

Método de agrupamento por arquipélagos para definição de domínio e jurisdição de ilhas sedimentares: uma proposta para os canais lagunares do litoral sul do Estado de São Paulo

Vilmar Antonio Rodrigues¹
Domingos Garrone Neto¹
Marília Cunha Lignon¹
Eduardo Antonio Sanches¹
Gilberto Cugler²

¹ Universidade Estadual Paulista – UNESP – Câmpus Experimental de Registro
Caixa Postal – 11900-000 – Registro - SP, Brasil
{vilmar, garroneneto, cunha.lignon, sanches}@registro.unesp.br

² gvSIG Brasil
Rua dos Expedicionários 295 – 11930-000 – Pariquera-Açu - SP, Brasil
gilbertocugler@gmail.com

Abstract. The current study aimed to propose a grouping method by archipelagos to define the domain and jurisdiction of sedimentary islands located in the Estuarine-Lagoon Complex of Iguape and Cananéia, Southeastern Brazil, in order to minimize the impacts resulting from human action and obtain future environmental funds. For this purpose, the Voronoi Diagram was used, with the help of the geographic information system gvSIG, a free open source software. The studied section is about 65 km long, between the Ribeira de Iguape River mouth and the Cananéia mouth, located to the north and south of the study area, respectively. A total of 51 islands was found in the Mar Pequeno, comprising an area of 5.040.175,00 m². The Voronoi was useful for the delimitation of the alveo, where three municipalities have jurisprudence: Cananéia, Iguape and Ilha Comprida. This fact was particularly important, once from the delimitation of the alveo it was possible to group the islands into archipelagos and thus define the area belonging to each of the municipalities. The results obtained may be useful for the territorial planning of the study area, especially in an estuarine complex where human action and environmental dynamics exert a strong influence on the landscape. The used methodology can be applied in other estuarine regions along the Brazilian coast, in order to help to define the domains of islands and archipelagos.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, processamento de imagens, “Código de Águas”, gvSIG, divisão de municípios, recursos financeiros ambientais.

1. Introdução

A definição da posse de ilhas fluviais, situadas em áreas de divisa de águas interiores, sempre foi tema de intenso debate na legislação brasileira. O “Código de Águas”, publicado pelo Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934, em seu artigo 23, traz que “...As ilhas ou ilhotas, que se formarem no álveo de uma corrente, pertencem ao domínio público, no caso das águas públicas, e ao domínio particular, no caso das águas comuns ou particulares”. A Lei Estadual nº 5.439, de 9 de setembro de 1959, celebrou um convênio entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, com o objetivo de fixar as respectivas jurisdições sobre as ilhas existentes no Rio Grande, no trecho compreendido entre a foz do Rio Canoas e a confluência com o Rio Paranaíba (São Paulo, 1959).

Na ocasião, foi fixada a quantidade de ilhas pertencentes a cada estado, salvo os bancos de areia e rochedos. A lei corroborou o texto de uma série de decretos e outras leis que haviam fixado a linha divisória entre os dois estados e definiram o domínio sobre as ilhas dos corpos d’água em questão, indicando que “Embora, porém, rio público, as ilhas que nêle demoram pertencem ao domínio dos Estados marginais ou aos particulares, se êstes tiverem algum título legítimo” e, finalmente, declarando que, em tese, a jurisdição das ilhas seria do estado

marginal com relação às ilhas que lhe fossem adjacentes. No entanto, ainda que definida a situação legal das ilhas situadas na divisa entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, restava a definição de critério objetivos que liquidassem qualquer dúvida referente à jurisdição sobre as ilhas, ficando a cargo dos órgãos técnicos da época a solução dos problemas advindos da dificuldade em se estabelecer o domínio sobre as porções de terra em questão. Mapas e levantamentos aerofotográficos elaborados por comissões geográficas e geológicas de ambos os estados, entre 1910 e 1950, balizaram as decisões, constituindo um marco legal e documento que norteia, até os dias atuais, questões referentes à definição de domínio de ilhas fluviais no país.

Na região sul do Estado de São Paulo, junto à costa, encontra-se uma das maiores áreas úmidas do Brasil, o Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia e Iguape. A região é conhecida por suas extensas e conservadas áreas de manguezais, canais lagunares e ilhas. Os manguezais dominam praticamente todas as margens do sistema costeiro e ilhas sedimentares, compreendendo 15.193 ha (Cunha-Lignon et al., 2009; Cunha-Lignon et al., 2015). Os canais lagunares apresentam tendências de assoreamento, formando ilhas e esporões. Cada canal apresenta, em função da fisiografia do trecho considerado, comportamento hidrodinâmico característico (Tessler e Furtado, 1983).

