

Uso do geoprocessamento para definição de áreas para o cultivo de ostras na região estuarina de Cananéia, São Paulo, Brasil *

Fátima L. Collaço^{@, a}; Sílvia M. Sartor^b; Edison Barbieri^a

RESUMO

A maioria dos estoques pesqueiros tradicionais encontra-se em declínio em decorrência da crescente expansão das atividades antrópicas na zona costeira, propiciando outras formas de produção de alimento e de geração de renda, tal como a maricultura. Nesse panorama, o desenvolvimento de instrumentos gerenciais para a zona costeira mostra-se necessário, já que sua ausência pode causar prejuízos irremediáveis aos ambientes costeiros e à vida aquática. Técnicas de geoprocessamento vêm sendo amplamente utilizadas nas mais diversas atividades econômicas e governamentais, fornecendo informações adequadas de planejamento e gestão de territórios e projetos. Quando aplicadas de forma coerente, essas técnicas podem contribuir para a sustentabilidade aquícola de uma área. O objetivo deste estudo foi desenvolver um instrumento gerencial para o planejamento da maricultura através do uso de geoprocessamento para o cultivo de ostras na região estuarina lagunar de Cananéia. Os dados obtidos através de pesquisas bibliográficas, legislação brasileira vigente, agências ambientais, Carta Náutica, restituição de imagens de satélite e coletas em campo foram organizados em um gerenciador de banco de dados geográficos. Após esse procedimento, analisou-se através da geoestatística, interpolação, análise de distância e análise de densidade, definiram-se áreas propícias ou ideais para o cultivo da ostra *Crassostrea brasiliana*, o que resultou na elaboração dos mapas: Mapa Ambiental, Mapa das rotas de navegação, Mapa de Conflito de Usos, Conflitos com interesses das Unidades de Conservação, Mapa Socioeconômico, Mapa Logístico, Mapa de potencial para a maricultura. Na elaboração do Banco de Dados Geográficos, foram considerados critérios ambientais, socioeconômicos e logísticos. Como resultado, obteve-se áreas propícias para o cultivo da ostra que apresentam boa qualidade de água, que ainda não são exploradas pela atividade e que podem vir a ser.

Palavras-chave: SIG, litoral sul de São Paulo, maricultura, ostricultura, gerenciamento costeiro

ABSTRACT

Use of GIS for defining areas for the cultivation of oysters in the estuarine region of Cananéia, São Paulo, Brazil

Most traditional fish stocks is declining as a result of the expansion of human activities in the coastal zone, providing other forms of food production and generation of income, such as mariculture. In this scenario, the development of management tools for coastal zone has become necessary, since its absence can cause irreparable damage to coastal environments and aquatic life. GIS techniques have been widely used in various economic and governmental activities, providing adequate information for planning and management of projects and territories. When applied consistently, these techniques can contribute to the sustainability of aquaculture area. The aim of this study was to develop an instrument for planning mariculture through the use of GIS for the cultivation of oysters in the estuarine region of Cananéia. The data obtained through literature searches, current Brazilian legislation, environmental agencies, Nautical chart, restitution of satellite images and field collections were

[@] Corresponding author to whom correspondence should be addressed.

^a Instituto de Pesca, Programa de Pós Graduação (APTA – SAA/SP), AV. Prof. Besnard s/n. Caixa Postal 157. CEP 11990-000. Cananéia, SP, Brasil. e-mail: Collaço <fatinalis@gmail.com>; Barbieri <edisonbarbieri@yahoo.com.br>

^b Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Avenida Prof. Luciano Gualberto, 380, travessa 3 - CEP 05508-010. Butantã, São Paulo - SP, Brasil. e-mail: Sartor <silvisartor@gmail.com>

Submission: 19 JUN 2014; Peer review: 19 JUL 2014; Revised: 5 SEP 2014; Accepted: 26 NOV 2014; Available on-line: 3 DEC 2014

This article contains supporting information online at http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-527_Collaco_SuplMat



organized into a manager geographic database. These data were then analyzed using geostatistical interpolation, analysis of distance and density analysis, allowing a favorable or ideal definition for areas of cultivation of oyster *Crassostrea brasiliana*. After this procedure the following maps were drawn: map of environmental navigation routes, map of conflicting uses, map of conflicts with the interests of the conservation units, social economic map, logistic map, map of potential form ariculture. In preparing Geographical Database, the environmental, socioeconomic and logistic were taken into consideration. The study pointed out areas conducive to the cultivation with good quality of water, which are not yet explored by the activities that can be used for mariculture. This work developed a structure of geographic database, which will be available to decision makers and shellfishermen in the region, which may be updated when new data become available.

Keywords: GIS, São Paulo, mariculture, oyster farm, coastal management

1. Introdução

A produção pesqueira mundial encontra-se estabilizada, e o declínio observado nos estoques pesqueiros tradicionais deve-se principalmente à sobrepesca e à destruição de habitats na zona costeira (FAO, 2012).

Diante das projeções de crescimento populacional e do declínio da pesca, visando prover a demanda futura por alimentos, prevê-se um aumento da procura de produtos pesqueiros, favorecendo o aumento de empreendimentos para o cultivo de espécies aquáticas em cativeiro (FAO, 2013). A aquicultura já é responsável pela produção da metade do peixe consumido pela população mundial. De acordo com estudos, a produção de peixes através de aquicultura triplicou entre 1995 e 2007 (FAO, 2013).

Seguindo nessa direção, como sugerem Brandini *et al.* (2007), há uma tendência de o cultivo de recursos marinhos assumir um papel de liderança entre as atividades produtivas no mar territorial brasileiro. A própria indústria pesqueira vê na maricultura um substituto potencial para seus lucros em longo prazo, e países desenvolvidos investem milhões em recursos financeiros na produção de algas, peixes e frutos do mar com tecnologia em escala comercial.

O cultivo de moluscos bivalves representa uma grande parte da produção mundial de produtos marinhos, especialmente por ofertar baixos custos para sua instalação e seu manuseio (Christo, 2006). Quando instalados em ambientes protegidos, podem obter um alto índice de rentabilidade. Em 2008, a produção de moluscos cultivados foi de 13,1 milhões de toneladas (FAO, 2010), aumentando em 2010 para 14,2 milhões de toneladas (FAO, 2012).

As características geográficas, biológicas e culturais da região estuarina-lagunar de Cananéia-Paranaguá a tornam propícia ao desenvolvimento da maricultura, principalmente de moluscos bivalves, conciliando a permanência das comunidades tradicionais e a preservação do ambiente. Assim sendo, a ostreicultura é considerada uma das principais atividades aquícolas de Cananéia, explorada comercialmente desde a década de 1940 (Machado *et al.*, 2013). Sob o ponto de vista bioecológico, a região tem importante papel na produção de matéria orgânica. Além disso, trata-se de um estuário,

que reconhecidamente já é ambiente de alta produção primária (Day *et al.*, 1989). Esse conjunto de condições propícias é importante para a formação de um criadouro para um elevado número de espécies de peixes, crustáceos e moluscos bivalves de interesse comercial (Barbieri & Cavaleiro, 1999).

Atualmente, apenas 40% da produção total de ostras de Cananéia são provenientes de viveiros de “engorda” (Henriques *et al.*, 2010). O sistema de viveiros de “engorda” é uma forma de manejo em que as ostras são extraídas do ambiente natural com tamanho entre 5 e 10 cm (Portaria SUDEPE nº 40 de 1986) e dispostas em estruturas até atingirem o tamanho comercial. Duas espécies nativas de ostras ocorrem em Cananéia, a *Crassostrea rhizophorae* e a *Crassostrea brasiliana*, conhecidas como Ostras do Mangue e encontradas em regiões de baixa e média salinidade (Barbieri *et al.*, 2014). Para efeitos deste trabalho, optou-se por trabalhar com a *C. brasiliana*, que é de distribuição mais ampla no estuário e tolera uma variação maior de salinidade (Galvão *et al.*, 2000).

Devido à sua alta capacidade de filtração durante o processo de alimentação, as ostras podem acumular bactérias, metais pesados, organoclorados, bem como outros poluentes nos tecidos, caso o ambiente sofra algum tipo de ação antrópica poluidora (Barros & Barbieri, 2012; Doi *et al.*, 2014; Reigala *et al.*, 2014), justificando, assim, a necessidade de um bom planejamento e controle sanitário das áreas de cultivo.

O aumento da atividade de maricultura sem planejamento pode ocasionar diversos riscos ao ambiente e à saúde humana, pelo simples fato de os cultivos serem realizados na ausência, principalmente, de um sistema eficaz de monitoramento da qualidade das águas. Em 2003, Curtis (2003) relatou que a qualidade da água tem sido colocada em primeiro plano nos debates sobre política de fomento às atividades de maricultura no Estado de Santa Catarina. Esse fato decorre do entendimento da magnitude dos riscos gerados pela presença de metais e semi-metais, substâncias químicas e bactérias na água em que existe atividade de maricultura. Assim sendo, o monitoramento da qualidade do ambiente onde se localiza o cultivo é de suma importância para a certificação sanitária e a sanidade do produto direcionado ao mercado consumidor.

O monitoramento da qualidade ambiental, principalmente com relação à presença de coliformes termotolerantes, além da presença de atividades potencialmente poluidoras e de usos concorrentes com a maricultura, deve ser considerado na escolha de uma área para ostras. Nesse sentido, o presente estudo propõe a criação de um banco de dados geográficos com variáveis ambientais e microbiológicas que podem contribuir com o planejamento da maricultura no estuário de Cananéia.

O desenvolvimento de instrumentos gerenciais para a zona costeira se mostra necessário, já que sua falta pode causar prejuízos irremediáveis aos ambientes costeiros e à vida aquática, como, por exemplo, a implantação de cultivos muito além da capacidade de suporte do ambiente. Assim sendo, o SIG (Sistema de Informações Geográficas) vem sendo amplamente proposto por vários países nas últimas décadas para o planejamento das atividades aquícolas nas regiões litorâneas (Scott & Vianna, 2001; Simms, 2002; Scott, 2003; Macleod, 2002; Freitas *et al.*, 2009; Farias *et al.*, 2010; Bezerra *et al.*, 2011; Vianna *et al.* 2012). Nath *et al.* (2000) avaliaram o uso de SIG como suporte à decisão na aquicultura e apontaram forte tendência de crescimento do seu uso como componente de sistemas de apoio à decisão.

