

Mapeamento, quantificação e caracterização das áreas extrativas do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) no sistema estuarino-lagunar de Cananéia (Litoral Sul de São Paulo, Brasil) utilizando imagens Landsat-8/OLI

João Batista Damasio Neto¹
Luciana Nascimento Conceição¹
Gerson Santana Dias¹
Marcelo Antonio Amaro Pinheiro^{1,2}
Marisa Dantas Bitencourt^{1,3}
Luciana Cavalcanti Maia Santos^{1,2,3}

¹ Grupo de Pesquisa em Sistemas Sócio-Ecológicos Costeiros. UNESP – Univ. Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Registro. Av. Nelson Brihi Badur, 430, Vila Tupi, Registro, SP, Brasil.

² Grupo de Pesquisa em Biologia de Crustáceos (CRUSTA), Laboratório de Biologia de Crustáceos. UNESP – Univ. Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Campus do Litoral Paulista (CLP), Praça Infante Dom Henrique, s/n., Parque Bitarú, São Vicente, SP, Brasil.

³ Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação (LEPaC), Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. Rua do Matão - Travessa 14, Cidade Universitária, São Paulo - SP, Brasil

joaodamasio@registro.unesp.br, luh_nasc@hotmail.com, gersonsantanadias@ig.com
pinheiro@clp.unesp.br, tencourt@ib.usp.br, santosluciana@registro.unesp.br

Abstract: Remote sensing is an indispensable tool for the monitoring of fishing areas mainly in mangrove estuarine environments. The Landsat 8/OLI satellite images are important tools for this purpose with high potential for mapping mangrove areas, and thus the fishing grounds of the crab *Ucides cordatus*, one of the most important mangrove fishery resources along the Brazilian coast. In this study, we mapped the mangrove extractive areas of this crab in Cananéia estuary (São Paulo State), using Landsat 8/OLI satellite images. We applied color composites, visual discrimination and supervised classification using the SIG SPRING. We found that the best color composites for visual analysis are those with principal components. Based on the remote sensing results, five extractive sectors were mapped the mangrove areas quantified. Each of them showed different features, suggesting distinct fishery management strategies. We concluded that the remote sensing tools and techniques here applied can be used as subsidies for mapping Extractive Areas and Fishing Exclusion Areas, as pointed out by the proposal for a National Management Plan for the Sustainable Use of *Ucides cordatus*.

Palavras-chave: Landsat 8, fishery mapping, mangrove, *Ucides cordatus*, Landsat 8, mapeamento pesqueiro, manguezal, *Ucides cordatus*.

1. Introdução

Manguezais são ecossistemas costeiros, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característicos de regiões tropicais/subtropicais e sujeitos ao regime das marés (Schaeffer-Novelli, 1991), sendo responsáveis pela conservação de uma diversidade biológica única, incluindo espécies pesqueiras comerciais (FAO, 2007). Dentre estes recursos pesqueiros, destaca-se o caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), crustáceo decápode braquiúro semiterrestre, pertencente à Família Ucididae, que habita exclusivamente áreas de manguezal (Pinheiro e Fiscarelli, 2001). *Ucides cordatus* desempenha importante função socioeconômica à pesca artesanal costeira no Brasil, sendo sua captura uma das atividades extrativistas mais antigas em áreas de manguezais (Pinheiro e Fiscarelli, 2001). Apesar dessa importância, vários estudos indicam uma redução expressiva dos estoques

naturais dessa espécie. Neste contexto, em 2011 o IBAMA publicou uma proposta de Plano Nacional de Gestão para o Uso Sustentável do Caranguejo-Uçá, o qual sugere que sejam implantadas para este recurso nos sistemas estuarino-lagunares brasileiros Áreas Extrativas (AEs) e de Exclusão de Pesca (AEPs), por meio de técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e de informações já disponíveis para esta espécie (IBAMA, 2011). Portanto, para atender tal objetivo é fundamental, o mapeamento e a quantificação das áreas de manguezais onde ocorre a pesca dessa espécie.

