

Artigo de Pesquisa**MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL E ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROÇÃO NA APA DO LITORAL NORTE, MUNICÍPIO DE ENTRE RIOS, BAHIA****Geoenvironmental assessment and coastal erosion vulnerability in Entre Rios, Bahia**

Aisha Barreto Pereira¹, Jean Passos Moreira Soares², Tom Fernandes Purificação³, Gustavo Luis Schacht⁴, Marcus Vinicius Costa Almeida Junior⁵

¹ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, Brasil. E-mail: aaisha.ufrb@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0007-0610-8943>

² Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, Brasil. E-mail: jeanpassosms@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0001-8172-104X>

³ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, Brasil. E-mail: tompurificacao@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0000-0838-0042>

⁴ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, Brasil. E-mail: schacht@ufrb.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-7536-6280>

⁵ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, Brasil. E-mail: mvcajr@ufrb.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0002-2742-5290>

Recebido em 28/10/2023 e aceito em 15/03/2024

RESUMO: A zona costeira é a região de interface entre a terra e o mar, onde ocorre uma interação dinâmica entre processos naturais, atividades humanas e ecossistemas marinhos e terrestres. Devido à sua localização estratégica e aos recursos naturais abundantes, as zonas costeiras são frequentemente áreas de grande atividade humana, incluindo assentamentos urbanos, turismo, pesca e exploração de recursos naturais. Este trabalho teve como objetivos o mapeamento geoambiental e a análise da vulnerabilidade à erosão da zona costeira do município de Entre Rios, Bahia, porção esta contida da Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte. Metodologicamente foram utilizadas informações existentes em banco de dados secundários, bem como adquiridas durante as etapas de campo, sobre a geologia, geomorfologia, solos e uso e cobertura. A partir desses dados, foram utilizadas operações algébricas com o auxílio do software QGIS, de acesso livre, para se atingir os objetivos estabelecidos. Identificou-se, portanto, seis unidades geoambientais: Faixa de Praia, Dunas, Zonas Úmidas, Terraços Marinhos, Leques Aluviais e Formação Barreiras; permitindo reconhecer suas características físicas, potencialidades de uso e a vulnerabilidade ambiental. O mapa de vulnerabilidade à erosão permitiu identificar que as áreas mais vulneráveis estão relacionadas às porções mais interioranas, associadas à ocupação urbana, além da relação com aspectos físicos, principalmente a

pedologia e a geologia. Observou-se, ainda, a importância desses estudos geoambientais, uma vez que podem servir como subsídio para tomada de decisão no que concerne ao uso e ocupação do solo, contribuindo, assim, para a preservação e conservação de habitats frágeis e vulneráveis.

Palavras-chave: Geotecnologias; Planejamento Ambiental; Área de Proteção Ambiental.

ABSTRACT: The coastal zone is the interface region between land and sea, where a dynamic interaction occurs between natural processes, human activities, and marine and terrestrial ecosystems. Due to their strategic location and abundant natural resources, coastal zones are often areas of high human activity, including urban settlements, tourism, fishing, and exploitation of natural resources. This work aimed to map the geo-environment and analyse the vulnerability to erosion of the coastal zone of the municipality of Entre Rios, Bahia, a portion of the North Coast Environmental Protection Area. Methodologically, existing information from secondary databases was used, as well as data acquired during field stages, on geology, geomorphology, soils, and land use and cover. From these data, algebraic operations were performed using the open-access software QGIS to achieve the established objectives. Six geo-environmental units were identified: Beach Strip, Dunes, Wetlands, Marine Terraces, Alluvial Fans, and Barrier Formation; allowing the recognition of their physical characteristics, potential uses, and environmental vulnerability. The erosion vulnerability map identified that the most vulnerable areas are related to the more inland portions, associated with urban occupation, as well as their relationship with physical aspects, mainly pedology and geology. The importance of these geo-environmental studies was also observed, as they can serve as a subsidy for decision-making regarding land use and occupation, thus contributing to the preservation and conservation of fragile and vulnerable habitats.

Keywords: Geotechnologies; Environmental Planning; Environmental Protection Area.

INTRODUÇÃO

A Constituição Federal Brasileira (BRASIL, 1988) definiu como patrimônio nacional a Zona Costeira Brasileira e, juntamente com a legislação ambiental, é assegurado a preservação do meio ambiente quanto ao uso dos recursos naturais, haja vista, segundo o artigo 225 da referida Constituição, o meio ambiente é direito de todos, e o Poder Público e coletividade tem o dever de defendê-lo e preservá-lo.

Por definição, Zona Costeira é uma unidade territorial onde há a interação do ar, do mar e da terra, abarcando seus recursos renováveis e não-renováveis, abrangendo uma faixa terrestre e uma faixa marítima; ou seja, corresponde a uma faixa de transição terra-mar (BRASIL, 2004).

Dessa forma, ainda de acordo com Brasil (2004), a zona costeira abrange diferentes ecossistemas abrigando, assim, uma enorme biodiversidade que, dadas as particularidades geológicas, pode ser considerada frágil do ponto de vista ecossistêmico, tendo neste espaço a instalação de coberturas de vegetação adaptada a espaços de maior vulnerabilidade à erosão.

O processo acelerado de urbanização na zona costeira traz consigo agravamentos em relação ao meio ambiente; que são acentuados pelo alto nível de vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros, decorrentes da velocidade e volume das ações de urbanização (MORAES, 1995). Diante de tais acontecimentos tem-se a necessidade de planejar o uso destes espaços, a fim de minimizar problemas já existentes – como erosão, escorregamentos em áreas ocupadas, inundações e recalques dos solos –, e

impedir o desenvolvimento de problemas futuros, diminuindo os impactos ambientais e harmonizando a relação Homem x Natureza (IWAMA; BATISTELLA; FERREIRA, 2014).

Observa-se que a análise e compreensão da paisagem é um processo complexo, pois há a presença de numerosas variáveis ambientais incluídas, e muitas possibilidades de abordagem dos processos de formação desta paisagem. Uma das abordagens que melhor nos permite estabelecer uma análise das fragilidades de uma zona, bem como reconhecer seu potencial erosivo, é o estudo do relevo, área restrita à ciência geomorfológica (SALES; NASCIMENTO, 2020).

A integração de dados do meio físico como relevo, substrato rochoso, recursos hídricos, solos e uso e ocupação, fornecem informações sobre os ambientes geológicos, potencialidades naturais, prevenção a catástrofes decorrentes tanto de causas naturais quanto ações antrópicas, além de limitações referentes ao uso e ocupação das terras (SILVA et al., 2011).

Segundo Nicolodi e Petermann (2010), estudos como este são fundamentais para identificar as fragilidades ambientais em zonas costeiras, que frequentemente são encontradas bastante alteradas e degradadas. A zona estudada é de particular importância por estar inserida em uma Área de Proteção Ambiental (APA), uma modalidade de Unidade de Conservação de Uso Sustentável. Através dessa abordagem, é possível evidenciar os riscos decorrentes de diferentes tipos de uso e ocupação do solo que ignoram as características naturais do local e não contam com um planejamento adequado, como mostram Souza e Vale (2016).

A relevância de iniciativas como esta reside na sua contribuição para diagnósticos que subsidiam o planejamento ambiental e o ordenamento territorial. Além disso, tais trabalhos servem como base para pesquisas científicas no campo biofísico, ajudando a compreender a atual dinâmica da relação entre sociedade e natureza, especialmente em relação às perturbações ambientais, sejam elas naturais ou causadas pela ação humana, que afetam a área em análise.

Diante do exposto, a importância de mapear a zona costeira do município de Entre Rios é incontestável. Essa região não apenas apresenta um notável potencial turístico, paisagístico e comercial, mas também abriga ecossistemas costeiros delicados e vulneráveis. Ao longo do tempo, tem sido aproveitada pelo ser humano, porém, muitas vezes, de forma desordenada e sem considerar os impactos ambientais. O mapeamento se torna crucial para compreender a dinâmica desses ecossistemas, identificar áreas de maior fragilidade e estabelecer diretrizes para um desenvolvimento sustentável. Somente através desse conhecimento detalhado, é possível garantir a preservação desses recursos naturais e o equilíbrio entre a exploração econômica e a conservação ambiental na zona costeira de Entre Rios.

