
INUNDAÇÃO E EROSIÃO POTENCIAL DA APA DE CONCEIÇÃO DA BARRA, CONCEIÇÃO DA BARRA, ESPÍRITO SANTO

FLOOD AND POTENTIAL EROSION OF THE
APA OF CONCEIÇÃO DA BARRA, ESPÍRITO SANTO – BRAZIL

INUNDACIÓN Y EROSIÓN POTENCIAL DEL
APA CONCEIÇÃO DA BARRA, ESPÍRITO SANTO - BRASIL

Carlos Alberto Kuster Pinheiro¹
Cláudia Câmara do Vale²
André Luiz Nascentes Coelho³

RESUMO: No presente trabalho foi realizado o mapeamento da vulnerabilidade da Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra, localizada no município de Conceição da Barra (ES), frente a eventos de erosão e inundação causados por uma possível elevação do nível do mar, segundo a previsão mais pessimista do *Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas* (2014). Os resultados obtidos indicam perda de terreno equivalente a 27,48 km² ou 35,56% do total da área da APA, principalmente nas áreas de praia, manguezal, brejo e restinga, o que pode acarretar em diversos impactos para a região, como a supressão de habitat de diversas espécies, a salinização do lençol freático, a perda de áreas recreativas e turísticas da APA e conflitos na ocupação de terrenos por moradores no entorno da unidade de conservação. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento para gerar os perfis praias ao longo da faixa costeira da APA.

Palavras-chave: Unidades de Conservação. Vulnerabilidade costeira. Uso e cobertura da terra. Geoprocessamento.

ABSTRACT: In the present work the level of vulnerability within the Environmental Protect Area of Conceição da Barra, Espírito Santo was assessed. This vulnerability regards to erosion and flood, caused by sea level rise. Sea level rise prediction was retrieved from *Intergovernmental Panel on Climate change* (2014). The results indicate a loss of land equivalent to 27,48 km² or 35,56% of the total area, mainly in the areas of

1 Graduado em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo (1993), especialista em Docência para o Ensino Superior pela FABAVE (2005), Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo (2011) e doutorando pela Universidade Federal do Espírito Santo (2020). E-mail: geokuster@gmail.com.

2 Graduada em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo (1992), mestre em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (1999) e doutora em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (2004). E-mail: camaravale@gmail.com.

3 Graduado em Geografia pelo Centro Universitário Newton Paiva Ferreira (1999), pós-graduado em Planejamento e Gestão Ambiental pelo Centro Universitário de Belo Horizonte (2000), mestre em Análise Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (2003) e doutor em Geografia pela Universidade Federal Fluminense (2007). E-mail: alnc.ufes@gmail.com.

beaches, mangroves, marsh, and restinga. The sea level rise can lead to several impacts to the region, such as salinization of water table, loss of habitat, recreational and tourist areas within the Environmental Protect Area. Also, generating conflicts of occupation by residents in the surroundings of the Unit Conservation. For this purpose, GIS techniques were used to generate the beach profiles along coastal strip of the APA.

Keywords: Conservation Units. Coastal vulnerability. Land cover and land use. GIS.

RESUMEN: En el presente trabajo, se realizó el mapeo de vulnerabilidad del Área de Protección Ambiental de Conceição da Barra, ubicada en el municipio de Conceição da Barra (ES), frente a eventos de erosión e inundaciones causados por un posible aumento del nivel del mar, según el pronóstico más pesimista del *Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático* (2014). Los resultados obtenidos indican una pérdida de terreno equivalente a 27,48 km² o 35,56% del área total de la APA, principalmente en las áreas de playa, manglar, pantano y arenal, lo que puede resultar en varios impactos para la región, como supresión de hábitats de varias especies, salinización del nivel freático, pérdida de áreas recreativas y turísticas de la APA y conflictos en la ocupación de tierras por residentes en las cercanías de la unidad de conservación. Se utilizaron técnicas de geoprocetamiento para generar los perfiles de playa a lo largo de la franja costera APA.

Palabras clave: Unidades de conservación. Vulnerabilidad costera. Uso y cobertura del suelo. Geoprocetamiento.

1 INTRODUÇÃO

Regiões costeiras são naturalmente vulneráveis à erosão e/ou inundação em função de sua baixa altimetria e contato com a hidrodinâmica costeira. Apresentam alta variabilidade como resposta do ajuste mútuo entre os agentes oceanográficos e continentais, em relação ao transporte/deposição de sedimentos e consequente modificação da morfologia.

A zona costeira pode ser ainda ameaçada a prejuízos ambientais, sociais e econômicos devido às alterações climáticas e a possível elevação do nível médio relativo do mar (NMRM). Os cenários do *IPCC (Intergovernmental Pannel of Climate Changes)* indicam que nos próximos 100 anos o NMRM pode alcançar 1 metro acima do nível atual (IPCC, 2014). Em Portugal, Antunes (2010), a partir do uso de modernos marégrafos de radar e de pressão na cidade de Cascais, monitorou a variação do NMRM, e pode estimar a taxa atual de subida do mar relativo à costa portuguesa em 2.6 mm/ano.

Atualmente 2/3 da população mundial habitam em zonas costeiras, que são finitas e extremamente valiosas por seus recursos e serviços logísticos. Uma elevação relativamente pequena do nível dos oceanos poderia provocar efeitos catastróficos, tais como a salinização do lençol freático, a inundação de planícies costeiras, a destruição dos habitats costeiros, a destruição de edificações antrópicas, além de deixar milhões de pessoas desalojadas.