Vários estudos têm demonstrado a potencialidade do sensoriamento remoto para o mapeamento de manguezais, possibilitando o mapeamento e monitoramento desse ecossistema, fornecendo informações nos níveis locais, regionais e nacionais, que são muito importantes para a gestão costeira integrada do ecossistema e de seus recursos pesqueiros (Santos & Bitencourt, 2016). Dentre as imagens de satélite de média resolução espacial mais usadas para o estudo de manguezais, destacam-se aquelas da série Landsat (Santos & Bitencourt, 2016). O lançamento da nova série de satélite Landsat, em 11 de fevereiro de 2013, denominada Landsat 8, trouxe consigo novas possibilidades para a pesquisa no que diz respeito à produção de dados e informações espaciais, apresentando um conjunto de novos sensores, dentre eles o sensor espectral OLI (Operation Land Imager) (Soares et al., 2015). O sensor OLI possui resolução espacial de 15 m no pancromático e de 30 m no multiespectral, o que possibilita a geração de imagens de 15 m coloridas através de técnicas de fusão digital, ampliando a capacidade para novos estudos e aplicabilidades dos resultados para detecção de alvos, levando em consideração as mudanças e inovações agregadas à resolução radiométrica, que estão quantificadas numa faixa dinâmica de 16 bits (Soares et al., 2015). O presente trabalho tem como objetivo mapear, caracterizar e quantificar manguezais dos cinco setores extrativos do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) em Cananéia (Litoral Sul de São Paulo, Brasil) utilizando imagens Landsat-8/OLI, e em especial investigar o potencial dessas imagens e de técnicas de sensoriamento remoto para o mapeamento de manguezais, e assim contribuir para uma futura elaboração de um plano de gestão para a pesca sustentável do caranguejo-uçá na área de estudo.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A área de estudo do presente trabalho corresponde ao sistema estuarino-lagunar do município de Cananéia (25°01'S – 47°98'W), localizado no litoral Sul de São Paulo (Figura 1). Ao longo das vastas áreas de manguezal desse estuário ocorre a pesca artesanal como uma das mais importantes atividades econômicas, destacando-se a pesca do caranguejo *U. cordatus*. Dessa forma, Cananéia detém o maior volume desse recurso registrado no estado de São Paulo (Duarte et al., 2014), que corresponde a cerca de 71% da produção deste, abastecendo grande parte do mercado dessa pesca no Estado de São Paulo (PMAP, 2015).

2.2 Técnicas de Sensoriamento Remoto

Imagens do satélite Landsat 8/OLI da região de Cananéia (Tabela 1) foram obtidas gratuitamente no site do Banco de Imagens da Divisão de Geração de imagens do INPE (DGI/INPE): <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Para o processamento das imagens e análises realizadas neste estudo, foi utilizado o programa SPRING. Inicialmente foi utilizado como base o banco de dados SIG-RB (Sistema de Informações Geográficas do Ribeira de Iguape e Litoral Sul), o qual foi obtido gratuitamente no site do: <http://www.sigrb.com.br/>, no formato Access, que foi ativado diretamente no SPRING. A escala de análise considerada no presente estudo corresponde a região do sistema estuarino-lagunar de Cananéia (Figura 1), assim para delimitação dessa área foi utilizada a função de recorte de plano de informação sobre as imagens Landsat 8/OLI.

Tabela 1. Características das imagens de satélites utilizadas no presente estudo.

Satélite	Sensor	Resolução Espacial (m)	Bandas	Data	Ponto/Órbita
LANDSAT 8	OLI	30	3,4,5	10/06/2015	220/077
LANDSAT 8	OLI	15	8	10/06/2015	220/077