Esta pesquisa, portanto, teve por objetivo elaborar o mapeamento geoambiental, bem como analisar a vulnerabilidade à erosão da zona costeira do município de Entre Rios, que se encontra inserida na APA do Litoral Norte da Bahia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo corresponde à zona costeira do município de Entre Rios (Figura 1), Bahia, distante 128 km da capital do estado, a cidade do Salvador, sendo pertencente ao território de identidade Litoral Norte do Estado da Bahia, totalizando 178,64 km², estando inserida na APA do Litoral Norte, que segundo o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), possui uma extensão total correspondente a 10 km de largura e 142 km de extensão.

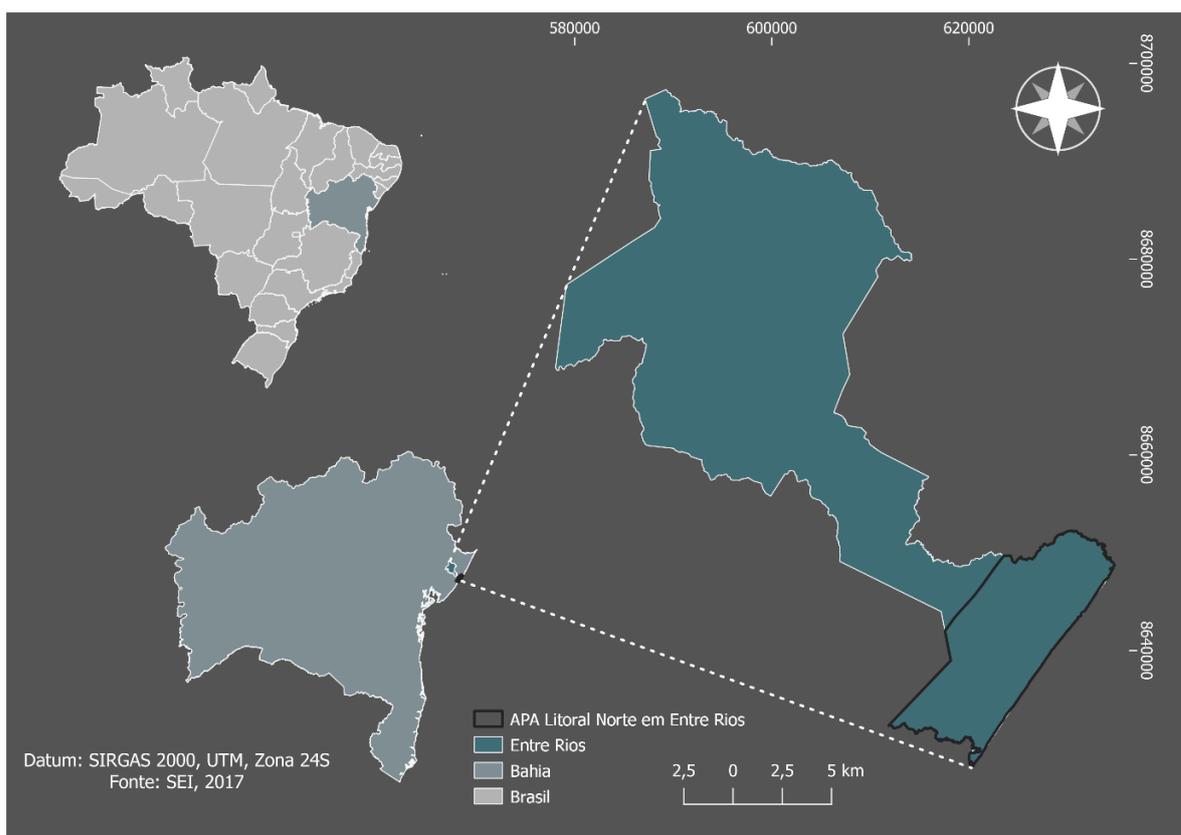


Figura 1 - Localização da área de estudo: APA do Litoral Norte inserida no município de Entre Rios. **Fonte:** Os autores. Adaptado de SEI, 2017.

De acordo com SEMARH (2003) e Nunes e Matos (2017), a localização latitudinal do litoral norte do estado da Bahia é um dos fatores que emanam os altos índices pluviométricos e de umidade encontrados na área. A temperatura média anual dessa região varia entre 22° C a 27° C, já os índices pluviométricos alternam de 1.200 a 2.000 mm anuais, sendo bem distribuídos ao longo do ano, e com os meses de março a julho sendo considerados os mais chuvosos. As frentes-frias que se instalam nesta área nas estações de outono e inverno se devem ao modelo geral de circulação dos ventos alísios de sudeste.

Geologicamente, segundo Dominguez e Bittencourt (2012), a região é predominantemente composta por coberturas sedimentares datadas dos períodos

Paleógeno, Neógeno e Quaternário, cujas origens estão relacionadas às dinâmicas fluviais e costeiras e as mudanças ambientais ocorridas ao longo dos últimos 15 milhões de anos, além de afloramentos pontuais do embasamento cristalino.

Cita-se, como unidades geológicas desses períodos: a) Formação Barreiras, de idade Paleógena-Neógena, como a principal cobertura do litoral norte da Bahia, associada geomorfologicamente aos Tabuleiros Costeiros profundamente dissecados, apresentando alternâncias de camadas arenosas e argilosas que são reflexo do ambiente pretérito de deposição. b) Relacionadas ao período Quaternário, tem-se uma série de coberturas sedimentares, principalmente nas porções mais próximas à linha de costa, cujas oscilações granulométricas, de coloração, bem como graus de porosidade e permeabilidade, variam de acordo o ambiente de disposição que está intrinsecamente relacionado à energia no momento de sedimentação do material. Cita-se, portanto, os depósitos de leques aluviais, depósitos fluviolagunares, depósitos eólicos ou dunas, depósitos de terraços marinhos e a faixa de praia atual. c) Há, ainda, em menores proporções, a ocorrência de afloramentos do embasamento cristalino, representado na região pelas rochas ígneas plutônicas e metamórficas de alto grau, enderbíticas a charnockíticas do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim, de idade Paleoproterozoica. (SUGUIO; BIDEgain; MORNER, 1986; ESQUIVEL, 2006; BARBOSA; CRUZ; SOUZA, 2012; MELO DE OLIVEIRA, 2014; ALMEIDA JUNIOR, 2021).

Pelo fato da sua geologia ser dominada pela Formação Barreiras, os solos dessa região, e principalmente da área de estudo, possuem feições marcantes dessa unidade geológica. Segundo Garcia (2017), as diferentes unidades geológico-geomorfológicas costeiras sofrem influência e são submetidas a condições neotectônicas e climáticas da região. Por conta disso, os ambientes geomorfológicos, como tabuleiros costeiros, recebem a deposição de sedimentos da Formação Barreiras, que ao longo do tempo formam principalmente 5 tipos de solos encontrados na região.

De acordo com Ribeiro (1998), os Latossolos Vermelhos a Amarelos têm sua gênese relacionada diretamente com processos pedogenéticos, morfogenéticos e sedimentológicos, derivados de eventos de ordem tectônica, das variações climáticas e dos momentos de transgressão e regressão marinha do Quaternário. Os Argissolos Amarelos são solos que se encontram no estado coeso nos horizontes A e B, de textura média, argilosa ou muito argilosa e, em condições naturais, têm uma fraca organização estrutural, sendo realmente maciços ou com tendência à formação de blocos (LIMA, 2017).

Outro tipo de solo comum na área de estudo são os Gleissolos, formados a partir do processo de gleização, onde há uma redução de Fe em condições anaeróbicas e translocação formando horizontes acinzentados com ou sem mosqueados. Na área mais próxima à faixa de praia pode ser encontrado em grande quantidade solos do tipo Neossolo Quartzarênico. Essa classe de solo ocorre em relevo plano ou suavemente ondulado, são solos minerais, derivados de sedimentos arenoquartzosos de rochas/depósitos sedimentares intemperizados e transportados pelo vento.

Por último tem-se os Cambissolos constituídos por material mineral, com horizonte B. Por conta da heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições

climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro (GARCIA, 2017).

Para a vegetação, Brazão e Araújo (1981) fazem a caracterização do Litoral Norte da Bahia identificando a ocorrência de quatro sistemas fitogeográficos, sendo: Floresta Tropical Úmida (representada por Floresta Ombrófila Densa e fitofisionomias associadas), Área de Vegetação Pioneira, Vegetação de Mata Ciliar e Vegetação de Restinga (especialmente arbustiva).

