



Revista Brasileira de Geografia Física

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



Compreensão dos processos erosivos acelerados nos terraços fluviais semiáridos do Baixo Jaguaribe – Ceará através da análise de uso/ocupação da terra

Aroldo Vidal de Assis¹, Rodrigo Guimarães de Carvalho², Rubson Pinheiro Maia³, José Hamilton Ribeiro Andrade⁴

¹Mestrando em Geografia pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN, Campus Universitário Central, Rua Professor Antônio Campos, s/n, BR 110, km 48, Bairro Costa e Silva - Mossoró/RN, CEP: 59633-010, (88) 99915-0127, e-mail: aroldovidal@alu.uern.br; ²Pós-Doutor em Geografia, Professor Associado da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN, Campus Universitário Central, Rua Professor Antônio Campos, s/n, BR 110, km 48, Bairro Costa e Silva - Mossoró/RN, CEP: 59633-010, (84) 98845-9938, e-mail: rodrigocarvalho@uern.br; ³Dr. em Geodinâmica e Geofísica, Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC Campus do Pici, CEP 60190-780, Fortaleza, Ceará, (85) 99925-9031, e-mail: rubsonpinheiro@yahoo.com.br; ⁴Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará - UECE, Av. Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi, Fortaleza/CE, CEP: 60.714-903, (88) 99224-0997, e-mail: hamilton.meioambiente@yahoo.com.br;

Artigo recebido em 19/07/2023 e aceito em 25/08/2023

RESUMO

Os rios são importantes modeladores do relevo, pois definem novas feições geomorfológicas como as planícies e terraços fluviais. Na porção leste do Estado do Ceará, no baixo curso do rio Jaguaribe, precisamente na sua margem esquerda, uma área de cobertura sedimentar cenozoica sob a forma de terraços foi preferencialmente ocupada devido as condições naturais mais favoráveis. Em contrapartida, estes sistemas ambientais apresentam um quadro com severas erosões potencializadas pela pressão antrópica exercida sobre eles. Desse modo, a pesquisa se justifica pelo ineditismo, pois pouco se investigou sobre as causas e consequências da erosão acelerada na área de estudo, bem como por ela contemplar o semiárido brasileiro, região densamente ocupada. Além disso, o estudo objetiva analisar como o uso intenso e desordenado da terra nos terraços do Baixo Jaguaribe aceleraram os processos erosivos, correlacionando-os como vetores do problema. Os procedimentos metodológicos envolveram consulta bibliográfica, elaboração de material cartográfico e pesquisa de campo. Os resultados mostraram que as atividades antrópicas provocaram fortes mudanças nas paisagens em 36 anos, cujos usos desconsideraram as potencialidades e limitações dos sistemas ambientais, suprimindo a vegetação (-22,77%), aumentando a carcinicultura (334,61%), a urbanização (738,79%) e expansão de lavoura perenes (304,61%) e temporárias (1.262,94%). Assim, diante do cenário de degradação e de lacunas ainda existentes são necessárias novas pesquisas. Por fim, espera-se que este trabalho contribua para balizar estudos que visem o planejamento ambiental da área em questão.

Palavras-chave: Tabuleiro, estado natural, vulnerabilidade ambiental, uso da terra, erosão.

Understanding the accelerated erosive processes in the semiarid fluvial terraces of Baixo Jaguaribe - Ceará through the analysis of land use/occupancy

ABSTRACT

Rivers are important relief modellers, as they define new geomorphological features such as river plains and terraces. In the eastern portion of the State of Ceará, on the lower course of the Jaguaribe River, precisely on its left bank, an area of Cenozoic sedimentary coverage in the form of terraces was preferentially occupied due to the more favorable natural conditions. On the other hand, these environmental systems present a scenario with severe erosions potentiated by the anthropic pressure exerted on them. Thus, the research is justified by its originality, since little has been investigated about the causes and consequences of accelerated erosion in the study area, as well as because it contemplates the Brazilian semi-arid region, a densely occupied region. In addition, the study aims to analyze how the intense and disorderly use of land on the terraces of Baixo Jaguaribe accelerated the erosion processes, correlating them as vectors of the problem. The methodological procedures involved bibliographic consultation, elaboration of cartographic material and field research. The results showed that anthropic activities caused strong changes in landscapes in 36 years, whose uses disregarded the potentialities and limitations of environmental systems, suppressing vegetation (-22.77%), increasing shrimp farming (334.61%), urbanization (738.79%) and expansion of

perennial (304.61%) and temporary (1,262.94%) crops. Thus, in view of the scenario of degradation and gaps that still exist, further research is necessary. Finally, it is expected that this work will contribute to guide studies aimed at the environmental planning of the area in question.

Keywords: Tableland, natural state, environmental vulnerability, land use, erosion.

Introdução

Os rios são importantes agentes modeladores do relevo, pois através do contínuo trabalho de erosão, transporte e deposição de sedimentos originam novas feições geomorfológicas como as planícies e os terraços fluviais (Schumm, 2005; Charlton, 2007; Florenzano, 2008; Stevaux e Latrubesse, 2017; Arantes, 2022;). No semiárido brasileiro essas áreas foram preferencialmente ocupadas por grupamentos humanos em virtude da facilidade de construção, acesso e proximidade com os cursos de água, conjuntura que propiciou a inserção e o desenvolvimento de atividades econômicas como a pecuária, especialmente no Ceará (Maia e Cavalcante, 2004; Cavalcante e Cunha, 2012; Barros et al., 2021).

De modo particular, no semiárido cearense, as condições naturais mais favoráveis da planície fluvial no baixo curso do rio Jaguaribe também contribuíram para que ela fosse uma área de ocupação preferencial. Em contrapartida, esta planície se encontra atualmente metamorfoseada pela ocorrência de sucessivos ciclos econômicos, em geral desenvolvidos sem o manejo adequado (Cavalcante e Cunha, 2012; Andrade e Maia, 2018, 2019; Barros et al., 2021).

Logo, adjacente a esta planície fluvial em sua margem esquerda se encontra a Formação Faceira. Trata-se de uma típica cobertura sedimentar cenozoica em que os tabuleiros (terraços fluviais) arenoargilosos se exibem como a feição geomorfológica dominante, sendo constituídos majoritariamente por materiais friáveis. A gênese desses terraços está associada a processos naturais diversos, como as variações no nível de base do rio, alternâncias no nível relativo do mar impulsionadas por picos de transgressão e regressão marinhas no Quaternário, fatores climáticos e tectônicos (Moura-Fé, 2014; Costa et al., 2020; Costa et al., 2021; CPRM, 2021).

Ademais, apesar da apropriação dos terraços fluviais ter ocorrido após a ocupação da planície, a área dessas feições também apresenta transformações significativas em seu quadro natural com extensas incisões erosivas, que em alguns pontos tendem a irreversibilidade, embora o

Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará - ZEEC os tenha classificado como um ambiente medianamente estável (Andrade e Maia, 2018, 2019; Ceará, 2022).

De acordo com Florenzano (2008, p. 19), o conceito de erosão “engloba a remoção e o transporte de material intemperizado”, cuja origem está associada tanto a dinâmica natural quanto a ações antrópicas.

Intensificada por atividades humanas, a erosão se tornou um problema mundial que causa impactos ambientais, econômicos e sociais nas regiões onde ela ocorre de forma mais severa, resultando na redução da fertilidade do solo, no assoreamento de corpos hídricos, no desaparecimento de mananciais, no aumento de inundações, entre outras consequências. Estas quase sempre se encontram associadas a cenários de degradação ambiental que se iniciam com a diminuição de remanescentes florestais convertidos em áreas agropecuárias, e, mais adiante, na deterioração de parte dessas mesmas terras recém convertidas para produção em parcelas de terras improdutivas, por meio de perdas significativas de toneladas de solo a cada ano (Demarchi e Piroli, 2020; Rosa et al., 2023).

Nessa seara, os terraços fluviais semiáridos, estão inseridos em cotas altimétricas baixas, normalmente inferiores a 100 m, com formas suaves e relevos tabuliformes com variados graus de dissecação e moderada declividade. Porém, mesmo com essas características físicas que não favorecem à erosão em situação normal de uso e ocupação da terra, no Baixo Jaguaribe, de modo específico, os terraços vêm enfrentando fortes processos erosivos justamente devido a dinâmica intensiva local, sobretudo nas vertentes e bordas (Costa et al., 2021; Ceará, 2022).

Desse modo, o estudo se detém em responder quais relações existem entre o desenvolvimento de atividades antrópicas inadequadas e a aceleração dos processos erosivos na zona dos terraços fluviais. A pesquisa tem por objetivo analisar como o uso e a ocupação desordenada nos terraços fluviais aceleraram os processos de erosão nesses sistemas ambientais do Baixo Jaguaribe, correlacionando-os como fator singular desse tipo de erosão e propondo

alternativas para mitigação de seus efeitos na área de estudo.

Material e métodos

Buscando alcançar os objetivos a pesquisa se dividiu em quatro etapas metodológicas que foram: pesquisa bibliográfica; elaboração de material cartográfico, pesquisa de campo; identificação do uso da terra como vetor da erosão acelerada nos tabuleiros do Baixo Jaguaribe.

I) pesquisa bibliográfica: visando compreender a dinâmica erosiva da área de estudo, balizou-se a pesquisa na análise geográfico-geomorfológica (Frota Filho, 2021; Molinari, 2022), ocorrência de erosão no Mundo e no Brasil (Guerra et al., 2017; Spiekermann et al., 2017; Latuf et al., 2019; Demarchi e Piroli, 2020; Pinto e Araújo, 2020; Yu et al., 2020; Vercruysse e Grabowski, 2021; Romão et al., 2022), aspectos climáticos e geomorfo-pedológicos da área de estudo (Costa et al., 2020; Araújo et al., 2021; Costa et al., 2021; Nascimento et al., 2021; Ceará, 2022; Fonteles, 2022; Nascimento et al., 2022) e a utilização da terra como paradigma econômico na área de estudo (Pantalena e Maia, 2014; Barros et al., 2021; Cavalcante et al., 2021; Costa e Pinheiro, 2021; Dos Santos et al., 2022. Rocha et al., 2022; Silva e Pierri, 2022; Souza et al., 2022; Maia et al., 2023).

II) elaboração de material cartográfico, com a finalidade de representar a área de estudo. Todos os mapas foram confeccionados no *Software* livre Qgis A *Coruña* versão 3.10.5, utilizando o Sistema de Referência Geodésico para as Américas (SIRGAS 2000), Fuso 24 Sul, sendo que para os mapas temáticos de litologia e relevo, utilizou-se a base cartográfica do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em escala de 1:500.000 e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Quanto aos mapas de hipsometria, declividade e perfis topográficos, utilizou-se imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 m, disponibilizado pelo *United States Geological Survey* (USGS). No tocante ao uso e cobertura da terra foram elaborados mapas para os anos de 1985 e 2021 a partir do Projeto Mapbiomas – Coleção 7, publicado em agosto de 2022, disponível em:

<https://mapbiomas.org/>, em escala de 1:100.000 que identificou 13 (treze) categorias de uso e cobertura da terra (Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre, Restinga Arborizada, Restinga Herbácea, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Outras lavouras temporárias, Outras lavouras perenes, Outras áreas não vegetadas, Aquicultura, Infraestrutura urbana e Corpos d'água), possibilitando comparar a evolução dessas classes em 02 (duas) janelas temporais distintas;

III) pesquisa de campo, com o propósito de obtenção de dados primários, confirmação de dados secundários e aquisição de acervo fotográfico do setor de pesquisa. No *Google Earth Pro* foi sobreposto o *shapefile* da Formação Faceira e traçado o polígono da área de estudo com 1.421 km². Logo depois, marcou-se 28 (vinte e oito) pontos dentro do polígono, cujas imagens orbitais mostravam manchas compatíveis com alterações na paisagem natural. Para validar o que foi verificado nas imagens, realizou-se 05 (cinco) sobrevoos com uso de Drone DJI Mavic 2 Zoom 12 MP 4K GPS cedido pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). Restando ainda lacunas a serem preenchidas, ocorreram mais duas visitas técnicas de campo. Para demarcação das coordenadas dos pontos visitados, fez-se uso do GPS (*Global Positioning System*) *Garmin Etrex 30x*, que depois foram sistematizados no *Software Microsoft Excel*. Após análise, foram escolhidos 10 (dez) pontos para mostrar os usos e alterações mais significativos, uma vez que alguns usos se repetiam com certa frequência entre os 28 (vinte e oito) pontos inicialmente selecionados.

IV) identificação do uso da terra como vetor da erosão acelerada nos tabuleiros do Baixo Jaguaribe, através da proposta de Brandão et al. (2014) que identificou a influência do meio físico sobre as limitações, adequabilidades e potencialidades das paisagens naturais do Ceará frente ao uso do território. Apoiou-se ainda na metodologia de Pantalena e Maia (2014), que cronologicamente identificou os ciclos econômicos e os impactos causados aos sistemas ambientais no Baixo Jaguaribe. Por fim, ancorou-se na visão de Ceará (2022), que propôs um modelo de uso sustentável para os tabuleiros baseado na capacidade produtiva dos recursos naturais (potencialidades e limitações) e na delimitação de diretrizes de uso (proibições e

não recomendações de uso e nas permissões e usos mediante controle).

Localização da área de estudo

Inserida na região semiárida brasileira, na porção nordeste do estado do Ceará, a área de estudo abrange 1.421 km², equivalente a 20,67% do total da Sub-bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe.

