ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Sensibilidade ambiental do litoral da Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ) a potenciais desastres causados por derramamento de óleo

Érika Cardoso da Silva Baptista¹, André Luiz Carvalho da Silva², Rodrigo Coutinho Abuchacra², Ana Beatriz Pinheiro³

¹ Mestre pelo programa de Pós-Graduado Mestrado em Geografia pela Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Endereço eletrônico: erika.baptista@timdeautores.org.br. ² Dr. Professor Adjunto do Departamento de Geografia da Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rua Dr. Francisco Portela, 1470 – Patronato, São Gonçalo, RJ. CEP 24435-005. Endereço eletrônico: andrelsilvageouerj@gmail.com; rcabuchacra@gmail.com. ³ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra da Universidade Federal Fluminense. Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº - Campus da Praia Vermelha - Boa Viagem - Niterói/RJ - Brasil - CEP: 24210-346. Endereço eletrônico: ana.beatriz.geo@gmail.com.

Artigo recebido em 09/11/2018 e aceito em 24/02/2019

RESUMO

O presente estudo objetiva compreender o grau de sensibilidade ambiental do litoral da Ilha Grande a potenciais eventos de derramamento de óleo e as consequências destes para os ecossistemas litorâneos. Foram realizados trabalhos de campo voltados para a caracterização morfológica e sedimentar de diversas praias ao redor da ilha e aplicação do Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA) a eventos de derramamento de óleo. Foram encontrados os seguintes índices de sensibilidade ambiental à poluição por óleo: ISA 1, atribuído aos costões rochosos no entorno da Ilha Grande; ISA 3, em praias como Lopes Mendes (P3), Santo Antônio e Dois Rios, no setor Meridional-oriental da ilha; ISA 4, para as praias de Freguesia de Santana, Japariz, Amor, Camiranga, Feiticeira, Preta, Abraão, Júlia, Bica, Guaxuma, Abraãozinho, Mangues e Pouso, no setor Setentrional-oriental, praias de Lopes Mendes (P1 e P2) e Caxadaço, setor Meridional-oriental; praias da Parnaioca, Aventureiro, Meros, Provetá, Vermelha e Grande de Araçatiba, no setor Meridional-ocidental; Lagoa Verde e praia de Araçá, no setor Setentrional-ocidental; ISA 5, no tocante às praias Comprida, Crena no setor Setentrional-oriental e Maguariqueçaba no setor Setentrional-ocidental; ISA 10, correspondente às lagoas do Sul e do Leste. O estudo da sensibilidade ambiental aponta para níveis distintos de vulnerabilidade deste litoral a um eventual desastre dessa natureza. A expansão das atividades associadas à extração petrolífera na Bacia de Santos, bem como o tráfego intenso de embarcações na Baía da Ilha Grande, podem causar sérios danos às atividades pesqueiras e turísticas na região, além de comprometer os diversos ecossistemas costeiros e marinhos.

Palavras-chave: sensibilidade ambiental; poluição; derramamento de óleo; Ilha Grande-RJ.

Environmental sensibility of the Ilha Grande coast (Angra dos Reis, RJ) to potential oil spill disasters

ABSTRACT

The objective of this study is to understand the risk and environmental sensitivity of the Ilha Grande coast to oil spill events and their consequences for coastal ecosystems areas. The methodology of this study is based on the fieldwork to characterize the morphology and sediments of some beaches; application of the Environmental Sensitivity Index (ESI) to oil spill events on the coast. The beaches analyzed in this study present the following environmental sensitivity indices to pollution caused by oil spill: ISA 1, attributed to the rocky shores around Ilha Grande; ISA 3, in the case of the beaches of Lopes Mendes (P3), Santo Antônio and Dois Rios, all located in the southern-eastern sector of the island; ISA 4, for the beaches of Santana, Japariz, Amor, Camiranga, Feiticeira, Preta, Abraão, Júlia, Bica, Guaxuma, Abraãozinho, Mangues and Pouso (in the eastern sector), beaches of Lopes Mendes (P1 and P2) and Caxadaço (Southern-eastern sector), Parnaioca, Aventureiro, Meros, Provetá, Vermelha and Grande de Araçatiba beaches (Southern-western sector), Lagoa Verde and Araçá beach (Northern-Western sector); ISA 5, for the beaches Comprida, Crena (northern-eastern sector) and Maguariqueçaba (northern-western sector); ISA10, corresponding to the lagoons of the South and East. The beaches analyzed in this study have the following environmental sensitivity results to the pollution caused by oil spill: ESI 3, in the case of the beaches of Lopes Mendes, Santo Antônio and Dois Rios, all located in the southern-eastern sector of the island; ESI 4, to the beaches of Freguesia de Santana, Japariz, Preta, Abraão, Júlia, Bica, Crena, Guaxuma, Abraãozinho (in the Eastern-Northern sector), beaches of Mangues and Pouso (sector Southern-eastern), Araçá (northern-western sector); and ESI 5, with regard to Comprida (northern sector). The study of the environmental sensitivity of the Ilha Grande, associated with an oil spill, points to the vulnerability of this coast to an eventual disaster of its nature. The

expansion of associative activities with oil extraction in the Santos Basin and the associated risks may cause severe damage to fishing and tourism activities in the region and endanger coastal and marine ecosystems.

Keywords: environmental sensibility; pollution; oil spills; Ilha Grande-RJ.

Introdução

As áreas litorâneas são constantemente impactadas por atividades antrópicas, que colocam em risco os ecossistemas costeiros e as populações que dele dependem para subsistência. O número de acidentes com derramamento de óleo em ambientes costeiros e marinhos tem aumentado nos últimos anos. Esses desastres causaram grandes impactos ambientais e econômicos nas áreas direta e indiretamente afetadas por esses eventos. Dentre as principais ocorrências de derramamento de óleo no Brasil pode-se ressaltar o acidente na Baía de Guanabara (RJ) e em Araucária (PR), ambos no ano 2000; no Rio Caceribu (RJ), em 2005; no Porto de Paranaguá (PR), em 2004; entre inúmeros outros. No mundo destacam-se os desastres ocorridos no Golfo do México (EUA), em 2010; na Itália e em Angola, no ano de 1991; na África do Sul e no Golfo Pérsico, em 1983; entre outros (Baptista, 2017).

Neste sentido, este trabalho objetiva identificar a sensibilidade ambiental do litoral da Ilha Grande (RJ) (Fig. 1) face a um eventual desastre causado por derramamento de óleo. Para tal, foram utilizados dados de morfologia e sedimentação de algumas praias no litoral da Ilha Grande (Gralato, 2016; Baptista, 2017; Brum, 2018) e relacionados à dinâmica de ondas (Godoi et al., 2011), o que permitiu a aplicação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) a derramamento de óleo, proposto pelo Ministério do Meio Ambiente, também conhecido como Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA), conforme MMA (2004).