O método AHP – processo de análise hierárquica, método de multicritério de apoio à tomada de decisões, se baseia na divisão do problema em níveis hierárquicos, determinando, de forma clara e por meio da síntese dos valores dos agentes de decisão, uma medida global para cada uma das alternativas, classificando ao finalizar o método (Marins *et al.*, 2009). Esse método, aliado a SIG's, foi utilizado no planejamento da maricultura por diversos autores (Farias *et al.*, 2010; Bezerra *et al.*, 2011; Teixeira *et al.*, 2012).

Segundo a FAO (2013), em publicação que trata do ordenamento do território para apoiar a abordagem ecossistêmica na aquicultura, descreve a situação atual do uso de SIG nessa área, concluindo que, apesar de amplamente aplicada para a identificação de áreas propícias para cultivos, não considera todos os setores econômicos e sociais.

Além disso, o estabelecimento de bases sustentáveis para a correta escolha de locais para instalação de cultivos só será possível através do entendimento da relação entre a exigência fisiológica do organismo aquático e as condições ambientais, maximizando a eficiência da maricultura, de forma a otimizar o uso de áreas, para produzir o máximo de organismos com o mínimo de custo social e ambiental.

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um instrumento gerencial para o planejamento do cultivo de ostras na região estuarina de Cananéia, Estado de São Paulo, Brasil, utilizando geoprocessamento e considerando critérios ambientais, socioeconômicos e logísti-

cos para identificar áreas propícias para cultivar a *Crasostrea spp.*, de forma a compatibilizá-los com outras atividades, buscando manter a qualidade ambiental da região.

2. Métodos

A área de abrangência deste projeto foi o estuário do município de Cananéia/SP, delimitada pelos paralelos 25° 19' 00" S e 24° 52' 30" S e pelos meridianos 48° 15' 00" W e 47° 38' 20" W (Figura 1).

Visando padronizar os procedimentos para o planejamento da maricultura, o presente trabalho propôs utilizar o geoprocessamento na concepção de um modelo conceitual por processo analítico hierárquico - AHP. Essa metodologia foi proposta por Vianna (2007), considerada mais adequada para a realidade, diante da carência de dados de monitoramento de ambientes costeiros no Brasil.

Para a modelagem dos dados, foi utilizado o software gvSIG versão 1.11 (GVSIG, 2011). Uma Base de Dados Geográfica - BDG (Gazola e Furtado, 2007) foi estruturada para armazenar, editar, relacionar e analisar os dados. O sistema adotado foi Coordenadas Geográficas - SIRGAS 2000.

Foram feitas análises através de um modelo conceitual por processo analítico hierárquico – AHP, considerando as seguintes etapas: 1) Construção do modelo conceitual; 2) Levantamento de dados; 3) Estruturação de um BDG; 4) Aplicação do modelo; 5) Avaliação dos resultados; e 6) Validação utilizando os dados levantados em campo.

Para a elaboração deste trabalho, contou-se com levantamento de dados em campo, de março a dezembro de 2012, levantamento de dados bibliográficos e consulta a dados não publicados, obtidos junto a agências ambientais com atuação na região.

2.1. Modelo conceitual

Foi elaborada uma lista preliminar de variáveis com grau de ponderação para cada uma das áreas estudadas. As variáveis foram agrupadas nas categorias ambientais, socioeconômicas e logísticas, conforme descrito na Tabela 1, e avaliadas conforme a Figura 2. Os pesos foram definidos pelos autores, em que os maiores níveis representam as melhores soluções.

2.2. Descrição das variáveis

2.2.1 Qualidade Microbiológica

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 define Águas Salobras como sendo "águas com salinidade igual ou inferior a 0.5 e 30", característica da região estudada.

Segundo essa mesma Resolução (seção II, alínea "g", do inciso I do art. 18), os padrões de qualidade mínima de águas salobras para a Classe 1, para o cultivo de

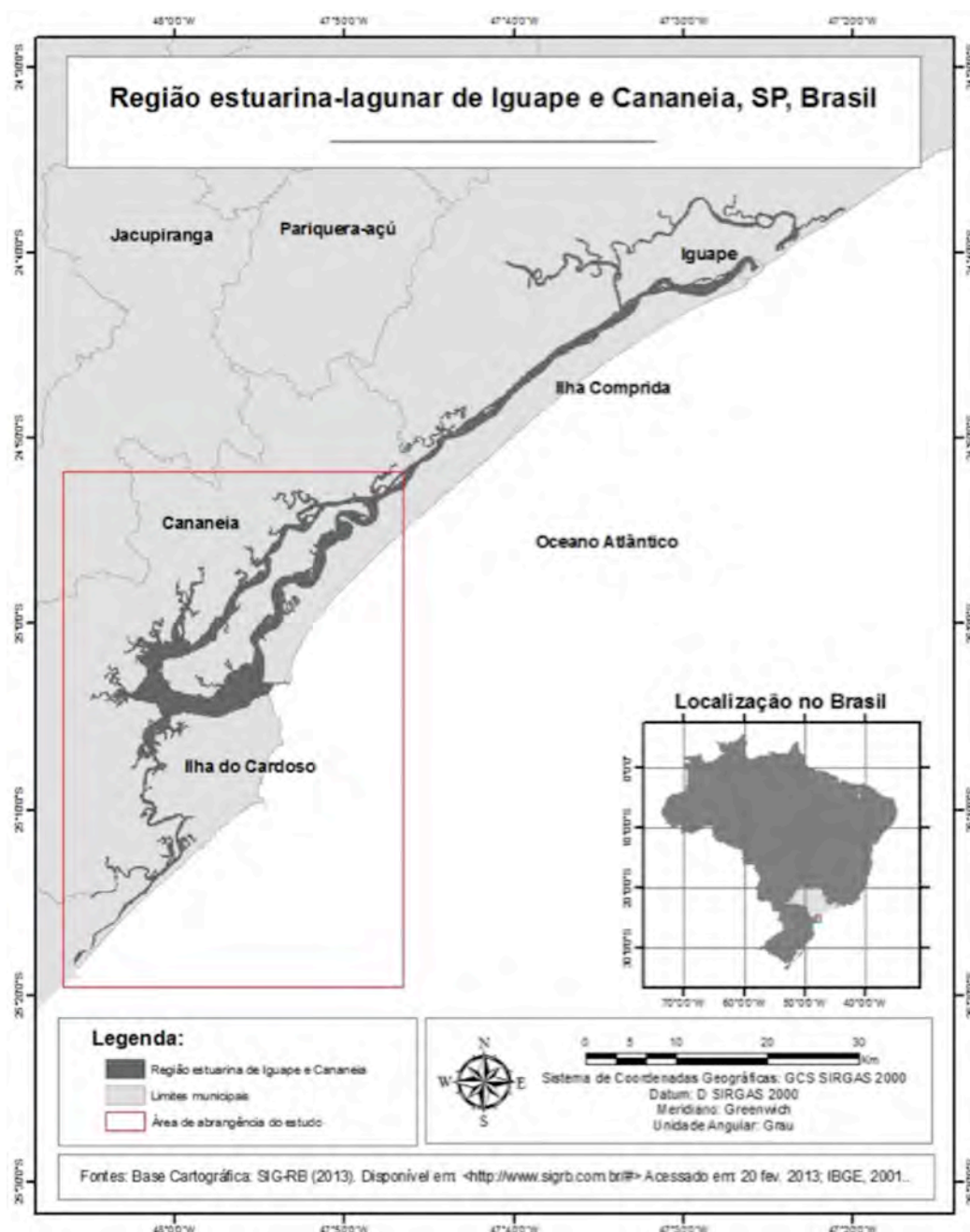


Figura 1 - Área de abrangência do estudo.

Figure 1 - Area covered by the study.

Tabela 1 - Variáveis utilizadas no Modelo Conceitual desenvolvido na avaliação de áreas propícias à maricultura de *Crassostrea brasiliana*.

Table 1 - Variables used in the conceptual model developed in the evaluation of suitable sites for mariculture of *Crassostrea brasiliana*.

Ambiental	1	Qualidade Microbiológica.
	2	Fontes de poluição ou potencialmente poluidoras.
	3	Batimetria ou profundidade (m).
Socioeconômico	4	Conflitos de uso (estruturas náuticas, rotas de navegação).
	5	Conflitos com interesses das Unidades de Conservação.
Logístico	6	Estrutura de apoio ao beneficiamento (fábrica de gelo, processadoras, depuradoras, entrepostos).
	7	Situação logística considerando pontos de comercialização, facilidade de escoamento.

