

RISCO DE EROSIÃO DA PLANÍCIE COSTEIRA DO ESTADO DO PIAUÍ

RISK OF EROSION OF THE COASTAL PLAIN OF THE STATE OF PIAUÍ

RIESGO DE EROSIÓN DE LA LLANA COSTERA DEL ESTADO DE PIAUÍ

JÉSSICA CRISTINA OLIVEIRA FROTA¹
GUSTAVO SOUZA VALLADARES²
JORGE EDUARDO DE ABREU PAULA³

¹Doutoranda PRODEMA - UFPI,

E-mail: jessicauapi@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5314-8058>

²Professor adjunto - UFPI,

E-mail: valladares@ufpi.edu.br <https://orcid.org/0000-0002-4884-6588>

³Professor adjunto - UESPI,

E-mail: jorgeabreupaula@yahoo.com.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3968-3956>

RESUMO

Este estudo teve como objetivo o mapeamento das áreas de risco de erosão da Planície costeira do Piauí, como forma de subsidiar o planejamento ambiental adequado da área de estudo. A área localiza-se na porção norte do litoral piauiense e no nordeste setentrional do Brasil, apresentando uma linha de costa de 66 km. Esta abrange quatro municípios, sendo eles: Ilha Grande de Santa Isabel, Parnaíba, Luís Correia e Cajueiro da Praia. A metodologia empregada baseou-se na análise de um método multicritério chamado de média ponderada e no uso do geoprocessamento e sensoriamento remoto. Assim, para elaboração do mapa foram consideradas as relações e interações de fatores do meio físico como: declividade, geomorfologia e geologia. Os resultados obtidos destacaram a presença de seis classes de risco a erosão, estas variando em diferentes graus que vão desde risco muito baixo a risco muito alto. Dessa forma, notou-se que as áreas que apresentam risco de erosão muito baixo, ocupa cerca de 25,75% da área de estudo e ocorre nas áreas mais planas da paisagem, e distribuem-se sobre toda a área do Grupo Barreiras. Já a classe de risco de erosão muito alto representa 5,89% da área de estudo o que corresponde a 51,70 km², está relacionada principalmente às dunas móveis presentes na planície costeira do estado, ao cordão arenoso e a praia. Contudo, observou-se que, os resultados da pesquisa poderão auxiliar pesquisadores e técnicos de órgãos públicos no planejamento de uso do solo e adoção de práticas conservacionistas na zona costeira piauiense.

Palavras – Chave: Multicritério; Risco Ambiental, SIGs.

ABSTRACT

The objective of this study was to map the erosion risk areas of the coastal plain of Piauí, as a way to subsidize the adequate environmental planning of the study area. The area is located in the northern portion of the Piauí coast and in the north-east of Brazil, with a coastline of 66 km. It covers four municipalities, being: Ilha Grande de Santa Isabel, Parnaíba, Luís Correia and Cajueiro da Praia. The methodology used was based on the analysis of a multicriteria method called the weighted average and the use of geoprocessing and remote sensing. Thus, to elaborate the map were considered the relations and interactions of physical environment factors such as: slope, geomorphology and geology. The results obtained highlighted the presence of six erosion risk classes varying in different degrees ranging from very low risk to very high risk. In this way, it was observed that the areas that present very low risk of erosion, occupy about 25.75% of the study area and occur in the flatter areas of the landscape, and are distributed over the entire area of the Barreiras Group. The very high erosion risk class represents 5.89% of the study area, which corresponds to 51.70 km², is mainly related to the mobile dunes present in the coastal plain of the state, the sandy cord and the beach. However, it was observed that the results of the research could help researchers and technicians of public agencies in the planning of land use and adoption of conservation practices in the coastal zone of Piauí.

Key words: Multicriterion; GIS, Environmental risk.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo mapear áreas en riesgo de erosión en la Llanura Costera de Piauí, como una forma de apoyar una adecuada planificación ambiental para el área de estudio. El área está ubicada en la porción norte de la costa de Piauí y en el noreste norte de Brasil, con un litoral de 66 km. Abarca cuatro municipios, a saber: Ilha Grande de Santa Isabel, Parnaíba, Luís Correia y Cajueiro da Praia. La metodología utilizada se basó en el análisis de un método multicriterio denominado promedio ponderado y el uso de geoprociamiento y teledetección. Así, para la elaboración del mapa se consideraron las relaciones e interacciones de factores del entorno físico, tales como: pendiente, geomorfología y geología. Los resultados obtenidos resaltaron la presencia de seis clases de riesgo de erosión, que varían en diferentes grados, desde un riesgo muy bajo hasta un riesgo muy alto. Así, se observó que las áreas que presentan muy bajo riesgo de erosión ocupan alrededor del 25,75% del área de estudio y se presentan en las zonas más planas del paisaje, y se distribuyen por toda el área del Grupo Barreiras. La clase de riesgo de erosión muy alto representa el 5,89% del área de estudio, lo que corresponde a 51,70 km², y se relaciona principalmente con las dunas móviles presentes en la llanura costera del estado, el cordón arenoso y la playa. Sin embargo, se

observó que los resultados de la investigación podrían ayudar a investigadores y técnicos de organismos públicos en la planificación del uso del suelo y la adopción de prácticas de conservación en la zona costera de Piauí.

