



Ministério da  
**Ciência e Tecnologia**



# **IDENTIFICAÇÃO DE ECORREGIÕES EM AMBIENTES COSTEIROS NO ATLÂNTICO SUDOESTE ATRAVÉS DE DADOS OCEANOGRÁFICOS OBTIDOS POR SENSORES ORBITAIS.**

**Luciane Rafaela Favareto**

**Monografia desenvolvida para a disciplina SER300 -  
Introdução ao Geoprocessamento.**

**INPE  
São José dos Campos  
2013.**

# IDENTIFICAÇÃO DE ECORREGIÕES EM AMBIENTES COSTEIROS NO ATLÂNTICO SUDOESTE ATRAVÉS DE DADOS OCEANOGRÁFICOS OBTIDOS POR SENSORES ORBITAIS

LUCIANE RAFAELE FAVARETO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Divisão de Sensoriamento Remoto  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515, CEP 12201-970 - São José dos Campos, SP.  
E-mail: luciane@dsr.inpe.br

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi identificar e classificar áreas de persistência de atributos físico-químicos e biológicos atribuídos às diferentes feições oceanográficas. Para tanto, foram utilizados dados de sensores orbitais de temperatura da superfície do mar (TSM), clorofila-*a* (CSM), carbono inorgânico particulado (PIC) e salinidade (SSM). Os métodos utilizados se mostraram consistentes, entretanto a classificação subjetiva da análise Booleana condicionada à experiência e conhecimento da região torna o método subjetivo e não replicável para outras regiões.

**Palavras-chave:** Ecorregiões, Oceano Atlântico Sudoeste, temperatura da superfície do mar, clorofila-*a*, carbono inorgânico particulado, salinidade, operações Booleanas

## 1. INTRODUÇÃO

Entende-se por ecorregião um conjunto de comunidades naturais, geograficamente distintas, que compartilham a maioria das suas espécies, dinâmicas e processos ecológicos, além de condições ambientais similares, que são fatores críticos para sua manutenção a longo prazo (DINNERSTEIN, 1995).

Em reconhecimento ao fato de que o oceano não é espacialmente homogêneo, muitos estudos têm mostrado que algumas propriedades espacialmente coerentes permitem a definição de ecorregiões persistentes (HOBDAEY et al., 2011).

Estudos sobre a distribuição dos padrões biológicos no oceano por Etnoyer et al. (2004) e Palacios et al. (2006) também reconheceram que o padrão biológico dentro destes habitats diferem daqueles em águas circundantes.

No ambiente marinho, os sistemas de classificação globais existentes permanecem limitados em sua resolução espacial. Alguns são inconsistentes em sua cobertura espacial ou abordagem metodológica. As poucas publicações que tentaram usar regionalização biogeográfica marinha em planejamento de conservação têm sido qualitativas (KELLEHER et al. 1995; OLSON e DINNERSTEIN, 2002) e seus autores expressaram preocupação com a falta de uma classificação mundial adequada.

Embora exista um consenso que as ecorregiões representam um mosaico de ecossistemas relativamente homogêneos quando comparadas com as regiões adjacentes, ainda não existe um acordo conceitual para reconhecer e identificar as ecorregiões (OMERNIK, 1995).

As metodologias comumente utilizadas são consideradas subjetivas no critério de decisão para combinar as diferentes variáveis de entrada (WRIGHT et al., 1998). Por conta disso, os resultados frequentemente não são replicáveis (HOST et al., 1996).

Os primeiros trabalhos realizados observando padrões biogeográficos em ambientes marinhos utilizaram uma série de classificações e abordagens diferentes para delimitar essas regiões (FORBES, 1856; EKMAN, 1953; HEDGPETH, 1957A; BRIGGS 1974, 1995; HAYDEN et al. 1984; BAILEY, 1998; LONGHURST, 1998).

Boa parte destes trabalhos definiu o sistema de províncias costeiras a partir de um foco taxonômico, ou seja, pela composição da biota específica da região (BRIGGS, 1974; HAYDEN et al., 1984). Outros trabalhos seguiram diferentes abordagens modelando regiões "termogeográficas" de estabilidade evolutiva (ADEY e STENECK, 2001).

A classificação de Longhurst et al. (1995), é um dos primeiros estudos em que se obteve um número de regiões ecológicas nos oceanos do mundo com uso de dados de satélite. Isso levou a uma estimativa do mundial produção primária marinha muito superior a tentativas anteriores, como a realizada por Longhurst (1995), entre outras.

Posteriormente, Longhurst (1998) apresenta um sistema de duas camadas, com base em estimativas da produção primária oceânica e de balanços biogeoquímicos. Os resultados representam uma das regionalizações mais abrangentes da biota pelágica, mas o esquema é de utilidade limitada nos sistemas complexos das águas costeiras, fato reconhecido pelo autor, que recomendou uma combinação de seu sistema de mar aberto com os outros sistemas que representem águas costeiras e de plataforma (WATSON et al. 2003).

Apesar de ser amplamente aceita e utilizada, esta teoria leva em consideração fronteiras fixas entre as províncias. Para ser de uso operacional em estudos oceanográficos, limites de províncias devem ser delineados para qualquer parte do oceano a qualquer momento (PLATT e SATHYENDRANATH, 1999).

A maioria das classificações biogeográficas tem proporcionado uma descrição média da distribuição dos habitats, ignorando sua variabilidade temporal. Tal abordagem pode ser especialmente simplista em regiões de grande sazonalidade, onde uma mesma posição

no oceano pode ser coberta por habitats diferentes, dependendo da época do ano (HOBDDAY et al., 2011).

Esquemas de classificação mais apropriados foram recentemente desenvolvidos com limites que seguem mais de perto os limites de propriedades oceanográficas, além de reconhecer as diferenças sazonais (DEVRED et al., 2007).

Enquanto alguns habitats bentônicos foram descritos com base no tipo de substrato (WILLIAMS e BAX, 2001; ROFF et al, 2003), os habitats pelágicos podem ser mais adequadamente descritos de acordo com variáveis oceanográficas identificadoras de massas d'água (temperatura e salinidade) ou que possuam relações particulares com a massa d'água, como concentração de oxigênio e de clorofila (LYNN e SIMPSON, 1987; ETNOYER et al., 2004;. ZAINUDDIN et al., 2006; HOBDDAY e HARTMANN, 2006).

Uma vez que a cor do oceano em ambientes naturais é resultante da energia solar retroespalhada pela superfície e volume do corpo d'água (KAMPEL, 2003), as características ópticas podem ser utilizadas para diferenciação de feições em um corpo d'água.

A baixa concentração de fitoplâncton e a ausência de substâncias opticamente ativas resultam no azul escuro do oceano aberto e de águas oligotróficas que se assemelha a absorção e espalhamento seletivo da água pura.

Em regiões costeiras, o aporte de nutrientes no sistema aquático proveniente geralmente de estuários e rios resulta em uma maior concentração de fitoplâncton modificando as características da coloração da água de azul para verde.

Além disso, a concentração de sedimentos ou material dissolvido, também contribui na modificação da cor da água sendo caracterizada por uma coloração amarelo-marrom ou até mesmo vermelha. Estes diferentes pigmentos opticamente ativos podem ser caracterizados e quantificados por sensores a bordo de satélites através da medição de sua radiância (KAMPEL, 2003).

## **2. PREMISA, HIPÓTESE E OBJETIVOS**

O presente estudo tem como premissa o fato de que, a partir de dados de sensores remotos orbitais, é possível reconhecer padrões oceanográficos distintos.

Com base nessa premissa, a hipótese aqui levantada é a possibilidade de identificação de ecorregiões em ambientes costeiros no Oceano Atlântico Sudoeste através de dados oceanográficos obtidos por sensores orbitais.

Assim sendo, o objetivo geral deste trabalho é identificar e classificar áreas de persistência de atributos físico-químicos e biológicos atribuídos às diferentes feições oceanográficas.