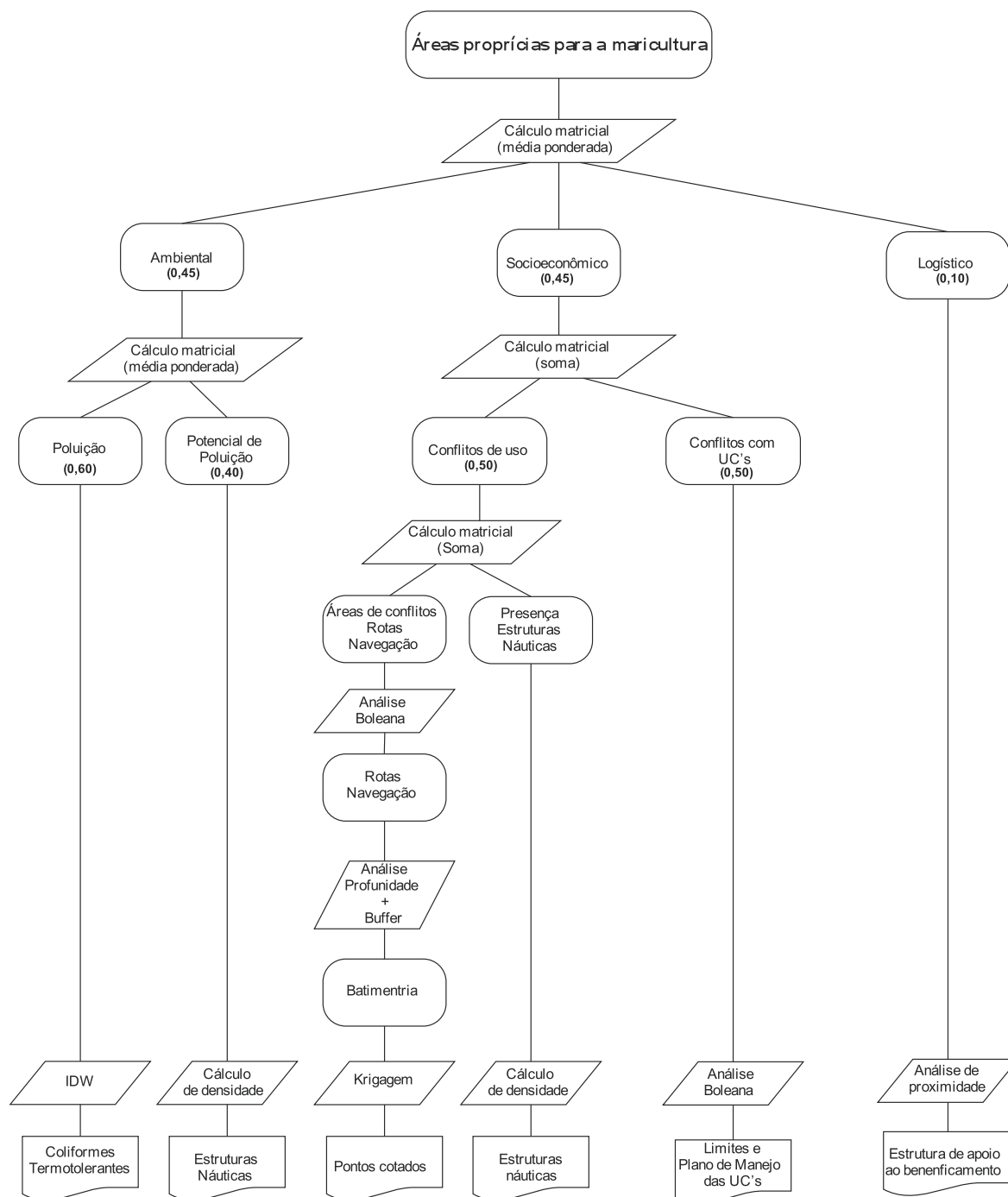


Figura 2 - Processo de análise espacial efetuado após a escolha das variáveis e a definição de seus pesos
 Figure 2 - Process of spatial analysis conducted after the choice of the variables and the definition of their weights.

moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentual 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras.

Existem outros parâmetros de qualidade de água estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357 de 2005

(substâncias orgânicas e inorgânicas). Porém, como o presente trabalho utilizou dados já existentes, eles não foram contemplados. Subentende-se que alguns tipos de contaminantes serão analisados através das variáveis relativas às fontes de poluição.

Os dados de contaminação por coliformes termotolerantes foram obtidos através de coletas mensais de água realizadas em 2012 pelo Instituto de Pesca na área de estudo. Trabalhou-se com as médias de cada um dos 10 pontos distintos (Tabela 2).

2.2.2. Fontes de poluição ou potencialmente poluidoras

Na região estudada, as fontes de poluição são efluentes domésticos não tratados que podem degradar a qualidade do ambiente e pontos com presença de estruturas que, por derivados de petróleo ou matéria orgânica, podem contaminar o ambiente aquático. Dessa forma, foram considerados potenciais para poluição: estação de tratamento de esgoto, posto de abastecimento náutico, trapiches, rampas e portos.

2.2.3. Batimetria

Foram consideradas as medições de profundidade realizadas durante as coletas de campo com o auxílio de ecossonda e da Carta Náutica Digital nº 1703 (Marinha, 2012), além de profundidades determinadas a partir de imagens do Google Earth®.

2.2.4. Conflitos de uso

Foram consideradas como atividades conflitantes com a maricultura rotas de navegação, estruturas náuticas e locais para banho (balneários). As atividades foram mapeadas através de arquivo kml fornecido pela CETESB (2011) e observações sobre imagens Google Earth®. As áreas com menor risco de conflitos sócio-econômicos seriam aquelas mais distantes dessas atividades.

2.2.5. Conflitos com interesses das Unidades de Conservação

A região é composta por um mosaico de Unidades de Conservação, podendo seus interesses ser conflitantes com a atividade de maricultura. Dessa forma, foram considerados os Planos de Manejos existentes e o tipo de Unidade de Conservação para determinação de áreas.

2.2.6. Estrutura de apoio ao beneficiamento

Fábricas de gelo, unidades de processamento de pescados, unidades depuradoras e entrepostos pesqueiros compõem um conjunto de estruturas de apoio ao beneficiamento que podem indicar facilidades na logística de produção em maricultura. Sendo assim, a proximidade dessas estruturas foi considerada como maior probabilidade de sucesso comercial.

2.2.7. Situação logística considerando pontos de comercialização, facilidade de escoamento

A comercialização geralmente é feita de forma direta aos consumidores e ocorre principalmente no verão. Porém, as áreas com maior probabilidade de sucesso comercial são aquelas que possuem maior proximidade e melhor acesso aos mercados consumidores e às unidades beneficiadoras.

2.3. Levantamento de dados

Os dados utilizados foram obtidos através das fontes citadas nas Informações de Suporte. Como eles foram adquiridos de diversas fontes, foi necessária a conversão de formatos e sistemas de projeção, georreferenciamento, tabulação de atributos e restituição, através de ferramentas de conversão de Datum e exportação de formato.

2.4. Geração dos mapas do modelo

A partir da elaboração de tabelas, os dados foram processados utilizando métodos geoestatísticos, gerando matrizes de interação. A partir dessas matrizes e com o uso de calculadora matricial, os mapas foram gerados.

O peso de cada mapa utilizado no cálculo está descrito na Figura 2.

Tabela 2 - Valor médio (n=12) de coliformes em NMP/100 de 2012, no estuário de Cananéia/SP.

Table 2 - Average value of coliform in NMP/100 of 2012, in the estuary of Cananeia/SP.

Local	Coordenadas geográficas		Média anual C. Termotolerantes (NMP/100), n=12
1. Mandira	48°02'05"	25°01'00"	20,5
2. Retiro	48°02'40"	25°09'95"	18,5
3. Itapitanguí	47°99'55"	24°99'59"	181,6
4. Cooperostra	47°91'05"	24°95'80"	70,5
5. Ilha da Casca	48°01'13"	25°09'15"	14,8
6. Pedrinhas	47°80'50"	24°89'22"	7,1
7. Mosqueteiro	47°94'83"	24°99'40"	268,3
8. Agrossolar	47°90'22"	24°96'75"	144,7
9. Pier da base do Instituto de Pesca	47°92'41"	25°01'95"	408,2
10. Taquari	48°02'68"	25°01'81"	82,8

3. Resultados

3.1. Aplicação do modelo

Os mapas foram interpolados com o uso de calculadora de mapas, que permite atribuir pesos para cada uma das camadas.

3.1.1. Mapa Ambiental

O Mapa Ambiental (Figura 3) foi gerado através da média ponderada, em uma calculadora matricial, dos mapas de Poluição e de Potencial de Poluição (Informações de Suporte III e IV).

Cada matriz (mapa raster) foi normalizada em valores entre 0 e 1, em que 1 é de maior potencial e 0 de menor potencial, e, posteriormente, foi gerada uma matriz que obedeceu às proporções registradas na Figura 2. Considerou-se Poluição as áreas com contaminação por coliformes termotolerantes e Potencial de Poluição os pontos com atividades de marina, saídas de esgoto e povoadamentos. Dessa forma, a poluição teve um peso maior na análise final por já estar, de alguma forma, presente no ambiente e representar risco à maricultura.

O Mapa de Poluição foi gerado através do método de interpolação inverso da distância ponderada - IDW, a

partir da média dos valores de contagens de coliformes termotolerantes, da localização de marinhas, das saídas de esgoto e dos povoadamentos, observados em amostras de água coletadas em 2012, através de monitoramento realizado pelo Instituto de Pesca em 10 pontos distintos na área de estudo (Tabela 2).

A presença de atividades potencialmente poluidoras na área pode representar risco à maricultura. Sendo assim, quanto maior a distância desses pontos, menor a probabilidade de contaminação, no caso de algum tipo de acidente. Foram mapeados trapiches, rampas e portos, a partir de imagens do Google Earth®, e também foram utilizados dados do levantamento de estruturas náuticas realizado pela Agência Ambiental da CESTEB de Registro, nos municípios de Cananéia e Ilha Comprida, em 2011.

Foi gerado um Mapa de Potencial de Poluição, considerando a densidade de estruturas náuticas. Para tanto, utilizou-se uma calculadora de densidade através de número de estruturas mapeadas.

O mapa Ambiental (Figura 3) foi elaborado através da análise de dados sobre a situação de contaminação por coliformes termotolerantes, além de mapear a presença de atividades potencialmente poluidoras (Informações de Suporte III e IV).