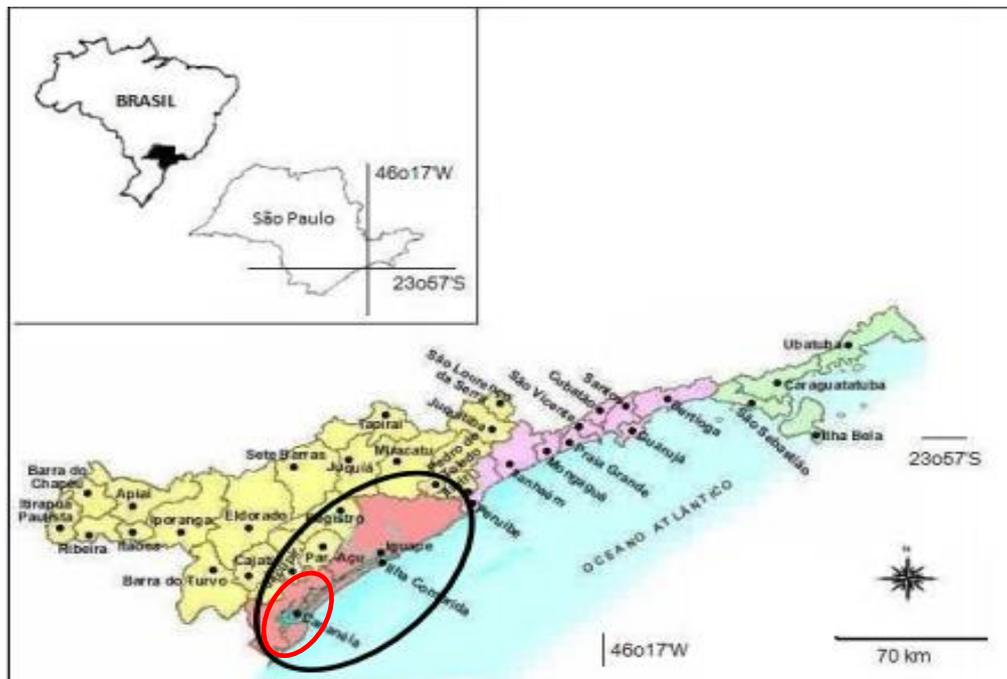


Figura 1. Zona costeira do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil, com representação de suas quatro regiões (Verde: Litoral Norte, Lilás: Baixada Santista, Amarelo: Vale do Ribeira, Rosa: Litoral Sul). Destaque para a área em estudo (Elipse preta: Litoral Sul, Elipse vermelha: área de estudo). (Adaptado de Cunha-Lignon et al., 2009).

Primeiramente, as imagens Landsat 8/OLI foram registradas, baseando-se no mapa temático (formato vetorial) da malha viária do banco de dados do SIG-RB. Em seguida, foram produzidas diferentes composições coloridas, nas quais foi aplicado realce de contraste linear, selecionando-se a composição R(5)G(4)B(3). Posteriormente foram realizados procedimentos para a fusão das bandas multiespectrais com a pancromática, no SPRING, que incluem: transformações RGB→HIS→RGB, com a substituição da banda I pela banda pancromática do Landsat 8/OLI com 15 metros de resolução espacial. Também foi realizada a técnica de análises por componentes principais (PCA), utilizando as bandas 3,4,5. Com esses dados gerados, foram produzidas diferentes composições coloridas.

A melhor composição colorida R(PC1)G(PC2)B(3) foi utilizada para interpretação visual das áreas de manguezal, utilizando os elementos de cor, textura e localização (e.g. Santos et. al., 2014). Com base nessa análise foi procedida uma classificação supervisionada MAXVER utilizando as bandas 3,4,5. Um total de 23 amostras foram adquiridas e fornecidas ao classificador. Foi realizada uma pós-classificação, com peso 5 e limiar 4. Foi efetuado o mapeamento para classes temáticas, gerando-se um mapa temático em formato matricial das áreas de manguezal. Em função de algumas áreas terem sido classificadas erroneamente, foi precedida uma edição matricial para eliminação desses polígonos, utilizando-se como base a discriminação visual das áreas de manguezal na composição colorida R(PC1)G(PC2)B(3).