Palabras clave: Multicitorios; Riesgo Ambiental, SIGs.

INTRODUÇÃO

A erosão dos solos, embora seja um dos fenômenos naturais mais estudados, ainda é pouco compreendida. No entanto, um dos principais problemas ambientais que vem se instalando nas zonas costeiras em todo o mundo é a erosão costeira, está por sua vez, inclui a erosão das praias e demais ambientes naturais e antrópicos existentes na linha de costa.

A erosão costeira é um processo que ocorre de maneira natural e está diretamente relacionada a diversos fatores de escala espacial e temporal, estando associada também às variações do nível relativo dos mares; aos fenômenos meteorológicos e à climatologia, bem como aos paleoclimas à hidrodinâmica atual e principalmente às alterações modeladoras de caráter antropogênico (SUGUIO, 1998).

Uma das diversas erosões que ocorrem nas zonas costeiras do Brasil e que vem ganhando bastante destaque é a erosão marinha. Esta também se apresenta como um fenômeno natural de proporções globais que afeta grande parte dos litorais. Esse processo segundo MUEHE (2006) e o MMA (2008) vem se agravando com o aumento do nível dos mares provocado pelo aquecimento do planeta e o conseqüente degelo das regiões polares.

Este fenômeno, de forma gradativa, vem ao longo dos anos causando a destruição de diversas praias da zona costeira, ocasionando efeitos que remetem a vulnerabilidade costeira. Dessa forma, diversos fatores podem acelerar e multiplicar os efeitos destes impactos, especialmente quando estes interferem no fluxo de sedimentos e no equilíbrio dinâmico da linha de costa e de seus processos (VALLE, 1989; CAMPOS, 2003).

Castro (2007) define erosão marinha como sendo o resultado do movimento das águas oceânicas que atuam sobre as bordas continentais, modelando o relevo de forma destrutiva. Esse movimento das águas pode, também, modelar o relevo de forma construtiva, resultando em acumulação marinha e, conseqüentemente, dando origem a praias, restingas, recifes e tómbulos.

MUEHE (2006) ressalta que, a erosão marinha apesar de natural, também é um problema que está associado à ocupação desordenada e a falta de um planejamento urbano. A construção de edificações dentro da faixa de resposta dinâmica da praia às tempestades tende à retomada pelo mar da área construída. Isto evidencia a necessidade de inserção de normas que prevejam a manutenção de uma faixa de não edificação junto à orla, adotando, como prevenção, uma largura que considere um cenário de elevação do nível do mar e a tendência de retrogradação quando identificada previamente.

Morais (1996) em uma discussão bem detalhada sobre a definição e caracterização do processo de erosão, ressalta que a erosão costeira tem início quando o material erodido é levado da linha de costa em maior proporção do que é depositado. Sendo a razão remoção/deposição o fator de maior destaque para a identificação de ocorrência de erosão costeira em uma determinada área.

Outros fatores também de ordem ambiental atuam fortemente para agravar este problema, dentre os quais, a exploração indiscriminada de areia de dunas no pós-praia e antepraia, para a construção civil e aterros, o que acaba agravando seriamente o déficit de sedimentos nas praias e acelerando o processo de estreitamento das mesmas; Grandes concentrações de construções, tais como áreas portuárias, edifícios, estradas, diques, entre outros, no domínio do litoral, sobre dunas e o pós-praia, além de agredir a paisagem, contribuem também para aumentar o déficit de sedimentos e, por conseguinte, a erosão das praias (MAIA e MORAIS, 1995; MAIA, 1998a).

A preocupação crescente com esses impactos ambientais de ordem natural e antrópica intensificou os estudos nas regiões costeiras do Brasil e do mundo, onde diversos trabalhos como o de Santos et al. (1990); Pinheiro (2000); Araújo (2008); Neves e Muehe (2008);