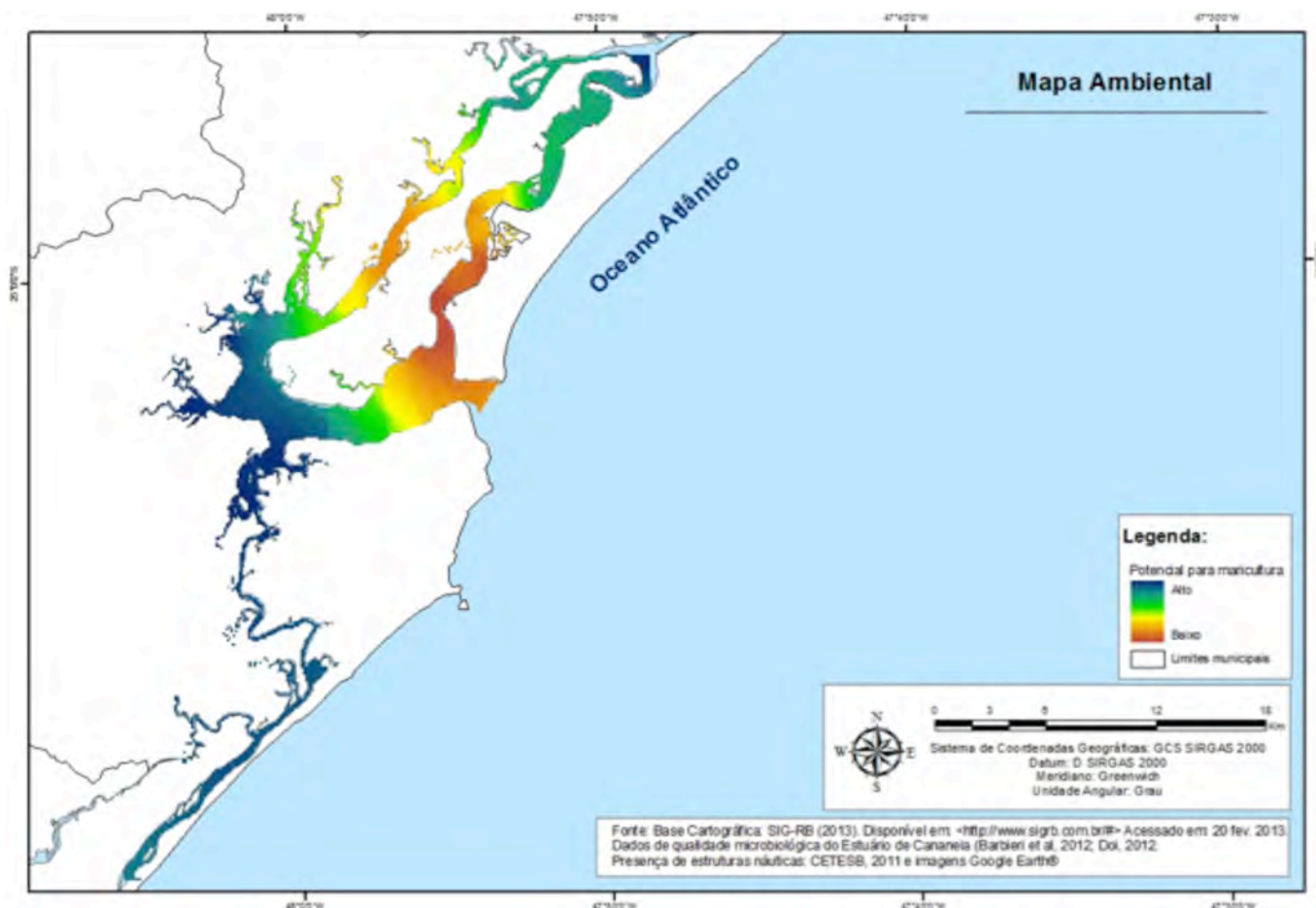


Figura 3 - Mapa Ambiental.

Figure 3 - Environmental Map.

O mapa ambiental visou identificar o grau de poluição da região de estudo. Dessa forma, quanto maior a distância das áreas com potencial de poluição, menor a probabilidade de contaminação dos cultivos.

Atividades náuticas podem causar a contaminação por derivados de petróleo, já a concentração de residências aliada à ineficiente rede de saneamento básico gera contaminação por matéria orgânica. O critério ambiental é essencial no cultivo de ostras, para garantir a qualidade higiênico-sanitária do alimento produzido.

3.1.2. Mapa das rotas de navegação

Considerando as áreas com maior profundidade, foram traçadas rotas de navegação, a partir da carta Náutica nº 1703 (Marinha do Brasil, 2012) e das observações das embarcações que navegam na região, além de dados obtidos em campo através de um GPS. Após as observações e o conhecimento da região, foi gerado o Mapa Rota de Navegação, com buffer de 100 metros de restrição (Informações de Suporte V).

3.1.3. Mapa de Conflito de Usos

A definição do canal de navegação e a densidade da presença de estruturas náuticas geraram o Mapa de Conflito de Usos (Informações de Suporte VI). As Uni-

dades de Conservação consideradas neste trabalho foram aquelas cujo território está inteiramente ou parcialmente inserido no ambiente aquático (Informações de Suporte VII). Sua categoria e a existência de um instrumento de gestão que pode gerar alguma restrição de uso (Informações de suporte / Supporting Information) foram utilizadas na análise.

3.1.4. Mapa de conflitos com interesses das Unidades de Conservação

Considerando as informações detalhadas em Informações de Suporte, gerou-se o Mapa de conflitos com interesses das Unidades de Conservação (Figura 4). As Reservas de Desenvolvimento Sustentáveis e Reservas Extrativistas foram consideradas áreas com restrição de uso, já que são restritas a grupos específicos.

O Mapa Socioeconômico (Figura 5) foi elaborado considerando as principais atividades que poderiam gerar algum tipo de conflito com a maricultura (estruturas náuticas, rotas de navegação e conflito com interesses de unidades de conservação).

3.1.5. Mapa Socioeconômico

Essas variáveis tiveram o mesmo peso na análise final, já que representam potencial de conflitos semelhante.

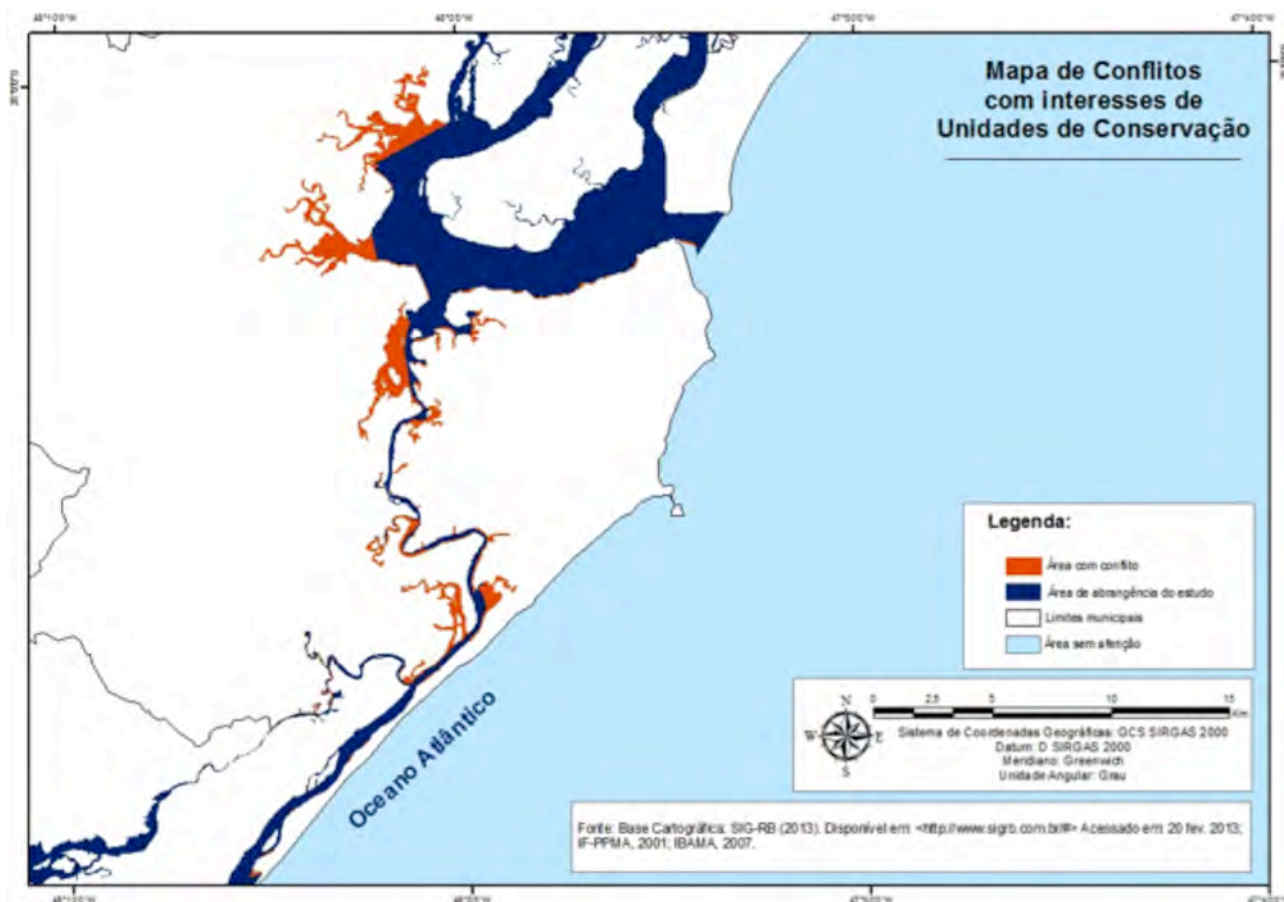


Figura 4 - Mapa de conflitos com interesses das Unidades de Conservação.

Figure 4 - Map of conflicts with interests of Protected Areas.

