



A CARTOGRAFIA DO RELEVO E SUAS CONTRIBUIÇÕES AO PLANEJAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO: APLICAÇÕES NO SUBMÉDIO VALE DO SÃO FRANCISCO

Kelly Beatriz Silva Santos
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Bahia, Brasil.
kelly.beatriz@discente.univasf.edu.br

Antonio Felipe Rodrigues Santos
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Bahia, Brasil.
antonio.felipe@discente.univasf.edu.br

Éverton Vinícius Valézio
Universidade de Pernambuco, Pernambuco, Brasil.
evertonvalezio@gmail.com

Matheus de Alencar Almeida
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Bahia, Brasil.
matheus.alencar@discente.univasf.edu.br

Sirius Oliveira Souza
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Bahia, Brasil.
sirius.souza@univasf.edu.br

RESUMO – As Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) ocorrem pela degradação do solo, dos recursos hídricos e da vegetação, resultante das ações antrópicas, das variações climáticas e outros fenômenos naturais, que se configuram por um processo, quase sempre lento, mas que vem sendo acelerado em decorrência da intensificação das atividades humanas. Assim, o presente estudo objetiva uma compartimentação geomorfológica, levando em consideração os processos morfogenéticos e morfodinâmicos do relevo. A metodologia baseou-se na elaboração de uma revisão bibliográfica sobre a cartografia geomorfológica em âmbitos semiáridos tropicais, desenvolvida através da aquisição de dados com base no TOPODATA (INPE, 2008) e do georreferenciamento, vetorização e integração de dados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) com o uso do software QGIS. Os resultados obtidos possibilitarão o desenvolvimento de pesquisas geomorfológicas no Submédio do Vale do São Francisco, partindo do pressuposto da carência de estudos e mapeamento de maior detalhe voltados à desertificação no semiárido baiano.

Palavras-chave: Desertificação; Geomorfologia; Mapeamento; Semiárido; SIG.

THE CARTOGRAPHY OF THE RELIEF AND ITS CONTRIBUTIONS TO THE PLANNING OF AREAS SUSCEPTIBLE TO DESERTIFICATION: APPLICATIONS IN THE LOWE-MIDDLE SÃO FRANCISCO VALLEY

ABSTRACT – Areas Susceptible to Desertification (ASD) occur due to the degradation of soil, water resources and vegetation, resulting from human actions, climate variations and other natural phenomena, which are characterized by a process, almost always slow, but which has been

accelerated as a result of the intensification of human activities. Thus, the present study aims at a geomorphological compartmentalization, taking into account the morphogenetic and morphodynamic processes of the relief. The methodology was based on the elaboration of a bibliographical review on geomorphological cartography in semi-arid tropical areas, developed through the acquisition of data based on TOPODATA (INPE, 2008) and georeferencing, vectorization and integration of data in an Information System environment Geographic (GIS) using QGIS software. The results obtained will enable the development of geomorphological research in the lower middle of the São Francisco Valley, based on the assumption of a lack of more detailed studies and mapping focused on desertification in the semiarid region of Bahia.

Keywords: Desertification; Geomorphology; Mapping; Semiarid; GIS.

INTRODUÇÃO

Segundo estimativas da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD) a desertificação consiste na degradação da terra em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, que são denominadas como Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD). Ela ocorre pela degradação do solo, dos recursos hídricos e da vegetação, resultante das ações antrópicas, das variações climáticas e outros fenômenos naturais. É um processo, quase sempre lento, mas que vem sendo acelerado em decorrência da intensificação das atividades humanas (PAN-BRASIL, 2004).

Conforme as definições da UNCCD, as Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil estão maioritariamente concentradas na região Nordeste do país, em decorrência das suas condições climáticas, no entanto, também há estados da região Sudeste, como Minas Gerais e Espírito Santo que são afetados pelo fenômeno da seca e se encontram dentro dessas áreas (PAN-BRASIL, 2004).

Neste sentido, Sá e Angelotti (2009) destacaram que no Nordeste Brasileiro somam-se 200 mil km² de terras degradadas, e que em muitos locais os solos já se tornaram improdutivos para a agricultura. Somando os locais onde a desertificação ocorre, mesmo que de forma moderada, a área atingida aumenta para 600 mil km², cerca de 1/3 do território nordestino. Outro aspecto importante é que as informações disponíveis permitem observar que nas áreas onde esses processos de desertificação ocorrem, os níveis de indigência são muito elevados se comparados à média nacional (SÁ et al., 2010).

Para que ocorra o planejamento das áreas susceptíveis à desertificação, faz-se necessário um levantamento do substrato físico-natural da área a ser gerenciada. Considerando que o relevo é parte importante desse substrato, a Geomorfologia e a Cartografia Geomorfológica são componentes importantes para o planejamento dessas áreas (ROSS, 2006).

Segundo Christofolletti (1980), a Geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo, e essas formas representam a expressão espacial de uma superfície, compondo as configurações da paisagem morfológica. Ainda de acordo com Christofolletti (1980), o objetivo central da Geomorfologia é o estudo do sistema geomorfológico e das formas e processos que o constituem.

Já a cartografia geomorfológica é definida como um ramo específico que possui contribuições da Cartografia e da Geomorfologia, e tem como finalidade interpretar, mapear e representar cartograficamente os sistemas geomorfológicos (NETO, 2020). O mapeamento das formas de relevo é um instrumento técnico essencial para avaliar as fragilidades naturais e as mudanças dinâmicas provocadas por ações antrópicas. A partir disso, torna-se possível realizar o planejamento da ocupação e uso das terras, tanto para evitar o uso de terrenos com fragilidades quanto para gerenciá-las (SIMON E LUPINACCI, 2019).

No cenário internacional de estudos do relevo semiárido, há a contribuição de autores como Bocco, Mendoza e Velázquez (2001), que evidenciaram as formas de relevo e auxiliaram propostas de planejamento para áreas susceptíveis à desertificação no estado de Michoacan,

centro-oeste do México. Já Frankl et al., (2012) mapearam o relevo semiárido do norte da Etiópia e discutiram as características destes ambientes, com destaque para os processos erosivos associados à degradação da paisagem e o nível de exposição dos solos.

No contexto brasileiro o “Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação do Brasil”, produzido pelo Ministério do Meio Ambiente- MMA (BRASIL, 2007) retrata os espaços semiáridos, dando ênfase nas ASD e na análise de aspectos ambientais e sociais. Oliveira Junior (2019) realizou o mapeamento geomorfológico das áreas degradadas em Canudos, no semiárido baiano, permitindo a identificação dessas áreas e os impactos físicos e sociais que os processos de degradação ocasionam.

Neste sentido, opta-se por estudar alguns setores baianos pertencentes ao Submédio Vale do São Francisco. Objetiva-se neste trabalho discutir a compartimentação geomorfológica do Submédio São Francisco, levando em consideração os processos morfogenéticos e morfodinâmicos do relevo.

Atualmente o Brasil é um dos países com maior extensão de terras susceptíveis a desertificação (NASCIMENTO, 2013). E segundo Oliveira Junior (2019), as pesquisas referentes a ASD no estado da Bahia são insuficientes para compor uma base de estudos sólida.