Vários estudos vêm sendo realizados nos últimos anos revelando os impactos causados pela erosão costeira, decorrentes de mudanças climáticas e intervenções antrópicas (MAIA *et al.*, 1998; ALBINO; GIRARDI; NASCIMENTO, 2006; MACEDO *et al.*, 2012; MANCA *et al.*, 2013). A erosão, por sua vez, é o processo de retirada de sedimento de um ambiente para outro por transporte aéreo, terrestre ou aquático (MUEHE, 1996). No Brasil,

a orla costeira pode ter um processo de erosão acelerado por intervenção antrópica em zonas costeiras e/ou pressão antrópica de cunho socioeconômico (VALE, 1999; SOUZA, 2009).

Na cidade de Caiçara, estado do Rio Grande do Norte, o mar avançou mais de 50 metros na última década. A consequência disto foi mais de 80 casas destruídas e seus moradores forçados a abandonar suas residências (BUENO; SIMÕES; TRABANCO, 2001). Outro exemplo é a praia de Maracaípe, em Pernambuco, onde a expansão urbana acelerou o desenvolvimento econômico da região, ocasionando numa ocupação irregular da zona costeira, desencadeando problemas erosivos na linha de costa (MACEDO *et al.*, 2012).

É necessário o entendimento dos processos responsáveis pela morfodinâmica dos ambientes costeiros e pela formação e migração de bancos arenosos, tendo em vista que tais processos assumem um importante papel na conformação, estabilização do ambiente praial e identificação de riscos costeiros (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009).

Mendoza e Jiménez (2006) estudaram o impacto das tempestades na costa da Catalunha, classificando-as de acordo com o seu potencial de erosão praial. Os perfis de praia eram simulados em modelos que indicavam a resposta costeira a partir da duração e intensidade da tempestade. Em estudos posteriores, Alvarado-Aguilar e Jiménez (2009) mapearam a resposta praial a riscos de inundação por tempestades costeiras no delta do Ebro, na Espanha.

Uma das técnicas utilizadas atualmente para averiguar e prever impactos ambientais numa determinada área é a confecção de mapas de vulnerabilidade. Nascimento e Dominguez (2009) realizaram o mapeamento da vulnerabilidade ambiental dos municípios de Belmonte e Canavieiras, situados no litoral sul do estado da Bahia. Na pesquisa, foram originados índices de vulnerabilidade a partir da integração de características geológicas, de solos, declividade, uso da terra e vegetação. Para cada diferente feição, foram atribuídos pesos de 1 a 5, sendo 1 menos vulnerável e 5 mais vulnerável, respectivamente. De acordo com os resultados, os ambientes mais vulneráveis foram os da linha de costa, os manguezais e as várzeas flúvio-lagunares, e enquanto os menos vulneráveis foram os tabuleiros costeiros (Formação Barreiras). Análises de vulnerabilidade, portanto, são ferramentas que permitem a compreensão de diferentes graus de fragilidade em uma área de estudo, podendo ser utilizado como instrumento de gestão costeira e planejamento urbano. A criação de áreas protegidas é um dos instrumentos mais utilizados em todo o mundo, no sentido de buscar formas alternativas de frear a degradação ambiental, conservando e protegendo áreas de alto interesse ecológico (SANTOS, 2009). No Brasil, essas áreas receberam a denominação de Unidades de Conservação.

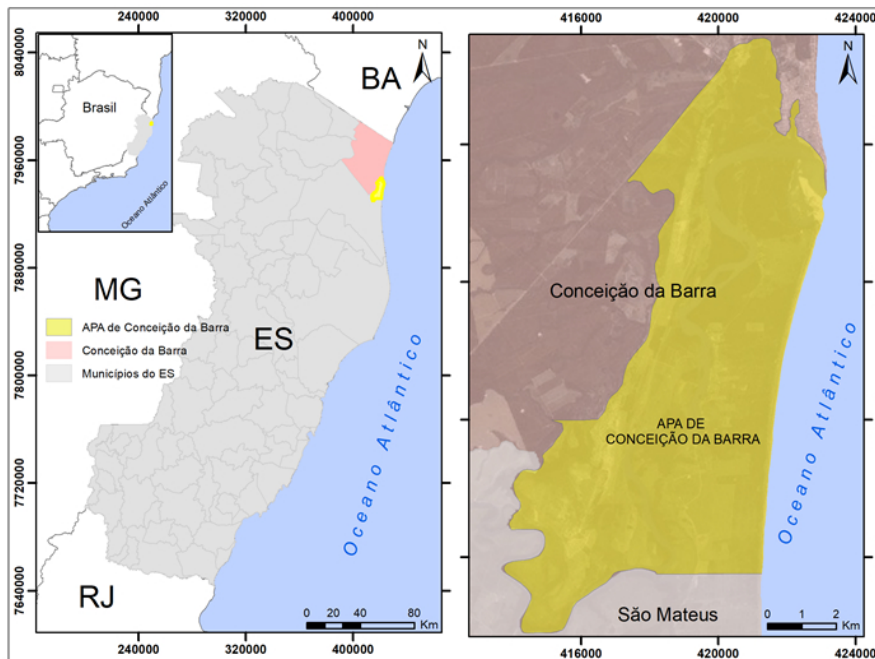
A história da criação das Unidades de Conservação ocorre permeada de conflitos e interesses entre a sociedade, ambientalistas, empresas públicas e privadas, e o governo (VIVACQUA; VIEIRA, 2005; MARTINS, 2012; SOUZA, 2014). Segundo Brito (2008), estes conflitos necessitam de entendimento teórico e técnico, pois somente com este conhecimento é possível delinear ações e intervenções capazes de minimizar a degradação ambiental e social destas áreas. Em Fortaleza no estado do Ceará, a vulnerabilidade das Unidades de Conservação de Sabiaguaba foi estudada por Crispim, Meireles e Santos (2008). Os autores diagnosticaram as potencialidades e limitações no que se refere ao seu uso e ocupação, definindo os agentes morfodinâmicos e como atua, de forma integrada, para a composição da paisagem costeira inserida na área. Como resultado, Crispim, Meireles e Santos (2008) afirmam que UCs costeiras possuem funções de: (1) proteção para os ambientes do entorno, absorvendo o efeito de ondas e marés; (2) fornecedores de sedimento para a hidrodinâmica estuarina e morfodinâmica praial; (3) resguardo de uma elevada biodiversidade; (4) reserva de água doce, dentre outras funções.