Com base na sobreposição dos *layers* composição colorida R(PC1)G(PC2)B(3) e classificação manguezais foram criados cinco polígonos, por meio da função de edição

vetorial, representantes de cada setor extrativo do caranguejo-uçá, utilizando-se como referência a descrição feita por Duran (2011). Cada polígono criado constituiu um plano de informação do modelo temático. Foi aplicado um recorte de plano de informação da classificação manguezais, utilizando como máscara cada polígono representativo de cada setor extrativo, e quantificou-se a área de manguezal. Foi utilizado o módulo SCARTA para produção dos mapas gerados no presente estudo.

3. Resultados e Discussão

3.1. Composições coloridas

A figura 2 ilustra as diferentes composições coloridas produzidas no presente estudo. A figura 2a corresponde à composição colorida R(5)G(4)B(3) das bandas originais da imagem Landsat 8/OLI, com resolução espacial de 30 m, o que possibilita razoável interpretação visual em escalas maiores. Nessa composição, observa-se que áreas destacadas em matizes de vermelho correspondem às unidades da cobertura da terra com presença de vegetação, uma vez que esse alvo exibe maior reflectância na banda do infravermelho (B5), associada a cor vermelha nessa composição. A vegetação de manguezal é identificada nessa imagem por sua cor vermelho escura, textura média e distribuição/localização ao longo dos canais fluviais e de maré (Figura 3a). A cor mais escura dos manguezais em composições coloridas que utilizam as faixas do óptico e infravermelho, ocorre devido à presença de água nesse ambiente, uma vez que a água é fortemente absorvida na faixa infravermelho de ondas curta (Santos & Bitencourt, 2013). Entretanto, nessa composição, constatou-se certa dificuldade em se diferenciar visualmente os manguezais dos demais tipos de vegetação tais como mata atlântica, o que não ocorreu nas outras composições (Figuras 3b, 3c), em que se utilizou imagens derivadas das bandas originais, tais como as principais componentes, nas quais os manguezais puderam ser claramente discriminados dos demais tipos de vegetação.

A figura 2b corresponde à composição colorida R(PC1)G(5)B(3), originada pela primeira componente principal da análise de PCA, e pelas bandas 3 e 5 da imagem Landsat 8/OLI. Nessa composição, observa-se que áreas destacadas em matizes de verde correspondem às unidades da cobertura da terra com presença de vegetação, onde os manguezais são identificados pela textura média e cor verde escura com presença de manchas magenta e distribuição ao longo dos canais fluviais e de maré (Figura 3b). De modo semelhante, a figura 2c que corresponde à composição colorida R(PC1)G(PC2)B(B3), originada pelas duas primeiras componentes principais pela banda 3 da imagem Landsat 8/OLI, apresenta as áreas de manguezais bem diferenciadas dos demais alvos de vegetação, sendo identificados pela nítida cor marrom (Figura 3c). Deste modo, esta foi a melhor composição colorida para a discriminação visual das áreas de manguezal. Este resultado no qual as composições com presença de principais componentes apresentam maior potencial para análise visual de áreas de manguezal também foi constatado por outros trabalhos (e.g. Santos et al., 2014), sendo assim indicada como uma das mais importantes técnicas de sensoriamento remoto para discriminação de áreas de manguezal (e.g. Green et al., 1998). A PCA é utilizada para remover ou reduzir a redundância dos dados multiespectrais (Rosa, 2003), uma vez que bandas individuais de uma imagem multiespectral são altamente correlacionadas, ou seja, as bandas são similares visual e numericamente. Assim a PCA gera um novo conjunto de imagens cujas bandas individuais apresentam informações não disponíveis em outras bandas (INPE, 2008), gerando assim bons produtos em composições coloridas para a análise visual de áreas de manguezais, permitindo sua discriminação dos demais tipos vegetais.