Este trabalho também se justifica por possuir relevância social frente aos instrumentos do Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, estabelecido pelo Decreto Estadual nº 11.573 de 04 de junho de 2009, que ambiciona assegurar a integração de políticas e ações realizadas por órgãos da Administração Pública Estadual para instituir medidas de combate à desertificação e minimizar os impactos da seca (BAHIA, 2009).

Desse modo, ressalta-se a necessidade da elaboração de mapeamentos geomorfológicos que abordem a morfodinâmica erosiva com foco em planejamento, que são inexistentes no contexto do semiárido brasileiro (LIMA E LUPINACCI, 2021). Assim, o presente trabalho se justifica frente a necessidade de conhecimento científico sobre a dinâmica das paisagens nos semiáridos tropicais brasileiros, principalmente nas áreas em processo de desertificação no estado da Bahia.

METODOLOGIA

Caracterização da área em estudo

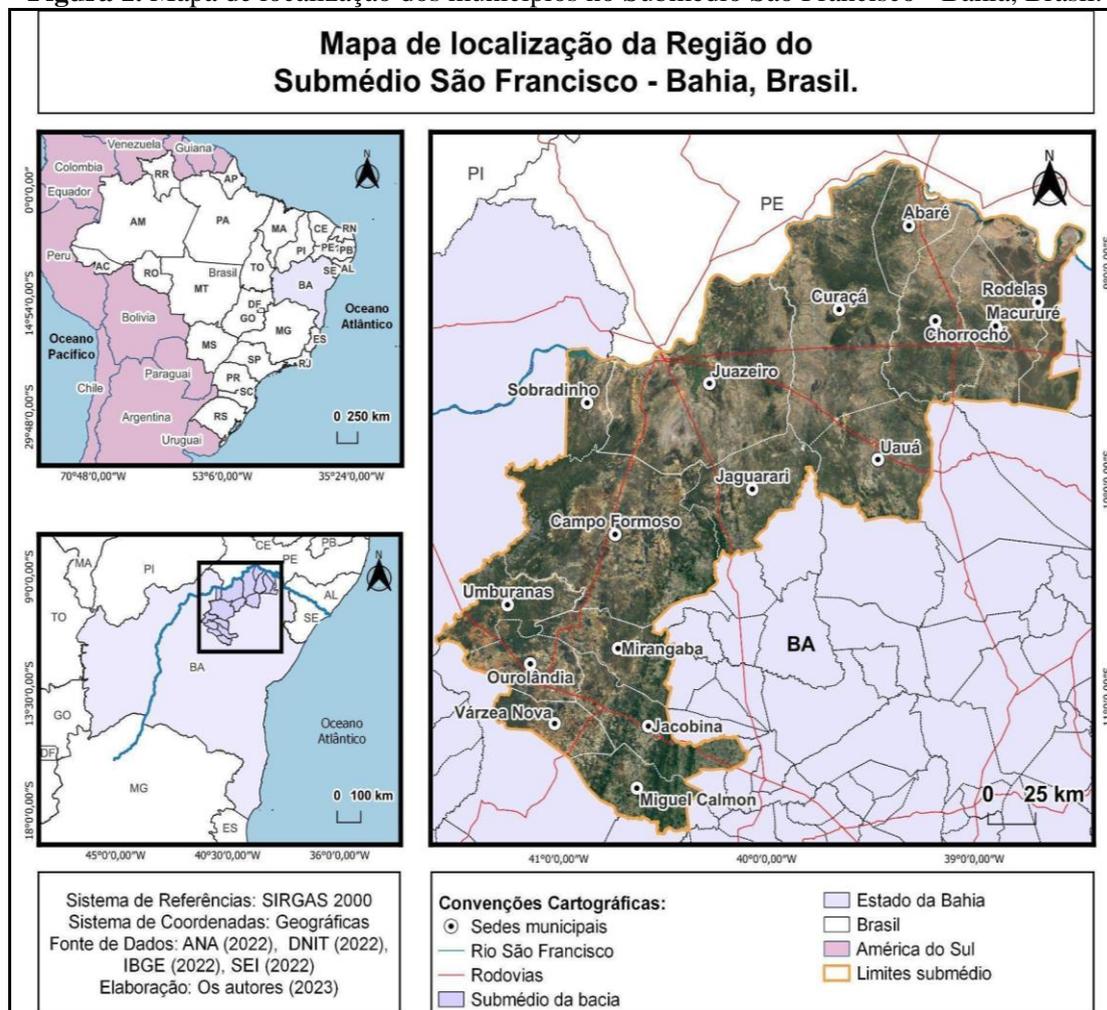
A área de estudo está situada na Região do Submédio São Francisco, no norte do estado da Bahia (Figura 1). Além do mais, cabe destacar que o Submédio São Francisco possui aproximadamente 46.186,00 km² de área territorial, esta região integra o total de 16 localidades, abrangendo os municípios de Abaré, Campo Formoso, Chorrochó, Curaçá, Jacobina, Jaguarari, Juazeiro, Macururé, Miguel Calmon, Mirangaba, Ourulândia Rodelas, Sobradinho, Uauá, Umburanas e Várzea Nova (CBHSF, 2018).

Na área que abrange o Submédio São Francisco, há a predominância de três classes climáticas segundo Köppen, sendo elas, semiárido quente (BSh), tropical seco (As) e tropical úmido (Aw). Assim, a classe climática semiárida quente está presente em 93,90% da área de estudo, diferente da classe climática tropical seco, que está presente em somente 3,30% do Submédio São Francisco, além disso, é visto que o clima tropical úmido é o menos predominante, inserido somente em 2,80% da Região do Submédio São Francisco (ANA, 2022).

Desse modo, o clima predominante na região em estudo é o semiárido quente, que tem como principais características, a escassez de chuvas, chovendo entre 250 mm a 750 mm por ano, assim como a irregularidade da mesma, além dos altos índices de insolação, evaporação e de temperaturas médias (aproximadamente 27°C). Além disso, cabe ressaltar que o clima tropical seco, caracteriza-se por possuir a ausência de chuva no verão, tendo chuva somente no inverno, com índices pluviométricos em torno de 1,600 mm por ano. Assim como a classe climática

tropical seco, é crucial destacar o clima tropical úmido, possui estação chuvosa no verão (com precipitações que variam entre 750 mm a 1,800 mm durante o ano) e inverno seco (EMBRAPA, 1986; EMBRAPA, 1988).

Figura 1. Mapa de localização dos municípios no Submédio São Francisco - Bahia, Brasil.



Org. Os autores (2023).

No que concerne às circunstâncias geológicas, a Região do Submédio São Francisco encontra-se inserida no cráton do São Francisco, com a predominância de unidades geológicas, sendo elas, Jequié-Curaçá, Sobradinho-Paramirim e Espinhaço-Chapada Diamantina dispostos da Era Proterozóica (RADAMBRASIL, 1983). Acrescenta-se que, os blocos Jequié-Curaçá são compostos por rochas metamórficas (ANJOS, 2019), a exemplo de granulitos, rochas enderbíticas, charnoenderbíticas e charnockítica (BARBOSA, et al., 2012) do mesmo modo, os complexos Sobradinho-Paramirim possuem a predominância de rochas metamórficas, como ortognaisses e paragnaisses (CPRM, 2009), como também, o supergrupo Espinhaço-Chapada Diamantina possui o domínio de rochas metamórficas como gnaisses e quartzitos (SILVA, 1994).