Alguns arquipélagos foram formados pela deposição de sedimentos, especialmente devido ao aporte fluvial e a atuação das marés, marcante na região. Contudo, estudos sobre a delimitação das ilhas sedimentares dos canais lagunares não estão disponíveis. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo propor método de agrupamento de por arquipélagos para definição de domínio e jurisdição de ilhas sedimentares localizadas nos canais lagunares do litoral sul do Estado de São Paulo, de modo a minimizar os impactos decorrentes da ação humana e obtenção de futuros recursos ambientais.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo

A região de estudo, Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia e Iguape, localizado no litoral sul do Estado de São Paulo, compreende um mosaico de ecossistemas marinhos e costeiros associados a maior porção contínua de Mata Atlântica, região reconhecida pela UNESCO como Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Sítio do Patrimônio Natural da Humanidade.

Os rios que formam a bacia de drenagem da região apresentam alto gradiente no trecho inicial, tornando-se mais suaves na planície costeira de Cananéia-Iguape. Essa planície é delimitada por pontões do complexo cristalino da Serra do Mar a NE e SW que avançam oceano adentro, compreendendo uma superfície de aproximadamente 2.500 km². Os canais de circulação no sistema não são muito profundos, média de 5 a 6 m, podendo atingir o máximo de 12 m (Tessler e Souza, 1998). O maior registro está no canal de acesso ao mar da desembocadura de Cananéia, onde a profundidade máxima atinge 20 m (Tessler et al., 1990). Aportes fluviais, efeito dos campos de vento e principalmente os movimentos de marés são os principais mecanismos físicos que determinam os padrões de circulação geral e as propriedades das águas no Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia e Iguape. O clima da região é subtropical úmido com a umidade média do ar em torno de 88%. Os valores pluviométricos máximos ocorrem de janeiro a março (média mensal de 267 mm) e mínimos em julho e agosto (média mensal de 95 mm), podendo a precipitação média anual atingir até 2300 mm (Silva, 1989). As chuvas estão relacionadas a verões chuvosos e invernos secos. A temperatura média anual da água é de aproximadamente 21°C. Fevereiro é o mês mais quente (25°C) e julho o mais frio (~ 18°C).

O estudo foi realizado no canal lagunar Mar Pequeno, o qual margeia os municípios de Cananéia, Iguape e Ilha Comprida. O trecho estudado apresenta cerca de 65 km de extensão, compreendido entre a Foz do Rio Ribeira de Iguape e a desembocadura de Cananéia, localizadas ao norte e ao sul da área de estudo, respectivamente (Figura 1).

