

**Ministério do Meio Ambiente - MMA**  
**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais**  
**Renováveis - Ibama**  
**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio**

## **CONSULTA PÚBLICA**

**Diagnóstico sobre a invasão do coral-sol (*Tubastraea* spp.) no Brasil**

**Janeiro/2018**

## SUMÁRIO

Apresentação

Introdução.....	6
1 Características biológicas e ecológicas do coral-sol.....	10
1.1 Relações Ecológicas do coral-sol como espécie invasora.....	15
2 Origem e distribuição geográfica do coral-sol no Brasil.....	17
2.1 Vias e vetores de dispersão.....	23
3 Impactos da bioinvasão do coral-sol no Brasil e no mundo.....	26
4 Prevenção, controle e monitoramento do coral-sol.....	28
5 Exemplos de iniciativas sobre coral-sol no Brasil e no Mundo.....	42
5.1 Poder Público.....	42
5.2 Iniciativa Privada.....	46
5.3 Terceiro setor.....	49
5.4 Iniciativas internacionais.....	53
5.5 Estudos de caso.....	53
Referências.....	64

## APRESENTAÇÃO

Em decorrência do aumento da dispersão do coral-sol (*Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis*) na costa Brasileira, e da preocupação sobre os impactos ambientais atuais e potenciais associados a este processo de invasão, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), elencou o coral-sol (*Tubastraea* spp.), juntamente com o javali (*Sus scrofa*) e o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), espécies exóticas invasoras prioritárias para a elaboração e implementação de Planos Nacionais de Prevenção, Controle e Monitoramento. A Meta foi estabelecida pelo Governo Federal no seu Plano Plurianual (PPA 2016-2019) com o intuito de “Controlar três espécies exóticas invasoras, mitigando o impacto sobre a biodiversidade brasileira”.

Para tratar do coral-sol, o MMA instituiu o Grupo de Trabalho Coral-Sol (Portaria MMA nº 94 de 06/04/2016) visando fornecer assessoramento técnico e coordenar a elaboração do Plano de controle e monitoramento da bioinvasão do coral-sol (*Tubastraea* spp.). Os integrantes do grupo são: Departamento de Conservação e Manejo de Espécies, da Secretaria de Biodiversidade do MMA; Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Licenciamento Ambiental do Ibama; e Diretoria de Pesquisa, Avaliação e Monitoramento da Biodiversidade e Diretoria de Criação e Manejo de Unidades de Conservação do ICMBio. O grupo realizou o Seminário de nivelamento sobre a invasão do coral-sol, em maio de 2016, o qual contou com a participação de especialistas, representantes de órgãos públicos e setor produtivo. As informações debatidas durante o seminário serviram como subsídio para a elaboração de um pré-diagnóstico sobre a invasão do coral-sol no Brasil, contemplando aspectos da biologia e ecologia das espécies, distribuição geográfica, bem como os impactos e aspectos sobre a prevenção e controle de *Tubastraea* spp.

Visando ampliar o debate e incluir setores da sociedade potencialmente impactados pelo Plano Coral-sol, foi criado o Grupo de Trabalho no âmbito da Subcomissão para o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM), ambos pertencentes à estrutura da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM).

Compuseram o Grupo de Trabalho da CIRM representantes do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ); da Confederação Nacional da Indústria (CNI); da Comunidade Científica; do Estado-Maior da Armada (EMA/MB); do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio); do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); da PETROBRAS; da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM); além dos Ministérios de Minas e Energia (MME); do Meio Ambiente (MMA) e o Ministério Público Federal (MPF).

O propósito deste grupo foi o de fornecer subsídios para o processo de elaboração do “Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Coral-sol (*Tubastraea* spp.)”, no âmbito do Ministério do Meio Ambiente, levando em conta (i) as contribuições científicas sobre aspectos de monitoramento e manejo de coral-sol; (ii) os aspectos técnicos, operacionais e logísticos dos setores que atuam no ambiente marinho envolvidos com o tema “coral-sol”, dentre os quais se destacam os setores petróleo e gás, de construção naval offshore, portuário, de transporte e mineração; (iii) as tecnologias de controle, remoção e prevenção de macroincrustação existentes e em desenvolvimento, com base nos melhores conhecimentos científicos, ambientalmente adequadas e exequíveis; e (iv) as melhores práticas e regulamentações relacionadas à bioinvasão marinha no contexto internacional.

Após um ciclo de debates, da realização de um evento científico internacional e de uma série de reuniões foi gerado um documento que compilou informações científicas e de setores da economia como subsídios para a elaboração do Plano Coral-Sol. Este documento se refere ao Relatório Final do Grupo de Trabalho da Comissão Interministerial para Recursos do Mar.

O presente documento tem como objetivo apresentar um diagnóstico sobre a invasão do coral-sol no Brasil, com base no pré-diagnóstico elaborado pelo MMA e nos subsídios fornecidos pelo GT da CIRM. Assim, será abordado um panorama geral sobre a distribuição, biologia e ecologia do coral-sol; impactos à invasão de *Tubastraea* spp.; aspectos sobre o controle e erradicação; principais experiências

nacionais e internacionais; legislação e as iniciativas existentes sobre o assunto em questão no Brasil e no Mundo.

## INTRODUÇÃO

Espécies exóticas invasoras podem causar prejuízos não só ao ambiente natural, mas também à economia e à saúde, podendo provocar impactos sociais e culturais. A bioinvasão pode ser conceituada como processo de ocupação de ambiente natural por espécie exótica, provocando impactos ambientais negativos, como alteração no meio abiótico, competição, hibridação, deslocamento de espécies nativas, entre outros (CARLTON, 1996; WILLIAMSON, 1996; RICHARDSON et al. 2000; COLAUTTI e MACISAAC 2004).

O processo de invasão biológica pode ser dividido em quatro fases: chegada, estabelecimento, propagação e impacto (ANDERSEN et al., 2004). A fase de chegada consiste na introdução (evento único ou múltiplo) da espécie exótica em um novo ambiente (em um ponto ou em vários pontos). Quando a espécie é capaz de se reproduzir e estabelecer uma população que não corre mais risco de extinção local, a fase de estabelecimento é então alcançada. Já na fase de propagação, a espécie exótica se dispersa da sua área de estabelecimento inicial e ganha novos habitats disponíveis. A partir do momento em que a espécie exótica estabelecida persiste e é capaz de competir na sua nova área geográfica é caracterizada então a fase de impacto (ANDERSEN et al., 2004). Essas espécies, por suas vantagens competitivas e favorecidas pela ausência de inimigos naturais ameaçam a permanência das espécies nativas, notadamente em ambientes frágeis e/ou degradados.

De acordo com a Convenção Sobre Diversidade Biológica (CDB), "espécie exótica" é toda espécie que se encontra fora de sua área de distribuição natural. "Espécie exótica invasora", por sua vez, é definida como aquela espécie exótica cuja introdução e dispersão ameaça a biodiversidade, incluindo ecossistemas, habitats, comunidades e populações. Essas espécies, por suas vantagens competitivas e favorecidas pela ausência de inimigos naturais ameaçam a permanência das espécies nativas, notadamente em ambientes frágeis e/ou degradados. A Convenção Sobre Diversidade Biológica estabelece ainda no Art. 8º que cada parte Contratante deve, na medida do possível e conforme o caso,

impedir a introdução, controlar ou erradicar espécies exóticas que ameacem os ecossistemas, habitats ou espécies. Com efeito, a Convenção Sobre Diversidade Biológica – CDB estimula e recomenda que cada país estabeleça legislação própria para evitar a introdução e controlar e erradicar as espécies exóticas.

O anexo da Resolução da Comissão Nacional de Biodiversidade (CONABIO) nº05/2009, que dispõe sobre a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras, define uma espécie exótica ou alóctone como “espécie ou táxon inferior e híbrido interespecífico introduzido fora de sua distribuição natural, passada ou presente, incluindo indivíduos em qualquer fase de desenvolvimento ou parte destes que possa levar à reprodução”. Espécie Exótica Invasora ou Alóctone Invasora, portanto é aquela espécie exótica ou alóctone cuja introdução, reintrodução ou dispersão representa risco ou impacta negativamente a sociedade, a economia ou o ambiente (ecossistemas, habitats, espécies ou populações). O objetivo da Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras é: “Prevenir e mitigar os impactos negativos de espécies exóticas invasoras sobre a população humana, os setores produtivos, o meio ambiente e a biodiversidade, por meio do planejamento e execução de ações de prevenção, erradicação, contenção ou controle de espécies exóticas invasoras com a articulação entre os órgãos dos Governos Federal, Estadual e Municipal e a sociedade civil, incluindo a cooperação internacional”.

Destaca-se que a Estratégia Nacional apresenta em suas diretrizes que “Deveria dar-se prioridade a ações de prevenção de introdução de espécies exóticas invasoras entre os Estados e dentro de um Estado. Se a introdução da espécie invasora já ocorreu, a detecção precoce e a resposta rápida são decisivas para impedir seu estabelecimento. A resposta mais adequada é erradicar os organismos tão logo seja possível. Caso a erradicação não seja possível ou não se disponham de recursos para essa erradicação, deveriam ser implementadas medidas de contenção e medidas de controle de longo prazo”. Destaca-se que a elaboração de Planos ou Medidas de Ação para Erradicação, Contenção, Controle e Monitoramento de Espécies Exóticas Invasoras é uma ação prioritária definida pela Estratégia Nacional.

A Resolução CONABIO nº 6/2013 que dispõe sobre as Metas Nacionais de Biodiversidade para 2020 - internalizando as Metas Globais de Biodiversidade de Aichi, definidas pela Convenção de Diversidade Biológica - inclui uma meta específica para o tema de espécies exóticas invasoras, a saber: Meta 9 – “Até 2020, a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras deverá estar totalmente implementada, com participação e comprometimento dos estados e com a formulação de uma Política Nacional, garantindo o diagnóstico continuado e atualizado das espécies e a efetividade dos Planos de Ação de Prevenção, Contenção e Controle”.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), implementado pela Organização das Nações Unidas (ONU), têm como finalidade fundamentar ações até 2030 em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta, como o Objetivo 14: “conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável”. Além disso, a Meta 15.8 estabelece que até 2020 sejam implementadas medidas para evitar a introdução e reduzir significativamente o impacto de espécies exóticas invasoras em ecossistemas terrestres e aquáticos, e controlar ou erradicar as espécies prioritárias.

O Decreto nº 4.339/2002 que trata da Política Nacional da Biodiversidade estabelece, em um de seus objetivos específicos, que deverão ser inventariadas e mapeadas as espécies exóticas invasoras e as espécies-problema, bem como os ecossistemas em que foram introduzidas para nortear os estudos dos impactos gerados e ações de controle. Também estimula a realização de pesquisas para subsidiar a prevenção, erradicação e controle de espécies exóticas invasoras e espécies-problema que ameacem a biodiversidade, atividades da agricultura, pecuária, silvicultura e aquicultura e a saúde humana.

O Governo Federal estabeleceu no seu Plano Plurianual (PPA 2016-2019) a meta de “Controlar três espécies exóticas invasoras, mitigando o impacto sobre a biodiversidade brasileira”. A implementação da meta deve contemplar o desenvolvimento e implementação de planos de controle para prevenção, detecção precoce, erradicação, e monitoramento de espécies exóticas invasoras.



Neste sentido, o MMA, em conjunto com suas instituições vinculadas (IBAMA e ICMBIO), está trabalhando no desenvolvimento de “Planos Nacionais de Prevenção, Controle e Monitoramento de Espécies Exóticas Invasoras”. Para a primeira etapa, o coral-sol (*Tubastraea* spp.), o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) e o javali (*Sus scrofa*) foram definidas como espécies prioritárias. O Plano Javali foi elaborado em 2016 e foi publicado por meio da Portaria Interministerial nº 232, de 23 de junho de 2017. O Plano Mexilhão-dourado foi elaborado em 2017 e deverá ser publicado no Diário Oficial da União no primeiro semestre de 2018.

## 1. Características biológicas e ecológicas do coral-sol

*Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis* são corais pertencentes à ordem Scleractinia Bourne, 1900 e à família Dendrophylliidae Gray, 1847 (Daly et al., 2003). São considerados corais pétreos ou escleractínios (produtores de esqueleto calcário), ahermatípicos (não construtores de recifes) e azooxantelados (não dependentes de algas simbiontes para nutrição) (Cairns, 2002).

Em águas brasileiras, as duas espécies (Fig. 1) são facilmente distinguidas pela coloração do cenossarco (tecido que une os pólipos) vermelho-alaranjado em *T. coccinea* e amarelado em *T. tagusensis* (De Paula & Creed, 2004). Os coralitos (esqueleto de cada pólipos constituído por um tubo com placas verticais que irradiam do centro) são mais espaçados e mais projetados em *T. tagusensis*, (média dos coralitos de 18,5 mm) do que em *T. coccinea* (média dos coralitos de 3,2 mm) (De Paula & Creed, 2004). Ainda segundo esses autores, *T. coccinea* apresenta coralo (esqueleto do coral) com formato cerióide ou plocóide, enquanto que *T. tagusensis* possui formato plocóide ou facelóide. *Tubastraea coccinea* possui uma grande base que se fixa ao substrato, enquanto que em *T. tagusensis* verifica-se que a base é mais estreita que o coralo (De Paula & Creed, 2004).

Em *T. coccinea* o número de septos, partição longitudinal do coralito radialmente disposta, é 48: S1-2 > S3 > S4, já em *T. tagusensis* é de 48: S1-2 > S3 > S4 (Fig. 1); na primeira espécie os septos S3-4 são fundidos, enquanto que na segunda todos os septos são independentes e as vezes S4 ausente (De Paula & Creed, 2004). Onde coexistem, podem ser encontradas colônias fusionadas das duas espécies.



Figura 1: A e B – Colônias *in situ* (*Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis*, respectivamente); C e D – esqueleto (*T. coccinea* e *T. tagusensis*, respectivamente); E e F – detalhe do cálice e arranjo dos septos (*T. coccinea* e *T. tagusensis*, respectivamente; Barra = 1cm). Fonte: Creed et al., 2008.

Essas espécies têm determinadas características biológicas que potencializam seu sucesso como bioinvasoras. Entre outros fatores se destacam as diversas estratégias reprodutivas e de sobrevivência típicas de espécies oportunistas. Sabe-se que as duas espécies de coral-sol são hermafroditas simultâneos e incubadores. Sendo assim, podem se reproduzir através de larvas de forma assexuada ou sexuada (Ayre & Resing, 1986; De Paula, 2007; Glynn et al., 2008; De Paula et al., 2014). Também possuem alta produção de larvas ao longo do seu ciclo de vida (possivelmente com uma grande proporção de larvas assexuadas) e uma idade reprodutiva precoce, em torno de 2 meses e 20 dias para as larvas assexuadas (De Paula, 2007); além de altas taxa de crescimento (Glynn et al., 2008; De Paula et al., 2014).