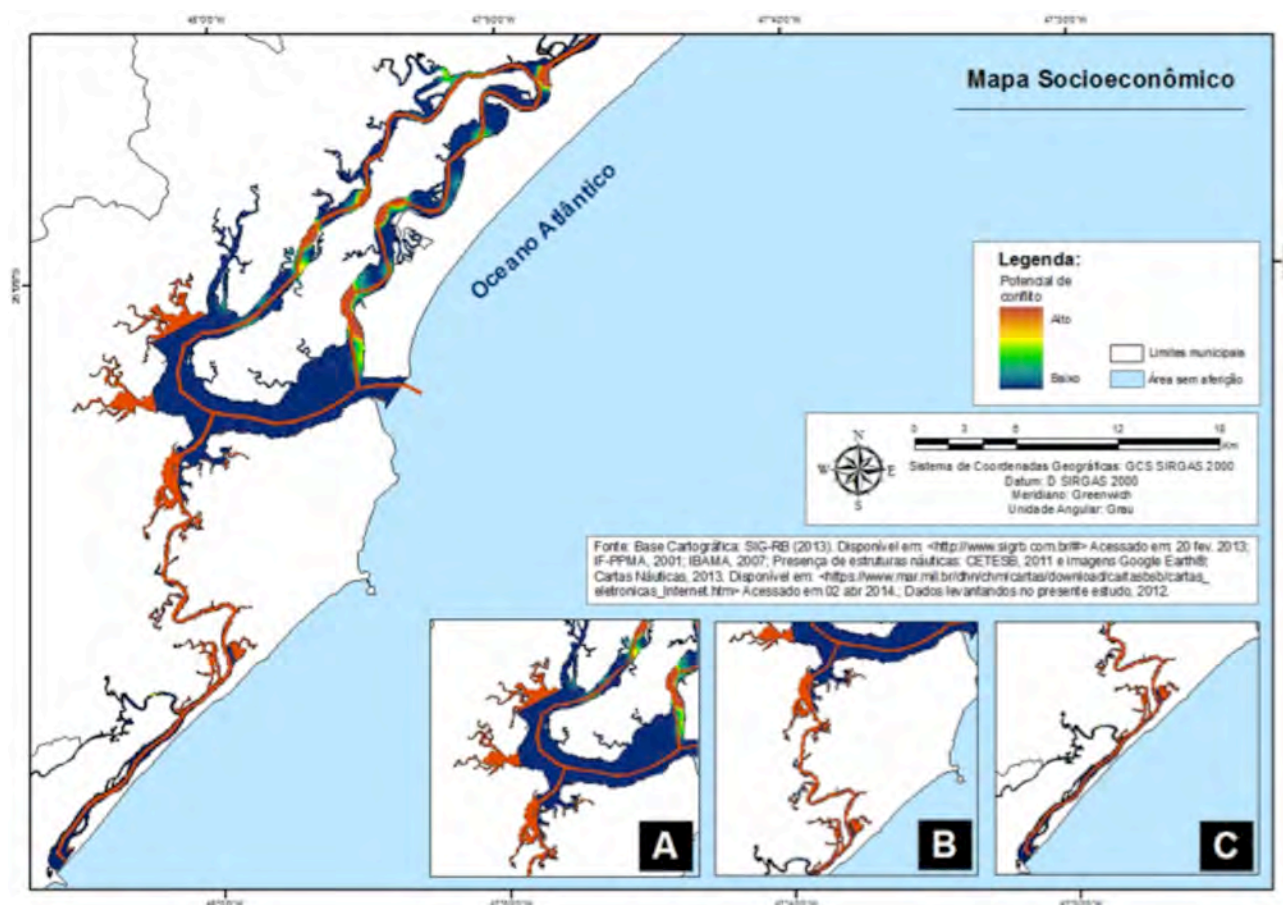


Figura 5 - Mapa Socioeconômico. Exibe o potencial de risco de conflito de interesses. A. Mandira e Itapitangui, B. Retiro, Itapanhapina e canal, C. canal até o Portal passando pelo Marujá.

Figure 5 - Map Socioeconomic. Displays the potential risk of conflict of interest. A. Mandira and Itapitangui, B. Retiro, Itapanhapina and channel, C. channel to the Portal through the Marujá.

Optou-se aqui por utilizar o método geoestatístico Booleano (Jakob, 2002) na ponderação das variáveis Rotas de Navegação e Conflitos com interesses de Unidades de Conservação, já que as restrições impedem o uso das áreas; sendo assim, quanto mais próximo dessas áreas, maior a probabilidade de haver algum tipo de conflito.

Para determinarmos a rota de embarcações, utilizou-se a Carta Náutica Digital nº 1703 (Marinha do Brasil, 2012) como base, além de dados coletados em campo para este trabalho, para determinação da profundidade da área. No interior do estuário, a distribuição dos pontos amostrais apresentou vazios em alguns pontos, principalmente nas áreas onde deságuam os rios e em áreas de mangues e areia, sendo representadas pelo *software* como áreas com profundidade com valor zero.

Assim sendo, baseado em imagens do Google Earth®, definiram-se pontos amostrais com valores de 0,5m e 0,1m às desembocaduras de rios, bancos de areia e mangue. Os dados foram interpolados utilizando-se o método geoestatístico Krigagem (Jakob, 2002, p.1) para a representação do terreno. Foi utilizado o método ordinário juntamente com o modelo de semi-variograma esférico. Os métodos geoestatísticos se baseiam nos

modelos estatísticos que incluem autocorrelação, tornando-os capazes não só de produzir um modelo de superfície, mas também de prover algumas medições de exatidão dessa superfície modelada (Freitas *et al.*, 2009).

A geração do mapa Socioeconômico (Figura 5) visou identificar as áreas com restrições para a finalidade de cultivos. Essa identificação se deu através da análise de conflitos com os interesses das Unidades de Conservação (Figura 4) e das rotas de navegação e estruturas náuticas já existentes (Informações de Suporte). Assim sendo, identificaram-se áreas restritas para a maricultura e áreas com potencial de conflitos, porém passíveis de uso.

3.1.6. Mapa Logístico

Considerou-se a proximidade do mercado consumidor, a facilidade de acesso e a presença de unidades de beneficiamento como critérios logísticos visando à viabilidade econômica.

Para o Mapa Logístico (Figura 6), foram consideradas as localizações de estruturas de apoio ao beneficiamento (fábrica de gelo, processadoras/indústrias de pesca,

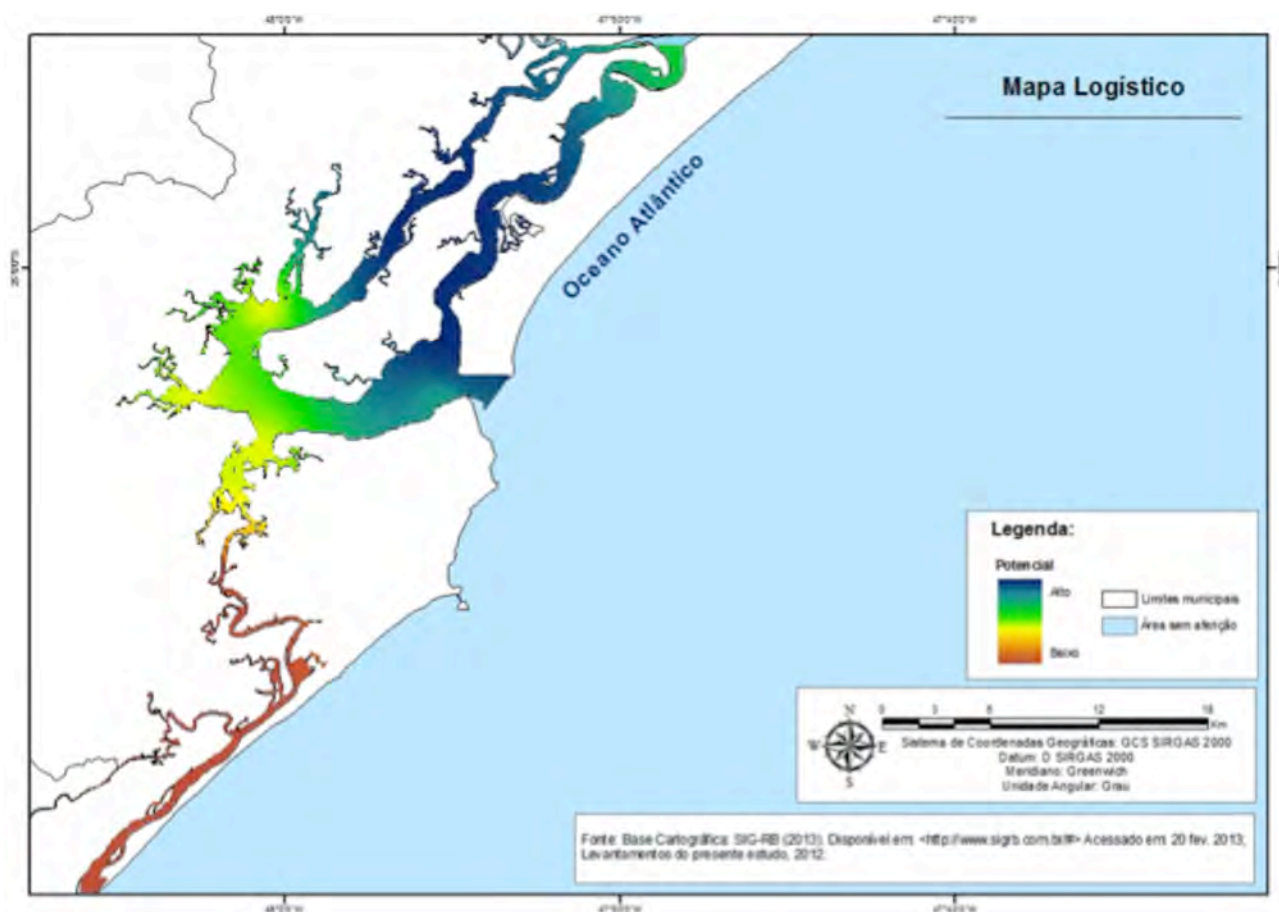


Figura 6 - Mapa Logístico.

Figura 6 - Mapa Logístico.

depuradoras e entrepostos pesqueiro) e dos pontos de comercialização e facilidade de escoamento.

Também foram considerados locais com concentrações de restaurantes, pousadas ou pesqueiros que correspondem a mercado potencial de pescados. A localização das estruturas de apoio ao beneficiamento e dos pontos de comercialização e facilidade de escoamento foram obtidos através de entrevistas com representantes de instituições envolvidas no setor pesqueiro em Cananéia e plotadas sobre imagens do Google Earth[®]. Utilizou-se o método de análise de distância para definir quais locais são mais propícios para o cultivo.

No presente estudo, foi possível determinar áreas propícias para a maricultura, com ênfase no cultivo de ostras, no estuário de Cananéia (Figura 7), através das informações disponíveis, utilizando uma análise multicriterial e ponderada hierarquicamente. Executou-se o cruzamento dos mapas Ambiental, Socioeconômico e Logístico através de média ponderada obtida com o uso de uma calculadora matricial.

A geração do mapa Socioeconômico (Figura 5) visou identificar as áreas com restrições para a finalidade de cultivos. Essa identificação se deu através da análise de conflitos com os interesses das Unidades de Conser-

vação, das rotas de navegação e das estruturas náuticas já existentes (Informações de Suporte). Assim sendo, identificaram-se áreas restritas para a maricultura e áreas com potencial de conflitos, porém passíveis de uso.

Gerou-se, ainda, um mapa Logístico (Figura 6), para avaliar as áreas onde existem estruturas de apoio que beneficiariam a maricultura como uma atividade econômica.

3.1.7. Mapa de potencial para a maricultura

Finalizando, as localidades produtoras de ostras da região estuarina de Cananéia foram contrapostas com o mapa de potencial para a maricultura no estuário, com ênfase no cultivo de ostras (Figura 7), demonstrando que, das vinte localidades produtoras de ostras mapeadas por Campolim e Machado (1997), cinco estão em local inapropriado (Figura 8), ao serem considerados a presença de contaminação microbiológica, conflitos com outras atividades e a distância do centro comercial do município. Cabe ressaltar que a comunidade do Marujá, apesar da alta qualidade ambiental da área, está distante do centro comercial consumidor e dentro do Parque Estadual da Ilha do Cardoso.

