



Revista Brasileira de Geografia Física

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



Classificação das áreas úmidas e seus macrohabitats na planície flúvio-marinha do rio Apodi-Mossoró/RN (litoral semiárido do Brasil)

Diego Emanuel Moreira da Silva¹, Diógenes Félix da Silva Costa²

¹ Mestrando em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ensino Superior do Seridó, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Penedo, s/n, CEP 56300-000, Caicó, Rio Grande do Norte. (84) 3342-2238. diegoemanoel@ufrn.edu.br (autor correspondente), ORCID - 0000-0001-6147-2720. ² Professor Adjunto III do Departamento de Geografia, Centro de Ensino Superior do Seridó/Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rua Joaquim Gregório, sn, Campus Universitário, Bairro Penedo, CEP 59.300-000, Caicó, Rio Grande do Norte. (84) 3342-2238. diogenesgeo@gmail.com, ORCID - 0000-0002-4210-7805.

Artigo recebido em 27/05/2021 e aceito em 23/03/2022

RESUMO

As Áreas Úmidas (AUs) costeiras são caracterizadas como ambientes de transição entre os meios aquáticos e terrestres periodicamente alagáveis. Todavia, poucos estudos buscam caracterizar os macrohabitats destes importantes ecossistemas no litoral semiárido do Brasil. Esta pesquisa teve como objetivo realizar uma classificação das AUs e seus macrohabitats localizadas na planície flúvio-marinha do Rio Apodi-Mossoró, no litoral semiárido do Rio Grande do Norte. A metodologia adotada para classificar as AUs tem como base a classificação nacional de áreas úmidas, apresentando os sistemas, os subsistemas, as subclasses e os macrohabitats identificados. Também foram analisados os pulsos de inundações que atingem os ecossistemas, de acordo com os seguintes parâmetros: previsibilidade (previsível ou imprevisível), frequência (monomodal, polimodal ou multianual) e amplitude dos pulsos (baixa, alta ou variável). Os resultados foram produzidos com auxílio de imagens do satélite CBERS-4 (20/08/2019), além de dados coletados *in situ* e de bases secundárias, manipulados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas. Foram mapeados 07 modelados geomorfológicos de acumulação na área de estudo (planícies flúvio-marinha, fluvial, flúvio-lagunar, flúvio-lacustre, lacustre, terraço fluvial e dunas eólicas). Nestes modelados, foram identificadas 8 tipologias de áreas úmidas: (1) macrohabitats naturais - estuário, lagoas, laguna, manguezais e campos salinos; (2) macrohabitats antropogênicos - salinas solares mecanizadas, salinas solares artesanais e carcinicultura. Portanto, conclui-se que esta proposta de classificação se torna uma ferramenta de fundamental importância para o ordenamento territorial costeiro no âmbito ecológico e econômico, aliado com a conservação dos ecossistemas locais na área de estudo e em outros ambientes semelhantes.

Palavras-chave: áreas úmidas costeiras, planície hipersalina, SIG, produção de sal marinho.

Classification of wetlands and their macrohabitats in the marine floodplain of the Apodi-Mossoró river/RN (semi-arid coast of Brazil)

ABSTRACT

Coastal Wetlands (CWs) are characterized as transition environments between periodically flooded aquatic and terrestrial environments. However, few studies seek to characterize the macrohabitats of these important ecosystems on the semiarid coast of Brazil. This research aimed to carry out a classification of CWs and their macrohabitats located on the Apodi-Mossoró River Fluvial-Plain, located on the northern semiarid coast of Rio Grande do Norte. The methodology adopted to classify the CWs was based on the national classification of wetlands, taking into account the systems, subsystems, subclasses and macrohabitats identified. Flood pulses that affect ecosystems were also analyzed, according to the following parameters: predictability (predictable or unpredictable), frequency (monomodal, polymodal or multi-year) and pulse amplitude (low, high or variable). The results were produced with the help of CBERS-4 satellite images (20/08/2019), in addition to data collected *in situ* and data from secondary databases, manipulated in a Geographic Information System environment. The 07 geomorphological models of accumulation in the study area were mapped (fluvial-marine, fluvial, fluvial-lagoon, fluvial-lacustrine, lacustrine, fluvial terrace and wind dunes). In these models, 8 types of wetlands were identified: (1) macrohabitats natural - estuary, lagoons, lagoon, mangroves and saline fields; (2) anthropogenic macrohabitats - mechanized solar salt pans, artisanal solar salt pans and shrimp farming. It can be concluded that this classification proposal becomes a tool of fundamental importance for coastal territorial planning in the ecological and economic scope, combined with the conservation of local ecosystems in the study area and other similar environments.

Keywords: coastal wetlands, hypersaline floodplain, GIS, marine salt production.

Introdução

As Áreas Úmidas (AUs) são ecossistemas encontrados em todas as porções do globo, onde suas ocorrências são dependentes principalmente dos condicionantes físicos locais (clima, hidrologia e geomorfologia) (Junk et al., 2015a). Desta forma, esses ambientes são diferenciados pela sua morfometria, vegetação e até mesmo o tipo de água nele contido, podendo ser artificial ou natural, permanentes ou temporárias. Contudo, para os habitats de zonas costeiras, são limitadas as áreas alagáveis com no máximo 6 m de profundidade no período de maré baixa (Junk, Bayley e Sparks, 1989; Jiang et al., 2015; Gomes e Magalhaes Júnior, 2018).

Todavia, Finlayson e Van der Valk (1995) apontam que existem alguns fatores que contribuem para dificuldade na definição de uma classificação de AUs. O principal deles seria a existência de uma grande quantidade de termos para classificar e descrever cada ecossistema, principalmente pela posição geográfica que cada macrohabitat desse ocupa, particularmente na transição entre o meio aquático e o terrestre, sobretudo em relação as funções ecológicas peculiar de cada habitat (Soares e Dominguez, 2012; Junk et al., 2015b; Mahdavi et al., 2017).

Devido à importância ecológica, econômica e de prestação de serviços por esses ecossistemas, poucos são os estudos sobre a localização, extensão e distribuição desses macrohabitats em algumas regiões do Brasil (Saldanha e Costa, 2019a), onde a maioria dos trabalhos de mapeamento e classificação no âmbito nacional são voltados para a região amazônica e do pantanal (Klemas, 2013; Gallant, 2015). Nessa perspectiva, as áreas úmidas são consideradas ambientes poucos estudados no Brasil. Destaca-se que uma deficiência ainda é notória diz respeito as pesquisas acerca de suas estruturas, funções e o uso sustentável (Burger, 2000).

Nessa perspectiva, as AUs são ambientes que fornecem vários tipos de serviços ecossistêmicos, principalmente os que são utilizados para o bem-estar da população local. Contudo, essas áreas vêm passando por um processo de degradação decorrente das atividades humanas e das mudanças climáticas em todas as porções do globo. Por essas consequências, tais ecossistemas podem sofrer com a perda da biodiversidade, fragmentação de habitats e alteração no seu modo de preenchimento (Finlayson et al. 2017, 2018; Mao et al., 2020). Necessitando assim de uma abordagem científica

para sua preservação, conservação e uso sustentável (Wilkins et al., 2018).

A atualização frequente da distribuição espacial das AUs, se torna um procedimento essencial de mitigação para compressão das condições atuais dos ecossistemas ali presentes. Por meio dessa atuação, pode ser traçados planos para conservar e manter a biodiversidade inserida nesses habitats, já que 40% de todos os serviços prestados ambientalmente em todo o mundo, são provenientes dessas áreas (Adamo et al., 2016; Mao et al., 2020).

Especificamente nas planícies de inundação, dois fatores são essenciais para compreender a distribuição das AUs: (1) a identificação dos condicionantes geológicos que expliquem a origem do ecossistema (e evolução) ou até mesmo a sua ausência na planície, e (2) os pulsos de inundação que são de fundamental importância para a limitação longitudinal dos habitats. Sobre estes últimos, os pulsos proporcionam o intercâmbio de nutrientes entre o meio aquático e terrestre, tornando-se um dos fatores principais para a manutenção da diversidade biológica local (Goerl, Kobiyama e Santos, 2012; Keizer et al., 2014; Hess et al., 2015). Além de que, em ambientes costeiros, os pulsos têm a função de manter um equilíbrio dinâmico entre os regimes hídricos e a salinidade do ambiente (Liu e Mou, 2016).