As Florestas Tropicais Úmidas na região, são representantes do bioma Mata Atlântica, com exemplares de médio a grande porte, predominantemente representado por espécies perenifólias e em alguns casos caducifólia, apresentando estágios diferentes de desenvolvimento/regeneração e intensamente desmatado por ação antrópica (CAMPANILI; PROCHNOW, 2006).

As áreas de Vegetação Pioneira são representadas por terrenos instáveis decorrentes da constância da reciclagem dos solos, que ocorre a partir dos processos de sedimentação aluvial e marítima nas planícies fluviais e depressões aluvionares. As áreas de Vegetação Pioneira podem ser subdivididas em: Áreas de Influência Marinha; Áreas de Influência Fluviomarina e Áreas de Influência Fluvial (ALMEIDA JUNIOR; ANJOS; SAMPAIO, 2013).

O sistema fitogeográfico de Vegetação Mata Ciliar é integrante do domínio de Mata Atlântica, entretanto sua caracterização é associada a cursos d'água. Este sistema assume um papel importante devido à contribuição para manutenção e qualidade dos recursos hídricos e funcionam como agente filtrador de sedimento e nutrientes além, de evitar assoreamento e erosões. Estes espaços que margeiam cursos d'água são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) e possuem uma legislação de proteção específica (ESQUIVEL, 2016).

De acordo com Garcia (2017), a Restinga é encontrada em ambientes de transição entre as áreas com influência marinha e as áreas continentais, podendo ser encontradas em áreas de ocorrência da Formação Barreiras, leques aluviais, terraços marinhos e dunas costeiras. O solo no qual está inserida é tipicamente arenoso, pobre em nutrientes e apresenta alta acidez.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica sobre a área estudada, com o intuito de conhecer as características físico-ambientais da região, como: clima, hidrografia, geologia, relevo, solo, cobertura vegetal e uso e ocupação do solo, além de informações geoambientais.

A partir desse levantamento foram elaborados mapas preliminares, levando-se em consideração a análise de zonas homólogas, que consiste no estudo das propriedades do relevo e dos elementos texturais estruturais, para ser utilizado durante os trabalhos de campo, posteriormente atualizado e combinado com as diferentes fitofisionomias encontradas na região. Todo o processamento das

informações para a confecção dos produtos cartográficos foi realizado no software de geoprocessamento QGIS, versão 3.16.4.

Para identificação da geologia foram integrados dados obtidos a partir do portal da SEIA (Sistema Estadual de Informações Ambientais) e informações complementares sobre a geologia regional do Litoral Norte Baiano, obtidos nos trabalhos de Almeida Junior, Anjos e Sampaio (2013) e Esquivel (2016), bem como informações vetoriais obtidos no banco de dados do IBGE (2021), sendo, por fim, gerado um mapa geológico da área de estudo (Figura 2) combinando as informações obtidas a partir dos banco de dados supramencionados e os trabalhos de campo realizados.

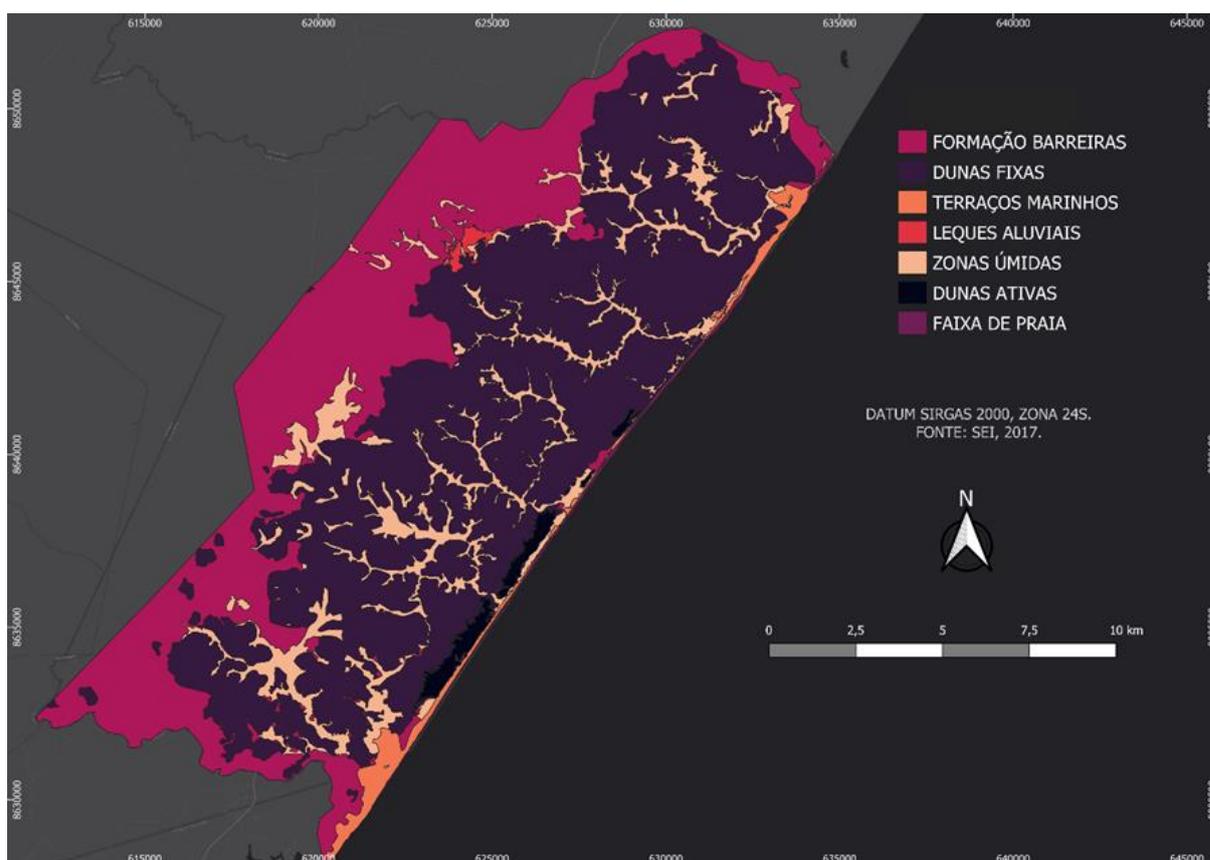


Figura 2 - Mapa geológico da área de estudo. **Fonte:** os autores. Adaptado de SEI, 2017.

No mapa de uso e ocupação do solo foram utilizadas imagens de satélite, obtidas a partir do banco de dados de acesso livre do *Google Earth*, para a identificação dos aspectos da área de estudo, produzindo polígonos e caracterizando esses vetores, dividindo-os em áreas antropizadas (conglomerados rurais e urbanos), além do uso agrícola, solo exposto e vegetação natural (Vegetação arbórea – fitofisionomias de Floresta Ombrófila Densa – e Restinga Arbustiva), bem informações provenientes do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021).

Com isso exposto, é possível observar na figura 3 o mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo. Nele, diversas áreas e elementos são identificados e categorizados, proporcionando uma visão clara da interação entre o ambiente natural e as atividades

humanas. Na planície de inundação, os padrões de inundação sazonal moldam a paisagem, influenciando a vegetação e a utilização humana da área. Esta região é vital para o equilíbrio ambiental e muitas vezes abriga uma diversidade única de vida selvagem. O solo exposto, muitas vezes evidente em áreas de construção ou escavação, mostra a interferência direta do homem na paisagem. Essas áreas são propensas à erosão e podem representar desafios ambientais significativos se não forem geridas adequadamente. O uso agrícola é uma característica proeminente, mostrando áreas dedicadas à produção de alimentos, cultivo de culturas ou pastagem de animais. O uso antrópico abrange uma variedade de atividades humanas, como áreas urbanas, industriais e comerciais. Estas áreas são densamente povoadas e caracterizadas por uma variedade de infraestruturas e edificações, refletindo a intensa interação humana com o ambiente. A vegetação arbórea é um elemento essencial e persistente na área de estudo, destacando áreas de floresta ou cobertura arbórea significativa. A vegetação de restinga, adaptada às condições específicas desses ambientes, contribuindo para a estabilização das dunas e fornecendo habitat para diversas espécies.