Segundo dados do IEMA (2016), o estado do Espírito Santo possui 112 unidades de conservação, distribuídas entre unidades federais, estaduais, municipais e Reservas do Particulares de Patrimônio Natural (RPPN). Elas têm se apresentado como importantes instrumentos legais de conservação de ambientes naturais ameaçados. Porém, as UCs presentes em território espírito-santense, em geral têm sido alvo de problemas de gestão que, unidos a sua pequena dimensão territorial, soma-se à falta de condições operacionais, financeiras e técnicas dos órgãos responsáveis pelo seu gerenciamento e fiscalização.

O presente trabalho tem como objetivo mapear o potencial de inundação e erosão da Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra, no município homólogo, no estado do Espírito Santo a partir de um cenário da subida do nível médio do mar baseado em previsões do IPCC (2014). Neste sentido serão apresentados: a) a vulnerabilidade natural da APA, considerando a composição sedimentar e altimetria do terreno e b) considerando o incremento do nível das águas e as consequentes inundações e erosões na APA, serão quantificadas as alterações do uso da área. Tais informações permitirão avaliar os ecossistemas em maior ameaça e contribuir na conservação e gestão da APA.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área em estudo localiza-se na zona costeira do município de Conceição da Barra, estado do Espírito Santo cujas coordenadas do fuso 24K são as UTM's: 7929600 e 7947200 Sul; 413600 e 423200 Oeste, na zona costeira do Espírito Santo (Figura 1). A unidade de conservação em questão abrange uma área de 77,28 km² (IEMA, 2016), compreendendo o estuário do rio São Mateus, seus manguezais, a vegetação de restinga em seus diversos padrões fitofisionômicos, seus brejos, matas paludosas e demais áreas antropizadas, tais como cultivo de coco, eucalipto, pasto, dentre outros.



Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 1. Localização da área de estudo.

A Área de Preservação Permanente de Conceição da Barra foi criada em 1998 e instituída por meio do decreto 1876-R de 4 de julho de 2007. No momento de criação e mesmo da instituição da APA seus ecossistemas já se encontravam em processo de intenso estresse, tanto antrópicos quanto naturais. Os manguezais, motivo maior para a criação dessa unidade de conservação, sofreram e sofrem com processos ora erosivos, ora sedimentares flúviomarinhos que destruíram cerca de 650.000 ha localizados à margem direita do rio São Mateus (Vale, 1999; 2010). Outras áreas de manguezais também vem sendo perdidas em função de tais processos ao longo de décadas, monitoradas por Dell’Orto e Silva, Vale e Wanderley (2012).

A restinga foi quase totalmente retirada para aproveitamento da madeira pelas comunidades tradicionais ou para ceder espaço para outros usos, tais como o cultivo de coco (*cocos nufifera* L.), que até o momento ocupa vastas áreas da APA.

Dentre os outros usos destaca-se a pastagem que ocupa hoje tanto as áreas outrora de restingas quanto as áreas de brejos. Usos tais como a agricultura de subsistência, representada sobretudo pelo cultivo da mandioca, praticada pelas comunidades de Meleira e Barreiras, bem como pelos quilombolas, podem ser observados.

Conforme pode ser observado, a APA encontra-se quase completamente ocupada por diversos usos que já existiam antes de sua criação, exceção apenas aos manguezais, que ora encontram-se intactos, ora recebem efluentes domésticos.

3 METODOLOGIA

3.1 Potencial de inundação e erosão

A elaboração dos mapas e análise de classes de potencial de inundação baseou-se na proposta de Nascimento e Dominguez (2009), tendo por base a leitura e interpretação de critérios dos mapeamentos (Tabela 1) elaborados para este trabalho. Desenvolveu-se então a rotina para conversão dos dados vetoriais das curvas de nível e da geomorfologia em formatos matriciais (raster) com tamanho de célula de 1 m.

Tabela 1. Variáveis mapeadas com seus critérios e consequências.

VARIÁVEL MAPEADA	CRITÉRIO	CONSEQUÊNCIA
Geomorfologia	Feições Morfológicas	Erosão
Altimetria	Topografia	Inundação

Fonte: elaborada pelos autores.

