

## Geoprocessamento aplicado a caracterização ambiental da vegetação em zonas úmidas hipersalinas

Daiane Medeiros Araújo<sup>a</sup>  
David Hélio Miranda de Medeiros<sup>a</sup>  
Diógenes Félix da Silva Costa<sup>a,b</sup>  
Renato de Medeiros Rocha<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Laboratório de Ecologia do Semiárido / Departamento de Geografia  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Campus de Caicó)  
Rua Joaquim Gregório, s/n, Penedo, 59.300-000, Caicó-RN, Brasil.  
Email: daiane.labesa@yahoo.com.br  
davidgeo@yahoo.com.br  
renatoaico@yahoo.com.br

<sup>b</sup> Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro (Campus de Santiago)  
3810-193 Aveiro, Portugal.  
Email: diogenesgeo@yahoo.com.br

**Abstract.** The saline and hypersaline wetlands are important aquatic ecosystems, with high ecological complexity, been necessary for the process of environmental establishment and biodiversity conservation in many places around of the coastal zone. In this sense, the mapping of the spatial distribution of coastal wetlands is essential for decision makers, main for the environmental management. So, this research had as main objective to analyze the vegetal distribution in an estuarine floodplain of the Apodi-Mossoró River (Northeast of Brazil). The method of plots were used to obtain the data that confirm the presence and abundance of that species in the indicated area, which has approximately 87 hectares. The calculation of similarity of the spectral signature of pixels was based on an image of CBERS 2B (CCD) through the tool "Leitura de Pixel" in software SPRING. The vegetation component was mainly represented by exotic species of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Fabaceae: Mimosoideae) and autoctone palm tree *Copernicia prunifera* (Miller) H.E. Moore. In a general analysis, comparing the totals of individuals surveyed in each plot, the area analyzed has an average density of specimens of *C. prunifera* in the order of 29.5 per hectare, with a standard deviation of 3.5. These species showed a random distribution profile along the plots analyzed, not being identified no pattern of zonation. So, the vegetation showed an abundance of exotic vegetation, partly demonstrating the viability of this area for occupation by solar saltworks, with a low potential for impact in an environment.

**Palavras-chave:** remote sensing, estuarine seloodplain, *Copernicia prunifera*, hypersalinity, Brazil, sensoriamento remoto, planície de inundação estuarina, *Copernicia prunifera*, hipersalinidade, Brasil.

## 1. Introdução

As zonas úmidas salinas e hipersalinas representam importantes ecossistemas aquáticos, de alta complexidade ecológica, importantes para o processo de estabilidade ambiental e manutenção da biodiversidade local/regional (Amezaga et al., 2002). Por se encontrarem situados em terrenos planos e/ou abaciados, frequentemente estão “encharcados” pelas marés estuarinas, fixando carbono, retendo água e íons no solo, e aumentando a capacidade de filtragem das águas e de regularização da vazão da água na drenagem local (Soares e Dominguez, 2012).

Essas planícies são zonas de supamaré essencialmente de baixo aporte de sedimentos clásticos, com altas taxas de evaporação e formação natural de crostas de sais (evaporitos/rochas sedimentares químicas), sendo denominadas primeiramente pelos árabes como "*sabkhas*" (*salt flats* em inglês) (Kendall, 1984; Kendall e Harwood, 1996). Tais ambientes estão propensos à inundações periódicas e deposição evaporítica, dominada por carbonatos, halitas e/ou sulfatos, podendo ocorrer em zonas interiores ou costeiras. São comuns em áreas costeiras de regiões áridas com topografia plana, desenvolvendo-se em resposta a duas condições ambientais: a deflação de sedimentos de superfície, acumulação de sedimentos em uma lagoa/depressão, ou por uma combinação de ambos os processos (Evans, 1970; Al Farraj, 2005).

O estudo dessas áreas estuarinas tem importância dentro dos ecossistemas costeiros, principalmente na concepção das diretrizes para sua conservação (Meireles e Vicente da Silva, 2002). Nesse sentido, a observação da distribuição espacial das zonas úmidas costeiras é fundamental para a tomada de decisões, com o objetivo de definir políticas públicas ou privadas na gestão ambiental (Nicácio e Loch, 2002). Nessa perspectiva, a facilidade e baixo custo das imagens de satélite e sua praticidade em extração das feições ambientais em conjunto com as ferramentas de Geoprocessamento e criação de Sistemas de Informação Geográficos, permite ao gestor ambiental a extração de informações necessárias as suas tomadas de decisão com mais rapidez e acurácia (Xavier da Silva e Zaidan, 2007).