Os ambientes costeiros apresentam uma capacidade de regeneração em resposta a desastres ambientais que pode variar bastante de acordo com o tipo, intensidade e forma de ocorrência de um evento qualquer (Davis e Fitzgerald, 2004; Davidson-Arnott, 2010; Muler et al., 2011). A recuperação de um ambiente afetado por um derramamento de óleo, por exemplo, pode ser rápida ou extremamente lenta, dependendo das características morfológicas, sedimentares e da hidrodinâmica de cada seguimento do litoral (MMA, 2004; Souza, 2007; Silva et al., 2008a; Boulhosa e Souza Filho, 2009; Muler et al., 2011;

Rodrigues e Souza-Filho, 2012). O conhecimento dessas características é fundamental para a determinação do grau do impacto, da permanência e comportamento do óleo derramado, e do transporte de sedimentos ao longo do litoral (Castro et al., 2003; MMA, 2004). Para que sejam reconhecidos e diferenciados os níveis de impactos ocasionados por derramamento de óleo no litoral, foi estabelecido o Índice de Sensibilidade Ambiental (ISA). O ISA vem sendo adotado pela Organização Marítima Internacional (IMO) e pela Administração Atmosférica e Oceânica Nacional (NOAA) dos Estados Unidos (NOAA, 2007). No Brasil, este índice foi adaptado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2004) e vem sendo amplamente utilizado na caracterização da sensibilidade ambiental em diversas áreas costeiras (MMA, 2004; Wieczorek, 2006; Braga, 2007; Souza, 2007; Rocha, 2008; Boulhosa e Souza-Filho, 2009; Cunha, 2009; Romero, 2009; Muler et al., 2011; Brandão, 2012; Rodrigues e Souza-Filho, 2012; Martins et al., 2013; Gil-Agudelo et al., 2015; Baptista, 2017; Pinheiro, 2018, entre outros). O ISA possui uma classificação que varia em uma escala de 1 a 10, sendo 1 para os ambientes menos sensíveis e 10 para os ambientes mais sensíveis à poluição causada por derramamento de óleo (MMA, 2004).

Os condicionantes oceanográficos são representados por ações naturais que exercem grande influência na modelagem costeira. As ondas, geradas pelos ventos, e as correntes que se desenvolvem quando da chegada destas ondas à linha de costa, atuam ininterruptamente sobre os materiais que encontram, erodindo, transportando e depositando sedimentos. A esses processos somam-se os efeitos das marés e das ressacas produzidas pelas tempestades (Davis, 1985; Laing, 1998; Davis e Fitzgerald, 2004; Villwock et al., 2005; Davidson-Arnott, 2010). A combinação destes diferentes processos e a forma com que eles ocorrem junto à costa são diretamente responsáveis pelo transporte de poluentes na direção dos litorais, alcançando e contaminando as áreas de costões, baías, manguezais e praias.

Figura 1- Localização da área de estudo. Fotografias aéreas (ortofotomosaico do projeto RJ-25) do IBGE, 2005 (Baptista, 2017).

Área de estudo

A Ilha Grande (Fig. 1) é considerada a maior ilha do estado do Rio de Janeiro, com 81 praias distribuídas entre inúmeros costões localizados ao longo de 155 km de litoral. Conforme Galato (2016), este litoral apresenta diferenças significativas quanto à extensão, direção de incidência de ondas, morfologia e materiais que formam os ambientes litorâneos, em geral mais dinâmicos na face sul da ilha, voltada para o Oceano Atlântico. Na Ilha Grande predominam basicamente dois tipos de relevo: as montanhas rochosas que alcançam o mar e as estreitas

planícies costeiras formadas por sedimentos de origem fluvial e marinha. A geomorfologia da Ilha Grande é caracterizada pelas vertentes e pela planície costeira flúvio-marinha, mais desenvolvida na borda sul da ilha (Gama et al., 2009), como em Lopes Mendes e nas praias do Sul e do Leste (Fig. 2). O relevo montanhoso apresenta altitudes inferiores a 500 m em relação ao nível do mar, com poucas áreas mais elevadas, com destaque para o Pico do Papagaio (959 m) e a Serra do Retiro (1.031 m) (Maciel et al., 1984). As vertentes na Ilha Grande são representadas por encostas íngremes, constituídas por afloramentos

rochosos na forma de picos; costões no litoral; depósitos de tálus e colúvios, formados a partir da erosão e deslizamentos nas encostas; canais fluviais encaixados em vales (Gama et al., 2009). Conforme Faria (2018), a maior parte da Ilha Grande é coberta por blocos rochosos de grande porte, com presença de costões livres (costão-falésia) em alguns setores do litoral.

A Ilha Grande possui grandes áreas cobertas por vegetação remanescente de Mata Atlântica e conta com uma variedade de ecossistemas influenciados por diferenças na geologia, clima e hidrografia local. Essas áreas apresentam elevada biodiversidade e contam ainda com florestas preservadas, devido principalmente à altitude e à dificuldade de acesso em decorrência do relevo acidentado (Mesquita, 2004), com destaque para o setor centro-sul da ilha (Oliveira, 2003). A Ilha Grande é protegida por Unidades de Conservação, devido a sua importância para a preservação do bioma Mata atlântica e dos ecossistemas presentes na região. São elas: o Parque Estadual da Ilha Grande, a Reserva Biológica da Praia do Sul e o Parque Estadual Marinho do Aventureiro (MMA, 2011; INEA, 2011 e 2013). Essa proteção tem contribuído para a preservação desses ambientes, apesar dos problemas ambientais que afetam a ilha. A floresta ombrófila densa cobria quase toda a ilha, sendo atualmente representada por formações secundárias, principalmente no setor norte e nas áreas localizadas próximas as vilas (Oliveira, 2004).

A área de estudo está inserida em um trecho do litoral brasileiro pertencente à Bacia de Santos, que ocupa uma área total de cerca de 350.000 km² (Mohriak, 2003). Com o crescimento das atividades ligadas à extração de petróleo nesta Bacia, aumenta também a preocupação quanto a possíveis desastres ambientais associados ao derramamento de óleo neste litoral. De acordo com informações publicadas pelo site de notícias G1, essa região atingiu em junho de 2016 uma produção de 935,5 mil barris de petróleo por dia. Outra preocupação é a existência do Terminal Petrolífero da Baía da Ilha Grande (TEBIG), que iniciou suas atividades em 1977 e se interliga ao Terminal Terrestre de Campos Elíseos e à Refinaria Duque de Caxias (REDUC), ambos no município de Duque de Caxias, por um oleoduto de 123 quilômetros de extensão (Teixeira, 2011).

Essa situação é preocupante, principalmente quando se considera a rica biodiversidade da Ilha Grande e demais áreas costeiras e marinhas do litoral sul fluminense e a importância das atividades ligadas ao turismo e a pesca para a população nessas áreas. A capacidade

do litoral de responder a desastres ambientais causados por derramamentos de óleo em inúmeras escalas é, até então, pouco conhecida. A expansão das atividades turísticas e econômicas na região representa uma ameaça para o equilíbrio deste litoral e para a subsistência das populações residentes na Ilha que dependem da pesca e do turismo, como ressaltado por Prado (2003). Os acidentes com derramamento de óleo ocorrido nos anos de 2000 e 2002 (Oliveira, 2003; Oliveira e Meyer, 2006) e em 2016, em função das atividades realizadas no TEBIG, e o aumento no tráfego de embarcações, torna cada vez mais necessária a adoção de medidas voltadas para a preservação deste litoral. Este cenário torna necessária a realização de estudos que visem contribuir com conhecimentos acerca da sensibilidade ambiental deste litoral diante da possibilidade iminente e crescente de possíveis desastres, sobretudo para a preservação da biodiversidade e geodiversidade da Ilha Grande e para a manutenção das atividades nela desenvolvidas, fundamentais para a sobrevivência e permanência dos moradores da ilha.

Material e métodos

As características relativas à morfologia, sedimentação e condições de mar na área estudada foram obtidas a partir de dados adquiridos em estudos realizados anteriormente por Gralato (2016), Baptista (2017) e Brum (2018). Esses dados resultam de diversas pesquisas voltadas para o conhecimento da dinâmica das praias da Ilha Grande, por meio da aquisição de perfis topográficos de praia entre as estações do ano, e coleta de sedimentos para análise textural dos materiais que compõem esses ambientes. Por ocasião dessas pesquisas foram visitadas 28 praias localizadas ao redor da Ilha Grande (Fig. 2), entre os anos de 2014 e 2017, englobando tanto a parte norte (voltada para o continente) quanto a borda sul da ilha (voltada para mar aberto). No caso específico das praias de Abraão, Pouso, Dois Rios e Lopes Mendes, utilizou-se dados de declividade e sedimentação com base em Gralato (2016). O mesmo foi feito em relação às praias de Provetá e Grande Araçatiba na porção ocidental da ilha, estudadas por Brum (2018). Para a caracterização sedimentar das demais praias foram utilizados dados de granulometria e morfoscopia obtidos por Baptista (2017).