Em conjunto, essas diferentes categorias no mapa de uso e ocupação do solo fornecem uma compreensão abrangente das dinâmicas ambientais e humanas em uma determinada região, sendo uma ferramenta crucial para o planejamento e gestão do território.

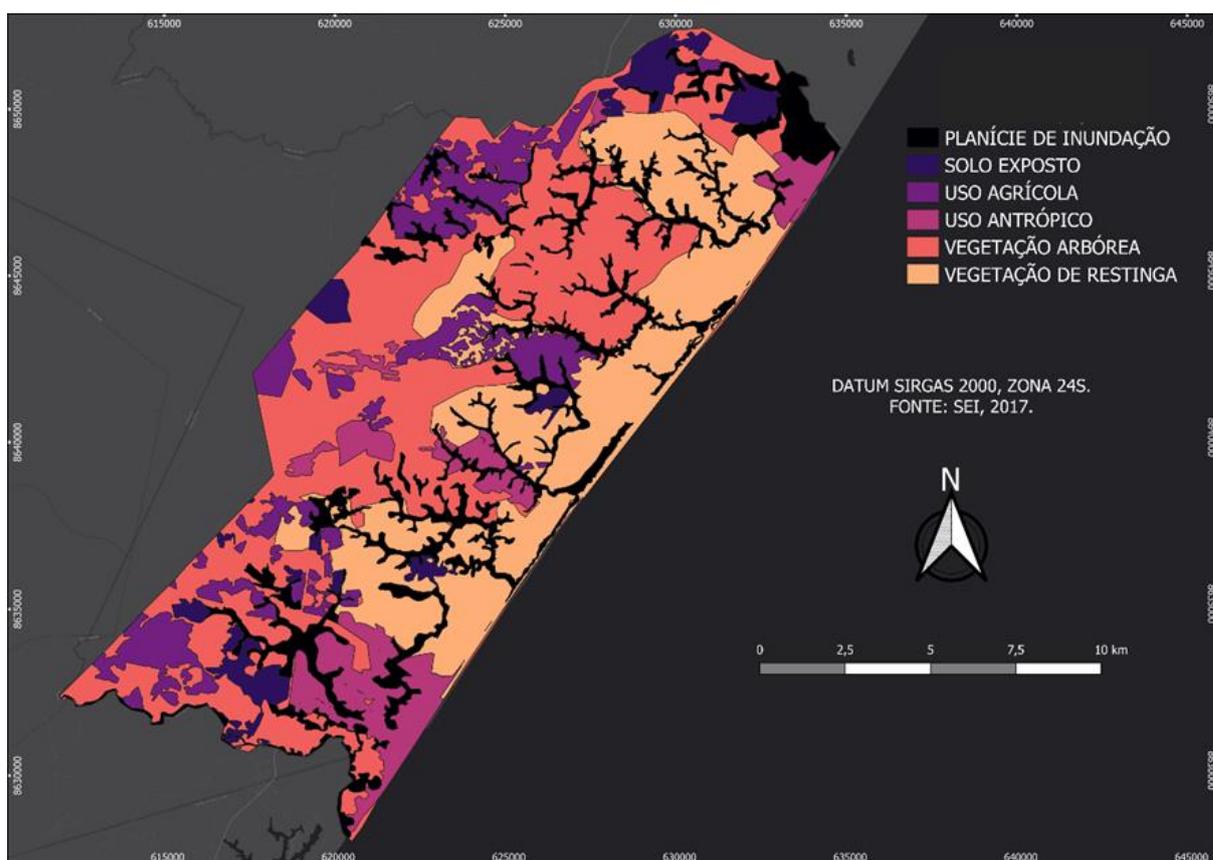


Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo. **Fonte:** os autores. Adaptado de SEI, 2017.

O mapeamento das principais classes de solos da área de estudo (Figura 4) foi norteado a partir de descrições de solos em trabalhos de campo, e também tendo como base pesquisas anteriores (COSTA, 1999; GARCIA, 2017; LIMA, 2017).

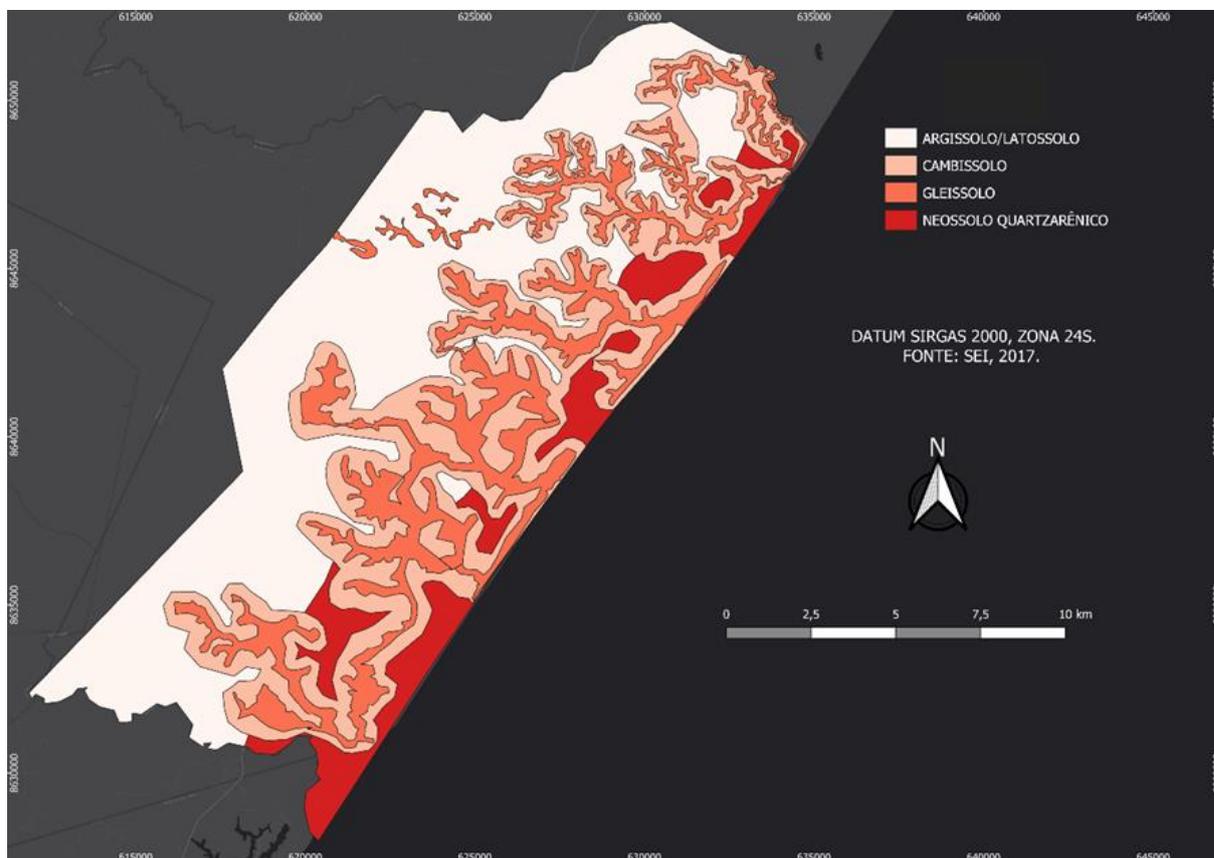


Figura 4 - Mapa pedológico da área de estudo. **Fonte:** os autores. Adaptado de SEI, 2017.

Por fim, foi elaborado o mapa hipsométrico (Figura 5), a partir de informações geomorfométricas extraídas dos bancos de dados Topodata (BRASIL, 2008), SEI (2017) e Embrapa (2022) o qual consiste numa representação topográfica de variação de altitude em relação ao nível do mar, permitindo uma visualização prévia da geomorfologia da região, contribuindo, tal qual os demais produtos cartográficos, no planejamento urbano e na gestão territorial, além de fornecer elementos que possam ser úteis na formulação de medidas de conservação ambiental.