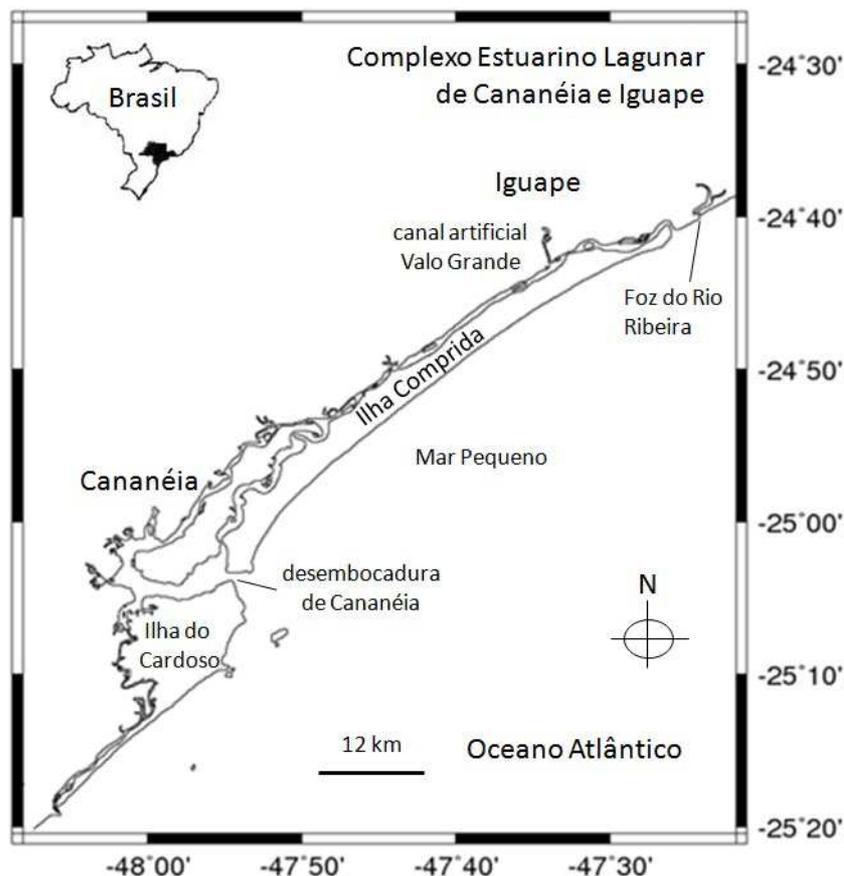


Figura 1. Localização da área de estudo: Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia e Iguape, litoral sul de São Paulo.

2.2. Levantamento em campo

Para o levantamento de campo foram empregadas técnicas de georreferenciamento utilizando o equipamento geodésico do sistema GPS, para verificar a precisão do georreferenciamento da imagem de satélite, obtida em 2012.

Os dados com as Coordenadas Geodésicas Latitude, Longitude e Altitude Elipsoidal, foram transformados para Coordenadas Planas (UTM), fuso 23, referenciado no Sistema Cartográfico Nacional, Sistema de Referência Geocêntrica para as Américas (SIRGAS 2000). Os dados foram coletados entre 11/2013 e 03/2015.

2.3. Determinação da linha média

Para se obter a linha média entre as margens do Mar Pequeno, foram aplicados os seguintes procedimentos:

- i. Vetorização das margens que delimitam o álveo no Mar Pequeno.
- ii. Utilização do geoprocesso “Voronoi”, com auxílio do sistema de informação geográfica (SIG) gvSIG, software livre de fonte aberta, desenvolvido pelo Governo de Valência (Espanha). Para tal, as margens do Mar Pequeno foram convertidas em

pontos, a fim de se construir o Diagrama de Voronoi para a definição pontos equidistantes em relação a pontos pré-definidos. No presente estudo, optou-se pela geração de segmentos de retas equidistantes simultaneamente aos pontos das margens do Mar Pequeno.

- iii. Transformação do Diagrama de Voronoi em segmentos de retas.
- iv. Extração no Diagrama de Voronoi da linha que divide o álveo ao meio (linha média/linha divisória).

2.4. Critério para a delimitação do álveo

Na vetorização das margens foram utilizadas as técnicas de fotointerpretação, apoiadas com a interpretação do modelo digital de profundidade (MDP) do Mar Pequeno. Este MDP foi elaborado utilizando 106.969 pontos obtidos por processo batimétrico. Para tanto, foram realizados trabalhos de campo em março de 2013, a partir de transversais no Mar Pequeno. Foi empregado um ecobatimétrico Simrad, modelo EQ 33 TFT GB, software versão 1.27 e sistema DGPS Trimble, modelo R4, sendo os dados gerenciados pelo software Trimble Hydro Pro Navigation, capturando as profundidades e as coordenadas planas (UTM), fuso 23 (N e E) referenciado no Sistema Cartográfico Nacional, Sistema de Referência Geocêntrica para as Américas (SIRGAS 2000).

2.5. Segmentação das ilhas e definição de domínio

Inicialmente as ilhas foram vetorizadas pelo mesmo processo utilizado na vetorização das margens do Mar Pequeno, tendo a sua geometria definida como polígono, ao contrário da linha média, na qual sua geometria foi do tipo polilinha. Após a vetorização das ilhas, elas foram recortadas, tomando como referência a linha média (linha divisória) e recalculadas as áreas para novas porções (ilhas divididas).

As ilhas foram rotuladas de 1 até 51, com origem na desembocadura de Cananéia, ao sul, e término na foz do Rio Ribeira, ao norte. Quando a ilha foi segmentada pela linha divisória (linha média entre as margens do Mar Pequeno), o rótulo foi acrescido de mais um dígito (Figura 2):

- A ilha 3 foi segmentada pela linha divisória, dando origem a duas porções que tiveram o seguinte rótulo; 3-1 e 3-2. Preferencialmente, sempre que necessário, foi acrescido o dígito 2 para a porção média do álveo tangente ao Município de Ilha Comprida.