Para fins de identificação e mapeamento, adotou-se o conceito de macrohabitat como unidade da paisagem que representa a ordem hierárquica de maior detalhe no Sistema Brasileiro de Classificação de Áreas Úmidas (Junk et al., 2015a). Esta tipologia de habitat apresenta condições similares em suas características geomorfológicas e hidrológicas, com vegetação e comunidade animal específica e característica, ou outro elemento biológico. Na ausência deste último ou das demais características, o macrohabitat poderá ser identificado com base em um ambiente terrestre ou aquático semelhante (Junk et al., 2015b; Ricaurte et al., 2019).

Considerando-se a necessidade de maior compreensão sobre a distribuição e tipologias de macrohabitats em ambientes costeiros do Brasil, a ausência de uma categorização das AUs, representa a escassez de um instrumento de fundamental importância para a conservação desses ecossistemas.

Pesquisas iniciais nesse trecho litorâneo encontraram uma elevada diversidade de macrohabitats costeiros, naturais e artificiais,

classificados ao grau de salinidade quanto a previsibilidade, amplitude e frequência do pulso de inundação das marés (Costa, De Medeiros Rocha e Cestaro, 2014; Costa, Guedes e Silva, 2016; Oliveira et al., 2017; Saldanha e Costa, 2019b).

Por meio desse contexto, esta pesquisa teve como objetivo realizar uma classificação dos macrohabitats na planície flúvio-marinha do rio Apodi-Mossoró (litoral setentrional/semiárido do estado do Rio Grande do Norte) levando e consideração os critérios físicos que compõe a paisagem costeira (geomorfológico, climático, hídrico e vegetação).

Material e métodos

Área de Estudo - A planície flúvio-marinha do rio Apodi Mossoró está situada entre os municípios de Mossoró/RN (trecho montante - 5°9' S/37°17'O), Grossos/RN e Areia Branca (trecho jusante - 4°56' S/37°9'), desaguando no Oceano Atlântico. (Figura 1).

Geomorfologicamente, a área se trata de uma planície flúvio-marinha pertencente à Costa Semiárida Brasileira (CSB), na compartimentação do litoral denominado de Costa Branca (Diniz e

Oliveira, 2016), com predominância do clima tropical quente e seco (semiárido) de zona equatorial (Diniz e Pereira, 2015). Em suas margens, desenvolve-se uma vegetação específica de ambientes com influência flúvio-marinha (manguezal e campos salinos) (Costa et al., 2014a, b).

Devido a influência dos fatores associados ao clima semiárido (temperaturas acima de 28°C, precipitação média anual inferior aos 900 mm, elevadas taxas de evaporação e sazonal aporte de água doce continental, esse trecho litorâneo é caracterizado pela ocorrência de estuários hipersalinos (salinidade da água acima de 35 gL⁻¹). Considerando-se esta especificidade, os solos predominantes da área são das classes Gleissolo tiomórfico (trecho das margens do estuário e bosques de mangue) e Gleissolo sálico com elevados teores de sódio (trecho de apicum e campo salino inundados apenas nas preamares de sizígia ou enchentes fluviais sazonais) (Costa et al., 2014b,c). Estas características naturais propiciaram que esta planície fosse historicamente ocupada por salinas solares para a produção de sal marinho (Costa et al., 2014c).

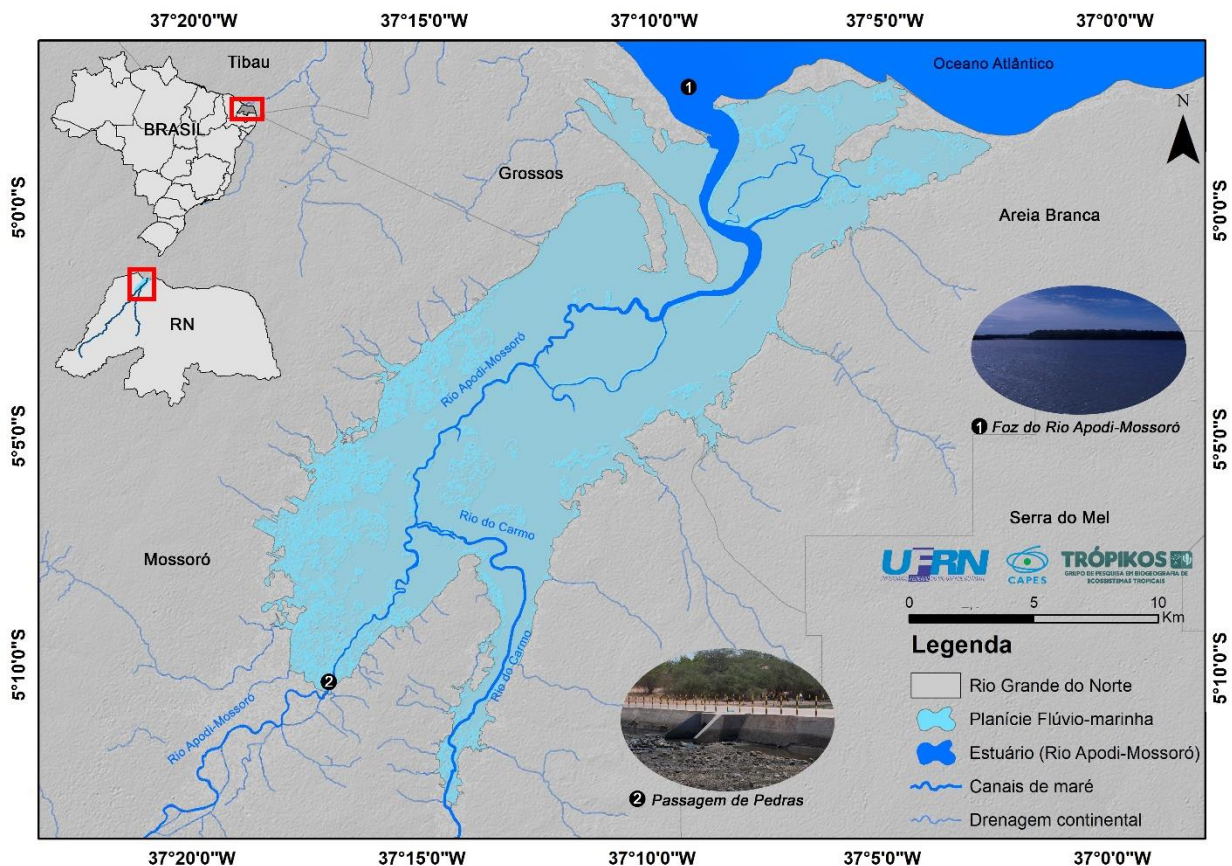


Figura 1. Mapa de localização da planície flúvio-marinha do Rio Apodi-Mossoró (litoral Nordeste Semiárido do Brasil). Fonte: Silva e Costa (2021).

A etapa inicial consistiu no mapeamento dos modelados geomorfológicos macrohabitats, suas distribuições espaciais na planície flúvio-marinha do rio Apodi-Mossoró. Para reconhecer esses espaços ao nível de paisagem, foram usadas imagens de satélites, analisadas com auxílio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), visando obter uma estimativa dos limites geográficos (Klemas, 2001; Lang e Blaschke, 2009).

Para identificar os modelados e macrohabitats, foi utilizada a metodologia de Interpretação Visual de Imagens (Jensen, 2009; Florenzano, 2002), a qual auxilia na identificação de objetos representados em imagens ou fotografias aéreas, atribuindo-se um determinado significado a esses objetos. Foram considerados oito elementos (parâmetros) essenciais no aspecto de interpretação: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização (Jensen, 2009; Florenzano, 2011; Panizza e Fonseca 2011).

A partir desses oito parâmetros, a interpretação visual das imagens foi dividida em três etapas: (1) a identificação de feições/objetivos, (2) a determinação e (3) a interpretação. Sequencialmente, a primeira etapa consistiu em

uma “leitura” (observação) da imagem em análise, tentando identificar alguns objetos conhecidos; na segunda etapa são atribuídas características qualitativas aos objetos (de caráter dedutivo ou indutivo) e na terceira fase, relaciona-se os elementos da imagem com hipóteses interpretativas (neste caso, os diferentes modelados e macrohabitats) (Panizza e Fonseca, 2011).

A partir desses argumentos, o passo inicial dado na interpretação visual de imagens foi o desenvolvimento de uma chave de identificação para a compreensão dos elementos da paisagem (Francisco e Almeida, 2012). Após um primeiro levantamento de dados em campo para reconhecimento prévio, foi possível identificar os objetos a serem mapeados nas imagens, georreferenciando os pontos visitados com auxílio de aparelho receptor de sinais Global Navigation Satellite Systems - GNSS. A partir deste procedimento, em ambiente SIG foi elaborada uma chave de identificação para auxiliar na vetorização dos macrohabitats, composta pelos elementos: classes temáticas (ex. estuário, manguezal, salinas etc.), imagem (feição correspondente na imagem de satélite) e características gerais (tonalidade/cor, textura e forma) (Tabela 1).