Ainda quanto aos aspectos reprodutivos, estudos realizados em Ilha Grande (RJ), mostram que *Tubastraea coccinea* apresenta duas estações reprodutivas durante o ano (setembro a novembro e fevereiro a abril), já em *T. tagusensis* ocorre no período de abril a maio (De Paula et al., 2014). Em Arraial

do Cabo (RJ), foi observado o primeiro pico reprodutivo de *T. coccinea* de abril a maio e um segundo de setembro a novembro (Mizrahi, 2008). Foi observado, no Pacífico, que colônias de *T. coccinea* podem liberar de 80 a 300 larvas.cm<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup> e com 1,6 a 2,5 cm de diâmetro, vale ressaltar que uma colônia de apenas dois pólipos já pode apresentar óvulos ou plânulas (Glynn et al., 2008).

Quanto à viabilidade das larvas, segundo Glynn et al. (2008), as mesmas se mostraram viáveis por até 18 dias em aquário e possuem habilidade de se assentar rapidamente em até três dias após a liberação. O assentamento se dá próximo às colônias parentais (Paula & Creed 2005; De Paula et al., 2014). Estes estudos sugerem uma fase planctônica curta, com rápido assentamento e, portanto, que tendem a justificar a distribuição agregada das colônias e uma forte relação entre a densidade de recrutas e adultos em pequenas escalas espaciais usualmente encontrada (Paula & Creed, 2005; Bartholo, 2005; Creed & De Paula, 2007; Miranda, 2014). Esse padrão pode ser reforçado pelo mecanismo observado por Paz-Garcia et al., (2007), onde as larvas podem descer da colônia de origem para o substrato próximo através de filamentos de muco. Em estudo experimental, Mizrahi, (2008), observou em aquário que a plânula destes corais é altamente flutuante, com natação ativa através de movimentos ciliares e as larvas de *T. tagusensis* se mostraram viáveis até 20 dias, um pouco acima daquela encontrada para *T. coccinea* (14 dias) por De Paula (2007). Apesar dos estudos acima, há informação de uma plânula do gênero *Tubastrea* permanecer viável por até 100 dias (Richmond comunicação pessoal em Fenner, 2001).

Em laboratório, larvas de *T. coccinea* foram capazes de metamorfosear e formar agregados de até oito pólipos na coluna d'água (Mizrahi et al., 2014). Foi verificado que a maioria desses pólipos agregados permaneceram vivos seis meses após a metamorfose, indicando que tal característica possa ser um elemento-chave no aumento do potencial dispersivo, conectividade populacional e conquista de novos habitats desse coral invasor (Mizrahi et al., 2014a). No entanto, colônias pelágicas ainda não foram observadas em ambiente natural e também não foi observado assentamento no estudo de Mizrahi et al., (2014a). Estudos recentes demonstram diferentes mecanismos de propagação dessas

espécies invasoras que podem explicar a expansão na costa brasileira. Foi observada a ocorrência de “polyp bail-out” (Capel et al., 2014), que se trata do destacamento do pólipo da colônia, com abandono de esqueleto antigo e subsequente fixação no substrato e síntese de novo esqueleto, em *T. coccinea*. Além disso, *T. coccinea* e *T. tagusensis* também possuem alta capacidade de se regenerar a partir de fragmentos de esqueleto contendo tecido (Luz et al., 2016).

Quanto à taxa de crescimento, na Baía da Ilha Grande (RJ), *T. coccinea* apresentou taxas de crescimento linear médio de 1,01 cm.ano<sup>-1</sup> e taxa de incremento médio no número de pólipos de 8 pólipos.ano<sup>-1</sup>. O coral-sol *T. tagusensis* apresentou taxas de crescimento linear de 0,92 cm.ano<sup>-1</sup> e de incremento de pólipos de 6,72 pólipos.ano<sup>-1</sup> (De Paula 2007). Em aquários, *T. coccinea* alcançou diâmetros de até 5 cm em um ano (Fenner & Banks, 2004) e no Caribe também foi reportado um rápido crescimento de *T. coccinea*, média de 3,02 cm<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup> (Vermeij, 2005).

Quanto às tolerâncias ambientais, segundo Paula & Creed (2005), no Brasil esses corais têm grande tolerância ecológica ao resistir a altas temperaturas e à dessecação, ficando muitas vezes expostos ao ar. Vale citar que, no entanto, no Pacífico Leste, após intensas anomalias térmicas provocadas pelo fenômeno *El Niño* entre 1982 e 1983, Glynn & De Weerd (1991) verificaram uma mortalidade em massa de *T. tagusensis* (100% de mortalidade). Entretanto, Batista et al. (2017) verificaram que limite inferior de temperatura para *T. coccinea* é de 12,5°C, mostrando que alterações fisiológicas nestes organismos podem ocorrer de acordo com a alteração dos parâmetros físico-químicos estudados.

Esses organismos são capazes de recrutar em diferentes tipos de materiais, o que evidencia que essas espécies são generalistas em termos de substrato (Creed & De Paula, 2007). *Tubastraea coccinea* foi encontrada em maior abundância em substratos artificiais do que em naturais (Mangelli & Creed, 2012), incluindo em estacas de docas, boias, tetos de cavernas e na parte inferior de grandes rochas (Cairns, 2000), naufrágios, diques flutuantes, recifes artificiais (Fenner & Banks, 2004) e em plataformas de petróleo (Sammarco et al., 2004; Costa et al., 2014). Estudos já demonstraram que a abundância de propágulos de

*T. tagusensis* foi maior que a de *T. coccinea* em diferentes substratos, como granito e cimento (Creed & De Paula, 2007). Desta forma, *T. tagusensis* pode ser capaz de expandir de forma mais eficaz através dos costões rochosos.

Além disso, as duas espécies são capazes de crescer em diferentes inclinações de substrato natural (Paula & Creed, 2005), apesar da preferência ser de substrato verticais ou negativos. Por exemplo, *Tubastraea* spp. foram encontrados em maior abundância em substratos naturais verticais do que em substratos naturais horizontais (De Paula & Creed, 2005; Vermeij, 2006; Mangelli & Creed, 2012; Mizrahi, 2014b; Miranda et al., 2016a). Em um estudo experimental verificou-se um maior assentamento de *T. coccinea* na superfície inferior dos substratos disponibilizados, demonstrando a preferência inicial de assentamento em substratos negativos (Mizrahi, 2014b).

Na Ilha Grande (RJ), os corais *Tubastraea* spp. são mais abundantes em ambientes rasos, sendo encontrados eventualmente expostos ao ar, se mostrando, portanto, bem tolerantes a períodos curtos de dessecação (Paula & Creed, 2005). Altas densidades foram encontradas em águas rasas na Baía da Ilha Grande 1132 colônias.m<sup>-2</sup> (Paula & Creed, 2005) e entre 1,0 m e 2,0 m de profundidade observou-se uma densidade média de 53 colônias.m<sup>-2</sup> para *T. tagusensis* e 25 colônias.m<sup>-2</sup> para *T. coccinea* (Creed & De Paula, 2007).

Em outras regiões, *T. coccinea* foi observada em Arraial do Cabo (RJ) ocorrendo a 12m de profundidade (Mizrahi, 2008) e em Ilhabela (SP) a 16m (Mizrahi, 2014b). Já *T. tagusensis* foi registrada a 15m de profundidade em Ilhabela (Mantelatto et al., 2011) e em Salvador (BA) a 22m (Sampaio et al., 2012). Em uma plataforma de petróleo no Brasil, o coral-sol foi registrado em 40% do substrato entre 15 a 30m (Costa et al., 2014), ressaltando-se que tal recobrimento ocorreu após a instalação da estrutura (plataforma fixa tipo jaqueta) na água. Ao passo que, nas plataformas do Golfo do México (América do Norte), *T. coccinea* apresentou um pico de abundância entre 12 e 21m de profundidade (Sammarco et al., 2004). Já em recifes artificiais na Florida (EUA), *T. coccinea* foi observada em diferentes profundidades de 1 a 37m (Fenner & Banks, 2004). Portanto, há grande variação de profundidade de ocorrência de ambas espécies.

Em estudos recentes de modelagem de distribuição e de nicho ecológico de *T. coccinea*, observou-se que a costa brasileira apresenta alta adequabilidade ambiental à ocorrência desse invasor (Riul et al., 2013; Carlos-Júnior et al., 2015; Fig. 2). Segundo Carlos-Júnior et al. (2015), a distribuição da espécie foi positivamente relacionada à concentração de calcita e negativamente à eutrofização. Fatores que geralmente limitam a ocorrência de outros organismos no ambiente marinho não apresentaram efeito sobre *T. coccinea*, como a radiação fotossinteticamente ativa máxima, o pH, salinidade e o oxigênio dissolvido.

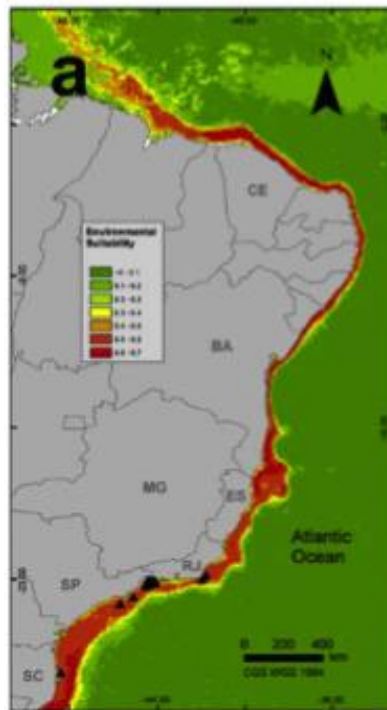


Figura 2: Mapa de distribuição potencial do coral invasor *Tubastraea coccinea* ao longo da costa brasileira com base em modelo de nicho ecológico de Carlos-Júnior et al., (2015).

### 1.1 Relações Ecológicas do coral-sol como espécie invasora

As espécies *T. coccinea* e *T. tagusensis* possuem estratégias de defesa química, assim como outros corais, através da produção de substâncias com propriedades anti-incrustantes e antipredação (Lages et al., 2010a,b; Maia et al., 2014a,b), e da liberação de substâncias alelopáticas capazes de causar necrose em outras espécies (De Paula, 2007; Lages et al., 2012). Além disso, assim como

os outros corais escleractíneos, essas espécies produzem filamentos mesentéricos (Fig. 3) e, potencialmente, tentáculos *sweepers* como táticas para a competição interespecífica (Santos et al., 2013). Apesar de compartilharem mecanismos similares de defesa química, foi atestado a superioridade do coral-sol frente a importantes espécies de corais brasileiros (ex. construtores de recifes), tais como *Mussismilia hispida* e *Siderastrea stellata* (Creed, 2006; Miranda et al., 2016a). Uma menor abundância das espécies nativas de corais *Madracis decactis* (Lyman, 1859) e *M. hispida* foram observadas em áreas recifais invadidas por *T. tagusensis* (Miranda et al., 2016a). O coral-sol também foi relatado competindo por espaço com espécies de interesse econômico como o mexilhão *Perna perna* (Mantelatto & Creed, 2014).

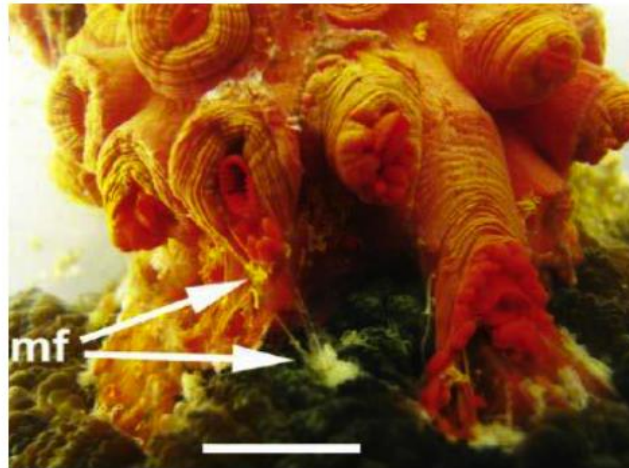


Figura 3: Produção de filamentos mesentéricos (mf) por *Tubastraea coccinea* contra o coral endêmico *Mussismilia hispida* registrado em experimento na baía da Ilha Grande, RJ, Brasil (Fonte: Santos et al., 2013).

Além disso, Guimarães (2016), registrou a presença de micromoluscos (com grande prevalência de juvenis) em colônias de coral-sol (*T. tagusensis*) na Baía de Todos-os-Santos em colônias provenientes de duas estações: naufrágio Cavo Artemidi (13°03'31"S, 38°31'55"W) e Recife de Cascos (13°7'10"S, 38°38'50"W). Já Mizrahi et al. (2016) verificaram a interferência de peixes popularmente conhecidos como "sargentinhos" e "donzelas" em colônias de *T. tagusensis* na Ilha de Búzios (SP). Os autores sugerem que para a desova, esses peixes desalojam colônias de coral-sol abrindo uma "clareira", que após o nascimento dos peixes pode ser colonizada por outros organismos bentônicos. Ademais,



Castello-Branco et al. (2014) verificaram experimentalmente que, quanto maior a densidade de coral-sol, maior a riqueza de espécies de esponjas que se desenvolveram nas unidades experimentais, sendo as mais abundantes as espécies *Mycale microsigmatosa*, *Lotrochota arenosa* e *Mycale americana* e as mais frequentes a *Calcarea* sp., *Dysidea etheria* e *Mycale microsigmatosa*, ocasionando alterações na composição da comunidade recifal.

A esponja *Desmapsamma anchorata* (Carter, 1882) foi relatada como competidor capaz de danificar ou provocar a morte de indivíduos de *Tubastraea* spp., podendo crescer sobre e recobrir o coral invasor (De Paula, 2007; Meurer et al., 2010; Silva, 2014). Moreira & Creed (2012), em estudo experimental sobre predação, não registraram predadores generalistas para os corais invasores e atribuíram o sucesso de invasão desses corais no Atlântico Sul, em parte, à ausência de predação ou predação reduzida de *Tubastraea* spp. quando comparada às suas regiões de origem. Até o momento o que se tem é o registro de Sampaio et al., (2012), do poliqueta *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766), popularmente conhecido como verme-de-fogo, se alimentando de um pólipos de *T. tagusensis* no naufrágio Cavo Artemidi localizado na entrada da Baía de Todos-os-Santos (BA). Esta espécie é conhecida como uma espécie coralívora facultativa. Em um estudo recente sobre a alimentação deste poliqueta verificou-se uma preferência alimentar deste por peixes e detritos a corais, especialmente aqueles corais saudáveis (Wolf et al., 2014), em função do variado mecanismo de defesa existente para o grupo.