Os mapas de ISA foram confeccionados através do programa ArcGis 10.1, com base no ortofotomosaico na escala 1:25.000, que integra o projeto RJ-25 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), projeção UTM e referencial geodésico WGS 1984. Os ambientes

geomorfológicos foram mapeados ao redor da Ilha Grande por meio da geração de linhas e polígonos para a representação do Índice de Sensibilidade Ambiental do Litoral. Para tal, foram consideradas as Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo (Tabela 1; MMA, 2004). Nessa classificação são consideradas as

características geológicas e geomorfológicas do litoral, a partir da exposição à energia de ondas e marés, declividade e tipo de substrato, fundamentais para a determinação do grau do impacto; o tempo de permanência e o comportamento do óleo derramado; e o transporte de sedimentos (Castro et al., 2003; MMA, 2004; Rocha, 2009; Romero, 2009).

Figura 2 - Praias estudadas no litoral da Ilha Grande. Fonte: Baptista (2017).

Tabela 1 – Classificação do Índice de Sensibilidade do Litoral proposto pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2004). O código RGB (em inglês Red, Green e Blue) constitui o sistema de cores aditivas aplicadas na classificação do ISL.

COR	ÍNDICE	CÓDIGO			TIPOS DE COSTA
		R	G	B
ISL 1	119	38	105	<ul style="list-style-type: none"> Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos Falésias em rochas sedimentares, expostas Estruturas artificiais lisas (paredões marítimos artificiais), expostas
ISL 2	174	153	191	<ul style="list-style-type: none"> Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos Terraços ou substratos de declividade média, expostos (terraço ou plataforma de abrasão, terraço arenítico exumado bem consolidado, etc.)
ISL 3	0	151	212	<ul style="list-style-type: none"> Praias dissipativas de areia média a fina, expostas Faixas arenosas contíguas à praia, não vegetadas, sujeitas à ação de ressacas (restingas isoladas ou múltiplas, feixes alongados de restingas tipo "long beach") Escarpas e taludes íngremes (formações do grupo Barreiras e Tabuleiros Litorâneos), expostos Campos de dunas expostas
ISL 4	146	209	241	<ul style="list-style-type: none"> Praias de areia grossa Praias intermediárias de areia fina a média, expostas Praias de areia fina a média, abrigadas
ISL 5	152	206	201	<ul style="list-style-type: none"> Praias mistas de areia e cascalho, ou conchas e fragmentos de corais Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou recoberta de vegetação Recifes areníticos em franja
ISL 6	0	149	32	<ul style="list-style-type: none"> Praias de cascalho (seixos e calhaus) Costa de detritos calcários Depósito de talus Enrocamentos ("rip-rap", guia corrente, quebra-mar) expostos Plataforma ou terraço exumado recoberto por concreções lateríticas (disformes e porosas)
ISL 7	214	186	0	<ul style="list-style-type: none"> Planície de maré arenosa exposta Terraço de baixa-mar
ISL 8	225	232	0	<ul style="list-style-type: none"> Escarpa / encosta de rocha lisa, abrigada Escarpa / encosta de rocha não lisa, abrigada Escarpas e taludes íngremes de areia, abrigados Enrocamentos ("rip-rap" e outras estruturas artificiais não lisas) abrigados
ISL 9	248	163	0	<ul style="list-style-type: none"> Planície de maré arenosa / lamosa abrigada e outras áreas úmidas costeiras não vegetadas Terraço de baixa-mar lamoso abrigado Recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais
ISL 10	214	0	24	<ul style="list-style-type: none"> Deltas e barras de rio vegetadas Terraços alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas Brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgado; apicum Marismas Manguezal (mangues frontais e mangues de estuários)

Resultados e discussão

Os resultados são apresentados e discutidos a partir: (1) da sensibilidade do litoral da Ilha Grande a desastres envolvendo derramamento de óleo, com base no Índice de Sensibilidade Ambiental (MMA, 2004), elaborado a partir de aspectos geológico-geomorfológicos e sedimentares; (2) do entendimento da vulnerabilidade ambiental da Ilha Grande, a partir da integração dos dados de ISA com as diferentes formas de uso e ocupação da área de estudo e adjacências.

Considerando a extensão e a orientação da costa, assim como o grande número de praias na Ilha Grande, foi realizada uma subdivisão da mesma por setores: (1) Setentrional-oriental, (2) Meridional-oriental, (3) Meridional-ocidental e (4)

Setentrional-ocidental (Fig. 2). A classificação e a representação cartográfica da sensibilidade ambiental do litoral da Ilha Grande a derramamento de óleo foram realizadas considerando-se as características geomorfológicas e sedimentares desse litoral. A partir de então, foram estabelecidos os seguintes Índices de Sensibilidade Ambiental: ISA 1, para os costões rochosos lisos, de alta declividade e expostos; ISA 3, para as praias dissipativas de areia média a fina e expostas; ISA 4, para as praias de areia grossa, praias intermediárias de areia fina a média expostas e praias de areia fina a média abrigadas; ISA 5 em relação às praias mistas de areia e cascalho ou conchas; e ISA 10, para as poucas lagoas costeiras existentes na área de estudo (Fig. 3).

Figura 3 - Mapa de Índice de Sensibilidade Ambiental do litoral da Ilha Grande. Ver figura 2 para a localização das praias estudadas.

Os ambientes com ISA 1 (Tab. 1; MMA, 2004) são caracterizados por uma exposição frequente do litoral com formações rochosas a incidência de ondas com altura geralmente superior a 1 metro e fortes correntes de maré. No litoral da Ilha Grande, essas formações rochosas correspondem à maior parte das áreas no entorno da ilha (Figs. 3, 4 e 5), como as localizadas na Enseada de Palmas (Fig. 6A), Lagoa Azul (Fig. 6B) e Ponta dos Micos (Fig. 6C). Conforme Faria (2018), a inclinação dos costões geralmente fica em torno de 30°, com cerca de 50 metros de comprimento das rampas livres de vegetação. A ausência da vegetação nessas áreas reflete o alcance das ondas de tempestades (Faria, 2018), que podem atingir a face sul da ilha com altura superior a 3 metros durante as ressacas (Gralato, 2016). Em superfícies rochosas, como aqui indicadas (Figs. 3, 4 e 5), normalmente não ocorre penetração de óleo, que tende a permanecer por pouco tempo no ambiente. A remoção do óleo nas superfícies rochosas tende a ocorrer de forma rápida e natural (CETESB, 2007), o que não

Baptista, E. C. S.; Silva, A. L. C.; Abuchacra, R. C.; Pinheiro, A. B.

impede a contaminação de algas e demais animais e vegetais marinhos. Conforme ressaltado por Pinheiro (2018) para o litoral de Paraty, as ondas quando se chocam com o costão podem arremessar água com óleo em várias direções, contaminando áreas de vegetação localizadas acima do alcance máximo das marés.