No que está relacionado aos solos identificados na Região do Submédio São Francisco, encontram-se grandes variações das classes de solos, dispostas como, Argissolos, Cambissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Planossolos e Vertissolos (INPE, 2022). Ademais, cabe enfatizar que, a classe de solos de maior ocorrência na Região do Submédio São Francisco, é a

de Latossolos, diferenciando-se por ser um solo com maior nível de intemperismo, sendo dessa forma extremamente evoluído (EMBRAPA, 2008; INPE, 2022).

Entretanto, é importante destacar que as classes de solos mais associadas ao processo de desertificação, são as de Luvisolos e Neossolos, com predominância em localidades com relevos ondulados. Visto que os Luvisolos são solos de alta fertilidade, com potencial positivo para o uso de atividades agrícolas, no entanto, fatores como o mau manejo do solo e a erosão influenciam diretamente da compactação do solo, fazendo com que ocorra a perda dos horizontes iniciais do solo (SANTANA e AZARIAS, 2021; EMBRAPA, 2021). E já os Neossolos, são descritos como solos de pequena profundidade, pedregosos e de baixa fertilidade, impossibilitando o desenvolvimento das raízes de plantas, tornando o solo bastante compactado, como também exposto, intensificando o processo de desertificação nas áreas em que esses solos se encontram (EMBRAPA, 2015).

No que diz respeito à hidrografia da Região do Submédio São Francisco, percebe-se a predominância de riachos intermitentes, que durante parte do ano drenam água, porém, em outro período tornam-se secos. Sendo também, composta por riachos efêmeros, que são canais fluviais que durante maior parte do ano permanecem secos, comportando água somente no período de chuvas e após a ocorrência da precipitação, como também, por riachos perenes, que comportam água durante todo o ano (CHRISTOFOLETTI, 1980; CBHSF, 2014).

No que se refere à vegetação predominante no Submédio São Francisco, é possível perceber a presença do bioma Caatinga, que é composto por refúgios vegetacionais alto-montano, Caatinga arborizada, Caatinga estépica (arborizada, floresta estacional, florestada, gramíneo-lenhosa, parque) e vegetação secundária (INPE, 2022). Desse modo, na área do Submédio São Francisco o tipo vegetacional principal é Caatinga estépica arborizada, que é representado pela sua resistência e adaptação a longos períodos de estiagem (IBGE, 2017; INPE, 2022; CBHSF, 2023).

No que tange a demografia, cabe destacar que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a atual área de pesquisa possui um contingente populacional de cerca de 639.245 habitantes, com destaque no município de Juazeiro, que concentra 235.816 habitantes (IBGE, 2022). Já o PIB (produto interno bruto) dos municípios expostos, equivalem a aproximadamente R\$226.226,99, com a predominância de atividades econômicas do setor primário e secundário, como agropecuária e atividades industriais (IBGE, 2020).

Procedimentos metodológicos

O presente trabalho foi segmentado por quatro etapas de elaboração, sendo a primeira etapa desenvolvida a partir da realização de revisão bibliográfica acerca da cartografia geomorfológica em âmbitos semiáridos tropicais. Já a segunda parte foi elaborada através da aquisição de dados com base no TOPODATA, que é um banco de dados geomorfométricos resultantes das pesquisas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2008), e do georreferenciamento, da vetorização, da integração dos dados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) com o uso do software QGIS (versão 3.22.8). E, assim, a terceira fase de organização dos dados cartográficos se deu por meio da obtenção de dados do Projeto RADAMBRASIL (1983) e da produção da tabela de índice de dissecação da área de estudo em questão. Já, a quarta etapa foi segmentada pelo trabalho de campo, que ocorreu nos municípios de Abaré, Campo Formoso, Chorrochó, Curaçá, Macururé, Rodelas e Uauá. Apresenta-se a seguir, o detalhamento dos principais procedimentos relativos à segunda e quarta etapas.

No primeiro momento, foi elaborada uma imagem raster com base no TOPODATA no formato .tiff com dados de sombreamento de relevo do Submédio São Francisco através de um ambiente de SIG, com o auxílio do software gratuito QGIS (versão 3.22.8), diante da integração dos dados elaborados

foi calculado o índice de dissecação do relevo do Submédio São Francisco, como expõe a Tabela 1. Conforme Ross (1992), a dissecação é descrita como o desnudamento e a escavação de vales, em função da intensa ocorrência de processos erosivos (REIS e SOUZA, 2023).

Assim, para o cálculo do índice de dissecação, foi-se necessário analisar compartimentos individuais da área de estudo em questão, visto que a análise se deu a partir da observação dos detalhes da imagem sombreada do relevo, a exemplo manchas e texturas, utilizando como material de apoio, dados sobrepostos das curvas de nível e seus pontos cotados, assim como redes de drenagem presentes no Submédio São Francisco, em conformidade com Lima e Lupinacci (2019).

Em seguida, os compartimentos geomorfológicos mais danificados foram selecionados, e também, amostras de cada compartimento foram extraídas aleatoriamente, visando mensurar de forma quantitativa, o índice de atividade fluvial sobre o solo, tanto horizontal como vertical. Sendo assim, a dissecação horizontal é descrita como o afastamento mediano entre divisores de água, ou até mesmo entre interflúvios, que foi calculada a partir do comando linha, disposto na barra de atributos do software QGIS (versão 3.22.8), seguindo as indicações do IBGE (2009). Já a dissecação vertical, é determinada pela extensão vertical da ocorrência da dissecação, orientação aplicada pelo Projeto RADAMBRASIL (1983), por Ross (2003) e recomendada por Lima e Lupinacci (2019) (REIS e SOUZA, 2023).

A Tabela 1 foi utilizada para complementar a base de dados do RADAMBRASIL (1983), visto que a partir desse conjunto de dados, foi gerado o mapa de compartimentos geomorfológicos do Submédio São Francisco, que contribuiu para a análise do índice de dissecação, como também, na identificação do índice de dissecação predominante em cada compartimento de relevo. Encaminha-se a seguir, a tabela (Tabela 1) de índice de dissecação da área de pesquisa em questão.

Tabela 1. Tabela de índice de dissecação do Sumédio São Francisco

Dissecação Vertical	DISSECAÇÃO HORIZONTAL				
	Muito Pequena	Pequena	Média	Grande	Muito Grande
	< 500	500 - 1.000	1.000 - 1.500	1.500 - 2.000	>2.000
Muito Fraca (≤ 250)	5.1	4.1	3.1	2.1	1.1
Fraca (250 -500)	5.2	4.2	3.2	2.2	1.2
Mediana (500 -750)	5.3	4.3	3.3	2.3	1.3
Forte (750 -1.000)	5.4	4.4	3.4	2.4	1.4
Muito Forte (≥ 1.000)	5.5	4.5	3.5	2.5	1.5

Org. Adaptada pelos autores (2023).