## **2. Origem e distribuição geográfica do coral-sol no Brasil**

O coral ahermatípico do gênero *Tubastraea* Lesson 1829, conhecido popularmente como coral-sol (*sun coral*) ou coral-tubo (*cup coral*), é originário de águas rasas do Oceano Pacífico e Índico (Cairns, 2000). Este gênero apresenta sete espécies: *T. coccinea* (Lesson, 1829), *T. cabo-verdiana* Ocaña e Brito (Ocaña et al., 2015); *T. diafana* Dana, 1846; *T. faulkneri* Wells, 1982; *T. floreana* Wells, 1982; *T. micranthus* Ehrenberg, 1834 e *T. tagusensis* Wells, 1982. Destas, duas espécies são consideradas invasoras, *T. coccinea*, no Mar do Caribe, Golfo do

México, Atlântico Oeste (Vaughan & Wells 1943; Fenner 1999, 2001; Fenner & Banks 2004; De Paula e Creed, 2004; Mantelatto et al., 2011; Sampaio et al., 2012) e *T. tagusensis*, no Atlântico Sudoeste (De Paula & Creed 2004; Mantelatto et al., 2011; Sampaio et al., 2012).

A bioinvasão do coral-sol iniciou no Caribe, no fim da década de 30 e início de 40, sendo registrada inicialmente em Porto Rico, em 1943, e posteriormente em Curaçao (Vaughan & Wells, 1943; Boschma, 1953).

Além disso, a espécie *T. micranthus* foi recentemente encontrada colonizando plataformas de óleo e gás no norte do Golfo do México, alcançando profundidades de 183m (Sammarco et al., 2010). Em menos de uma década, essa espécie vem rapidamente se dispersando na região, através de sua capacidade competitiva e, em determinadas situações, até superior a *T. coccinea* (Sammarco et al., 2010), tornando-se uma espécie exótica no Oceano Atlântico Oeste com alto potencial de invasão. Não há registros de ocorrência de *T. micranthus* na costa brasileira, mas ações de prevenção são necessárias para evitar que esta seja mais uma espécie de coral-sol introduzida no país.

A espécie *T. coccinea*, foi primeiramente descrita em Bora Bora (1829) no Arquipélago de Fiji na Polinésia Francesa (Fenner & Banks, 2004) e possui uma distribuição natural no Indo-Pacífico. Por sua vez, *T. tagusensis* é endêmica do Arquipélago de Galápagos e Ilhas Cocos, Equador, tendo sido também reportada naturalmente nas Ilhas Nicobar, na Índia, e Palau (Carpenter et al., 1997).

A espécie *T. coccinea* chegou na região, provavelmente, através de cascos de navios (Cairns, 1994) e, posteriormente, se dispersou rapidamente nas Antilhas Holandesas no Caribe (Cairns, 2000), e na direção norte para o Golfo do México e Flórida (Fenner & Banks, 2004). No Golfo do México, *T. coccinea* foi documentada em plataformas de petróleo e gás, alcançando profundidades de 50m, tendo sido reportada em 2002 pela primeira vez em ambiente natural ao norte do Golfo do México no Santuário Marinho de Flower Garden Bank e, posteriormente, na Flórida (Fenner, 2001; Fenner & Banks, 2004; Sammarco et al., 2004; Sammarco et al., 2010).

Estudos sobre registros do coral-sol já foram descritos no Golfo do México (Sammarco et al., 2004), e em regiões de Belize, México, Colômbia, Venezuela, Jamaica (Well, 1973, Fenner, 1999, Fenner & Banks 2004; Sammarco et al. 2004, Precht et al., 2014), Austrália (Cairns, 1994, 2004) e Nova Zelândia (Brook, 1999). Ademais, a base de dados “Global Invasive Species Database” relata que *T. coccinea* já foi registrado em todos os continentes, com exceção da Antártica (Global Invasive Species Database, 2015).

A introdução acidental do coral-sol no Brasil se deu nas décadas de 1980 e 1990. Duas espécies são encontradas hoje no país: *Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis*. O gênero foi registrado inicialmente na década de 1980 em plataforma de petróleo na Bacia de Campos, Rio de Janeiro (Castro & Pires, 2001), mas sem que se iniciassem estudos e registros sistemáticos de sua distribuição. O primeiro registro em substrato estável natural, num costão rochoso, veio a ser reconhecido em 1998, em Arraial do Cabo (Ferreira, 2003), e também por pesquisadores do Museu Nacional do Rio de Janeiro (Castro & Pires, 2001). Assim, o processo de introdução decorreu num intervalo de tempo de cerca de vinte anos, não se podendo precisar quando exatamente ocorreu. De Paula & Creed (2004) identificaram que o processo de invasão do coral-sol no Atlântico Sul se tratava de duas espécies, inicialmente (em 2000) localizada em alguns costões rochosos da Ilha Grande, e se expandindo rapidamente ao redor da ilha (Creed et al., 2008), considerada área prioritária para conservação e de alta importância para a biodiversidade marinha (Creed et al., 2007). Estas duas espécies são consideradas os primeiros corais escleractíneos a invadirem o Atlântico Oeste, e são encontrados em ambientes naturais e estruturas artificiais de sete estados brasileiros. Atualmente, há registros de ambas espécies nas costas sudeste e sul em costões rochosos naturais e estruturas artificiais, além de alguns registros na costa nordeste, associados a plataformas de petróleo (Ferreira et al., 2009; Creed et al. 2016).

Vale ressaltar que das 58 espécies marinhas exóticas listadas no Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil, publicado em 2009,

nove espécies foram consideradas invasoras (Lopes et al., 2009), incluindo as duas espécies de coral-sol *T. coccinea* e *T. tagusensis*.

O coral-sol é observado amplamente distribuído na zona costeira brasileira, ocorrendo tanto em ambientes naturais como costões rochosos e recifes de coral quanto em ambientes artificiais, como píeres, boias e plataformas de petróleo (Creed et al., 2016). Estas ocorrências não se dão na mesma magnitude, havendo locais em diferentes estágios de invasão e adaptação (Creed et al., 2016). Atualmente há registros de invasão do coral-sol na zona costeira dos seguintes estados brasileiros (Fig. 4):

1) Rio de Janeiro - Baía da Ilha Grande, Baía de Sepetiba, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Armação dos Búzios: *T. coccinea* e *T. tagusensis*; (De Paula & Creed, 2004; Ferreira, 2003; Ferreira et al., 2004; Mizrahi, 2008; Mantelatto, 2012; Silva et al., 2011, 2014; Gomes et al., 2015) e Arquipélago das Cagarras (*T. tagusensis*);

2) Bahia- Baía de Todos os Santos (BTS): *T.coccinea* e *T.tagusensis*; já se expandindo em 18 pontos ao longo da BTS (Sampaio et al., 2012; Miranda et al., 2016ab);

3) São Paulo - Ilhabela, Arquipélago de Alcatrazes, *T. coccinea* e *T. tagusensis*; Laje de Santos (*T. coccinea*; Mantelatto et al., 2011; Capel et al., 2014; Mizrahi et al., 2014);

4) Santa Catarina - Ilha do Arvoredo: *T. coccinea* (Capel, 2012; Mantelatto, 2012);

5) Espírito Santo (Vitória) - *T. tagusensis* (Costa et al., 2014); Guarapari, *T. coccinea*.

6) Ceará – Acaraú – *T. tagusensis*; nessa localidade o registro se refere à ocorrência de coral-sol em naufrágio, a cerca de 40 Km da costa.

7) Sergipe - *T. coccinea* e *T. Tagusensis*; associado a plataformas de petróleo.



Figura 4. Mapa da ocorrência do coral-sol nos diferentes estados brasileiros. Círculos vermelhos: *Tubastraea coccinea*; Círculos amarelos: *T. tagusensis*; Círculos verdes: *T. coccinea* e *T. tagusensis*. 1 - Acaraú (CE); 2 - BTS (BA); 3 - Vitória (ES); 4 - Guarapari (ES); 5 - Região dos Lagos (RJ); 6 - Cagarras (RJ); 7 - Baía de Sepetiba (RJ); 8 - Baía da Ilha Grande (RJ); 9 - Ilhabela (SP); 10 - Alcatrazes (SP); 11 - Laje de Santos (SP); 12 - Arvoredo (SC).

É importante salientar que *T. coccinea* e *T. tagusensis* foram registradas no Estado de Sergipe, onde estaria associado a plataformas de petróleo nos campos de Camorim, Caioba, Dourado e Guaricema, com dominância não superior a 13% da superfície incrustada (Gomes, A.N.; Fonseca, A.C.; Leite, K.L. - Workshop coral-sol – Brasília – 21 e 22 novembro 2016; Petrobras, 2016).

Desta forma, o coral-sol encontra-se distribuído no Brasil e em expansão na zona costeira brasileira (Ferreira, 2003; Mantelatto et al., 2011; Sampaio et al., 2012 Miranda et al., 2016b), inclusive em diversas Unidades de Conservação de cinco estados no Brasil:

- 1) Rio de Janeiro (Estação Ecológica de Tamoios, Área de Proteção Ambiental Tamoios, Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Aventureiro; Parque Estadual da Ilha Grande, Monumento Natural das Ilhas Cagarras, Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo; Área de Proteção Ambiental Cairuçu; Reserva Ecológica da Juatinga).

- 2) São Paulo (Estação Ecológica de Tupinambás, Parque Estadual Marinho da Laje de Santos, Parque Estadual de Ilhabela, Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte de São Paulo).
- 3) Bahia (Área de Proteção Ambiental Baía de Todos os Santos, Área de Proteção Ambiental Recife das Pinaúnas, Reserva Extrativista Marinha da Baía do Iguape).
- 4) Santa Catarina (Reserva Biológica Marinha do Arvoredo).
- 5) Paraná (Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba; e Parque Nacional Marinho das Ilhas dos Currais).

Creed et al. (2016), compilou registros no Brasil de *T. coccinea* e *T. tagusensis* em pelo menos 20 municípios e em 28 potenciais vetores de introdução/dispersão, ao longo de aproximadamente 3.000 km de região costeira.

Nota-se que existe uma intensa documentação sobre o coral-sol em ambientes onde estas espécies são consideradas invasoras, e poucos estudos sobre *T. coccinea* e *T. tagusensis* em seus ambientes de origem. Vale destacar que existem mais estudos publicados sobre o coral-sol no Brasil (33) do que em suas áreas de origem (23) ou em outras regiões invadidas (17) (Creed et al., 2016).

## **2.1. Vias e vetores de dispersão**

No ambiente marinho as principais vias de introdução de espécies exóticas são a navegação, pesca, aquicultura, aquarofilia e canais. Atividades ou estruturas que atuam como vetores de introdução são navios, plataformas, diques secos, boias de navegação e flutuantes, aviões anfíbios e hidroaviões, movimento em canais, descartes de aquários públicos, detritos flutuantes, equipamentos de recreação e transplante de cultivo de produtos como ostra, vieiras entre outros (Carlton, 2001; Lopes et al., 2009). Além disso, regiões fortemente colonizadas podem atuar como regiões doadoras ou fontes de propágulos para novas regiões, intensificando a bioinvasão. Os estágios planctônicos de dispersão de muitas espécies invasoras marinhas são microscópicos e podem se dispersar

rapidamente, em grandes números, a grandes distâncias por correntes de maré e costeiras.

Alguns autores apontam as plataformas e outras estruturas associadas à exploração de petróleo como principais vetores de introdução do coral-sol (Ferreira et al., 2009; Creed et al. 2016). Contudo, a participação de navios como vetores trazendo essas espécies de corais incrustadas em seus cascos foi admitida pelos pioneiros neste estudo no Brasil (Castro & Pires, 2001; De Paula & Creed, 2004; Ferreira, 2003), além de ser ainda discutida a possibilidade de sua introdução através de água de lastro de navios.

De 2000 a 2010, Sammarco et al. (2004, 2007a, 2007b, 2008, 2012a) estudaram a distribuição e a abundância de corais escleractíneos por mergulho e por veículo operado remotamente (ROV) em 81 plataformas de óleo e gás em águas rasas e profundas no Golfo do México. Além da espécie *T. coccinea* também foi descrita a presença de *T. micranthus*, que não possui registro de ocorrência no Brasil. Em outro estudo conduzido por Sammarco et al. (2015) essas duas espécies mostraram sucesso na competição por espaço em 13 plataformas de óleo e gás no norte do Golfo do México, sendo que *T. micranthus* mostrou uma frequência variada de presença entre as plataformas, diferentemente de *T. coccinea*, que mostrou pouca variabilidade entre as populações (Sammarco et al., 2015). A diferença de frequência da população entre *T. coccinea* e *T. micranthus* pode ser explicada pela diferença de profundidade em que as espécies foram encontradas. *T. micranthus* foi encontrado em profundidades de 138m e *T. coccinea* foi limitada a profundidades de aproximadamente 78m (Sammarco et al., 2013).

Creed et al. (2016) publicaram recentemente um artigo de revisão sobre a bioinvasão do gênero *Tubastraea* pelo mundo, onde são destacados os aspectos históricos da bioinvasão e os principais vetores de introdução. De acordo com os autores, os vetores de introdução das espécies têm se diferenciado durante os anos. No entanto, para se entender melhor a bioinvasão desse gênero, são necessários estudos genéticos da população. Sugere-se comparar geneticamente as populações de *Tubastraea* do Nordeste com as do Sudeste do Atlântico,

verificando se essas populações estão relacionadas e se têm a mesma origem de introdução (Creed et al., 2016).

Capel et al., (2016) também realizaram estudos genéticos e populacionais de *T. coccinea* e *T. tagusensis* presentes em plataformas de petróleo, monoboias e costões rochosos ao longo da costa brasileira. Os resultados indicam que *T. tagusensis* apresentou populações com baixa diversidade genética, o que poderia ter sido ocasionado por um único foco de introdução e posterior reprodução assexuada. Já as populações de *T. coccinea* se apresentou mais diversa geneticamente, o que pode significar diferentes focos de introdução. Além do fato que *T. tagusensis* possui distribuição restrita enquanto *T. coccinea* é mais cosmopolita (Capel et al., 2016).

O estudo de diversidade genética e estrutura populacional revelou que as populações invasoras de *Tubastraea* spp. na costa brasileira apresentam um alto número de clones, originadas provavelmente pela formação de larvas assexuadas (Capel et al., 2016b). Nesse estudo, verificou-se ainda uma maior diversidade genética de *Tubastraea* spp. nos indivíduos provenientes das plataformas de petróleo e monoboias quando comparadas com os indivíduos que invadiram o substrato natural no Brasil (costões rochosos na Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo). Isto é esperado em estudos de bioinvasão, onde populações invasoras possuem uma diversidade genética bem menor que a original, devido à deriva genética (Holland, 2000).