Os ambientes com ISA 3 (Tab. 1; MMA, 2004) são caracterizados por praias com sedimentos constituídos predominantemente por areia fina; apresentam em geral permeabilidade moderada, possibilitando a penetração do óleo. As áreas visitadas no litoral da Ilha Grande classificadas com ISA 3 (Figs. 3, 4 e 5), correspondem às praias de Lopes Mendes (área do P3) (Fig. 6D), Santo Antônio (Fig. 6E) e Dois Rios (Fig. 6F), todas no setor Meridional-oriental da Ilha (Fig. 2). A praia de Lopes Mendes (Figs. 2 e 6D e H), uma das mais extensas da Ilha Grande (com 2,5Km), é também uma das mais visitadas o ano inteiro por turistas nacionais e estrangeiros. Nela é comum a presença de grandes ondas, perfeitas para a prática do surf. Conforme Gralato (2016) a praia

de Lopes Mendes é dinâmica; seu perfil é moderadamente inclinado e exibe variações expressivas na largura entre as estações do ano; sendo composta basicamente por areias fina a média. A praia de Santo Antônio (Fig. 2 e 6E), com apenas 155m de extensão, exibe uma baixa declividade e areias predominantemente finas (Baptista, 2017). A praia de Dois Rios (Fig. 2 e 6F), com 1,3Km, encontra-se localizada na Vila de Dois Rios, onde também se encontra instalado o Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADS) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), que serviu de apoio para o desenvolvimento desta pesquisa. De acordo com Gralato (2016), o arco praial de Dois Rios apresenta uma baixa declividade e variações significativas na largura, podendo se estreitar

completamente na maré alta de sizígia, quando as ondas tendem a alcançar toda a faixa de areia; nela predominam areias muito fina a média (Gralato, 2016). Em praias com essas características, a contaminação por óleo pode ocorrer em toda a extensão da faixa de areia, podendo inclusive alcançar as áreas mais internas no limite com a vegetação, devido à maior variabilidade na largura das mesmas em resposta às mudanças nas condições de mar. A penetração do óleo na faixa de areia tende a ocorrer em menos de 10 cm de profundidade (MMA, 2004); com possibilidade de penetração do óleo após a fase erosiva das tempestades. Neste caso, a limpeza da praia é considerada um procedimento necessário (CETESB, 2007).

Figura 4 – Mapa de Índice de Sensibilidade Ambiental do setor Meridional-ocidental.

Os ambientes litorâneos classificados com o ISA 4 (Tab. 1; MMA, 2004) são compostos predominantemente por praias de areia grossa; praias intermediárias de areia fina a média, expostas; praias de areia fina a média, abrigadas; e apresentam em geral permeabilidade moderada, o que tende a facilitar a penetração de óleo (MMA, 2004). As áreas com ISA 4 no litoral da Ilha Grande (Figs. 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10) compreendem as praias de Freguesia de Santana, Japariz, Amor, Camiranga, Feiticeira, Preta (Fig. 6G), Abraão, Júlia, Bica, Guaxuma, Abraãozinho, Mangues e Pouso, no setor Setentrional-oriental (Fig. 2);

Baptista, E. C. S.; Silva, A. L. C.; Abuchacra, R. C.; Pinheiro, A. B.

Lopes Mendes (P1 e P2) (Fig. 6H), Caxadaço, no setor Meridional-oriental (Fig. 2); Parnaíoca, Aventureiro, Meros, Provetá (Fig. 6I), Grande Araçatiba, no setor Meridional-ocidental (Fig. 2); Vermelha, Lagoa Verde e Araçá, no setor Setentrional-ocidental (Fig. 2), perfazendo a quase totalidade das praias visitadas ao longo da área estudada. A grande maioria dessas praias classificadas com o ISA 4 são do tipo confinadas entre afloramentos rochosos (*pocket beaches*) e possuem no máximo algumas poucas centenas de metros (Gralato, 2016); com exceção das praias de Lopes Mendes e Aventureiro que são mais extensas

(Fig. 2). Essas praias confinadas são igualmente reconhecidas no litoral abrigado de Paraty por Pinheiro (2018); na Baía de Guanabara por Amador (1997) e Silva et al. (2016); e na Baía de Paranaguá e de Baía de Tijucas, em Santa Catarina, por Rosa e Borzone (2008) e Longarete (2016). Praias do tipo “*pocket beach*” apresentam em geral uma baixa dinâmica, sem grandes alterações morfológicas entre as estações do ano; caracterizam-se essencialmente por um baixo transporte de sedimentos entre a praia e as áreas adjacentes e são em geral orientadas perpendicularmente à direção de incidência das ondas (Davis, 1985; Pranzini et al., 2013; Bowman et al., 2014). Na área de estudo essas praias apresentam uma grande diversidade morfológica

(incluindo a declividade), na largura e no tamanho dos sedimentos, o que depende em grande parte da localização e orientação das mesmas na Ilha Grande (Gralato, 2016; Baptista, 2017; Brum, 2018). Nessas praias classificadas com o ISA 4, a penetração do óleo na areia tende a ocorrer até aproximadamente 25 centímetros de profundidade (MMA, 2004); há possibilidade de sequência de estratos com e sem contaminação, o que dificulta sua limpeza. Eventos de tempestade podem provocar a incidência de grandes ondas capazes de causar o estreitamento da faixa de areia na maioria das praias da Ilha Grande (Gralato, 2016), potencializando os efeitos de uma contaminação por óleo.

Figura 5 – Mapa de Índice de Sensibilidade Ambiental dos setores Setentrional-oriental e Meridional-oriental.

Os ambientes com ISA 5 (Tab. 1; MMA, 2004) são caracterizados por praias com granulometria variando entre areia média a grossa, com presença significativa de cascalhos; apresentando elevada permeabilidade, que possibilita a penetração de óleo nesses sedimentos. As áreas classificadas com o ISA 5 (Figs. 3, 8 e 9) englobam os trechos do litoral que correspondem às praias Comprida (Fig. 6J) e Crena (Fig. 6K) no setor Setentrional-oriental (Fig. 3); e Maguariqueçaba (Fig. 6L) no setor Setentrional-ocidental (Fig. 3). Essas praias estão localizadas na porção norte da Ilha Grande (Fig. 2). A praia Comprida (Fig. 6J), abrigada na Enseada de

Abraão, possui cerca de 100 metros de extensão e apenas 17 metros de largura. A praia da Crena (Fig. 6K), na mesma enseada, possui 80 metros de extensão e mede 30 metros de largura. Este trecho do litoral da Ilha Grande costuma ser frequentado por turistas o ano inteiro e conta com uma estrutura básica, com pousadas, restaurantes e bares. Abrigada na Enseada do Sítio Forte, a praia de Maguariqueçaba (Fig. 6L) possui 260 metros de extensão e 23 metros de largura. Essas praias apresentam em comum um perfil estreito e com declividade moderada; e areia cascalhosa, predominando nas frações areia média, grossa e muito grossa, com presença significativa de

cascalhos, com destaque para Maguariqueçaba, com mais de 40% de cascalho na faixa de areia emersa (Baptista, 2017). A possibilidade de percolação do óleo em praias de areia cascalhosa pode atingir profundidade superior a 0,5m (MMA,

2004), o que dificulta sua limpeza e favorece a ocorrência de processos erosivos pela necessidade de remoção de grande quantidade de sedimentos contaminados.

Figura 6 – Exemplos de ambientes relacionados aos diversos ISA estabelecidos para a Ilha Grande. Fotos: A, B, E, J, K, L, Érika Baptista (2015); C, D, F, G, H, I, André Silva (2014); M, N, O, Rafael Oliveira (2013).