Especificamente, os objetivos são:

- (a) Testar a validade da hipótese levantada, discriminando as condições necessárias a essa validação;
- (b) Avaliar a possibilidade de quantificação das áreas classificadas; e
- (c) Discutir prós e contras da abordagem e métodos utilizados.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é delimitada pelas latitudes 18°S e 38°S e pelas longitudes 35°W e 59°W (Figura 1). No entanto, o foco do presente estudo se restringe a região da Plataforma Continental Sudeste do Brasil (PCSE), delimitada ao norte pelo Cabo Frio - RJ (23°S) e ao sul pelo Cabo de Santa Marta - SC (28°S).

A PCSE possui um formato predominantemente côncavo, sendo mais larga no centro (cerca de 230 km) e mais estreita nas proximidades do Cabo Frio (cerca de 50 km) e do Cabo de Santa Marta (cerca de 70 km), sendo seu comprimento ao longo da costa de aproximadamente 1100 km. A batimetria é bastante suave, com as isóbatas seguindo a configuração da linha de costa e a quebra de plataforma variando entre 120 e 180 m de profundidade (CASTRO e MIRANDA, 1998).

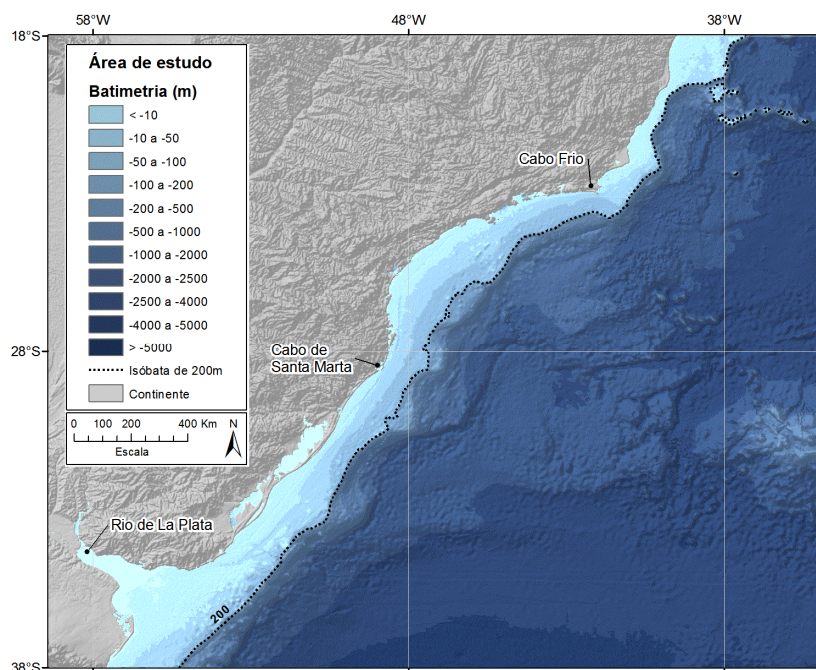


Figura 1. Área de estudo delimitada pelas latitudes 18°S e 38°S e longitudes 35°W e 59°W.

Quanto às condições atmosféricas da área de estudo, o giro anticiclônico da Alta pressão Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e o cinturão de ventos de oeste em mais altas latitudes são as principais feições presentes na área de estudo. A posição e intensidade do giro subtropical apresentam oscilação sazonal, afetando diretamente a magnitude e direção dos ventos. Durante o verão austral os ventos predominantes sopram de leste e nordeste. Por outro lado, durante o inverno austral este padrão fica confinado a latitudes entre 20°S e 25°S, predominando ventos de oeste e sudoeste ao sul desta latitude (CASTRO e MIRANDA, 1998).

Dessa maneira, a área de estudo sofre maior influência dos ventos sudoeste durante os meses do inverno austral, quando os ventos de oeste e as trajetórias dos sistemas frontais e dos ciclones migram sazonalmente para norte. Durante o verão austral, com a migração para sul do cinturão de ventos oeste, volta a predominar o giro anticiclônico com os ventos de leste e nordeste sobre a região (CECILIO, 2006).

As principais feições oceanográficas presentes na área de estudo são a Corrente do Brasil (CB) e as águas costeiras sob influência do Rio da Prata.

A Corrente do Brasil (CB) do origina-se a 10°S, flui para sul bordejando o talude em fluxos intensos estreitos e bem definidos, até a região de confluência subtropical localizada em 38 °S ± 2°, onde se afasta da costa (SILVEIRA et al. 2000). Nesta latitude a CB encontra-se com a Corrente das Malvinas (CM), criando uma região com fortes gradientes térmicos, chamada de Confluência Brasil-Malvinas (CBM).

A CB, quando comparada às outras correntes de contorno oeste, é uma corrente rasa, quente e oligotrófica e em muitas ocasiões apresenta seu eixo sobre a isóbata de 200 m (TOMCZAK e GODFREY, 1994; PEREIRA, 2009).

A CB é formada pelo empilhamento das massas de água chamadas de Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS). A AT é uma água superficial com temperaturas maiores que 20°C e salinidade acima de 36 (EMILSON, 1961), formada devido à intensa radiação e ao excesso de evaporação em relação à precipitação, característicos do Atlântico Sul Equatorial, sendo transportada pela CB para o sul (e consequentemente para o interior da área de estudo).

A ACAS é uma massa de água fria e rica em nutrientes inorgânicos e oxigênio. Segundo Miranda (1982,1985), a ACAS é transportada pela CB abaixo da AT (entre 200 e 500 m), sendo caracterizada por temperaturas superiores a 6°C e inferiores a 20°C e por salinidades entre 34,6 e 36. Sua formação acontece na zona de confluência

subtropical (CBM), sendo este o fator responsável por sua alta salinidade, segundo Stramma & England (1999). Já Silveira et al. (2000) descrevem a ACAS como uma massa de água pertencente ao Giro Subtropical, que circula com as Correntes do Atlântico Sul e de Benguela, atingindo a costa brasileira transportada pela Corrente Sul Equatorial.

Além da CB, a outra importante feição oceanográfica presente na área de estudo é causada pela presença de descargas continentais oriundas do Rio da Prata (~35°S) e em menor medida da Lagoa dos Patos (~32°S). Estas águas originam uma pluma de baixa salinidade ao longo da plataforma continental, a qual pode se estender em direção ao norte até aproximadamente 28°S durante o inverno austral (Piola et al., 2000).

Dentre outros trabalhos, ASSIREU et al. (2003) e SOUZA & ROBINSON (2004) observaram a intrusão para o norte, sobre a plataforma continental brasileira, de uma pluma de água fria e de menor salinidade, formada principalmente por águas subantárticas e da Bacia do Prata. SOUZA & ROBINSON (2004), com base em uma série de 13 anos de imagens de TSM e dados de derivadores, caracterizaram a amplitude e sazonalidade do fenômeno, chamando-a de Corrente Costeira do Brasil (CCB). De acordo com os autores, a pluma ocorre sobre a plataforma continental brasileira durante os meses de abril a agosto, atingindo no máximo a latitude de 24°S.

Quanto à cor do oceano, a presença dessas plumas faz com que as propriedades ópticas da água na região sejam afetadas pela matéria orgânica e inorgânica da descarga fluvial (GARCIA, 2005). Em alguns casos, as águas costeiras influenciadas por essa pluma podem mostrar um aumento acentuado na concentração de clorofila-a (NEGRI et al., 1992), particularmente em anos de El Niño quando os eventos de alta concentração de clorofila (~15 mg/m<sup>3</sup>) estão diretamente relacionados com descargas fluviais excepcionalmente grandes (CIOTTI et al., 1995).

Por fim, a área de estudo apresenta, ainda, uma terceira feição de destaque. Sistemas marinhos diferem dos terrestres essencialmente por sua produtividade em superfície ser uma função do enriquecimento por nutrientes provenientes de camadas afóticas mais profundas.

Este fenômeno, denominado ressurgência, surge quando os ventos NE se intensificam (normalmente na primavera/verão), fazendo com que a água quente da superfície seja transportada para longe da costa, e as águas mais profundas aflorem (ACAS). Dessa maneira é possível caracterizar o fenômeno ressurgência através de imagens orbitais pelo aparecimento de águas frias na superfície do mar (KAMPEL, 2003).

Embora não seja perene, a presença em superfície de águas frias e ricas na região ao sul do Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta (SC), assim como a duração e intensidade desse processo, definem a biomassa fitoplanctônica e os fluxos de energia mantidos nessas regiões.