Além disso, obteve-se gratuitamente pelo site da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE, 2008), dados vetoriais no formato de shapefile da presente área de estudo em formato digital, datados do ano de 1983 pelo Projeto RADAMBRASIL. Logo após a obtenção e integração dos dados vetoriais, foi organizado um mapa das classes de relevo no Submédio São Francisco, por meio do software QGIS (versão 3.22.8), através das etapas de vetorização dos dados, da alteração das cores no comando propriedades e do uso de rótulos em cada classe de compartimento geomorfológico.

E por fim, foi realizado o trabalho de campo nas cidades de Abaré, Campo Formoso, Chorrochó, Curaçá, Macururé, Rodelas e Uauá, com o intuito de analisar as informações obtidas nas etapas anteriores. Adicionalmente, no decorrer do trabalho de campo foram coletados pontos no GPS, além disso, foram identificadas e registradas, por meio de imagens com o Drone DJI SE, diversas feições erosivas, assim como a presença de solos em processo de salinização, ambientes de intensa atividade agrícola e também, áreas com a presença de baixa cobertura vegetal, que contribuíram gradativamente para a intensificação do processo de desertificação. Dessa forma, as etapas expostas foram cruciais para a escrita da redação final e a obtenção de dados para as considerações finais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

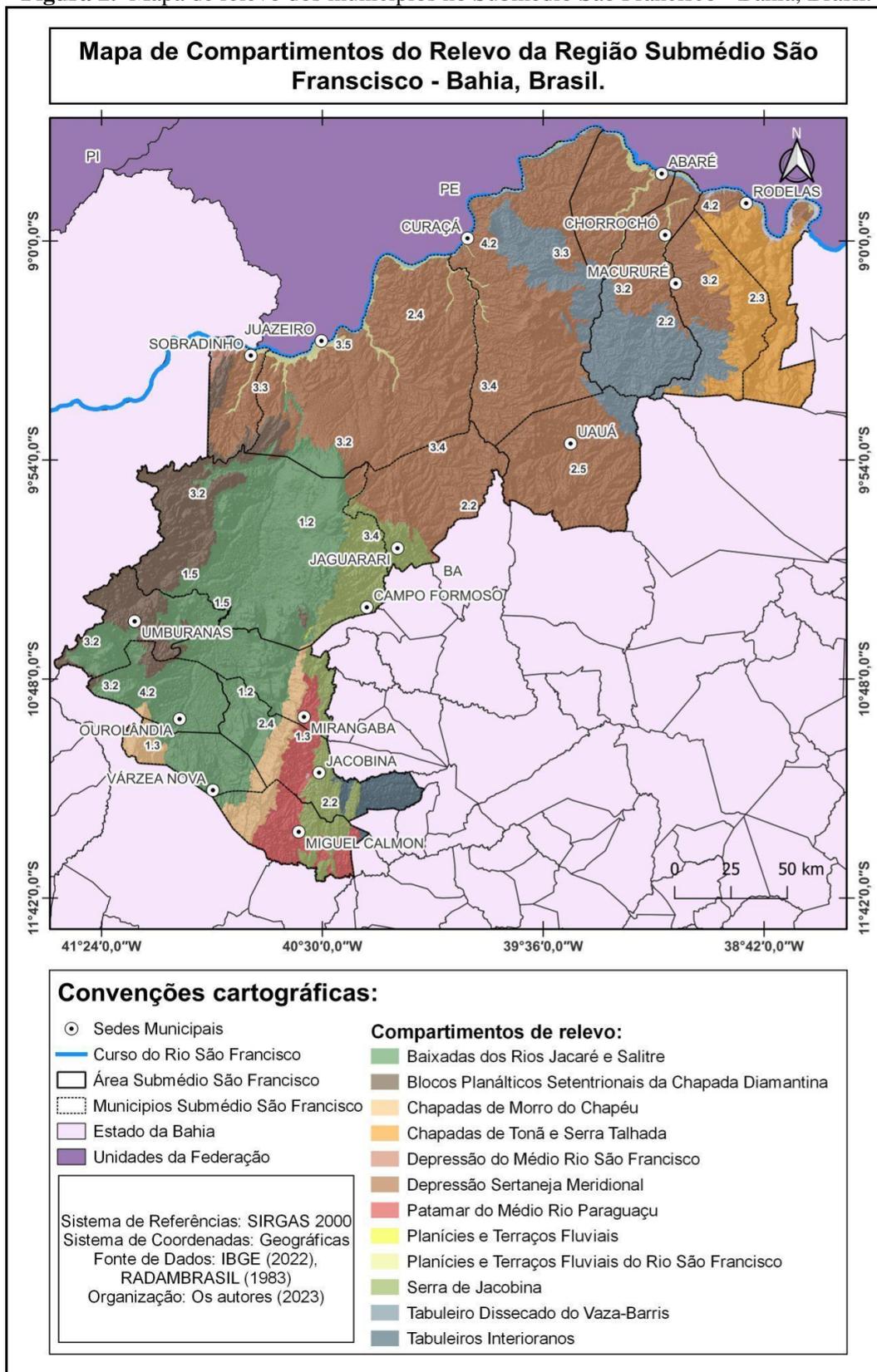
Os elementos viabilizados através do mapa geomorfológico em conjunto com a produção dos índices de dissecação, assim como os dados obtidos através do trabalho de campo, colaboram consideravelmente para a compreensão da distribuição espacial das formas de relevo no espaço geográfico. Além do mais, cabe enfatizar que por meio dos dados expostos no mapa e na tabela de dissecação, diversos debates sobre os aspectos morfológicos encontrados no Submédio do São Francisco foram realizados, contribuindo significativamente com esta pesquisa (RADAMBRASIL, 1983; IBGE, 2009; LIMA e LUPINACCI, 2019). Apresenta-se a seguir, a tabela de área ocupada pelas classes de relevo (Tabela 2) e o mapa de relevo da área de estudo em foco (Figura 2).

Tabela 2. Tabela de ocupação de área pelas classes de relevo.

Classes de relevo	Área ocupada km ²	Área ocupada %
Depressão Sertaneja Meridional	20.054,44	43,82%
Baixadas do Rio Jacaré e Salitre	9.720,742	21,24 %
Tabuleiro Dissecado do Vaza-Barris	3.671,06	8,02%
Blocos Planálticos Setentrionais da Chapada Diamantina	3.107,37	6,79%
Chapadas de Tonã e Serra Talhada	2.994,80	6,54%
Serra de Jacobina	2.539,64	5,55%
Patamar do Médio Rio Paraguaçu	1.337,48	2,92%
Chapadas de Morro do Chapéu	1.184,15	2,59%
Planícies e Terraços Fluviais do Rio São Francisco	591,37	1,29%
Tabuleiros Interioranos	487,09	1,06%
Depressão do Médio São Francisco	67,47	0,15%
Planícies e Terraços fluviais	5,98	0,01%
ÁREA TOTAL	45.761,58	100,00%

Org. Os autores (2023).

Figura 2. Mapa de relevo dos municípios no Submédio São Francisco - Bahia, Brasil.