Esta sub-bacia, por sua vez tem uma área de drenagem de 6.875 km², correspondente a 4,64% do território cearense, sendo os rios Banabuiú e Palhano os principais afluentes do rio Jaguaribe nesse trecho. Ademais, nessas imediações o Jaguaribe percorre uma extensão de pouco mais de 100 km, apresentando declividade

média de 0,03% e desnível de 40 m, características que propiciaram maior deposição e alargamento do vale numa extensa planície fluvial, cobrindo vastas porções que vão da borda dos terraços fluviais, na margem esquerda à encosta da Chapada do Apodi, na margem direita (Ceará, 2020; Cogherh, 2023).

Assim, situada na porção oeste do Baixo Jaguaribe, a área da pesquisa compreende o setor de ocorrência dos terraços fluviais, os quais são sustentados por uma base geológica de dominância da Formação Faceira que perpassa parcialmente por territórios pertencentes aos municípios de Limoeiro do Norte, Morada Nova, Quixeré, Russas, Jaguaruana, Palhano, Itaiçaba e Aracati, no estado do Ceará (Figura 1).

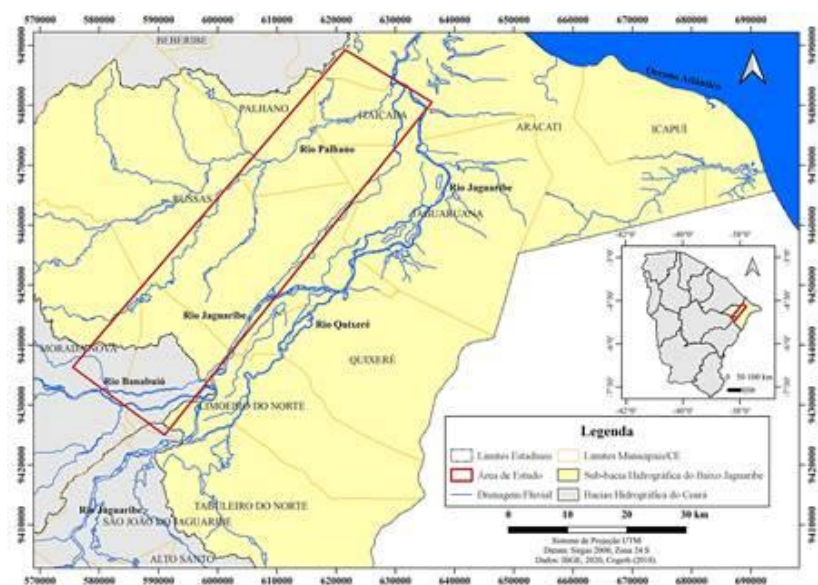


Figura 1: Localização geográfica da área de estudo inserida em porção do Baixo Jaguaribe, limites da sub-bacia hidrográfica e rede de drenagem.

Processos Erosivos no Mundo e no Brasil

Mudanças paisagísticas e problemas socioambientais associados ao uso e ocupação da terra ocorrem em todo o mundo. Assim, os traços da presença humana numa determinada base territorial são percebidos pelas mais diversificadas alterações reproduzidas nas paisagens, principalmente a partir do surgimento e manutenção de processos erosivos acelerados. A erosão dos solos, caracteriza-se como um problema de ordem mundial que tem causado impactos ambientais, econômicos e sociais. Sua origem está associada tanto a causas naturais quanto a ações antrópicas (Boca, 2020; Demarchi e Piroli, 2020).

Quando relacionada a dinâmica natural, a erosão pode ser definida como a remoção de partículas terrosas e rochosas das partes mais elevadas do relevo pela ação das águas da chuva, dos rios e pela ação do vento, resultando no transporte e na deposição dessas partículas para as partes mais baixas do relevo ou para o fundo dos corpos hídricos. Esse fenômeno se processa em um ritmo lento, compatível com os tempos geológico e geomorfológico correspondente à formação do solo denominado de pedogênese. (Lepsch, 2010; Santos et al., 2018; Latuf et al., 2019; Romão et al., 2022).

De acordo com Lepsch (2010), o maior ou o menor grau de suscetibilidade que os solos apresentam ante a erosão está diretamente

condicionado a fatores como o tipo de clima, a natureza do solo, a declividade do terreno e ao tipo de manejo. Conforme Guerra (2010), o início da erosão hídrica superficial resulta, sobretudo, da ação da chuva (erosividade). Especialmente em áreas de clima tropical a erosividade tende a ser maior, uma vez que os índices pluviométricos costumam ser mais elevados e concentrados em certas estações do ano (Guerra, 2010). Conforme Sousa e Paula (2019), além erosividade, outras importantes variáveis como a erodibilidade, o relevo e a cobertura vegetal devem ser mencionados em estudos sobre a averiguação do potencial natural de erosão dos solos.

De maneira sintética a erosividade é entendida como a capacidade energética da chuva de provocar erosão em solos desprovidos de cobertura vegetal. Já a erodibilidade representa a capacidade que um determinado solo possui em resistir à atuação de processos erosivos, sendo uma propriedade inerente a cada tipo específico de solo (Morais e Sales, 2017; Sousa e Paula, 2019).

Considerando-a ainda como um fenômeno natural, a erosão dos solos ocorre em todas as paisagens que apresentem algum tipo de declividade, sendo mais suscetíveis àquelas que possuam este atributo superior a (3°) três graus. Em investigações sobre a dinâmica de processos erosivos, também é relevante que se considere além da declividade outros fatores topográficos, como o comprimento de rampa, indicador correlato ao comprimento das vertentes ou encostas (Jorge e Guerra, 2013; Guerra et al., 2017; Romão et al., 2022).

No outro polo, quando a erosão é desencadeada por ações humanas, o processo erosivo tende a se constituir como um dos mais sérios impactos causados ao meio ambiente e a sociedade, criando mudanças significativas nas taxas de erosão e na produção de sedimentos. Rompe-se, com isso, o equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese de modo que a intensificação da erosão passa a se processar numa velocidade muito maior que a formação dos solos, causando perda de camadas ou horizontes, fenômeno associado ao predomínio da morfogênese (Goudie, 2018; Santos et al., 2018; Romão et al., 2022). Assim, intensificada por atividades humanas, a erosão traz como consequências a redução da fertilidade do solo e a deterioração de áreas agrícolas, o assoreamento de corpos hídricos, o

desaparecimento de mananciais, a intensificação de inundações, entre outras (Demarchi e Piroli, 2020).

Estudos realizados na Nova Zelândia comprovaram que a extensão e as taxas de erosão em áreas próximas aos rios estão condicionadas a alguns fatores: escala, vegetação ribeirinha, uso da terra, topografia, frequência e magnitude do escoamento, eventos geomorfológicos extremos e fatores antropogênicos. Esses condicionantes, agindo juntos ou de forma isolada, impactam de forma severa nas taxas de erosão das margens de rios, que nesse país foram aceleradas pelo desmatamento após a colonização europeia desde o século XIX (Spiekermann et al., 2017).

De maneira similar, Vercruysse e Grabowski (2021) estudaram processos erosivos na região centro-sul da Ásia, no baixo curso dos rios Sutlej e Beas. Nesse trecho de planícies formadas a partir de depósitos quaternários o uso da terra é intenso, com grandes áreas agrícolas irrigadas e de sequeiro, pastagens, mineração e manchas de espaços urbanos ao longo dos rios. Esses usos intensificaram eventos como a erosão de margens, deslizamentos de terra, assoreamento e mudanças no canal fluvial. Os autores verificaram que as relações de causa-efeito da erosão ocasionada por fatores naturais e por atividades humanas, tem resposta temporal que variam em magnitude (gradual vs. abrupto) e em tipologia (centenário vs. sazonal), respectivamente.

Na mesma direção, pesquisadores chineses realizaram estudo sobre o efeito da vegetação ribeirinha na estabilidade de margens e terraços fluviais não consolidados do rio Tarim, na China. Foram comparadas áreas sem vegetação ripária com outras recobertas por junco, arbustos e algumas árvores. Os resultados mostraram que na última área houve um aumento de 63,6% a 88,2% na estabilidade das margens e dos terraços, a depender da espécie de cobertura vegetal predominante, uma vez que as raízes das plantas ribeirinhas diminuíram o colapso das margens e reforçaram a coesão dos componentes dos solos, reduzindo as feições erosivas (Yu et al., 2020).

Na mesma linha, Maia (2005) pontua que a mata ribeirinha é a principal responsável por manter a estabilidade dos terraços fluviais semiáridos da Formação Faceira, compostos em sua maioria por seixos de composição quartzosa. Tal fato reforça a contribuição antrópica para o desencadeamento dos processos erosivos da área de

estudo, consequência da vertiginosa supressão da cobertura vegetal das últimas décadas.

Em Manaus/AM, Frota Filho et al. (2020) realizaram o monitoramento de uma voçoroca entre os anos de 2005 a 2014 no bairro Nova Cidade, na Zona Leste daquela cidade. Os pesquisadores destacaram que fatores físicos, químicos, biológicos e, sobretudo, sociais, alteraram ao longo do tempo o meio ambiente e causaram desequilíbrios no espaço, pois embora houvesse uma predisposição natural da área a erosão, a interferência humana maximizou o problema com a remoção da vegetação, terraplanagem, compactação e perda do solo em zona de declividade (Frota Filho et al., 2020; Molinari, 2022), características semelhantes à dos terraços fluviais semiáridos do Baixo Jaguaribe.

No Nordeste do Brasil, Bispo et al. (2018, p. 323) estudaram em Garanhuns, no Agreste Meridional Pernambucano, setores com paisagens altamente degradadas por erosão. Os pesquisadores destacaram que apesar de a erosão ser decorrente de um processo natural, “a estrutura e a intensidade das formas de uso e cobertura da terra têm uma significativa influência sobre a frequência e a magnitude do escoamento superficial”, cuja consequência é a aceleração das incisões erosivas do lugar. Os autores reforçaram a necessidade de adoção de medidas preventivas diante da criticidade do quadro de degradação avaliado, sobretudo no que diz respeito ao uso da terra que ao longo do tempo, tem ido de encontro às limitações naturais da área.

No semiárido brasileiro, Pinto e Araújo (2020) realizaram o monitoramento de uma feição erosiva situada na sub-bacia sedimentar de Tucano Central, no estado da Bahia. Inserida nas formações Marizal e São Sebastião e formadas preponderantemente por deposição de sedimentos aluviais, os arenitos vermelho-acinzentados que compõem a base dessas formações são bastante suscetíveis à erosão, daí a presença de voçorocas na região (Pinto e Araújo, 2020).

Os autores concluíram que a expansão dos processos erosivos locais estava condicionada a susceptibilidade natural: condições geológicas, semiaridez, ação pluvial em períodos de precipitações torrenciais, morfologia e dimensão métrica da vertente e declividade do terreno. No entanto, as pesquisas de campo demonstraram que a vegetação, importante para a estabilização da encosta, não conseguiu exercer sua função como

deveria, uma vez que a mata secundária remanescente não protegeu o solo como a vegetação nativa, aumentando o processo erosivo (Pinto e Araújo, 2020).

Ainda no âmbito do semiárido brasileiro, Cavalcante (2018) enfatiza que a erosão e os respectivos processos deposicionais podem estar atrelados a fluxos e eventos excepcionais, cuja compreensão deve levar em consideração, além das condições climáticas, fator dominante no semiárido, as variantes litológicas e de declividade, haja vista serem dois fatores importantes que impactam na determinação de maior ou menor produção de sedimentos.

Estudos no rio São Francisco mostraram que margens e terraços fluviais em que predominam silte e argila em sua composição básica, margeados por grama e vegetação esparsa, tiveram erosão reduzida quando comparadas àquelas com predominância de silte e areia fina, comprovando que a litologia e a inclinação do terreno são determinantes para a produção de sedimentos em maior ou menor escala. Por fim, foram elencados os principais impactos socioambientais causados pela erosão de margens e terraços em rios do semiárido: assoreamento do canal fluvial, ocupações irregulares, poluição, industrialização, agronegócio, carcinicultura, dentre outros, promovidos pela lógica de produção capitalista (Cavalcante, 2018).

No semiárido cearense a degradação da terra por erosão é um problema recorrente, haja vista que o desenvolvimento de atividades antropogênicas em estratos pedológicos rasos, cascalhentos e, por vezes, arenoargilosos como no caso dos terraços fluviais, carecem de manejo adequado. Assim, em áreas de erosão natural ou com intervenções humanas apropriadas a dinâmica erosiva costuma ser gradual e lenta e, nestas condições, o solo se comporta de maneira relativamente estável. No entanto, quando o homem atua como agente acelerador do processo erosivo, o solo se instabiliza e os danos ambientais tendem a ser severos (Cabral et al., 2016).

Ademais, o relevo da região também contribuiu para potencializar a erosão, pois suas feições onduladas a forte onduladas se caracterizam como inadequados para práticas agropecuárias. No entanto, Cabral et al. (2016, p. 106) destacam que “as necessidades humanas precisam ser supridas e inadequadamente essas terras têm sido usadas”. O resultado é que (*ob. cit.*, p. 106) “o uso intensivo do

solo, sem interrupção e sem técnicas de conservação, especialmente nessas regiões mais declivosas, tem provocado erosão e comprometido a produtividade do solo”, prejudicando os sistemas ambientais e a sociedade com a estagnação das cadeias produtivas locais, a exemplo dos tabuleiros do Baixo Jaguaribe (Andrade e Maia, 2018).

Aspectos Climáticos e Geo-Morfo-Pedológicos

Inserida no semiárido brasileiro, os tipos climáticos dominantes na área de estudo são o Clima Tropical Quente Semiárido, cuja influência ocorre em áreas mais interioranas e o Clima Tropical Quente Semiárido Brando, tendente a apresentar maior volume de chuvas por atuar mais próximo ao litoral. Os principais sistemas atmosféricos atuantes e que interferem na dinâmica climáticas são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e os Complexos Convectivos em Mesoescala (Nobre et al., 2018; Oliva, 2019; Nascimento et al., 2021; Nascimento et al., 2022).