Como produtor primário, o fitoplâncton é a base da cadeia trófica nos oceanos, promove a produção de recursos biológicos através de processos fotossintéticos e possibilita a sobrevivência dos demais níveis tróficos. Além de sua importância como produtor primário, a biomassa fitoplanctônica também vem sendo utilizada como fonte de estudo do ciclo global do carbono oceânico (KAMPEL e NOVO 2005; ZOFFOLI e KAMPEL, 2011).

No Brasil, este fenômeno de ressurgência costeira é observado em Cabo Frio e no Cabo de Santa Marta (figura Xa e b). Segundo Castro (1996), o fenômeno da ressurgência na região de Cabo Frio apresenta um caráter sazonal. A ressurgência costeira no Cabo de Santa Marta também ocorre principalmente na primavera e no verão, quando predominam ventos de nordeste, que facilitam a penetração da ACAS na plataforma continental em profundidade (ACHA et al., 2004; SARAIVA e MÖLLER JR., 1998).

#### **4. A IDENTIFICAÇÃO DE ECORREGIÕES COM DADOS CLIMATOLÓGICOS**

##### **4.1. Dados utilizados e suas características**

As climatologias mensais (julho/2002 a maio/2013) dos dados de concentração de Clorofila-a (CSM), temperatura da superfície do mar (TSM noturna na faixa de 11µm) e Carbono inorgânico particulado (PIC) do sensor MODIS-Aqua (disponíveis no site: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>) foram obtidos em formato HDF com processamento nível 3 e resolução de 4 km.

O MODIS é um instrumento desenvolvido pela NASA que opera em 36 canais espectrais em comprimentos de onda que variam de 0,4 a 14,4 µm e resolução espacial que varia de 250 a 1.000 metros. As imagens do MODIS oferecem uma base sistemática de dados na elaboração de produtos sobre as interações entre atmosfera, terra e oceano.

Na ausência de uma climatologia de salinidade (SSM), foram utilizadas as imagens mensais do mais recente ano completo (2012) dos dados do sensor Aquarius (missão Aquarius/SAC-D) lançado no dia 10 de junho de 2011.



Este sensor é composto de um radiômetro passivo com um escaterômetro ativo que operam ambos na banda L (CECILIO et al., 2011). Na frequência da banda L, as medidas de salinidade são baseadas nos valores de emissividade da superfície do mar que depende basicamente da SSM e da TSM. A emissividade por sua vez é medida pelo radiômetro como temperatura de brilho (Kelvin) e relacionada à salinidade a partir da constante dielétrica da água do mar (BRASSINGTON e DIVAKARAN, 2009).

Os valores de salinidade no oceano aberto variam apenas entre 32 e 37. Assim sendo, para alcançar os objetivos científicos da missão é necessário uma acurácia de aproximadamente 0,2 no valor de salinidade, correspondendo a mudança de 0,1 K na temperatura de brilho (LE VINE et al., 2010), o que é uma medida desafiadora para um instrumento de sensoriamento orbital (CECILIO, 2011).

Mesmo com as incertezas inerentes a estes dados de salinidade e a baixa resolução disponível (resolução de 1 grau), a SSM obtida pelo sensor Aquarius em breve permitirá que os cientistas explorem as ligações entre a precipitação global, as correntes oceânicas e as variações climáticas.

Todas as imagens da área de estudo foram recortadas através do software gratuito BEAM (Earth Observation Toolbox and Development Platform) projeto desenvolvido pela ESA (Agência Espacial Europeia). Este programa foi inicialmente concebido para trabalhar exclusivamente com imagens do Envisat, atualmente com o aperfeiçoamento de suas ferramentas abrange todos os formatos de imagens.

Para obter uma referência batimétrica, uma linha com a isóbata de 200 m foi gerada representando a quebra de plataforma. Os dados de batimetria, com resolução de aproximadamente 30 metros, são disponibilizados pelo GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans disponível em: <http://www.gebco.net>) bem como o software gratuito para processamento da informação.

#### **4.2. Processamento dos dados e análise exploratória**

No software SPRING 5.2.3 as imagens foram importadas na projeção LAT/LONG Datum WGS-84. A manipulação de imagens, matrizes e temáticos foi realizada através da álgebra de mapas da plataforma LEGAL.

Primeiramente, foram criadas as matrizes de cada imagem para posterior fatiamento em classes previamente determinadas a fim de realizar uma análise exploratória dos dados evidenciando feições de interesse. No caso dos dados de salinidade (menor resolução

espacial) foi realizada uma interpolação bilinear dos dados para igualar a resolução dos demais dados.

Na análise exploratória dos 12 meses de dados climatológicos de Temperatura e Salinidade (Figura 2) foi possível observar claramente a sazonalidade das feições oceanográficas na área de estudo.

Em Janeiro, a isolinha de 24°C, por exemplo, atinge a latitude de 32°S enquanto em Julho (Figura 2B), essa mesma isolinha mal ultrapassa a latitude de Cabo Frio (23°S). Além disso, em Janeiro (Figura 2A) as regiões de Cabo Frio e Cabo de Santa Marta são marcadas pelo aparecimento de águas mais frias em relação às águas oceânicas adjacentes, embora ainda com temperaturas superiores as descritas na literatura, provavelmente por uma suavização da feição em decorrência do processamento de médias climatológicas.

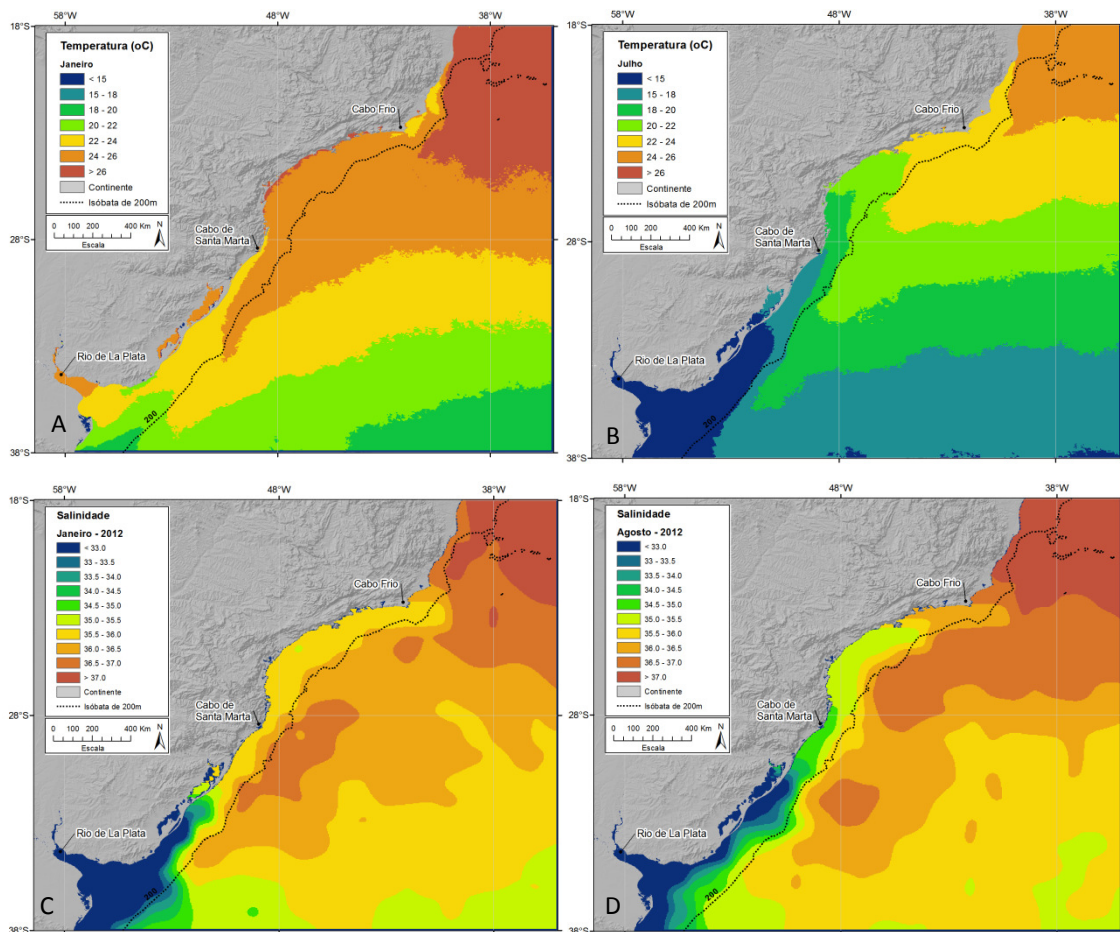


Figura 2. Temperatura da superfície do mar nos meses de janeiro (A) e julho (B). Salinidade na superfície do mar nos meses de janeiro (C) e agosto (D).