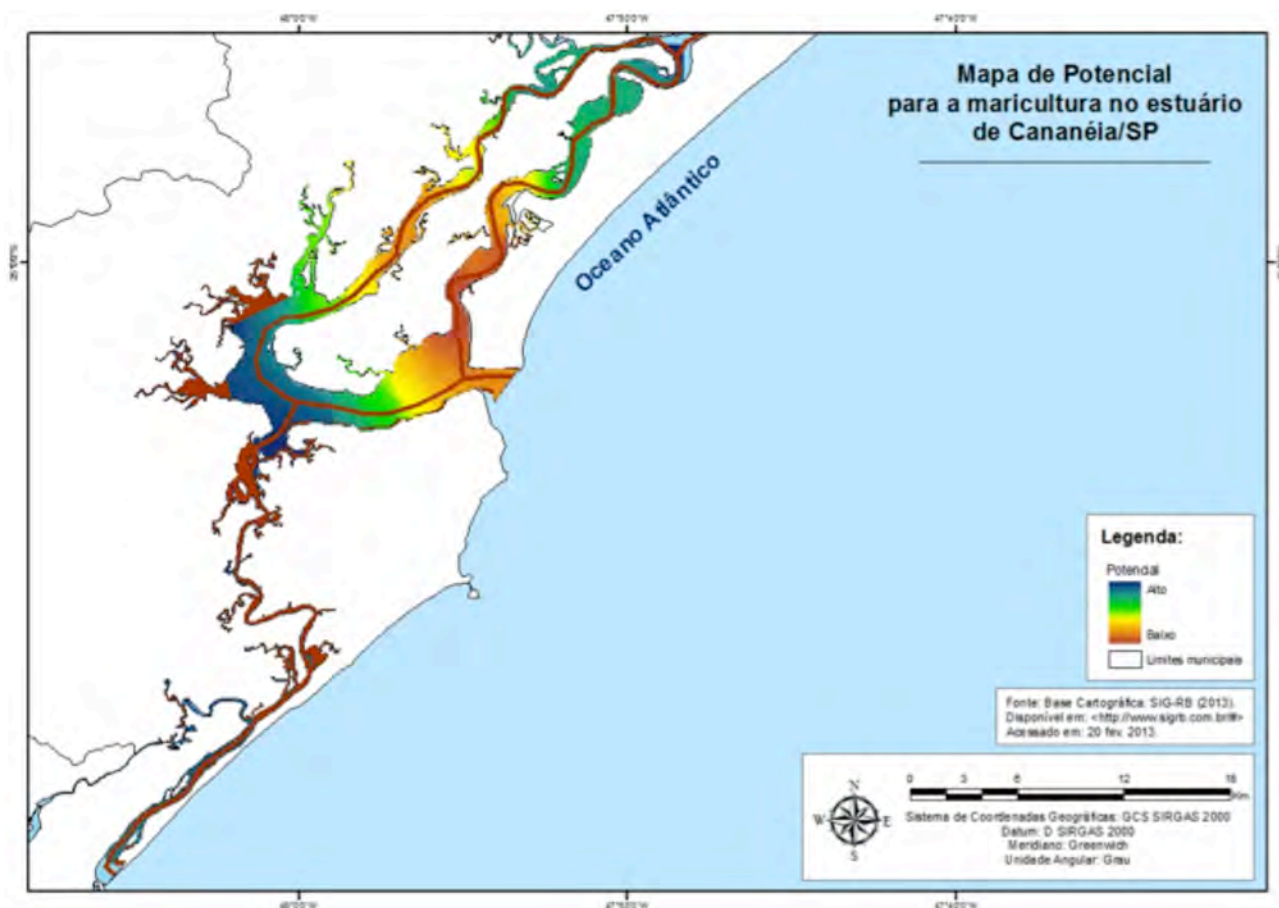


Figura 7 - Mapa de Potencial para a maricultura, com ênfase ao cultivo de ostras.

Figure 7 - Map of Potential for mariculture, with emphasis on the cultivation of oysters.

4. Discussão

Este trabalho analisou variáveis ambientais, socioeconômicas, além de logísticas, utilizando SIG, para eleger as áreas propícias para o cultivo de ostras no estuário de Cananéia. Apesar da aplicação da metodologia proposta por Vianna (2007) neste estudo, utilizou-se um número menor de variáveis, consideradas suficientes para o apontamento de áreas propícias, pois Vianna (2007), em seu estudo, deu ênfase à maricultura como um todo; neste trabalho, escolheu-se apenas uma espécie de ostras, a qual já é cultivada no estuário.

Das 26 variáveis utilizadas por Vianna (2007), foram consideradas: potencial poluidor, turismo e lazer, navegação, pesca, batimetria, áreas pré-existentes, sistema viário, acesso à praia e à informação, insumos básicos, indústria de beneficiamento e centros consumidores. Os temas relativos a essas variáveis foram inseridos no presente estudo, porém com outra nomenclatura.

Não foram consideradas, neste estudo, as seguintes variáveis, por não se aplicarem à região: aeroportos, agrotóxicos, pista de ventos, regimes de ondas, grau de confinamento, vazão fluvial, drenagem pluvial, densidade de parques, insumos biológicos, áreas de sombra, bancos naturais de ostras e mexilhões. Isso porque a

região é um estuário abrigado e no seu entorno existem várias unidades de conservação, mantendo-se, ainda, íntegro o ambiente. Além disso, trabalhou-se aqui só com uma espécie de ostra, a qual é cultivada há anos, não havendo, por esta razão, a necessidade de utilizar critérios amplos em maricultura, para abranger cultivo de peixes e camarões.

Um aspecto importante e considerado primordial nesta análise foi buscar a garantia da manutenção da qualidade do ambiente e do alimento a ser produzido, além de evitar conflitos pelo uso do espaço. Barbieri *et al.* (2012) e Mignani *et al.* (2013) estudaram a concentração de coliformes totais e termotolerantes no Estuário de Cananéia (Mar de Cubatão), verificando que, na maior parte das amostras, os índices de coliformes termotolerantes foram superiores ao permitido pela Resolução CONAMA nº 375 de 2005, existindo, ainda, uma forte correlação entre esses índices e os índices pluviométrico mensais da região. Além disso, os outros usos da área podem ser outras fontes de poluição química.

Moluscos bivalves são organismos filtradores (que se alimentam através de um processo de filtração da água e retenção das partículas em suspensão, principalmente plâncton e microrganismos presentes na água) e podem

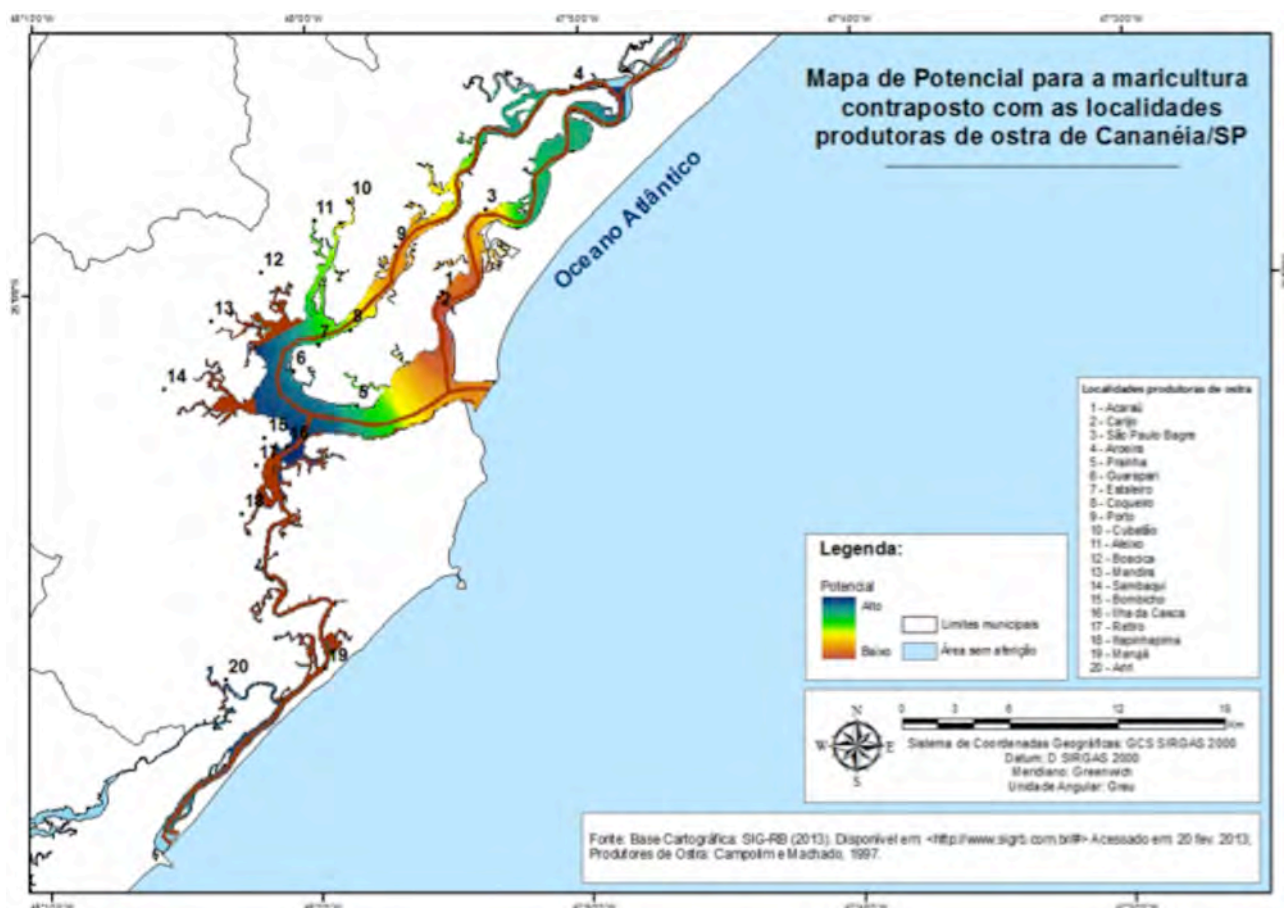


Figura 8 - Mapa de contraposição das áreas em potencial para a maricultura e as localidades produtoras de ostra.