Quanto à topografia foram vetorizadas as curvas de nível através da importação das cotas altimétricas disponibilizadas pelo satélite Google Earth® tais cotas foram validadas em campo através do GPS Garmin eTrex 30 nos sistemas GPS/GLONASS. Posteriormente em ambiente de SIG foram vetorizadas as curvas batimétricas da Carta Náutica da Marinha do Brasil para este trecho da costa. De posse desses dados utilizou-se de algoritmos para a interpolação de metro em metro e, conseqüentemente, a conversão dos dados vetoriais em imagens matriciais (raster), com intuito de refinar e adequar as informações à escala da área em estudo. A escolha do potencial de inundação e erosão foi baseado na metodologia proposta pelo USGS. *Unites States Geological Survey* – (HAMMAR-KLOSE; THIELER, 1999), também utilizada por Nascimento e Dominguez

(2009). Para tal, determinou-se 5 classes de fragilidade natural, sendo estas: *I – Muito Baixa, II – Baixa, III – Média, IV – Alta e V – Muito Alta*.

Posteriormente, em ambiente de SIG utilizou-se a ferramenta de análise espacial, mais precisamente *Raster Calculator* e *Map Algebra*. Segundo Camara, Barbosa e Cordeiro (2007) a álgebra de mapas foi disseminada por Tomlin (1990). Camara, Barbosa e Cordeiro (2007) citam também Tomlin e Berry (1979); Tomlin (1983) e Berry (1987), sendo a publicação mais consultada o livro “*Geographic Information System and Cartographic Modeling*” a primeira abordagem a buscar formalmente a exploração das propriedades de dados em SIG para representação em mapas.

Ainda segundo este, Tomlin (1990) desenvolveu elementos algébricos para aplicação em mapas que se subdividem em um binômio intrínseco, qual seja, a valoração numérica (cujas variações são escalar, ordinal, cardinal ou intervalar) e a apreciativa (critério de nomeação). Assim, diante do exposto, os estudos de Tomlin (1990) e a metodologia aplicada visavam a obtenção destes referenciais, tendo o modelador como responsável pelas operações a eles utilizadas.

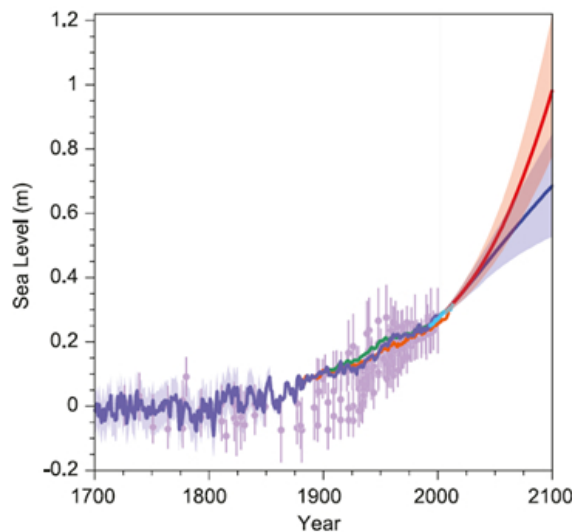
Dessa forma, realizou-se uma operação algébrica com coeficientes para atribuir importância para cada variável entre 1 a 10, onde se deu peso 4 para a Geomorfologia e 6 para a Altimetria. As classes geomorfológicas foram definidas pela forma e materiais que a constituem e que podem oferecer maior ou menor resistência à erosão e inundação. A altimetria recebeu maior valor porque controla o grau de exposição da geomorfologia.

Neste sentido, o potencial de inundação e erosão foi calculado a partir do somatório das variáveis. Cada uma destas foi multiplicada por seu coeficiente de relevância, e posteriormente dividida pelo número dessas variáveis, conforme segue na equação:

$$\frac{\text{Geomorfologia} \times 4 + \text{Altimetria} \times 6}{2} \quad [1]$$

3.2 Subida do nível do mar

Segundo previsões realizadas pelo *International Panel of Climate Changes* o pior cenário indica uma elevação do nível do mar de 1 metro até o ano de 2100 (IPCC, 2014), (Figura 2).

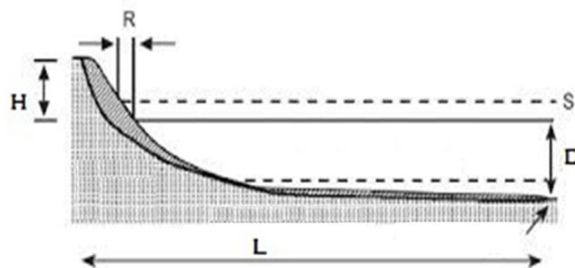


Fonte: IPCC(2014).

Figura 2. Cenários de elevação do nível do mar até 2100..

De acordo com esse cenário, foi realizada uma simulação baseada em Brunn (1962) com intuito de identificar e quantificar áreas costeiras afetadas pela máxima elevação do nível do mar (Figuras 3 e 4). A perda de terreno foi determinada pela equação:

$$R = \frac{SL}{H + D} \quad [2]$$



Fonte: Brunn (1962).

Figura 3. Equação representativa da perda de terreno.

A Figura 4 é a aplicação da equação de Brunn (1962) para a área em estudo, permitindo verificar os valores considerados para a elevação do nível do mar conforme previsão mais pessimista do IPCC, o comprimento do perfil, a altura do perfil, a profundidade de fechamento do perfil e a resposta do recuo erosivo para cada perfil praiial dentro dos seus respectivos setores.