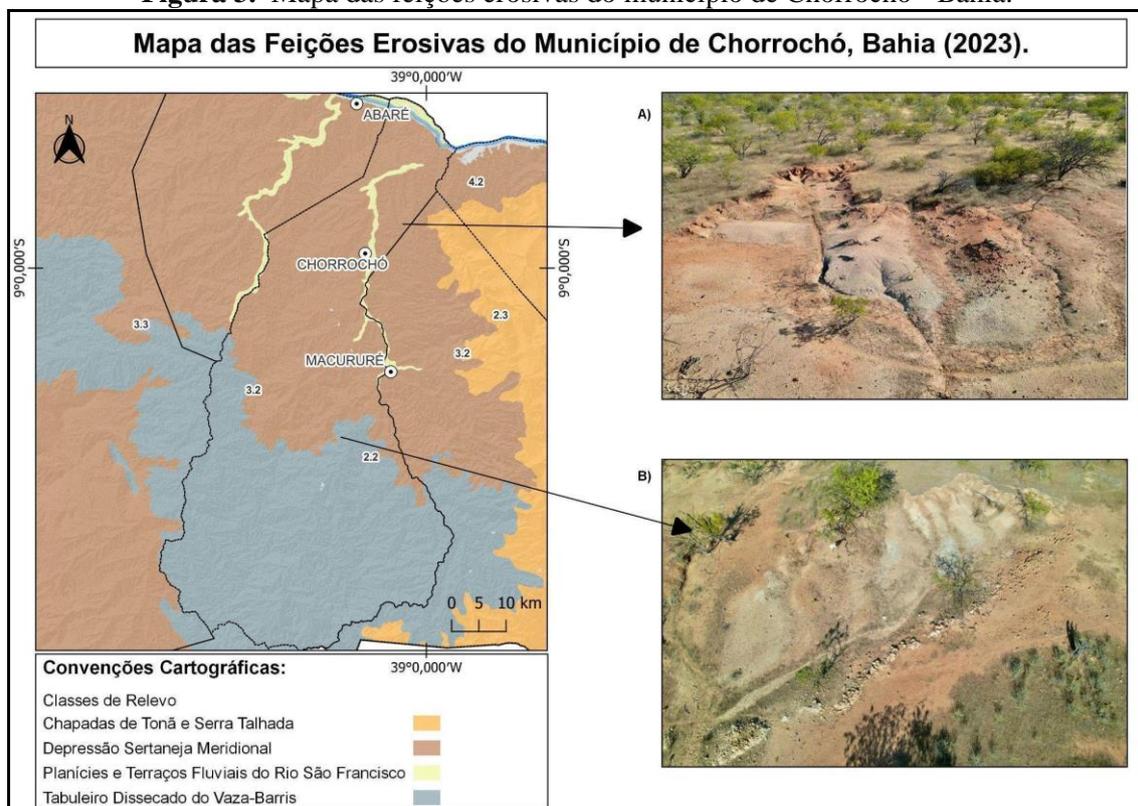
Org. Os autores (2023).

É importante destacar que, 14 unidades de relevo são apresentadas, no entanto, somente as classes de relevos denominadas por Depressão Sertaneja Meridional, Baixadas dos Rios Jacaré e Salitre, Tabuleiro Dissecado do Vaza-Barris, Blocos Planálticos Setentrionais da Chapada Diamantina, Chapadas de Tonã e Serra Talhada e Serra de Jacobina serão discutidas com ênfase. Visto que essas 6 unidades são consideradas de grande importância para a abordagem do processo susceptibilidade à desertificação no semiárido baiano, pela sua predominância na área de estudo em questão.

A partir da tabela exposta, compreende-se a predominância da classe de relevo denominada por Depressão Sertaneja Meridional, além disso, essa classe expõe suas distintas formas geomorfológicas, que abrangem relevos planos, como também plano-ondulados, originados pelo processo de pediplanação em concordância com o modelo exposto em 1956 por Lester King (VALE e RIOS, 2016). Também, é imprescindível ressaltar que essa forma de relevo está disposta em parte significativa do Nordeste do Brasil, limitada ao segmento meridional na Bahia (VELLOSO, SAMPAIO e PAREYN, 2002).

Ademais, essa classe de relevo está distribuída nos municípios de Abaré, Chorrochó, Curaçá, Jaguarari, Juazeiro, Macururé, Rodelas, Sobradinho e Uauá. E, através do trabalho de campo foram encontradas diversas feições erosivas que estimulam de forma intensa o processo de desertificação nessa área, a exemplo da perda da cobertura vegetal, da presença de processos de ravinamento, além da presença de solos em processo de salinização, visto que o processo de salinização do solo é um processo que reduz os nutrientes do solo pela grande quantidade de sais minerais retidos no solo em forma de íons, intensificando os processos de degradação do solo (HOLANDA et al., 2007). Conforme ilustrado na Figura 3 que expõe feições erosivas encontradas durante o trabalho de campo.

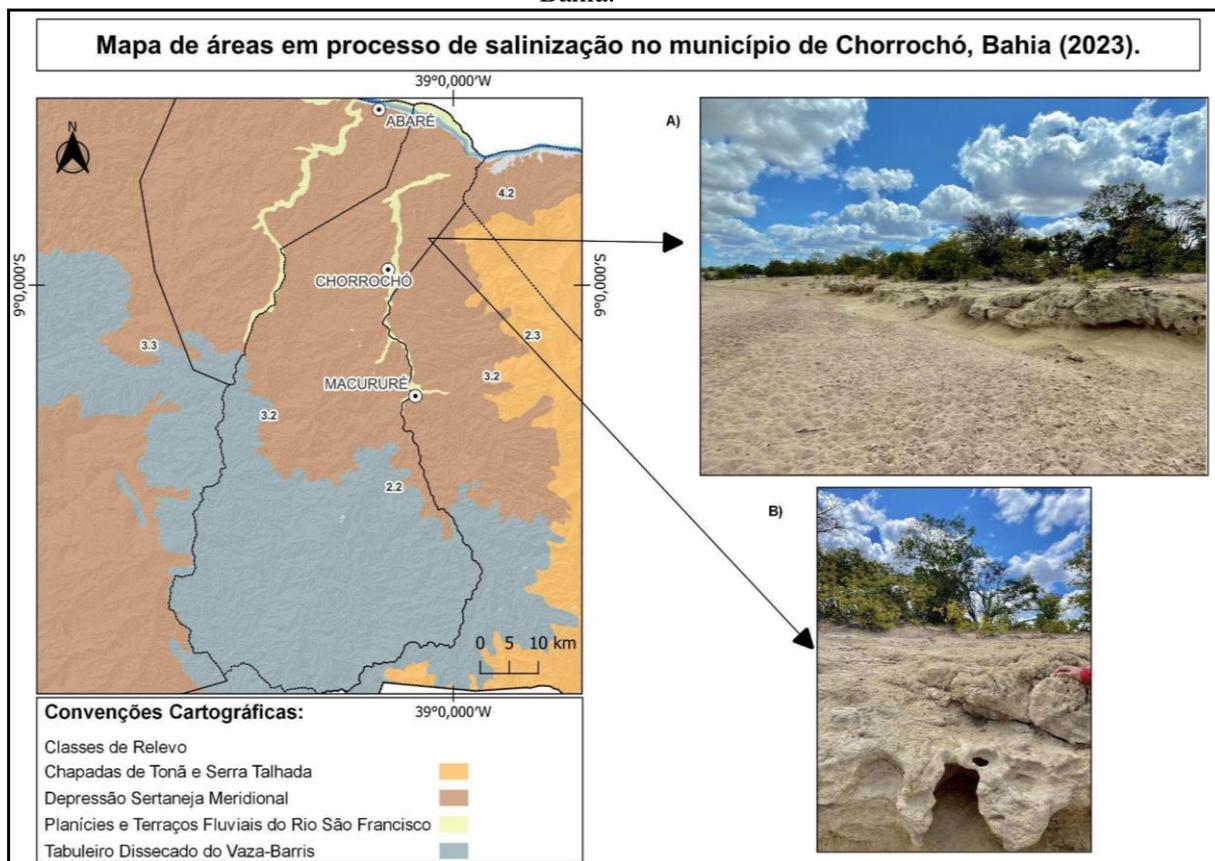
Figura 3. Mapa das feições erosivas do município de Chorrochó - Bahia.