Tabela 1. Exemplo de chave de interpretação das feições representadas na paisagem.

CLASSE TEMÁTICA	IMAGEM	TONALIDADE/COR
Classe de uso da terra identificada na imagem		COR: representada por diferentes tons de cinza, que variam entre as cores branca e preta; TEXTURA: a partir dos aspectos liso ou rugoso; FORMA: objeto/feição com característica irregular ou regular identificado na paisagem.

Fonte: Adaptado de Florenzano (2011).

Estes procedimentos foram aplicados em imagens da banda espectral Pancromática do satélite CBERS 4, sendo uma com resolução espacial de 5 m (banda PAN) e outra de 10 m (bandas 2,3 e 4) (órbita, 149 E, ponto 106, de 20/08/2019). Estas imagens são disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

O pré-processamento (correção radiométrica, ajustes de histograma e contraste) foi realizado com auxílio do *software* de livre acesso QGIS v. 3.0 (Essen/GNU - General Public License[©]) (Qgis Team, 2015), no qual também foram produzidos os mapas. A correção do georreferenciamento foi realizada na grade de

coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) e pelas cartas topográficas (formato digital) da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE (Folhas SB-24-X-B-IV Areia Branca e SB-24-X-B-V Macau), em escala de 1:200.000, alterando-se o DATUM para SIRGAS 2000/Zona 24S.

Para o tratamento das imagens CBERS 4, foi realizada uma Composição Falsa-Cor da cena PAN de 10 m bandas 2 (Verde), 3 (Vermelho) e 4 (Infravermelho Próximo), com o arranjo de coloração R3G4B2. Na sequência, foi realizada uma fusão das imagens PAN de 5 m e PAN de 10 m (composição colorida em falsa-cor – RGB/342) com o auxílio do *software* geoespacial de código

aberto OSGeo4W, por meio de um algoritmo específico (gdal_pansharpening pan.tif multi.tif fusionada.tif), em um processo denominado de *Pan-sharpening*.

No entanto, apesar das cores utilizadas nesta composição não serem aquelas do visível, foi possível visualizar e interpretar faixas do espectro eletromagnético que não são vistos a olho humano, tornando-se assim acessível a identificação de um tipo de alvo desejado (Paranhos Filho, Lastoria e Torres, 2008).

Com base nos procedimentos acima descritos, realizou-se a identificação dos modelados e tipologia dos macrohabitats na área de estudo. Os polígonos vetorizados foram posteriormente validados *in situ* em um segundo levantamento de campo.

Através da vetorização manual, foram delimitados os modelados de acumulação na área de estudo, seguindo as características descritas pelo Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (IBGE, 2009). Na representação cartográfica que foi utilizada para caracterizar as unidades, dois fatores importantes foram considerados: o uso de uma paleta de cores didaticamente representativa e das letras e símbolos para identificar o tipo de cada modelado identificado (Cunha e Souza, 2010).

Resultados e discussão

Modelados de Acumulação

Com base na análise dos modelados de acumulação na área de estudo, foram identificadas setes tipologias: planície flúvio-marinha (Apfm), planície fluvial (Apf), terraço fluvial (Atf), planície flúvio-lagunar (Apflg), planície flúvio-lacustre (Apfl), planície lacustre (Apl) e dunas eólicas (Ade) (Tabela 2 e Figura 2). A planície flúvio-marinha - Apfm (231,7 km²) do rio Apodi-Mossoró representa 88% da área de estudo e atualmente está majoritariamente ocupada a jusante (norte) pelos tanques de produção de sal (evaporadores e cristalizadores) e pela cidade de Areia Branca (margem leste). Os trechos não ocupados são sazonalmente inundados pelas marés de sizígia locais, com altura de até 3,5 metros, assim como sazonalmente da drenagem fluvial.

Considerando-se a maior frequência da inundação marinha e o clima semiárido da região (altas temperaturas do ar, baixa precipitação e elevadas taxas de evaporação), essa planície é classificada como hipersalina (Costa et al., 2014b,c), com sedimentos argilosos apresentando elevado teor de sódio (Costa et al., 2014b).

Sendo assim, os estuários localizados em regiões tropicais semiáridas por onde adentram os

Na análise da distribuição dos modelados de acumulação identificados, foi utilizada a estatística descritiva com uma variável qualitativa, como o foco de expressar uma visão global da variação desses dados (Santos, 2018). O procedimento foi exibido por meio de tabela simples.

Em seguida, foi realizado o mapeamento dos macrohabitats com base em Junk et al. (2015a) e, especificamente para as salinas solares, com base em Costa (2013). Os pulsos de inundação em cada macrohabitat foram classificados de acordo com Junk et al. (2015a), a partir dos seguintes parâmetros: previsibilidade (previsível ou imprevisível), frequência (monomodal, polimodal ou multianual) e amplitude dos pulsos (baixa, alta ou variável).

A coleta de dados para determinação destes parâmetros dos pulsos de inundação teve como base as informações verificadas *in situ* sobre as características hidrodinâmicas de cada modelado e macrohabitat. De maneira complementar, foram realizadas observações sobre o padrão de inundação na área de estudo através de séries temporais (1984 a 2018) de imagens dos satélites da constelação LANDSAT, disponíveis no Google Earth Engine[®], assim como nos valores de altura (em metros) das marés no estuário.

pulsos de maré que alcançam as planícies flúvio-marinhas (Apfm), são definidos como estuários inversos com alto teor de salinidade adentrando ao continente, com o aumento gradual a montante do canal principal. Isso ocorre em virtude da influência semiárida que faz com que, a taxa de evaporação supere a precipitação, esta última apresentando um fluxo de água concentrado apenas na estação chuvosa (entre 4 e 5 meses/ano) (Valle-Levinson e Schettini, 2016; Medeiros et al., 2018a).

Por sua vez, os modelados da Planície fluvial – Apf (2,5 km²/1%), do Terraço fluvial – Atf (0,1 km²/0%) e da Planície flúvio-lagunar – Apflg (14,2 km²/5,4%) foram identificados no trecho a montante (sul), tendo sido delimitados como zona de transição da planície flúvio-marinha em seu segundo afluente fluvial (Rio do Carmo), uma vez que o canal principal foi barrado artificialmente (Figura 1 - ponto 2). Em termos conceituais, a planície fluvial apresenta sua dinâmica resultante de acumulação fluvial, estando sujeita a inundações periódicas (IBGE, 2009). Por sua vez, enquanto modelado associado, os terraços identificados representam um patamar aplainado,

com largura variada dependendo da dinâmica de inundação fluvial, cuja delimitação se dá por uma

escarpa em direção ao curso de água (Christofolletti, 1980).

Tabela 2. Modelados de acumulação identificados na área de estudo.

Modelados de Acumulação	Siglas	Principais características	Área (km ² /%)
Planície flúvio-marinha	Apfm	Área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e marinha, sujeita a inundações periódicas, comportando canais de maré, manguezais e campos salinos.	231,7 (88%)
Planície fluvial	Apf	Área plana representando a transição entre o ambiente fluvial e o flúvio-marinho, resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas.	2,5 (1%)
Área de terraço fluvial	Atf	Acumulação fluvial de forma plana na transição entre o ambiente fluvial e o flúvio-marinho, levemente inclinada, apresentando ruptura de declive em relação ao leito do rio e às várzeas situadas em nível inferior.	0,1 (0%)
Planície flúvio-lagunar	Apflg	Área plana resultante de processos de acumulação fluvial e lagunar, com influência marinha, sujeita a inundações periódicas	14,2 (5,4%)
Planície flúvio-lacustre	Apfl	Área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e lacustre.	2,5 (1%)
Planície lacustre	Apl	Área plana resultante de processos de acumulação lacustre, comportando lagoas rasas.	8,2 (3,1%)
Dunas eólicas	Ade	Depósito eólico cuja forma varia em função do estoque de sedimentos fornecidos pelo sistema costeiro e do regime de ventos.	1,6 (0,6%)
TOTAL			260,8 (100%)

Fonte: IBGE (2009).

Em relação ao sistema flúvio-lagunar, sua definição os classifica como sendo corpos de água superficiais marinho ou hipersalinos (semelhante ao encontrado na área de estudo), rasos e com

profundidade média de 3 m, onde são separados dos pulsos de maré por uma barreira natural e/ou artificial e conectado ao mesmo por um ou mais canais (Miranda et al., 2017).