Para *T. tagusensis* a falta de estruturação populacional entre locais invadidos na costa brasileira e vetores, pode ser explicada por um padrão de introdução único proveniente de uma mesma população natural. Já para *T. coccinea*, o padrão de cinco populações distintas encontradas todas em um mesmo vetor, enquanto que localidades costeiras invadidas possuíam apenas uma pequena representatividade genética de algumas dessas populações, sugere a presença de múltiplas introduções (Capel et al., 2016b). Este resultado encontrado por Capel et al. (2016b) reflete, também, as distribuições originais das duas espécies, onde *T. tagusensis* possui uma distribuição mais restrita e *T. coccinea* uma distribuição geográfica mais ampla no Oceano Pacífico, indicando



que esses vetores desempenham um importante papel na propagação e expansão das duas espécies de coral-sol na costa brasileira.

Sammarco et al. (2004) e Friedlander et al. (2014) destacaram a importância de plataformas de petróleo como potenciais vetores e “stepping stones” servindo como substrato para expansão geográfica de *Tubastraea* spp. Estes autores encontraram nas plataformas do Golfo de México e na costa leste da África, respectivamente, o coral sol como espécie dominante nessas estruturas.

Estudos genéticos, incluindo as populações de origem dessas espécies de *Tubastraea*, poderão esclarecer melhor as relações entre as diferentes populações de coral-sol encontradas no Caribe, Golfo do México, África e Brasil, e os possíveis caminhos e rotas existentes.

A atenção com os principais vetores pode ser uma importante medida para se tentar controlar a disseminação do coral-sol pela costa brasileira. Observa-se que sua ocorrência ainda se encontra de modo agrupado, em alguns núcleos que provavelmente relacionam-se com o ponto de introdução a partir de um vetor antropogênico. A aparente relação com portos onde fundeiam-se ou fazem-se a manutenção de plataformas da indústria de petróleo e gás é um indício disso. Ainda não existem dados que comprovem a dispersão por meio de transporte de plânulas para regiões distantes das concentrações atualmente reconhecidas. Portanto, o monitoramento dos vetores em mobilização é uma medida importante. Medidas de gerenciamento de risco devem ser consideradas em relação à entrada de possíveis vetores de dispersão em locais onde ainda não se observa o coral-sol (Kikuchi, R.K.P.; Comunicação Pessoal).

Apesar de não se ter registro da ocorrência de plânulas de coral-sol no compartimento de água de lastro, porém não foram realizados estudos específicos para esta finalidade, portanto o monitoramento deste compartimento pode ser uma medida adicional na prevenção de novas invasões, tendo em vista a informação sobre a possibilidade de sobrevivência das larvas de *Tubastraea* spp. por aproximadamente 100 dias (Richmond comunicação pessoal em Fenner, 2001).

### 3. Impactos da bioinvasão do coral-sol no Brasil e no mundo

Tanto no Brasil quanto em outras regiões afetadas pela bioinvasão do coral-sol, estudos vêm observando os impactos potenciais e efetivos da sua introdução nas populações e comunidades nativas marinhas (Creed, 2006; De Paula, 2007; Lages et al., 2011; Mantelatto et al., 2011; Hennessey & Sammarco, 2014; Pretch et al., 2014; Miranda et al., 2016a), incluindo a modificação das comunidades bentônicas de costões rochosos na região de Ilha Grande, RJ, e em recifes de coral na Bahia, reduzindo a abundância das macroalgas (Lages et al., 2011; Miranda et al., 2016).

Fora da costa brasileira, *T. coccinea* mostrou-se competitivamente superior a três espécies de antozoários nativos no Golfo do México (Hennessey & Sammarco, 2014). Ainda nessa região, a espécie invasora também foi observada competindo por espaço e causando necrose no coral *Diploria strigosa* (Dana, 1846) (Precht et al., 2014), além de competir com espécies de esponjas (Sammarco et al., 2015). Recentemente foi identificado adjacentes às turbinas de uma Usina Nuclear em Taiwan um paredão dominado pelo coral-sol *T. coccinea* (Ho et al., 2016), demonstrando o potencial de bioincrustação desta espécie, com risco de dano as estruturas da Usina.

O coral-sol representa uma ameaça ao funcionamento do ecossistema a partir do momento que vem se estabelecendo e expandindo para novas áreas no Brasil. Estas espécies são engenheiras (Rosa, 2015), ou seja, podem alterar o habitat, modificando a disponibilidade de recursos para as outras espécies. Pela competição com os organismos fotossintetizantes, pode levar a diminuição da produtividade primária (Bertness et al., 2001). Os maiores impactos potenciais das espécies exóticas sobre as espécies nativas são além da alteração de habitats, a predação, o deslocamento de espécies nativas, a alteração na cadeia trófica, a ciclagem de nutrientes, o parasitismo, a competição e o aumento da capacidade de sobrevivência de novas espécies invasoras (Crooks, 2002). Entretanto, Mooney & Cleland (2001) salientam que poucos casos de extinção estão associados com interações competitivas, podendo indicar que a extinção por competição seria um processo mais lento do que por predação.

A alimentação de corais azooxantelados é baseada em zooplâncton (Birkeland, 1977), assim, a presença em alta abundância desses corais pode levar ao aumento da captura de zooplâncton, podendo reduzir o suprimento desses organismos para as espécies nativas suspensívoras. Outros potenciais efeitos levantados são a mudança nos ciclos biogeoquímicos locais, como aqueles de carbono e cálcio, já que o esqueleto dos corais é composto de carbonato de cálcio (Veron, 1995) e o impacto no turismo, pois a biodiversidade marinha é utilizada como atrativo para tal atividade, e a homogeneização do ambiente pelo coral-sol pode levar a perda do valor ambiental das áreas afetadas pela bioinvasão (Schuhmann et al., 2013).

Através do monitoramento de 11 anos realizado na Baía da Ilha Grande (RJ), Silva et al. (2014) registraram que *Tubastraea* spp. expandiu sua distribuição e abundância na região. O índice de abundância relativa, aplicado para mapear os locais e a frequência de ocorrência dos corais invasores, mostrou uma transição de raro (quando uma a cinco colônias são contadas no intervalo de um minuto) para dominante (quando as populações de *Tubastraea* spp. são muito aparentes e frequentemente ocupando áreas maiores que 1 m<sup>2</sup>) em toda a região da Baía da Ilha Grande. A partir deste estudo de larga escala e longa duração foi calculada uma taxa de expansão de 2,1 km.ano<sup>-1</sup> para essas espécies invasoras.

Miranda et al. (2016 b) também observaram a expansão do coral-sol na Baía de Todos os Santos, especialmente no estuário do Paraguaçu e alertam para a preocupação de mudanças nas comunidades coralíneas nativas nos recifes de coral da região. Nesse trabalho, foi estudada uma área de cerca de 800 m<sup>2</sup> com uma população agregada de coral-sol (*Tubastraea tagusensis*). O estudo apontou diferenças na estrutura da assembleia de corais nativos em áreas invadidas e não invadidas pelo coral-sol. O coral-sol domina as áreas invadidas, em especial nas paredes do recife (zona vertical). Ainda nas paredes do recife, a cobertura dos corais nativos *Mussismilia hispida* e *Madracis decactis* foi significativamente menor nas áreas invadidas do que nas áreas não invadidas. Vale destacar que a espécie *Mussismilia hispida* é endêmica aos corais brasileiros, o que aumenta a preocupação quanto aos impactos do coral-sol sobre a biodiversidade nativa.

Deve-se observar, contudo, que não foi demonstrada uma mudança significativa na cobertura da área do topo dos recifes por corais nativos. O estudo aponta também a mortalidade de tecidos dos corais nativos *Siderastrea stellata*, *Mussismilia hispida* e *Madracis decactis* em contato com o invasor. *Montastraea cavernosa*, por sua vez, não foi afetado e, pelo contrário, demonstrou habilidade em atacar o coral invasor (MIRANDA et al. 2016).

O coral-sol pode também facilitar a invasão de outras espécies exóticas, como descrito por Rosa (2015), onde colônias de *T. coccinea* e *T. tagusensis* serviram de substrato consolidado para duas espécies de bivalves exóticos invasores *Myoforceps aristatus* e *Isognomon bicolor*.

#### **4. Prevenção, controle e monitoramento do coral-sol**

A gestão dos riscos de biossegurança associados à bioincrustação é desafiadora. A decisão sobre possível adoção de técnicas de manejo deve ser realizada considerando diversos fatores como: espécies presentes, estágio de colonização, localização da incrustação, se a estrutura é natural ou artificial, sensibilidade ambiental da região, eficácia do método de limpeza, riscos envolvidos com a ausência de manejo, os riscos do próprio manejo, riscos à salvaguarda da vida humana, interesse público e coletivo, aspectos técnico/operacionais, disponibilidade de recursos, novas tecnologias, custos e viabilidade de implementação, dentre outros. É desejável que as medidas adotadas a respeito do manejo, gerenciamento e controle da bioincrustação considere uma avaliação sobre os riscos associados à permanência da incrustação e os riscos inerentes às diversas técnicas de manejo e limpeza de superfícies disponíveis.

A União Internacional para a Conservação da Natureza – IUCN (2000) recomenda a rápida mobilização de recursos e especialistas na primeira detecção de espécie exótica invasora, para maximizar as chances de sucesso e reduzir custos operacionais e ambientais. Portanto, a prevenção deve ser realizada antes que o invasor ultrapasse os limites de um determinado território. Dessa forma, a

prevenção é aplicada dentro do território nacional, quando é possível conter a população de uma espécie exótica invasora impedindo que atinja novas áreas, e vai além da jurisdição nacional e depende de legislação e acordos internacionais (Olenin et al., 2011). As medidas de precaução são de extrema importância no contexto de invasões biológicas, já que as ações a serem tomadas têm maior efetividade e menor custo antes que o problema seja constatado na prática (CONABIO, 2009).

A avaliação de risco é uma importante ferramenta que tem sido empregada no que se refere a tomada de decisões e manejo de espécies invasoras. Trata-se de um conjunto de métodos e técnicas que são empregados para prever a probabilidade e consequências de acontecimentos indesejáveis, por meio de medidas quantitativas ou qualitativas, de forma rigorosa e sistemática, de modo a prover uma preciosa ajuda na tomada de decisões (Hewitt & Campbell, 2007). Através da avaliação de risco é possível, por exemplo, determinar quais espécies são de fato preocupantes, as áreas de entrada de alto risco para ajudar o monitoramento e os esforços de resposta rápida, os vetores de introdução de maior preocupação (Hewitt & Campbell, 2007). A avaliação de risco também auxilia na tomada de decisões referentes à forma mais adequada de alocação de recursos no combate à bioinvasão (Andersen et al., 2004).

A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar ressalta a importância da proteção dos mares e oceanos contra a poluição e dá ênfase no art. 196, onde afirma que todos os países devem tomar as medidas necessárias para prevenir, reduzir e controlar a poluição do meio marinho ou a introdução intencional ou acidental de espécies estranhas ou novas que nele possam provocar mudanças importantes e prejudiciais. Tal regra estabelece que cada país deve adotar legislação própria com as finalidades referidas, mas não estipula normas de controle e prevenção propriamente ditas.

A Convenção Internacional sobre Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navios estabelece mecanismos para prevenir, minimizar e se possível, eliminar a transferência de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos através do controle e gestão da água de lastro e dos sedimentos dos

navios mercantes. Da mesma forma, a Convenção Internacional sobre Controle de Sistemas Antiincrustantes Danosos em Navios estabelece normas para reduzir ou eliminar os efeitos nocivos ao meio ambiente marinho e à saúde humana causados por sistemas antiincrustantes.

A Lei nº 7.661/88 que inclui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) prevê o zoneamento de usos e atividades na Zona Costeira, observando normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com prioridade à sua conservação e proteção. A Lei nº 9.537/1997 (LESTA) dispõe sobre a segurança do tráfego aquaviário em águas sob jurisdição nacional. Estabelece no art. 3º que, cabe à Autoridade Marítima promover a implementação e a execução desta Lei, com o propósito de assegurar a salvaguarda da vida humana e a segurança da navegação, no mar aberto e hidrovias interiores, e a prevenção da poluição ambiental por parte de embarcações, plataformas ou suas instalações de apoio, prevenindo assim a entrada de espécies exóticas invasoras.

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (2015), 95% dos 16,2 bilhões de barris de reservas nacionais provadas de petróleo localizam-se no mar (campos *offshore*). Essa realidade deve permanecer em patamares elevados por conta das recentes descobertas no Pré-Sal, que abrangem boa parte da margem continental das regiões Sudeste e Sul do país. Sendo assim, há uma expectativa de um crescimento na produção de óleo e gás nacional até 2030, superior aos atuais 2,5 milhões de barris por dia.

Da mesma maneira, o transporte marítimo apresentou crescimento de 130% nos últimos trinta anos e, atualmente, representa 80% do comércio global. Estes altos fluxos de embarcações entre os portos aumentam consideravelmente os riscos de introdução de espécies exóticas invasoras como o coral-sol.

O sistema marítimo brasileiro é concentrado nos portos do Sul e do Sudeste, sendo responsáveis por grande parte das importações e exportações nacionais (longo curso). Assim, pode-se dizer que há uma concentração dos fluxos internacionais de cargas nestas duas macrorregiões do país (granéis sólidos e líquidos e artigos industriais).

A ANTAQ atua incentivando as boas práticas ambientais no setor portuário e de transportes aquaviários, por meio das avaliações periódicas do Índice de Desempenho Ambiental (IDA), incluindo, por exemplo, o item “monitoramento de espécies exóticas”. O IDA já é aplicado para os portos públicos desde 2012, e está sendo adaptado e expandido para os terminais privados. Segundo dados de 2016 do IDA, apenas 30% dos portos públicos, (09 de um total de 30), realizam monitoramento regular de espécies exóticas, e a maioria destes na região Sul do Brasil.

Importante destacar que as normas e regulamentos refletem acordos internacionais dos quais o Brasil é signatário, em especial no âmbito da Organização Marítima Internacional – IMO. Assim, quaisquer regras unilaterais costumam ser alvo de críticas pela comunidade internacional, podendo causar sérias consequências para o desempenho comercial brasileiro já que mais de 90% deste comércio é realizado por este modal. No caso específico das bioinvasões, ressalta-se que em 2011 a IMO publicou as “Diretrizes para o controle e a gestão da bioincrustação dos navios” para minimizar a transferência de espécies aquáticas invasivas (Resolução MEPC.207(62)). Este documento tem caráter recomendatório e ainda não foi definido se as recomendações serão incluídas em alguma convenção internacional, já que a temática da bioinvasão por bioincrustação marinha impacta o setor naval. A Tabela 1 lista os Portos que fazem monitoramento regular e controle de espécies exóticas invasoras.

Tabela 1. Respostas dos portos públicos ao item “Levantamento/monitoramento de espécies aquáticas exóticas/invasoras na área do porto” do Índice de Desempenho Ambiental da ANTAQ (Dados de 2016).