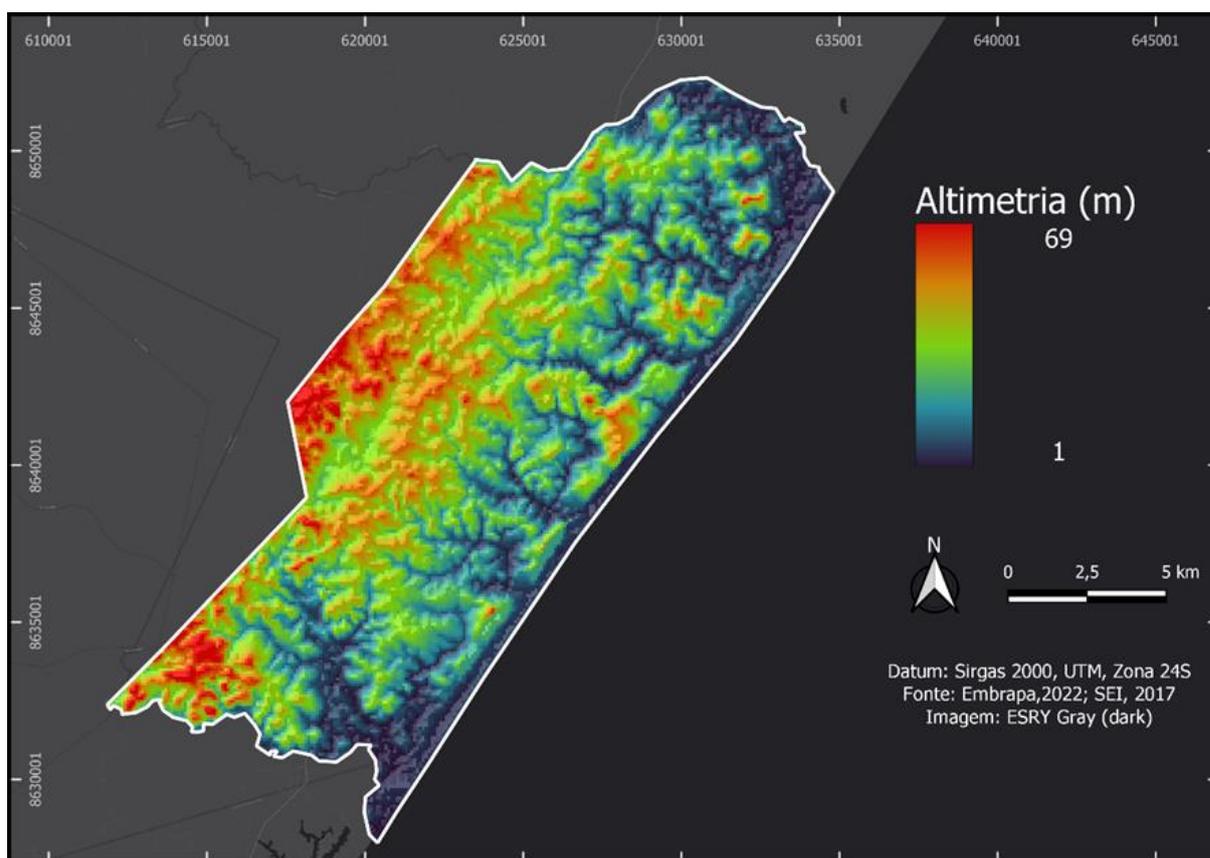


Figura 5 – Mapa hipsométrico da área de estuário. **Fonte:** Os autores. Adaptado de Embrapa, 2002 e SEI, 2017.

Estas informações preliminares serviram, portanto, como arcabouço fundamental para fins de delimitação das unidades da área de estudo, permitindo gerar o mapa geoambiental da região, identificando as principais características físicas, bem como os aspectos relacionados aos usos, potencialidades e vulnerabilidades ambientais das diferentes unidades geoambientais.

Para a análise de vulnerabilidade à erosão natural, foram utilizados os métodos propostos por Tricart (1977) e aperfeiçoados por Crepani et al. (2001), que consiste em cruzar dados e informações da área de estudo, a partir de ferramentas de álgebra de mapas, utilizando imagens de satélite e bancos de dados livres, para obter as características físicas sobre a geologia; solos; geomorfologia; vegetação, uso e ocupação do solo. A partir dessas informações, produziu-se o mapa de vulnerabilidade à erosão, utilizando o software de geoprocessamento QGIS, versão 3.16.4.

Foram atribuídos pesos de vulnerabilidade para cada feição (Quadros 1 e 2), baseado em Crepani et al. (2001), onde as feições mais estáveis correspondem ao valor 1,0, enquanto que as mais instáveis correspondem ao valor 3,0. Desconsiderou-se o fator clima, haja vista não ter variações significativas de quantitativo pluvial na área de estudo. Esses valores foram analisados para cada unidade geoambiental e aplicados na expressão:

$$V = \frac{G + R + S + Vg}{4}$$

Onde: V = Vulnerabilidade; G = vulnerabilidade para o tema Geologia; R = vulnerabilidade para o tema Relevo (Geomorfologia); S = vulnerabilidade para o tema Solos; Vg = vulnerabilidade para o tema Uso e Cobertura.

Quadro 1 - Pesos de vulnerabilidade à erosão associados às feições geológicas e pedológicas.

Geologia	Pesos	Solos	Pesos
Formação Barreiras	2,0	Argissolo	2,0
Dunas Fixas	2,0	Latossolo	1,0
Terraços marinhos	2,0	Cambissolo	2,0
Leques aluviais	2,0	Gleissolo	3,0
Zonas úmidas	3,0	Neossolo Quartzarênico	3,0
Dunas ativas	2,5		
Faixa de praia	3,0		

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001).

Quadro 2 - Pesos de vulnerabilidade à erosão associados às feições de uso e cobertura e geomorfológicas.

Uso e cobertura	Pesos	Geomorfologia	Pesos
Planície de inundação	3,0	Tabuleiros costeiros	1,0
Solo exposto	3,0	Dissecação convexa	2,0
Uso agrícola	2,5	Planície litorânea	3,0
Uso antrópico	2,0	Planície de inundação	3,0
Vegetação arbórea	1,0		
Vegetação de restinga	3,0		

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001).

Por fim, foram realizadas 2 etapas de campo, totalizando 10 dias, que serviram para confirmar e ajustar informações que não puderam ser observadas via sensoriamento remoto.

RESULTADOS

A partir das análises e estudos feitos durante a etapa do levantamento bibliográfico, mapeamento e trabalhos de campo, a área pôde ser dividida em seis unidades geoambientais – Faixa de Praia, Dunas, Zonas Úmidas, Terraços Marinhos, Leques

Aluviais e Formação Barreiras – e, a partir desse zoneamento, realizada a análise de vulnerabilidade à erosão da região.

Unidade Geoambiental Faixa de Praia

A composição mineralógica da unidade de faixa de praia, após análise visual em campo, é de material quartzoso, sendo a granulometria variada de fina a grossa e com relevo plano e/ou suavemente inclinado em direção ao mar, sendo, ainda, uma área em constante atividade de retrabalhamento sedimentar, ocasionada pela ação eólica e por influência marinha. Pela constante movimentação dos sedimentos inconsolidados, acarretando na intensificação dos processos erosivos e remoção dos sedimentos, ressalta-se a importância dos cordões de dunas presentes na área de estudo, os quais funcionam como agente mitigador desses impactos físicos, auxiliando na proteção da extensão da faixa de praia.

Esta unidade é utilizada como área de recreação, ponto turístico com grande potencial paisagístico e área de desova de tartarugas marinhas, sendo, portanto, necessário o monitoramento dessa unidade a fim de controlar a interação Homem x Meio ambiente para manter equilibrado o ambiente da região (Figura 6).



Figura 6 - Feição característica da unidade geoambiental Faixa de Praia. **Fonte:** Os autores. Ago/2022.

Unidade Geoambiental Dunas

Unidade representada pelas dunas, apresentando material quartzoso de granulometria variada entre fina a média, com coloração predominantemente branca, representado pelo Neossolo Quartzarênico, com relevo ondulado a suavemente ondulado, seus depósitos estão nas linhas de costa ou paralelos.

A cobertura vegetal predominante nesta unidade é a vegetação de Restinga, em porte arbustivo, agindo como agente fixador das dunas, sendo que sua retirada acaba por expor os sedimentos da área, que são transportados facilmente pela ação eólica. Apresenta beleza cênica importante, e sua composição sedimentar, porosidade e elevada permeabilidade a tornam vulnerável a poluição e contaminação ocasionadas pelos moradores desta área ou de seu entorno, mesmo sendo áreas de preservação permanente que necessitam de um maior cuidado (Figura 7).



Figura 7 - Feições características da unidade geoambiental Dunas. **Fonte:** Os autores. Ago/2022.