Embora a literatura tenha apontado o potencial de técnicas de fusão de imagens multiespectrais do óptico com a banda pancromática para ganho de resolução espacial em composições coloridas, destacando assim a função da banda pancromática do sensor OLI, no presente estudo não se obteve bons resultados com a aplicação dessa técnica (Figura 2d). A

fusão RGB da imagem Landsat 8/OLI com sua banda pancromática (Figura 2d) apresentou resolução espacial de 15 m, evidenciando desse modo o ganho em resolução espacial por meio da aplicação dessa técnica. Entretanto, observou-se que na composição colorida os manguezais não puderam ser discriminados dos demais tipos de vegetação, tais como mata atlântica, por meio dos atributos de cor e textura, sendo assim essa imagem não se apresentou adequada para a análise visual dos manguezais.

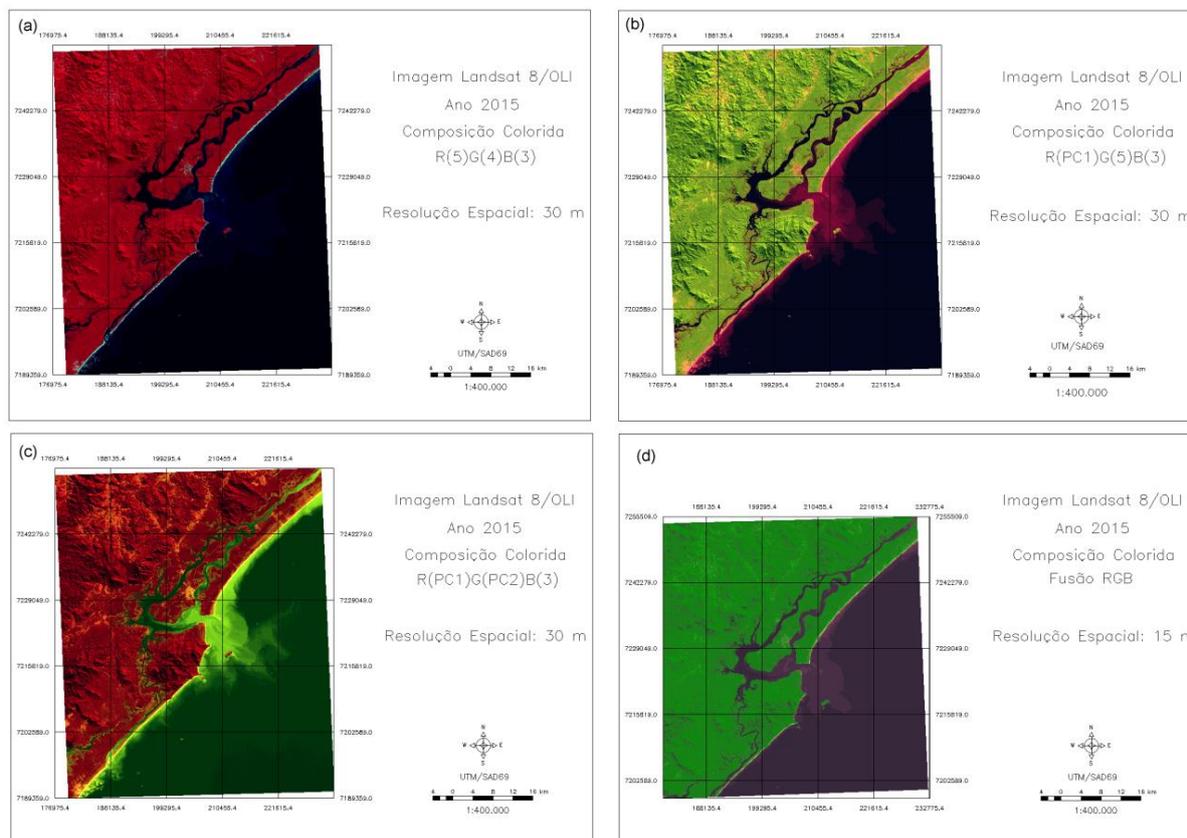


Figura 2. Composições coloridas geradas do presente estudo.