De maneira geral, as condições

climatológicas se destacam pelas elevadas temperaturas (25° a 30° C) e por índices pluviométricos baixos (720 a 850 mm/ano), apresentando temperaturas médias entre 26° a 28° C. Destaca-se ainda a existência duas estações irregulares: uma estação chuvosa curta, entre os meses de janeiro a abril, e outra estação prolongada seca, em geral de maio a dezembro (Nascimento et al., 2022). Na primeira estação, o regime pluviométrico quase sempre se comporta de maneira irregular no tempo e no espaço com ocorrência de chuvas torrenciais, que em caso de solo exposto potencializa a dinâmica erosiva.

Geologicamente, a área de estudo e de seu entorno comporta diversificadas litologias que vão desde a existência de rochas antigas pré-cambrianas até rochas sedimentares recentes, essas últimas se apresentando sobrepostas as primeiras e expostas as mais diferentes ações dos agentes externos naturais e antrópicos. No cenário geológico local, notabilizam-se com maior expressividade os Depósitos Aluvionares e a Formação Faceira (Figura 2).

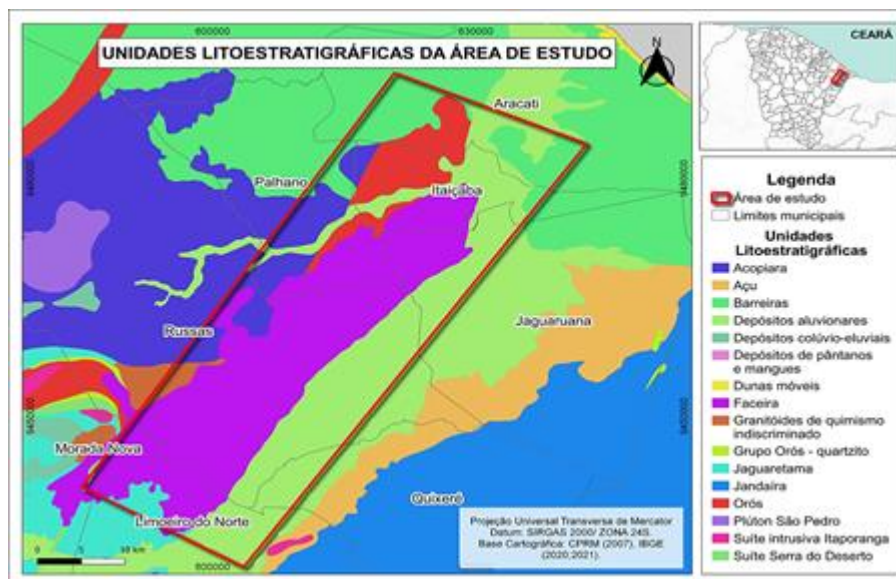


Figura 2: Unidades litoestratigráficas constituídas por formações sedimentares e cristalinas na área de estudo.

Os Depósitos Aluvionares se destacam como formas de acumulação encontradas longitudinalmente nas áreas dos principais coletores de drenagem, que na área de estudo, correspondem às calhas dos rios Jaguaribe, Banabuiú e Palhano, e entalhados em terrenos cristalinos e na Formação Faceira.

Tais depósitos equivalem a um extenso e variado pacote sedimentar fluvial composto por

sedimentos argilosos, silte, areias argilosas, quartzosas, quartzo feldspáticas e conglomeráticas e por cascalhos, cujo conjunto de componentes pode conter matéria orgânica ou não, a depender do local. As aluviões que se formaram encobriram o embasamento de forma discordante em camadas aluviais que por vezes se alternam em estratos mais argilosos, empregados como matéria-prima pela indústria de cerâmica para fabricação de telhas e

tijolos na região de Russas, ou um pouco mais areno-argilosos, se aproximando de uma espécie de arenito – localmente denominado de “arisco”, muito utilizado na construção civil (DNPM, 2013; Rodrigues de Sousa, 2020; Fonteles, 2022).

No que se refere a Formação Faceira, ela é constituída por sedimentos afossilíferos, mesclados pela presença de conglomerados basais grosseiros e arredondados de quartzo misturados com fragmentos líticos, arenitos pouco litificados de cor vermelha, com níveis de argila e de cascalhos, cuja idade é atribuída ao Pliopleistoceno. A deposição destes sedimentos na margem esquerda do rio Jaguaribe, dispostos em camadas discordantes com o embasamento cristalino, alinhada ainda a granulometria e a faciologia do pacote sedimentar conferem singularidades à Formação Faceira, cujas fáceis remontam à origem fluvial (Costa et al., 2021; CPRM, 2021; Ceará, 2022).

Dessa maneira, a estratificação das camadas deposicionais e as linhas de seixos evidenciados na (Figura 3) acabam por comprovar a elevada energia do escoamento superficial, ou seja, a forte competência hidráulica do Jaguaribe no Pliopleistoceno, característico da fase de clima semiárido que ora se iniciava, com chuvas esporádicas, mas intensas e concentradas no tempo e espaço, contribuindo para que o rio por meio de processos areolares e lineares erodisse, remobilizasse e sedimentasse uma quantidade maior de materiais ao longo do tempo.



Figura 3: Talude em sedimentos da Formação Faceira. Corte realizado no terreno para extração mineral de piçarra, material muito utilizado para pavimentar estradas na região. As linhas de seixos entre as camadas são evidências de eventos de maior competência do Rio Jaguaribe.

Quanto a geomorfologia, esta é importante para a compreensão das geoformas terrestres e da problemática socioambiental moderna que atinge grande parte dos sistemas ambientais (Frota Filho, 2021; Molinari, 2022), especialmente no semiárido brasileiro. Estando intimamente vinculada à litologia ela proporciona a compreensão integrada da paisagem, pois permite que se investigue a gênese e a evolução do modelado terrestre a partir da identificação e da descrição de cada uma das etapas que envolvem os processos morfogenéticos (Oliveira e Chaves, 2010; Queiroz et al., 2021).

Como reflexo do variado arcabouço litológico pré-existente que lhe dá sustentação, o quadro geomorfológico do Baixo Jaguaribe e do setor de pesquisa, exhibe também uma gama diversificada de formas de relevos, que vai desde a presença de campos de dunas até enclaves de inselbergs que se inserem na paisagem margeando a rede de drenagem. Todavia, duas unidades geomorfológicas se destacam na poligonal da área de estudo: as planícies fluviais ou fluviolacustres e os tabuleiros ou terraços fluviais (Figura 4).

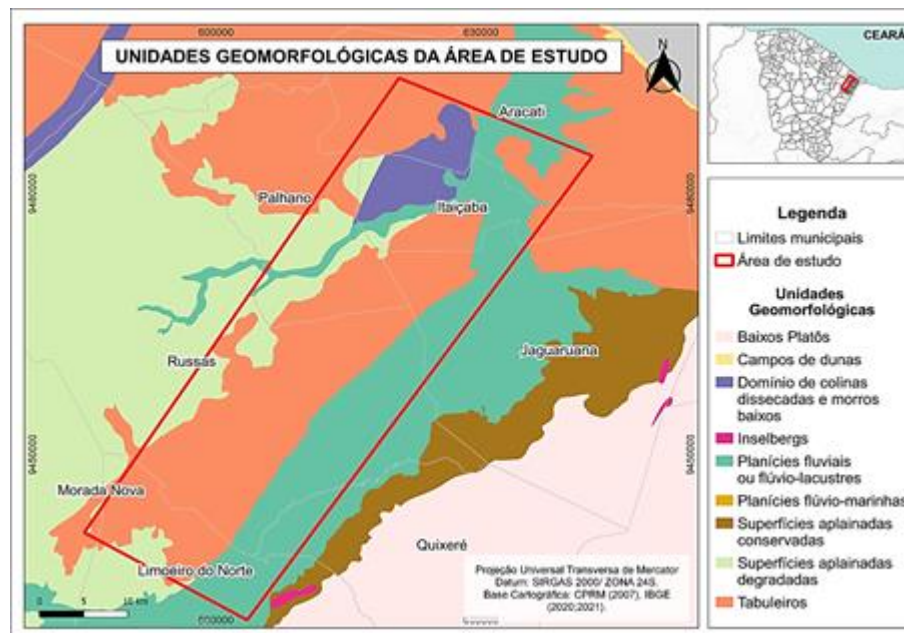


Figura 4: Unidades geomorfológicas constituídas por relevos de feições sedimentares e cristalinas presentes na área de estudo.

As Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres no sertão nordestino apresentam peculiaridades em sua dinâmica que as diferenciam das demais. A intermitência dos rios repercute na própria formação e evolução dos ambientes semiáridos, uma vez que grande parte dos detritos depende dos processos erosivos para transportá-los até as calhas fluviais. Desse modo é que se formam os ambientes planos e suave ondulados com dominância de moderada dissecação e deposição, a exemplo das Planícies Fluviais, cujo material despejado nos vales fica disponível para a ação erosiva fluvial e pluvial subsequente (Costa, 2017; Costa et al., 2020).

Essas áreas sofrem ação de mecanismos geodinâmicos mais recentes, em que os processos, do ponto de vista geomorfológico, são mais atuantes. Desse modo, as Planícies Fluviais podem ser conceituadas como ambientes cuja composição ocorre essencialmente pelas aluviões e sedimentos quaternários que se instalam nas calhas fluviais e em seu entorno (Costa, 2017; Costa et al., 2020; Costa et al., 2021). Nesse sentido, cabe destacar as coberturas que bordejam a calha fluvial do rio Jaguaribe (terraços fluviais), os mais expressivos da área de estudo.

Quanto aos tabuleiros ou terraços fluviais, são feições de relevo jovens do ponto de vista geológico, constituídos a partir de processos de natureza agradacionais que atuaram depositando sedimentos em pacotes sedimentares pouco

litificados. Essas formas de relevo apresentam-se suavemente dissecadas, com extensas superfícies de gradientes extremamente suaves, com topos planos e alongados e vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de “U”, resultantes de dissecação fluvial recente (Dantas, 2014).

Também chamados de tabuleiros interiores por adentrarem muitos quilômetros no interior do continente (Araújo et al., 2021; Costa et al., 2021), esse modelado de relevo corresponde aos sedimentos cenozoicos intracontinentais mais representativos do semiárido brasileiro, que de acordo com Araújo et al. (2021) ratificam a dinâmica de transformação das superfícies aplainadas do sertão cearense por meio do transporte, aglutinação e posterior deposição de detritos de natureza colúvio-elúvio-aluvionar no decorrer da Era Cenozoica.

Neles os processos de pedogênese predominam sobre os processos morfogenéticos. Embora os terraços estejam em fase atual de dissecação (estágio inicial), ainda assim, eles resguardam a morfologia plana no topo, herança marcante do sistema deposicional. Os solos espessos formados a partir dessa deposição são bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão, em condições ambientais ideais ou normais. Há probabilidade de ocorrência esporádica e restrita a processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas), sobretudo nas áreas de bordas de terraços (Dantas, 2014;

Ceará, 2022).

No Baixo Jaguaribe, o sistema deposicional dos terraços fluviais corresponde a uma extensa superfície de agradação e de deposição correlativa que inclui desde leques aluviais coalescentes até sedimentos coluviais, em diminuta expressão. As fácies sedimentares superficiais têm variações que dependem de certas condições, como as áreas fontes/fornecedoras dos sedimentos, os mecanismos de transporte envolvidos e as condições específicas de deposição (Ceará, 2022).

Topograficamente os terraços são baixos, com amplitude de relevo que varia de 20 a 50 m, mas que na área de estudo superam muito essas cotas altimétricas. Possuem modesta inclinação das vertentes, variando entre (0° e 3° graus) com topo relativamente plano, porém no setor de estudo este índice é maior com declividade média se aproximando dos (4°) graus. Apresentam ainda uma topografia em forma de rampas suaves inclinadas para o litoral, e no caso específico da área de estudo, também se inclinam frontalmente para as Planícies Fluviais do Rio Jaguaribe (Costa et al., 2020; Costa et al., 2021), conforme (Figura 5).



Figura 5: Inclinação frontal dos terraços fluviais para a planície fluvial do rio Jaguaribe, visualizando-se pacote sedimentar bastante erodido.

Porém, mesmo com características que em tese não favorecem à erosão, os terraços fluviais no Baixo Jaguaribe exibem relevantes feições erosivas devido ao intenso uso da terra, sobretudo nas vertentes e bordas (Ceará, 2022; Costa et al., 2021).

O Uso da Terra como Paradigma Econômico

A ocupação do Baixo Jaguaribe teve sua gênese na interiorização da criação de gado, quando a partir do século XVIII a paisagem sertaneja começou a ser pontilhada por fazendas, que teve na criação de bovinos sua maior expressividade. Em torno dessas propriedades, aglutinava-se grande quantidade de trabalhadores, que paulatinamente deu origem as primeiras vilas, distritos e cidades próximas ao curso do rio (Lima, 2020; Barros et al., 2021; Cavalcante et al., 2021; Costa e Pinheiro, 2021).

Baseado em um sistema extensivo de criação, o gado se multiplicou caatinga adentro, ocupando também áreas dos terraços fluviais nas quais se concentraram algumas fazendas, a exemplo da Fazenda Maia e Fazenda Faceira. Próximo a esta última, o Grupo de Estudos do Vale Jaguaribe (GEVJ) - missão franco-brasileira de pesquisadores coordenado pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) na década de 1960, denominou o extenso pacote sedimentar existente na confluência dos Vales do Jaguaribe e Banabuiú de Formação Faceira. Assim, alastrando-se inicialmente pela planície e posteriormente pelos terraços fluviais, a pecuária bovina se tornou o primeiro ciclo econômico da região (SUDENE-ASMIC, 1967; Lima, 2020; Aires e Nascimento, 2021; Barros et al., 2021; Cavalcante et al., 2021; Costa e Pinheiro, 2021).

