dentre os compartimentos mais vulneráveis aos processos erosivos, sobressaem as seguintes unidades: 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; e o CMP-VI, representado pelas áreas planas onde ocorrem os Neossolos Flúvicos, associados às áreas de planícies fluviais. A forte pressão antrópica ao longo desse último compartimento, muitas vezes desrespeitando o Novo Código Florestal, faz com que o potencial erosivo da área aumente, já que as áreas de solo exposto, que avançam em direção às matas ciliares, não conferem nenhuma proteção ao solo.

Assim, com o intuito de subsidiar a organização da ocupação e do uso da terra, além de orientar a gestão da área sobre a qual incidem, sugere-se que sejam realizados a recuperação e a preservação das áreas mais críticas, geralmente as mais dissecadas, onde predominam as associações de Neossolo Litólico, e ao longo dos corpos hídricos com APP degradada. 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 ou edafovegetativas 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, evitando problemas ambientais e perdas econômicas. Já a delimitação de diferentes compartimentos morfopedológicos, 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.

A partir dos resultados obtidos e das considerações aqui elencadas, este estudo pretende alcançar gestores municipais, bem como os membros do Comitê da Sub-Bacia Hidrográfica do Banabuiú no intuito de dialogar com os proprietários de terras da área analisada, sanar ou minimizar os conflitos de uso existentes.

Contribuições dos Autores: Ícaro Breno da Silva participou de todas as etapas de construção do presente artigo, pois os resultados nele contidos são parte de sua dissertação. Lúcia Maria Silveira Mendes participou da construção da concepção teórica e metodológica do artigo, bem como da escrita e correções.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) que concedeu bolsa de mestrado ao primeiro autor deste artigo, colaborando com o desenvolvimento da pesquisa.

Agradecimentos: Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Geografia da UECE (ProPGeo), em especial, ao Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Aplicado (LABGEO), que auxiliou nos trabalhos de campo, tornando possível a realização desta pesquisa. Os autores estendem os agradecimentos aos revisores anônimos pelos valiosos comentários e sugestões que contribuíram para o melhoramento do manuscrito.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. 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.
2. AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332p.
3. BATISTA, C.; VERÍSSIMO, C.; DINIZ, M. T. Morfopedologia e erodibilidade no maciço de Baturité/CE. Revista Geonorte, v. 5, n. 21, p.124-128, 2014.
4. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 7. ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355p.
5. BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão integrada do controle da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 3., 1985, Maringá. Anais... Maringá: ADEA, ABGE, 1985. p.315-329.

6. CABRAL, L. J. R. S.; VALLADARES, G. S.; AQUINO, R. P. de. Susceptibilidade à erosão das terras do alto curso do Rio Banabuiú, no sertão central do Ceará, usando lógica nebulosa. ACTA Geográfica, Edição Especial, p.103-113, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v0i0.3747>
7. CASTRO, S. S. de; SALOMÃO, F. X. T. Compartimentação morfoopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. Revista GEOUSP, São Paulo, n. 7, p.27-37, 2000. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2000.123401>
8. 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. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v34i0.137653>
9. 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.
10. CUIABANO, M. N.; NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M. C. M.; SERAFIM, M. E.; NEVES, R. J. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica na sub-bacia do Córrego do Guanabara/Reserva do Cabaçal – MT, Brasil. Geociências, v. 36, n.3, p.543-556, 2017.
11. FARIA, T. O.; VECCHIATO, A. B.; SALOMÃO, F. X. T.; SANTOS JÚNIOR, W. A. Abordagem morfoopedológica para diagnóstico e controle de processos erosivos. Revista Ambiente & Água, v. 8, n. 2, p.215-232 2013. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1007>
12. FREITAS, L. E.; NEVES, S. M. A. S.; CARVALHO, M. A. C.; LUZ, C. C. S.; PAULA, D. G. Abordagem morfoopedológica na avaliação da suscetibilidade à erosão dos solos em Vale de São Domingos (MT). Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 8, n. 1, p.49-61, 2017.
13. GUERRA, A. J. T. O Início do Processo Erosivo. 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. 1, p.17-55.
14. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Perfil Básico Municipal. Fortaleza: IPECE, 2016. 18p.
15. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SAO PAULO. Orientações para o combate à erosão no estado de São Paulo, Bacia do Pardo Grande. São Paulo: IPT, 1990.
16. JESUZ, C. R.; SOUTO, R. N. V.; SANTOS, I. R. S. Avaliação primária dos compartimentos morfoopedológicos em relação às erosões lineares na Bacia Hidrográfica do rio Tenente Amaral, Jaciara– MT. Revista OKARA: Geografia em debate, v. 13, n.2, p.575-596, 2017. DOI: 10.22478/ufpb.1982-3878.2019v13n2.45298
17. 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.
18. LOPES, E. S. S. Tutorial 10 aulas - SPRING 5.1. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2009. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/spring/download/springdb/tutor_10Aulas_51.exe>. Acesso em: 03 ago. 2018.
19. MARANHÃO, D. D. C.; AGUADO, O. I. O.; PEREIRA, M. G.; ARAÚJO, A. P.; CASTRO, S. S.; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Analysis of Potential for Linear Erosion in the Cerrado Biome Using Morphopedology. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 41, p.1-17, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20160427>
20. MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília: UNB, 2012. 266p.
21. MESQUITA, E. A.; CRUZ, M. L. B.; RODRIGUES, L. S.; OLIVEIRA, L. S. Geoprocessamento aplicado à espacialização da potencialidade à erosão laminar na sub-bacia hidrográfica Riacho do Sangue-Ce. In:

- SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. p. 3868-3874.
22. MORO, M. F.; MACEDO, M. B.; MOURA-FÉ, M. M.; CASTRO, A. S. F.; COSTA, R. C. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. *Rodriguésia*, v. 66, n. 3, p.717-743, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566305>
 23. 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.
 24. 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.
 25. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa Geológico Folha Boa Viagem (SB.24-V-D-II). Escala 1:100.000. Fortaleza: CPRM/UFC, 2008.
 26. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa Geológico Folha Mombaça (SB.24-V-D-V). Escala 1:100.000. Fortaleza: CPRM, 2014.
 27. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa Geológico Folha Senador Pompeu (SB.24-V-D-VI). Escala 1:100.000. Fortaleza: CPRM, 2011.
 28. SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena*, v. 57, n. 3, p.251-259, 2004. DOI: 10.1016/j.catena.2003.11.006
 29. SOUZA, M.J.N. Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C. (Org). *Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará*. Fortaleza: Funece, 2000.
 30. 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.
 31. 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.
 32. TRICART, J.; KILIAN, J. *L'éco-Geografie et l'aménagement du Milieu Naturel*. Paris: Maspero, 1979. 325p.
 33. 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. DOI: 10.20502/rbg.v16i4.608
 34. WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. *Agriculture Handbook*, n. 537, p.1-60, 1978.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.