Da mesma forma, a salinidade de Janeiro (Figura 2C) apresenta águas de mais baixa salinidade (<math>< 35</math>) sobre a plataforma continental e restritas a latitude da Lagoa dos Patos

(~32°S), enquanto durante Agosto (Figura 2D) essa mesma feição atinge o Cabo de Santa Marta (~28°S).

O carbono inorgânico particulado (PIC) foi utilizado para identificar águas predominantemente costeiras. Em todos os meses, como esperado, a maior concentração de PIC foi observada próximo a regiões costeiras (Figura 3A e 3B). A particularidade desse dado está na grande contribuição das águas provenientes do Rio da Prata durante o outono/inverno (Figura 3B) expandindo a feição de maiores concentrações até aproximadamente a quebra de plataforma (200 m).

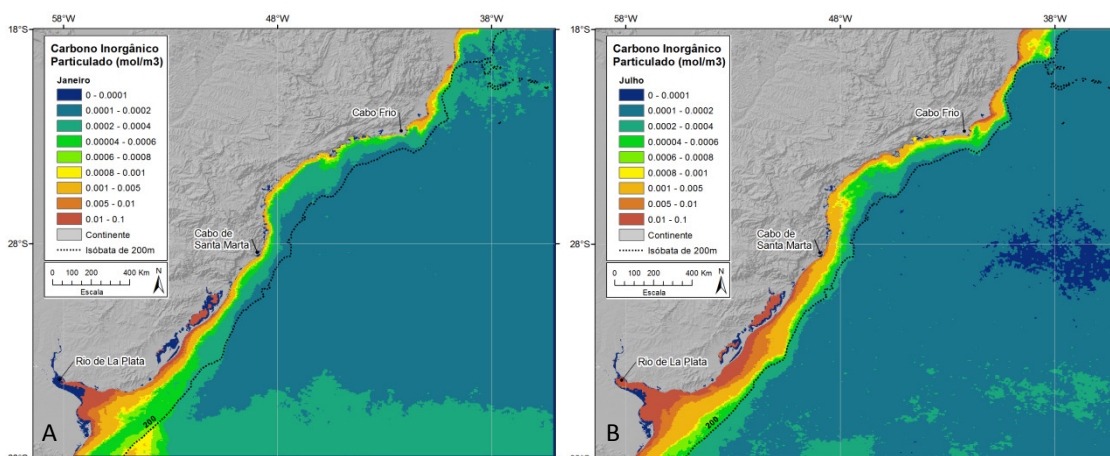


Figura 3. Carbono inorgânico particulado ( $\text{mol/m}^3$ ) na superfície do mar nos meses de janeiro (A) e julho (B).

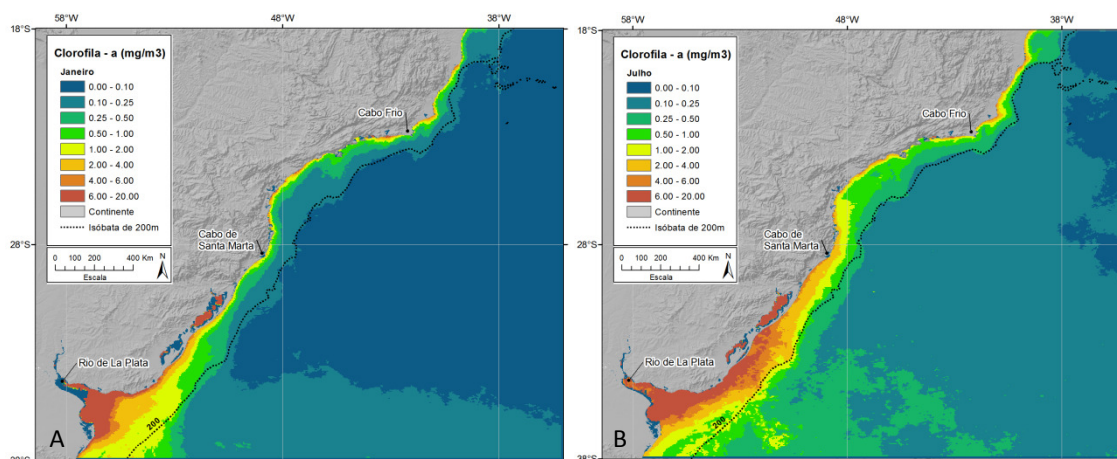


Figura 4. Clorofila-a ( $\text{mg/m}^3$ ) na superfície do mar nos meses de janeiro (A) e julho (B).

Na análise preliminar dos dados climatológicos de CSM, é possível observar na primavera/verão uma menor extensão de concentrações mais elevadas de clorofila-a ( $>0.5 \text{ mg/m}^3$ ) sobre a plataforma continental (Figura 4A). Isso se deve, principalmente, a menor disponibilidade de nutrientes caracterizada pela presença da Corrente do Brasil sobre a quebra de plataforma. Já durante o outono/inverno (Figura 4B), a maior

influência das águas ricas do Rio da Prata expande essa região de maior clorofila-a até aproximadamente a quebra de plataforma, de forma bastante semelhante ao observado nos dados de PIC.

### 4.3. Ecorregiões

A partir da análise exploratória foi realizada uma reclassificação subjetiva dos dados em apenas três classes temáticas e de forma a separar as feições de interesse. Os dados foram reclassificados em baixo, médio e alto conforme a tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1. Reclassificação dos dados em baixo, médio e alto.

Parâmetros	Baixo	Médio	Alto
TSM	< 20	20 a 24	> 24
SSM	< 35	35 a 35.5	> 35.5
PIC	< 0.0004	0.0004 a 0.0008	> 0.0008
CSM	< 0.5	0.5 a 1.0	> 1.0

Após a reclassificação dos dados, foi aplicada uma análise Booleana para caracterização das ecorregiões. A álgebra de Boole é um sistema matemático composto por operadores, regras, postulados e teoremas (CORDEIRO, et. al. 1996).

Esta análise se mostrou apropriada para o objetivo do estudo por resultar em campos obtidos a partir da comparação entre valores locais de outros campos quantitativos ou qualitativos, baseada em relações de ordem ou igualdade.

Além de comparações, toda a riqueza da álgebra Booleana baseada em operações primitivas como E, OU e NÃO também pode ser utilizada a fim de caracterizar as mais diversas situações que podem ocorrer em locais de uma área de estudo, com base em grades, imagens e mapas temáticos disponíveis em uma base de dados (CORDEIRO, et. al. 1996).

Os argumentos aplicados no presente estudo foram baseados nas relações entre TSM, SSM, PIC e CSM descritas na literatura, de forma a criar limites de ecorregiões coincidentes com as principais frentes oceanográficas da área de estudo. Segundo Zanella et al. (1998), as frentes oceanográficas podem ser classificadas como: (1) frentes na quebra de plataforma; (2) frentes de ressurgência e; (3) frentes devido a plumas de rios.