Mais adiante, no final século XVIII e início do século XIX, a cultura algodoeira se firmou como segundo ciclo econômico da região, que impulsionada pela demanda do mercado inglês por matéria-prima para abastecer as indústrias têxteis recém-instaladas, encheu os campos do Baixo Jaguaribe de algodão, tanto na planície quanto nos terraços fluviais. A adaptação da cotonicultura à zona dos tabuleiros foi tão boa que na concepção do projeto do Distrito Irrigado Tabuleiro de Russas – DISTAR, o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) inseriu o algodão entre as dez culturas que obrigatoriamente deveriam ser plantadas. Consorciado à pecuária, o cultivo do algodão perdurou até o século XX. Assim, durante longo período, o quadro socioeconômico e ambiental do Baixo Jaguaribe foi marcado pela dominância do binômio gado-algodão (Viana Júnior e Maupeou, 2018; Lima, 2020; Cavalcante et al., 2021; Costa e Pinheiro, 2021).

As atividades produtivas ligadas ao binômio gado-algodão trouxeram em curta linha temporal rápidas compensações financeiras às elites

sertanejas emergentes. Em contrapartida, se avolumaram progressivamente evidências de degradação ambiental, haja vista que a expansão econômica era pautada de forma dominante num modelo exploratório que não respeitava a capacidade de resiliência dos sistemas ambientais sertanejos, a exemplo do sobrepastoreio e da retirada da vegetação natural das caatingas (Pantalena e Maia, 2014; Lima, 2020).

Seguindo com o retrospecto histórico do paradigma econômico adotado para o Baixo Jaguaribe, em que o usufruto da terra foi tomado como referência, chega-se ao terceiro ciclo experimentado na região. Dessa maneira, na primeira metade do Século XX, a região tem sua economia dinamizada pelo extrativismo vegetal, tornando-se a extração da cera de carnaúba (*Copernícia prunifera*) a principal atividade desenvolvida nessa região, utilizada em larga escala como matéria prima para a indústria de ceras, graxas e derivados. Desse modo, o “Ciclo da Cera de Carnaúba” também contribuiu para enriquecer às custas da exploração indiscriminada da natureza proprietários que detinham terras com carnaubais (Soares e Maia, 2003; Pantalena e Maia, 2014; Lima, 2020; Costa e Pinheiro, 2021).

Inseridos no âmbito da economia primária, os ciclos algodoeiro e extrativista da carnaúba contribuíram concomitantemente para acelerar os impactos ambientais, por meio de queimadas para o plantio, destruição da mata ciliar e da caatinga, potencializando a erosão e o assoreamento dos cursos de água (Pantalena e Maia, 2014).

Alinhada a vocação regional para o desenvolvimento de atividades ligadas ao setor primário da economia surgiram em áreas da planície fluvial do rio Jaguaribe os primeiros pomares irrigados de banana, goiaba, limão e laranja, cuja irrigação era movida a cata-ventos, tecnologia inovadora e de baixo custo que se espalhou rapidamente pelo vale do Jaguaribe, dando início ao quarto ciclo econômico do Baixo Jaguaribe, além de lançar as bases para a modernização agrícola na região que ocorreria a posteriori. Nos tabuleiros, os pomares se restringiram ao plantio de cajueiro de sequeiro, em que vastas áreas de caatinga foram suplantadas para o cultivo de caju (Lima, 2014; Pantalena e Maia, 2014; Lima, 2020; Costa e Pinheiro, 2021).

É nesse contexto que emerge o processo de modernização agrícola a partir da década de 1970, com a preocupação do Estado brasileiro em

explorar as terras do Vale do Jaguaribe através da irrigação, haja vista a predisponibilidade de bons solos e o experimento positivo dos pomares nos últimos anos. Esse processo modernizador tinha também como objetivo a integração desse espaço à economia nacional, e mais tarde à economia internacional. Regionalmente, servia como resposta à crise da cera de carnaúba que ainda estava latente na região (Soares, 2000; Lima, 2014; Costa e Pinheiro, 2021).

Essa época ficou marcada pela criação dos primeiros perímetros públicos irrigados (quinto ciclo econômico), cuja produção foi centrada no plantio de arroz. Foi nesse contexto que se instalaram via DNOCS os perímetros irrigados de Morada Nova em 1970 e de Jaguaruana em 1977, além do Programa de Valorização Rural do Baixo e Médio Jaguaribe (PROMOVALE) no início dos anos 80. Neste período a rizicultura cresceu tanto que avançou também sobre os espaços de outras culturas, como feijão, milho, mandioca e até dos pomares de frutas (Soares, 2000; Lima, 2014; Pantalena e Maia, 2014; Costa e Pinheiro, 2021).

No entanto, o cultivo ininterrupto de arroz durante mais de duas décadas deixou um resultado ambiental catastrófico para algumas porções de terra no Baixo Jaguaribe. O arroz, típica cultura de inundação, mostrou-se inviável para a produção sequenciada em solos do semiárido, promovendo a salinização dos solos pertencentes aos lotes dos primeiros perímetros públicos irrigados. Como resultado, as terras dos perímetros se tornaram improdutivas, culminando com o abandono dos lotes pela maioria dos colonos (Rolim, 2006; Costa e Pinheiro, 2021).

Compulsando-se ainda mais a dinâmica de modernização agrícola do Baixo Jaguaribe, verifica-se que são implantados novos perímetros públicos de irrigação. Assim, teve início em 1987 o Distrito Irrigado Jaguaribe-Apodi – DIJA e em 1992 o Distrito Irrigado Tabuleiro de Russas – DISTAR. Este último se tornou o maior perímetro de irrigação do Ceará com área potencial para irrigar 14.031 ha. Ademais, em sua concepção inicial o projeto se mostrava ainda mais auspicioso, pois previa a realização de uma terceira etapa que somadas as duas já implementadas equivaleria a 25.000 ha a serem irrigadas em zonas de tabuleiro (Viana Júnior e Maupeou, 2018; Lima, 2020).

Esses novos perímetros visavam uma operacionalização conjunta, na qual irrigantes e empresas dividiriam as áreas produtivas.

Entretanto, a chamada “agricultura empresarial”, ou “agricultura de firma”, apoiada em seu poderio econômico, passou a dominar a produção e a estrutura organizacional dos perímetros dentro de uma lógica capitalista que ficou conhecida como agronegócio. Importante destacar que a criação desses novos perímetros não se configura como surgimento de um novo ciclo, pois estes constituem uma continuação dos primeiros perímetros, porém com alternâncias de visão, de uma nova roupagem (Lima, 2014; Cavalcante, 2020; Cavalcante et al., 2021; Costa e Pinheiro, 2021).

Nessa seara, o agronegócio dinamizou o processo produtivo local com o incremento de novas possibilidades de plantio no semiárido, com a alternância das relações de poder no campo a ponto de o pequeno agricultor passar então a trabalhar como assalariado, além de atrair contingente populacional de outras regiões, acelerando a urbanização, inclusive em áreas de borda de tabuleiro. Outrossim, a modernização da agricultura baseada na lógica de produção capitalista por meio do uso predatório, irracional e indiscriminado dos recursos naturais existentes, promoveu outros desdobramentos com custos ambientais dela decorrentes, como a redução da cobertura vegetal nativa, o ressecamento das nascentes, a exposição dos solos à ação erosiva da chuva, o assoreamento dos cursos d’água, dentre outros (Lima, 2014; Pantalena e Maia, 2014; Cavalcante, 2020; Cavalcante et al., 2021).

Alinhada a essa conjuntura, o Baixo Jaguaribe vem incorporando novas práticas produtivas ainda mais degradantes como a atividade ceramista, a carcinicultura e a mineração, com a extração indiscriminada de areia e piçarra.

Quanto a atividade ceramista, sua expansão aconteceu na década de 1980 no município de Russas, espalhando-se a partir daí para outros locais como o Distrito de Flores, localizado nesta mesma circunscrição municipal. Do ponto de vista ambiental a cadeia produtiva da indústria de cerâmica se caracteriza como uma atividade altamente degradante, pois cada etapa do processo produtivo repercute de maneira negativa no meio ambiente, desde a remoção da mata de várzea para extração da argila, o que potencializa a erosão, pelo uso de lenha da caatinga para queima nos fornos até a emissão de fumaça e fuligem no ar oriundos dessa combustão. A exemplo do agronegócio, a oferta de postos de trabalho nesta

atividade também atraiu trabalhadores de municípios circunvizinhos, sendo que em alguns casos famílias inteiras buscaram o Distrito de Flores para morar e trabalhar. Essa dinâmica imprimiu novos contornos sócioespaciais ao lugar com a crescente urbanização desordenada e irregular na borda do tabuleiro, onde o preço dos terrenos era mais acessível aos trabalhadores (Mendes, 2012; Dos Santos et al., 2022).

No que se refere a carcinicultura, esta é uma das atividades econômicas que mais tem crescido no Brasil e no mundo na atualidade. Nessa perspectiva, a região Nordeste é responsável pela quase totalidade (99,6%) da produção de camarão do Brasil, sendo que os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte juntos concentram 69% da produção brasileira deste crustáceo. Em território cearense, a carcinicultura foi uma das atividades produtivas que mais cresceu nos últimos 10 anos ao registrar um incremento de 271% neste período (Rocha et al., 2022; Silva e Pierri, 2022; Maia et al., 2023).

Inserido neste panorama, o Baixo Jaguaribe também experimenta vertiginoso crescimento da carcinicultura, principalmente a partir de 2010, quando o recém-criado Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) implementa a segunda frente para estimular esta atividade produtiva por meio do Plano de Interiorização da Carcinicultura.

De acordo com Silva e Pierri (2022) esta política pública de incentivo foi o suporte ou a maneira pela qual se buscou expandir a atividade carcinícola sertão a dentro no semiárido nordestino, uma vez que a sua expansão na zona costeira estava comprometida e limitada por conflitos de uso e entraves nas licenças ambientais. Ainda segundo Silva e Pierri (2022), a interiorização da carcinicultura somente se consolidou com a flexibilização da legislação ambiental, a exemplo da Lei Federal nº 12.651 de 2012 que instituiu o novo Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2023).

Dessa maneira, as custas de um uso intensivo da terra e de um passivo ambiental relevante é que apenas cinco municípios do Baixo Jaguaribe (Jaguaruana, Aracati, Limoeiro do Norte, Russas e Fortim) detém 57,17% da área total de fazendas de camarão do estado do Ceará. Juntos, os municípios de Jaguaruana e Aracati detém 4.824,51 ha de viveiros de camarão, correspondendo a 36,21% da área total do estado (Rocha et al., 2022; Maia et al., 2023).

Na outra vertente, avolumaram-se também os problemas oriundos dessa atividade produtiva, com destaque para a expropriação de terras de populações tradicionais, intensificação de conflitos pelo uso da água, pressão sobre a biota e os sistemas ambientais semiáridos, lançamento irregular de efluentes nos corpos hídricos, erosão e assoreamento (Silva e Pierri, 2022; Maia et al., 2023), inclusive na zona de tabuleiro, haja vista que a diminuição de espaço para construção de viveiros na planície tem empurrado também esta atividade produtiva para a área de borda dos terraços, causando desmatamento, corte no talude para construção de viveiros e desencadeando processos erosivos em solos expostos e desprotegidos.

No que diz respeito a mineração no Baixo Jaguaribe, esta atividade se intensificou nas últimas décadas com a extração não controlada de areia e piçarra na área dos tabuleiros, que utilizadas como matéria-prima pela atividade industrial e pela construção civil respondem por grande parte da degradação da Caatinga (Resende e Chaer, 2010; Souza et al., 2022).

De acordo com Resende e Chaer (2010), as áreas de extração de piçarra são muito comuns nos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, sendo constituída por material proveniente do subsolo composto majoritariamente por silte, areia e cascalho, o qual é utilizado para a terraplanagem de estradas, aterros, construção de barragens, e mais recentemente para construir viveiros de camarão (Souza et al., 2022).

O resultado dessa exploração predatória aparece a partir da abertura de grandes clareiras e trincheiras em meio a mata de tabuleiro (Savana-Estépica Arborizada ou Caatinga Arbustiva Densa), que sem contar com o suporte protetivo da

vegetação desencadeia severas incisões erosivas no solo desprotegido, composto por materiais friáveis (Nogueira Júnior et al., 2019). Conforme Resende e Chaer (2010), a recuperação dessas áreas constitui-se num desafio que requer a intervenção humana por meio de técnicas que auxiliem o sistema ambiental degradado a recuperar sua capacidade de resiliência. Os autores acrescentam que a recuperação ambiental é onerosa e na maioria dos casos há necessidade de recomposição com espécies florestais nativas, visando dentre outras coisas, “reativar os processos ecológicos que sustentam as funcionalidades ecossistêmicas e o equilíbrio ambiental dessas áreas degradadas” (Resende e Chaer, 2010, p. 30).

Resultados e discussão

No Baixo Jaguaribe os tabuleiros se posicionam de modo quase que contínuo no sentido NE/SO acompanhando a rede de drenagem principal (o rio Jaguaribe). Essas feições estabelecem ainda contato com as planícies fluviais dos rios Banabuiú e Palhano, com a planície litorânea e também com a depressão sertaneja. Ademais, são seccionadas por uma rede hidrográfica (principal e secundária) que drenam a área de modo a estabelecer um sequenciamento de interflúvios.

De modo geral, os tabuleiros da área de estudo se encontram embasados em rochas sedimentares recentes. Do ponto de vista ecodinâmico, conforme o ZEEC, os tabuleiros se enquadram como sistemas ambientais estáveis a medianamente estáveis, sendo constituídos por terrenos firmes, com topografia plana, níveis altimétricos modestos, geralmente abaixo de 100 m de altitude como visualizado na (Figura 6).