Recuo da linha de costa / Aplicação da Equação de Brunn / $R = SxL/(H+D)$						
Perfis	Elevação (S)	Comprimento (L)	Altura do perfil (H)	Profundidade de Fechamento (D)	Recuo erosivo (R.)	Sector
Perfil Z	1	140	1	6,3	19,1781	N
Perfil X	1	227,97	1	6,3	31,2288	N
Perfil V	1	140	4	6,3	13,5922	N
Perfil U	1	105	4	6,3	10,1942	N
Perfil T	1	105	4	6,3	10,1942	N
Perfil S	1	96,3	5	6,3	8,5221	N
Perfil R	1	96,3	5	6,3	8,5221	N
Perfil Q	1	78,7	5	6,3	6,9646	C
Perfil P	1	70	5	6,3	6,1947	C
Perfil O	1	70	5	6,3	6,1947	C
Perfil N	1	78,7	6	6,3	6,3984	C
Perfil M	1	96,3	5	6,3	8,5221	C
Perfil L	1	105	5	6,3	9,2920	C
Perfil J	1	105	5	6,3	9,2920	C
Perfil I	1	122,5	5	6,3	10,8407	C
Perfil H	1	140	5	6,3	12,3894	S
Perfil G	1	140	5	6,3	12,3894	S
Perfil F	1	140	5	6,3	12,3894	S
Perfil E	1	122,5	5	6,3	10,8407	S
Perfil D	1	131,3	5	6,3	11,6195	S
Perfil C	1	114	5	6,3	10,0885	S
Perfil B	1	140	5	6,3	12,3894	S
Perfil A	1	140	4,5	6,3	12,9630	S

Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 4. Aplicação da equação de Brunn (1962) para a costa da APA de Conceição da Barra. * N, C e S significam os setores da costa da APA de Conceição da Barra, sendo respectivamente, norte, central e sul.

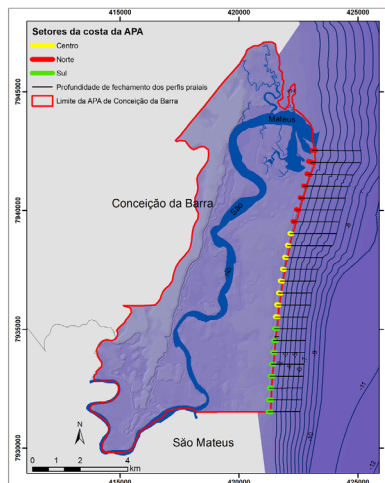
Segundo Hallermeier (1981), **R** representa o recuo da linha de costa em planta, **S** a elevação do nível do mar, **L** a distância até a profundidade de fechamento **D** e **H** a altura do perfil ativo (Figura 5).

PROFUNDIDADE DE FECHAMENTO (D)			
$D = 2xH(\text{média}) + 11\sigma$			
Setor	Altura média (Média de 1/3 das ondas mais altas)	Desvio padrão (σ)	Profundidade de Fechamento do perfil. (D)
N	1,5	0,3	6,3
N	1,5	0,3	6,3
N	1,5	0,3	6,3
N	1,5	0,3	6,3
N	1,5	0,3	6,3
N	1,5	0,3	6,3
N	1,5	0,3	6,3
N	1,5	0,3	6,3
C	1,5	0,3	6,3
C	1,5	0,3	6,3
C	1,5	0,3	6,3
C	1,5	0,3	6,3
C	1,5	0,3	6,3
C	1,5	0,3	6,3
C	1,5	0,3	6,3
C	1,5	0,3	6,3
C	1,5	0,3	6,3
S	1,5	0,3	6,3
S	1,5	0,3	6,3
S	1,5	0,3	6,3
S	1,5	0,3	6,3
S	1,5	0,3	6,3
S	1,5	0,3	6,3
S	1,5	0,3	6,3
S	1,5	0,3	6,3

Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 5. Equação de profundidade de fechamento dos perfis praias, segundo Hallermeier (1981).

Aplicando a regra de Brunn (1962) e a equação de Hallermeier (op. cit.) chegou-se à composição dos dados das Figuras 4 e 5. A localização dos perfis contidos nas Figuras 5 e 6 podem ser melhor compreendidas na Figura 6.



Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 6. Mapa dos setores da costa da APA de Conceição da Barra e a profundidade de fechamento dos perfis praias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Vulnerabilidade da área da APA à inundação e à erosão

De acordo com Vale (2004), a planície marinha possui sedimentos inconsolidados, arenosos, porosos permeáveis, com lençol freático raso ou aflorante, susceptível à movimentação assim como as Planícies Flúvio-Marinha. Já a Planície Fluvial é representada por sedimentos inconsolidados arenosos e argilosos, permeáveis com lençol freático raso e frequentemente aflorante. Os Tabuleiros Costeiros, por sua vez, são compostos por sedimentos consolidados, estáveis, porosos, permeáveis com solos ligeiramente susceptíveis à erosão.

Em Conceição da Barra, a planície costeira é larga, formada por cordões praias pleistocênicos e holocênicos, que se caracterizam como áreas de interesse antrópico. Os terraços marinhos pleistocênicos são relevos planos e com sedimentos coesos, garantindo certa estabilidade geotécnica à região, sendo este, alvo de ocupação (CPRM, 2015).