A figura 4a corresponde a classificação supervisionada MAXVER da classe manguezal com a composição colorida R(PC1)G(PC2)B(3) como imagem de fundo. Com base nas amostras fornecidas, o classificador MAXVER apresentou bom desempenho em classificar as áreas de manguezal. Apenas houve poucas áreas classificadas erroneamente, devido ser áreas de vegetação com presença de solo encharcado próximas a linha de costa, o que conduziu o classificador a discriminá-las como manguezal. Esse problema foi resolvido, por meio da edição matricial, na qual essas áreas foram eliminadas da classificação, utilizando como base a análise visual da composição R(PC1)G(PC2)B(3). Assim destaca-se o potencial do classificador MAXVER como importante técnica de sensoriamento remoto para detecção de áreas de manguezal, como já apontado pela revisão feita por Green et al. (1998), e em outros estudos que mapearam áreas de manguezal (e.g. Santos et al., 2014). Por meio dos resultados gerados com a classificação MAXVER, foi quantificada a área total ocupada pelos manguezais no sistema estuarino-lagunar de Cananéia, que corresponde a 89,77 km² (Tabela 2), uma significativa área de manguezal para a zona costeira do Estado de São Paulo.

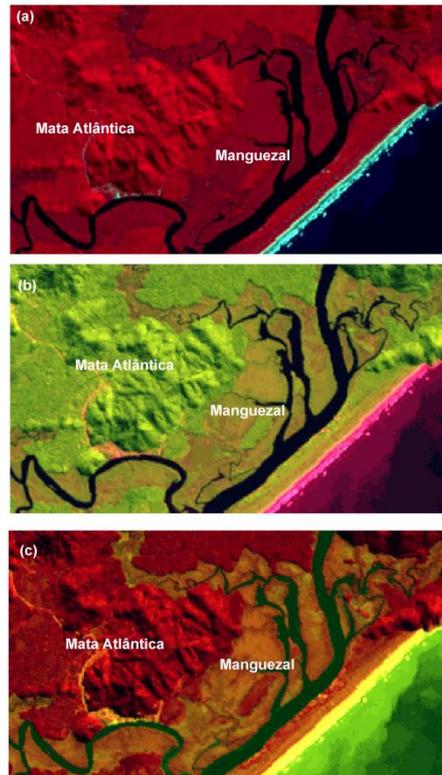


Figura 3. Detalhe das áreas de manguezal e mata atlântica para diferenciação na análise visual, em diferentes composições coloridas de imagens Landsat 8/OLI. (a) R(5)G(4)B(3). (b) R(PC1)G(5)B(3). (c) R(PC1)G(PC2)B(3).

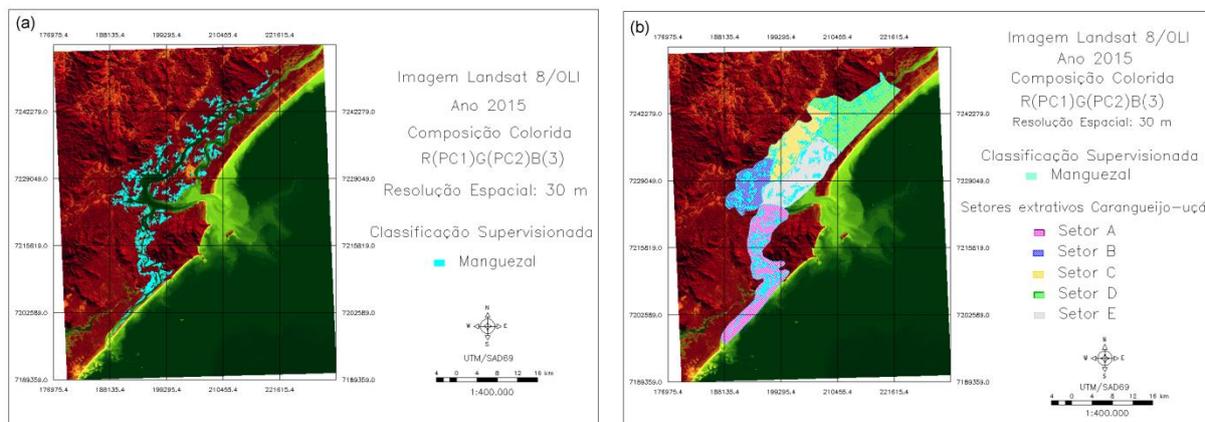


Figura 4. (a) Classificação supervisionada das áreas de manguezais. (b) Mapa dos setores extrativos do caranguejo-uçá.