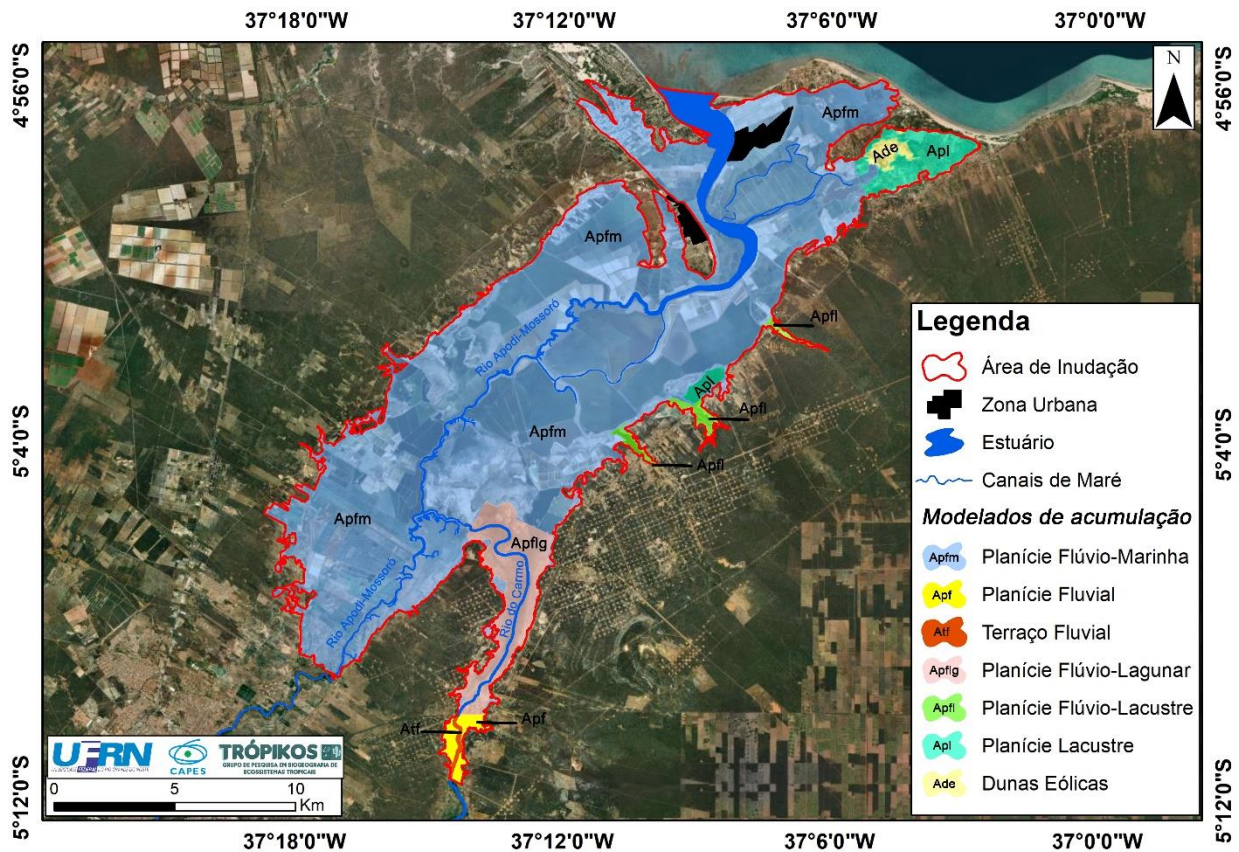


Figura 2. Áreas de modelados de acumulação do baixo curso do rio Apodi-Mossoró.
Fonte: Silva e Costa (2021).

No caso específico desse estudo, o sistema flúvio-lagunar desenvolvido na área, tem seu preenchimento mediante o escoamento fluvial do Rio do Carmo e pelas marés de sizígia locais do estuário do Rio Apodi-Mossoró.

Por sua vez, as áreas de Planície flúvio-lacustre - Apfl (2,5 km²/1%) e Planície lacustre – Apl (8,2 km²/3,1%) estão localizadas apenas na margem leste, ocorrendo em setores sob o efeito de processos combinados de acumulação fluvial e lacustre em pequenas depressões (proveniente do escoamento fluvial da elevação na margem leste). Alguns destes modelados foram gerados por barramentos para construção de uma rodovia federal (BR-110), com ênfase na lagoa (Apl) identificada no limite nordeste (Medeiros et al., 2018b).

Logo, as lagoas costeiras estão presentes por toda a costa do globo, ocupam no total cerca de 13% das zonas litorâneas mundial. Essas áreas têm um papel fundamente na regulação do fluxo e refluxo dos pulsos de maré, como também no escoamento superficial continental. Sendo

ambientes propícios ao controle de enchentes (Newton et al., 2018).

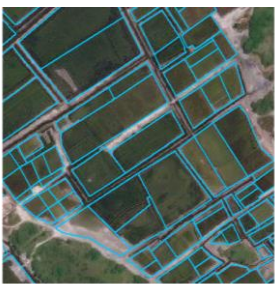
Por fim, o modelado das Dunas eólicas – Ade (1,6 km²/0,6%) foi identificado no setor nordeste da planície, próximo a planície lacustre, tendo sua gênese associada com a deposição recente de sedimentos arenosos marinhos pela intensa velocidade dos ventos, os quais também se tornaram um condicionante natural para o barramento e desenvolvimento do sistema lacustre, conforme identificado por Moraes e Pinheiro (2011) em outras localidades do litoral semiárido.

Identificação dos Macrohabitats

Verificou-se uma distribuição heterogênea de diferentes macrohabitats nos modelados da planície flúvio-marinha do rio Apodi-Mossoró, identificando-se 8 tipologias de áreas úmidas: (1) macrohabitats naturais - estuário, lagoas, laguna, manguezais e campos salinos; (2) macrohabitats antropogênicos - salinas solares mecanizadas, salinas solares artesanais e carcinicultura (Tabela 3 e Figura 3).

Tabela 3. Chave de interpretação dos macrohabitats da planície flúvio-marinha do rio Apodi-Mossoró.

CLASSE TEMÁTICA	IMAGEM	CARACTERÍSTICAS (tonalidade/cor, textura e forma)
Estuário		Coloração verde-escura; textura lisa e forma irregular (hidrografia meandrante)
Lagoa		Coloração verde-escura; textura rugosa e forma irregular (áreas de baixa profundidade, alagada periodicamente e totalmente isolada do oceano)
Laguna		Coloração cinza escura; textura lisa e forma irregular (área de baixa profundidade, alagada periodicamente pela drenagem fluvial e pulsos de maré)
Manguezal		Coloração verde-escura; textura rugosa e forma irregular (bosque de mangue)
Campo Salino		Coloração cinza; textura lisa e forma irregular (áreas planas em cota topográfica superior à de ocorrência do manguezal)

Salinas Mecanizadas – Tanques Evaporadores		Coloração verde-escura; textura lisa e forma regular (tanques construídos de forma aproximadamente retangular, com área variável e majoritariamente acima de 10 hectares)
Salinas Mecanizadas – Tanques Cristalizadores		Coloração branca; textura lisa e forma regular (tanques construídos de forma aproximadamente retangular, com área variável e majoritariamente inferior a 10 hectares)
Salinas Artesanais – Tanques Evaporadores		Coloração verde-escura; textura lisa e forma irregular (tanques construídos de tamanhos e formas distintas, com área variável e majoritariamente inferior a 3 hectares)
Salinas Artesanais – Tanques Cristalizadores		Coloração branca; textura lisa e forma irregular (tanques construídos de tamanhos e formas distintas, com área variável e majoritariamente inferior a 1 hectare)
Carcinicultura		Coloração verde-escura; com textura lisa e forma regular (tanques construídos de forma aproximadamente quadrada e retangular)

Fonte: Silva e Costa (2021), adaptado de Florenzano (2012).

A caracterização dos macrohabitats iniciou-se a partir da assimilação da tonalidade e cor de cada classe identificada. Foram consideradas as diferentes tonalidades entre as cores branca e preta (tons de cinza), onde quanto mais energia um ambiente refletir na imagem, mais

próximo à tonalidade branca ele estará. Os tanques cristalizadores das salinas mecanizadas e artesanais (profundidade média entre 10,0 e 20,0 cm – Costa, 2013) apresentaram essa coloração, diferenciando-se dos campos salinos e da laguna (quando seca – parcial ou totalmente), que apresentaram em uma

coloração cinza. A reflectância desses ecossistemas estão atreladas aos elevados teores de cloreto de sódio acumulados na superfície destes ambientes,

conforme identificado por Costa et al. (2018), assim como a baixa profundidade quando inundados.