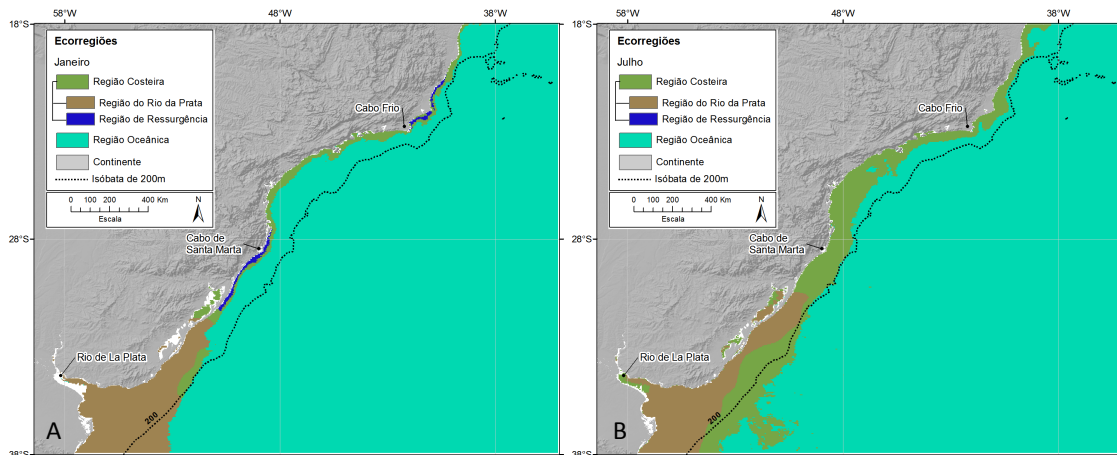


Figura 5. Caracterização das ecorregiões em janeiro (A) e julho (B).

As ecorregiões de Janeiro e Julho, obtidas a partir de análise Booleana dos dados climatológicos reclassificados, é apresentada na Figura 5. É possível observar a identificação das feições oceanográficas de interesse, descritas anteriormente (Região Oceânica, Costeira, de Ressurgência e do Rio da Prata) com sua característica sazonalidade.

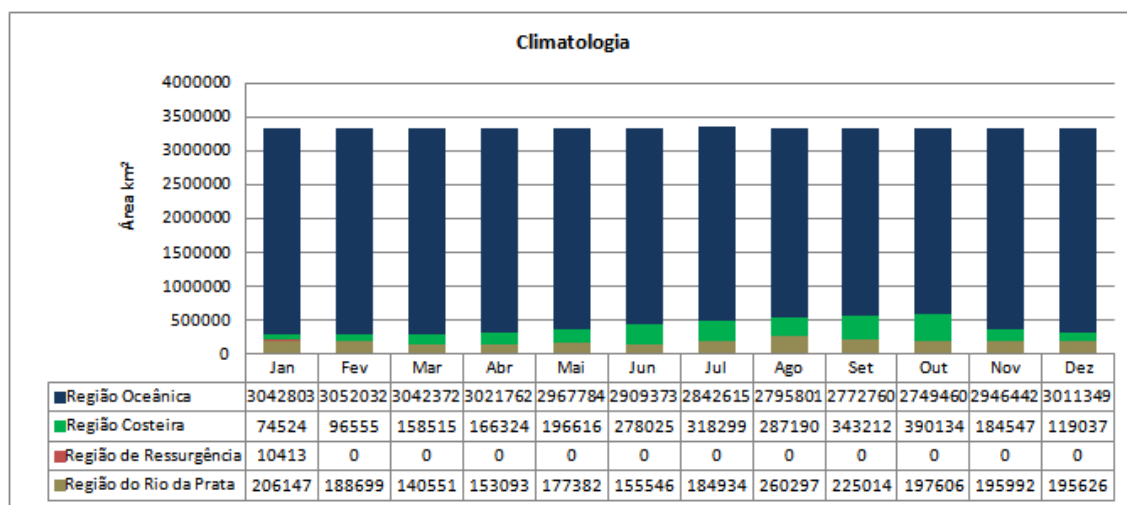


Figura 6. Gráfico com as áreas calculadas para cada ecorregião.

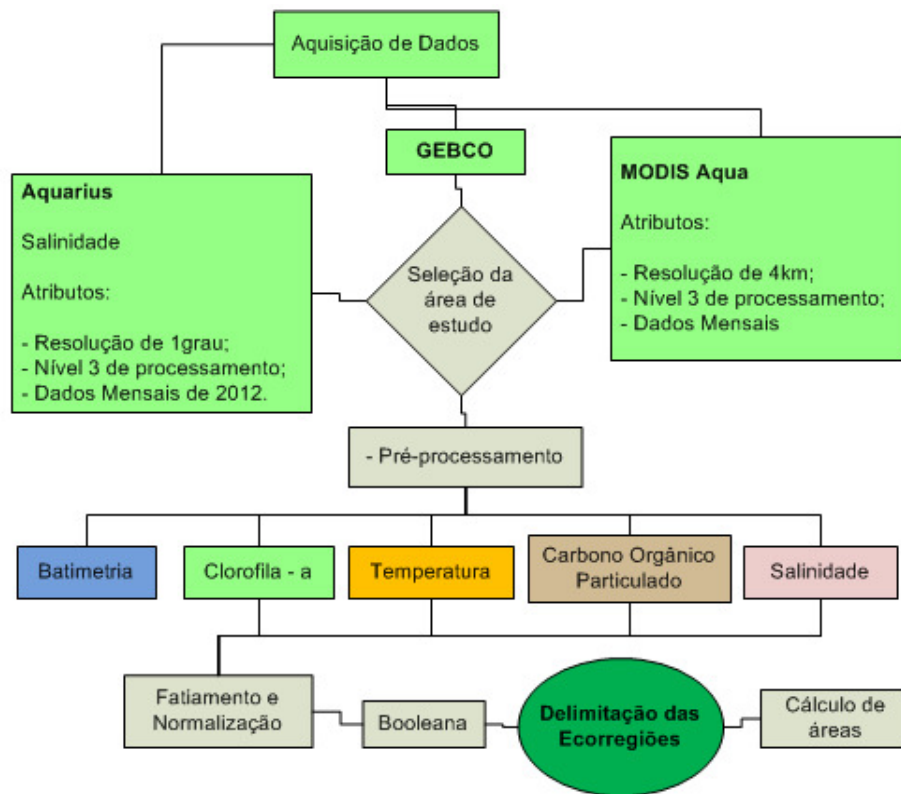


Figura 7. Fluxograma com as etapas desenvolvidas no presente estudo.

O cálculo das áreas de cada ecoregião permitiu determinar a evolução mensal das feições de ressurgência, águas costeiras, oceânicas e de pluma de rios. Com o uso de dados climatológicos, a ecoregião de ressurgência foi somente observada no mês de janeiro, seguindo a mesma limitação dos dados climatológicos de temperatura.

É possível observar uma clara variação sazonal da área da ecoregião costeira, porém o mesmo não se observa para a área da ecoregião do Rio da Prata, onde a esperada sazonalidade não se confirmou.

A Figura 7 apresenta o fluxograma final ilustrando as etapas e métodos utilizados na identificação de ecoregiões.

## 5. A IDENTIFICAÇÃO DE ECOREGIÕES COM DADOS MENSAIS E SEMANAIS

Dados de CSM, SSM e TSM mensais (janeiro e julho de 2011 e 2012) e semanais (4 imagens de janeiro/2012) foram obtidos com a mesma resolução e processamento realizados a partir de dados climatológicos.

A principal diferença para os dados climatológicos é a ausência de dados espacialmente contínuos, ocasionados pela presença de nuvens, motivo pelo qual os dados diários não puderam ser utilizados.

A região de maior interesse (PCSE) é marcada por uma região com persistente cobertura de nuvens, chamada Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS tem origem no Amazonas se estendendo em direção ao Atlântico, aparece na primavera e verão algumas vezes no outono, mas nunca no inverno (CAVALCANTI e ROWNTREE, 1998).

A caracterização das ecorregiões a partir de dados mensais de janeiro de 2011 e 2012 apresenta uma clara variabilidade interanual, com a área da Região de Ressurgência em janeiro 2012 bastante superior a área da mesma feição em janeiro 2011, como pode ser observado na Figura 8 e 9. Já a caracterização das ecorregiões a partir de dados mensais de julho de 2011 e 2012 apresenta pouca ou nenhuma variabilidade interanual.