3.3 Mapeamento dos setores extrativos do caranguejo-uçá

A figura 4b corresponde ao mapeamento cinco setores extrativos do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) nos manguezais do sistema estuarino-lagunar de Cananéia. Esse mapeamento foi realizado com base na classificação MAXVER dos manguezais e a descrição qualitativa da área feita por Duran (2011), assim constata-se que essa técnica de sensoriamento remoto foi fundamental para quantificar as áreas de manguezal em cada setor. No geral, observa-se que essa área apresenta grande extensão de habitats de manguezal (Tabela 2), o que pode explicar o grande papel produtor de Cananéia na pesca do caranguejo-uçá na costa de São Paulo, como relatado nos boletins estatísticos da pesca nessa área (e.g.

PMAP, 2015). Apesar do potencial para a pesca desse recurso, Cananéia apresenta setores distintos de extratividade do caranguejo-uçá, o que pode indicar diferentes estratégias de manejo da pesca desse recurso em cada setor.

O setor A apresentou a maior área de manguezais dos setores com 31,28km², abrangendo mais de um terço dos manguezais de Cananéia. (Tabela 2). É a área mais distante do centro urbano desse município e apresenta a ocorrência de manguezais no extremo sul de Cananéia até a divisa com o estado do Paraná. De acordo com Duran (2011) este setor é habitado por comunidades de pescadores artesanais e próximo de alguns pequenos bairros continentais (Ariri e Taquari). Os manguezais desse setor tem distribuição ao longo de estreitos e pequenos canais de marés no sentido sul. Caracteriza-se como o setor mais preservado devido a pouca ação antrópica, ressaltando a importância da preservação dos manguezais e políticas de manejo adequado da população de *U. cordatus*. O setor B, localizado na porção continental abriga cerca de 18% dos manguezais de Cananéia (Tabela 2). De acordo com Duran (2011) este setor é caracterizado por extensas áreas de manguezal, compreendendo duas RESEX (Mandira e Taquari), o que ressalta medidas de manejo que visem o uso sustentável desse recurso dentro das RESEXs

O setor C apresentou a menor área de manguezais dos setores estudados, representando apenas 12 % dos manguezais de Cananéia (Tabela 2), estando localizado na parte continental. Próximo à este, encontra-se o setor E, porém na parte insular de Cananéia, e apresentando média extensão de manguezais (Tabela 2). Esses setores são os que apresentam maior interferência antrópica, localizados próximos ao centro urbano, com influência de casas de veraneio, condomínios fechados e estruturas turísticas diversas (Duran, 2011). Assim ressalta-se a necessidade de estudos sobre o estado de conservação desses manguezais, visando tanto a conservação como o manejo sustentável de *U. Cordatus*. Por fim, o setor D apresentou áreas de manguezais próximas a média de outros setores com representando 17 % dos manguezais de Cananéia (Tabela 2), sendo que os manguezais na parte insular e continental em direção norte, recebendo menos influência da ação antrópica. De acordo com Duran (2011) o setor apresenta manguezais bastante desenvolvidos e preservados, além da presença de catadores do caranguejo-uçá de cidades próximas, como Ilha Comprida, que dependem economicamente da pesca nesses manguezais. Dessa forma, ressalta-se par esse setor medidas de manejo para o uso sustentável de *U.cordatus* .

Tabela 2- Setores extrativos do caranguejo-uçá em Cananéia e valores das áreas de manguezais.