O presente trabalho tem como objetivo analisar a caracterização do componente vegetal encontrado na zona de inundação estuarina do Rio Apodi-Mossoró (Estado do Rio Grande do Norte – Brasil) (Figura 1). Para tanto, foram utilizadas técnicas de inventário florestal e processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, propiciando uma série de dados comparativos para toda zona estuarina. Estas áreas foram analisadas quanto ao perfil geomorfológico onde estão situadas, juntamente com o mapeamento das principais classes de ocupação do solo nas mesmas, diversidade e estrutura da comunidade florestal.

## 2. Material e métodos

Com relação ao período analisado, foram obtidas imagens de satélites junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e ao Instituto Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN - IDEMA, correspondentes aos anos de 2002, 2005 e 2009. A produção do material cartográfico teve como base as imagens dos seguintes satélites: Ikonos 02 (2002); Spot (2005) e CBERS 2B (2008 e 2009).

Para atingir a precisão desejada, as imagens foram georreferenciadas na grade de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), iniciando-se pelas cartas topográficas (em formato digital) da SUDENE (SB-24-X-D-I, Mossoró), em escala de 1:100.000, a partir do Datum Córrego Alegre. Logo em seguida, após se concluir este processo, o Datum das cartas foi modificado para SAD 69 (esferóide).

A classificação dos tipos de ocupação do solo foi realizada com base em Amaro et. al. (2005). A delimitação das classes de ocupação, produção de material cartográfico digital e tratamento digital de imagens de sensoriamento remoto foram realizados com o auxílio do *software* Spring 5.1.4 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Câmara et al., 1996). Neste *software* foram realizados o realce de contraste das imagens de satélite, mapeamento e produção do material cartográfico. As cenas foram mosaicaadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), bem como todo o processo de manipulação e integração dos dados espaciais. Para a tabulação e armazenamento dos dados foi utilizado o *software* Microsoft Excel.

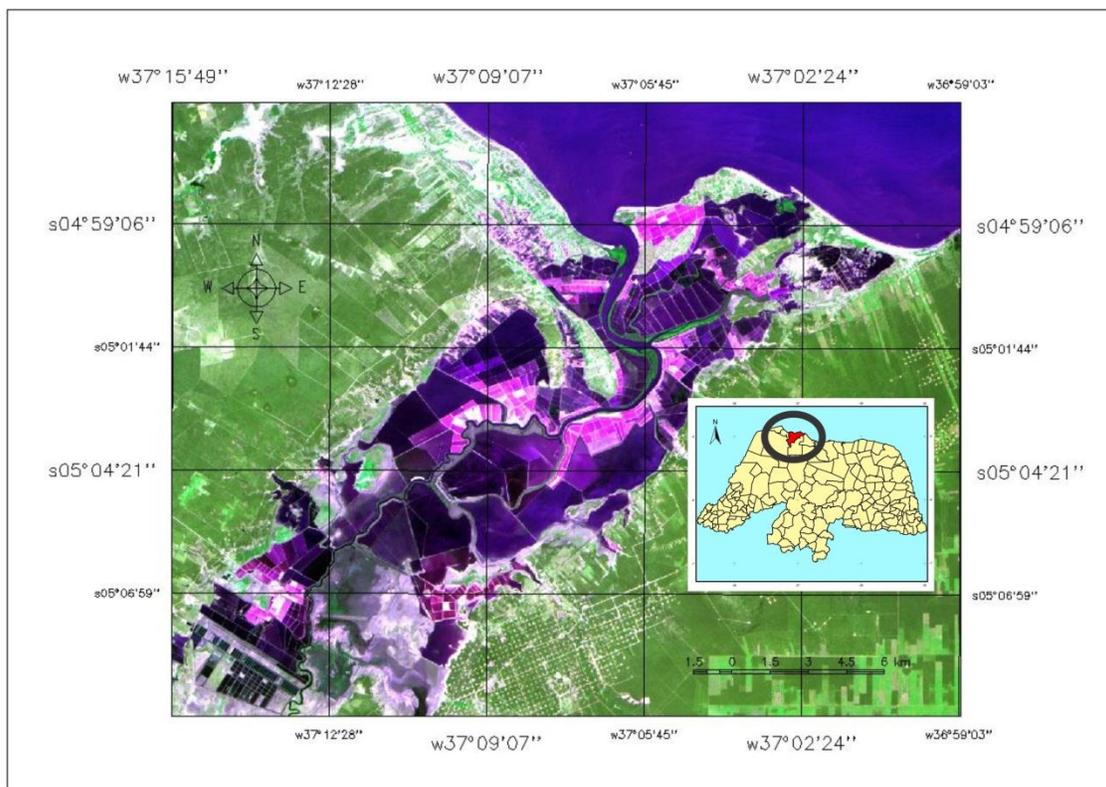


Figura 1. Mapa de localização do estuário do Rio Apodi-Mossoró (RN).