Org. Os autores (2023).

Tendo em vista a Figura 3, percebe-se o alto nível de erosão, decorrente da condição climática do semiárido e da baixa pluviosidade dessa localidade, influenciando na perda de cobertura vegetal do solo, tornando-o cada vez mais exposto. Esses fatores intensificam o processo de degradação do solo, aumentando a susceptibilidade de desertificação nessa área, tornando cada vez mais complexo o processo de restauração do solo. Além disso, foram encontradas áreas com processo de salinização dos solos, expostos no mapa a seguir (Figura 4).

Figura 4. Mapa de áreas em processo de salinização do solo no município de Chorrochó - Bahia.



Org. Os autores (2023).

Diante da Figura 4, é possível visualizar o intenso processo de salinização do solo no município de Chorrochó (Bahia), visto que o processo de salinização compreende um processo predominante em regiões áridas e semiáridas, que sofre influência da baixa pluviosidade e da alta concentração de sais minerais no solo, impulsionando a perda da cobertura vegetal e contribuindo com a intensificação do processo de desertificação (HOLANDA et al., 2007).

Além disso, o processo de salinização dos solos, tem como efeito, a intoxicação das plantas encontradas em solos que passam por esse processo (PEDROTTI, 2015; GKIOUGKIS, et al., 2015), assim como, o transporte de sedimentos salinizados para locais não salinizados e o aumento de taxas de evapotranspiração (RIBEIRO, 2010; BRADY e WEIL, 2012; PEDROTTI, 2015; WALTER et al., 2018), impactando na dinâmica organizacional da população em determinado espaço, reduzindo gradativamente a produção agrícola, assim como a segurança econômica e alimentícia da sociedade (CASTRO e SANTOS, 2020).

Além do mais, a classe das Baixadas dos Rios Jacaré e Salitre, ocupa 21,24% da área de estudo em questão, compreendendo os limites municipais de Campo Formoso, Jacobina, Juazeiro, Miguel Calmon, Mirangaba, Ourolândia, Umburanas e Várzea Nova (RADAMBRASIL, 1983).

Adicionalmente, essa classe, é caracterizada por formas de relevo com declividade fraca, além disso, é uma área que sofre muitas intervenções em função das atividades agropecuárias presentes nessas localidades, a exemplo da monocultura do Sisal (*Agave sisalana*), a pecuária de animais de médio porte, assim como a agricultura irrigada, influenciando diretamente na susceptibilidade à desertificação no solo, através da modificação da paisagem, impactando na biodiversidade e no aumento da exposição dos solos (BAHIA, 2017; RIOS, CARVALHO e OLIVEIRA, 2020).

Ademais, a unidade do Tabuleiro Dissecado e Vaza-Barris comporta 8,02% da área do Submédio Vale do São Francisco, com o índice de dissecção dominante de 3.3, essa classe de relevo abrange trechos dos municípios de Abaré, Chorrochó, Curaçá, Macururé, Rodelas e Uauá. Além disso, essa unidade é caracterizada principalmente pela erosão de rochas sedimentares, com dissecções resultantes da atuação de canais de drenagem de alta densidade (TEXEIRA, 2014).

Outrossim, a classe geomorfológica dos Blocos Planálticos Setentrionais da Chapada Diamantina abrange cerca de 6,79% do Submédio São Francisco, com o índice de dissecção predominante equivalente à 3.2, de acordo com a Tabela 1, sendo considerado como médio e fraco, influenciando na susceptibilidade à desertificação, envolvendo trechos dos municípios de Campo Formoso, Jaguarari, Juazeiro, Ourolândia, Sobradinho e Umburanas. Além disso, caracteriza-se pela presença das formas de relevo associadas ao processo de falhas tectônicas, que originaram dobras anticlinais (ANA, 2018).

Nesse sentido, a presença de estruturas irregulares, nesta unidade de relevo, é marcante, além da formação de chevrons que são originadas nas bordas configuradas em função da inclinação presente nas camadas da rocha, visto que a dissecção é delimitada através do controle estrutural decorrente dos processos erosivos (ANA, 2018). É importante destacar que, essa classe de relevo está disposta em localidades de alto fluxo de atividades agropecuárias, de modo que essas atividades contribuem para o mau manejo do solo, influenciando diretamente na perda da cobertura vegetal do solo, intensificando a susceptibilidade à desertificação dessas áreas que possuem grau intenso de dissecção influenciado principalmente pelas condições geológicas (MMA, 2007; MAPBIOMAS, 2022).

Além do mais, a unidade geomorfológica da Chapada Tonã e Serra Talhada está presente em 6,54% do Submédio São Francisco, englobando grande parte dos municípios de Chorrochó, Macururé e Rodelas. Por meio da Tabela 1 e do Mapa 2, identifica-se o grau de dissecção predominante equivalente a 4.2, sendo uma área de dissecção descrita como pequena e fraca, com baixa interferência no processo de desertificação, de acordo com a Tabela 1. Sem contar que, essa unidade é caracterizada pela presença de feições aplainadas mais conservadas do planalto, em função das formações horizontais das camadas do período cretáceo, que são sustentadas pelos processos de encouraçamento, originados na parte superior da superfície de aplainamento (OLIVEIRA, 2003).

Outrossim, essa unidade também é marcada pela intensa ação antrópica, a exemplo do município de Rodelas, que com o avanço das dunas do Deserto de Surubabel (Araújo et al., 2007), que durante muitos anos foi uma localidade de intensa atividade pastoreia, como também, de extração de madeira de plantas nativas para comercialização e uso da população. Assim, por diversos fatores como a alta dissecção da área e a intensa ação antrópica, a susceptibilidade à desertificação é extrema nessa área, visto que, o avanço das dunas através da erosão eólica e hídrica, assim, como a perda da cobertura vegetal, são fatores cruciais que contribuem para a agressiva degradação dos solos dessas áreas (MARIN et al., 2012).

Figura 5. O Deserto de Surubabel, Rodelas - Bahia.



Org. Os autores (2023).

No que se refere à Serra de Jacobina, vale salientar que essa unidade geomorfológica abarca os limites municipais de Campo Formoso, Jacobina, Jaguarari, Miguel Calmon e Mirangaba, ocupando 5,55% da área de estudo, com dissecação predominante de 3.4, sendo um grau mediano. Ademais, essa classe geomorfológica é descrita como uma cadeia de montanhas que possui abundância em riquezas minerais (SANTOS, 2018), assim, a influência da mineração nesta área é bastante marcante, contribuindo para a degradação solo, ou seja, intensificando o processo de desertificação (MMA, 2007; CPRM, 2016).