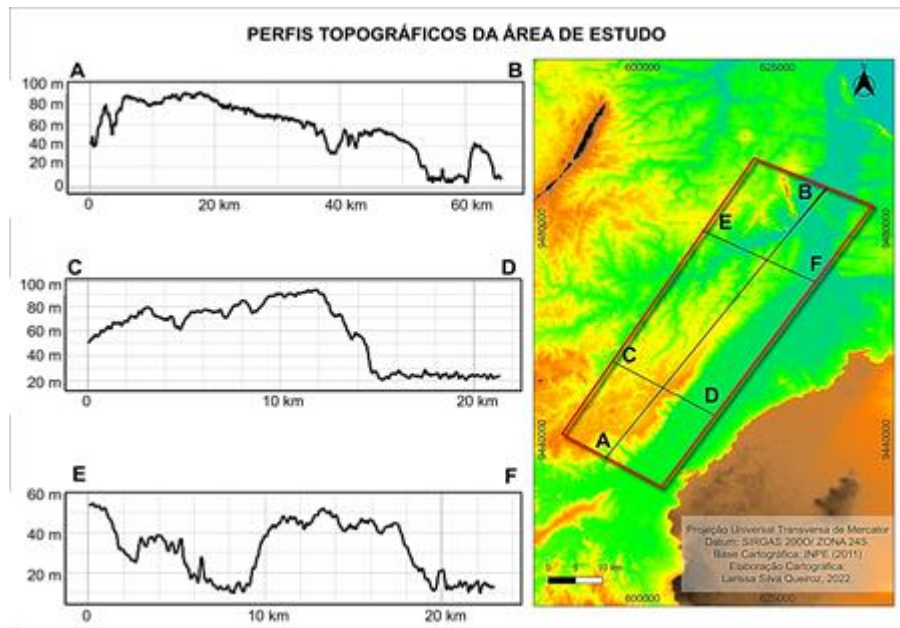


Figura 6: Hipsometria simplificada (direita) e perfis topográficos (esquerda) em que se observa altitudes abaixo de 100 m.

O perfil (A-B) traçado paralelamente à planície fluvial do rio Jaguaribe é o maior em extensão, medindo aproximadamente 70 km. Neste transecto, partindo-se do ponto A, observa-se a diminuição progressiva dos níveis altimétricos em direção ao litoral (ponto B), cujo caimento topográfico se assemelha a uma rampa suave cortada pela rede de drenagem demarcando interflúvios, cujo maior vale demarcado entre eles, situa-se na extensão de 60 km próximo a desembocadura do rio Palhano com o rio Jaguaribe. Neste ponto de confluência entre os rios as cotas altimétricas são ainda mais reduzidas, ficando majoritariamente abaixo dos 20 m, porém apesar da baixa altimetria, esta área apresenta processos erosivos em virtude da forte pressão aos quais seus sistemas ambientais tem sido submetidos nas últimas décadas, com a retirada indiscriminada da vegetação nativa para a construção de viveiros de camarão.

Já o perfil (C-D), traçado em plano transversal a planície fluvial do rio Jaguaribe e a poucos quilômetros a jusante da desembocadura do rio Banabuiú com o Jaguaribe, tem uma extensão aproximada de 22 km. Nesta porção o pacote sedimentar se avoluma a ponto de se tornar o mais espesso e elevado da área de estudo, característica condicionada pela elevada energia do escoamento, ou seja, pelo progressivo aumento da competência hidráulica dos dois rios que passaram a erodir mais e aportar mais sedimentos

na margem esquerda do Jaguaribe. Partindo-se do ponto C numa cota de 50 m, a topografia segue o padrão de uma rampa com acentuação moderada até atingir a cota máxima de 93 m, quando a partir daí, segue em descida brusca caracterizando-se como típica borda de tabuleiro em que o relevo se exibe de modo mais escarpado até atingir a planície do Jaguaribe com cota média de 27 m (ponto D), cujo desnível da rampa é da ordem de 66 m. Esta zona de contato do tabuleiro com a planície fluvial do Jaguaribe é um dos pontos que apresenta incisões erosivas mais severas, tanto pelas características geo-morfo-pedológicas locais, quanto e sobretudo, pela supressão progressiva da vegetação para a prática de múltiplas atividades produtivas, como o plantio de cajueiro, a retirada de lenha usada como combustível pelos fornos das indústrias de cerâmica, pela expansão do agronegócio e da carcinicultura, pela extração de piçarra, pela construção de uma rodovia estadual – a CE 458, a qual foi construída sem Estudo/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) conforme pesquisa junto a Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE e à Superintendência de Obras Públicas – SOP. Ademais, a expansão imobiliária que ocorre desordenadamente e muitas vezes de forma irregular, ocupando Áreas de Preservação Permanente (APP), é acrescentada ao já debilitado quadro ambiental, promovido pelo uso intensivo da terra.

No que se refere ao perfil (E-F) também traçado transversalmente a planície fluvial do rio Jaguaribe, apresenta extensão aproximada de 25 km. Este transecto é seccionado por duas importantes drenagens, além da presença de interflúvios menores. Partindo-se do ponto E a uma cota altimétrica de 55 m, segue em declive mais ou menos acentuado até a atingir a cota média de 15 m próximo aos 10 km de extensão, caracterizada pela presença da planície fluvial do rio Palhano. A partir daí segue em aclave acentuado até atingir o nível altimétrico de 50 m demarcando a borda oeste do tabuleiro, seguindo em picos e descidas suaves até partir para um declive mais acentuado, delineando a borda leste do tabuleiro até atingir a planície do Jaguaribe, também em cotas altimétricas médias de 15 m, já a partir dos 20 km de extensão, porção em que a carcinicultura se instalou primeiro na região, e a partir daí, seguiu rio acima com passar dos anos.

No que se refere a pedologia, os solos dos tabuleiros são maduros, espessos e bem drenados e com coloração variada, mas com predomínio de Argissolos Vermelho-Amarelos com maior proporção de argila, característica que segundo Frota Filho (2021), condiciona este tipo de solo a ser um pouco mais resistente aos processos erosivos. Nessas feições, conforme o ZEEC, há notória dominância da pedogênese sobre a morfogênese, que em situação normal ou de equilíbrio ecodinâmico, repercute diretamente na incapacidade de remoção do material sedimentar por agentes externos do relevo, com exceção das áreas mais dissecadas, como nas bordas dos tabuleiros. Todavia, sem a cobertura vegetal, elemento estabilizador do ambiente e que desempenha papel fundamental na manutenção do equilíbrio ecodinâmico, invertem-se as funções morfopedogenéticas, iniciando-se o processo erosivo (Figura 7).



Figura 7: Área desmatada para extração de piçarra, solo de tabuleiro exposto e início de fase erosiva.

Posteriormente, sem o suporte protetivo da vegetação o solo fica exposto a ação da erosão pluvial, que progressivamente maximiza o processo erosivo, resultando no rápido surgimento de ravinas e voçorocas (Figura 8).



Figura 8: Maximização do processo erosivo, resultando no surgimento de ravinas e voçorocas.

Nessa perspectiva, alinha-se a Tricart (1977) e Louzeiro (2022) para discordar parcialmente do ZEEC que classificou o sistema ambiental dos tabuleiros como uma unidade que varia de estável a medianamente estável. Em nosso entendimento, devido ao uso intensivo da terra, a classificação mais adequada para os tabuleiros seria enquadrá-los entre as categorias ecodinâmicas “medianamente estável a fortemente instáveis”, uma vez que os meios ecodinamicamente estáveis se encontram em áreas onde a dissecação é moderada, a cobertura vegetal é suficientemente fechada (fato que não se observa na área de estudo) e onde não há probabilidade do desencadeamento de catástrofes (embora não seja objeto desta pesquisa, existem áreas de risco geológico – enxurradas e deslizamentos).

Por outro lado, os meios medianamente estáveis são caracterizados pela interferência entre a morfogênese e a pedogênese, nas quais elas atuam de maneira concorrente sobre um mesmo espaço, situação verificada em alguns pontos do setor de estudo. Também neste estágio ecodinâmico as atividades antrópicas podem causar desarranjos e desestabilizar os sistemas ambientais, fato condizente com o que se observa na área estudo, justificando o enquadramento dos tabuleiros na categoria de ambiente medianamente estável. Já os ambientes fortemente instáveis são caracterizados pela dominância dos fatores morfogenéticos sobre a dinâmica natural, estando os demais elementos do sistema ambiental a ela subordinados, situação existente em frações pontuais do setor de pesquisa, justificando classificá-las em ambientes instáveis.

Quanto a declividade da área de estudo, de modo geral ela não é muito acentuada. A declividade de $(34,99^\circ)$ graus ou de aproximadamente 70% de inclinação da encosta registrada ao norte do polígono (Figura 9), se refere à Serra do Ererê, um maciço residual pré-litorâneo nas proximidades de Itaíçaba que constitui uma paisagem de exceção, localizado entre as planícies fluviais dos rios Palhano e Jaguaribe e a zona dos tabuleiros.

Nos pontos de amostragem a maior declividade registrada para os tabuleiros do Baixo Jaguaribe é da ordem de $(6,84^\circ)$ graus ou 12% de inclinação da rampa conforme se visualiza ao sul do polígono (Figura 9), porém neste mesmo setor tal atributo se encontra situado majoritariamente entre 3% e 9% ou entre $(1,71^\circ)$ e $(5,14^\circ)$ graus de obliquidade, resultando numa declividade média de 6% ou $(3,43^\circ)$ graus, portanto um pouco superior (3°) graus, condição que segundo Guerra et al. (2017) seria susceptível à erosão.

Entretanto, tendo em vista que um indicador isolado não é capaz de explicar sozinho a maior ou menor suscetibilidade erosiva, considerou-se outras variáveis como o clima, a cobertura vegetal e o uso e ocupação, este último quase sempre correlacionado à falta de práticas conservacionistas.

Por outro lado, de maneira hipotética, se a declividade sozinha pudesse definir a susceptibilidade erosiva de uma área, embasados em Molinari (2022) ainda discordaríamos de Guerra et al. (2017), pois em nosso entendimento, os setores de encostas com declividades acima de (45°) graus, por conseguinte, áreas de preservação permanente, de acordo com o Art. 4, inciso V da Lei Federal nº 12.651/2012 – Código Florestal, seriam mais susceptíveis aos desencadeamentos da atividade erosiva, bem como a outros processos geodinâmicos.

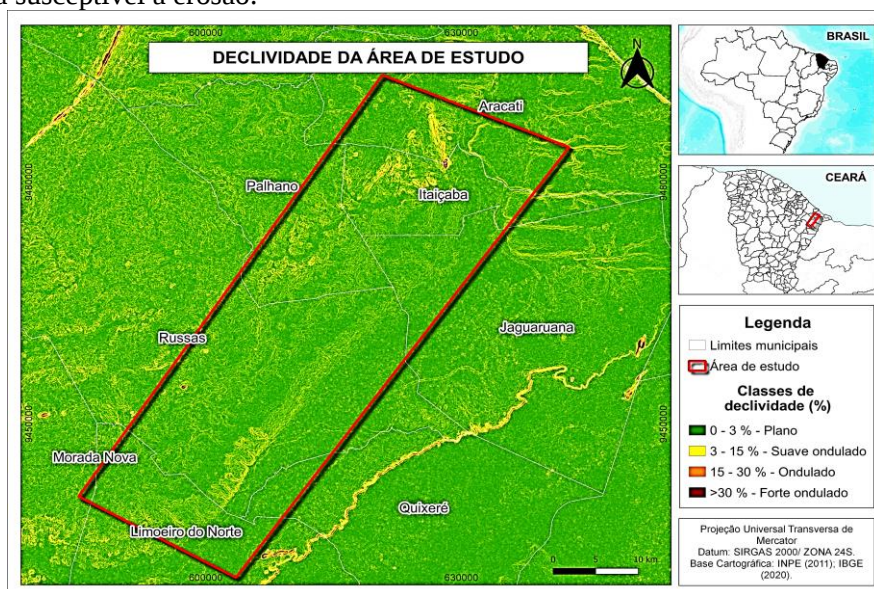


Figura 9: Declividade da área de estudo com dominância de moderada inclinação das vertentes.

Assim, assevera-se que a declividade da área de estudo, por si só não é fator determinante para ocorrência de erosão acelerada, porém quando ela se associa às ausências de cobertura vegetal e de práticas conservacionistas os processos erosivos tendem a aparecer e a evoluir de forma rápida, modificando a fisionomia e a dinâmica natural do espaço, características verificadas nos pontos de observação da pesquisa.

Observou-se ainda que o conjunto de atributos físico-naturais da área de estudo, sozinhos ou isolados, sem intervenção humana, ou

mesmo havendo interveniência com uso sustentável seriam incapazes de assentar e desenvolver nos terraços fluviais processos erosivos da magnitude existente na área de estudo, sendo necessários para tanto, a existência de outra variável que perpassa necessariamente pelo uso intenso, contínuo, sistemático e desordenado da terra.

Num contexto global, as atividades antrópicas provocaram ao longo do tempo fortes impactos nas paisagens, resultantes de usos indiscriminados que não consideraram as potencialidades e limitações do ambiente. Assim,

com o processo de expansão urbana, alternâncias nas matrizes de exploração econômica, cujo uso da terra está no centro dessa dinâmica, diversas foram as alterações processadas na paisagem.

Quanto aos terraços fluviais semiáridos do Baixo Jaguaribe, de modo específico, realizou-se mapeamentos de uso e cobertura da terra dos anos de 1985 e 2021, a fim de identificar as mudanças paisagísticas ocorridas no período. A partir das

áreas mapeadas e da validação dos dados em campo, identificou-se a existência de treze classes de usos e coberturas: Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre, Restinga Arborizada, Restinga Herbácea, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Outras lavouras temporárias, Outras lavouras perenes, Outras áreas não vegetadas, Aquicultura, Infraestrutura urbana e Corpos d'água (Figura 10).