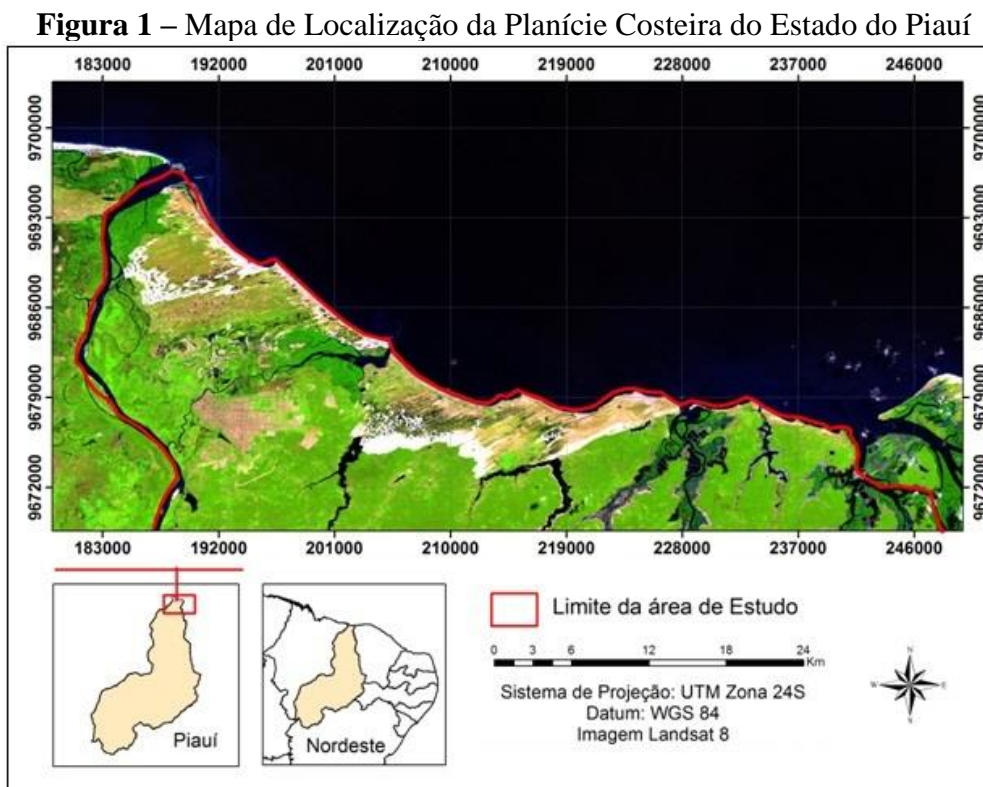
Vasconcelos (2010); Barros et al., (2010); Bastos et al., (2011); Paula (2013); Sousa (2015) denotam esta preocupação com a erosão marinha.

Diante desta perspectiva o objetivo desta pesquisa foi avaliar os riscos de erosão presentes na Planície Costeira do Estado do Piauí, utilizando técnicas de geoprocessamento, e as ferramentas e bancos de dados do sistema de informações geográficas (SIGs), como forma de subsidiar o planejamento ambiental dessa área de estudo.

MATERIAL E MÉTODO

A planície costeira do estado do Piauí localiza-se no norte do litoral piauiense e no nordeste setentrional do Brasil, que vai desde a Baía das Canárias, até o limite com o Ceará, na foz dos rios Ubatuba e Timonha (FUNDAÇÃO CEPRO, 1990; BAPTISTA, 2004). Esta é uma área que merece destaque devido a importância que esses ambientes representam, pelas potencialidades naturais e, sobretudo paisagística que estas carregam consigo.

O recorte espacial da área de estudo abrange o município de Ilha Grande e parcialmente os municípios costeiros de Cajueiro da Praia, Luís Correia e Parnaíba (Figura 1) e ainda integra parte da área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba (APA). A área é limitada pelas coordenadas UTM 9668000/ 182000 W e 9668000/250000 e corresponde aos limites continentais das folhas topográficas SUDENE/DSG (1972) (SA 24 Y-A-IV) folha Parnaíba e (SA 24 Y-A-V) folha Bitupitá, ambas na escala 1:100.000.



Fonte: LANDSAT 8, Projeto Cartográfico: Autores.

A estrutura geológica na qual está assentada a Planície Costeira do Estado do Piauí é a bacia do Maranhão-Piauí. A bacia conta com um substrato representado por maciços arqueanos, crátons sisbrasilianos e cinturões orogênicos do brasiliano. Segundo o mapeamento geológico mais recente realizado por Sousa (2015) em uma escala de 1:100.000, a área de estudo apresenta nove unidades geológicas, sendo elas: Depósitos eólicos não vegetados; Depósito aluvial de planície de inundação; Depósito fluvio-marinho; Grupo Barreiras; Depósitos eólicos vegetados; Depósitos fluvio-lacustre; Paleodunas e Depósitos praias marinhos e eólicos. As unidades geomorfológicas que compõem a planície costeira do estado do Piauí compreendem os: relevos

de agradação e os relevos de degradação. Ainda segundo Sousa (2015) em um trabalho mais detalhado sobre o mapeamento das unidades geomorfológicas da planície costeira do Piauí, a área apresenta 10 (dez) unidades geomorfológicas sendo elas: Cordão arenoso, planície eólica, dunas móveis, dunas estabilizadas, paleodunas, planície flúvio-marinha, terraço-marinho, planície e terraço- fluvial, planície lacustre e tabuleiro costeiro.

Segundo a classificação de solos realizada por Cabral e Valladares (2015) e Lima et al., (2016) foram encontradas as seguintes classes de solo na planície costeira do estado do Piauí: Argissolo Amarelo, Neossolo Quartzarênico, Cambissolo Flúvico e Neossolo Flúvico, PlanossoloGleissolo, Plintossolo e Vertissolo.

A Planície costeira do Piauí é influenciada por diversos agentes oceânicos, atmosféricos e continentais, motivo pelo qual ela é particularmente sensível a mudanças climáticas. De acordo com Cavalcanti (1996) a planície costeira do estado do Piauí possui índices elevados de precipitação pluviométrica, tratando-se, portanto, de uma área privilegiada, porém ao longo do ano a ocorrência das chuvas se dá de forma bastante irregular, sendo divididas ao ano em dois períodos distintos: o período chuvoso, que se inicia em dezembro e se prolonga até abril ou maio e o período seco, que corresponde aos meses de junho até novembro. Dentre os principais sistemas responsáveis pela quadra chuvosa no litoral do Piauí, podemos destacar: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sua influência se traduz em chuvas intensas e relativamente regulares, principalmente nos meses de março-abril, onde se verificam os índices mais elevados de chuva, as linhas de instabilidade (LI) e os CCMs (Complexos Convectivos de Mesoescala).