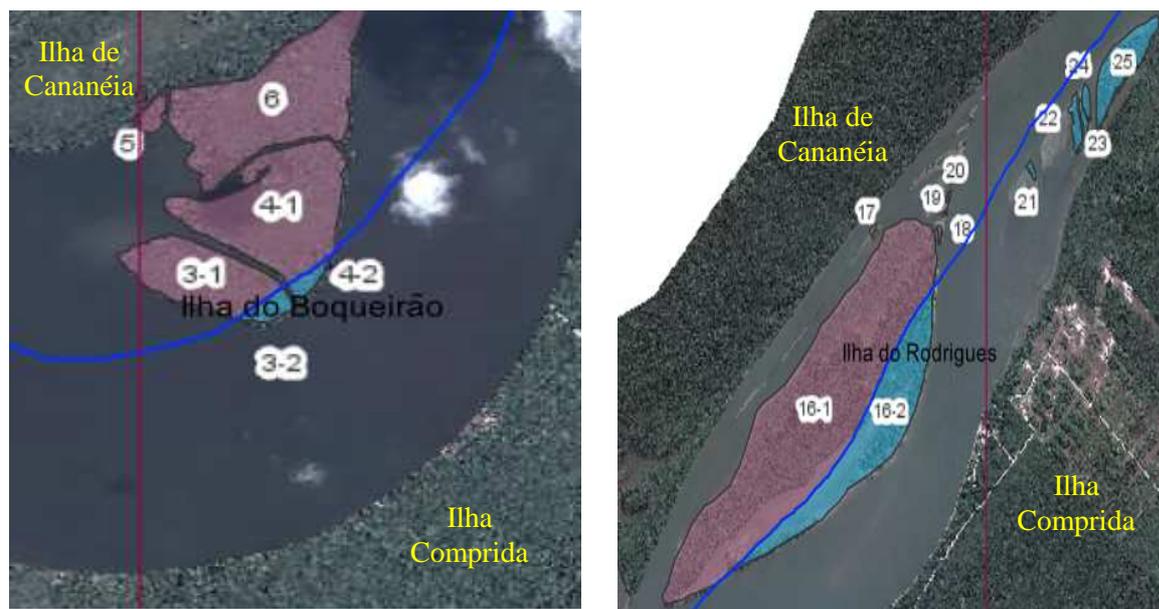


Figura 2. Linha divisória das ilhas do Mar Pequeno e sua rotulagem (Exemplo: 3-1 e 3-2).

Para a proposta do domínio das ilhas existentes no Mar Pequeno, foi adotado o seguinte critério: “as porções oriundas da divisão das ilhas pela linha que divide o álveo ao meio concomitante ao agrupamento das ilhas que formam um arquipélago”. Esta relação foi utilizada para interagir com o critério da Lei Estadual nº 5.439, de 9 de setembro de 1959, em função deste documento ter sido utilizado para definir a jurisdição das ilhas do Rio Grande, na divisa entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, e até hoje ser utilizado como referência para esse fim.

3. Resultados e Discussão

A partir da utilização do geoprocesso “Voronoi”, foram gerados segmentos de retas equidistantes, simultaneamente aos pontos das margens já referidas. Esta relação foi utilizada para interagir com o critério da Lei nº. 5.439, de 9 de setembro de 1959. É possível observar a linha média (em amarelo), correspondente ao álveo (Figura 3). Foram registradas 51 ilhas sedimentares no total ao longo do Mar Pequeno. As tabelas 1, 2 e 3 apresentam os resultados obtidos, demonstrando as áreas de cada ilha, por município. A tabela 4 sintetiza os registros, por município, agrupando as ilhas por arquipélago.