Referente às classes geomorfológicas pouco dominantes, têm-se as seguintes unidades, Chapadas de Morro do Chapéu, Patamar do Médio Rio Paraguaçu e Tabuleiros Interioranos, visto que somadas envolvem somente 6,57% da Região do Submédio São Francisco, compreendendo os limites municipais de Jacobina, Miguel Calmon, Mirangaba, Ouro-lândia e Várzea Nova. Uma vez que, essas classes são caracterizadas por possuírem índice de dissecação dominante equivalente a 2.2, sendo considerada uma dissecação fraca. Como também, estão inseridas em condições geológicas que sofrem influência de formas de relevos mais aplainadas e também, de superfícies tabulares, onde redes de drenagem não são identificadas sobre os interflúvios, sendo assim, são áreas de baixa susceptibilidade à desertificação (RADAMBRASIL, 1983; DANTAS et al., 2014).

As unidades geomorfológicas menos predominantes na área de estudo, são denominadas por Depressão do Médio São Francisco, Planícies e Terraços Fluviais do Rio São Francisco, como também, Planícies e Terraços Fluviais, com ocupação bastante limitada de somente 1,54% do Submédio São Francisco, além disso, são áreas de intensas atividades de erosão, deposição e sedimentação, em decorrência da geologia predominante nestas unidades.

Além do mais, de modo natural as planícies e os terraços fluviais já são bastante susceptíveis às ações da gravidade, sendo uma problemática delicada, dado que essas áreas são ocupadas de forma inadequada, em função do crescimento desordenado das cidades (CEDAMEN, 2021), mas, pelo fato de serem consideradas como áreas de alto risco de eventos ambientais, como enchentes e inundações, esses locais devem ser planejados, seguindo as indicações expostas na Lei nº 12.608 de 10 de Abril de 2012 (BRASIL, 2012), que objetiva prevenir, como também, reduzir os riscos de desastres ambientais, e também, promover assistência e a recuperação das áreas afetadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho foi elaborado com a finalidade de subsidiar com o desenvolvimento de pesquisas geomorfológicas no Submédio do Vale do São Francisco, partindo do pressuposto da carência de estudos e mapeamento de maior detalhe voltados à desertificação no semiárido baiano. Nesse sentido, entende-se que a metodologia utilizada supriu as demandas preestabelecidas foi capaz de esclarecer o tema proposto, junto ao software QGIS versão 3.22.8, que se apresentou de modo eficaz.

Pertencente ao trabalho, identificou-se na área de estudo em questão o domínio de unidades de relevo alusivas à intensificação do processo de desertificação, sendo elas: Depressão Sertaneja Meridional, Baixadas dos Rios Jacaré e Salitre, Tabuleiros Dissecados e Vaza-Barris, Planícies e Terraços Fluviais, Blocos Planálticos Setentrionais da Chapada Diamantina e também Chapada Tonã e Serra Talhada. Dentre as unidades de relevo dominantes, predomina a classe de relevo Depressão Sertaneja Meridional, que ocupa 20.054,44 Km², ou seja, 43,82% da área de estudo.

E, através da análise do índice de dissecação já exposto e do trabalho de campo, diversas feições erosivas que intensificam o processo de desertificação foram encontradas nessas seis unidades expostas, presentes principalmente no semiárido baiano, com predominância desses fatores na Depressão Sertaneja Meridional, assim como diversas áreas com solos em processo de salinização, como também, diversas áreas com alta perda de cobertura vegetal, em função das atividades agropecuárias e ações antrópicas.

Desse modo, compreende-se a necessidade de pesquisas da área de estudo, assim como a urgência de elaboração de mapeamentos geomorfológicos em maior detalhe, que visem contribuir com o planejamento dessas Áreas Susceptíveis à Desertificação, evitando desastres econômicos, naturais e sociais. Assim, espera-se que esse trabalho seja ponto de partida para outras pesquisas, e que forneça uma premissa para distintas propostas cartográficas em Áreas Susceptíveis à Desertificação, que se sugestionem a diagnosticar, monitorar, planejar a dinâmica desses ambientes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico, pelo apoio, incentivo e investimento fornecido ao longo deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANA. Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do São Francisco para a Gestão de Recursos Hídricos. Brasília, 2018.
- ANJOS, R. M. As Rochas Alcalinas da Região de Jaguaquara – Petrografia e Litogeoquímica, Bloco Jequié – Bahia, Brasil. 2019. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociências, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.
- ARAÚJO, Q. R.; PAIVA, A. Q.; GROSS, E.; COSTA, L. M. O deserto de Surubabel na Bahia. Revista Bahia Agrícola, v.8, n.1, 2007.
- BAHIA. Decreto nº 11.573 de 04 de junho de 2009. Institui, no âmbito do Estado da Bahia, o Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Bahia. 04 de junho de 2009.
- BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. Plano de recursos hídricos e proposta de enquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica do rio Salitre: síntese executiva/PF03. Salvador: CBHS/SEMA/INEMA, 2017. 242p.

BOCCO, G.; MENDOZA, M.; VELÁZQUEZ, A. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping - a toll for land use planning in developing countries. *Geomorphology*. v. 39, n. 3-4, p. 211-219, 2001.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Acidez, Alcalinidade, Aridez e Salinidade do Solo. In. BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *A Natureza e propriedades dos solos*. 3ed. Rio de Janeiro: Bookman, 2012, p.76-97.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Topodata: Banco de dados geomorfométricos do Brasil, 2008.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Dispõe sobre a proteção e a defesa civil. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 10 de abril de 2012.

CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. Salinidade do Solo e Risco de Desertificação na Região Semiárida. *Fortaleza*, v. 19, 2020.

CBHSF. A bacia. Disponível em: <<https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/#regiões-hidrográficas>>. Acesso em 08 de março de 2023.

CBHSF. Lista de municípios CBHSF. Disponível em: <https://issuu.com/cbhsaofrancisco/docs/lista_de_munic_pios_bhsf_-_2018.xls>. Acesso em 28 de fevereiro de 2023.

CBHSF. Rios Perenes e Intermitentes. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/natureza_blog/rios-perenes-e-intermitentes/>. Acesso em 08 de março de 2023.

CEMADEN. Inundação. Disponível em: <<https://www.gov.br/cemaden/pt-br/paginas/ameacas-naturais/inundacao>>. Acesso em 23 de setembro de 2023.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CPRM. Geologia e Recursos Minerais da Parte Norte do Corredor de Deformação do Paramirim (Projeto Barra-Oliveira dos Brejinhos). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303074443_Geologia_e_Recursos_Minerais_da_Parte_norte_d_o_Corredor_de_Deformacao_do_Paramirim_Projeto_Barra-Oliveira_dos_Brejinhos>. Acesso em 30 de março de 2023.

CPRM. Mineralizações Auríferas da Serra de Jacobina-ba: Resultados Preliminares. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://cbg2017anais.siteoficial.ws/st07/5950.pdf>>. Acesso em 20 de Agosto de 2023.