A altimetria representa o fator mais importante em relação ao potencial de inundação. Regiões com maiores elevações estão menos suscetíveis à inundação por uma eventual elevação do nível do rio. Dado que a inundação é um fenômeno que ocorre em um referencial de subida do nível do mar, estabeleceu-se que a altimetria de 1 metro é representada pela classe de mais alto potencial de inundação. Em contrapartida, terrenos com altimetria superiores a 5 metros representam a classe com reduzido potencial de inundação. Em resumo, a Tabela 2 mostra as classes definidas para cada variável analisada para a elaboração do mapa de potencial de erosão e inundação.

Tabela 2. Classificação de Indicadores de Risco de Inundação.

ALTIMETRIA (Coeficiente 6)	GEOMORFOLOGIA (Coeficiente 4)	CLASSIFICAÇÃO
>5	Tabuleiro Costeiro	Muito baixa
4	Terraços Marinhos	Baixa
3	Planície Marinha Holocênica	Média
2	Planície Fluvial	Alta
1	Planície Flúvio Marinha	Muito alta

A partir do cruzamento dos dados representados nas Figuras 7, 8 e 9 temos como resultado o mapa de potencial de inundação e erosão, demonstrando quais áreas são mais vulneráveis do ponto de vista altimétrico e geomorfológico.

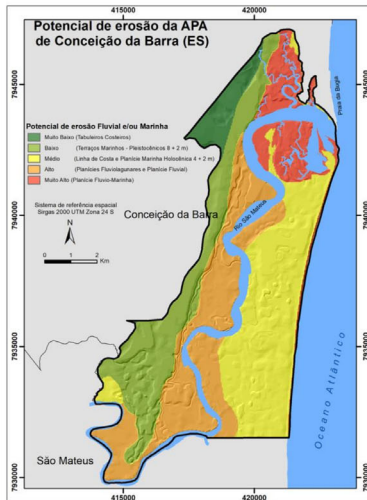


Figura 7. Potencial de Erosão da APA.

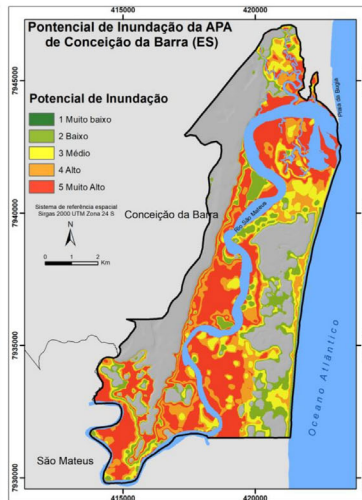


Figura 8. Potencial de Inundação da APA.

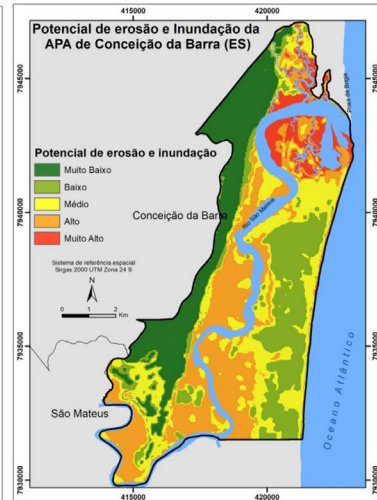


Figura 8. Potencial de Inundação e Erosão da APA.

O resultado da simulação da subida do nível do mar mostra a migração da linha de costa, assim como também as áreas afetadas. Isso pode ser bem visualizado quando comparados os mapas das Figuras 10 e 11, onde se vê o antes e o após à simulação da subida do nível do mar.

A importância de identificar compartimentos inundados gira em torno da avaliação da perda de áreas dos ecossistemas costeiros. Áreas de pasto apresentam maior perda num cenário de inundação de acordo com a Figura 10. A segunda área mais prejudicada foi o ecossistema de manguezal, importantes regiões de reprodução e manutenção de espécies, funcionam como berçários naturais, concentrando grande biodiversidade. Representam uma área de interação intensa entre homem e natureza, visto que a comunidade local depende de seus recursos para sobreviver, através da pesca e captura de caranguejos (VALE, 1999; PINHEIRO, 2011). Em terceiro lugar aparece o brejo, que, segundo o *World Wide Fund for Nature* (2016), são ambientes que proporcionam uma série de serviços ambientais como: estocagem e limpeza de água; regulação do clima local e de ciclos biogeoquímicos; recarga do lençol freático e manutenção da biodiversidade. Logo em seguida está a mata paludosa, cujo ambiente é de transição entre a mata seca de restinga e o brejo, apresenta padrão fitofisionômico arbóreo e uma grande riqueza de espécies.

Tratando de ambientes naturais, a mata seca de restinga teve um percentual de perda de 1,69%. A vegetação halófito-psamófito perde cerca de 0,42%, fato que é importante uma vez que ela tem a função de fixar os sedimentos inconsolidados.

Os cordões holocênicos apresentam perda de 0,9%, considerando que são topograficamente muito mais baixos e próximos à linha de costa do que os pleistocênicos.

A restinga herbáceo-arbustiva, localizada primariamente próxima à faixa costeira, associada à dunas de areia mostra-se com uma perda de 0,2% ou seja, 5,54 ha. A perda desta vegetação pode acarretar a desestabilização dessas dunas, comprometendo lençóis freáticos, além de impactar a fauna associada.

É importante enfatizar que áreas antropizadas tais como edificações e urbanizações, estradas, agricultura de subsistência e canais, também seriam impactadas com o cenário proposto, uma vez que nas planícies flúvio-marinhas, próximo à desembocadura do rio São

Mateus, encontram-se áreas habitadas, como residências, restaurantes e atracadouro para embarcações de médio e pequeno porte. Essas áreas totalizam 7,8% do total da área.