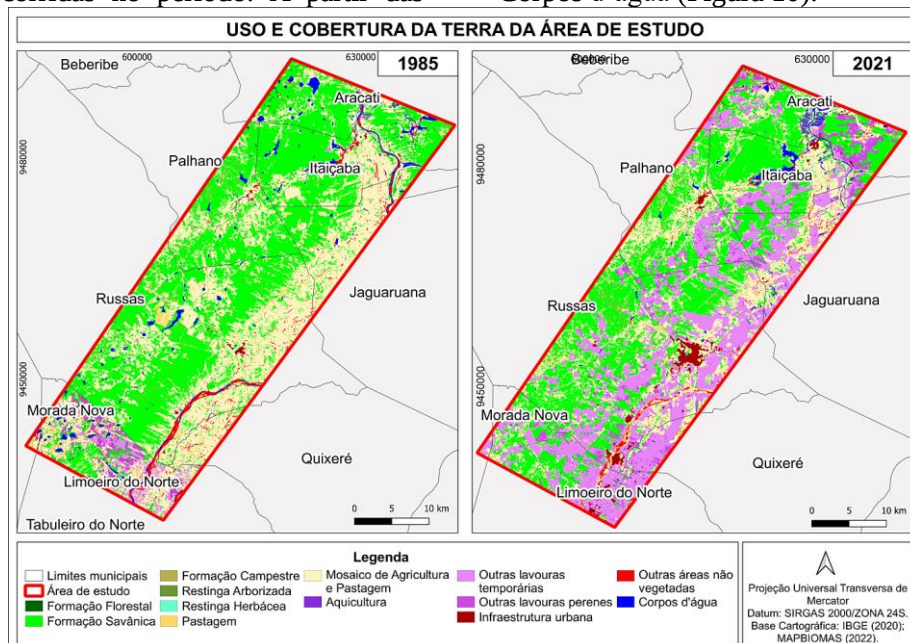


Figura 10: Uso e cobertura da terra nos terraços fluviais semiáridos do Baixo Jaguaribe - cenário de 36 anos.

No que se refere as classes Formação Florestal e Formação Savânica, Nogueira Júnior et al. (2019) esclarece que elas correspondem a Savana-Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) e Savana-Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva), respectivamente. Quanto a Caatinga Arbustiva, ela pode ser dividida ainda em Caatinga Arbustiva Aberta e Caatinga Arbustiva Densa ou Fechada, sendo esta última predominante na área de estudo.

Observações em campo evidenciaram um considerado grau de transformação nas paisagens dos tabuleiros, que no decorrer do tempo contribuíram para o surgimento e a manutenção de agudas incisões erosivas, para criar pontos ou

enclaves improdutivos e acelerar o assoreamento em trechos próximos aos cursos d'água, dentre outras adversidades socioambientais.

A análise integrada dos mapeamentos e das investigações de campo mostram que em 36 anos a paisagem se alterou de forma significativa, com a supressão da cobertura vegetal savânica (Caatinga Arbustiva Densa), ao mesmo tempo em que se verifica o aumento de atividades agrícolas, aquicultura, infraestrutura urbana, além de outros usos como a mineração, conforme (Tabela 1).

Tabela 1: Classes de uso da terra na área de estudo.

Classes	Área (km ²)		Valor em percentagem (%)	
	1985	2021	1985	2021
Formação Florestal	2,53	2,67	0,17	0,18
Formação Savânica	658,93	508,89	46,37	35,81
Outras lavouras temporárias	27,47	374,42	1,93	26,35
Mosaico de Agricultura e Pastagem	575,95	349,97	40,53	24,63
Outras lavouras perenes	24,26	73,90	1,71	5,20
Formação Campestre	29,01	28,11	2,04	1,98
Pastagem	31,07	21,43	2,19	1,51
Infraestrutura Urbana	2,81	20,76	0,19	1,46
Corpos d'água	37,40	17,94	2,63	1,26
Outras áreas não vegetadas	29,49	15,23	2,08	1,07
Aquicultura	2,34	7,83	0,16	0,55
Restinga Arborizada	0,08	0,10	0,005	0,007
Restinga Herbácea	-	0,08	-	0,08
TOTAL	1.421 km²		100%	

No que se refere a cobertura vegetal da área de estudo (Formação Savânica/Caatinga Arbustiva Densa), ela é composta segundo Nogueira Júnior et al. (2019) por árvores de pequeno porte, chegando a 8 (oito) metros de altura. Geralmente costumam ser encontradas em áreas mais baixas e planas a exemplo dos terraços fluviais, sendo caracterizadas por possuir dossel mais esparsos do que os da Savana-Estépica Florestada ou Caatinga Arbórea. No setor de pesquisa a Caatinga Arbustiva Densa apresenta perdas quantitativas relevantes ao longo do tempo, sobretudo pela expansão de áreas de agricultura, carcinicultura, mineração e infraestrutura urbana. Assim, registrou-se um decréscimo de 150,04 km² de mata nativa entre os anos de 1985 e 2021 correspondendo a (-22,77%) entre os anos observados conforme (Figura 11). A porção suprimida dessa vegetação é equivalente ainda a 10,55% do total da área dos tabuleiros.

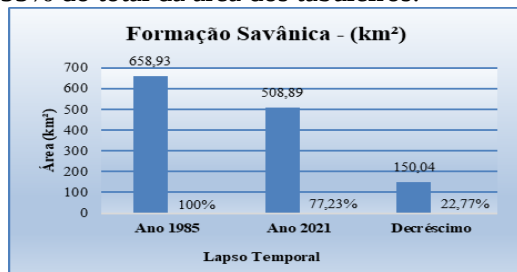


Figura 11: Decréscimo da formação savânica (vegetação nativa) da área de estudo (1985/2021).

Este é um indicador chave da pesquisa, pois conforme Frota Filho (2021) a cobertura

vegetal é o principal fator para a redução do potencial erosivo da chuva. Por outro lado, a ausência ou a supressão até mesmo parcial da mata nativa, em alguns casos, pode ser considerada segundo Molinari (2022) o *start* para ativação dos processos erosivos, proposições as quais nos filiamos, por ser condizente com a dinâmica intensiva da terra na área de pesquisa.

Observou-se, que na área de estudo a diminuição da Formação Savânica se deu em virtude do incremento de novas atividades produtivas que passaram a pressionar ainda mais os sistemas ambientais retirando paulatinamente a vegetação, a exemplo da extração desordenada e irregular de areia, arenito e material arenoargiloso vermelho (piçarra) visualizada na (Figura 12) utilizada para construção civil e terraplanagem de estradas, ao encontro da expansão da infraestrutura urbana que no período de 1985 a 2021 cresceu de forma vertiginosa (638,79%).



Figura 12: Transporte de piçarra usada em compactação e terraplanagem de estradas.

Na atualidade esse material tem sido muito utilizado também para construção de viveiros de camarão, atividade em expansão na área de estudo. Desse modo, a mineração é uma das práticas produtivas que mais tem degradado os terraços fluviais, pois a extração de piçarra nessas zonas promove uma sequência de danos ambientais, a começar pelo desmatamento com a abertura de clareiras em meio a mata, a escavação de trincheiras para a retirada do material, que logo após são abandonadas deixando os solos expostos e mais susceptíveis à erosão (Figura 13).



Figura 13: Trincheira abandonada de onde fora extraída piçarra para múltiplos usos.

Assim, sem contar com a dupla proteção da mata nativa, que ora reduz o efeito *splash* da chuva sobre o solo, e, que ora retém o material pedológico por meio das raízes, o resultado são severas incisões erosivas nos pontos monitorados. Importante destacar que o cruzamento das informações da perda de vegetação ao longo tempo e o incremento de novos usos e ocupações revelam uma correspondência entre ambos, corroborando para se confirmar que a dinâmica de uso e ocupação é fator determinante no desencadeamento dos processos erosivos nos terraços fluviais semiáridos do Baixo Jaguaribe, que apesar da predisposição natural à erosão nas zonas de vertentes, dispõem de áreas na borda sem ocorrência de tal problema, onde a vegetação se faz presente como demonstrado na (Figura 14).



Figura 14: Severas erosões em borda de tabuleiro devido ao uso e ocupação intensivos (à esquerda) e

zonas estáveis sem erosão, contando com suporte protetivo da vegetação (parte superior e enclaves inferiores à direita).

Os resultados também evidenciaram um aumento exponencial de áreas de carcinicultura na região dos tabuleiros do Baixo Jaguaribe, acompanhando o crescimento desse setor no Brasil e no Ceará. Conforme Rocha et al. (2022) mapearam, no ano de 2021 o território cearense tinha um total de 13.322,52 ha ou 133,22 km² de viveiros de camarão. No recorte espacial da pesquisa essas atividades mais que triplicaram sua área (334,61%) entre 1985 e 2021, passando de 2,34 km² para 7,83 km², respectivamente conforme se analisa na (Figura 15).

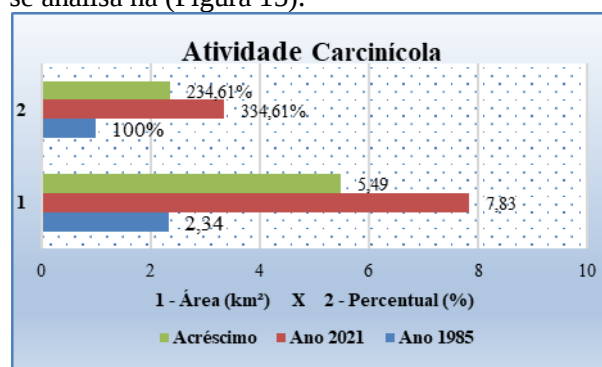


Figura 15: Expansão da carcinicultura na área de estudo (1985/2021).

Assevera-se que tal crescimento se deu às custas da derrubada da caatinga, cujo reflexo se verifica no aumento da exposição de solos relativamente friáveis aos agentes erosivos, potencializando o problema da erosão. Essa evolução foi tamanha, a ponto de reduzir o espaço para construção de viveiros na planície fluvial e empurrar esta atividade produtiva também para a área de borda dos terraços, aspecto visualizado na (Figura 16).



Figura 16: Viveiro de camarão em área de borda de tabuleiro. Ao fundo perfil em corte exibindo as camadas sedimentadas do tabuleiro próximo a residências.

Quanto a infraestrutura urbana o crescimento foi ainda maior (Figura 17), pois em 1985 ela ocupava uma área de 2,81 km², chegando ao ano de 2021 com expressivos 20,76 km², o que equivale a um salto de 738,79%, contribuindo também para metamorfosear os tabuleiros por meio da erosão em pontos sem vegetação, de maior declividade e localizados em bordas e encostas, áreas que por lei deveriam ser preservadas.

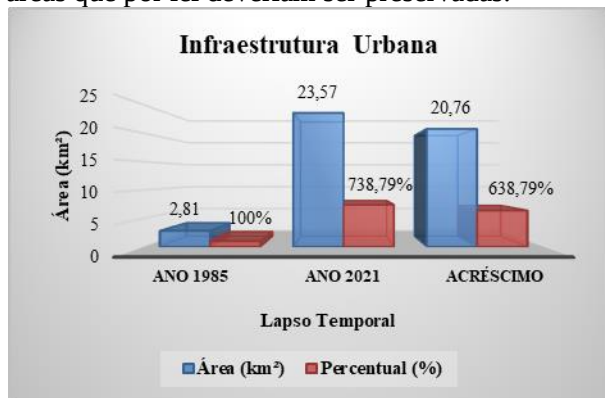


Figura 17: Evolução da infraestrutura urbana na área de estudo (1985/2021).

Ademais, muitas construções são irregulares, próximas ou inseridas na faixa de borda do tabuleiro em dissonância com o Código Florestal Brasileiro (Figura 18) que estabelece no Art. 4º, Inciso VIII que as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais constituem Áreas de Preservação Permanente (APP), devendo, portanto, serem preservadas.



Figura 18: Crescimento urbano em borda de tabuleiro. No detalhe a declividade do terreno, incisões erosivas em meio às casas e vice-versa e planície fluvial com manchas vermelhas testemunhando o carreamento do material erodido para a calha do rio Jaguaribe, assoreando-o.

Também cresceu de forma vertiginosa (304,61%) no mesmo período as áreas de lavouras perenes (Figura 19). Estas registravam no ano de 1985 área de 24,26 km² passando a 73,90 km² em 2021, aumento explicado pelo início de operacionalização dos perímetros públicos de irrigação FAPIJA e DISTAR. Dessa maneira, o desmatamento para expansão dessas lavouras afetou significativamente as interações pedológicas, pois a vegetação original substituída pelo plantio de uma dada cultura, além de não proteger o solo, também alteram os mecanismos envolvidos nos processos geodinâmicos superficiais presentes na relação solo-chuva, potencializando a erosão.

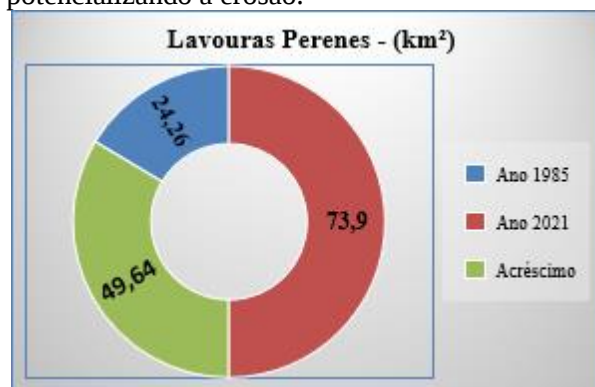


Figura 19: Crescimento das lavouras perenes na área de estudo (1985/2021).