Unidade Geoambiental Zonas Úmidas

A unidade geoambiental de Zonas Úmidas é representada por depósitos fluviolagunares e aluvionares; sua caracterização é dada por regiões rebaixadas, com ligação direta aos cursos hídricos como os rios e drenagens, consistindo nas áreas alagadas das drenagens e suas respectivas áreas alagáveis.

Sua composição granulométrica é dada por areia fina, silte e argila, apresentando solos hidromórficos do tipo Gleissolo como consequência da umidade e com elevados teores de matéria orgânica, os quais geralmente apresentam coloração escura. Além da presença hídrica, a flora pode ser um indicador dessas áreas, como a presença de gramíneas adaptadas a ambientes que se mantém úmidos ao longo do ano. É considerada uma área de transição entre ambientes terrestres e aquáticos.

Essa unidade apresenta uma grande importância devido as espécies que necessitam deste ambiente como berçário ou área de refúgio, sendo, assim, caracterizada como APP. O uso da unidade é restrito às comunidades locais, de forma controlada, visando manter o equilíbrio ambiental (Figura 8).



Figura 8 - Feições características da unidade geoambiental Zonas Úmidas. **Fonte:** Os autores. Ago/2022.

Unidade Geoambiental Terraços Marinheiros

A unidade apresenta solo composto por Areias Quartzosas, Neossolo Quartzarênico pobre e profundo. As fitofisionomias predominantes são a Restinga Herbáceo-Arbustiva. O relevo aplainado facilita o uso e ocupação dessa unidade, comumente utilizada para ocupação urbana e agropecuária, onde essa ocupação traz consigo algumas problemáticas.

A retirada da cobertura vegetal original é uma das principais problemáticas, pois acarreta desequilíbrio ambiental, pela facilitação, por exemplo, do transporte de sedimento pela força do vento – erosão eólica. É, portanto, necessária uma fiscalização intensa nessa unidade devido a facilidade da contaminação tanto na superfície quanto em subsuperfície (Figura 9).



Figura 9 - Feições características da unidade geoambiental Terraços Marinheiros. **Fonte:** Os autores. Ago/2022.

Unidade Geoambiental Leques Aluviais

A representação desta unidade é feita pelos leques aluviais, constituídos de depósitos de sedimentos arenosos, de origem gravitacional ou fluvial, mal selecionados, areias quartzosas, com granulometria variando de fina a grossa, além da presença de seixos lateríticos, ricos em Ferro. O solo correspondente a esta unidade é de baixa fertilidade e

pouco desenvolvido, com presença de grande quantidade de material silicoso e argilominerais em menores quantidades.

A geomorfologia é dada por morros e colinas suavemente onduladas, levando em consideração sua ligação com a Formação Barreiras, a qual se localiza em sua base. A aparição de ravinas e voçorocas é constante quando ocorre a retirada do material vegetal.

A cobertura vegetal presente nesta unidade é representada por formações de vegetação secundária, e indivíduos herbáceos e arbustivos, organizados em áreas com um solo pobre em nutrientes. Dadas as variações ambientais destes espaços, é possível encontrar também na unidade espaços de Restinga Arbustiva ou outras fitofisionomias de Mata Atlântica.

A ocupação dessa unidade ocorre por meio de propriedades rurais ou de expansão urbana, mesmo que de forma moderada e de menor intensidade se levar em consideração a unidade geoambiental da Formação Barreiras, apresenta problemáticas como processos erosivos em graus diversos, desde os laminares, passando pelas ravinas e até mesmo voçorocas, intensificados pelas ações antrópicas (Figura 10).



Figura 10 - Feições características da unidade geoambiental Leques Aluviais. **Fonte:** Os autores. Ago/2022.

Unidade Geoambiental Formação Barreiras

É representada pela Formação Barreiras, abrangendo grande parte da área de estudo. Seu solo apresenta textura argilo-arenosa e areno-argilosa, constituída por sedimentos com presença do mineral Hematita (Fe_2O_3) e Goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$), o que confere ao sedimentos as colorações vermelha e amarela, respectivamente.

Este material pode sofrer processos de remoção tanto fluvial, quanto eólica e pluvial; neste caso, há uma desestabilização do material pelo escoamento hídrico, o que facilita a ação dos ventos, na remoção dos sedimentos mais finos. O relevo é composto pelo domínio dos tabuleiros costeiros com superfície de topos planos e convexo, o solo é do tipo Argissolo e Latossolo Vermelhos a Amarelos ressaltando os argilominerais e sílica.

O solo dessa unidade possui alta fertilidade e o neotectonismo apresenta grande influência na formação dessa geoestrutura. Essa unidade geoambiental possui o uso intensificado principalmente para instalações residenciais, comércio, hotelaria e as

atividades agropastoris; tais usos inadequados trazem consigo diversos fatores que geram impactos ao meio ambiente.

Em relação à cobertura de vegetação, dado o histórico de uso do espaço, são encontrados neste espaço alguns fragmentos de vegetação de porte arbóreo, especialmente vinculados a Floresta Ombrófila Densa, sendo também destacada a transição com outras formações de vegetação de porte menor representada pelas áreas de cobertura vegetal secundária, bem como variações de Restinga Arbórea.

A unidade apresenta diversos graus de suscetibilidade à erosão, principalmente de ordem pluvial, decorrente da sua morfologia e da intensificação dos processos antrópicos, interferindo, assim, na dinâmica da unidade, a retirada de areia, abertura de estradas, desmatamento da vegetação que cobre a unidade, atividades agropastoris e pavimentação de ruas são algumas das atividades que intensificam tais processos (Figura 11).

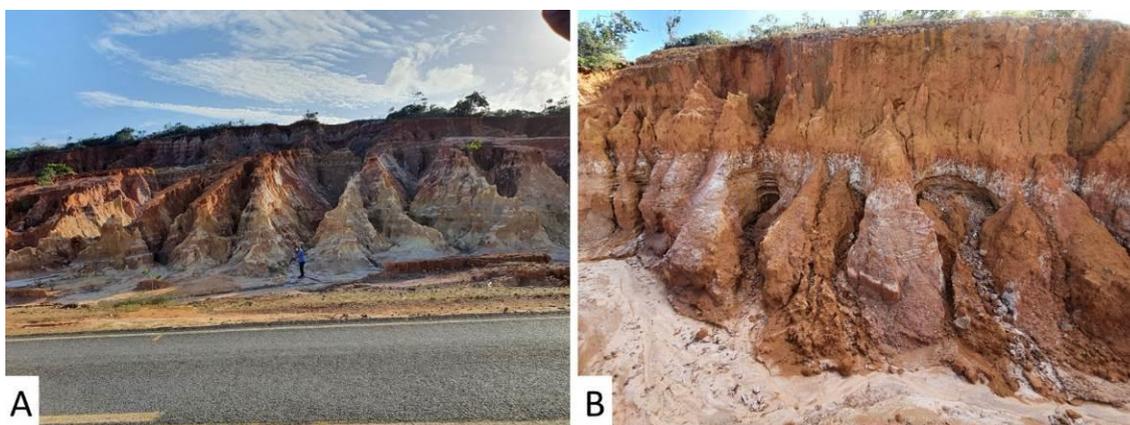


Figura 11 - Feições características da unidade geoambiental Formação Barreiras. Fonte: Os autores. Ago/2022.

Tem-se, portanto, através das análises feitas, o mapa geoambiental da área de estudo (Figura 12 e Quadro 3), no qual é possível observar as principais características de cada unidade, bem como suas respectivas potencialidades de uso e vulnerabilidade.

No tocante à análise de vulnerabilidade à erosão, atrelada ao mapeamento geoambiental realizado, foi constatado também que há poucas áreas que possuem vegetação natural, sem nenhum tipo de interferência antrópica, isso é ocasionado pelo alto grau de ocupação dessa área.

A partir dos métodos utilizados foi possível constatar que áreas cujo o tipo de geologia predominante é da Formação Barreiras e que possuem antropização do tipo solo exposto e/ou uso antrópico do tipo ocupação urbana e rural, são os ambientes mais vulneráveis a processos intempéricos e erosivos.