Os ambientes com ISA 10 (Tab. 1; MMA, 2004) são caracterizados por ambientes de baixa energia de substrato plano, lamoso a arenoso; com

reduzidas taxas de permeabilidade de óleo, devido à saturação deste substrato por água; e zona intermaré com largura variável. As áreas

classificadas como ISA 10 (Figs. 3 e 10) compreendem as lagoas do Leste (Fig. 6M) e do Sul (Fig. 6N), no setor Meridional-ocidental, e o canal de maré (Fig. 6O) que conecta as lagoas ao mar (Fig. 10). Essas lagoas estão localizadas na planície costeira das praias do Sul e do Leste, no setor meridional ocidental da Ilha Grande (Fig. 2). Conforme Silva e Dias (2017), o canal que conecta as lagoas do Sul e do Leste (Fig. 6M e N, respectivamente) com o mar mede 1,4km de extensão e cerca de 20 metros de largura, e desemboca na extremidade ocidental da Praia do Leste (Fig. 6O). Os ecossistemas presentes na região se encontram preservados e fazem parte da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, que é uma Unidade de Proteção Integral, criada pelo Decreto Estadual de nº4972/81; sendo proibida, em geral, a visitação pública. As margens do canal e lagunas são cobertas pela vegetação de manguezal, com destaque para o mangue vermelho (*Rizophora mangle*); *Juncus* e/ou *Typha* nas áreas alagadas; e Mata Atlântica nos trechos mais elevados (Fig. 6M, N, O), conforme Coe et al. (2018). Nesses ambientes a contaminação por óleo pode ocorrer de forma direta, a partir do canal que liga as lagoas à praia do Leste; e/ou indiretamente, devido à

contaminação da praia durante um evento de tempestade, quando algumas ondas de maior altura e energia são capazes de transpor a barreira alcançando as áreas à retaguarda. Este fenômeno, caracterizado pela transposição de ondas sobre a barreira, foi verificado no litoral de Maricá por Silva et al. (2008B), onde as lagoas localizadas à retaguarda da barreira foram também classificadas com o ISA 10 por Baptista et al. (2015). Eventos de derramamento de óleo nesses ambientes podem afetar diretamente a cobertura vegetal. A remoção do óleo neste caso deve ocorrer de forma natural, mas é extremamente lenta, devido aos seus baixos níveis de energia e biodegradação (MMA, 2004). O processo de limpeza através de maquinários é considerado inadequado em função da característica lamosa do substrato; qualquer esforço nesse sentido pode introduzir o óleo nas camadas mais profundas e agravar o dano. São poucas as técnicas de limpeza disponíveis para remediar essas áreas atingidas por óleo e, além disso, pouco se conhece sobre a eficiência e os danos adicionais que a aplicação de determinados procedimentos podem gerar nesses ambientes (CETESB, 2007).

Figura 7 – Mapa de Índice de Sensibilidade Ambiental dos setores Setentrional-ocidental e Setentrional-oriental.

Figura 8 – Mapa de Índice de Sensibilidade Ambiental do setor Setentrional-oriental.

Figura 9 – Mapa de Índice de Sensibilidade Ambiental dos setores Meridional-ocidental e Setentrional-ocidental.

Figura 10 – Mapa de Índice de Sensibilidade Ambiental dos setores Meridional-oriental e Meridional-ocidental.

A comparação entre os resultados obtidos neste estudo, com as cartas SAO elaboradas pelo MMA (2012) aponta para algumas diferenças na classificação do ISA. Algumas praias, como Lopes Mendes (P3) e Dois Rios, por exemplo, foram caracterizadas com o ISA 3 (classificadas como ISA 4 pelo MMA, 2012). Essas praias exibem diferenças significativas ao longo do arco praial, conforme Gralato (2016), o que parece não ter sido considerado no mapeamento realizado pelo MMA (2011). Cabe destacar que, neste trabalho foram classificadas apenas as praias visitadas ao longo desta pesquisa, com base na caracterização morfológica e sedimentar das mesmas. As demais praias (Fig. 2) ao longo do litoral da Ilha Grande, não foram classificadas por não ter sido possível caracterizá-las quanto à morfologia e tipo de materiais predominantes. Entretanto, estas praias podem ser consideradas como de sensibilidade ambiental variando entre 3 e 6 (Tab. 1). Os costões classificados apenas com ISA 1 neste estudo, também diferem parcialmente da classificação apresentada pelo MMA (2012), que considera algumas áreas com ISA 2.

Estudos realizados por diversos autores (Castro et al., 2003; Wiczorek, 2006; Braga, 2007; Lima, 2007; Pincinato, 2007; Rocha, 2008; Boulhosa e Souza Filho, 2009; Romero, 2009; Meneghetti et al., 2011; Gil-Agudelo et al., 2015; Pinheiro, 2018) chamam a atenção para a

necessidade da adoção de medidas adequadas à fragilidade de cada ambiente e para a identificação de ações e áreas prioritárias para proteger a costa da poluição causada por desastres envolvendo derramamento de óleo e, consequentemente, de danos aos ecossistemas costeiros e marinhos. A análise da sensibilidade do litoral da Ilha Grande à poluição por óleo aponta para diferentes níveis de vulnerabilidade dos ambientes presentes na área de estudo (Figs. 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10), principalmente quando se considera também as diferentes formas de uso e ocupação existentes na ilha e a rica biodiversidade e geodiversidade associada às unidades de conservação.

A maior sensibilidade à poluição por óleo, indicada para as Lagoas do Sul e do Leste (ISA10; Figs. 3 e 10), deve-se à menor capacidade de regeneração deste ambiente. O fato de essas lagunas estarem localizadas dentro de uma unidade de conservação de uso restrito e numa área de difícil acesso as torna mais vulneráveis ainda, quando se considera a necessidade de uma ação rápida para conter uma eventual contaminação de óleo nesse trecho costeiro. O acesso a essas lagunas, localizadas na borda sul da Ilha Grande (Fig. 1) e voltadas para mar aberto, só é possível sob condição de mar calmo, quando a Capitania dos Portos da Marinha do Brasil autoriza a navegação nessas áreas.

As praias são igualmente importantes, sobretudo para a população local, que depende em grande parte das atividades ligadas ao turismo para subsistência; e devido à presença de inúmeros ecossistemas constantemente ameaçados pela crescente poluição costeira e marinha na região. A Baía da Ilha Grande foi caracterizada por Creed et al. (2007) como um ambiente rico em espécies bênticas e de peixes, tanto recifais quanto de praias arenosas.

O alcance e a intensidade dos impactos causados por um desastre com derramamento de óleo tendem a se alterar de forma significativa quando associados a eventos de tempestade. Conforme ressaltado por Romero (2009) para a Praia Grande na Ilha Comprida (litoral de São Paulo), a sazonalidade também interfere no grau de vulnerabilidade destes ambientes, considerando-se a intensidade e o alcance das tempestades e os diferentes usos em diferentes épocas do ano. Nesses ambientes, o alcance da poluição tende a ser maior durante a ocorrência de tempestades, quando as ondas normalmente alcançam porções mais internas da faixa de areia da praia, principalmente àquelas com um perfil praial com pouca inclinação, como Santo Antônio e Dois Rios na Ilha Grande, ambas voltadas para mar aberto (Figs. 2 e 6E e F). Essas praias exibem características comuns a praias consideradas dissipativas: ampla zona de arrebentação, areia geralmente fina e um perfil com baixa declividade (Short e Wright, 1981). A direção e a intensidade dos ventos, assim como as condições de maré no momento do desastre também devem ser considerados, pois interferem diretamente no padrão de circulação das águas superficiais dentro da baía e no alcance de uma eventual mancha de óleo sobre a praia e demais ambientes. Duque et al. (2008) apresentaram um modelo de circulação das águas superficiais da Baía da Ilha Grande, com base em simulações no modelo hidrodinâmico AQUASEA, considerando ventos provenientes de NE e SO, e condições de marés de quadratura e sizígia. Os autores chamam a atenção para a existência de uma forte corrente formada no corredor entre a Ilha Grande e a Baía de Sepetiba, o que tende a dificultar a mistura de água proveniente de cada uma das baías. A existência dessa corrente pode ser um fator de proteção natural para a contaminação de óleo proveniente da Baía de Sepetiba, como ressaltado por Duque et al. (2008) em relação à contaminação por metais pesados. No entanto, a aproximação de uma eventual mancha de óleo parece ser mais eficaz a partir dos quadrantes sul e sudoeste, quando se considera o mesmo modelo de circulação. Oliveira e Meyer (2006), com base em modelagem oceânica, elaboraram cenários de

acidentes com derramamento de óleo nas proximidades do TEBIG. Os autores destacam que o comportamento padrão da circulação na região ocorre no sentido horário ao redor da Ilha Grande (Oliveira e Meyer, 2006); assim, a aproximação de uma mancha de óleo proveniente de sul e sudoeste tende a entrar pela porção oeste, passar pelo canal central e seguir para leste em direção a Mangaratiba.