Para a obtenção do mapa de risco de erosão, foram adotados os procedimentos metodológicos baseados em um método multicritério utilizado por Xavier da Silva (2001), chamado de média ponderada, representada pelo algoritmo da (Eq. 1).

$$A_{ij} = \sum_{K=1}^n (Pk.Nk)$$

Onde, K=1; Aij = qualquer célula da matriz; n = número de parâmetros envolvidos; P= peso atribuído ao parâmetro ou variável de 0 a 1; N= nota atribuída ao fator ou parâmetro espacial de interesse. Assim, para elaboração do mesmo foi considerado as relações e interações de fatores do meio físico como: declividade, geomorfologia e geologia.

Os pesos e as notas inseridas nesta pesquisa foram atribuídos com base na experiência de uma equipe especializada e também foram adaptados empiricamente à realidade e a escala de análise da área de estudo, observando a maior influência das variáveis na área, visando uma avaliação do grau de risco a erosão do solo na planície costeira do estado do Piauí. Conforme demonstra a (tabela 1), foram estabelecidos os maiores pesos para a declividade e a geomorfologia, tendo em vista que estas variáveis atuam de maneira mais intensa na área de estudo, sendo, portanto, os principais fatores que influenciam nos processos erosivos.

Tabela 1 – Pesos atribuídos às variáveis utilizadas no mapeamento do risco de erosão

VARIAVÉL	PESO/ RISCO DE EROÇÃO (0 a 1)
<i>Declividade</i>	0,4
<i>Geomorfologia</i>	0,4
<i>Geologia</i>	0,2
SOMA	1

Fonte: Elaborado por Autores.

Em seguida foram estabelecidas notas para as classes/unidades de cada variável selecionada, levando em consideração as unidades de maneira individual (Tabelas 2, 3 e 4). Na atribuição das notas das classes foram utilizados critérios semelhantes aos dos pesos. Assim, as classes de declividade com percentuais mais elevados receberam as maiores notas e as classes com percentuais menos elevados receberam as menores notas. Isso porque a declividade do terreno é quem controla boa parte da velocidade de deslocamento da água em escoamento superficial, dependendo do grau do seu declive.

Tabela 2 – Notas atribuídas às classes de Declividade

DECLIVIDADE (%)	NOTA/EROSÃO (0 a 1)	NOTA X PESO (0 a 1)
0-1	0	0
1-3	0,1	0,04
3-5	0,2	0,08
5-10	0,4	0,16
10-20	0,7	0,28
> 20	1	0,4

Fonte: Elaborado por Autores.

A declividade está relacionada à inclinação do relevo em relação ao horizonte, esta variável é uma característica fundamental a ser avaliada para a análise da capacidade de uso do solo em relação às variadas formas de ocupação, tendo em vista que esta condiciona de forma direta o escoamento superficial de uma área, que poderá influenciar no desenvolvimento ou não de feições erosivas.

Para a geomorfologia, atribuiu-se notas mais baixas para as áreas de fundo de vale, pois essas em geral são áreas de acumulação de sedimentos. Foram atribuídas notas mais elevadas para as unidades que apresentam uma vulnerabilidade alta a erosão devido a falta de vegetação controlando o carreamento dos sedimentos como é o caso das dunas móveis e da planície eólica. Já as maiores notas foram atribuídas às áreas que sofrem uma tensão maior devido à ação direta do mar (Erosão marinha) como as praias e o cordão arenoso.

Tabela 3 – Notas atribuídas a cada classe das unidades geomorfológicas

GEOMORFOLOGIA	NOTAS/EROSÃO (0 a 1)	NOTAS X PESO (0 a 1)
<i>Praias</i>	1,0	0,4
<i>Cordão arenoso</i>	1,0	0,4
<i>Planície eólica</i>	0,8	0,32
<i>Dunas móveis</i>	1,0	0,4
<i>Dunas estabilizadas</i>	0,6	0,24
<i>Paleodunas</i>	0,6	0,24
<i>Planície Fluvio-Marinha</i>	0	0
<i>Terraço Marinho</i>	0,2	0,08
<i>Planície e terraço fluvial</i>	0,6	0,24
<i>Planície Lacustre</i>	0	0
<i>Tabuleiro costeiro</i>	0,2	0,08
<i>Canais fluviais</i>	0	0

Fonte: Elaborado por Autores.

Tabela 4 – Notas atribuídas a cada classe das unidades geológicas

GEOLOGIA	NOTAS/EROSÃO (0 a 1)	NOTAS X PESO (0 a 1)
<i>Deposito eólico não vegetado</i>	1,0	0,2
<i>Deposito aluvial de planície de inundação</i>	0,7	0,14
<i>Depósito fluvio-marinho</i>	0,8	0,16
<i>Grupo Barreiras</i>	0,35	0,07
<i>Depósito eólico vegetado</i>	0,7	0,14
<i>Depósito fluvio-lacustre</i>	0,8	0,16
<i>Depósitos praias</i>	1,0	0,2
<i>Paleodunas</i>	0,7	0,14
<i>Depósitos eólicos arrasados</i>	0,7	0,14
<i>Canais fluviais</i>	0	0

Fonte: Elaborado por Autores, 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise feita por métodos algébricos aplicados na planície costeira do estado do Piauí e os estudos de campo, pode-se perceber que na área de estudo, a complexidade de processos e mecanismos que favorecem a dinâmica morfogenética por parte do vento e da água são bastante evidentes.