Com relação à semelhança da assinatura espectral dos pixels, esse procedimento foi realizado com base em uma imagem do satélite CBERS 2B, de 11/10/2008 (sensor CCD, ponto 149, órbita 106, composição 3R2G4B). Para se obter o valor dos pixels tanto das Áreas 01 e 02 como das potenciais áreas teste, foi utilizado a ferramenta “Leitura de pixel”, no *software* Spring (Figura 2). Através dessa técnica obtêm-se uma matriz numérica do ponto consultado na imagem, com os valores do pixel central e zona periférica.

### 3. Resultados

A área escolhida como ideal para se efetuar o levantamento da vegetação cobre uma área de aproximadamente 600 metros. De acordo com a leitura dos pixels dessa área com relação aos das Áreas 01 e 02, tem-se que para as bandas 03 (R), 02 (G) e 04 (B), a área teste escolhida apresentou os seguintes valores do pixel central: 102, 118 e 41. Por sua vez, a Áreas 01 e 02 apresentaram os seguintes valores do pixel central: 106 - 128 - 42 e 102 - 118 - 41, respectivamente (Tabela 1 e Figura 2).

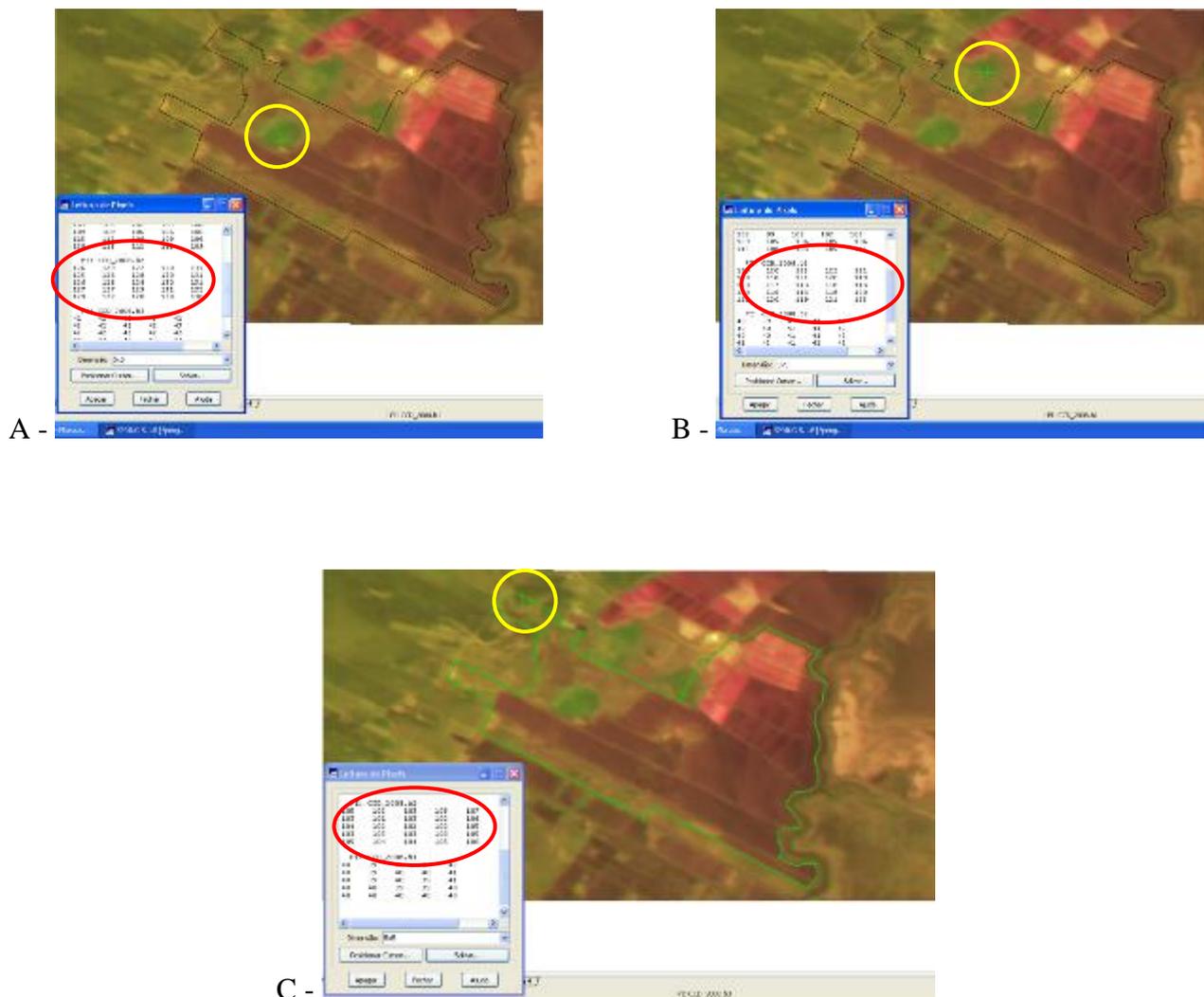


Figura 2. Processo de leitura dos pixels na imagem do satélite CBERS 2B – CCD (2008): A – Área N. 01, B – Área N. 02 e C – Área-teste.

Tabela 1. Tabela com as coordenadas geográficas/UTM e matrizes numéricas das áreas analisadas (Área 01, Área 02 e área-teste), com destaque para a zona periférica (em amarelo) ao pixel central (em vermelho) dos pontos consultados.