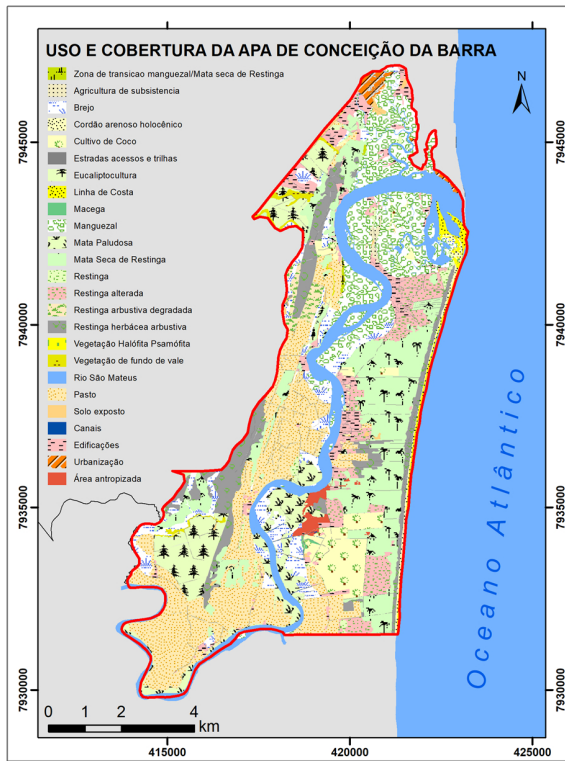


Figura 10. Uso e Cobertura da Terra da APA de Conceição da Barra (ES).

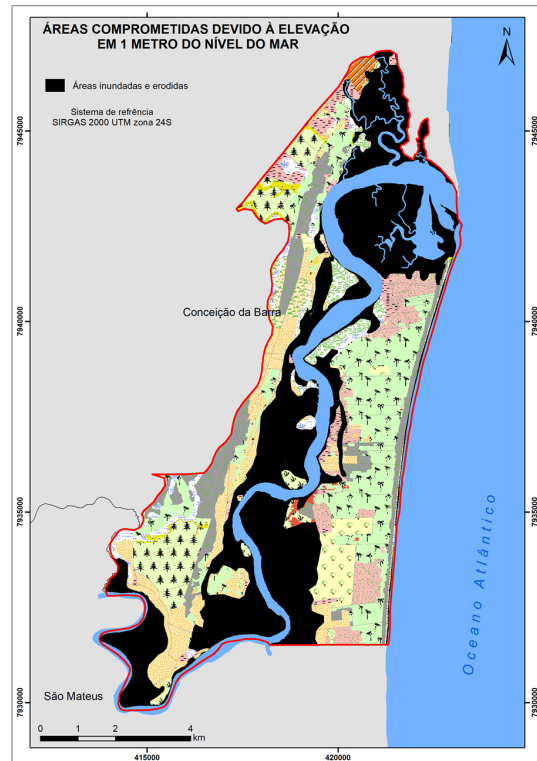


Figura 11. Áreas da APA de Conceição da Barra por meio da simulação da elevação do nível do mar em 1 metro

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise e interpretação dos mapas elaborados, é possível distinguir áreas propícias à inundação e erosão, as quais requerem maior atenção por parte daqueles órgãos responsáveis pelo gerenciamento e manejo da Área de Preservação de Ambiental de Conceição da Barra e pelo Poder Público. Conclui-se que a altimetria é o fator mais importante na determinação do potencial de inundação, no entanto, características geomorfológicas corroboram para a determinação desse cenário.

Analisando os mapas gerados percebe-se que as áreas com potencial de inundação e de erosão nas classes *muito alto* e *alto* não se concentram somente nas proximidades do rio, mas se estendem para regiões interiores, associadas principalmente às planícies flúvio-marinhas, fluviais e marinhas. Porém, também é constatada em áreas próximas a desembocadura do rio São Mateus.

Em resumo os mapas tiveram como finalidade ilustrar a vulnerabilidade da região, mas podem ser usados como ferramenta na tomada de decisão por parte de gestores ambientais.

Observando o mapa representado pela Figura 11, percebe-se que a área perdida se concentra às margens direita e esquerda do rio São Mateus, compondo um corredor no sentido norte-sul e que separa as áreas adjacentes.

Trabalhos dessa natureza têm um importante papel no ordenamento territorial, pois pode ser utilizado como diagnóstico para áreas mais sujeitas a tais processos. Destaca-se a relevância das ferramentas geotecnológicas na geração, manuseio e construção de dados reais para compreensão dos elementos que compõem a paisagem.