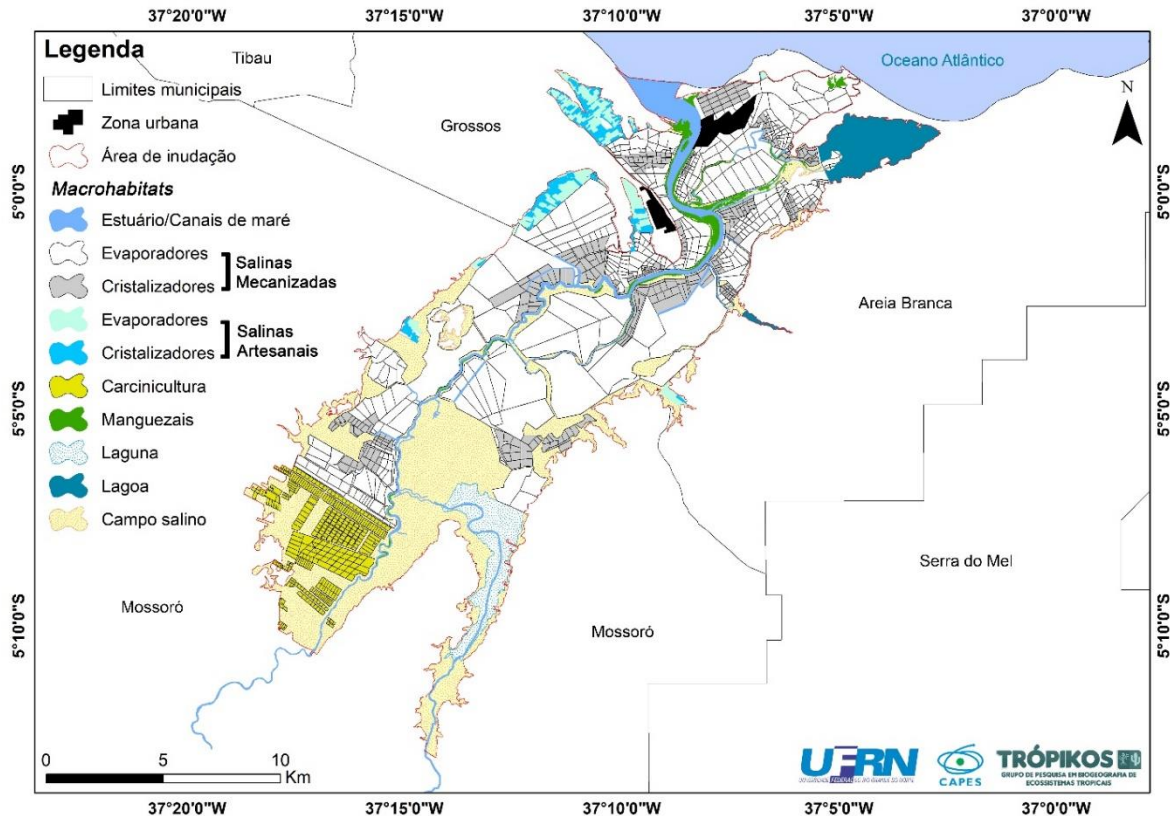


Figura 3. Mosaico de áreas úmidas hipersalinas da zona estuarina do Rio Apodi-Mossoró no ano de 2019.

Fonte: Silva e Costa (2021).

Em relação aos macrohabitats que espelham uma menor energia, estes apresentam coloração em tons mais escuros, ou seja, mais próximo à cor preta. Nessa perspectiva, foi denominada a cor verde-escuro para o estuário (profundidade média entre 6 e 8 m), os evaporadores das salinas mecanizadas (profundidade média entre 1,0 e 3,0 m – Costa, 2013) e artesanais (profundidade média entre 0,5 e 1,0 m – Costa, 2013), a carcinicultura (profundidade média entre 2,0 e 3,0 m), os manguezais e a lagoa (profundidade média entre 1,0 e 3,0 m). Essas áreas úmidas são inundadas periodicamente e com nível de profundidade maior, tornando-se mais turvos que os outros ecossistemas de coloração mais clara.

Quanto à textura, a maioria dos ambientes apresentou aparência lisa, com exceção da lagoa, que por apresentar profundidade rasa quando foi mapeada, possibilitou que seu substrato arenoso (associado ao campo de dunas circundante) lhe transparecesse uma textura rugosa, como também

o manguezal, cujo caráter rugoso se deve a sua cobertura vegetal heterogênea.

Por fim, foi analisada a forma de cada área úmida na imagem, onde verificou-se o padrão regular das salinas (artesanais e mecanizadas), tanto nos tanques evaporadores, quanto nos cristalizadores, e os tanques de carcinicultura. Todavia, em virtude da menor área ocupada, os tanques das salinas artesanais apresentaram tamanhos e formatos variados (embora retilíneos), demonstrando feições irregulares dependendo da escala cartográfica de observação.

Entre os macrohabitats analisados com formas irregulares, tem-se os demais ecossistemas considerados naturais (ex. estuário, manguezais, campos salinos, lagoas e a laguna). As formas identificadas nessa interpretação visual são semelhantes à exposta por Panizza e Fonseca (2011), onde cita que, “De modo geral, formas irregulares são indicadoras de objetos naturais [...], enquanto formas regulares indicam objetos artificiais ou culturais, construídos pelo homem [...]”.

Classificação de macrohabitats

Após a delimitação dos modelados e identificação dos macrohabitats existentes em cada modelado (tanto natural quanto artificial/antropogênico), procedeu-se com a classificação destes ambientes. Os mesmos foram segmentados nas seguintes tipologias de macrohabitats de áreas úmidas: (1) macrohabitats

naturais - estuário, lagoas, laguna, manguezais e campos salinos; (2) macrohabitats antropogênicos - salinas solares mecanizadas, salinas solares artesanais e carcinicultura. Estas classes ocupam hoje uma área total de 264,5 km² (Tabela 4 e Figura 3).

Tabela 4. Classificação das áreas úmidas e macrohabitats na planície flúvio-marinha do rio Apodi-Mossoró.

SISTEMAS	SUBSISTEMAS	SUBCLASSES	MACROHABITAT	Área (km ² /%)
AUs costeiras	AUs sujeita aos impactos dos pulsos previsíveis de curta duração de maré	AUs marinhas	Manguezais nas margens do estuário e canais de maré	2,7 (1%)
			Campo salino	78,5 (30,1%)
			Estuários	9,3 (3,5%)
	AUs separadas do mar com nível de água relativamente estável		Laguna	8,9 (3,4%)
	AUs separadas do mar com nível de água variável		Lagoas	8,7 (3,3%)
AUs antropogênicas	—	—	Salinas Solares Mecanizadas	132 (49,9%)
	—	—	Salinas Solares Artesanais	8,4 (3,2%)
	—	—	Carcinicultura	12,3 (4,7%)

Fonte: Silva e Costa (2021).

Através das respostas alcançadas com o mapeamento, tem-se uma predominância elevada das salinas solares mecanizadas, onde o total de ocupação da planície flúvio-marinha por este o uso da terra (tanques evaporadores e cristalizadores para produção de sal marinho) foi de 132 km² (49,9 % da área de estudo).

Em proporção oposta, o macrohabitat com menor expressão de área ocupada é o manguezal, com apenas 2,7 km² (1 % da área analisada). Sobre essa pouca área ocupada pelo ecossistema de mangue, Costa, De Medeiros Rocha e Cestaro (2014) explicaram que em virtude da elevada salinidade do estuário durante a maior parte do ano (> 35 gL⁻¹) e o assoreamento natural das margens, o manguezal apresenta uma formação em franja (apenas na zona intermaré das margens).

Após esse trecho, a salinidade do solo é bastante elevada em função do acúmulo natural de sais depositados na superfície pelas marés de sizígia, impossibilitando o seu desenvolvimento, ocorrendo apenas o campo salino. Outro aspecto

destacado pelos autores acerca da ocorrência do manguezal neste estuário diz respeito ao porte da vegetação, onde a altura do dossel e diversidade de espécies são maiores (~15 m e 4 espécies, respectivamente) nas áreas próximas a foz, onde a salinidade é semelhante à do oceano.