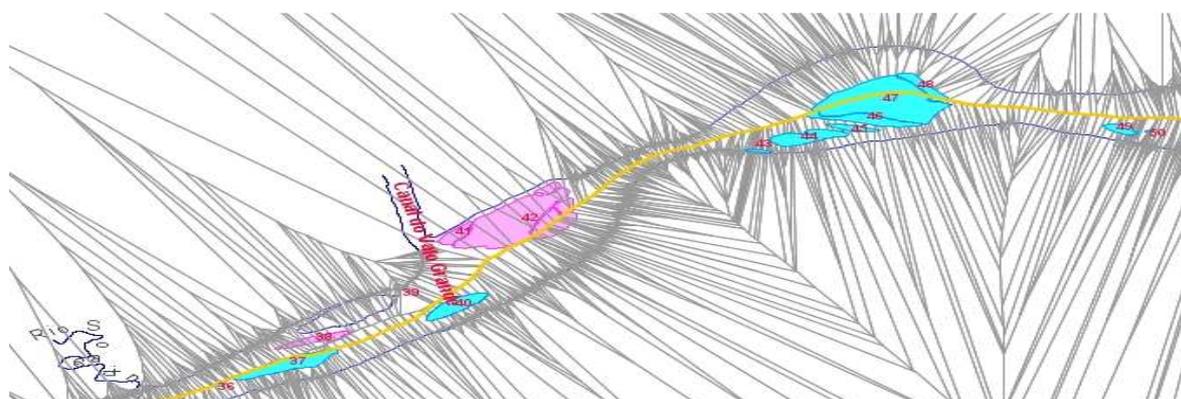


Figura 3. Linha Média do Mar Pequeno, obtida através da aplicação do Diagrama de Voronoi.

Tabela 1. Relação das ilhas do Mar Pequeno, Município de Iguape – SP.

Município de Iguape		
Nome da Ilha, Referência Carta Náutica Nº 1.702	Rótulo das Ilhas	Área das Ilhas (m ²)
Sem denominação	27	21.070,00
Sem denominação	28-1	
Sem denominação	28-2	33.030,00
Ilha Grande	29	283.937,00
Sem denominação	38	54.001,00
Sem denominação	39	344,00
Sem denominação	41	46.401,00
Sem denominação	42-1	
Sem denominação	42-2	591.767,00
Área Total dos Arquipélagos		1.030.549,00

Tabela 2. Relação das ilhas do Mar Pequeno, Município de Cananéia – SP.

Município de Cananéia		
Nome da Ilha, Referência Carta Náutica Nº 1.702	Rótulo das Ilhas	Área das Ilhas (m ²)
Ilha do Pai Matos - 2	1	65.317,00
Ilha do Pai Matos - 1	2	60.707,00
Ilha do Boqueirão	3-1	
Ilha do Boqueirão	3-2	99.912,00
Sem denominação	4-1	
Sem denominação	4-2	173.568,00
Sem denominação	5	8.551,00
Sem denominação	6	203.728,00
Sem denominação	9	6.038,00
Ilha da Garça	10	24.998,00
Sem denominação	11	20.565,00
Sem denominação	12	21.814,00
Sem denominação	14	915,00
Ilha Furadinho	15	232.171,00
Ilha do Rodrigues	16-1	
Ilha do Rodrigues	16-2	945.759,00
Sem denominação	17	1.168,00
Sem denominação	18	841,00
Sem denominação	19	1.500,00
Sem denominação	20	535,00
Sem denominação	26	20.224,00
Área Total dos Arquipélagos		1.888.310,00

Tabela 3. Relação das ilhas do Mar Pequeno, Município de Ilha Comprida – SP.

Município de Ilha Comprida		
Nome da Ilha, Referência Carta Náutica Nº 1.702	Rótulo das Ilhas	Área das Ilhas (m ²)
Sem denominação	7	38.288,00
Sem denominação	8	63.665,00
Sem denominação	13	3.479,00
Sem denominação	21	1.985,00
Sem denominação	22	9.670,00
Sem denominação	23	3.498,00
Sem denominação	24	4.285,00
Sem denominação	25	57.551,00
Sem denominação	30	8.956,00
Sem denominação	31	44.168,00
Sem denominação	32-1	
Sem denominação	32-2	415,00
Sem denominação	33	9.128,00
Sem denominação	34	465,00
Sem denominação	35	1.272,00
Sem denominação	36-1	
Sem denominação	36-2	3.419,00
Ilha Baqueri	37-1	
Ilha Baqueri	37-2	144.049,00
Sem denominação	40	96.590,00
Sem denominação	43	7.178,00
Sem denominação	44	103.646,00
Sem denominação	45	30.255,00
Sem denominação	46-1	
Sem denominação	46-2	97.939,00
Ilha da Enseada	47-1	
Ilha da Enseada	47-2	517.723,00
Sem denominação	48-1	
Sem denominação	48-2	56.178,00
Sem denominação	49	30.796,00
Sem denominação	50	1.216,00
Sem denominação	51	370.827,00
Área Total dos Arquipélagos		2.121.316,00

Tabela 4. Resumo das áreas das ilhas de cada município, agrupadas por arquipélago.