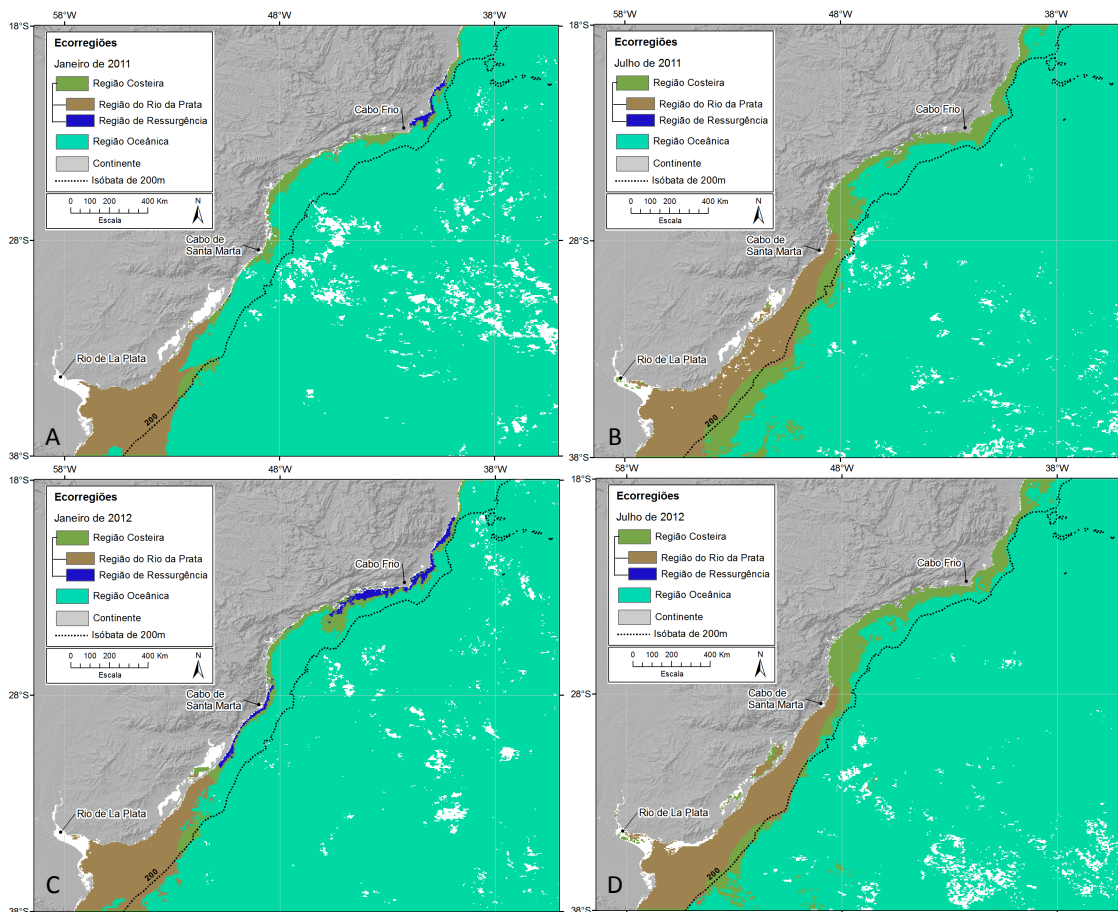


Figura 8. Caracterização das ecorregiões em dados mensais de janeiro (A) e julho (B) de 2011, e janeiro (C) e julho (D) de 2012.

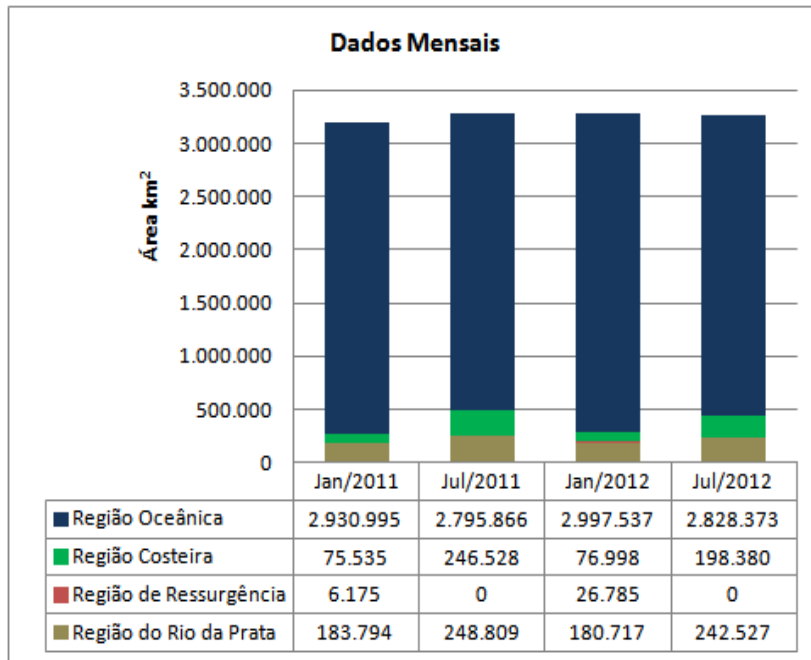


Figura 9. Gráfico com as áreas calculadas para cada ecorregião em dados mensais.

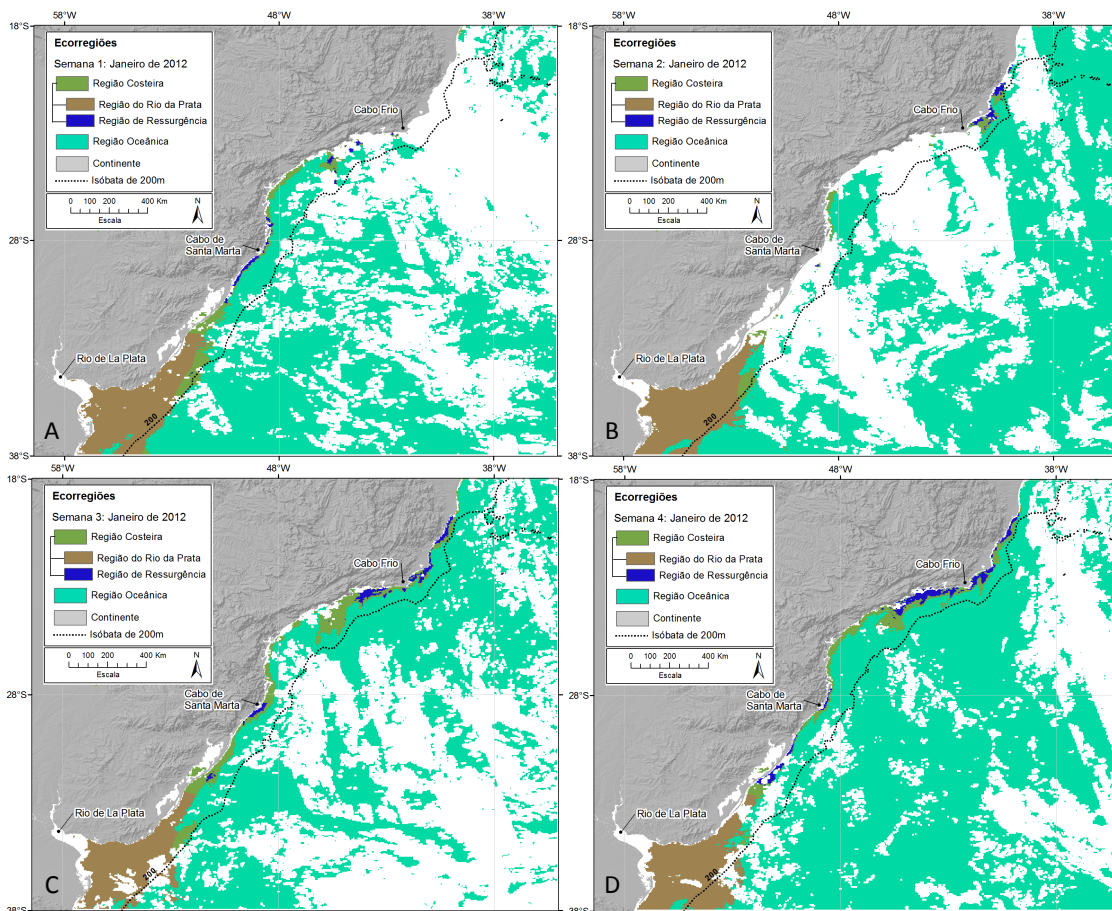


Figura 10. Caracterização das ecorregiões em dados semanais de janeiro de 2012. De 1 a 8 Jan (A), de 9 a 16 Jan (B) de 17 a 24 Jan (C) e de 25 Jan a 2 de Fev (D).