Setor Extrativo	Área (km ²)	Porcentagem (%)
A	31,28	34,84
B	16,16	18,00
C	10,91	12,15
D	15,31	17,05
E	16,11	17,95
Total	89,77	100

4. Conclusões

As imagens do satélite Landsat 8/OLI são ferramentas importantes e de grande potencial para o mapeamento de áreas de manguezais, e assim das áreas de pesca do caranguejo *Ucides cordatus* ao longo da costa brasileira. Dentre as técnicas de sensoriamento aplicadas para tal objetivo, conclui-se que a utilização de principais componentes (PC1, PC2)

em composições coloridas dessas imagens permitiu uma melhor discriminação visual das áreas de manguezal, em relação as bandas originais do Landsat 8/OLI. O classificador MAXVER apresentou excelente desempenho na classificação das áreas de manguezal, utilizando as bandas 3, 4 e 5 do OLI. As imagens e técnicas de sensoriamento empregadas no presente estudo podem ser utilizadas para atender o objetivo estipulado na proposta de Plano Nacional de Gestão para o Uso Sustentável do Caranguejo-Uçá (IBAMA, 2011), visando o mapeamento de Áreas Extrativas (AEs) e de Exclusão de Pesca (AEPs), ao longo dos sistemas estuarinos brasileiros. As ferramentas geoespaciais utilizadas no presente estudo são gratuitas e de fácil aquisição, apresentando assim potencial tanto técnico como econômico para serem consideradas na geração de informações que irão subsidiar a criação de medidas e estratégias de manejo para a pesca, uso sustentável e conservação do caranguejo-uçá no Brasil.

Referências Bibliográficas

Duran, R.S. **Caranguejeiros e Caranguejos: A Captura do Caranguejo-Uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Ucididae), no Município de Cananéia (SP)**. 2011(trabalho de conclusão de curso) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2011.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007. **The world's mangrove 1980-2005**. FAO Forestry Paper, nº 153.

Green, E.P.; Clark, C.D.; Mumby, P.J.; Edwards, A.J.; Ellis, A.C. (1998) - Remote sensing techniques for mangrove mapping. **International Journal of Remote Sensing**, 19: 935-956. DOI: 10.1080/014311698215801.

IBAMA 2011. Proposta de Plano Nacional de Gestão para o uso sustentável do Caranguejo-Uçá, do Guaiamum e do Siri-azul. Dias-Neto, J. (Org.). Brasília: Série Plano de Gestão.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Manuais: tutorial de Geoprocessamento, <http://www.dpi.inpe.br/spring>, 2008. (consultado em 09/2008).

Pinheiro, M.A.A.; Fiscarelli, A.G. **Manual de Apoio à Fiscalização do Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*)**. Jaboticabal: UNESP/CEPSUL/IBAMA, 2001. 43 p.

PMAP - Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira Marinha e Estuarina do Instituto de Pesca. 2015. In: <http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/>.

Rosa R.; **Introdução ao sensoriamento remoto**. Ed. Edufu, 5º edição; 2003, 228p.

Santos, L.C.M.; Bitencourt, M.D. Remote sensing in the study of Brazilian mangroves: review, gaps in the knowledge, new perspectives and contributions for management. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 16, n.3, p. 245-261, 2016.

Santos, L.C.M.; Bittencourt, M.D. Imagens CBERS para o estudo de manguezais do Brasil: aplicações, potencialidades e limitações. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16.; 2013, Paraná. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. São José dos Campos: INPE, 2013.

Santos, L.C.M.; Matos, H.R.; Schaeffer-Novelli, Y; Cunha-Lignon, M.; Bitencourt, M.D; Koedam N.; Dahdouh-Guebas, F. 2014. Anthropogenic activities on mangrove areas (São Francisco River Estuary, Brazil Northeast): A GIS-based analysis of CBERS and SPOT images to aid in local management. *Ocean & Coastal Management*, 89: 39-50.

Schaeffer-Novelli, Y. 1991. Manguezais brasileiros. Tese de Livre-docência, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 42p. Schaeffer-Novelli, Y. 1995. Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: **Caribbean Ecological Research**, 64p.

Soares, R.B; Soares, C.B.S.S; Costa, J.A.L; Costa, S.S; Soares, R.B. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ OLI. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBRB), 17; 2015, Paraíba. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015. São José dos Campos: INPE, 2015.