Os resultados obtidos na avaliação de áreas de riscos de erosão do solo podem ser observados e analisados através da (tabela 5 e da figura 2) onde, para a planície costeira do estado do Piauí foram identificadas seis classes de risco de erosão, estas variando em graus de: Muito Baixo (< 0,2); Baixo (0,2 – 0,4); Moderado (0,4 – 0,45); Alto (0,45 – 0,59) Muito Alto (0,59 – 1) e Fora de análise (>1).

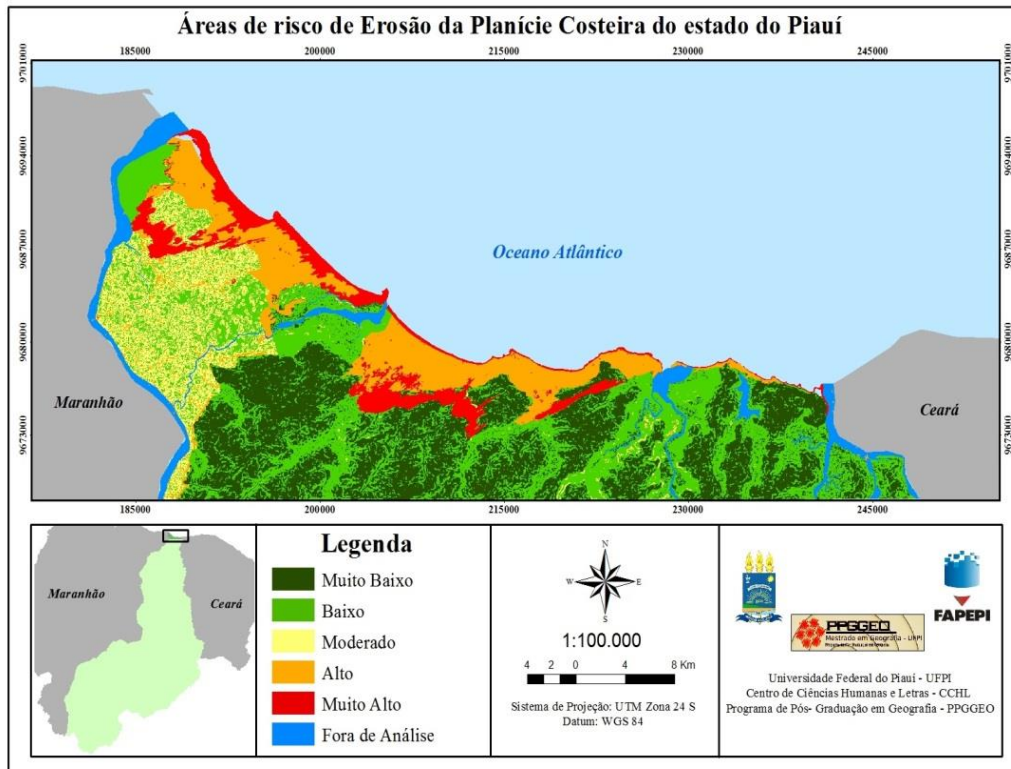
Tabela 5 – Classes de Risco de Erosão na planície costeira do estado do Piauí.

CLASSES DE RISCO DE EROSIÃO	ÁREA		GRAU
	km ²	(%)	
<i>Muito Baixo</i>	266,00	25,75	< 0,2
<i>Baixo</i>	290,23	37,07	0,2 – 0,4
<i>Moderado</i>	87,10	9,93	0,4 – 0,45
<i>Alto</i>	119,73	13,64	0,45 – 0,59
<i>Muito Alto</i>	51,70	5,89	0,59 – 1
<i>Fora de Análise</i>	62,80	7,16	>1
TOTAL	877,56	100	

Fonte: Elaborado por Autores.

Com base no mapeamento realizado (Figura 2) pode-se observar que a área classificada com risco muito baixo à erosão ocupa cerca de 25,75% da área de estudo o que corresponde a 266,00 km² de área. Essa classe de risco muito baixo ocorre nas áreas mais planas da paisagem, condição que favorece a infiltração da água e minimizam o escoamento superficial e, portanto, os processos erosivos. Essa classe, segundo o estudo geomorfológico realizado por Sousa (2015) se distribui sobre toda a área do Grupo Barreiras e por ser áreas mais elevadas (com altitudes variando entre 30 a 50 metros) e onde a presença da vegetação é bastante pertinente, é, portanto, classificada como áreas que apresentam uma baixa susceptibilidade a erosão.

Figura 2 – Mapeamento das áreas de risco de erosão da Planície Costeira do Estado do Piauí



Fonte: LANDSAT 8, Projeto Cartográfico: Autores.