Porto público	Levantamento	Monitoramento regular	Controle
Angra dos Reis	*	Não	Não
Aratu	*	Não	Não
Belém	*	Não	Não
Cabedelo	Sim	Não	Sim
Forno	Sim	Sim	Sim
Fortaleza	Sim	Não	Não
Ilhéus	Sim	Não	Não
Imbituba	Sim	Sim	Não
Itaguaí	*	Não	Não
Itajaí	Sim	Sim	Sim
Itaquí	Sim	Não	Não
Maceió	Não	Não	Sim
Natal	Sim	Não	Não
Niterói	*	Não	Não
Paranaguá	Sim	Sim	Sim
Pecém	Sim	*	*
Porto Alegre	Sim	Não	Não
Porto Velho	*	Não	Não
Recife	*	Não	Não
Rio de Janeiro	*	Não	Não
Rio Grande	Sim	Sim	Sim
Salvador	Sim	Não	Não
Santana-Macapá	Sim	Não	Não
Santarém	*	Não	Não
Santos	Sim	Não	Não
São Francisco do Sul	Sim	Sim	Sim
São Sebastião	Sim	Sim	Sim
Suape	Sim	Sim	Sim
Vila do Conde	*	Não	Não
Vitória	*	Não	Não

\* não disponível.

A escolha de métodos de controle e erradicação se inicia pelo diagnóstico da extensão e condição da área invadida e as espécies nativas ou endêmicas, bem como as condições ecológicas presentes, pois ajudam a definir as prioridades para ação e as metas de manejo. Tais metas devem estar voltadas à restauração do ambiente e de sua funcionalidade e resiliência, não simplesmente na retirada das espécies invasoras.

O controle de espécies invasoras ao redor do mundo é realizado através de três principais métodos: controle químico, controle físico e controle biológico. No controle químico são utilizadas substâncias químicas como biocidas (Thresher e Kuris, 2004), tais como cloro, sulfato de cobre e ácido acético (Bax et al., 2002; Le Clair et al., 2009). A legislação internacional (IUCN, 2000) aponta que substâncias químicas empregadas no controle de espécies invasoras devem ser as mais específicas possíveis, não persistentes e não cumulativas na cadeia alimentar. Estas técnicas devem ser cuidadosamente avaliadas, devem passar previamente por rigoroso rastreamento e subsequente monitoramento e ainda,



uma supervisão internacional tem sido recomendada por causa dos potenciais impactos regionais e globais (Bax et al., 2003).

A Norma da Autoridade Marítima nº 20/2005 (NORMAM 20) estabelece requisitos referentes à prevenção da poluição por parte das embarcações em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), no que tange ao Gerenciamento da Água de Lastro. O sistema inicial tem como base fundamental a troca de água de lastro de acordo com a Resolução A.868(20) da Organização Marítima Internacional e a Convenção Internacional sobre Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navios. Por sua vez, a Norma da Autoridade Marítima nº 23/2005 (NORMAM 23) estabelece procedimentos referentes ao controle do uso de Sistemas Antiincrustantes danosos ao meio ambiente marinho ou à saúde humana, de caráter mandatório, para as embarcações brasileiras cujas obras vivas necessitam ser pintadas com Sistemas Antiincrustantes e para as embarcações estrangeiras que docarem no Brasil para pintura das obras vivas, ou que forem afretadas em regime de AIT (Atestado de Inscrição Temporária).

As opções de controle de bioincrustação em embarcações envolvem tratamentos para a redução ou remoção da biomassa e têm níveis variados de sucesso, podendo haver o uso combinado de diferentes tratamentos em alguns casos. Segundo a *International Association of Oil & Gas Producers "Alien invasive species and the oil and gas industry - Guidance for prevention and management"* (IPIECA/OGP, 2010), os principais mecanismos recomendados para a remoção dos organismos incrustantes em plataformas e outras estruturas relacionadas à exploração do petróleo são: o jateamento com água nas superfícies contaminadas; a raspagem dos organismos; a exposição dos vetores ao ar (morte por dessecação) ou a sua imersão em dique com salinidade contrária à necessária dos organismos (morte por choque osmótico); e envelopamento das estruturas (morte por anoxia e inanição). Os métodos supracitados visam a descontaminação dos vetores de introdução e são empregados no estágio de prevenção de novas introduções ou reintroduções.

O controle físico ou mecânico é feito através da manipulação física do invasor com ou sem auxílio de maquinaria, por exemplo pela remoção manual,

dessecação, sucção, lavagem por pressão hidráulica, inanição, asfixia, emprego de calor ou radiação ultravioleta (Pleus, 2008; Muñoz e Mcdonald, 2004). Hewitt et al. (2009), apontam que ferramentas químicas e físicas estão sendo desenvolvidas para o controle de bioinvasores marinhos em uma variedade de contextos ao redor do mundo, assim como uma série de remoções físicas por mergulhadores, tratamentos de calor e controle químico. Com relação aos fragmentos, destaca-se o estudo de Capel *et al.* (2015), que verificou que pequenos fragmentos de tecido do coral-sol (em média, com tamanho mínimo de 2 mm) gerados no processo de remoção manual das colônias, podem se regenerar em novas colônias, salientando que isto deve ser considerado em estratégias de manejo e controle desta espécie. Já, com relação às larvas, de acordo com Coutinho et al. (2013) "...a retirada manual de uma espécie pode provocar estresse suficiente para que as colônias liberem estruturas reprodutivas. No caso do coral-sol, é conhecido que suas características reprodutivas - de alta fecundidade e rápido assentamento - são atributos que contribuem para o seu potencial de colonização e dispersão (Glynn et al., 2008).

Na teoria, o controle biológico é realizado através da introdução de inimigos naturais (predadores, parasitas, parasitóides, por exemplo) da espécie invasora na área invadida ou o emprego de doenças com o objetivo de conter a sua população (Bax et al., 2001). Uma das maiores controvérsias no uso de controles biológicos no ambiente marinho é devido ao fato que muitas vezes é introduzido outra espécie exótica com potencial de causar danos a espécies que não são consideradas alvo. Estas técnicas tiveram certo sucesso em ambientes terrestres e até podem ter potencial uso no controle de espécies invasoras marinhas, porém poucos agentes biológicos de fato foram identificados (Lafferty & Kuris, 1996). A tabela 2 apresenta o sumário das tecnologias disponibilizadas e utilizadas na remoção de bioincrustação em estruturas artificiais, dentro e fora d'água, suas aplicabilidades, limitações e riscos.

A realização de amostragens no ambiente marinho é de grande importância para a detecção precoce de espécies invasoras, incluindo amostragens local-específicas (por exemplo, em portos) e áreas de interesse particular para a

conservação (De Poorter et al., 2009). São ainda passos fundamentais: os registros de linha de base da biota marinha; o monitoramento para acompanhar as mudanças e detectar novas invasões; a implantação de um sistema de alerta para novas introduções e rápida resposta (De Poorter et al., 2009).

Tabela 2 - Sumário das tecnologias de remoção da bioincrustação em estruturas artificiais

Método de Limpeza	Fora d'água	Na água	Aplicabilidade	Alvo	Limitações/Riscos
<b>Remoção Manual</b>					
Remoção Manual	X	X	Embarcações de recreio e comerciais leves e pontos específicos de estruturas submarinas.	Manchas isoladas de bioincrustação	Não eficaz em remover bioincrustação em áreas de difícil acesso. Fases iniciais de organismos incrustantes podem não ser removidas do casco, sobrevivendo e atingindo estágios adultos, a partir do retorno da embarcação para a água logo após a limpeza. Pode resultar na liberação de revestimentos anti- incrustação dos cascos. Risco de que alguns organismos (ou seus propágulos) retirados do casco ainda sejam viáveis, reforçando a importância da captura e contenção eficaz dos resíduos.
Remoção manual com escovas, espátulas, etc	X	X	Embarcações de recreio e comerciais leves e pontos específicos de estruturas submarinas.	Manchas isoladas de bioincrustação.	Idem anterior.
Dessecação	X		Pequenas embarcações sem restrições de tempo em portos.	Toda superfície do casco, caixas de mar e estruturas externas.	Embarcações maiores demandam muito tempo em dique seco, os quais têm grande demanda e alto custo. Os navios cegonha (HLV – <i>Heavy Lift Vessels</i> ) em número limitado ao redor do mundo, com demanda internacional elevada para sua utilização. Somente é viável economicamente para viagens longas.
<b>Remoção Mecânica</b>					
Escovas rotativas (equipamentos portáteis)		X	Embarcações pequenas específicas submarinas comerciais e/ou pontos de estruturas.	Porções contínuas do casco ou de áreas específicas em estruturas submarinas.	A maioria destas ferramentas não inclui sistemas de captação e de filtração de resíduos. Não adequadas para o tratamento de áreas nicho ou estruturalmente complexas.

Escovas rotativas ("brush cart" operado por mergulhador)		X	Navios mercantes.	Porções contínuas do casco.	Não adequadas para o tratamento de áreas nicho ou estruturalmente complexas. A maioria destas ferramentas não inclui sistemas de captação e de filtração de resíduos. Não removem toda a bioincrustação nem capturam todo o material removido, por consequência, a utilização destes sistemas resultará na perda de alguns organismos, potencialmente viáveis, para o ambiente. Método de limpeza muito abrasivo podendo causar danos à pintura do casco. Os resíduos de pintura removidos podem liberar componentes biocidas no ambiente.
Escovas rotativas		X	Navios mercantes.	Porções contínuas do casco.	Idem anterior.
<b>Operação remota – ROVs e robôs</b>					
Escovas rotativas (sem contato)		X	Navios mercantes.	Porções contínuas do casco.	Não adequadas para o tratamento de áreas nicho ou estruturalmente complexas. A maioria destas ferramentas não inclui sistemas de captação e de filtração de resíduos. Não removem toda a bioincrustação nem capturam todo o material removido, por consequência, a utilização destes sistemas resultará na perda de alguns organismos, potencialmente viáveis, para o ambiente.
Hidrojateamento (equipamentos manuais)	X	X	Embarcações de recreio e comerciais leves e pontos específicos de estruturas submarinas.	Porções contínuas do casco ou de áreas específicas em estruturas submarinas.	Não eficaz para a remoção de incrustação em tubos de captação de água do mar e grades, caixas de mar. Possibilidade de sobrevivência de fases microscópicas da bioincrustação. A utilização do hidrojateamento subaquático não deve ser considerada para remoção de espécies invasoras a menos que todas as partículas viáveis possam ser recolhidas, incluindo os organismos intactos, propágulos e organismos unicelulares.

Hidrojateamento (por "carts" e ROVs)		X	Navios mercantes.	Porções contínuas do casco.	Equipamentos disponíveis com capacidade para remover bioincrustação em estágios iniciais de desenvolvimento (algas e organismos de corpo mole). Sistemas inadequados para a limpeza de superfícies complexas.
Cavitação (auto-propulsão, "cart" operado por mergulhador, pistolas portáteis)		X	Navios mercantes.	Porções contínuas do casco.	Jatos cavitacionais podem não matar a incrustação após sua remoção da superfície do casco, o que pode levar a riscos de liberação de propágulos ou fragmentos organismos capazes de regeneração. Metodologia não seletiva, retirando todos os outros organismos incrustados, além do organismo-alvo. Não há contenção de resíduos, o que aumenta o risco de biossegurança com a dispersão de fragmentos.
Sistemas de aspiração a vácuo		X	Embarcações comerciais leves.	Manchas isoladas de bioincrustação.	Método considerado muito trabalhoso e ineficaz para ser utilizado em ações de biossegurança de rotina. Técnica muito morosa devido a problemas de entupimento de bomba e sistema de filtração. Sistema não é eficaz na remoção de organismos fortemente fixados, tais como cracas, poliquetas tubícolas e bivalves cimentantes.
<b>Tratamentos de superfície</b>					
Água quente, calor, vapor		X	Teoricamente sem restrições, embora, o equipamento disponível comercialmente seja restrito a navios maiores.	Remoção de microincrustação e algas no casco do navio.	Remove somente o biofilme e a incrustação de algas em cascos de embarcações. O objetivo é preventivo, removendo as fases iniciais da bioincrustação (biofilme e bioincrustação de algas) e impedindo o desenvolvimento de comunidades bioincrustantes complexas. Não mata nem remove bioincrustação complexa, tais como as que contêm cracas, poliquetas tubícolas e bivalves maduros.
Ultrassom		X	Embarcações em geral.	Prevenção de crescimento de incrustação no casco do navio.	Técnicas comercialmente disponíveis não foram avaliadas quanto à sua capacidade de remover incrustação e não são atualmente comercializadas para este fim.

Tecnologias de encapsulamento					
Encapsulamento		X	Teoricamente sem restrições de tamanho (existem protótipos para embarcações de até 18 metros).	Toda superfície do casco, incluindo áreas nicho.	Mais eficaz contra recrutas ou pequenos indivíduos. Cuidados devem ser tomados para garantir que o envoltório não rasgue em contato com estruturas afiadas na embarcação ou cais. Ação de ondas e correntes pode danificar os invólucros de plástico, reduzindo a eficácia e potencialmente criar risco para o ambiente.
Docas flutuantes		X	Embarcações menores que 20 metros de comprimento.	Toda superfície do casco, incluindo áreas-nicho.	Limitado a embarcações de pequeno porte.
Encapsulamento com agentes tóxicos		X	Teoricamente sem restrições de tamanho (existem protótipos para embarcações de até 18 metros).	Toda superfície do casco, incluindo áreas nicho.	Limitado a embarcações de pequeno porte. Dificuldades em alcançar e manter a concentração adequada do agente tóxico, quando há vazamentos no envoltório, a embarcação possui forma não convencional, ou quando há folga entre o envoltório e o casco da embarcação.

Com relação a prevenção e controle, o Grupo de Trabalho “Coral-Sol” recomenda:

1) Que sejam observados os objetivos do Plano de Ação Nacional para Conservação de Ambientes Coralíneos, as diretrizes da Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras da CONABIO, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, as diretrizes da Organização Marítima Internacional - IMO, a Convenção sobre Biodiversidade Biológica - CDB e a Comissão Oceanográfica Intergovernamental - COI \ UNESCO.

2) Considerar experiências internacionais de prevenção, manejo (tentativas de erradicação/controle) e monitoramento de invasões biológicas por bioincrustação em ambiente marinho.

3) Garantir a exequibilidade e eficácia das estratégias e ações propostas quando da implementação das medidas que possam gerar mudanças no ordenamento das atividades dos setores produtivos no ambiente marinho, contemplando:

a. prazos factíveis para a adaptação do setor observada a urgência na tomada de decisão;

b. as limitações e peculiaridades logísticas e operacionais;

c. a segurança operacional;

d. a segurança ambiental;

e. a salvaguarda da vida humana;

f. a viabilidade técnico-econômica;

g. o custo-efetividade; e

h. a reavaliação e análise crítica periódica de resultados.

4) Assegurar o estabelecimento de medidas equitativas, que não prejudiquem uma empresa ou setor produtivo específico, respeitando a isonomia entre os administrados.

5) Considerar as limitações de tecnologias para a remoção da bioincrustação e a necessidade de capacitação nacional.