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; RENK, J. F. C.; MORAES, J. M.; MACHADO, M. F.; NOGUEIRA, A. C. O emprego da Geomorfologia para avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa e inundação – Mimoso do Sul/ES. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*. São Paulo, v. 4, n. 2, p. 23-42, 2014.

EMBRAPA. Classificações climáticas. Disponível em: <<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em 06 de março de 2023.

EMBRAPA. Desertificação atinge grandes áreas do semiárido. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3240771/desertificacao-atinge-grandes-areas-do-semiarido>>. Acesso em 18 de setembro de 2023.

EMBRAPA. Luvisolos Cromícos. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/luvisolos/luvisolos-cromicos>>. Acesso em 18 de setembro de 2023.

EMBRAPA. Neossolo Quartzarênico. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/neossolos/neossolo-quartzarenicos>>. Acesso em 18 de setembro de 2023.

EMBRAPA. Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola. Petrolina, Pernambuco, 2008. Acesso em 06 de março de 2023.

FRANKL, A.; POESEN, J.; DE DAPPER, M.; DECKERS, J.; MITIKU H.; NYSSSEN, J., 2012. Gully head retreat rates in the semiarid Highlands of North Ethiopia. *Geomorphology*. 173-174, 185-195.2013.

GUERRA, A.T. *Dicionário Geológico-Geomorfológico*. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

GKIOUGKIS, I.; KALLIORAS, A.; PLIAKAS, F.; PECHTELIDIS, A.; DIAMANTIS, V.; DIAMANTIS, I.; ZIOGAS, A.; DAFNIS, I. Assessment of soil salinization at the eastern Nestos River Delta, N.E. Greece. *Catena*, v.128, p.238-251, 2015.

HOLANDA, A. C.; SANTOS, R. V.; SOUTO, J. S.; ALVES, A. R. 2007. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por saís. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.7, n.1, p.39-50.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Diretoria de Pesquisas; Coordenação de População e Indicadores Sociais. Estimativas da população residente. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de geomorfologia. Coordenação de Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2009.

IBGE. Lista de municípios integrantes da região do Semiárido (2017). Disponível em: <<http://www.cca.ufpb.br/cca/contents/noticias/ibge-divulga-lista-de-municipios-localizados-na-regiao-semiarida-do-brasil/lista-1262municipios-semiarido-2017.pdf>>. Acesso em 08 de março de 2023.

IBGE. Produto interno bruto dos municípios. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 13 de março de 2023.

INDE. Visualizador de mapas. Disponível em: <<https://visualizador.inde.gov.br/>>. Acesso em 13 de março de 2023.

INPE- Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. Terra Brasilis. Plataforma de dados. São Paulo: INPE, 2022. Disponível em: <<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>>. Acesso em 07 de março de 2023.

INPE - Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. Projeto Topodata. 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em 07 de março de 2023.

JUNIOR, I.O. Da Mata Branca ao Estado de Degradação: A desertificação em Canudos-BA. 2019. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M, G. & MILLER, J.P. Fluvial processes in Geomorphology. San Francisco: Freeman, 1964. 522p.

LIMA, K. C.; LUPINACCI, C. M. Fragilidades e potencialidades dos compartimentos geomorfológicos da bacia hidrográfica do Rio Bom Sucesso—semiárido da Bahia/Brasil. *Revista Equador*, v. 8, n. 2, p. 503-520, 2019.

LIMA, K.C.; LUPINACCI, C.M. Geomorfologia do semiárido: proposta metodológica de representação cartográfica e interpretação do relevo em escala de detalhe. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 22, n.2, p. 217-234, 2021.

MARIN, A. M. P.; CAVALCANTE, A. M. B.; MENDEIROS, S.S.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?. *Brasília*, v. 17, n. 34, p. 87-106, 2012.

MMA, Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba; SANTANA, M.O. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. Brasília: MMA, 2007.

NASCIMENTO, F. R. O fenômeno da desertificação. Goiânia: UFG, 2013.

NETO, R. M. Cartografia geomorfológica: revisões, aplicações e proposições. Curitiba: CRV, 2020.

OLIVEIRA, R. M. Relação entre distribuição de espécies arbóreas em matas úmidas e os fatores ambientais da costa atlântica brasileira. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003.

PAN BRASIL. Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.

PARQUE CIENTEC USP. Solos do Brasil - Luvissolos. Disponível em: <<https://www.parquecientec.usp.br/saiba-mais/solos-do-brasil-luvissolos>>. Acesso em 18 de setembro de 2023.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B.; Causas e consequências do processo de salinização dos solos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

RADAMBRASIL, PROJETO. Folha SC. 24/25 Aracajú/Recife. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1983.

REIS, F. S.; SOUZA, S. O. Contribuições da Cartografia Geomorfológica ao Planejamento do Uso e Ocupação da Terra: Aplicações no Município de Antônio Gonçalves - BA. *Caminhos de Geografia*. Uberlândia, v. 24, n. 92, p. 304–322, 2023. DOI: 10.14393/RCG249264011.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Orgs.) *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTSal, 2010, p.12-19.

RIOS, M. L.; CARVALHO, V. L. M.; OLIVEIRA, F. S. Solos Carbonáticos e a Desertificação no Médio Curso da Bacia do Rio Salitre, Bahia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, [S. l.], v. 21, n. 4, 2020. DOI: 10.20502/rbg.v21i4.1940.

ROSS, J. L.S. *Ecogeografia do Brasil: Subsídios para planejamento ambiental*. 1ª ed. Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2006.

ROSS, J. L. S. *Geografia do Brasil*.-4ª. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 6, p. 17-29, 1992. DOI: 10.7154/rbg.1992.0006.0002.

SÁ, I. B.; ANGELOTTI, F. Degradação ambiental e desertificação no Semiárido brasileiro. In: ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G. Q. (Ed.). *Mudanças Climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semiárido, Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. cap. 4, p. 53-76.

SA, I. B.; SILVA, P. C. G. *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. *Sistema Brasileiro de Classificação de solos*. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SILVA, A. J.C.L.P. *O Supergrupo Espinhaço na Chapada Diamantina Centro - Oriental, Bahia: Sedimentologia, Estratigrafia e Tectônica*. 1994. 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

SIMON, A.H; LUPINACCI, C.M. (Org.). *A Cartografia geomorfológica como instrumento para o planejamento*. Pelotas: Ed. UFPEL, v. 01, 2019.

SOUZA, T. A.; OLIVEIRA, R. C. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. *Revista Geonorte, edição especial*, v. 2, n. 4, 2012, p. 1348 – 1355.

TEIXEIRA, A. C. O. Efeito das Mudanças nos Padrões de Uso da Terra nos Processos Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Subaúma - Bahia. 2014. 236 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

VELLOSO, A. L., SAMPAIO, E. V. S. B., e PAREYN, F. G. C. *Propostas para o Bioma Recife: Associação Plantas do Nordeste*; Instituto de Conservação Ambiental, The Nature Conservancy do Brasil, 2002.

WALTER, J.; LÜCK, E.; BAURIEGEL, A.; FACKLAM, M.; ZEITZ, J. Seasonal dynamics of soil salinity in peatlands: A geophysical approach. *Geoderma*, v.310, p.1-11, 2018.