ÁREA 01														
Long = o 37:16:53.062					Lat = s 05:04:53.002									
X = 690518,9 m / Col: 201					Y = 9438083,9 m / Lin: 111									
Banda 03					Banda 02					Banda 04				
100	103	102	102	105	126	129	127	130	131	41	42	40	43	42
105	105	102	105	106	125	128	128	130	131	42	42	42	42	43
109	109	106	106	106	126	128	128	130	131	42	42	42	42	42
115	112	109	109	106	127	127	129	131	132	44	42	42	42	42
120	115	112	112	109	129	127	128	128	130	45	42	43	43	43
ÁREA 02														
Long = o 37:17:17.197					Lat = s 05:03:56.075									
X = 689780,1 m / Col: 164					Y = 9439834,7 m / Lin: 23									
Banda 03					Banda 02					Banda 04				
109	108	106	108	109	105	102	103	103	107	40	39	40	40	42
111	108	108	108	112	103	101	103	102	106	40	39	40	40	41
111	109	108	108	109	104	102	102	102	105	40	39	40	39	41
111	108	109	108	108	103	103	103	103	105	40	40	39	39	40
111	109	109	111	109	105	104	104	105	106	40	40	40	40	40
ÁREA TESTE														
Long = o 37:16:30.584					Lat = s 05:04:16.172									
X = 691214,3 m / Col: 236					Y = 9439213,5 m / Lin: 54									
Banda 03					Banda 02					Banda 04				
95	95	97	100	102	120	120	123	122	121	40	39	41	41	42
97	97	99	100	103	119	118	121	120	119	40	40	41	41	42
103	99	102	102	105	120	117	118	118	118	40	40	41	41	42
109	105	106	105	106	120	119	118	118	120	41	42	41	42	42
115	108	108	105	111	121	120	119	121	123	42	42	42	43	43