Por outro lado, os ambientes com vegetação natural, seja arbórea ou arbustiva (como a Restinga), demonstram menor suscetibilidade a processos erosivos. Isso se deve à significativa capacidade da vegetação em reter água proveniente de chuvas intensas, evidenciando a importância crucial da vegetação na mitigação desses efeitos. Foi possível inferir também que solos como Gleissolo e Cambissolo são os solos menos

afetados pelos processos erosivos já que os mesmos se encontram nos ambientes com menor altitude na área de estudo e estão em áreas como planícies de inundação.

As planícies de inundação são também as menos afetadas pelos processos intempéricos por conta da sua função de receber os sedimentos erodidos, uma vez que estão em áreas mais baixas e são as zonas para onde as águas superficiais correm (Figura 13).

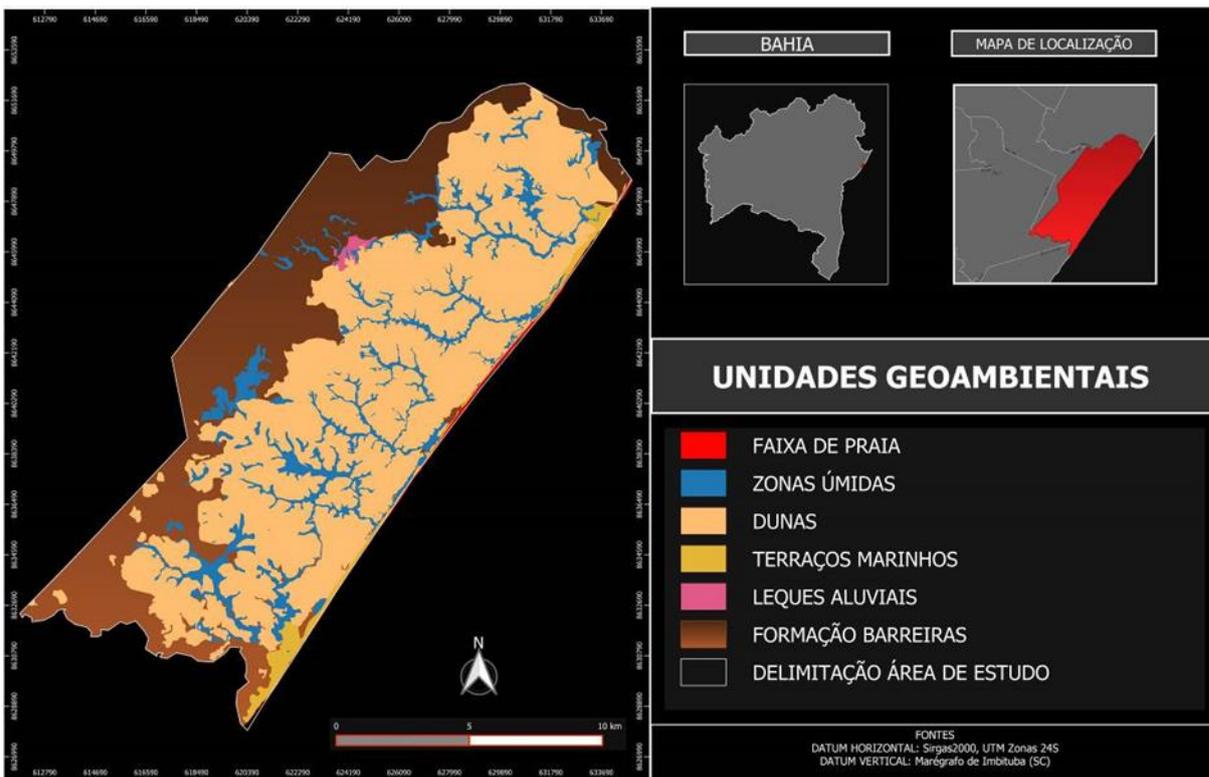


Figura 12 - Mapa Geoambiental da área de estudo. Fonte: Os autores.

Quadro 3 - Características geoambientais das unidades mapeadas.

Unidades Geoambientais	Relevo	Solo	Cobertura Vegetal	Uso Potencial	Vulnerabilidade	Potencialidades
Faixa de Praia	Plano suavemente ondulado	Neossolo Quartzarênico	Não possui vegetação	Recreação	Alta	Potencial paisagística e ecológica
Zonas Úmidas	Terras úmidas e rebaixadas	Gleissolo	Pântanos	vegetação nativa	Alta	Área de Preservação Permanente
Dunas	Ondulado e Suavemente Ondulado	Neossolo Quartzarênico	Restinga	vegetação nativa e Ocupação Urbana	Alta	Potencial paisagístico e ecológico
Terraços Marinhos	Tabulares ou Planos	Neossolo Quartzarênico	Restinga	Ocupação urbana e agricultura	Alta	Uso restrito
Leques Aluviais	Morros e colinas suavemente ondulados	Areno-argiloso	Mata Atlântica	Ocupação urbana e Agropecuária	Média	Uso sem restrições prévias
Formação Barreiras	Tabuleiros Costeiros	Arenoso e Argiloso	Mata Atlântica	Ocupação urbana e Agropecuária	Média	Uso sem restrições prévias

Fonte: Os autores.

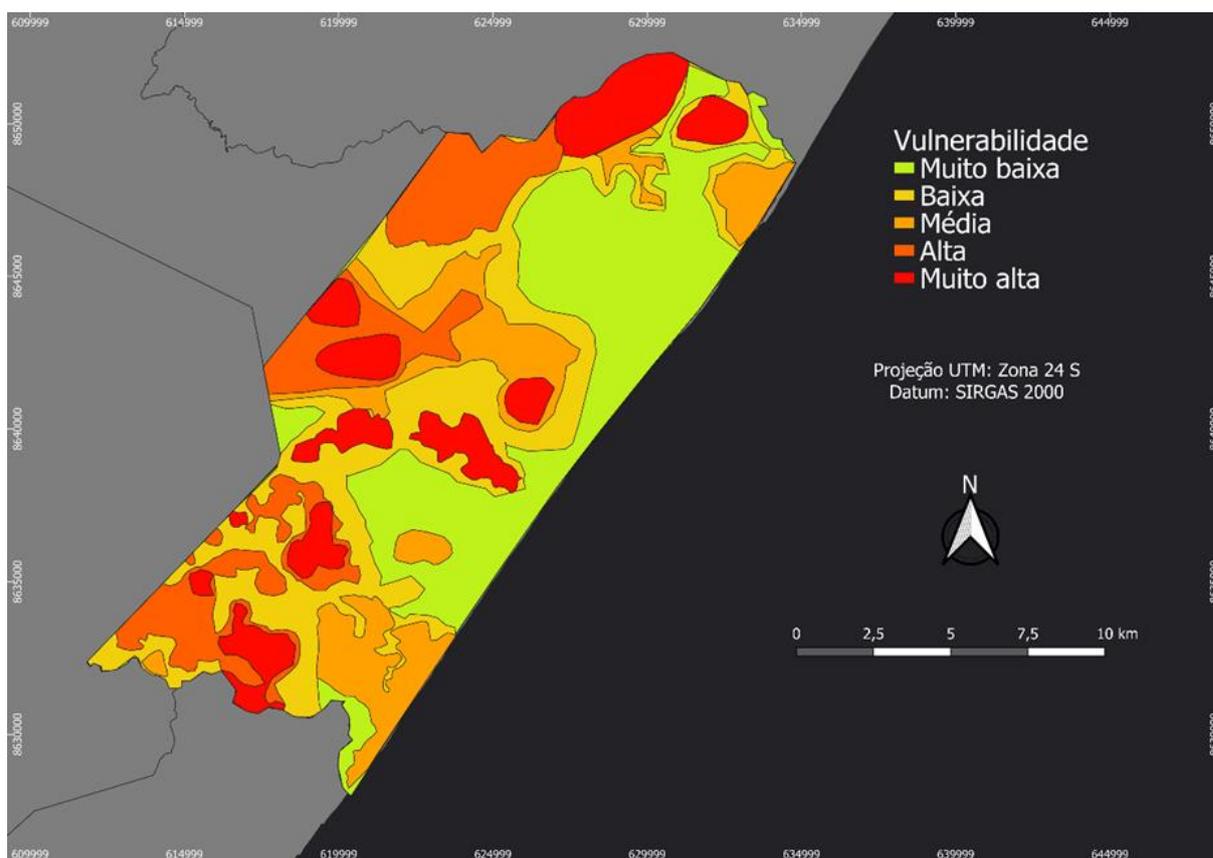


Figura 13 - Mapa de vulnerabilidade à erosão da área de estudo. **Fonte:** Os autores.