6) Definir áreas ao longo da costa brasileira para atividades de manutenção de embarcações/instalações/equipamentos incrustados por coral-sol.



7) Buscar estratégias de controle diferenciadas para substratos naturais em comparação a estruturas e substratos artificiais, considerando os objetivos diferentes para cada caso.

8) Buscar estratégias de controle e prevenção, custo-efetivas, baseadas no melhor conhecimento científico disponível e diferenciadas considerando o estágio em que se encontra a invasão em cada região, privilegiando ações de:

- a. Prevenção em áreas não invadidas;
- b. Ações imediatas em áreas de invasão recente;
- c. Ações sistemáticas em áreas de invasão consolidada; e
- d. Monitoramento sistemático da dispersão de colônias e da eficácia das ações de prevenção e controle.

9) Promover integração regional das diferentes iniciativas de pesquisa, monitoramento, prevenção e controle do coral-sol.

10) Fomentar a pesquisa e desenvolvimento, considerando as diferentes visões científicas, focando nas lacunas de conhecimento sobre o coral-sol, dentre os quais destacam-se:

- a. Biologia das espécies, em especial genótipos e fenótipos; fisiologia; mecanismos de dispersão, seja natural ou por estresse; reprodução e crescimento; adaptação competitiva; predação; dentre outros;
- b. Interações ecológicas;
- c. Genética das populações;
- d. Vetores de dispersão naturais (correntes e *stepping stones*) ou antrópicos (bioincrustação, água de lastro, etc);
- e. Distribuição geográfica no país, em substratos naturais e artificiais;
- f. Histórico de dispersão geográfica e registros das espécies;
- g. Tecnologias e ferramentas de prevenção, controle e eliminação custo-efetivas em substratos naturais e artificiais;
- h. Possíveis impactos ambientais, sociais e econômicos; e
- i. Unificação das bases de dados de ocorrência, controle e monitoramento.

## **5. Exemplos de iniciativas sobre coral-sol no Brasil e no Mundo**

Abaixo seguem as ações de prevenção, controle e/ou monitoramento do coral-sol que vem sendo desenvolvidas por diferentes setores da sociedade no Brasil e no mundo.

### **5.1 PODER PÚBLICO:**

No ano de 2009, o MMA publicou o Informe Nacional sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil. O livro é dividido em dois conjuntos de dados: o primeiro apresenta informações acerca das espécies propriamente ditas e o segundo trata da estrutura existente no país para manejo dessas espécies.

Dentre as principais iniciativas do IBAMA, destacam-se: realização do Curso de Introdução à Análise da Bioinvasão Marinha por Bioincrustação para Analistas Ambientais do IBAMA, realizado em Brasília em maio de 2014; a elaboração de recomendações/orientações para a Diretoria de Licenciamento Ambiental (DILIC) relacionadas ao monitoramento e controle de espécies exóticas invasoras no âmbito do Licenciamento Ambiental Federal (LAF), visando adoção de providências necessárias diante ao tema abordado; a realização do levantamento de procedimentos e ações já adotados pelas diversas áreas da DILIC com relação a essa temática, com a finalidade de “sugerir diretrizes para o estabelecimento de padrões e parâmetros de verificação e prevenção no âmbito do LAF, reportando à DILIC para as providências institucionais cabíveis”; a apresentação de propostas para a DILIC sobre a prevenção e controle de espécies exóticas invasoras no LAF que poderiam ser seguidas por todas as tipologias; o estabelecimento de diretrizes para a renovação da Licença de Operação da atividade de Perfuração Marítima na Área Geográfica da Bacia de Campos do Espírito Santo e requerimento um plano para o Diagnóstico de Incrustação de espécies invasoras – coral-sol nas unidades marítimas de perfuração sob responsabilidade da empresa operadora; a aprovação do Plano de Ação para o Gerenciamento de Bioincrustação nas atividades de E&P da PETROBRAS na Bacia de Santos com as condicionantes

requeridas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) para aprovação de Testes de Longa Duração – TLD’s nos prospectos exploratórios de Tiro e Sidon, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos; a solicitação do Estudo de Bioinvasão do Coral-Sol - Bacia de Sergipe e Alagoas, no âmbito do licenciamento ambiental das atividades do projeto de Ampliação do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural nos Campos de Camorim, Dourado e Guaricema, Bacia de Sergipe/Alagoas.

O IBAMA realizou ainda a “Oficina de Trabalho para Discussão de Medidas Mitigadoras e de Controle da Bioinvasão provocada por Bioincrustação”, em abril de 2012, cujo objetivo foi “nivelar informações sobre o tema, atividades de E&P e de transporte, biologia das espécies e projetos de mitigação e controle”; realização de discussões técnicas e encaminhamentos sobre o coral-sol e outras espécies invasoras na DILIC; formulação de ações, diretrizes e medidas de mitigação para o impacto do coral-sol e de outras espécies invasoras no licenciamento; autorização para o manejo de coral-sol, até o presente momento concedeu a autorização para o BRBio (OSCIP) e para a PRÓ-MAR (ONG), com projetos aprovados e licenças emitidas.

Atualmente é realizada remoção manual, mapeamento e monitoramento extensivo dos corais invasores *T. coccinea* e *T. tagusensis* em três Unidades de Conservação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), são elas: a Estação Ecológica de Tamoios, Baía da Ilha Grande (RJ); Estação Ecológica Tupinambás, localizada entre os municípios de São Sebastião e Ubatuba (SP); e a Reserva Biológica do Arvoredo, localizada entre os municípios de Florianópolis e Bombinhas (SC), conforme detalhado abaixo. O Projeto Coral-Sol (PCS) capacitou os gestores ambientais das unidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina no suporte técnico-científico na área de manejo e monitoramento do coral-sol no litoral brasileiro. As técnicas de controle e monitoramento utilizadas inicialmente foram aquelas desenvolvidas pelo PCS, e posteriormente, em função da situação e experiência de cada caso, a metodologia foi adaptada.

### **a) Reserva Biológica do Arvoredo (SC)**

Em 2010, foi elaborado um Plano de Ação para prevenção do coral-sol na Reserva Biológica do Arvoredo (SC) em atendimento às condicionantes propostas por esta Unidade de Conservação para aprovação de Testes de Longa Duração – TLD's nos prospectos exploratórios de Tiro e Sidon, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. O plano resultou na realização da “Oficina de Trabalho para Discussão de Medidas Mitigadoras e de Controle da Bioinvasão provocada por Bioincrustação” supracitada, organizada em conjunto pelo IBAMA e Petrobras. Desde 2012 a Rebio Arvoredo vem realizando o monitoramento e manejo do coral-sol. Em 2012, a parceria entre o ICMBio, a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e o Instituto Ekko Brasil, resultou no Projeto Bioinvasores Marinhos: Monitoramento e controle da bioinvasão pelo coral-sol – *Tubastraea* spp. (Cnidaria: Scleractinia) – na Reserva Biológica Arvoredo e região de entorno. Esse projeto teve por objetivo: “Intensificar as buscas por espécies invasoras marinhas, como o coral-sol, no litoral catarinense; monitorar e retirar os corais-sol dos locais onde foram encontrados, a fim de evitar que a espécie amplie sua distribuição no Estado; realizar treinamentos junto às operadoras de mergulho para que mais cientistas, pesquisadores e estudantes da área sejam aptos a localizar espécies invasoras”. O projeto Bioinvasores Marinhos também realizou o monitoramento da comunidade bentônica em áreas portuárias. Ações de educação ambiental e comunicação social vem sendo realizadas.

### **b) Estação Ecológica de Tamoios (RJ)**

A ESEC foi qualificada pelo Projeto Coral-Sol e em 2009 iniciou o monitoramento extensivo para mapear a distribuição e abundância do coral-sol na região. Em 2013, a ESEC Tamoios, juntamente com o Projeto Coral-Sol, organizou a 1ª Operação Eclipse que teve como objetivo a capacitação de diversos atores na metodologia de remoção do coral-sol e a retirada do maior número possível de exemplares das duas espécies de coral-sol em uma ilha na UC. Esta atividade contou com a participação de diversos atores, entre órgãos ambientais, operadoras de mergulho de Angra dos Reis, voluntários e imprensa.

A ESEC com o Projeto Coral-Sol organizaram a 1ª Oficina de Manejo do Coral-Sol nas Unidades de Conservação Marinhas Brasileiras. Com o apoio do Ministério Público Federal, a Estação Ecológica de Tamoios promoveu o Projeto Eclipse, em novembro de 2015, mobilizando mais de 32 pessoas e contou com a participação de diversas instituições. Os parceiros atuais são UAAF/ICMBio e MPF de Angra dos Reis. O financiamento é oriundo de uma ação judicial. Adicionalmente, ações de pesquisa, educação ambiental e comunicação social vêm sendo realizadas pela Estação Ecológica de Tamoios (RJ).

### **c) Estação Ecológica Tupinambás (SP)**

Nessa Estação Ecológica desenvolvem-se o mapeamento completo da UC e entorno, ações sistemáticas de manejo e metodologias de controle, e ações de monitoramento, educação ambiental e comunicação social. Há inserção de medidas de prevenção do coral-sol no Plano de Manejo da Estação Ecológica Tupinambás (SP). Os parceiros atuais são UNIFESP e CEBIMAR e o financiamento proveniente de uma compensação ambiental.

A Marinha tem o IEAPM como uma instituição de pesquisa, que tem por objetivo: pesquisar, desenvolver, inovar e prestar serviços tecnológicos na área de Ciências do Mar. Visa contribuir para a ampliação do conhecimento e a eficaz utilização do meio ambiente marinho, e do desenvolvimento socioeconômico do país.

Dentre as propostas de atuação IEAPM, frente a problemática da bioinvasão do coral-sol, podemos citar:

- estabelecer coleção de referência e banco de dados sobre o coral-sol e outras espécies invasoras;
- estabelecer um programa de monitoramento das espécies invasoras em locais chaves;
- desenvolver tecnologia de limpeza do coral-sol em vetores (plataformas e navios);

- desenvolver linhas de pesquisas na área do controle físico, químico e biológico do coral-sol;
- aprofundar estudos genéticos sobre o coral-sol;
- avaliar em diferentes pontos da costa brasileira possíveis efeitos do coral-sol na biodiversidade; e
- participar da IMO e da Convenção de Diversidade Biológica para dar subsídios para a Marinha do Brasil estabelecer uma Norman.

Encontra-se também em andamento no IEAPM a manutenção do “Banco de Dados de Espécies Incrustantes da Costa Brasileira”, o monitoramento extensivo das populações de coral-sol em Arraial do Cabo (RJ) e a coleção científica de espécies incrustantes, além das pesquisas com coral-sol. O IEAPM tem contribuído através da produção do conhecimento científico (resumos científicos, apresentação em congressos e artigo de divulgação científica) e divulgação na mídia.

Vale ressaltar que algumas linhas de pesquisa apresentadas acima, estão sendo desenvolvidas no contexto do Projeto Gestão e Controle de Bioinvasão por Bioincrustação (GEBIO), desenvolvido através de um Termo de Cooperação Técnica entre a Petrobras e o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (Marinha do Brasil). O projeto foi iniciado em dezembro de 2013 e concluído em dezembro de 2017. Suas principais atividades são: Banco de dados e coleção científica de espécies incrustantes da costa brasileira, monitoramento e controle de espécies invasoras, análise de risco à bioinvasão.

## **5.2 INICIATIVA PRIVADA:**

### **PETROBRAS**

Ciente dos riscos associados às atividades de petróleo e gás como possível vetor de introdução de espécies exóticas, juntamente com outros setores, tais como, os setores pesqueiro, de recreação e de transporte marítimo, dentre outros, a Petrobras vem atuando em três vertentes nessa temática.

#### **a. Apoio ao Ministério de Minas e Energia (MME) nas discussões da Organização Marítima Internacional (IMO)**

A Petrobras, como convidada do Ministério de Minas e Energia – MME, vem apoiando, desde 1996, a atuação do Brasil nas discussões da Organização Marítima Internacional (International Maritime Association – IMO) sobre bioinvasão, em alinhamento com as estratégias definidas pela Coordenação Interministerial para Assuntos da IMO (CCA-IMO), mais especificamente nas convenções de água de lastro e de sistemas anti-incrustantes e, mais recentemente, na elaboração das diretrizes de aplicação voluntária sobre controle e gerenciamento de risco de bioincrustação marinha.

Especialistas de diversas áreas da companhia vêm fornecendo embasamentos técnicos para a elaboração dos posicionamentos do país, visando o aprimoramento dos instrumentos reguladores internacionais.

Especificamente, o tema bioinvasão por bioincrustação vem sendo debatido no Subcomitê de Granéis Líquidos e Gases (Sub-committee on Bulk Liquids and Gases - BLG) da IMO, desde 2007, quando foi criado um Grupo de Correspondência sobre Bioincrustação (Biofouling Correspondence Group).

A participação da Petrobras vem sendo considerada relevante para o alcance dos resultados esperados pelo MME.

#### **b. Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) do Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)**

Diante das expressivas lacunas de conhecimento sobre bioinvasão marinha, a Petrobras vem fomentando a condução de pesquisas para o aumento do conhecimento da bioincrustação e seus aspectos técnico-científicos.

Assim, o Centro de Pesquisas da Petrobras – Cenpes, desenvolve um Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento – P&D, que contempla os seguintes projetos:

Gestão e Controle de Bioinvasão por Bioincrustação (GEBIO)

Foi firmado um Termo de Cooperação (TC) científica-tecnológica, em 2013, para a condução de pesquisas específicas sobre alguns aspectos da

bioincrustação, entre o Centro de Pesquisas da Petrobras - Cenpes e a Divisão de Biotecnologia Marinha do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), da Marinha do Brasil, que apresenta reconhecida experiência nacional e internacional em suas pesquisas sobre bioincrustação.

Os objetivos desta cooperação, intitulada “Projeto para Gestão e Controle de Informações sobre Bioincrustação (GEBIO)”, são:

- Estabelecimento de Banco de Dados “Espécies Incrustantes da Costa Brasileira”;
- Estabelecimento de coleção científica de espécies incrustantes;
- Monitoramento de espécies invasoras na região de Arraial do Cabo;
- Desenvolvimento de metodologia de análise de risco à bioinvasão;
- Avaliação de relatórios e documentos na área de bioincrustação; e
- Disseminação do conhecimento e capacitação.

Avaliação da Ocorrência de Coral-sol na Baía de Guanabara e Adjacências

Este projeto, realizado em 2016, teve por objetivo avaliar substratos consolidados da Baía de Guanabara quanto à presença ou ausência de coral-sol. Não foi identificada a presença de colônias e pólipos de *Tubastraea* spp. nos locais vistoriados na Baía de Guanabara e adjacências.