Município	Área dos arquipélagos (m ²)
Cananéia	1.888.310,00
Iguape	1.030.549,00
Ilha Comprida	2.121.316,00

O Diagrama de Voronoi se mostrou útil para a definição da jurisdição das ilhas do Mar Pequeno, a partir da obtenção da linha média com alta precisão. Sua aplicação para a delimitação das áreas e da sua respectiva jurisprudência exemplificam a aplicabilidade de geotecnologias para estudos de ordenamento territorial.

Com base na Lei Estadual nº 5.439, de 9 de setembro de 1959 (São Paulo, 1959), entendemos que a aplicação do mesmo critério para as ilhas existentes no Mar Pequeno, no

trecho compreendido entre a Foz do Rio Ribeira até a desembocadura de Cananéia, foi exitosa. O agrupamento das ilhas por arquipélagos, a exemplo do que consta na referida lei, poderá ser útil para o planejamento da ocupação territorial dos municípios de Cananéia, Iguape e Ilha Comprida, objetivando minimizar os impactos decorrentes da ação humana e a obtenção de futuros recursos ambientais, tais como o ICMS verde.

Além desse enfoque, será necessário considerar as Unidades de Conservação de diferentes categorias de manejo presentes na região em questão, que abrangem os canais lagunares, tais como a Área de Proteção Ambiental Cananéia-Iguape-Peruíbe (APA CIP) e Área de Relevante Interesse Ecológico do Guará (ARIE do Guará), criadas em 1985 e 2008, respectivamente.

4. Conclusões

Com base na Lei Estadual nº 5.439, de 9 de setembro de 1959, que dispõe sobre convênio celebrado entre os estados de São Paulo e Minas Gerais para fixação das respectivas jurisdições para as ilhas existentes no Rio Grande, foi aplicado o mesmo critério para as ilhas sedimentares existentes no Mar Pequeno, trecho entre a Foz do Rio Ribeira até a desembocadura de Cananéia.

Os resultados obtidos atestaram a eficácia do método, aplicando-se o Diagrama de Voronoi para a obtenção da linha média do Mar Pequeno e, por conseguinte, o agrupamento das ilhas existentes. O benefício esperado é que a partir deste estudo, os órgãos competentes do Estado de São Paulo, especificamente dos municípios de Cananéia, Iguape e Ilha Comprida, possam usufruir desta metodologia e utilizá-la para nortear discussões em situações na qual a organização dos seus territórios é necessária, além de viabilizar a obtenção de futuros recursos voltados para a conservação ambiental.

A metodologia proposta poderá ser aplicada em outras regiões estuarinas ao longo da costa brasileira, de modo a auxiliar na definição dos domínios de ilhas e arquipélagos em canais lagunares e áreas estuarinas.

Referências Bibliográficas

Cunha-Lignon, M.; Coelho-Jr., C.; Almeida, R.; Menghini, R.; Correa, F.; Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón-Molero, G. & Dahdouh-Guebas, F. Mangrove Forests and Sedimentary Processes on the South Coast of São Paulo State (Brazil). **Journal of Coastal Research**, SI 56: 405 – 409, 2009.

Cunha-Lignon, M.; Almeida, R.; Lima, N.G.B.; Galvani, E.; Menghini, R.P.; Coelho-Jr., C.; Schaeffer-Novelli, Y.. Monitoramento de Manguezais: abordagem integrada frente às alterações ambientais. **Anais... VIII CBUC - Trabalhos Técnicos**, Curitiba, 1-17, 2015.

São Paulo, 1959. Lei Nº 5.439, de 09 de setembro de 1959. Dispõe sobre aprovação de convênio celebrado em 07 de fevereiro de 1958 entre o Governo do Estado de São Paulo e de Minas Gerais, para fixação das respectivas jurisdições sobre as ilhas existentes no Rio Grande. Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo.

Silva, J.F. Dados climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). **Boletim Climatológico do Instituto Oceanográfico**, v. 6, p. 1-21, 1989.

Tessler, M.G.; Furtado, V.V. Dinâmica de sedimentação das feições de assoreamento da região lagunar Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. **Bolm. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, 32 (2): 117-124, 1983.

Tessler, M.G.; Suguio, K.; Mahiques, M.M.; Furtado, V.V. Evolução temporal e espacial da desembocadura lagunar de Cananéia (SP). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 38, n. 1, p. 23-29, 1990.

Tessler, M.G.; Souza, L.A.P. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. **Revista Brasileira Oceanografia**, v. 46, n.1, p. 69-83, 1998.