Vale ressaltar ainda, que essa classe em sua maioria é composta por vegetação do tipo: arbustiva densa (onde permanece boa parte da vegetação nativa do local) e vegetação arbustiva aberta, ou seja, durante a maior parte do tempo, estes solos apresentam-se cobertos e protegidos, o que acaba por minimizar os processos erosivos.

Apesar de apresentar uma cobertura vegetal bastante evidente ajudando a minimizar os processos erosivos, segundo Cabral e Valladares (2015) essa classe também é ocupada em alguns trechos/pontos por Argissolo Amarelo. Esses solos normalmente apresentam boa permeabilidade e podem ser utilizados para o manejo de diversas culturas, no entanto, eles apresentam elevado gradiente textural, o que denota certa susceptibilidade a erosão.

A classe de risco de erosão baixa é a classe de maior representatividade dentro da planície costeira do estado do Piauí. Esta classe ocupa cerca de 31,07% o que corresponde a 290,23km² da área de estudo e está relacionada principalmente às unidades geomorfológicas: planície flúvio-marinha, terraços marinhos e planícies lacustres, representadas pela lagoa do portinho, lagoa de Santana e lagoa de sobradinho.

As planícies lacustres representam áreas mais rebaixadas do terreno se comparada à classe anterior e atuam como áreas de acumulação de sedimentos, sendo estes ambientes responsáveis por um importante papel ecológico, atuando como um grande amortecedor energético mostrando-se, portanto, como um ambiente estável a erosão.

As combinações dos processos continentais e marinhos acabam propiciando a formação de um ambiente lamacento, encharcado, úmido, rico em matéria orgânica e com vegetação de mangue, típico das áreas de planície flúvio-marinha (Souza, 2000) o que confere também uma menor suscetibilidade de erosão eólica aos sedimentos.

Segundo Carvalho e Fonte (2007) os ambientes de terraço marinho estão associados a um importante episódio transgressivo do mar, denominado por Martin et al. (1980) de penúltima Transgressão. Segundo os autores, esses terraços apresentam, na superfície, vestígios de cordões litorâneos, remanescentes de antigas cristas de praia, parcialmente retrabalhados pela ação eólica ou semifixados pela vegetação herbáceo-arbustiva de restinga. Ainda de acordo

com os autores os solos mais característicos desses sub ambientes são o Neossolos Quartzarênico e o Espodossolo, que são excessivamente drenados, extremamente ácidos e de baixa fertilidade natural.

Vale inferir ainda que boa parte dessa classe de risco de erosão está associada a pequenas áreas das paleodunas, das dunas estabilizadas e da unidade geomorfológica planície e terraços fluviais de acordo com o mapeamento realizado por Sousa (2015). Esse baixo risco nessas áreas se dá por conta da presença da vegetação arbóreo - arbustiva e rasteira presentes na região oeste da área de estudo, grande parte representadas por cajueiros, e por conta também dos diferentes tipos de uso, como os campos abertos localizados principalmente nas unidades de planície e terraços fluviais.

Apesar dos riscos nessas áreas apresentarem um grau de variação baixo, variando de 0,2 a 0,4 a ação humana efetuada na planície costeira do estado do Piauí vem contribuindo bastante para a degradação de alguns desses ambientes, como é o caso da construção de tanques de carcinicultura principalmente próximo das áreas de mangues, na planície dos rios Camurupim e Cardoso.

Atividades como essa, oferecem grande risco à estabilidade bioambiental da zona costeira. Conforme ressalta Vasconcelos (2000) esse tipo de atividade produz riqueza econômica, gera emprego e renda, mas não tem conciliado a alta produtividade com a preservação ambiental. A utilização indiscriminada de áreas de mangue e de zonas inundáveis, como os denominados 'apicuns', além de ilegais, tem provocado forte impacto pela ameaça à estabilidade das espécies costeiras, quando diminuem sensivelmente áreas de berçário de diversas espécies de peixes, moluscos e crustáceos e no caso da área de estudo, se não administrada de forma correta, pode acarretar mudanças no padrão de circulação hídrica do estuário e eutrofização do mesmo, com as descargas dos efluentes dos viveiros sem que haja um tratamento prévio.

As áreas de risco moderado também estão relacionadas às unidades: paleodunas, dunas estabilizadas e planície e terraços fluviais mais localizadas na zona oeste da área de estudo. Essas classes ocupam cerca de 9,93% (87,10 km²) da área de estudo e apresentam um grau de erosão mais elevado variando de 0,4 a 0,45 isso devido principalmente a presença de áreas mais declivosas e a presença de áreas sem cobertura vegetal (solo exposto).

A classe de risco alto corresponde a cerca de 119,73 km² da área de estudo e está associada principalmente a unidade de planície eólica apresentando uma pequena parte da unidade de planície e terraço fluvial e das paleodunas. Em campo pode-se perceber que boa parte desta classe principalmente a área que compete aos depósitos de deflação eólica, por apresentar campos naturais vem sendo bastante utilizada para a criação da pecuária extensiva. Esta classe, esta predominantemente associada aos Neossolos Quartzarênicos e por ser uma área onde o lençol freático encontra-se muito próximo à superfície terrestre, o pisoteio do gado tende a favorecer mais ainda os processos erosivos.