Projeto - Avaliação e Pesquisa do Coral-sol na Baía de Todos os Santos (BTS) - Termo de Cooperação com a Universidade Federal da Bahia (em contratação)

O objetivo geral do projeto é implementar um conjunto de sub-projetos para avaliar a distribuição atual de *Tubastraea* spp. (coral-sol) na BTS, monitorar a evolução da sua ocorrência ao longo do tempo, ampliar e disseminar o conhecimento sobre os aspectos biológicos, ecológicos e fauna associada a esses organismos.

Principais linhas de pesquisa:

Mapeamento e monitoramento da dispersão do coral-sol;

Ciclo de vida e biologia reprodutiva do coral-sol;

Caracterização da fauna associada ao coral-sol;

Avaliação da influência de coral-sol sobre espécies nativas de corais; e



- Termo de Cooperação com o Instituto Oceanográfico da USP - IO-USP (2016-2020). Principais linhas de pesquisa:

Sistemas para monitoramento do coral-sol e dispersão de larvas, através de identificação por imagem;

Controle da bioincrustação em substratos artificiais (cascos) por tratamento acústico;

Mapeamento da presença e a densidade de larvas de coral-sol na BTS; e

Experimentos in situ dos efeitos da remoção manual de colônias sobre a dispersão do coral-sol.

### **c. Projetos de Responsabilidade Social com Organização Pró-MAR (em contratação).**

- Inclusão social de pescadores de comunidades para apoio às atividades de pesquisa do Programa Coral-sol BTS e para ecoturismo;
- Educação ambiental e mobilização social;

## **5.3. TERCEIRO SETOR:**

### **a) Projeto Coral-Sol**

O Projeto Coral-Sol (PCS), do Instituto Brasileiro de Biodiversidade, foi a primeira iniciativa brasileira de combate aos corais invasores. O PCS foi criado em 2006 no laboratório de Ecologia Marinha Bêntica da UERJ.

O PCS tem por missão: “conservar a biodiversidade marinha brasileira através do controle do coral-sol, minimizando os seus impactos ambientais e socioeconômicos, promovendo a recuperação dos ecossistemas marinhos e o desenvolvimento sustentável das regiões afetadas”. Desde sua criação, o Projeto Coral-Sol vem apoiando pesquisas científicas, alertando a sociedade sobre a temática da bioinvasão e envolvendo as comunidades locais para o combate ao coral-sol, capacitando e auxiliando órgãos ambientais competentes para a necessidade de prevenção e manejo dos corais invasores *T. coccinea* e *T. tagusensis*.

O Projeto Coral-Sol tem fomentado, através de conhecimentos técnicos, palestras, oficinas, treinamentos, cursos de qualificação para pesquisadores (UFBA e CEBIMAR/USP), gestores ambientais, sociedade civil organizada, estudantes universitários, professores da rede pública de ensino, profissionais de turismo e catadores de coral-sol, mobilização da sociedade (Operação Eclipse com a ESEC de Tamoios, Clean Up Day) elaboração de informes nacionais, subsídios de políticas públicas visando a prevenção e o manejo do coral-sol em território nacional.

O Projeto Coral-Sol através de sua força tarefa, qualificou as UC's, ESEC de Tamoios, Parque Estadual da Ilha Grande – PEIG, Tupinambás; Rebio Marinha do Arvoredo e a ONG PRÓ-MAR para o controle e monitoramento do coral-sol.

O PCS possui uma Rede de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica (Rede Coral-Sol) com 35 pesquisadores de 14 instituições de pesquisa no Brasil, que desenvolve pesquisas básicas e aplicadas visando a prevenção e o manejo do coral-sol na costa brasileira. Dentre os temas das pesquisas desenvolvidas estão: desenvolvimento de substâncias com propriedades anti-incrustantes; desenvolvimento de análise de risco da bioinvasão do coral-sol em Unidades de Conservação marinhas do estado do Rio de Janeiro; reaproveitamento do coral-sol; metodologias de monitoramento do manejo do coral-sol; biologia e ecologia do coral-sol; novas metodologias de controle do coral-sol, incluindo métodos físicos e químicos. Além disso, em parceria com instituições de ensino e pesquisa, são desenvolvidas orientações de monografias, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Essas pesquisas têm resultado em diversos tipos publicações científicas e apresentações em eventos científicos.

O controle do coral-sol é feito através da coleta manual realizada por catadores que passam por uma formação técnica e Educação Ambiental, sendo assim qualificados para a atividade. A remoção é feita através de mergulho em apnéia (snorkelling) e/ou mergulho autônomo, de forma não impactante e segura, com procedimentos de remoção, limpeza e tratamento do esqueleto do coral-sol,

a remoção segue o Protocolo do Projeto Coral-Sol e o disposto nas Autorizações de manejo de coral-sol concedidas pelo IBAMA.

O PCS mantém um Canal Nacional de Registros, onde integrantes da sociedade em geral podem entrar em contato com o Projeto e informar novos registros de ocorrência de *T. coccinea* e *T. tagusensis* no território nacional (Creed e Oigman- Pszczol, 2011) e um Banco Nacional de Registros e Manejo do Coral-Sol onde são inseridas as ocorrências do coral-sol, e periodicamente atualizadas, as informações referentes ao manejo e monitoramento do coral-sol na costa brasileira.

O PCS possui um Programa de Monitoramento que é dividido em duas modalidades: Monitoramento Extensivo e Monitoramento Intensivo. O Monitoramento Extensivo visa monitorar a distribuição geográfica de *Tubastraea spp.* em larga escala ao longo da costa do Estado do Rio de Janeiro e São Paulo. Ao todo são monitorados 326 pontos. Já o Monitoramento Intensivo tem por objetivo detectar mudanças em populações dos corais invasores, identificar interações com elementos da comunidade nativa, quantificar a estrutura da comunidade e sua dinâmica ao longo de tempo, em função da presença do invasor.

Na área de Educação Ambiental e comunicação social, o PCS realizou Educação Ambiental comunitária na Ilha Grande (RJ); implantou uma Trilha Interpretativa; um Centro de Visitantes (2010-2012); produziu um manual do catador de coral-sol, gibis de história em quadrinhos para o público infantil e juvenil e documentários sobre a bioinvasão do coral-sol; divulga a temática da bioinvasão do coral-sol na mídia; possui um site e rede social (Facebook) para divulgação da temática da bioinvasão marinha e conservação da biodiversidade marinha. O Projeto Coral-Sol possui financiamento da FAPERJ.

## **b) Projeto Coral-Sol BTS**

O Projeto Coral-Sol BTS, criado em 2012, foi uma iniciativa da Organização Socioambientalista PRÓ-MAR e tinha por finalidade “identificar, monitorar e conter

a proliferação do Coral-sol invasor (*Tubastraea tagusensis* e *T. coccinea*) nas águas da Baía de Todos-os-Santos”, Bahia.

O Projeto Coral-Sol BTS, apoiado pelo Estaleiro Enseada do Paraguaçu, com acompanhamento do ICMBio e IBAMA, realizava o monitoramento extensivo e a remoção manual com contenção das populações de coral-sol na Baía de Todos-os-Santos.

Desde 2012, a PRÓ-MAR também realiza inspeção em plataformas, cais e terminais com recursos próprios e com acompanhamento do ICMBio e IBAMA. Além disso, a ONG efetuou dois diagnósticos sobre a distribuição do coral-sol na BTS, com apoio da Petrobras.

A partir de 2013, juntamente com a UFBA e o IOUSP, passou a integrar o Programa de Avaliação e Pesquisa do Coral-sol na Baía de Todos os Santos (BTS) – Programa Coral-sol BTS, no qual desenvolverá os projetos de responsabilidade social envolvendo a inclusão social de pescadores de comunidades para apoio às atividades de pesquisa do Programa, apoiando as atividades da UFBA e do IOUSP e educação ambiental e mobilização social.

Na área de Educação Ambiental e comunicação social, a PRÓ-MAR realiza palestras e oficinas pedagógicas sobre o tema coral-sol para professores e comunidade, desenvolve campanhas educativas com pescadores e esclarece a temática da bioinvasão do coral-sol na mídia.

Atividades do Projeto Coral-Sol BTS foram financiadas pela Petrobras por exigência judicial em decorrência do transporte da plataforma de petróleo P-27 para a Baía de Todos-os-Santos.

### **c) Projeto Corais da Baía**

O Projeto Corais da Baía é uma iniciativa do Laboratório de Ecologia Bentônica do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia e associados de outras instituições de pesquisa. Seu objetivo é produzir informação científica qualificada e gerar subsídios para a gestão de áreas de recifes de corais na Baía de Todos os Santos. O Projeto Corais da Baía produz conhecimento científico básico e aplicado sobre a biologia e ecologia do coral-sol na Baía de Todos os

Santos e divulga este conhecimento através da publicação de artigos científicos e resumos em eventos científicos. Ainda, faz a divulgação científica da temática da bioinvasão do coral-sol através da sua página na rede social Facebook.

#### **5.4. INICIATIVAS INTERNACIONAIS**

##### **a) National Oceanic and Atmospheric Administration dos Estados Unidos (NOAA)**

A National Oceanic and Atmospheric Administration dos Estados Unidos (NOAA), realizou a técnica de remoção manual de colônias de *T. coccinea* nos recifes do Flower Garden Banks National Marine Sanctuary, no Golfo do México, EUA (PRECHT et al., 2014). O controle tem o objetivo de evitar que população do coral invasor se torne fortemente estabelecida, assim diminuindo os impactos sobre os corais e esponjas nativas. O método de controle empregado, a remoção manual, é semelhante ao aplicado no Brasil.

Além disso, são desenvolvidas pesquisas no Flower Garden Banks National Marine Sanctuary, que vêm resultando em artigos científicos e outras publicações. O Flower Garden Banks National Marine Sanctuary também mantém um site com informações acerca da bioinvasão do coral-sol (*T. coccinea*) e um canal de registros de ocorrência de coral-sol no santuário (<http://flowergarden.noaa.gov/education/invasivecupcoral.html>).

#### **5.5. ESTUDOS DE CASO**

A incrustação de coral-sol em plataformas de petróleo e outras estruturas e embarcações associadas à exploração de petróleo e gás portos, setores de construção naval e mineração, tem levado à solicitação de ações de remoção de coral-sol em instalações, mudança de rota e extensão de permanência na locação e inspeção de unidades. Tais restrições se estendem a toda cadeia de infraestrutura do setor de óleo e gás e mineração, que incluem instalações portuárias, estaleiros e terminais. São requeridas inspeções e remoção/eliminação de coral-sol de unidades marítimas e, por outro lado, algumas instalações costeiras estão sendo impedidas de receber unidades ou

equipamentos da indústria de óleo e gás para realização destas atividades, seja por determinação judicial, pelo atendimento a condicionantes de licença ambiental ou por medida voluntária devido aos riscos jurídicos envolvidos. Nesse sentido, são apresentados estudos de caso com o objetivo de subsidiar a definição de ações para melhorar a eficiência e eficácia das medidas de controle de vetores de introdução e dispersão de coral-sol associados à indústria de petróleo e gás.

**a) Remoção de coral-sol do casco da unidade de produção do tipo FPSO (Floating Production Storage Offloading Unit) PETROBRAS 66 (P-66) (Processo 02022.002141/2011-03)**

O casco do FPSO P-66 foi construído no Estaleiro Rio Grande (RS), de 2011 a 2014, onde recebeu tratamento de tinta anti-incrustante. Para finalização da integração, em dezembro de 2014, a plataforma foi rebocada para o estaleiro BrasFELS, localizado em Angra dos Reis (RJ) e lá permaneceu até sua saída para locação em fevereiro de 2017. A P-66 iniciou em maio de 2017 a operação no Campo de Lula Sul na Bacia de Santos.

No estaleiro BrasFELS, 3 anos após sua chegada e dias antes de sua mobilização para locação, após inspeção estrutural no casco da unidade, foi identificada bioincrustação por coral-sol. Diante disso, foi realizada uma vistoria específica visando avaliar e registrar a ocorrência, distribuição e densidade do coral-sol.

Os resultados indicaram baixa densidade de colônias ao longo da estrutura do FPSO, espalhadas de forma esparsa no casco e apresentando dimensões pequenas, sendo a maioria em estágio inicial de crescimento. Tal fato foi comunicado ao IBAMA que determinou a seguinte condicionante por ocasião da emissão da Licença de Instalação (LI 1139/2016) da unidade: *“O deslocamento da FPSO P-66 até o local pretendido para instalação só poderá ocorrer após expressa manifestação do IBAMA, especialmente no que se refere a incrustação por coral-sol.”*

Com base nos resultados do diagnóstico da incrustação do coral-sol na P-66, foi elaborada, e apresentada pela Petrobras em reunião presencial realizada

em 29/12/16, uma proposta de gerenciamento de risco relativa à bioincrustação de coral-sol da unidade, a qual foi objeto do Parecer Técnico no 005/16 CGPEG/IBAMA.

Em função do posicionamento e considerações do IBAMA apresentados no referido parecer técnico e das características específicas em que se encontrava a P-66, bem como em razão da urgência em dar início à sua produção, a Petrobras apresentou ao CGPEG/IBAMA, uma proposta alternativa de manejo do coral-sol do casco da P-66, que foi, após autorização, implementada.

A alternativa de manejo contemplou a execução de um procedimento de remoção manual da incrustação de coral-sol, com contenção de fragmentos e larvas, efetuado no estaleiro BrasFELS.

No procedimento de limpeza adotado, foram consideradas as seguintes premissas básicas, com o objetivo de minimização do risco de dispersão desses organismos:

1) Contenção de resíduos: Considerando a indicação atual do IBAMA de observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/12) que, em seu Inciso I do artigo 47, proíbe a destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos através de lançamento no mar ou em quaisquer corpos hídricos, optou-se, neste caso, pela prevenção da liberação dos resíduos oriundos da remoção de coral-sol em ambiente marinho.

2) Contenção das estruturas reprodutivas (larvas) e dos fragmentos das colônias: Considerando o risco de disseminação do coral-sol, através do seu manejo manual sem contenção, em virtude da possível liberação de larvas e fragmentos desses organismos, entendeu-se sua contenção como premissa, até que seja alcançado consenso científico indicando que essa prática é ambientalmente segura.

3) Condições de aplicabilidade da remoção manual: Os resultados do diagnóstico realizado na plataforma indicaram que a distribuição do coral-sol no casco foi considerada esparsa e de baixa densidade, com registros médios de cobertura de cerca de 1% nas duas seções mais rasas do casco e de cerca de 4% a 7% nas mais profundas. Além disto, as colônias de *Tubastraea* spp. encontravam-se

espalhadas na estrutura do casco e foram consideradas pequenas em relação à espessura registrada, sendo a maioria em estágio inicial de crescimento.

Nesse cenário, identificou-se a possibilidade de utilizar a técnica de remoção manual, o que não seria possível com um percentual de recobrimento maior e com colônias bem desenvolvidas. O fato de serem conspícuas, não estando entremeadas com uma vasta e diversa comunidade bioincrustada, também contribuiu para viabilizar essa solução.