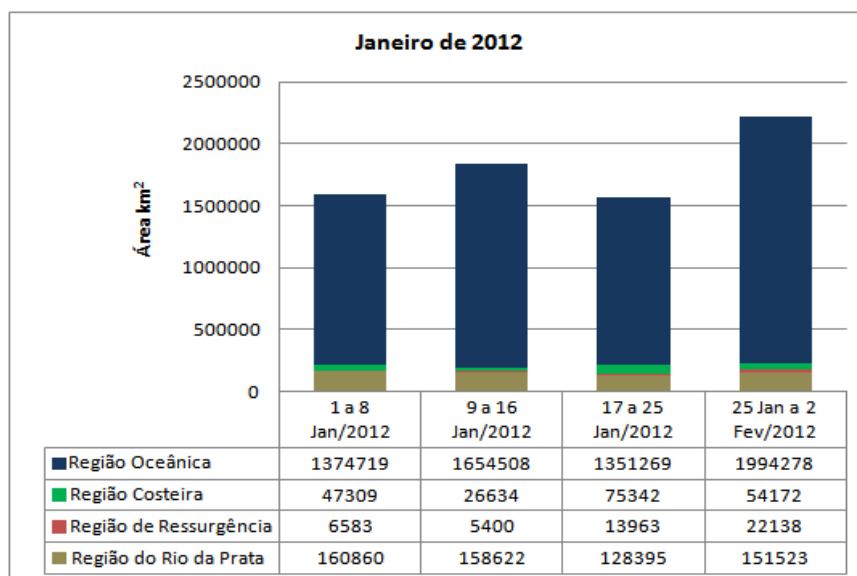


Figura 11. Gráfico com as áreas calculadas para cada ecorregião em dados semanais.

Por fim, a caracterização das ecorregiões a partir de dados semanais de janeiro de 2012 demonstra a limitação provocada pela cobertura de nuvens (Figura 10). Enquanto a área total das ecorregiões atinge o valor de mais de 3,3 milhões de km<sup>2</sup> nos dados climatológicos e quase o mesmo nos dados mensais, a área total nos dados semanais na maior parte das imagens mal supera os 1,5 milhões de km<sup>2</sup> (Figura 11), significando que aproximadamente metade das imagens encontra-se sem dados devido à cobertura de nuvens.

## 6. DISCUSSÃO

Com base nos dados e gráficos aqui apresentados podemos afirmar que a hipótese levantada, de que é possível realizar a identificação de ecorregiões em ambientes costeiros no Oceano Atlântico Sudoeste através de dados oceanográficos obtidos por sensores orbitais, é considerada válida com severas restrições.

Claramente, a principal restrição a essa hipótese é o fato de a área de estudo estar sujeita a significativas áreas de cobertura de nuvens, particularmente sobre a região de maior interesse (PCSE) onde ocorre a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Muito embora seja possível identificar tais ecorregiões em dados climatológicos, a aplicação dos mesmos critérios em dados semanais e diários mostrou-se inviável. A aplicação em dados mensais, no entanto, mostrou-se bastante útil na avaliação de variabilidades sazonais e interanuais.

Quanto à possibilidade de quantificação das áreas dessas ecorregiões, os resultados do presente estudo demonstram a viabilidade da utilização desse método, com as mesmas limitações devido à cobertura de nuvens.

Os métodos utilizados se mostraram consistentes, tendo como vantagens a grande cobertura espacial dos dados de sensores orbitais e a excelente representação de ecorregiões em mapas temáticos. Contudo, a análise Booleana passa pela reclassificação absolutamente subjetiva dos campos de propriedades, o que leva à necessidade de experiência e conhecimento da região para a correta representação das ecorregiões, o que, conseqüentemente, torna o método subjetivo e não replicável para outras regiões.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em sistemas oceânicos, as massas d'água regem as modificações espaciais das ecorregiões ecológicas, enquanto que em ambientes costeiros, aporte de rios e ressurgências, são responsáveis pelo aparecimento dessas regiões. A identificação de ecorregiões em ambientes costeiros é considerada válida levando em consideração restrições e limitações dos dados de sensores orbitais. Dados de climatologia podem ocasionar a suavização de feições oceanográficas, no entanto, é útil na avaliação de variabilidades sazonais e interanuais. Os métodos utilizados se mostraram consistentes, entretanto a classificação subjetiva da análise Booleana condicionada à experiência e conhecimento da região torna o método subjetivo e não replicável para outras regiões.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHA, E.M.; MIANZAN, H.W.; GUERRERO, R.A.; FAVERO, M.; BAVA, J. **Marine fronts at the continental shelves of austral South America: Physical and ecological processes**. *Journal of Marine Systems*, v.44, p.83-105, 2004.
- ADEY, W.H.; STENECK, R.S. **Thermogeography over time creates biogeographic regions: a temperature/space/time-integrated model and an abundance-weighted test for benthic marine algae**. *Journal of Phycology*, v.37, p.677-698, 2001.
- ASSIREU, A.T.; STEVENSON, M.R.; STECH, J.L. **Surface Oceanic Circulation Along the S-SE Coast of Brazil, Obtained by Satellite Tracked Drifters**. *Cont. Shelf Res.*, v.23(2), p. 145-157, 2003a.
- BAILEY, R. G. **Ecoregions: the ecosystem geography of the oceans and continents**. Springer-Verlag, New York, 176 p.,1998.
- BRASSINGTON, G.B.; DIVAKARAN, P. **The theoretical impact of remotely sensed sea surface salinity observations in a multi-variate assimilation system**. *Ocean Model*, v.27, p.70-81, 2009.
- BRIGGS, J. C. **Global Biogeography**. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands, 1 ed., p. 452, 1995.
- BRIGGS, J. C. **Marine zoogeography [by] John C. Briggs**. McGraw-Hill, New York, p. 475, 1974.
- CASTRO, B.M. **Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo**. São Paulo, Tese (Livre Docência) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 245 pp., 1996.

- CASTRO, B.M.; MIRANDA, L.B. **Physical oceanography of the Western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S, costal segment (4,W)**. In *The Sea*, v.11, eds. A. R. Robinson and K. H. Brink. John Wiley and Sons, Inc., p.209-251, 1998.
- CAVALCANTI, I.F.A.; ROWNTREE, P. **A Zona de Convergência do Atlântico Sul do Modelo Climático do Hadley Centre**. Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília, p.5, 1998.
- CECILIO, C. M.; GHERARDI, D. F. M.; SOUZA, R. B. **Estimativa De Salinidade Da Superfície Do Mar Por Satélites: Um Novo Desafio**. Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2011.
- CECILIO, R.O. **Estrutura tridimensional das correntes geradas pelo vento na Plataforma Continental da região sul do Brasil**. Tese de mestrado apresentada ao curso de Oceanografia física do Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, p.100, 2006.
- Ciotti, A.M.; ODEBRECHT, C.; FILLMANN, G.; MOLLERJR, O. **Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf**. *Continental Shelf Research*, v. 15, p. 1737-1756, 1995.
- CORDEIRO, J.P.; AMARAL, S.; FREITAS, U.M.; CÂMARA, G. **Álgebra de geo-campos e suas aplicações**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 8, Salvador. Anais São José dos Campos: INPE, Artigos, p.1641-1648, 1996.
- DEVRED E, SATHYENDRANATH S, PLATT T. **Delineation of ecological provinces using ocean colour radiometry**. *Marine Ecology Progress Series* 2007;346:1–13.
- DINNERSTEIN, E., OLSON, D.M., GRAHAM, D.J., WEBSTER, A.L., PRIMM, S.A., BOOK BINDER, M.P. **Conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean**. Washington: World Bank, p.237, 1995.
- EKMAN, S. **Zoogeography of the Sea**. London: Sidgwick and Jackson, 1953.
- EMILSON I. **The shelf and coastal waters off Southern Brazil**. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. São Paulo, v.17(2), p.101-112, 1961.
- ETNOYER, P.; CANNY, D.; MATE, B.; MORGAN, L. **Persistent pelagic habitats in the Baja California to Bering Sea (B2B) ecoregion**. *Oceanography*, 17, 90–101, 2004.
- FORBES, E. **Map of the distribution of marine life**. In Johnston AK, ed. *The Physical Atlas of Natural Phenomena*. Edinburgh (Scotland): William Blackwood and Sons, p.99–102 and plate 131, 1856.
- GARCIA, C.A.E.; GARCIA, V.M.T.; MCCLAIN, C.R. **Evaluation of SeaWiFS chlorophyll algorithms in the Southwestern Atlantic and Southern Oceans**. *Remote Sensing of Environment*, v. 95, p. 125-137, 2005.
- HAYDEN, B.P.; Ray, G.C.; Dolan, R. **Classification of coastal and marine environments**. *Environmental Conservation* v.11, p.199–207, 1984.
- HEDGPETH, J.W. **Marine biogeography**. *Geological Society of America Memoirs*, v.67, p.359–382 1957a.
- HOBDAV, A.J.; HARTMANN, K. **Near real-time spatial management based on habitat predictions for a longline by catch species**. *Fisheries Management and Ecology* 13:365–380, 2006.
- HOBDAV, A.J.; Lough, J. **Projected climate change in Australian marine and freshwater environments**. *Mar. Freshw. Res.* v.62, p.1000–1014, 2011.
- HOST, G. E.; POLZER, P. L.; MLADENOFF, D. J.; WHITE, M. A.; CROW, T. R. **A quantitative approach to developing regional ecosystem classifications**. *Ecological Applications*, v. 6, n. 2, p. 608-618, 1996.
- KAMPEL, M. **Estimativa da produção primária e biomassa fitoplanctônica através de sensoriamento remoto da cor do oceano e dados *in situ* na Costa Sudeste Brasileira**. Tese de doutorado apresentada ao curso de Oceanografia biológica do Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, p.311, 2003.
- KAMPEL, M.; NOVO, E.M.L.M. **O Sensoriamento remoto da cor da água**. In: Souza, R. B. (ed.) *Oceanografia por satélites*. São Paulo: Oficina de Textos, cap. 12, p.179-196, 2005.