As áreas correspondentes à vila do Abraão, Provetá e Dois Rios (Fig. 2) podem ser consideradas as mais vulneráveis devido à maior concentração de pessoas nessas áreas. As demais praias também possuem significativo grau de vulnerabilidade, considerando que são visitadas por turistas que partem de Abraão diariamente para outros trechos do litoral. Neste caso, deve-se considerar a importância que algumas praias possuem por fazer parte dos principais roteiros turísticos da ilha. Desta forma, uma contaminação por derramamento de óleo tende a causar sérios danos às atividades turísticas e a pesca e, consequentemente, a economia da Ilha Grande e adjacências. É importante destacar, que o turismo na Ilha Grande da forma como tem ocorrido, também se constitui numa ameaça à poluição por óleo, tendo em vista o tráfego cada vez mais intenso de embarcações de pequeno e médio porte utilizadas para o transporte diário de passageiros neste litoral. Acidentes com pequenas embarcações tendem a contaminar as praias inviabilizando a utilização destas e afetar os ecossistemas locais, como ocorrido no litoral de Maricá em 2014, relatado por Baptista et al. (2015).

O conhecimento das principais características geomorfológicas e sedimentares das praias estudadas possibilitou classificá-las quanto à sensibilidade ambiental destas a eventos de derramamento de óleo. A partir do índice de sensibilidade ambiental, foi possível conhecer a vulnerabilidade do litoral considerando aspectos físicos e os principais usos observados nessas áreas. Estudo realizado por Pincinato (2007) na região São Sebastião e Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo, também ressalta a importância de se conhecer previamente os ambientes costeiros, caracterizados por sua elevada dinâmica, quando da necessidade de uma tomada de decisão a partir de possíveis derramamentos de óleo. Algumas áreas no entorno da ilha são mais dinâmicas, como é o caso da face sul, voltada para o oceano (Figs. 1 e 2), mais susceptíveis a eventos de tempestade, conforme ressaltado anteriormente por Godoi et al. (2011) e Gralato (2016). A poluição por um eventual desastre envolvendo contaminação por óleo na Ilha Grande tende a ser mais severa na face norte, devido à menor dinâmica no setor

setentrional e à concentração das estruturas e serviços voltados para a economia local. Neste caso, as praias localizadas neste setor, uma vez afetadas por um desastre dessa natureza, necessitariam de um tempo maior para se restabelecer de forma natural, o que faz desta uma área prioritária para a aplicação de procedimentos voltados para uma eventual recuperação/remoção de óleo. Por outro lado, a existência de unidades de conservação em toda a extensão da Ilha Grande, tanto as de proteção integral (Reserva Biológica da Praia do Sul – RBPS, Parque Estadual da Ilha Grande – PEIG, Parque Estadual Marinho do Aventureiro – PEMA) quanto as de uso sustentável (Área de Proteção Ambiental dos Tamoios - APA dos Tamoios), dificultam o estabelecimento de áreas prioritárias do ponto de vista da riqueza e biodiversidade local.

Conclusões

O litoral da Ilha Grande possui diversos ambientes com uma rica biodiversidade, com costões rochosos, praias e lagoas costeiras. Trata-se de um litoral dinâmico, com destaque para a face sul da ilha, que é a mais afetada por ondas de tempestades. As mais de 80 praias localizadas na Ilha Grande exibem diferenças significativas no tocante à extensão, orientação, morfologia e textura dos sedimentos, distribuídas ao longo de 155 quilômetros de litoral. A partir das características geomorfológicas e sedimentares foi apresentada uma classificação para o litoral da Ilha Grande quanto ao Índice de Sensibilidade Ambiental a eventos de derramamentos de óleo: ISA 1, para os costões rochosos localizados no entorno da ilha; ISA 3, para as praias de Lopes Mendes (P3), Santo Antônio e Dois Rios, no setor Meridional-oriental; ISA 4, para a quase totalidade das praias visitadas; ISA 5 para as praias Comprida e Crena, no setor Setentrional-oriental, e Maguariqueçaba, no setor Setentrional-ocidental; e ISA 10, para as lagoas do Sul e do Leste e canal. Os índices encontrados atingem os dois extremos dessa classificação, variando de 1 a 10, perpassando pelos níveis intermediários 3, 4 e 5. Tal fato decorre da grande variedade de elementos na paisagem costeira da Ilha Grande. As demais praias da ilha não foram contempladas para a classificação do índice de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo, pois não foram visitadas, mas podem variar segundo a classificação (MMA, 2004) entre ISA 3 e ISA 5.

Apesar da grande importância ambiental da Ilha Grande, com diversas unidades de conservação, da existência de comunidades pesqueiras tradicionais e da forte dependência das atividades ligadas ao turismo, algumas

transformações observadas neste litoral e na região causam preocupações. Dentre elas, o aumento da exploração e extração petrolífera na Bacia de Santos, a proximidade com o Terminal Petrolífero da Baía da Ilha Grande (TEBIG), bem como, o aumento do tráfego de pequenas e médias embarcações vinculadas à atividade turística na região. A possibilidade de ocorrência de desastres associados com derramamentos de óleo aumenta o grau de vulnerabilidade deste litoral, haja vista que podem ocasionar danos às atividades pesqueiras e turísticas, além de impactar de forma drástica a biodiversidade e a geodiversidade existentes na ilha. Trata-se, portanto, de um litoral cada vez mais vulnerável às modificações e interferências antrópicas dentro desses ambientes. Este cenário reforça a necessidade de uma análise aprofundada dos riscos e vulnerabilidades associados às atividades potencialmente poluidoras, especialmente àquelas associadas à contaminação por óleo, e os impactos capazes de comprometer o equilíbrio dos ecossistemas presentes na Ilha Grande.

Agradecimentos

O presente estudo integra resultados obtidos ao longo de um monitoramento desenvolvido junto ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, que possibilitou a elaboração de projetos voltados para o entendimento da sensibilidade ambiental do litoral da Ilha Grande a derramamento de óleo. Agradecemos ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) por autorizar o desenvolvimento desta pesquisa (Nº 29/2015). Agradecemos também o Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADS-UERJ) por todo apoio durante os trabalhos de campo. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela bolsa de mestrado concedida à estudante.

Referências

- Amador, E. S., 1997. Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: Homem e Natureza, 1ed. Retroarte Gráfica e Editora, Rio de Janeiro.
- Barroso, L. V., Abdo, O. E., Xavier-da-Silva, J., 2001. Geoprocessamento aplicado aos sistemas lagunares de Niterói, Maricá e Saquarema, Região Costeira Leste-Fluminense (RJ). Anais X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -INPE, 915-919.