Figure 8 - Map of contrast of potential areas for mariculture and oyster producers locations.

sofrer de maneira intensa a bioacumulação de metais e organoclorados (Barros & Barbieri, 2012, Reigala *et al.*, 2014), tornando-se, muitas vezes, impróprios para o consumo humano. Assim sendo, as variáveis ambientais e socioeconômicas tiveram um peso maior que a logística, também importante do ponto de vista de sustentabilidade econômica da produção, como indicado no trabalho produzido por Vianna (2007).

O monitoramento da qualidade ambiental, principalmente com relação à presença de coliformes termotolerantes, além da presença de atividades potencialmente poluidoras, usos concorrentes com a maricultura, deve ser considerado na escolha de uma área para ostras. Nesse sentido, o presente estudo criou um banco de dados geográficos com variáveis ambientais e microbiológica que podem ser utilizados para o planejamento e a exploração sustentada da maricultura no estuário de Cananéia através do SIG.

Os resultados demonstraram que a utilização de SIG na escolha dos locais adequados para a produção de ostras no estuário de Cananéia é uma forte ferramenta para o planejamento da atividade. Essa constatação é corroborada pelos trabalhos de Maclead (2002), Gifford *et al.* (2007), Longdill *et al.* (2008), Radiarta *et al.* (2008),

Silva *et al.* (2011), que utilizaram o mesmo modelo para outras atividades de maricultura.

O SIG é uma ferramenta útil para correlacionar aspectos espaciais da aquicultura. Auxilia a planejar a atividade, facilitando na tomada de decisões administrativas (Ross *et al.*, 2009). Os resultados deste estudo demonstram que uma base de dados com poucas variáveis pode contribuir significativamente com a gestão do estuário de Cananéia visando a maricultura. O exemplo concreto de que os resultados deste trabalho serão úteis para a atividade é o mapeamento dos locais contaminados para se investir em tratamento de efluentes ou melhorar a infraestrutura para atendimento de comunidades produtoras, bem como áreas a serem evitadas para cultivos.

As Reservas Extrativistas e Reservas de Desenvolvimento Sustentável merecem atenção especial. No presente trabalho, considerou-se que há restrição de uso, já que este é permitido apenas a membros das comunidades tradicionais beneficiárias das Unidades de Conservação, cadastrados e reconhecidos pelos Conselhos Gestores. Na implantação de um Sistema de Informações Geográficas para a gestão da região, as atividades desenvolvidas pelas comunidades beneficiárias das Unidades de Conservação devem ser consideradas, já

que podem afetar diretamente a qualidade da área, assim como a utilização do entorno, a qualidade ambiental dessas áreas.

Estruturas náuticas como rampas, portos e trapiches, apesar de representarem risco de contaminação aos cultivos, em caso de acidente, podem apoiar a manutenção das estruturas de produção, bem como facilitar o acesso a elas, e, portanto, foram consideradas como aspectos positivos.

Através de imagens de satélite, é possível monitorar diversas variáveis de forma remota, pois são capazes de representar ecossistemas, habitats e recursos socioeconômicos localizados na costa (Scott, 2003). Entretanto, neste trabalho, não se utilizou imagem de satélite para o monitoramento de variáveis ambientais e socioeconômicas, restringindo seu uso para verificação de baixos no estuário (profundidades determinadas a partir de imagens do Google Earth[®]) e presença de estruturas náuticas.

A FAO (2013) fornece uma visão do uso de SIG, Sensoriamento Remoto e mapeamento com abordagem ecossistêmica na aquicultura mundial. Porém, os dados coletados demonstram que os temas relacionados à aquicultura ainda são analisados isoladamente, faltando considerar aspectos importantes para uma gestão multissetorial.

A formação de Sistema de Informações Geográfica – SIG, com a finalidade de auxiliar o planejamento de qualquer atividade, deve iniciar com a estruturação de um banco de dados eficaz. Este é o primeiro trabalho que utiliza o SIG para o planejamento da maricultura no estado de São Paulo, e o banco de dados geográfico elaborado poderá servir para tomada de decisões futuras pelos administradores regionais. O segundo passo seria o monitoramento constante de variáveis consideradas cruciais para o bom desempenho dessa atividade, aliado à manutenção da qualidade ambiental da área.

É preciso, também, investimento em acesso à informação. A informação produzida deve ser acessível a todos para que haja o desenvolvimento sustentável de atividades econômicas, de modo que isso contribua para a autoconscientização e participação efetiva dos diversos atores sociais.

Exemplos bem sucedidos do uso do SIG na maricultura foram propostos pela FAO (2013) e pela National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA (Gifford *et al.*, 2007). Na região onde foi desenvolvido este trabalho, ainda não existe nenhum planejamento para a maricultura/aquicultura utilizando o SIG. Assim sendo, este trabalho é inédito e de fundamental importância para os órgãos tomadores de decisão do Poder Público, que poderão utilizá-lo para um melhor ordenamento da atividade. O banco de dados geográficos iniciado neste estudo poderá ser utilizado para dar início ao processo

de planejamento da aquicultura em toda a região. Como esse processo é dinâmico, novas variáveis poderão ser incorporadas, compondo um Sistema de Informações Geográficas a ser utilizado e alimentado em conjunto pelas instituições públicas de assistência técnica, gestão ambiental, de pesquisa, além de empreendedores na maricultura.

Segundo FAO (2013), existe a necessidade de treinamento sobre "consciência espacial" na maricultura. Esse tipo de treinamento é apropriado para níveis gerenciais e técnicos. O banco de dados GISFish, mantido pela FAO, abrange um leque de oportunidades de formação, incluindo a autoformação com o freeware analítico. No entanto, a resolução de problemas do mundo real deve ser a base para a elaboração dos programas de formação técnica. Aliada a essa formação está a necessidade de promover a comunicação entre os gestores e analistas de SIG. Vianna *et al.* (2012) justificaram o uso de SIG como ferramenta de apoio à decisão com a participação pública pelo uso de gráficos e imagens que são didaticamente mais adequados que tabelas e dados numéricos, contribuindo para um desenvolvimento participativo. Essas recomendações são pertinentes para o uso na região estudada, avançando na modelagem ambiental das variáveis para auxiliar a prever cenários espaciais futuros na utilização da área, buscando sinergismo na ocupação em futuros projetos. Assim sendo, trabalhos de planejamento como o presente, para a atividade de maricultura, poderão ser utilizados com a finalidade de maximizar a produção, causando o mínimo de dano ambiental.

Quando construído com bases de conhecimento sólidas, o SIG no planejamento representa um avanço metodológico e uma importante ferramenta de gestão inovadora para gerenciar a costa (Malczewski, 2006), capaz de promover a conservação de recursos importantes, garantir a continuidade de atividades tradicionais e assegurar a estabilidade das comunidades costeiras e da maricultura em especial.

5. Conclusões

A ferramenta SIG mostrou-se uma ferramenta capaz de auxiliar no planejamento da produção de ostras no estuário de Cananéia, destacando como principal resultado a seleção de áreas propícias e inadequadas para empreendimentos de cultivo de ostras.

Além da aplicação exposta, no presente estudo, propôs-se, para a região, o banco de dados geográficos para auxiliar no planejamento de outras atividades, assumindo um caráter multissetorial.

Este trabalho fez a primeira estruturação de um banco de dados geográficos que é passível de atualização. Ficará disponível aos maricultores e aos órgãos de gestão pública para futuras tomadas de decisões.

Appendix

Supporting Information associated with this article is available on-line at http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-527_Colaco_SuplMat

Agradecimentos

Agradecemos à equipe do Núcleo de Desenvolvimento do Litoral do Instituto de Pesca, Antônio Pires e Gilson Costa Calasans, à CAPES/DS, FAPESP (Processo 2012/50184-8) e CNPq (Processo 303920/2013-0) pelo suporte ao trabalho.