- KELLEHER, G; BLEAKLEY, C.; WELLS, S. **A Global Representative System of Marine Protected Areas**. Great Barrier Reef Marine Park Authority, World Bank, IUCN (World Conservation Union), Washington (DC), v.2-4, 1995.
- LE VINE, D.M.; KAO, M.; GARVINE, R.; SANDERS, T., 1998. **Remote sensing of ocean salinity: Results from the Delaware Coastal Current experiment**. *J. Atmos. Oceanic Tech.* v.15, p. 1478-1484.
- LONGHURST, A. **Ecological geography of the sea**. San Diego, CA: Academic Press; 1998.
- LONGHURST, A. **Seasonal cycles of pelagic production and consumption**. *Prog. Oceanography*, v.36, p.77-167, 1995.
- LONGHURST, A.; SATHYENDRANATH, S.; PLATT, T.; CAVERHILL, C. **An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data**. *J. Plankton Res.*, v.17 (6), p.1245-1271, 1995.
- LYNN, R.L.; SIMPSON, J.J. **The California Current system: The seasonal variability of its physical characteristics**. *Journal of Geophysical Research*, v.92, 12947-66, 1987.
- MIRANDA LB. **Análise de massa de água de plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) à Ilha de São Sebastião (SP)**. São Paulo. Tese (Livre Docência) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, p.194, 1982.
- MIRANDA, L.B.; MASCARENHAS, Jr. A.S.; IKEDA, Y.; RAGO, T.A.; CACCIARI, P.L. **Resultados preliminares da estrutura térmica e do campo de velocidade amostrados durante o Cruzeiro Oceanográfico TRANSCOBRA III**. *Relat. Cruzeiros, ser. N/Oc.* "Prof. W. Besnard", Inst. oceanogr. São Paulo, 8, p.1-13, 1985.
- NEGRI, R.M.; CARRETO, J.I.; BENAVIDES, H.R.; AKSELMAN, R.; LUTZ, V.A. **An unusual bloom of Gyrodinium cf aureolum in the Argentine sea: community structure and conditioning factors**. *J. Plankton Res.* v.14, p.261-269, 1992.
- OLSON DM, DINERSTEIN E. **The Global 200: Priority ecoregions for conservation**. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89: 199-224, 2002.
- OMERNIK, J. M. **Ecoregions: a spatial framework for environmental management**. In: Davis, W., Simon, T. P. eds. **Biological assessment and criteria: Tools for water resource planning and decision making**, Lewis Publishing, Boca Raton, Florida, 1995.
- PALACIOS, D.M.; BOGRAD, S.J.; FOLEY, D.G; SCHWING, F.B. **Oceanographic characteristics of biological hot spots in the North Pacific: A remote sensing perspective**. *Deep-Sea Research II*, v.53, p.250-269, 2006.
- PEREIRA, M. D.; SCHETTINI, C.A.F.; OMACHI, C.Y. **Caracterização de feições oceanográficas na plataforma de Santa Catarina através de imagens orbitais**. *Rev. Bras. Geof.*, v.27, n.1, p.81-93. 2009.
- PIOLA, A.R., MATANO, R.P.; PALMA, E.; MOLLER Jr. O.O.; CAMPOS, E.J.D. **The influence of the Plata river discharge on the western South Atlantic Shelf**. *Geophysical Research Letters*, v.32, p.1-4, 2005a.
- PLATT, T.; SATHYENDRANATH, S. **Spatial structure of pelagic ecosystem processes in the global ocean**. *Ecosystems*, v.2, p.384-394, 1999.
- ROFF, J.C.; TAYLOR, M.E.; LAUGHREN, J. **Geophysical approaches to the classification, delineation and monitoring of marine habitats and their communities**. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v.13, p.77-90, 2003.
- SARAIVA, A.M.R.; MOLLER Jr., O. **Caracterização do processo de ressurgência na região do Cabo de Santa Marta (SC)**. In: XI Semana Nacional de Oceanografia, Rio Grande. *Anais da XI Semana Nacional de Oceanografia*, p.363-365, 1998.
- SILVEIRA, I.C., SCHMIDT, A.C., CAMPOS, E.J., GODOI, S.S., IKEDA, Y., 2000, "A corrente do Brasil ao Largo da Costa Brasileira", *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 48(2), pp. 171-183.
- SOUZA, R.B.; ROBINSON, I.S. **Lagrangian and satellite observations of the Brazilian Coastal Current**. *Continental Shelf Research*, v.24, p.241-262, 2004.
- STRAMMA, L.; ENGLAND, M. **On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean**. *J. Geophys. Res.*, v.104, p.20863-20883, 1999.

- TOMCZAK, M.; GODFREY, J.S. **Regional oceanography: An Introduction**. Pergamon Press, Oxford, p.422, 1994.
- WATSON, R.; PAULY, D.; CHRISTENSEN, V.; FROESE, R.; LONGHURST, A.; PLATT, T.; SATHYENDRANATH, S.; SHERMAN, K.; O'REILLY, J.; CELONE, P. **Mapping fisheries onto marine ecosystems for regional, oceanic and global integrations**. In Hempel G, Sherman K, eds. Large Marine Ecosystems of the World: Trends in Exploitation, Protection, and Research. Amsterdam: Elsevier. p.365–396, 2003.
- WILLIAMS, A.; BAX, N.J. **Delineating fish-habitat associations for spatially based management: an example from the south-eastern Australian continental shelf**. Marine and Freshwater Research, v.52, p.513–536, 2001.
- WRIGHT, R. G.; MURRY, M. P.; MERRIL, T. **Ecoregions as a level of ecological analysis**. Biological Conservation, v. 86, p. 207-213, 1998.
- ZAINUDDIN, M.; KIYOFUJIA, H.; SAITOH, K.; SAITOH, S.I. **Using multi-sensor satellite remote sensing and catch data to detect ocean hot spots for albacore (*Thunnus alalunga*) in the northwestern North Pacific**. Deep-Sea Research II, v.53, p.419–431, 2006.
- ZOFFOLI, L. M.; KAMPEL, M. **Delimitação de províncias ecológicas no oceano atlântico sudoeste**. In: XIV Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, Balneário Camboriú. **Anais...** 2011. v.1, p.1236-1239, 2011.