- Baptista, E. C. S., 2017. Sensibilidade ambiental do litoral da Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ) a eventos de derramamento de óleo. Dissertação (Mestrado). São Gonçalo, UERJ.
- Baptista, E.C.S, Silva, A.L.C., Silvestre, C. P., 2015. Contribuição ao Entendimento da Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo no Litoral de Maricá no Estado do Rio de Janeiro. *Revista Tamoios*, São Gonçalo, 2, 84-101. Disponível: <http://dx.doi.org/10.12957/tamoios.2015.19191>. Acesso: 20 abril 2015.
- Baptista, E.C., Gralato, J. C. A., Silva, A. L. C., Silvestre, C. P., Batista, A. S., 2015. Análise preliminar da Sensibilidade Ambiental a derramamento de óleo em praias na borda oriental da Ilha Grande – RJ. XIV Simpósio de Geologia do Sudeste.
- Boulhosa, M. B. M., Souza Filho, P. W. M., 2009. Reconhecimento e mapeamento dos ambientes costeiros para geração de mapas de ISA ao derramamento de óleo, Amazônia Oriental. *Revista Brasileira de Geofísica* 27, 23-37. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2009000500003>. Acesso: 08 jun. 2015.
- Bowman, D., Rosas, V., Pranzini, E., 2014. Pocket beaches of Elba Island (Italy) e Planview geometry, depth of closure and sediment dispersal. *Journal Estuarine, Coastal and Shelf Science* 138, 37-46. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.12.005>. Acesso: 05 mar. 2015.
- Braga, F. P. S., 2007. Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Pará: um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo. Dissertação (Mestrado). Belém, UFPA.
- Brandão, M. V. L., 2012. Prevenção e combate à poluição do mar por óleo. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, UFRJ.
- Brum, T. C. F., 2017. Dinâmica sazonal das praias de Provetá e Grande Araçatiba na Ilha Grande, Angra dos Reis (RJ). Monografia (Graduação). São Gonçalo, UERJ.
- Castro, A. F., Souto, M. V. S., Amaro, V. E., Vital, H., 2003. Desenvolvimento e aplicação de um banco de dados geográficos na elaboração de mapas da morfodinâmica costeira e sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo em áreas costeiras localizadas no Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geociências* 33, 53 – 64.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2007. Ambientes costeiros contaminados por óleo: Procedimentos de Limpeza - Manual de Orientação. São Paulo.
- Creed, J.C., Oliveira, A.E.S., Pires, D.O., Figueiredo, M.A.O., Ferreira, C.E.L., Ventura, C.R.R., Brasil, A.C.S., Young, P.S., Absalão, R.S., Paiva, P.C., Castro, C.B., Serejo, C.S., 2007. RAP Ilha Grande - um Levantamento da Biodiversidade: Histórico e Conhecimento da Biota, in: Creed, J. C., Pires, D. O., Figueiredo, M. A. O. (Org.), Biodiversidade marinha da Baía da Ilha Grande. Editora MMA/SBF, Brasília, pp. 41-64.
- Cruz, C. B. M., Carvalho Júnior, W., Barros, R. S., Argento, M. S. F., Mayr, L. M., 1996. Impactos ambientais no sistema lagunar de Maricá-Guarapina. *Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - INPE*, 137-141.
- Cunha, F. P., 2009. Mapeamento de Sensibilidade Ambiental a derramamentos de óleo na região costeira de Bertioga-SP. Dissertação (Mestrado). São Paulo, UNESP.
- Davidson-Arnott, R., 2010. Introduction to Coastal Process and Geomorphology, 1 ed. Cambridge University Press, Londres.
- Davis, Jr., A. R., 1985. Coastal Sedimentary Environments, 3 ed. Springer-Verlag, New York.
- Davis Jr, R. A., Fitzgerald, D. M., 2004. Beaches and Coasts. 1. ed. Blackwell Publishing, Malden.
- DHN. Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1980. Folha de Bordo, FB – 1500-001/79. Niterói.
- DRM-RJ. Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro, 1977. Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro. Escala 1:400.000. Rio de Janeiro.
- Duque, M. M. S., Giacomini, J., Wasserman, J. C., 2008. Modelagem hidrodinâmica bidimensional da Baía da Ilha Grande e Baía de Sepetiba visando a subsidiar o plano local de desenvolvimento da maricultura.
- Faria, C. P. e Bohrer, C. B. A., 2005. As Unidades de Paisagem da APA Estadual de Maricá/RJ. *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 2947-2953.
- Faria, A. P., 2018. Dinâmica geomorfológica da costa rochosa do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 19 (1), 189-206. Disponível: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i1.718>. Acesso: 05 mai. 2018.
- Ferreira, J. R., 2014. Avaliação do estágio morfodinâmico das praias de Maricá, RJ.

- Monografia (Graduação). São Gonçalo, UERJ.
- Fingas, M., 2000. Oil Spills: Why do they happen and how often?, The basics of oil spill cleanup. Ed. Lewis Publishers, Washington D.C., pp. 11-39.
- Gama, S. V. G., Silva, L. G. A. E., Salgado, M. C., 2009. Geologia, relevo e solos, in: Bastos, B., Callado, C. H. (Org.), O ambiente da Ilha Grande. UERJ/CEADS, Rio de Janeiro, pp. 21-64.
- Gil-Agudelo, D. L., Nieto-Bernal, R. A., Ibarra-Mojica, D. M., Guevara-Vargas, A. M., Gundlach, E., 2015. Índices de sensibilidad ambiental ante derrames de hidrocarburos en las áreas marinas y costeras de Colombia. *Journal Ciencia, tecnología y futuro* 6, 17-22.
- Godoi, V. A., Calado, L., Watanabe, B. W., Yaginuma, L., Pereira, M. B., 2011. Evento extremo de ondas na baía da ilha grande: um estudo de caso. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego* 5, 28-44.
- Gralato, J. C. S., 2016. Dinâmica de praia e vulnerabilidade às ondas de tempestades do litoral oriental da Ilha Grande (Angra dos Reis - RJ). Dissertação (Mestrado). São Gonçalo, UERJ.
- INEA. Instituto Estadual do Ambiente, 2011. Plano de Manejo do Parque Estadual da Ilha Grande. Rio de Janeiro.
- INEA. Instituto Estadual do Ambiente, 2013. Parque Estadual da Ilha Grande: plano de manejo (fase 2) / resumo executivo. Rio de Janeiro.
- Laing, A. K., 1998. Guide to Wave Analysis and Forecasting, 2 ed. World Meteorological Organization, Geneva.
- Lima, M. V., Brito, D. D., Milanelli, J. C. C., 2008. Mapeamento da Sensibilidade Ambiental a Derrames de Óleo em Ilha Bela, São Paulo. *Revista Brasileira de Cartografia* 1, 23-30.
- Lins-de-Barros, F. M., 2005. Risco, Vulnerabilidade Física à Erosão Costeira e Impactos Sócio-econômicos na Orla Urbanizada do Município de Maricá, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 6, 83-90.
- Longarete, C., Dalinghaus, C., Abreu, J. G. N., 2016. Caracterização morfológica, hidrodinâmica e sedimentar das praias abrigadas Cardoso e Lagoa na Baía de Tijucas, Bombinhas – SC. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 17, 1-17. Disponível: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i2.842>. Acesso: 18 nov. 2016.
- Maciel, N.C., Araujo, D.S.D., Magnanini, A., 1984. Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ): Contribuição para conhecimento da fauna e flora. *Boletim Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza* 19, 126-148.
- Martins, P. T. A., Riedel, P. S., Milanelli, J. C. C., 2013. Carta de sensibilidade ambiental ao óleo: origem, evolução e tendências. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM* 35, 163-175.
- Meneghetti, G. T., Riedel, P. S., Sturaro, J. R., 2011. Caracterização da sensibilidade ambiental ao óleo - litoral sul paulista com o apoio de técnicas de Geoprocessamento. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 4979 - 4985.
- Mesquita, C. A. B., 2004. RPPN da Mata Atlântica: um olhar sobre as reservas particulares dos Corredores de Biodiversidade Central e da Serra do Mar, 1 ed. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, São Paulo.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2004. Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo. Brasília.
- MDS. Ministério do Desenvolvimento Social, 2011. Diagnóstico Territorial Território Baía da Ilha Grande – Rio de Janeiro. Brasília.
- Mohriak, W. U., 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira, in: Bizzi L.A., Schobbenhaus R.M. Vidotti, Gonçalves J.H. (eds.), Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. CPRM, Brasília, pp. 87-94.
- Muehe, D. C. E. H., 1979. Sedimentology and Topography of a High Energy Coastal Environment between Rio de Janeiro and Cabo Frio – Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 51 (3), 473-481.
- Muler, M., Romero, A.F., Riedel, P. S., Perinotto, R. R. C., 2011. Ações de resposta para emergência em caso de derrames de óleo no mar e proposta de implementação de sistema de informação voltado à sensibilidade ambiental para o litoral sul paulista Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada* 11 (4), 397 - 407.
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration, 2007. Environmental Sensitivity Mapping. Disponível em: http://celebrating200years.noaa.gov/foundations/esi_map/welcome.html#intro. Acesso: 12 mai. 2019.