A classe de risco de erosão muito alto representa 5,89% da área de estudo o que corresponde a 51,70 km². Essa classe está relacionada principalmente às dunas móveis presentes na planície costeira do estado, ao cordão arenoso e a praia. Esta classe apresenta um grau de variação de erosão que vai de 0,59 a 1 demonstrando a enorme fragilidade desses ambientes em se tratando da erosão eólica e marinha.

De acordo com Costa e Souza (2009) as dunas são sistemas instáveis e ecologicamente frágeis, mesmo quando estabilizadas pela vegetação. No entanto, nos locais sem vegetação, a areia solta não oferece resistência ao vento, a inexistência dessa cobertura vegetal implica em risco de degradação dos solos, fato que amplia a susceptibilidade aos fenômenos morfológicos, como o exemplo da deflação eólica, tendo, portanto, uma enorme suscetibilidade a erosão.

Da mesma forma são as praias e o cordão arenoso que por apresentarem sedimentos soltos facilitam a erosão eólica, no entanto, a praia sofre ainda uma ação mais intensa da erosão

marinha, sendo, portanto, ambientes extremamente vulneráveis a erosão. Em campo pode-se perceber o processo de “desaparecimento da praia”, por consequência principalmente do processo erosivo, isso devido à baixa capacidade dos principais rios que drenam a planície costeira do estado do Piauí (com exceção do rio Parnaíba) de carrear sedimentos de volta para a linha de costa.

A erosão marinha na planície costeira do estado do Piauí acaba afetando algumas praias com maior intensidade, isso devido à falta de sedimentos como é o caso da praia de Macapá, onde, barreiras de proteção de maneira artesanal foram feitas por “barraqueiros” no intuito de conter o avanço do mar e consequentemente a erosão marinha, que conforme mostra as imagens já trouxeram bastante prejuízos.

Paula (2013) ao estudar a dinâmica morfológica da planície costeira do estado do Piauí destaca que diversas atividades como a realização da atividade portuária, a urbanização e a execução de atividades relacionadas ao lazer, têm competido com as suscetibilidades naturais da área no tocante à erosão costeira. A planície costeira do Piauí ressalta o autor, apresenta elevado indicativo quanto aos processos de migração de sedimentos e a processos de erosão e remodelagem costeira.

A ação antrópica através da retirada de materiais sedimentares para construção civil ainda segundo Paula (2013) acabam comprometendo a zona costeira e trazendo sérios prejuízos a mesma, com destaque principalmente na praia da Pedra do Sal, localizada no município de Ilha Grande-PI com prejuízo sobre as estruturas costeiras; reabilitação de praias e interferências significativas na alimentação sedimentar da localidade de Coqueiro (Luís Correia-PI) bem como o processos de requalificação de trechos do litoral como ocorre na Praia de Atalaia.

Dessa maneira, pode-se inferir que, a soma de fatores de ocupação indevida do solo, construção sobre as dunas e sobre a zona de forte atuação dos ventos e das ondas vem desencadeando mudanças significativas no regime costeiro local da planície costeira do estado do Piauí e como resposta a isso, vem se observando o avanço do mar sobre as ruas e construções praianas com visíveis processos destrutivos.

CONCLUSÃO

Foram mapeadas seis classes de risco de erosão para a Planície costeira do estado, com riscos variando de muito baixo a risco muito alto de erosão. O uso das ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto auxiliaram de maneira satisfatória no mapeamento das áreas de risco de erosão da planície costeira do estado.

A classificação quanto ao risco de erosão (Muito baixo, baixo, médio, alto e altíssimo risco) não indica necessariamente uma reordenação no uso do solo, mas sim, uma orientação de áreas prioritárias para ações de conscientização, fiscalização e assistência técnica. Desse modo, os resultados da pesquisa poderão auxiliar pesquisadores e técnicos de órgãos públicos no planejamento de uso do solo e adoção de práticas conservacionistas na zona costeira piauiense. O mapa de suscetibilidade à erosão pode ser aplicado ao planejamento agrícola e ambiental na área.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Maria da Assunção. Depósitos do pleistocénico superior e do holocénico na plataforma litoral da região do Porto: a morfologia das plataformas de erosão marinha e a tectónica recente. **Revista Estudos do quaternário**. Portugal, n.º 5, 2008, p. 17-30.

BAPTISTA, E.M.C. **Caracterização e importância ecológica e econômica dos recifes da zona costeira do Estado do Piauí.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2004, 289 f.

BARROS, Sergio R. S, WASSERMAN, Julio Cesar , LIMA, Gilson B. A. Risco Ambiental na zona costeira: uma proposta interdisciplinar de gestão participativa para os Planos de Controle a Emergências dos portos brasileiros. **Revista da Gestão Costeira Integrada** 10(2):217-227 (2010).

BASTOS, Rafaella Brasil, FEITOSA, Fernando Antônio do Nascimento, KOENING, Maria Luise, Machado, Raquel Corrêa de Assis, Muniz, Kátia. Caracterização de uma zona costeira tropical (ipojuca-pernambuco-brasil): produtividade fitoplanctônica e outras variáveis ambientais. **Brazilian journal of aquatic science and technology.** v.15, Nº1, 2011.