Referências

- Barbieri, E.; Bondioli, A. C.; Woiciechowski, E.; Zapotoski, S. M. K. (2012) - Microbiological quality of cultivation water used for oysters marketed in Cananéia-SP, Brasil. *O Mundo da Saúde*, (ISSN 0104-7809), 36(4):541-547. São Paulo, Brasil. Disponível em http://www.saocamilo-sp.br/pdf/mundo_saude/97/01.pdf
- Barbieri, E.; Cavalheiro, F. (1999) - Impactos nos microclimas da Ilha Comprida decorrentes da retirada da vegetação. *Boletim Paulista de Geografia*, (ISSN 0006-6079), 76(1):67-84, Associação Paulista de Geografia, São Paulo, SP, Brasil.
- Barbieri, E.; Marques, H.L.A.; Bondioli, A.C.; Campolim, M.B.; Ferrarini, A.T.(2014) - Concentrações do nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito em áreas de engorda de ostras no município de Cananéia-SP. *O Mundo da Saúde*, 38(1):105-115. DOI 10.15343/0104-7809.20143801105115.
- Barros, D.; Barbieri, E. (2012) - Análise da ocorrência de metais: Ni, Zn, Cu, Pb e Cd em ostras (*Crassostrea brasiliana*) e sedimentos coletados no Estuário de Cananéia, SP (Brasil). *O Mundo da Saúde* (ISSN: 0104-7809), 36(4):635-642, Centro Universitário São Camilo, São Paulo, SP, Brasil. Disponível on-line em http://www.saocamilo-sp.br/pdf/mundo_saude/97/13.pdf
- Bezerra, T.R.Q.; Duarte, C.C.; Domingues, E.C.; Hamilton, S.; Cavalli, R.O. (2011) - Uso de sistemas de informação geográfica na definição de áreas propícias para a piscicultura marinha. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Curitiba, PR, Brasil.
- Brandini, F.P.; Silva, A.S.; Poca, K.R.; Veiga, F.A.; Dalallana, R.M. (2007) - Bases conceituais e logísticas de cultivos de moluscos em mar aberto: A experiência do Estado do Paraná, região sul do Brasil. In: G. F. Barros, L. H. S. Poersch & R. O. Cavalli (orgs.), *Sistemas de cultivos aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e socioeconômicos*, pp.195-202, Museu Nacional, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Campolim, M.B.; Machado, I.C. (1997) - Proposta de ordenamento da exploração comercial da ostra do mangue *Crassostrea brasiliana* na região estuarino-lagunar de Cananéia/SP. 275-287. *Seminário Ciência e Desenvolvimento Sustentável*, n/p, Universidade de São Paulo, SP, São Paulo, Brasil.
- Christo, S.W. (2006) - *Biologia reprodutiva e ecologia de ostras do gênero Crassostreasacco, 1897 na Baía de Guaratuba (Paraná-Brasil): um subsídio ao cultivo*. 135p., Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. Disponível on-line em <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/5198/Tese.pdf?sequence=1>
- CONAMA (2005) - *Resolução CONAMA n°.357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). DOU (Diário Oficial da República Federativa do Brasil) 053:58-63, de 18/03/2005, Brasília, DF, Brasil. Disponível on-line em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- Curtius, A.J.; Seibert, E.L.; Fiedler, H.D.; Ferreira, J.F.; Vieira, P.H.F. (2003) - Avaliando a contaminação por elementos traços em atividades de maricultura. Resultados parciais de um estudo de caso realizado na Ilha de Santa Catarina, Brasil. *Química Nova*, (ISSN: 0100-4042), 26(1):44-52, Sociedade Brasileira de Química, São Paulo, SP, Brasil.
- Day, J.W.; Hall, C.A.S.; Kemp, W.N.; Yáñez-Arancibia, A. (1989) - *Estuarine Ecology*. 555p., Wiley, New York, NY, USA. ISBN: 0471062634
- Doi, S.A.; Barbieri, E.; Marques, H.L.A. (2014) - Densidade colimétrica das áreas de extrativismo de ostras em relação aos fatores ambientais em Cananéia (SP). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, (ISSN: 1413-4152), 19(2):165-171. DOI: 10.1590/S141341522014000200007
- FAO (2010) - Current status of GIS, remote sensing and mapping applications in aquaculture from an ecosystem viewpoint. In: The potential of spatial planning tools to support the ecosystem approach to aquaculture, pp.89-95, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Itália. ISBN: 978-9251064788 Disponível on-line em <http://www.fao.org/docrep/012/i1359e/i1359e00.htm>
- FAO (2010) – *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2010*. 219p., Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Itália. ISBN: 978-9253066759. Disponível on-line em <http://www.fao.org/docrep/013/i1820s/i1820s00.htm>
- FAO (2012) - *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2012*. 231p., Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Itália. ISBN: 978-9253072255 Disponível on-line em <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf>
- Farias, E.G.G.; Lorenzetti, J.A.; Maia, L.P.; Gastão, F.G.C.; Bezerra, L.J.C. (2010) - Uso de técnicas de geoprocessamento na identificação de áreas favoráveis ao cultivo de macroalgas marinhas. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca* (ISSN – 1980-587X), 5(3):16-27, Recife, PE, Brasil. Disponível on-line em <http://ppg.revistas.uema.br/index.php/REPESCA/article/view/299>
- Freitas, R.R.; Tagliani, C.R.A.; Poersch, L.H.S.; Tagliani, P.R.A. (2009) - Gestão de ambientes costeiros: uso de SIG como apoio a decisão na implantação de fazendas de camarões marinhos, Ilha da Torotama, RS. *Revista da Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 9(3):45-54. DOI: 10.5894/rgci164
- Galvão, M.S.N.; Pereira, O.M.; Machado, I.C.; Henrique, M.B. (2000) - Aspectos reprodutivos da ostra *Crassostrea brasiliana* de manguezais do estuário de Cananéia, SP (25°S; 48°W). *Boletim do Instituto de Pesca*, (ISSN: 0046-9939), 26(2):147-162, Instituto de Pesca da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Gazola, F.; Furtado, A.L. (2007) - Bancos de Dados Geográficos Inteligentes. *Monografias em Ciência da Computação* (ISSN: 0103-9741), No. 04/07, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/07_04_gazola.pdf
- Gifford, J. A.; Benetti, D. D.; Rivera, J. A. (2007) - *National Marine Aquaculture Initiative: Using GIS for Offshore Aquaculture Siting in the U.S. Caribbean and Florida*. Final Report. 43p., NOAA-National Sea Grant. Disponível on-line em http://www.lib.noaa.gov/retiredsites/docaquareports_noaaresearch/nmaifinalreportgis.pdf
- Henriques, M.B.; Machado, I.C.; Fagundes, L. (2010) - Análise econômica comparativa dos sistemas de cultivo integral e de “engorda” da ostra do mangue *Crassostrea spp* no Estuário de Cananéia. *Boletim do Instituto de Pesca* (ISSN 0046-9939),

- 36(4):307-316, Instituto de Pesca da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Jakob, A.A.E. (2002) - A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos. *XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais*, n/p, ABEP Associação Brasileira de Estudos Populacionais (ABEP), Belo Horizonte, MG, Brasil. Disponível on-line em http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2002/GT_SAU_ST3_Jakob_texto.pdf
- Longdil, P. C.; Healy, T. R.; Black, K. P. (2008) - An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. *Ocean & Coastal Management*. 51(8-9):612-624. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2008.06.010
- Machado, I.C.; Fagundes, L.; Henriques, M.B. (2013) - Diagnóstico da comercialização da ostra de mangue pelos extrativistas de Cananéia, Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, (ISSN: 0100-4409). Instituto de Economia Agrícola da Secretaria da agricultura e Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. 43(5):41-52. Disponível on-line em <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/ie/2013/tec4-1013.pdf>
- Macleod, M.S. (2002) - *Potential offshore aquaculture siting off Massachusetts: a geographic information systems (GIS) analysis using the examples of Cod (Gadus morhua) and Mussels (Mytilus edulis)*. 85p., Dissertação de mestrado. Brown University, Providence, RI, USA.
- Malczewski, J. (2006) - GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*. 20(7):703-726. DOI: 10.1080/13658810600661508
- Marinha do Brasil (2012) - Carta Náutica nº 1703. Disponível on-line em http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-raster/raster_disponiveis.html
- Marins, C.S.; Souza, D.O.; Barros, M.S. (2009) - O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais – Um Estudo de Caso. *XLI SBPO 2009 - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento*, pp.1778-1788, Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO), Rio de Janeiro, RJ, Brasil Disponível on-line em <http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo 4.pdf>
- Mignani, L.; Barbieri, E.; Marques, H.L.A.; Oliveira, A.J.F.C. (2013) - Coliform density in oyster culture waters and its relationship with environmental factors. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(8):833-840. DOI: 10.1590/S0100-204X201300080004
- Nath, S.S.; Bolte, J.P.; Ross, L.G.; Aguilar-Manjarrez, J.A. (2000) – Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 23(1-3):233-278. DOI: 10.1016/S0144-8609(00)00051-0
- Radiarta, I.N.; Saitoh, S.; Miyazono, A. (2008) - GIS-based multicriteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan. *Aquaculture*, 284(1-4):127-135. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.07.048
- Reigala, C. S.; Luchini, L.C.; Barbieri, E. (2014) - Presença de organoclorados em amostras de água e ostras *Crassostrea sp.* do município de Cananéia-SP. *O Mundo da Saúde*, 38(1) 66-74.. DOI: 10.15343/0104-7809.20143801066074
- Ross, L.G.; Handisyde, N.; Nimmo, D.C. (2009) - Spatial decision support in aquaculture: The role of geographical information systems and remote sensing. In: G. Burnell & G. Allan (eds.), *New Technologies in Aquaculture: Improving Production Efficiency, Quality and Environmental Management*, pp.707-749, CRC / Woodhead Publishing, Oxford, U.K.. ISBN: 978-1845693848.
- Scott, P. (2003) - *GIS and remote sensing based models for the development of aquaculture and fisheries in the coastal zone: a case study in Baía de Sepetiba, Brazil*. 243p., Tese de Doutorado, University of Stirling, Stirling, U.K. Disponível on-line em <http://dspace.stir.ac.uk/handle/1893/1502>
- Scott, P.; Vianna, L.F.N. (2001) - Determinação de áreas potenciais para o desenvolvimento da carcinocultura em sistemas de informações geográficas. *Panorama da Aqüicultura* (ISSN: 1519-1141), 11(63):38-45, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível on-line em <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Revistas/63/SIG.asp>.
- Silva, C.; Ferreira, J.G.; Bricker, S.B.; Delvalls, T.A.; Martin-Diaz, M.L.; Yanez, E. (2011) - Site selection for shellfish aquaculture by means of GIS and farm-scale models, with an emphasis on data-poor environments. *Aquaculture*, 318(3-4):444-467. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.05.033.
- Simms, A. (2002) – GIS and Aquaculture: Soft-Shell Clam Site Assessment. In: David R. Green, Stephen D. King (eds.), *Coastal and Marine Geo-Information Systems: Applying the Technology to the Environment*, pp.275-295, Springer Netherlands, Netherlands. ISBN: 978-0792356868. DOI: 10.1007/0-306-48002-6_22
- SUDEPE (1986) - *Portaria de Defeso da Ostra Crassostrea brasiliiana para o Litoral do Estado de São Paulo e Região Estuarina Lagunar de Paranaguá*. Portaria SUDEPE nº 40, de 16 de dezembro de 1986. SUDEPE (Superintendência do Desenvolvimento da Pesca), Brasília, DF, Brasil. Disponível on-line em http://www.mpa.gov.br/images/docs/Pesca/NORMAS_DEFESO_MARINHO_ESTUARINO_PDF/PORTARIA_SUDEPE_nº_N40_1986_Defeso_Ostras.pdf
- Teixeira, J.B.; Lima, A.C.; Boechat, F.P.; Rodrigues, R.L.; Freitas, R.R. (2012) - Potencialidade social e econômica da pesca e maricultura no Estado do Espírito Santo, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 12(4):569-575. DOI 10.5894/rgci372
- Vianna, L.F.N. (2007) - Métodos determinísticos ou probabilísticos de representação e análise espacial de dados para seleção de sítios em sistemas de informações geográficas? O exemplo da maricultura em Santa Catarina. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, pp.3195-3202, Florianópolis, SC, Brasil.
- Vianna, L.F.N.; Bonetti, J.; Polette, M. (2012) - Gestão costeira integrada: análise da compatibilidade entre os instrumentos de uma política pública para o desenvolvimento da maricultura e um plano de gerenciamento costeiro no Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 12(3):357-372. DOI 10.5894/rgci335