Já a montante, destacaram-se a ocorrência apenas de poucos e espaçados indivíduos de *Avicennia germinans* L./Verbenaceae, com altura inferior a 5 metros. Este fato é explicado pela maior saturação salina típica de estuários hipersalinos. Nesta pesquisa, verificou-se a existência de vegetação, onde a altura do dossel e a diversidade de extensas áreas a montante ocupadas pelo campo salino, não sendo detectados bosques ou fragmentos de manguezal.

Todavia, verificou-se que os macrohabitats estão distribuídos na área de estudo de uma forma heterogênea, em que, essa predominância da produção salineira e do fracionamento do manguezal vem sendo estudado em momentos anteriores. Em estudos sobre as áreas úmidas

tropicais, Saldanha e Costa (2019b) já identificaram em área próxima e semelhante, a ocorrência de zonas estuarinas, manguezais, salgados (apicuns) e salinas solares, classificando o espaço como um grande potencial na extração do sal.

De acordo com a classificação (Tabela 4), dos 08 macrohabitats identificados, 05 pertencem ao sistema “AUs costeiras”, divididas em três subsistemas: (1) áreas úmidas sujeitas aos impactos dos pulsos previsíveis de curta duração de maré (manguezais, campos salinos e estuário); (2) AU separada do mar com nível de água relativamente estável: laguna; (3) AUs separadas do mar com nível de água variável: lagoas costeiras. Já o sistema das “AUs antropogênicas” representa os macrohabitats de origem antrópica (salinas solares mecanizadas e artesanais e os tanques de carcinicultura), nos quais a ação humana influencia a hidrodinâmica de inundação (altura, frequência e transferência entre tanques) e área ocupada (Costa et al., 2015).

Destaca-se que o sistema de classificação nacional utilizado nesta pesquisa (Junk et al., 2015a) é semelhante a outras classificações similares (e.g. Ricaurte et al., 2019), as quais têm como base a classificação indicada pela Convenção Internacional de Ramsar (RAMSAR, 2013). Nesta convenção, as áreas úmidas foram distribuídas em três grupos: (1) marinhas e costeiras (marinhas, estuarinas, lacustres/palustres), (2) interiores (lóticas, lacustres, palustres, geotermiais) e (3) antrópicas (aquicultura, agricultura, extração de sais minerais, urbana e industrial).

Nessa perspectiva, Saldanha e Costa (2019b), aplicaram essa classificação de modo semelhante no estuário do rio Piranhas-Açu, inserido sob clima semiárido e localizado no litoral setentrional potiguar, próximo à área de estudo dessa referida pesquisa. De acordo com a

catalogação, foram identificados os seguintes macrohabitats: estuário, lagoas, salinas solares (mecanizadas), carcinicultura, manguezal e apicum. Ecossistemas bastante semelhante aos encontrados nesse especificado estudo.

Após a classificação das AUs, a última etapa consistiu na avaliação hidrodinâmica dos pulsos de inundação que influenciam cada macrohabitat, com base nos critérios de previsibilidade, frequência e amplitude (Tabela 5). Considerando a classificação dos modelados, quase todos os ambientes identificados nessa pesquisa são inundados pelos pulsos de maré totalmente ou parcialmente exceto as lagoas, de forma natural ou artificial. Especificamente no caso das AUs antropogênicas, o bombeamento de água do estuário para os tanques de produção de sal ou camarão marinho é realizado durante a preamar.

A maioria das AUs inseridas nas regiões costeiras da América do Sul são abastecidas pelos pulsos de inundações, que, ao oscilarem, permitem que os macrohabitats entrem em um sistema de fase terrestre e aquático. Assim sendo, os ecossistemas localizados nas zonas tropicais são preenchidos por organismos que se adaptaram a dinâmica espaço-temporal entre os meios aquáticos e terrestres, de acordo a previsibilidade, frequência e amplitude, dos pulsos de maré (Wittmann et al., 2015).

A partir de então, dos 08 macrohabitats identificados, 05 apresentaram pulsos de inundação previsíveis, conforme a hidrodinâmica destes ambientes (estuário, manguezal, salinas solares mecanizadas, salinas solares artesanais e carcinicultura). Já os macrohabitats “lagoas, laguna e campo salino” apresentam pulsos imprevisíveis, uma vez que além do aporte de água marinha, também são inundados pelo aporte fluvial sazonalmente.

Quadro 5. Caracterização do pulso de inundação nos macrohabitats da planície flúvio-marinha do Rio Apodi-Mossoró.

MACROHABITAT	PREVISIBILIDADE	FREQUÊNCIA	AMPLITUDE
Estuário	Previsível	Polimodal	Variável
Lagoa	Imprevisível	Polimodal	Variável
Laguna	Imprevisível	Polimodal	Alta
Manguezal	Previsível	Polimodal	Variável
Campo salino	Imprevisível	Polimodal	Alta
Salinas Solares Mecanizadas	Previsível	Monomodal	Variável
Salinas Solares Artesanais	Previsível	Monomodal	Variável
Carciniculturas	Previsível	Monomodal	Variável

Fonte: Silva e Costa (2021), adaptado de (Junk et al., 2015a).

O estuário é influenciado diretamente pelos sistemas de marés, pois tem uma conexão direta com o oceano por onde adentram os pulsos que alimentam os outros ecossistemas (Miranda et al., 2017).

Com relação ao manguezal encontrado nas margens do estuário do rio Apodi-Mossoró, este ecossistema está sujeito ao regime diário das marés (através do estuário e canais de maré). Este resultado condiz, pois o aspecto cíclico deste padrão de inundação é um dos agentes reguladores da dispersão de sementes e propágulos das espécies vegetais, influenciando diretamente na sua distribuição e dispersão na área (Duke et al., 1998; Bunt, 1999).

Após a determinação da previsibilidade, verificou-se que 05 macrohabitats (estuário, lagoas, laguna, manguezal e campo salino) apresentam frequência polimodal, pois recebem inundações de fontes e intensidades diferenciadas. Por sua vez, as AUs antropogênicas (salinas solares mecanizadas, salinas solares artesanais e carcinicultura) apresentam frequência monomodal, uma vez que o fluxo de inundação é controlado apenas pela ação humana diariamente (Costa et al., 2015).

A água captada para produção de sal bombeada para os tanques evaporadores das salinas (artesanais e mecanizadas) representou um pulso diário nestes tanques com água marinha ou estuarina (salinidade entre 35 a 50 g.L⁻¹). Após a saturação salina próxima a 200 g.L⁻¹ (período de 90 a 100 dias nos tanques evaporadores), a salmoura é transferida para os tanques cristalizadores para formação natural da camada de halita – sal marinho (Costa, 2013). Já a atividade de criação de camarão marinho em cativeiro utiliza água dos pulsos de maré estuarinos na preamar, seja por bombeamento ou na perfuração de poços na planície flúvio-marinha (Bessa Júnior e Henry-Silva, 2018).

Por fim, identificou-se uma amplitude variável dos pulsos de inundação em 06 macrohabitats, exceto na laguna e no campo salino (amplitude alta). Conforme as características hidrodinâmicas já comentadas anteriormente, as áreas com amplitude variável estão submetidas a processos de funcionamento (naturais e humanos) com influência menor daquelas que apresentam amplitude alta, uma vez que estas últimas são inundadas tanto por marés de sizígia (altura superior a 3,5 metros) quanto pela cheia fluvial sazonal.

Ainda com relação a laguna e os campos salinos, estes últimos têm sua ocorrência em maior área ocupada na parte do alto estuário/montante da planície flúvio-marinha do rio Apodi-Mossoró

(Figura 3). Esta zona está localizada entre 30 e 40 km da foz, sendo inundada apenas pelos prismas de maré de sizígia, ou nas cheias anuais dos rios Apodi-Mossoró e Carmo. Portanto, foram caracterizadas com nível de amplitude alto, sendo afetada apenas por um sistema de pulso de maré e outro fluvial.

Em estudo realizado no mesmo ambiente, Guedes, Santos e Costa (2019) mostram que a planície-flúvio marinha se estende por cerca de 35 km do encontro com oceano Atlântico, onde, os ecossistemas encontrados nessa porção do estuário são abastecidos pela drenagem continental e fluvial, como pelos grandes pulsos de marés altas que adentram pelo canal principal do estuário, locais onde está inserida a laguna e boa parte dos campos salinos do rio Apodi/Mossoró.

Sobre o macrohabitat classificado como laguna, destaca-se que se trata de um corpo d'água raso (profundidade média inferior a 3,0 metros) e de caráter sazonal. Este último aspecto está diretamente associado a dinâmica meteorológica do clima semiárido e com a ocorrência de marés de sizígia elevadas (> 3 m), apresentando períodos com volume bastante variável, inclusive com seca total.