Assim, uma vez rompido o equilíbrio ecodinâmico, em casos de ocorrência de chuvas, cuja precipitação exceda a capacidade de infiltração do solo, dá-se início ao processo de escoamento superficial e subsuperficial, culminando com o surgimento de incisões erosivas. Do mesmo modo, Frota Filho (2021) esclarece que nessas condições, a realização de atividades básicas como a abertura de estradas pode expor parte do solo, através dos taludes, que a depender das características naturais da região pode desencadear processos erosivos, fato verificado na área de estudo através de registro fotográfico (Figura 23) adiante.

De modo geral, os dois perímetros públicos irrigados adotaram a fruticultura irrigada para exportação como modelo produtivo dominante, consorciando em menor escala lavouras perenes (Figura 20) e em maior proporção lavouras temporárias (Figura 21) na operacionalização de seus sistemas de cultivo.



Figura 20: Lavoura perene em zona de tabuleiro – em destaque produção de pitaya no DISTAR.



Figura 21: Lavoura temporária em zona de tabuleiro – em destaque colheita de melancia no DISTAR.

Quanto as lavouras temporárias o crescimento em 36 anos foi extraordinário (1.262,94%) conforme (Figura 22) uma vez que este tipo de cultura registrava no ano de 1985 área equivalente a 27,47 km², restringindo-se a porção sul no polígono do setor de estudo (Figura 10), área correspondente ao antigo Perímetro Irrigado de Morada Nova (PIMN), ocupado hoje majoritariamente pela carcinicultura. Este tipo de cultura alcançou no ano de 2021 a marca expressiva de 374,42 km², aumento também explicado, a exemplo das lavouras perenes, pela implantação dos perímetros de irrigação FAPIJA e DISTAR que passaram a plantar milho, tomate, melancia, melão, algodão e soja, dentre outras.

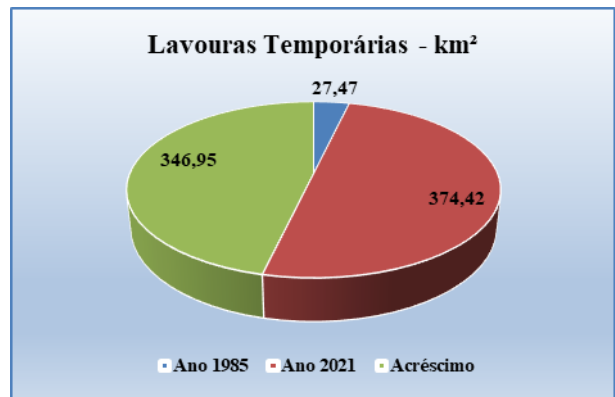


Figura 22: Crescimento das lavouras temporárias na área de estudo (1985/2021).

Estes perímetros ao lado de outros setores produtivos como o ceramista dinamizaram a economia local, atraindo considerado contingente de trabalhadores de outras cidades do Vale do Jaguaribe. Este fato repercutiu no crescimento urbano com parte dos migrantes ocupando os terrenos de bordas de tabuleiros por serem mais baratos e acessíveis às famílias recém-chegadas.

Nesse viés, concorda-se com Molinari (2022) quando se percebe a existência de certa segregação sócioespacial promovida dentro de uma lógica de produção capitalista no espaço rural-urbano e vice-versa, consubstanciada no acesso à moradia em uma dinâmica mediada pelo mercado, cujo resultado se materializa através das ocupações de terrenos com declividade e sem infraestrutura básica.

É relevante ressaltar que em comunidades como Ramal de Flores e Jardim de São José (município de Russas) e na comunidade de Faceira (município de Limoeiro do Norte) existem espaços específicos cujos problemas ambientais são claramente amplificados, como a inserção de moradias em Áreas de Preservação Permanente (APP), em encostas com declive mais acentuado, onde a dinâmica contínua desse tipo de ocupação acentua os processos erosivos e propicia o surgimento de áreas de risco, sendo este último um problema que precisa ser estudado.

Acrescenta-se que essa dinâmica ditada pelo mercado repercutiu também na evolução da degradação ambiental, principalmente pela supressão da mata de tabuleiro, no caso em tela a Caatinga Arbustiva Densa, e na aceleração da erosão, inclusive em pontos esporádicos no topo do tabuleiro (Figura 23), área recentemente mapeada pelo ZEEC como estável do ponto de vista ecodinâmico (Ceará, 2022).



Figura 23: Erosão em topo de tabuleiro causada pela abertura de uma estrada no DISTAR (primeiro plano). Visualiza-se em segundo plano plantação de capim para forragem, irrigado com pivô central (linha do horizonte).

Em contrapartida, existem setores localizados pontualmente em zona de borda de tabuleiro, que teoricamente seriam mais susceptíveis à erosão (zonas ecodinamicamente instáveis) segundo o mesmo ZEEC, que se apresentam conservados, sem incidência erosiva, haja vista a existência e conservação do estrato arbóreo nestes setores (Figura 24 e 25).



Figura 24: Área preservada em borda de tabuleiro, com presença de vegetação e folhagem que tendem a preservar o solo friável em zona de declive.



Figura 25: Caatinga Arbustiva Densa ou Fechada protegendo solos em borda tabuleiro.

Tais fatos reforçam a tese de que o uso intenso da terra é o fator dominante dos processos

erosivos na área de estudo. Suscitam ainda indagações sobre a necessidade de possível revisão do recém-atualizado ZEEC, especificamente em pontos referentes aos tabuleiros interiores (Terraços Fluviais), que em nossa percepção leve em consideração o elevado grau de pressão e mutabilidade desse sistema ambiental ora delineado.

Conclusões

A área dos tabuleiros no Baixo Jaguaribe vem sofrendo ao longo do tempo com intervenções antrópicas inadequadas que estão no limiar de promover alterações irreversíveis na dinâmica de suas paisagens.

Assim, qualquer intervenção futura nessa área perpassa por estudos interdisciplinares que também envolvam a sociedade, visando ao bem comum de todos.

Verificou-se que apesar da predisposição natural à erosão nas bordas e vertentes dos tabuleiros, estes setores dispõem de áreas sem ocorrência de tal problema, onde a vegetação se faz presente, fato que necessita ser melhor estudado.

Por fim, são elencadas algumas conclusões e sugestões a partir do estudo:

- Na área dos terraços fluviais semiáridos do Baixo Jaguaribe as atividades antrópicas são o vetor dos processos erosivos, problema que está no limiar de promover alterações irreversíveis na dinâmica das paisagens;
- A retirada da vegetação nativa alavancou os processos erosivos, uma vez que setores mais propensos à erosão (borda do tabuleiro), não exibiam outrora feições erosivas, pois contavam com o suporte protetivo da vegetação;
- O paradigma econômico desconsiderou as potencialidades e limitações do sistema ambiental dos tabuleiros, ultrapassando em alguns pontos sua capacidade de suporte;
- Diante do agudo cenário de degradação e da existência de lacunas momentâneas não elucidadas, projetam-se novas atividades em campo para melhor compreendê-las, visando promover o uso racional e sustentável na zona dos tabuleiros;
- Sugere-se uma revisão do Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do

Ceará – ZEEC, especificamente em pontos referentes aos tabuleiros interiores, que levem em consideração o elevado grau de pressão e mutabilidade desse sistema ambiental nos dias atuais;

- Espera-se que esta pesquisa contribua para balizar estudos que almejem um novo modelo de tratamento do espaço com a adoção de práticas conservacionistas (contenção de erosão, descompactação e fertilização do solo e reflorestamento da mata de tabuleiro), através de uma gestão ambiental e territorial racional que incorpore a ciência como concretizadora de tais práticas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a COGERH pela realização dos sobrevoos com uso de drone.

Referências

- Aires, R., Nascimento, F.R., 2021. Condições Morfoestruturais das Microbacias Cearenses de Muquém, Riacho das Pedras e Neblina, In: Amora, Z.B., Gonçalves, L.A.A. (Org.), Cenários Geográficos: reflexões e enfoques, Editora da UECE, Fortaleza, pp. 289-303.
- Andrade, J.H.R, Maia, C.E., 2018. Erosão de Margens em Rios Semiáridos: estudo na sub-bacia do Baixo Jaguaribe – Ceará – Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia* [online] 19. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1379>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- Andrade, J.H.R, Maia, C.E., 2019. Avaliação dos Processos de Erosão de Margens em Rios Semiáridos: estudo na sub-bacia do Baixo Jaguaribe – Ceará – Brasil. *Boletim de Geografia, Maringá* [online] 37. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i3.41548>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- Arantes, A.E., 2022. Suscetibilidade à Erosão Laminar da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho e a sua Relação com o Uso e Cobertura da Terra em 2012. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 15. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/253618/42874>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- Araújo, P.A, Souza, M.J.N, Santos, F.L.A, Moura, M.T.M., 2021. Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Choró - Ceará, Brasil. *William Morris Davis - Revista de Geomorfologia* [online] 2. Disponível em: <https://williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/109>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- Barros, G.M., Cavalcante, L.V., Chaves, M.L.J., 2021. A Questão Indígena na Formação Socioespacial do Vale do Jaguaribe, Ceará. *GEOTemas* [online] 11. Disponível: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/3231/2815>. Acesso em: 18 de fev. 2023.
- Bispo, C.O., Oliveira, G.P., Silva, M.L.G., Santos, A.C., Listo, F.L.R.; Girão, O., 2018. Diagnóstico de Voçorocas na Zona Periurbana de Garanhuns, Agreste Meridional Pernambucano. *Revista de Geografia (Recife)* [online] 35. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/234969>. Acesso em: 04 mai. 2021.
- Boca, N.T., 2020. As Mudanças da Paisagem e sua Influência na Dinâmica do Risco de Erosão na Cidade de Xai-Xai, Moçambique. *Espaço Aberto* [online] 10. Disponível em: <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2020.30686>. Acesso em 24 mai. 2021.
- Brandão, R.L, Freitas, L.C.B., Shinzato, E., 2014. Geodiversidade: Limitações e Adequabilidades/Potencialidades Frente ao Uso e à Ocupação. In: Brandão, R.L, Freitas, L.C.B. (Org.) *Geodiversidade do Estado do Ceará. CPRM, Fortaleza, Apêndice II* pp. 104-174.
- BRASIL. Lei 12.651/2012 – Código Florestal Brasileiro, 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 04 mar. 2023.
- Cabral, L.J.R.S, Valladares, G.S., Aquino, R.P., 2016. Susceptibilidade à erosão das terras do alto curso do rio Banabuiú, no Sertão Central do Ceará, usando lógica nebulosa. *ACTA geográfica* [online] Ed. Esp. V CBEAGT. Disponível em: <https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v10iee.3747>. Acesso em: 04 mai. 2021
- Cavalcante, A.A., 2018. Geomorfologia Fluvial no Semiárido Brasileiro. *Revista de Geografia (Recife)* [online] 35, (Especial XII SINAGEO). Disponível em:

- <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/238226>. Acesso em: 04 mai. 2021.
- Cavalcante, A.A., Cunha, S.B., 2012. Morfodinâmica Fluvial em Áreas Semiáridas: discutindo o vale do rio Jaguaribe – Ceará – Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia* [online] 13. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i1.340>. Acesso em: 21 abr. 2021.
- Cavalcante, L.V., 2020. A territorialidade do capital no campo: agronegócio e uso corporativo do território no Ceará. *Revista NERA* [online] 23. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/6016/5563>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- Cavalcante, L.V., Leite Silva, F.R., Paiva Martins, E., 2021. A geografia do latifúndio no Baixo Jaguaribe/Ceará: dinâmicas de uso e propriedade da terra. *Terra Livre* [online] 2. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/terralivre/article/view/2262>. Acesso em: 01 fev. 2023.
- Cavalcanti, J.A.D.; Cavalcante, J.C., 2014. Evolução Geológica. In: Brandão, R.L, Freitas, L.C.B. (Org.) *Geodiversidade do Estado do Ceará*. CPRM, Fortaleza, Apêndice II pp. 19-34.
- CEARÁ. Assembleia Legislativa/Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, 2020. *Caderno da bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe: informações sobre saneamento básico*, 1 ed. Editora INESP, Fortaleza.
- CEARÁ. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA), 2022. *Relatório Consolidado do Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Ceará – ZEEC*. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/36/2022/02/Relatorio-Consolidado-do-ZEEC.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2023.
- Charlton, R., 2007. *Fundamentals of fluvial geomorphology*, 1 ed. Routledge Taylor & Francis Group, New York.
- COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, 2023. *A Sub-bacia do Baixo Jaguaribe*. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/baixo-jaguaribe/>. Acesso em: 01 abr. 2023.
- Costa, C.A., Pinheiro, L.S., 2021. Dos Currais de Gado à Agricultura Mecanizada: descortinando a paisagem do Baixo Jaguaribe (Ceará). In: Amora, Z.B., Gonçalves, L.A.A. (Org). *Cenários Geográficos: reflexões e enfoques*, Editora da UECE, Fortaleza, pp. 189-212.
- Costa, L.R.F., 2017. *Fragilidade ambiental nos sistemas ambientais e sítios urbanos no vale do Rio Banabuiú – CE*. Tese (Doutorado em Geografia). Fortaleza, Universidade Federal do Ceará - UFC.
- Costa, L.R.F., Barreto, L.L. Oliveira, V.P.V., Maia, R.P., 2021. *Geomorfologia dos Tabuleiros Interiores do Estado do Ceará - Nordeste do Brasil*. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 14. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/249987>. Acesso em: 30 dez. 2022.
- Costa, L.R.F., Maia, R.P., Barreto, L.L., Claudino Sales, V.C., 2020. *Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: uma proposta de classificação*. *Revista Brasileira de Geomorfologia* [online] 21. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1447>. Acesso em: 30 mai. 2022.
- CPRM - Serviço Geológico Brasileiro, 2021. *Mapa Geológico do Estado do Ceará*. Fortaleza. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/2048>. Acesso em: 13 abr. 2022.
- Dantas, M.E., 2014. *Biblioteca de Relevo do Território Brasileiro*. In: Brandão, R.L, Freitas, L.C.B. (Org.) *Geodiversidade do Estado do Ceará*. CPRM, Fortaleza, Apêndice II pp. 2-22.
- Demarchi, J.C., Piroli, E.L., 2020. *Modelagem de Erosão e Aporte de Sedimentos em Bacia Hidrográfica com o Modelo WaTEM/SEDEM*. *Caminhos de Geografia* [online] 21. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/53059>. Acesso em: 01 mai. 2022.
- DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral, 2013. *Relatório Final da Etapa 1 – Diagnóstico - Projeto organização e formalização das atividades de extração de argila no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará*. Fortaleza.
- Dos Santos, A.H.V., Moura de Castilho, C.J., Oliveira Costa, V.S., 2022. *Avaliação de impactos ambientais em indústrias de cerâmicas vermelhas*. *Desenvolvimento em Questão* [online] 20. Disponível em:

- <https://doi.org/10.21527/22376453.2022.58.12351>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- Florenzano, T.G., 2008. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais, 1 ed. Oficina de Textos, São Paulo.
- Fontes, H.R.N., 2022. Caracterização geoquímica dos sedimentos argilosos do Baixo Jaguaribe (CE) baseada em métodos de análise multivariada. Boletim Paranaense de Geociências [online] 80. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geociencias/article/view/88185/47301>. Acesso em: 02 fev. 2023.
- Frota Filho, A.B., Abreu, N.R.P., Vieira, A. F.S.G., 2020. Processo de Voçorocamento e Feições Secundárias: um estudo de caso em Manaus-AM. Caminhos de Geografia [online] 21. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/41778>. Acesso em: 02 mai. 2021.
- Frota filho, A.B., 2021. Alterações antropogênicas na geomorfologia e suas influências na aceleração dos processos erosivos, bacia hidrográfica colônia Antônio Aleixo, Manaus-AM. Tese (Doutorado em Planejamento e Gestão Ambiental). Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Goudie, A., 2018. The human impact on the natural environment: past, present and future, 8 ed. Wiley-Blackwell - John Wiley & Sons, London.
- Guerra, A.J.T., 2010. O Início do Processo Erosivo. In: Guerra, A.J.T. Silva, A.S. Botelho, R.G.M. (Org.) Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 17-55.
- Guerra, A.J.T, Fullen, M.A, Jorge, M.C.O, Bezerra, J. F.R, Shokr, M.S., 2017. Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. Pedosphere [online] 27. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1002016017602947>. Acesso em: 20 abr. 2023.
- INSA - Instituto Nacional do semiárido., 2018. Boletim Informativo INSA - Ano VI | Nº 03 | jan. – fev. – mar. 2018, p. 10. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/boletim-informativo/2018/boletim-jan-fev-marco-2018.pdf/view>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- Jorge, M.C.O., Guerra, A.J.T., 2013. Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: Guerra, A.J.T., Jorge, M.C.O. (Org.) Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas, Oficina de Textos, São Paulo, pp. 7-30.
- Latuf, M.O., Musselli, D.G., Chinen, H.S.S., Carvalho, P.H.S., 2019. Aporte sedimentar em suspensão na bacia do rio Machado, sul de Minas Gerais. Caderno de Geografia [online] 29. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.23182962.2019v29nespp16>. Acesso em: 07 fev. 2023.
- Lepsch, I.F., 2010. Formação e conservação dos solos, 2 ed. Oficina de Textos, São Paulo.
- Lima, F.L.S., 2014. Breve histórico da economia agrária do vale do Jaguaribe: das sesmarias a fruticultura. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/breve-historico-da-economia-agraria-do-vale-do-jaguaribe-das-sesmarias-a-fruticultura/90779/>. Acesso em: 14 mai. 2022.
- Lima, L.C., 2020. Geografia humana do Ceará: espaço, técnica e tempo, 1. Ed. Editora da UECE, Fortaleza.
- Louzeiro, A.S, Rabelo, T.O., Almeida, L.Q., 2022. Risco, Vulnerabilidade e Ecodinâmica: conceitos, aplicações e discussões. Cadernos do LOGEPA [online] 10. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/logepa/article/view/61501/35611>. Acesso em: 10 fev. 2023.
- Maia, R.P., 2005. Planície Fluvial do rio Jaguaribe: evolução geomorfológica, ocupação e análise ambiental. Dissertação (Mestrado em Geografia). Fortaleza, Universidade Federal do Ceará – UFC.
- Maia, R.P., Cavalcante, A.A., (2004, agosto). Erosão e Assoreamento do Rio Jaguaribe em Limoeiro do Norte - CE: marca de uma evolução acelerada. In: Anais V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, Santa Maria/RS.
- Maia, A.L.V., Lucena, R.P., Silva, M.A.F.S., 2023. Gestão Ambiental no Ceará: a carcinicultura no município de Jaguaruana. Revista Foco [online] 16. Disponível em: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n6-005>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- Mendes, F.A., 2012. O barro de cada dia: oleiros e operários da atividade ceramista no Distrito de

- Flores, CE 1981-1990. Dissertação (Mestrado em História). Fortaleza, Universidade Estadual do Ceará – UECE.
- Molinari, D.C., 2022. Áreas de Risco a Voçorocamento em Manaus/AM: Uma contribuição à Geografia Ambiental. AMBIENTES: Revista De Geografia e Ecologia Política [online] 4. Disponível em: <https://doi.org/10.48075/amb.v4i2.30322>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- Morais, R.C.S., Sales, M.C.L., 2017. Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica. Caderno de Geografia [online] 27, Edição Especial. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.23182962.2017v27nesp1p84>. Acesso em: 08 fev. 2023.
- Moura-Fé, M.M., 2014. Barreiras: série, grupo ou formação? Revista Brasileira de Geografia Física [online] 7. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233079>. Acesso em: 08 fev. 2023.
- Nascimento, F.J.S.C., Barroso, A.A F., Santos, H.O.R., Lima, P.F., 2021. Hidrogeoquímica das águas subterrâneas da microrregião do Baixo Jaguaribe, Ceará, Brasil. Águas Subterrâneas [online] 35. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/ras.v35i1.30035>. Acesso em: 01 fev. 2023.
- Nascimento, R.L.X., Souza, C.C., Oliveira, M. A.N., Grassi, G., 2022. Caderno de Caracterização: estado do Ceará. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-do-rocha/publicacoes/outraspublicacoes/caderno-de-caracterizacao-estado-do-ceara.pdf>. Acesso em 29 jan. 2023.
- Nobre, M.E.S., Gomes, D.F., Vasconcelos, S.M.S., Frischkorn, H., Lima Neto, I.O, Ferreira, S.K., Souza, D.P., 2018. Estudo hidroquímico-ambiental do aquífero aluvionar do Baixo Jaguaribe, Itaíçaba – Ceará. Revista do Instituto Geológico de São Paulo [online] 39. Disponível em: <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rig/article/view/13125>. Acesso em: 02 fev. 2023.
- Nogueira Júnior, L.R., Dompieri, M.H.G., Cruz, M.A.S., 2019. GeoTAB: Identificação dos biomas e da vegetação na região de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Scientia Plena, [online]15. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.112402>. Acesso em: 18 ago. 2022.
- Oliva, F.G., 2019. Climatologia e variabilidade dos principais sistemas meteorológicos atuantes no Brasil, relação com chuvas intensas e impactos associados. GeopUC [online] 12. Disponível em: http://geopuc.geo.pucrio.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?from_info_index=6&inford=178&sid=33. Acesso em: 01 jan. 2022.
- Oliveira, J.H.M., Chaves, J.M., 2010. Mapeamento e caracterização geomorfológica: Ecorregião Raso da Catarina e Entorno do NE da Bahia. Mercator [online] 9. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2736/273619430015.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2021.
- ONU – Organização das Nações Unidas., 2022. Agenda Global 2030/Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 18 ago. 2022.
- Pantalena, A.F., Maia, L.P., 2014. Marcas da ação antrópica na história ambiental do Rio Jaguaribe, Ceará, Brasil. Revista de Gestão Costeira Integrada [online] 14. Disponível em: https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci431_Pantalen a.pdf. Acesso em: 14 jun. 2021.
- Pinto, B.L., Araújo, H.M., 2020. Configuração Geomorfológica Contemporânea de uma Voçoroca sobre a Lito estrutura Sedimentar da Sub-Bacia de Tucano Central – BA. ACTA geográfica [online] 14. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/6072>. Acesso em: 03 mai. 2021.
- Queiroz, L.S., Pereira Neto, M.C., Medeiros, J.F., 2021. Perfis Geoecológicos do Complexo Serrano Martins-Portalegre – RN: base (geo) morfológica para análise da paisagem. Boletim de Geografia [online] 39. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v39.a2021.e60412>. Acesso em: 07 fev. 2023.
- Rocha, I.P.; Araújo, J.S.C., Fernandes, B.R.S., 2022. Censo da carcinicultura dos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://abccam.com.br/2022/11/censo-da-carcinicultura-do-ceara-piaui-e-rio-grande-do-norte-ja-esta-disponivel/>. Acesso em: 11 mar. 2023.
- Rodrigues de Sousa, P.K., 2020. Caracterização do

- agregado miúdo, tipo arisco, utilizado na Região Metropolitana de Fortaleza. *Conexões Ciência e Tecnologia* [online] 14. Disponível em: <http://www.conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/viewFile/1383/1483>. Acesso em: 18 ago. 2022.
- Rolim, J.B.S., 2006. *Sistemas Técnicos e Sustentabilidade: Desafios no Perímetro Irrigado de Morada Nova (PIMN)*, Ceará. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia). Fortaleza, Universidade Estadual do Ceará – UECE.
- Romão, P.A., Nascimento, D.T.F., Sales, M.M.; Da luz, M.P., 2022. Modelagem da suscetibilidade erosiva laminar e linear no entorno de reservatórios de usinas hidrelétricas. *Caminhos de Geografia* [online] 23, Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/59906>. Acesso em: 7 fev. 2023.
- Rosa, L.E., Cherem, L.F.S., Siamé, L., 2023. O papel de fatores naturais e antrópicos na variabilidade da perda de solos no estado de Goiás entre 1985 e 2018. *Sociedade & Natureza* [online] 35. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/66034>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- Santos, C.L., Listo, F.L.R., Silva, O.G., Reis, R.B., 2018. Análise metodológica de estudos referentes a eventos de movimentos de massa e erosão ocorridos na região Nordeste do Brasil. *Caderno de Geografia* [online] 28. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/17539>. Acesso em: 07 fev. 2023.
- Schumm, S. A, 2005. *River Variability and Complexity*, 1 ed. Cambridge University Press, New York.
- Silva, H.J.H., Pierri, N. A retomada da carcinicultura no Brasil (2012 – 2020): flexibilização das normativas e impactos socioambientais. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente (DMA)* [online] 60. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/80348> Acesso em: 11 mar. 2023.
- Silva, S. R. F., 2017. *Contribuições para a Interpretação da Evolução Geomorfológica do Baixo Jaguaribe/CE*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - UFC.
- Soares, H.S., 2000. Elementos para uma geografia histórica do baixo Jaguaribe: as transformações do espaço agrário regional. *Revista Propostas Alternativas do Instituto da Memória do Povo Cearense*, 5-10.
- Soares, H.S.; Maia, R.P., 2003. A degradação dos carnaubais e os problemas ambientais na região Jaguaribana-CE. *Revista Propostas Alternativas do Instituto da Memória do Povo Cearense*, 17-20.
- Sousa, F.R.C., Paula, D.P., 2019. Análise de perda do solo por erosão na bacia hidrográfica do rio Coreau (Ceará-Brasil). *Revista Brasileira de Geomorfologia* [online] 20. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i3.1393>. Acesso em: 07 fev. 2023.
- Souza, M.P., Chaer, G.M., Gonçalves, F.L.A., 2022. Efeito da transposição de topsoil e mulching de *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore na revegetação de área degradada na Caatinga. *Scientia Forestalis* [online] 50. Disponível em: <https://doi.org/10.18671/scifor.v50.39>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- Spiekermann, R., Betts, H., Dymond, J., Basher, L., 2017. Volumetric measurement of river bank erosion from sequential historical aerial photography. *Geomorphology* [online] 296. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.08.047>. Acesso em: 01 mai. 2021.
- SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste/ASMIC., 1967. *Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe*. Recife.
- Stevaux, J.C., Latrubesse, E.M., 2017. *Geomorfologia fluvial*, 1 ed. Oficina de Texto, São Paulo.
- Tricart, J., 1977. *Ecodinâmica*. IBGE, SUPREN, Rio de Janeiro.
- Vercruyssen, K.; Grabowski, R. C. Human impact on river planform within the context of multi-timescale river channel dynamics in a Himalayan river system. *Geomorphology* [online] 381. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107659>. Acesso em: 01 mai. 2021.
- Júnior, M.M., Maupeou, S.C., 2018. Da Produção Camponesa Familiar ao Capitalismo: o Perímetro Irrigado Tabuleiro de Russas no Ceará (1988-2008). *Tempos Históricos* [online] 22. Disponível em: 22.

em:<https://erevista.unioeste.br/index.php/temporoshistoricos/article/view/19148>. Acesso em 04 abr. 2022.

Yu, G-O.; Li, Z.; Yang, H.; Lu, J.; Huang, H. Q.; Yi, Y., 2020. Effects of riparian plant roots on the unconsolidated bank stability of

meandering channels in the Tarim River, China. *Geomorphology* [online] 351. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.106958>. Acesso em: 01 mai. 2021.