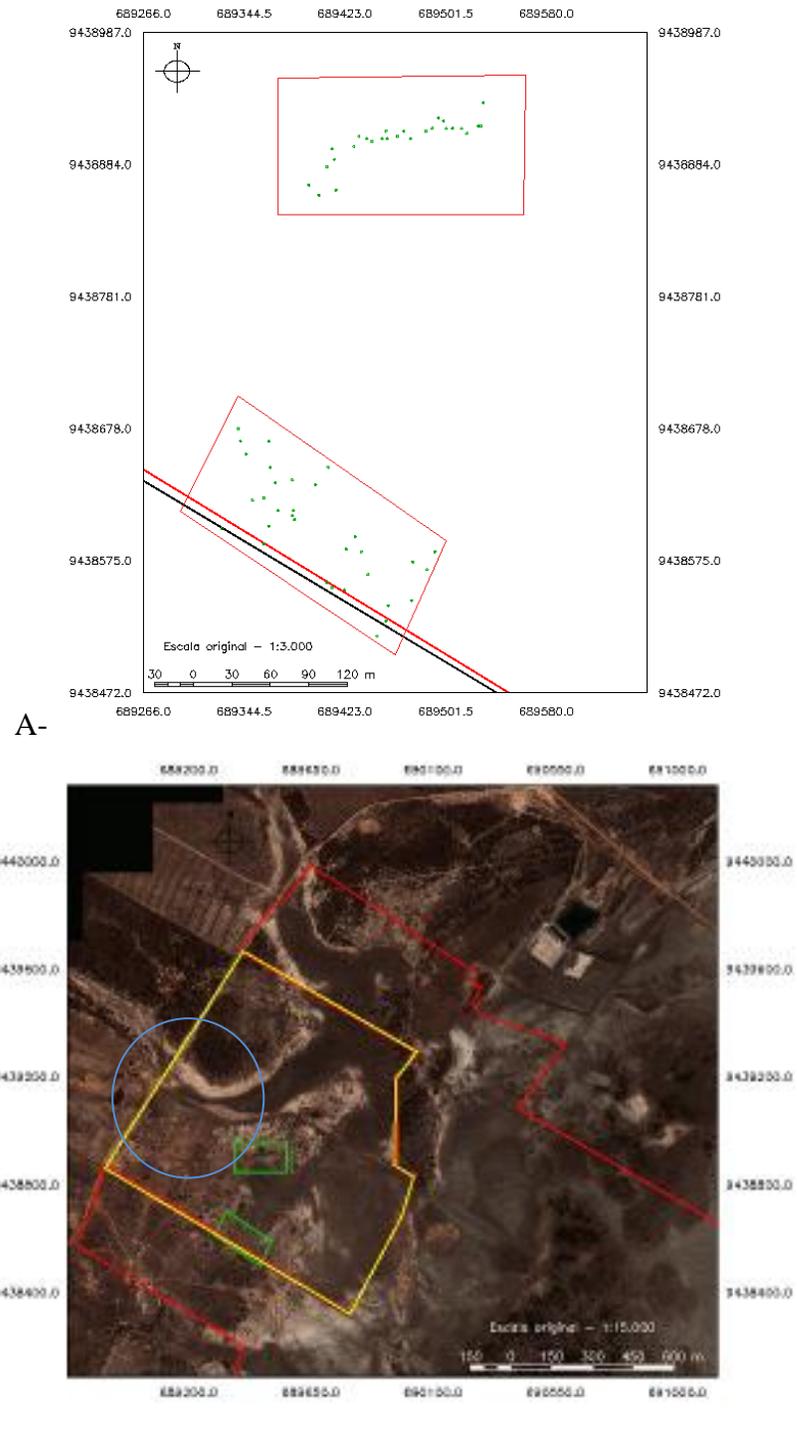


Figura 3. Modelo com as parcelas amostrais (A) e plotagem dessas parcelas na área (B).

Uma vez que a área teste demonstrou que grande parte da vegetação removida pertencia a uma espécie exótica (*Prosopis juliflora*), a área para compensação foi escolhida com base no critério da presença e abundância da segunda espécie (nativa), identificada como maior ocorrência: *Copernicea prunifera*. A seleção de uma área com preferencial abundância dessa espécie diz respeito a sua importância como espécie nativa e típica das zonas de inundação (várzeas) do Rio Apodi-Mossoró, conhecida como mata ciliar de carnaúba. Nesse sentido, assegurar a preservação de áreas ainda com alta densidade de indivíduos dessa espécie se traduz além da preservação de uma espécie vegetal e demais espécies associadas, mas também a de um patrimônio natural da região.

O método das parcelas foi utilizado para se obterem os dados que confirmem a presença e abundância dessa espécie na área indicada, a qual possui aproximadamente 87 hectares. Em função da distribuição esparsa dos indivíduos dessa espécie, foram demarcadas aleatoriamente 02 parcelas amostrais de 02 hectares (200m x 100m) cada, representando uma amostragem de 4,6% (Figura 3). Com base no levantamento efetuado na parcela 01, foram identificados 32 espécimes de *C. prunifera*, representando uma densidade média de 16 indivíduos por hectare. Na parcela 02 foram identificados 27 espécimes, o que representa uma densidade média de aproximadamente 14 espécimes por hectare.