- Oliveira, R. F., 2003. O comportamento evolutivo de uma mancha de óleo na Baía de Ilha Grande, RJ: modelagem, análise numérica e simulações. Tese (Doutorado). Campinas, UNICAMP.
- Oliveira, R. F., Meyer, J. F. C. A., 2006. A Elaboração de Cenários de Acidentes com Derrame de Óleo na Região do Terminal de Angra dos Reis, RJ: Modelagem, Análise e Simulação Computacional. The journal TEMA - Trends in Applied and Computational Mathematics 7, 101-108.
- Pincinato, F. L., 2007. Mapeamento da sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo para a região costeira de São Sebastião e Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo (SP), com uso de modelagem em SIG de sistema especialista baseado em conhecimento e árvore de decisão. 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado). Rio Claro, UNESP.
- Pinheiro, A. B., 2018. Geomorfologia de praias e sensibilidade ambiental no litoral de Paraty (RJ) à potenciais eventos de derramamento de óleo. Dissertação (Mestrado). São Gonçalo, UERJ.
- Prado, R. M., 2003. Tensão no paraíso: Aspectos da intensificação do turismo na Ilha Grande. Caderno Virtual de Turismo 3, 1-9.
- Pranzini, E., Rosas, V., Jackson, N. L., Nordstrom, K. F., 2013. Beach changes due to sediment delivered by streams to pocket beaches during a major flood. Geomorphology, 199, pp. 36-47. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.03.034>. Acesso: 20 jul. 2015.
- Rocha, T. C. F., 2008. Mapeamento da sensibilidade ambiental do litoral de Ubatuba – SP a vazamentos de petróleo. Dissertação (Mestrado). São Paulo, UNESP.
- Rodrigues, S. W. P., Souza-Filho, P. W. M., 2012. Mapping of environmental sensitivity index to oil spill from landsat tm images: “a study case on the Amazon Coastal plain”. Revista Brasileira de Geofísica 30 (4), 533-543.
- Romero, A. F., 2009. Mapa de vulnerabilidade ambiental ao óleo e cartas SAO. Trecho: Praia Grande – Ilha Comprida, litoral paulista. Tese (Doutorado). São Paulo, UNESP.
- Rosa, L. C. e Borzone, C. A., 2008. Uma abordagem morfodinâmica na caracterização física das praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil. Revista Brasileira de Geociências 38 (2), 237-245.
- SEMADS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2001. Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental. Rio de Janeiro.
- Silva, A. L. C., 2006. Comportamento Morfológico e Sedimentológico do Litoral de Itaipuaçu (Maricá) e Piratininga (Niterói), RJ, nas últimas três décadas. Dissertação (Mestrado). Niterói, UFF.
- Silva, A. L. C., Silva, M. A. M., Santos, C. L., 2008A. Comportamento morfológico e sedimentar da praia de Itaipuaçu (Maricá, RJ) nas últimas três décadas. Revista Brasileira de Geociências 38 (1), 89-99.
- Silva, A. L. C., Silva, M. A. M., Santos, C. L., Ribeiro, G. B., Santos, R. A., Vasconcelos, S. C., 2008B. Retrogradação da Barreira Arenosa e Formação de Leques de Arrombamento na Praia de Itaipuaçu (Oeste de Maricá, RJ). Revista Brasileira de Geomorfologia 9 (2), 75-82. Disponível: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v9i2.110>. Acesso: 27 jan 2015.
- Silva, A. L. C., 2011. Arquitetura sedimentar e Evolução Geológica da planície costeira central de Maricá (RJ) ao longo do Quaternário. Tese (Doutorado). Niterói, UFF.
- Silva, A. L. C., Silva, M. A. M., Souza, R. S., Vilela Pinto, M. L., 2014A. The role of beachrocks on the evolution of the Holocene Barrier System in Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. Journal of Coastal Research - Special Issue 70, 170-175. Disponível: <https://doi.org/10.2112/SI70-029.1>. Acesso: 25 mar 2015.
- Silva, A. L. C., Silva, M. A. M., Gamboa, L. A. P. e Rodrigues, A. R., 2014B. Sedimentary architecture and depositional evolution of the Quaternary coastal plain of Maricá, Rio de Janeiro, Brazil. Brazilian Journal of Geology 44 (2), 191-206. Disponível: <https://doi.org/10.5327/Z2317-4889201400020002>. Acesso: 14 mar 2015.
- Silva, A. L. C., Silva, M. A. M., Gralato, J. C. A., Silvestre, C. P., 2014C. Caracterização geomorfológica e sedimentar da planície costeira de Maricá (Rio de Janeiro). Revista Brasileira de Geomorfologia 15 (2), 231-249. Disponível: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v15i2.470>. Acesso: 07 jun 2016.
- Silva, R. C. O., Dias, G. T. M., 2017. Evolução da planície costeira das Praias do Sul e do Leste – Ilha Grande/RJ: implicações sobre a presença humana pré-histórica e contribuições para a reconstrução

- paleoambiental holocênica. *Quaternary and Environmental Geosciences* 8 (2), 62 - 74.
- Silva, T. S., Silva, A. L. C., Pinto, V. C. S., Pinheiro, A. B., 2015. Morfologia e sedimentologia das praias da Barra de Maricá, Guaratiba, Cordeirinho e Ponta Negra no litoral oriental de Maricá, RJ. XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 1728-1734.
- Silva, M. A. M., Silva, A. L. C., Santos, C. L., Silvestre, C. P., Antonio, R. V. M., Cunha, A. B. C., Gralato, J. C. A., Souza, R. D., 2016. Praias da Baía de Guanabara no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 17 (2), 205-225. Disponível: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i2.839>. Acesso: 17 dez 2016.
- Skinner, B. J., Turekian, K. K., 1977. O homem e o oceano. Ed. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Souza, R. D., 2007. Contribuição à confecção de mapas de sensibilidade para as praias de Niterói – RJ (Baía de Guanabara). Monografia (Graduação). Niterói, UFF.
- Teixeira, V. B., 2011. Operações de transbordo de petróleo nacional na Baía da Ilha Grande. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, UFRJ.
- Wieczorek, A., 2006. Mapeamento de Sensibilidade a Derramamentos de Petróleo do Parque Estadual da Ilha do Cardoso – PEIC e Áreas do entorno. Dissertação (Mestrado). São Paulo, UNESP.