CONCLUSÃO

O mapeamento geoambiental e de vulnerabilidade à erosão revelaram que a região em análise apresenta poucas áreas com vegetação natural devido à intensa ocupação humana. As áreas predominantemente de Formação Barreiras, com antropização como solo exposto ou ocupação urbana e rural, são altamente vulneráveis à erosão. Por outro lado, ambientes com vegetação natural, como Restingas, demonstram menor suscetibilidade devido à capacidade de retenção de água, destacando o papel crucial da vegetação na mitigação da erosão. Solos como Gleissolo e Cambissolo, presentes em áreas de menor altitude como as planícies de inundação, sofrem menos com a erosão. Essas planícies funcionam como receptores de sedimentos erodidos, pois estão em áreas mais baixas e servem de escoamento para as águas superficiais.

Esta pesquisa pode servir de subsídio para o desenvolvimento do planejamento ambiental na região. A identificação das áreas mais vulneráveis à erosão costeira permite que as autoridades locais e os tomadores de decisão ajam de forma mais eficaz na implementação de medidas de prevenção e mitigação. Isso é essencial para a proteção das comunidades costeiras, bem como para a conservação dos ecossistemas marinhos e terrestres que desempenham um papel crucial na região.

Importante também destacar que a integração de diferentes atores, incluindo comunidades locais, governo e organizações não governamentais, é crucial para o

sucesso de qualquer iniciativa de planejamento ambiental. A conscientização pública e a participação ativa das comunidades nas decisões relacionadas ao uso da terra e à gestão costeira são elementos-chave para o sucesso a longo prazo.

A pesquisa também destacou a necessidade de monitoramento contínuo e avaliações periódicas para acompanhar as mudanças na vulnerabilidade à erosão costeira ao longo do tempo. Isso permitirá que as estratégias de adaptação e gestão sejam ajustadas conforme necessário, garantindo que estejam alinhadas com a evolução das condições ambientais e climáticas.

Estudos geoambientais em zonas costeiras desempenham, portanto, um papel crucial na gestão, preservação e desenvolvimento sustentável dessas áreas. São regiões de grande importância devido à sua interação única entre os ambientes marinhos e terrestres, abrigando uma riqueza de biodiversidade e sendo o lar de comunidades humanas significativas. No entanto, elas também estão sujeitas a uma série de desafios ambientais e ameaças, tornando a análise geoambiental uma ferramenta indispensável.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão de Bolsa de Iniciação Científica (nº BOL2084/2021).

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Concepção: Marcus Vinicius Almeida Junior. **Metodologia:** Marcus Vinicius Almeida Junior. **Análise formal:** Gustavo Schacht e Marcus Vinicius Almeida Junior. **Pesquisa:** Aisha Pereira, Jean Soares e Tom Purificação. **Recursos:** Marcus Vinicius Almeida Junior. **Preparação de dados:** Aisha Pereira, Jean Soares e Tom Purificação. **Escrita do artigo:** Aisha Pereira, Jean Soares e Tom Purificação. **Revisão:** Gustavo Schacht e Marcus Vinicius Almeida Junior. **Supervisão:** Marcus Vinicius Almeida Junior. **Aquisição de financiamento:** Marcus Vinicius Almeida Junior. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JUNIOR, M. V. C.; ANJOS, A. S. A.; SAMPAIO, F. J. Mapeamento geológico da zona costeira limitada pela foz do rio Pojuca e a praia de Imbassaí, Mata de São João – Bahia. **Geologia USP – Série Científica**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 4-50, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X201300030005>

ALMEIDA JUNIOR, M. V. C. Mapeamento geoambiental entre a foz do rio Pojuca e a praia de Imbassaí, Mata de São João, Bahia. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n. 4, p. 38676-38694, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-364>

BARBOSA, J. S. F.; CRUZ, S. P.; SOUZA, J. S. Terrenos Metamórficos do Embasamento. In: Barbosa, J. S. F. (coord.). **Geologia da Bahia - pesquisa e atualização**. Salvador: CBPM, 2 v., série publicações especiais; 13, 2012.

BRASIL. Decreto nº 5300, de 07 de dezembro de 2004. **Regulamenta a Lei 7.661/1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências**. 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5300.htm. Acesso em: 20 de fev. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais**. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 12 de fev. 2022.

BRAZÃO, J. E. M.; ARAÚJO, A. P. Vegetação In: Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SD.24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: MME. V.24. 1981. 620p.

CAMPANILI, M.; PROCHNOW, M. (Orgs.) **Mata Atlântica uma rede pela floresta**. Brasília: RMA, 2006. 332p.

COSTA, N. L. **Avaliação ambiental da bacia do rio Açu – BA**. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1999.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos, INPE, 2001.

DOMINGUEZ, J. M. L.; & BITTENCOURT, A. C. S. P. Zonas Costeiras do Estado da Bahia. In: Barbosa, J. S. F. (coord.). **Geologia da Bahia - pesquisa e atualização**. Salvador: CBPM, 2 v., série publicações especiais; 13, 2012.

ESQUIVEL, M. S. **O Quaternário costeiro do município de Conde: implicações para a gestão ambiental**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

ESQUIVEL, M. S. **A zona costeira dos municípios do litoral norte e entorno da Baía de Todos os Santos – Estado da Bahia: implicações para a gestão ambiental**. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

GARCIA, M. F. S. **Mineralogia de solos e sedimentos do Grupo Barreiras do Litoral Norte do estado da Bahia**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/entre-rios.html>. Acesso em: 12 de fev. 2022.

IWAMA, A. Y.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, L.C. Riscos geotécnicos e vulnerabilidade social em zonas costeiras: desigualdades e mudanças climáticas. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XVII, n. 4, p. 251-274, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1149V1742014>

LIMA, J. M. **Levantamento pedológico e morfopedologia na Área de Proteção Ambiental Litoral Norte do estado da Bahia entre os rios Pojuca e Imbassaí**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

MELO DE OLIVEIRA, E. **Petrografia, litogeoquímica e geocronologia das rochas granulíticas da parte norte do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim, Bahia-Sergipe**. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 220 p. 2014.

MORAES, A. C. R. **Os impactos da política urbana a zona costeira** – Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazonia Legal, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente- Brasília: MMA, 1995.

NICOLODI, J. L.; PETERMANN, R. M. Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Rio Grande, v. 10, n. 2, pp. 151-177, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5894/rgci206>

NUNES, J. M. C.; MATOS, M. R. B. **Litoral norte da Bahia: caracterização ambiental, biodiversidade e conservação**. Salvador: EDUFBA, 2017. 455p.

QGIS [software GIS]. Versão 3.16.4. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>, 2021.

RIBEIRO, L. P. **Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação**. Salvador: Seplanteq, CADCT, 1998. 99p.

SEMARH. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Centro de Recursos Ambientais- CRA. **Projeto de Gerenciamento Costeiros, Gestão Integrada da Orla Marítima no Município do Conde no estado da Bahia. Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental do Conde**. Salvador, 2003.

SALES, L. B.; NASCIMENTO, F. R. Geomorfologia e fragilidade ambiental na classificação de paisagens em bacias hidrográficas. **Revista Equador**, v. 19, n. 1, p. 246-265. 2020. DOI: <https://doi.org/10.26694/equador.v9i1.9500>

SILVA, E. F.; NUNES, F. C.; CUNHA, T. J. F.; VILAS BOAS, G. S.; CARVALHO, J. J. S.; MOREIRA, G. S.; ANGELI, A. Características, morfogênese e morfodinâmica dos Tabuleiros Costeiros e suas implicações nas coberturas pedológicas do litoral Norte da Bahia. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. Solos nos biomas

brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas. **Anais**. Uberlândia: SBCS: UFU: ICIAG, 2011.

SOUZA, S. O.; VALE, C. C. Vulnerabilidade ambiental da planície costeira de Caravelas (BA) como subsídio ao ordenamento ambiental. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 147-160, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320160110>

SUGUIO, K.; BIDEGAIN, J.; MORNER, N. Dados preliminares sobre as idades paleomagnéticas do Grupo Barreiras e da Formação São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, 16:171-175. 1986. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1986171175>

TRICART, J. **Ecodinâmica**. SUPREN – IBGE. Rio de Janeiro, 99p. 1977.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0