Em uma análise geral, comparando-se os valores totais de indivíduos inventariados em cada parcela, a área indicada para compensação ambiental apresenta uma densidade média de espécimes de *C. prunifera* na ordem de 29,5 por hectare, com um desvio padrão de 3,5. Em ambas as parcelas estes indivíduos apresentaram um perfil de distribuição aleatório ao longo das parcelas analisadas, não sendo identificado nenhum padrão de zonation. Ainda vale salientar que foram identificadas várias plântulas dessa espécie ao longo de toda a área percorrida, podendo este fator indicar a presença de uma população saudável dessa espécie.

#### 4. Conclusão

A medição de parâmetros estruturais da vegetação na área analisada se mostrou uma ferramenta útil para se entender o atual estágio de desenvolvimento dessa vegetação. A par desse conhecimento, foi possível elencar alguns critérios para a seleção de uma eventual área para compensação ambiental.

Também vale salientar que as características ambientais de uma área, especialmente a química dos solos, hidrodinâmica e hidrografia, são típicas de áreas hipersalinas, conforme os estudos de Mendes et al. (2008); mudam com o passar do tempo, sobretudo em estuários hipersalinos situados em regiões semiáridas como no caso do rio Apodi-Mossoró. Evidentemente, para se pensar o planejamento da recuperação e/ou regeneração ecológica, é necessário se adaptar as metodologias em relação às características ambientais do local.

De acordo com o parágrafo anterior e levando-se em consideração a estrutura da vegetação analisada, tem-se que a retirada de um trecho com abundância de vegetação exótica, seguida da ocupação dessa área por salinas representa um baixo potencial de impacto no ambiente hipersalino. Esta prática representa um mínimo distúrbio em virtude de grande parte dessa área já ser, geomorfologicamente, ocupado por planícies hipersalinas.

Desta forma, entende-se que a compensação ambiental realizada para repor uma área ocupada em local distinto, e onde a área definida para reposição apresente condições ambientais favoráveis, torna-se uma ferramenta legal e ambientalmente viável. Desde que a atividade a ser implantada na área que será ocupada seja de importância socioambiental, o caso das salinas, e

que seja apresentado um estudo que mostre sua viabilidade ambiental, através de ferramentas modernas para análise do espaço em estudo.

## 5. Agradecimentos

Ao Laboratório de Ecologia do Semiárido (UFRN), pelo apoio instrumental, nos trabalhos de campo e de gabinete. A CAPES, pela concessão da bolsa de pesquisa doutoral para DFSC (Proc. BEX. 5834/10-4). A empresa SOCEL (Sociedade Oeste Ltda), pelo financiamento dos trabalhos de campo.

## 6. Referências bibliográficas

Al-farraj, A. An evolutionary model for sabkha development on the north coast of the UAE. **Journal of Arid Environments**, v. 63, p. 740-755, 2005.

Amezaga, J. M.; Santamaría, L.; Green, A. J. Biotic wetland connectivity - supporting a new approach for wetland policy. **Acta Oecologica**, v. 23, p. 213-222, 2002.

Camara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling "Spring modeling". **Computares & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

Evans, G. Coastal and nearshore sedimentation: a comparison of clastic and carbonate deposition. **Proceedings of Geological Society of London**, v. 81, p. 493-508, 1970.

Kendall, A.C. Evaporites. In: Walker, R.G. (ed.). **Facies Models**. 2 ed. **Geoscience Canada Reprint Series 1**, Toronto, 1984, p. 259-296.

Kendall, A.C.; Harwood, G.M. Marine evaporites: arid shorelines and basins. In: READING, H.G. (ed). **Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy**. Oxford: Blackwell, 1996, p. 281-324.

Meireles, A. J. A.; Vicente da Silva, E. Abordagem geomorfológica para a realização de estudos integrados para o planejamento e gestão em ambientes flúvio-marinhos. **Scripta Nova**. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, Universidad de Barcelona. v. 06, n. 118, 2002.

Nicácio, J.A.; Loch, C. **Elementos necessários para o planejamento de sustentabilidade dos municípios de médio e pequeno porte**. Florianópolis: Departamento de Cartografia da UFSC, 2002.

Soares, G. S.; Dominguez, J. M. L. Zonas úmidas na planície costeira do rio Itapicuru, litoral norte do estado da Bahia, Brasil: classificação e controles ambientais. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 12, n. 2, p. 223-237, 2012.

Xavier-da-Silva, J.; Zaidan, R.T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.