BRASIL. Ministério do Exército – Diretoria do Serviço Geográfico. Região Nordeste do Brasil. **Folha SA 24 Y-A –V Bitupitá.** [S.I.]: SUDENE/DSG, 1972. Escala: 1: 100.000.

BRASIL. Ministério do Exército – Diretoria do Serviço Geográfico. Região Nordeste do Brasil. **Folha SA 24 Y-A-IV Parnaíba.** [S.I.]: SUDENE/DSG, 1972. Escala: 1: 100.000.

CABRAL, Léya. J. R. S.; VALLADARES, G. S. Potencialidade agrícola dos solos litorâneos do estado do Piauí. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015, Natal/ RN. **Anais...do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015.**

CAMPOS, Alberto Alves ... [et al.]. **A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para a Gestão Integrada – Fortaleza: AQUASIS, 2003.**

CARVALHO, Márcia Eliane Silva; FONTES, Arasy Losano. A Carcinicultura no Espaço Litorâneo Sergipano. **Revista da Fapese**, v.3, n. 1, p. 87-112, jan./jun. 2007.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra et al. **Manual de desastres.** vol. 1. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2007.

CAVALCANTI, A.P.B. Análise Integrada das Unidades Paisagísticas na Planície Deltaica do rio Parnaíba – Piauí/Maranhão. Mercator - **Revista de Geografia da UFC**, ano 03, número 06, 2004.

COSTA, J. J.; SOUZA, R. M. Paisagem costeira e derivações antropogênicas em sistemas dunares. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 5, n. 10, p. 105-403, 2009.

FUNDAÇÃO CENTRO DE PESQUISAS ECONÔMICAS E SOCIAIS DO PIAUÍ – FUNDAÇÃO CEPRO. 1990. **Atlas do Estado do Piauí.** Rio de Janeiro: IBGE. 26p.

LIMA, A. M. ; VALLADARES, G. S. ; AMORIM, João Victor Alves ; FROTA, Jéssica Cristina Oliveira . **Riscos Associados a Solos do Delta do Parnaíba, Piauí.** In: V congresso Brasileiro de Educação ambiental aplicada e gestão ambiental, 2016.

MAIA, L. P., MORAIS, Jader Onofre de. Aspectos históricos e evolução a médio prazo da costa de Fortaleza. In: I Simpósio de Processos Sedimentares e Problemas Ambientais na Zona Costeira Nordeste do Brasil, 1995, Recife-PE. **Anais do I Simpósio de Processos Sedimentares e Problemas Ambientais na Zona Costeira Nordeste do Brasil, 1995.**

MAIA, L P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil):** Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. Tese de Doutorado. Universidade de Barcelona. 256p, 1998.

MARTIN, Louis; SUGUIO, Kenitiro.; FLEXOR, João M. et.al. Le quaternaire Marin brésilien (litoral pauliste, sud fluminense et bahianais). Paris: Cah. ORSTOM, v.11, n.1, 1980. p. 96-125.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

MMA - Ministério do Meio Ambiente (2008a) – **Documento Síntese sobre o I Simpósio Nacional sobre Erosão Costeira.** MMA, 25p. Brasília, DF, Brasil.

MORAIS. J.O. de. Processos e Impactos Ambientais em Zonas Costeiras. **Revista de Geologia da UFC,** Fortaleza – CE, v.9, p. 141-292, 1996.

NEVES, *Claudio Freitas; MUEHE, Dieter.* Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Revista Parcerias Estratégicas,** Vol. 13, Nº 27, 2008.

PAULA, Jorge Eduardo de Abreu. **Dinâmica morfológica da planície costeira do estado do Piauí: evolução, comportamento dos processos costeiros e a variação da linha de costa.** 249f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza- Ceará, 2013.

PINHEIRO, L. S. **Compatibilização dos processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos com o uso e ocupação da praia da Caponga, Cascavel-CE.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Ceará, 180 p., 2000.

SANTOS, A. R., PRANDINI, F.L. OLIVEIRA A.M.S. Limites ambientais do desenvolvimento: geociências aplicadas, uma abordagem tecnológica da biosfera. **Public. da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE),** 20 p. 1990.

SOUSA, Roneide dos Santos. **Planície Costeira do Estado do Piauí:** mapeamento das unidades de paisagem, uso e cobertura da terra e vulnerabilidade ambiental. 138f. (Mestrado em Geografia – Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Piauí), Teresina, 2015.

SUGUIO, K. Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 222, 1998.

VALLE, A. S. **As obras de protecção e de reconstituição das praias de Espinho (Tema IV)**”, in Recursos Hídricos, vol.9, nº3, 1989. p. 57-67.

VASCONCELOS, Fábio Perdigão. **TURISMO, METRÓPOLE E MEIO AMBIENTE: conhecimento, riscos e decisões.** INSTITUTO SUPERIOR E CENTRO EDUCACIONAL LUTERANO BOM JESUS/IELUSC, Joinville-SC, 2000.

VASCONCELOS, R.G.F. **Estudo do fenômeno da erosão marinha na praia de Icará no município de Caucaia - Ceará.** Monografia apresentada ao curso de Especialização em Segurança Pública e Defesa Civil. 2010, 61f.