REFERÊNCIAS

- ALBINO, J; GIRARDI, G; NASCIMENTO, K. A. Erosão e progradação do litoral do Espírito Santo. In: MUEHE, D. (org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: MMA, 2006. p. 227-265.
- ALBUQUERQUE, M.G.; CALLIARI, L.J.; CORRÊA, I.C.S.; PINHEIRO, L.S. Morfodinâmica da praia do futuro, Fortaleza/CE: uma síntese de dois anos de estudos. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 1, n. 2, p. 49-57, 2009.
- ALVARADO-AGUILLAR, D., JIMENEZ, J.A. **Flood hazard mapping for Coastal Storms in the Delta Ebro**. Laboratori d'Enginyeria Marítima. Universitat Politècnica de Catalunya, 2009. p. 1-9.
- ANTUNES, C. Monitorização da variação do nível médio do mar. In: JORNADA DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA, 1., 2010, Lisboa. **Anais [...]**. Lisboa, 2010.
- BRITO, D.M. C. Conflitos em unidades de conservação. **PRACS: Revista de Humanidades do Curso de Ciências Sociais**, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2008.
- BRUNN, P. Sea-level rise as a cause of shore erosion. **Journal of the Waterways and Harbours Division**, v. 88, p. 117-130, 1962.
- BUENO, R.F.; SIMÕES, E.F.J.; TRABANCO, J.L.A. **Metodologia para Implantação de estações GPS de alta precisão para apoio ao monitoramento do nível médio do mar**. 2001. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/xixcbccd/artigos/c2>. Acesso em: 03 abr. 2016.
- CAMARA, G.; BARBOSA, C.C.F.; CORDEIRO, J.P. **Análise espacial de dados geográficos**. INPE, 2007. p. 7-8.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e recursos minerais do Estado do Espírito Santo: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2015.
- CRISPIM, A.B.; MEIRELES, A. J. A; SANTOS, J.O. Vulnerabilidade ambiental das unidades de conservação de Sabiaguaba. In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 15., 2008, Fortaleza/CE. **Anais [...]**. Fortaleza/CE, 2008. p. 1-5.
- DELL'ORTO E SILVA, E.; VALE, C. C.; WANDERLEY, T. C. Monitoramento de um trecho do bosque de mangue situado na foz do rio São Mateus, Conceição da Barra (ES) entre os anos de 1970 e 2011. **Revista GeoNorte**, v. 1, p. 208-220, 2012.
- HALLERMEIER, R. J. A profile zonation for seasonal sandbeaches from wave climate. **Coastal Engineering**, v. 4, p. 253-277, 1981.
- HAMMAR-KLOSE, E. S. W. H.; THIELER R. E. National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise: preliminary results for the U.S. Atlantic Coast. **Geological Survey**. 1999. Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/of/2000/of00-179/>. Acesso em: 12 abr. 2016.
- IEMA. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo. 2016. Disponível em: <http://www.iema.es.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2014: synthesis report**. Geneva, Switzerland, 2014.
- MACEDO, R.J.A.; MANSO, V.A.M.; PEREIRA, N.S.; FRANÇA, L.G. Transporte de

- sedimento e variação da linha de costa em curto prazo na praia de Maracaípe (PE), Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 12, p. 343-355, 2012.
- MAIA, L.P.; JIMENEZ, J.A.; SERRA, J.; MORAIS, J. O. The coastline of Fortaleza City, a product of environmental impacts caused by the Mucuri Harbor. **Arquivo de Ciências do Mar**, v. 31, n. 1-2, p. 93-100, 1998.
- MANCA, E.; PASCUCCI, V.; DELUCA, M.; COSSU, A.; ANDREUCCI, S. Shoreline evolution related to coastal development of a managed beach in Alghero, Sardinia, Italy. **Ocean & Coastal Management**, v. 85, p. 65-76, 2013.
- MARTINS, A. Conflitos ambientais em unidades de conservação: dilemas da gestão territorial no Brasil. **Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales**. v. 17, n. 989, 2012.
- MENDOZA, E.T.; JIMÉNEZ, J.A. Storm-induced beach erosion potential on the Catalan Coast. **Journal of Coastal Research**, v. 48, p. 81-88, 2006.
- MUEHE, D. Geomorfologia costeira. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicação**. São Paulo: Bertrand Brasil, 1996. cap. 5. p. 191-238.
- NASCIMENTO, D.M.C.; DOMINGUEZ, J.M.L. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, p. 395-408, 2009.
- PINHEIRO, C.A.K. **Contribuição geográfica ao estudo das unidades de conservação sob o enfoque sistêmico: o caso do Parque Natural Municipal De Jacarenema, Vila Velha (ES)**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2011.
- SANTOS, L.B. Trilhas da política ambiental: conflitos, agendas e criação de Unidades de Conservação. **Ambiente & Sociedade**, v. 12, p. 133-150, 2009.
- SOUZA, C.R.G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, p. 17-37, 2009.
- SOUZA, R.L.F. Conflitos ambientais em Unidades de Conservação: dilemas na gestão da APA Nhamundá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 7., 2014, Vitória/ES. **Anais [...]**. Vitória/ES, 2014.
- VALE, C. C. **Contribuição ao estudo dos manguezais como indicadores biológicos das alterações geomórficas do estuário do rio São Mateus (ES)**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. USP, São Paulo. 1999.
- VALE, C. C. Correlação entre os processos erosivos e sedimentares e o comportamento das espécies vegetais dos manguezais da foz do rio São Mateus, litoral norte do estado do Espírito Santo. **Geusp (USP)**, v. 27, p. 113-134, 2010.
- VALE, C. C. **Series geomórficas costeira do estado do Espírito Santo e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: uma visão sistêmica**. 2004. 386 f. Tese (Doutoramento) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 2004.
- VIVACQUA, M.; VIEIRA, P.F. Conflitos socioambientais em Unidades de Conservação. **Política & Sociedade**, v. 7, 139-162, 2005.
- WORLD WIDE FUND FOR NATURE. Áreas úmidas: mudanças no Código Florestal condenam ambiente e modos de vida à devastação. Disponível: <http://www.wwf.org.br/?uNewsID=30704>. Acesso em: 27 jun. 2016.