O uso de abordagens na aplicação de dados de sensoriamento remoto com base nos pulsos de inundações, tem ganhado relevância tanto no papel da hidrodinâmica das marés quanto dos sistemas fluviais na identificação e caracterização dos macrohabitats, assim como na avaliação dos pulsos, principalmente nos classificados como imprevisíveis, curtos e polimodais (Soares e Dominguez, 2012; Hernández-Guzmán et al., 2016)

Conclusão

A partir dos resultados alcançados no referido estudo, constatou-se que a abordagem de utilização integrada de diferentes técnicas foi fundamental para a identificação e caracterização detalhada dos macrohabitats, principalmente quanto a sua hidrodinâmica.

Com o foco da classificação e identificação dos macrohabitats distribuídos na planície flúvio-marinha do rio Apodi-Mossoró/RN, pode-se certificar que a metodologia desenvolvida foi satisfatória. Foi possível delimitar a distribuição das AUs naturais e artificiais em toda a extensão estudada por meio do uso de ferramentas de geotecnologias, podendo-se assim analisar as características gerais de cada macrohabitat.

Verificou-se que o ecossistema artificial das salinas solares (mecanizadas e artesanais) foi a

feição mais presente na paisagem da planície flúvio-marinha do Rio Apodi-Mossoró, representando um importante uso humano nesta planície hipersalina semiárida.

Embora já existam pesquisas com foco específico sobre os usos econômicos na área (produção de sal, cultivo de camarão marinho e pesca em geral), identificou-se a necessidade de estudos mais detalhados sobre os aspectos geoecológicos, tanto dos macrohabitats quanto dos modelados geomorfológicos identificados.

Especificamente em relação aos modelados e tipos de pulsos de inundação, poucos dados foram encontrados para balizar a delimitação dos limites em escala de maior detalhe entre um ambiente e outro, inclusive para compreensão sobre onde seriam zonas de ecótono. A maioria dos textos encontrados referem-se majoritariamente a áreas de clima úmido ou subúmido, não havendo clareza na transposição de termos para as planícies de inundação semiáridas.

Portanto, conclui-se que esta proposta de classificação se torna uma ferramenta de fundamental importância para o ordenamento territorial costeiro no âmbito ecológico e econômico, aliado com a conservação dos ecossistemas locais na área de estudo e em outros ambientes semelhantes.

Agradecimentos

Agradecemos ao Centro de Ensino Superior do Seridó/Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CERES/UFRN), pelo custeio dos trabalhos de campo, assim como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de Bolsa de Pesquisa/Mestrado para D.E. Moreira da Silva (CAPES/UFRN/GEOCERES). D.F.S. Costa agradece a Pró-Reitoria de Pesquisa da UFRN (PVF16910-2019) e ao Instituto Nacional de Áreas Úmidas – INAU/INCT-CNPq (MCTI/CNPq/CAPES/FAPs - Proc.465436/2014-5/2017-2020) pelo apoio financeiro a esta pesquisa. Os autores também agradecem pelas correções dos revisores anônimos da revista, as quais representaram contribuições de imenso valor para a versão final deste manuscrito.

Referências bibliográficas

- Adamo, M., Tarantino, C., Tomaselli, V., Veronico, G., Nagendra, H., Blonda, P., 2016. Habitat mapping of coastal wetlands using expert knowledge and earth observation data. *Journal of Applied Ecology* 53, 1521-15-32.
- Besa Júnior, A.P., Henry-Silva, G.G., 2018. Avaliação zootécnica e econômica da criação de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) em diferentes estratégias de manejo e densidades. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 70, p. 1887-1898.
- Bunt, J.S., 1999. Overlap in mangrove species zonal patterns: some methods of analysis. *Mangroves and Salt Marshes* 3, 155-164.
- Burger, M.I., 2000. Situação e ações prioritárias para conservação de banhados e áreas úmidas da Zona Costeira. ANP, Brasília.
- Christofolletti, A., 1980. Geomorfologia, 2 ed. Edgard Blücher, São Paulo.
- Costa, D.F.S., 2013. Caracterização ecológica e serviços ambientais prestados por salinas tropicais. Tese (Doutorado). Aveiro-POR, Universidade de Aveiro.
- Costa, D.F.S., De Medeiros Rocha, R., Cestaro, L.A., 2014a. Análise fitoecológica e zonação de manguezal em estuário hipersalino. *Revista Mercator* 13, 119-126.
- Costa, D.F.S., Barbosa, J.E.L., Rocha, R.M., Soares, A.M.V.M., Lillebø, A.I., 2014b. Multifactorial analysis of the geochemical characterization in a Brazilian hypersaline floodplain. *Brazilian journal of aquatic science and technology – BJASt* 18, 81-90.
- Costa, D.F.S., Guedes, D.R.C., De Medeiros Rocha, R., Barbosa, J.E.L., Soares, A.M.V.M., Lillebø, A.I., 2014c. Influência de macroaspectos ambientais na produção de sal marinho no litoral semiárido do Brasil. *Revista de Geografia* 31, 28-42.
- Costa, D.F.S., De Medeiros Rocha, R., Candido, G. A.; Lillebø, A.I., 2015. Geographical location and solar salt production. *Mercator* (Fortaleza. Online) 14, 91-98.
- Costa, D.F.S., Guedes, D.R.C., Silva, D.E.M., 2016. Identificação dos padrões morfométricos dos sistemas lacustres e flúvio-lagunares no litoral setentrional do Rio Grande do Norte. *Boletim Paulista de Geografia* 94, 65-83.
- Costa, D.F.S., Silva, D.E.M., Souza, A.C.D., Saldanha, D.S., Lillebø, A.I., 2018. Precipitação geoquímica em ambientes evaporíticos/hipersalinos – o caso das salinas solares do Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste* 4, 58-70.
- Cunha, C.M.L., Souza, T.A.A., 2010. Cartografia do relevo de áreas de sedimentação recente: o caso do litoral sul paulista. *Geociências* 29, 187-199.
- Diniz, M.T.M., Oliveira, G.P., 2016. Proposta de compartimentação em mesoescala para o litoral do

- nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 17, 565-590.
- Diniz, M.T.M., Pereira, V.H.C., 2015. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. *Boletim Goiano de Geografia*, 35, 488-506.
- Duke, N.C., Ball, M.C., Ellison, J.C., 1998. Factors influencing in mangroves biodiversity and distributional gradients. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7, 27-47.
- Finlayson, C.M., Van Der Valk, A.G., 1995. Wetland classification and inventory: A summary. *Vegetatio*, 118, 185-192.
- Finlayson, C.M., Capon, S.J., Rissik, D., Pittock, J., Fisk, G., Davidson, N.C., Bodmin, K.A., Papas, P., Robertson, H.A., Schallenberg, M., Saintilan, N., Edyvane, K., Bino, G., 2017. Policy considerations for managing wetlands under a changing climate. *Marine and Freshwater Research* 68, 1803-1815.
- Finlayson, C.M., Davies, G.T., Moomaw, W.R., Chmura, G.L., Natali, S.M., Perry, J.E., Roulet, N., Sutton-Grier, A.E., 2018. The Second Warning to Humanity – Providing a Context for Wetland Management and Policy. *Wetlands* 39, 1-5.
- Florenzano, T.G., 2002. Imagens de satélite para estudos ambientais. Oficina de textos, São Paulo.
- Florenzano, T.G., 2011. Iniciação em sensoriamento remoto, 3 ed. Oficina de textos, São Paulo.
- Francisco, C.N., Almeida, C.M., 2012. Interpretação de imagens orbitais por meio de sistema especialista para o mapeamento de cobertura da terra em região montanhosa. *Sociedade & Natureza* 24, 283-302.
- Gallant, A.L., 2015. The challenges of remote monitoring of wetlands. *Remote Sens.* 7, p. 1.938-1.950.
- Goerl, R.F., Kobiyama, M., Santos, I. 2012. Hidrogeomorfologia: princípios, conceitos, processos e aplicações. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 13, 103-111.
- Gomes, C.S., Magalhaes Júnior, A.P., 2018. Sistemas de classificação de áreas úmidas no Brasil e no mundo: panorama atual e importância de critérios hidrogeomorfológicos. *Geo UERJ* 33, 1-32.
- Guedes, D.R.C., Santos, N.M., Costa, D.F.S., 2019. Geodiversidade e serviços ecossistêmicos: interações na planície flúvio-marinha do litoral setentrional do Rio Grande do Norte (NE/Brasil). *Revista GeoUECE (Online)* 8, 133-151.
- Hernández-Guzmán, R., Ruiz-Luna, A., Berlanga-Robles, C.A., Ponce-Palafox, J.T., 2016. Analysis of flood pulse dynamics in the lower basin of the San Pedro River (northwestern Mexico) using remote sensing. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 44, 293-304.
- Hess, L.L., Melack, J.M., Affonso, A.G., Barbosa, G., Gastil-Buhl, M., Novo, E.M.L.M., 2015. Wetlands of the lowland Amazon basin: extent, vegetative cover, and dual-season inundated area as mapped with JERS-1 synthetic aperture radar. *Wetlands* 35, 745-756.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Manual Técnico de Geomorfologia. 2 ed. Rio de Janeiro.
- Jensen, J.R., 2009. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres, 2 ed. Parêntese, São José dos Campos
- Jiang, T., Pan, J., Pu, X., Wang, B., Pan, J., 2015. Current status of coastal wetlands in China: degradation, restoration, and future management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 15, 1-30.
- Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks, R.E., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems, in: Dodge, D.P. (Org.), *Proceedings of the International Large River Symposium*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science, Ottawa, pp. 110-127.
- Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Lourival, R., Wittmann, F., Kandus, P., Lacerda, L.D., Bozelli, R.L., Esteves, F.A., Nunes da Cunha, C., Maltchik, L., Schöngart, J., Schaeffer-Novelli, Y., Agostinho, A.A., Nóbrega, R.L.B., Camargo, E., 2015a. Definição e classificação das Áreas Úmidas (AUs) brasileiras: Base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável. EdUFMT, Cuiabá.
- Junk, W.J., Wittmann, F., Schöngart, J., Piedade, M.T.F., 2015b. A classification of the major habitats of Amazonian black-water river floodplains and a comparison with their. *Wetlands Ecol Manage* 23, 677-693.
- Keizer, F.M., Schot, P.P., Okruszko, T., Chormański, J., Kardel, I., Wassen, M.J.A. 2014. new look at the Flood Pulse Concept: The (ir)relevance of themoving littoral in temperate zone rivers. *Ecological Engineering* 64, 85-99.
- Klemas, V.V., 2001. Remote sensing of landscape-level coastal environmental indicators. *Environmental Management* 27, 47-57.
- Klemas, V., 2013. Remote sensing of emergent and submerged wetlands: an overview. *International Journal of Remote Sensing* 34, 6286-6320.
- Lang, S., Blaschke, T. 2009. Análise da paisagem com SIG. Oficina de Textos, São Paulo.
- Liu, Q., Mou, X., 2016. Interactions between surface water and groundwater: key processes in ecological restoration of degraded coastal wetlands caused by reclamation. *Wetlands* 36, 95-102.
- Mahdavi, S., Salehi, B., Granger, J., Amani, M., Brisco, B., Huang, W., 2017. Remote sensing for wetland classification: a comprehensive review. *GIScience & Remote Sensing* 55, 1-76.
- Mao, D., Wang, Z., Du, B., Li, L., Tian, Y., Jia, M., Zeng, Y., Song, K., Jiang, M., Wang, Y., 2020.

- National wetland mapping in China: A new product resulting from object-based and hierarchical classification of Landsat 8 OLI images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 164, 11-25.
- Medeiros, D.H.M., Cavalcante, A.A., Pinheiro, L.S., De Medeiros Rocha, R., 2018a. Variação longitudinal da salinidade do estuário hipersalino do Rio Apodi/Mossoró (Rio Grande do Norte, Brasil). *Revista Brasileira de Geografia Física* 11, 850-863.
- Medeiros, D.H.M., Pinheiro, L.S., Medeiros, J.P.O., De Medeiros Rocha, R., 2018b. Condicionantes geomorfológicas e hidroclimáticas para hipersalinização em sistemas lacustres costeiros do semiárido brasileiro. *Revista de Geografia* 35, 32-42.
- Miranda, L.B., Andutta, F.P., Kjerfve, B., Castro Filho, B.M., 2017. *Fundamentals of Estuarine Physical Oceanography*. Springer, Singapore.
- Morais, J.O., Pinheiro, L.S., 2011. The effect of semi-aridity and damming on sedimentary dynamics in estuaries - Northeastern region of Brazil. *Journal of Coastal Research* 64, 1540-1544.
- Newton, A., Brito, A.C., Icelly, J.D., Derolez, V., Clara, I., Angus, S., Schernewski, G., Inácio, M., Lillebø, A.I., Souza, A.I., Béjaoui, B., Cosimo, S., Totic, M., Cañedo-Argüelles, M., Yamamuro, M., Reizopoulou, S., Tseng, H., Donata, C., Roselli, L., Maanan, M., Cristina, S., Ruiz-Fernández, A.C., Lima, R., Kjerfve, B., Rubio-Cisneros, N., Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C., Pastres, R., Pranovi, F., Snoussi, M., Turpie, J., Tuchkovenko, Y., Dyack, B., Brookes, J., Povilanskas, R., Khokhlov, V., 2018. Assessing, quantifying and valuing the ecosystem services of coastal lagoons. *Journal for Nature Conservation* 44, 50-65.
- Oliveira, A.M., Saldanha, D.S., Souza, A.C.D., Costa, D.F.S., 2017. Mapeamento de depósitos sedimentares e de canais fluviais no baixo curso do rio Piancó-Piranhas-Açu (RN). *Pensar Geografia* 1, 220-235.
- Panizza, A.C., Fonseca, F.P., 2011. Técnicas de interpretação visual de imagens. *Revista GEOUSP – Espaço e Tempo* 30, 30-43.
- Paranhos Filho, A.C., Lastoria, G., Torres, T.G., 2008. *Sensoriamento remoto ambiental aplicado: introdução as geotecnologias*. Editora da UFMS, Campo Grande.
- Qgis Team, Q.D., 2015 QGIS Geographic Information System: Free Software Foundation. 2015. Disponível: https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html>. Acesso: 28 dez. 2019.
- RAMSAR., 2013. *The Ramsar Convention Manual: a Guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)*, 6 ed. Gland, Switzerland.
- Ricaurte, L.F., Patiño, J.E., Zambrano, D.F.R., Arias-G, J.C., Acevedo, O., Aponte, C., Medina, R., González, M., Rojas, S., Flórez, C., Estupinan-Suarez, L.M., Jaramillo, U., Santos, A.C., Lasso, C.A., Nivia, A.A.D., Calle, S.R., Vélez, J.I., Acosta, J.H.C., Duque, S.R., Núñez-Avellaneda, M., Correa, I. D., Rodríguez-Rodríguez, J.A., Vilardy-Q, S.P., Prieto-C, A., Rudas-Li, A., Cleef, A.M., Finlayson, C.M., Junk, W.J., 2019. A classification system for colombian wetlands: an essential step forward in open environmental policy-making. *Wetlands* 39, 971-990.
- Saldanha, D.S. Costa, D.F.S., 2019a. Classificação dos serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas úmidas na zona estuarina do Rio Piancó-Piranhas-Açu (Nordeste, Brasil). *Ateliê Geográfico* 13, 263-282.
- Saldanha, D.S. Costa, D.F.S., 2019b. Classificação das áreas úmidas no sistema estuarino do rio Piranhas-Açu (NE-Brasil). *Revista GeoUECE* 8, 152-164.
- Santos, C.M.L.S.A. 2018. *Estatística Descritiva – Manual de Auto-aprendizagem*, 3 ed. Edições Sílabo, Lisboa-POR.
- Soares, G.S., Dominguez, J.M.L., 2012. Zonas úmidas na planície costeira do rio Itapicuru, litoral norte do estado da Bahia, Brasil: classificação e controles ambientais. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 12, 223-237.
- Valle-Levinson, A., Schettini, C.A.F., 2016. Fortnightly switching of residual flow drivers in a tropical semiarid estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 169, 46-55.
- Wilkins, E.J., Sinclair, W., Miller, H.M., Schuster, R.M., 2018. Does proximity to wetlands matter? A landscape-level analysis of the influence of local wetlands on the public's concern for ecosystem services and conservation involvement. *Wetlands* 39, 1-10.
- Wittmann F., Householder, E., Oliveira, A., Wittmann, Lopes, A., Junk, w., Piedade, M.T.F., 2015. Implementation of the Ramsar Convention on South American wetlands: an update. *Research and Reports in Biodiversity Studies* 4, 47-58.