4) Inexistência de tecnologias de remoção de macroincrustação com contenção: Quanto às tecnologias de eliminação/remoção de macroincrustação, a Petrobras realizou dois amplos levantamentos junto a fornecedores nacionais e internacionais, considerando vários requisitos (ex.: aplicabilidade a que tipo de embarcação; tipo de tecnologia; disponibilidade no mercado; existência de protótipo; contenção de resíduos; operação manual ou por ROV; aplicação somente em superfícies planas ou também em superfícies complexas e alcance das áreas nicho; capacidade de remoção de microincrustação ou macroincrustação; dentre outros) e verificou que inexitem no Brasil e no mundo, na atualidade, fornecedores de tecnologia eficaz e ambientalmente segura (atendendo às premissas elencadas acima de contenção de fragmentos e larvas), disponível no mercado, para a remoção de macroincrustação.

Nesse sentido, e somado à existência de um grande número de áreas nicho (8 caissons, 4 caixas de mar e 63 balcões de riseres), que dificultariam ou inviabilizariam a remoção por qualquer tecnologia disponível no país, corroborou a opção por metodologia manual.

5) Elevado grau de colonização pelo coral-sol na Baía da Ilha Grande: Outro fator considerado foi a existência de fortes indícios de que a P-66 tenha sido incrustada por esses organismos na própria Baía da Ilha Grande. Assim, eventual escape de fragmentos ou larvas, devido a alguma falha pontual no processo de remoção, não implicaria em acréscimo ao *pool* genético das populações de coral-sol presentes na região.

Deste modo, a solução proposta foi embasada nas condições específicas da P-66 (grau de incrustação, porte, complexidade e localização atual da unidade),



nos requisitos para minimizar a dispersão do coral-sol e o alijamento de resíduos durante o processo de remoção, e considerou a distribuição do coral-sol na região onde o casco se encontrava.

Resumo do procedimento:

i) Escopo: A remoção das colônias de coral-sol incrustadas na superfície do casco e nas áreas-nicho da FPSO P-66 foi realizada manualmente, com utilização de raspadeiras de diversos tamanhos em todas as áreas do casco, incluindo as áreas nicho, contendo-se as colônias no interior de sacos confeccionados com malha utilizada para coleta de plâncton (abertura de até 0,5 mm).

ii) Procedimento: A remoção das colônias de coral-sol incrustadas na superfície do casco e nas áreas-nicho da FPSO P-66 foi realizada manualmente, com utilização de raspadeiras de diversos tamanhos em todas as áreas do casco. A raspadeira foi posicionada sempre na base da colônia para desprendê-la do substrato, colocando os organismos removidos no interior de saco confeccionado com malha do tipo utilizada para coleta de plâncton de modo a evitar que o material coletado e fragmentos caíssem no fundo marinho, assim como larvas fossem liberadas para a coluna d'água. Após fechados, os sacos foram armazenados em caixas plásticas, içadas manualmente para a embarcação de apoio. Posteriormente, as caixas plásticas foram direcionadas ao estaleiro, para acondicionamento e destinação final dos resíduos, de acordo com as normas ABNT e em observância aos requisitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/12). Além da coleta dos fragmentos em sacos de malha de até 0,5 mm, a operação ainda contou com cestos para coleta de possíveis fragmentos liberados durante a remoção. Os cestos foram construídos com estruturas metálicas forradas com redes de trama de 1 mm. Todavia, os mesmos não se mostraram satisfatórios diante da grande dificuldade de manuseio, a necessidade de adaptação dos mesmos para algumas áreas e inviabilidade de acesso a outras e não foram registrados depósitos de coral-sol, tendo a metodologia de uso dos sacos de plâncton se mostrado eficiente na contenção das colônias. As atividades de remoção do coral-sol tiveram duração de 22 dias. Cabe salientar que a

proposta metodológica foi desenvolvida para a aplicação do caso específico para as condições supracitadas.

#### **b) Plataformas fixas de produção da Bacia Sedimentar Sergipe -Alagoas**

Em outubro de 2011, foi instaurado pelo Ministério Público Federal (MPF) de Sergipe, um Inquérito Civil com intuito de “apurar impacto ambiental decorrente da bioinvasão do coral-sol na região de Sergipe, em função do trânsito das plataformas da Petrobras na região”. Em maio de 2013, o Ibama/SE realizou vistoria nas plataformas fixas (jaquetas) PCM-06 e PDO-01, tendo verificado a ocorrência de coral-sol incrustado nas mesmas.

Essas unidades foram instaladas no mar completamente desprovidas de qualquer tipo de bioincrustação, uma vez que foram integralmente construídas em terra e transportadas diretamente para a locação sobre balsas, conforme informações descritas no processo de licenciamento ambiental do Projeto de Ampliação do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural da Unidade de Operações de Exploração e Produção de Sergipe e Alagoas - Petrobras (UO-SEAL) nos campos de Camorim, Dourado e Guaricema localizados na Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas (Processo IBAMA nº 02022.002524/2006-14) e processo IBAMA nº 02028.000126/2011 e no Anexo B - Estudo das Técnicas Atuais de Remoção de Coral-sol do Relatório Final “Estudo sobre o coral-sol na Bacia Sergipe-Alagoas” elaborado para atendimento à Ação Civil Pública Nº 0801904-32.2015.4.05.8500. Após a instalação, ao longo do tempo, uma rica comunidade biológica foi sendo constituída nesses substratos, pelo assentamento dos propágulos e larvas de organismos bentônicos, presentes naturalmente na região ou introduzidos pelas demais embarcações que operam na região, muitas delas relacionadas a indústria de petróleo em suas atividades de apoio, ou até mesmo por sondas de perfuração, reconhecidamente utilizadas para intervenções em poços e realização de novas perfurações em áreas próximas.

Como decorrência daquela vistoria foi ajuizada Ação Civil Pública pelo MPF de Sergipe (Processo nº 0801904-32.2015.4.05.8500), em 2015, requerendo à

PETROBRAS a “erradicação e o controle de coral-sol nas duas plataformas vistoriadas e diagnóstico complementar nas demais plataformas e estruturas em águas sergipanas”. O MPF solicitou antecipação de tutela para determinar que a PETROBRAS apresentasse em 30 dias plano de erradicação da espécie nas duas plataformas. O Juiz, entretanto, solicitou manifestação da PETROBRAS, que apresentou os devidos esclarecimentos. Após ouvir a PETROBRAS, o Juiz ajustou o pedido de antecipação de tutela do MPF para determinar que a PETROBRAS apresentasse cronograma e respectivo plano de estudo a respeito da espécie e das medidas de controle existentes.

Após recurso do MPF à instância superior e pedidos de reconsideração da PETROBRAS, em dezembro de 2015, o colegiado, à unanimidade, julgou improcedente o recurso do MPF e manteve a decisão do Juiz de Sergipe. Na audiência de saneamento do processo realizada no início de 2016, foi determinada a participação do IBAMA e do MPF na realização dos estudos que deveriam ser elaborados pela PETROBRAS, a saber: Projeto de Avaliação da Bioincrustação pelo Coral-sol nas instalações da PETROBRAS no litoral sergipano e Estudo das Técnicas Atuais de Remoção de Coral-sol.

Os estudos foram concluídos e apresentados ao Magistrado e ao MPF. A avaliação da bioincrustação nas instalações da Petrobras no Litoral Sergipano foi uma oportunidade para contribuir com informações inéditas sobre a composição de organismos incrustantes em plataformas de produção e recifes naturais daquela área. As atividades de filmagens submarinas em todas as plataformas de todos os campos de produção de uma bacia sedimentar nunca tinham sido executadas no Brasil e exigiram adequações em função das condições ambientais e de compatibilidade do mergulho com a atividade de produção.

Apesar das condições de mar e tempo na área de estudo foram utilizadas técnicas de imageamento e inspeção que tornaram possível obter imagens submarinas de qualidade nas 26 plataformas, 7 árvores de natal molhadas e 6 recifes naturais nos campos de Guaricema, Dourado, Caioba, Camorim, Robalo e Salgo. Além dos 28 vídeo-transectos e de 294 vídeos exploratórios, foram obtidas também filmagens dos dutos adjacentes às plataformas, das partes internas e na

superfície das pernas das plataformas onde não era possível realizar vídeos em função das condições hidrodinâmicas adversas. Entre os organismos encontrados foi possível identificar a ocorrência do coral-sol (*Tubastraea tagusensis* e *Tubastraea coccinea*), além de outros cnidários como *Agaricia*, *Carijoa*, *Macrorhynchia*, *Montastraea*, *Siderastrea*, Zoanthidae, Plumularioidea e os corais nativos como *Mussismilia hartii* e *Mussismilia hispida*. Além dos cnidários, a comunidade bioincrustante também foi representada por diversas algas, esponjas, crustáceos, equinodermas, ascídias e poliquetos da espécie *Hermodice carunculata*, salienta-se que não foi encontrado coral-sol nos ambientes naturais vistoriados, estando esses organismos restritos aos substratos artificiais, relacionados à produção de petróleo e gás na região sul da Bacia. Também não foi identificada a presença do coral-sol nas estruturas localizadas no extremo norte de Sergipe, conforme apresentado no Projeto de Avaliação da Bioincrustação pelo Coral-sol nas Instalações da Petrobras no Litoral de Sergipe do Relatório Final “Estudo sobre o coral -sol na Bacia Sergipe-Alagoas, elaborado para Atendimento à Ação Civil Pública Nº 0801904-32.2015.4.05.8500 e condicionante de licença ambiental processo nº 02022.002524/2006-14.

Quanto ao estudo das técnicas de remoção, foram levantadas as metodologias de remoção de incrustação existentes e avaliadas sua aplicabilidade nas estruturas submarinas de exploração e produção da PETROBRAS localizadas em Sergipe, considerando aspectos ambientais, de eficácia, de segurança, operacionais e logísticos.

### **c) Bioincrustação por coral-sol em monoboias alienadas pela PETROBRAS**

Em setembro de 2011, três monoboias foram alienadas pela PETROBRAS e, a pedido da empresa compradora, foram entregues na área externa ao Canal de São Sebastião (litoral norte de São Paulo), em março de 2012. A compradora, então, providenciou fundeio dos equipamentos (autorizações e deslocamento) no canal, próximo ao Porto de São Sebastião.

À época, a questão do coral-sol era incipiente no cenário nacional e a Petrobras, assim como as outras empresas e os órgãos públicos, ainda não dispunha de mecanismos e procedimentos de avaliação de bioincrustação.

A partir de uma denúncia, o IBAMA – ESREG/Caraguatatuba/SP emitiu a notificação nº 652251 à Petrobras em setembro de 2012, solicitando esclarecimentos sobre o seu “envolvimento com a venda de monoboia bioincrustada por coral-sol”.

Em março de 2013, foram emitidos uma notificação solicitando a apresentação de projeto técnico de desinfestação, um auto de infração e um Termo de Embargo, “suspendendo as atividades de venda e/ou transporte de equipamentos infestados por coral-sol com foco principal na zona costeira paulista e seu mar territorial”, apesar de já haver registros de coral-sol em duas ilhas (Búzios e Vitória/SP), distantes 30 km da região, pelo menos quatro anos antes da chegada destas monoboias (Mantellato et al., 2011 e Mantellato, 2012).

Ressalta-se que após a entrega das monoboias ao comprador, esse deu prosseguimento à sua retirada da água e desmanche, sendo que em janeiro de 2013 apenas uma monoboia permanecia fundeada no local.

Assim, em novembro de 2013 foi realizada operação de içamento, remoção do coral-sol e de outros organismos incrustantes e o desmanche da monoboia, seguindo metodologia aprovada pelo Ibama, que incluiu inspeção do fundo marinho onde a monoboia esteve fundeada para remoção de eventuais colônias de coral-sol desprendidas. Nessa operação, foram gerados 49 tambores de 200L de resíduos, que sofreram tratamento com hipoclorito e encaminhados para destinação final em um aterro Classe 1 (Relatório das atividades para o tratamento e disposição final do resíduo sólido oriundo da remoção do material incrustado na monoboia IMODCO IV, apresentado ao SP/ESREG CARAGUATATUBA/IBAMA). Essa monoboia foi alienada por R\$ 28 mil e a operação de remoção resultou em um custo de R\$ 3 milhões.

#### **d) Restrição de utilização do Porto de Maceió e Navegação em águas alagoanas**

Em 2016, foi ajuizada Ação Civil Pública pelo Ministério Público Federal (MPF) de Alagoas (Processo nº 0801783-15.2016.4.05.8000) em face da PETROBRAS, TRANSPETRO, Administração do Porto de Maceió, IMA- AL e IBAMA, que teve como escopo principal proteger o meio ambiente marinho de forma preventiva, especificamente o litoral alagoano da bioinvasão provocada pelo coral-sol, determinando *“exigência de apresentação de certificado de limpeza/retirada prévia das espécies invasoras (coral-sol) de seus cascos, por parte de todas as embarcações que venham a trafegar na área e tenham qualquer relação com a exploração e/ou prospecção de petróleo, inclusive aquelas destinadas apenas à prestação de apoio às aludidas atividades, somente sendo autorizada a permanência das mesmas no Cais do Porto de Maceió após apresentação da referida comprovação”*.

A eventual aprovação desta decisão impactaria a utilização do Porto de Maceió pelo setor de petróleo e gás, podendo comprometer o escoamento da produção de Alagoas e a descarga de derivados para abastecimento do Estado. Vale registrar que a PETROBRAS e a TRANSPETRO, são responsáveis por aproximadamente 30% do volume de atividades no Porto, com as atividades de descarga de derivados e carregamento de petróleo. Um breve exercício de busca de alternativas indica que, possivelmente, o escoamento da produção do ativo de produção de Alagoas seria interrompido por um (1) ano, antes de ser possível estabelecer outro *modus operandi* para essa atividade.

Apesar da Administração do Porto de Maceió ter imputado tal exigência, cabe destacar que a competência para determinar inspeção em meios navais é da Marinha do Brasil. Assim, a Autoridade Marítima Brasileira e as Sociedades Classificadoras, em conformidade com a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida no Mar (em inglês, “Safety of Life at Sea Convention” – SOLAS 1974/1988) da IMO, requerem que as embarcações mercantes com arqueação bruta superior a 500 toneladas realizem ao menos duas inspeções na parte externa do fundo do casco em um período de cinco anos. No Brasil as

determinações da SOLAS são refletidas na NORMAM-01/DPC (2005) Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação em Mar Aberto.

Em sessão de julgamento ocorrida em janeiro de 2017, o Tribunal Regional Federal da 5ª Região julgou procedente o recurso apresentado pela Petrobras e, à unanimidade, revogou em definitivo a liminar anteriormente concedida pelo Juiz de Primeiro Grau de Maceió determinava que, a partir de 27/01/2017, embarcações de quaisquer espécies, pertencentes à Petrobras e à Transpetro ou a serviço dessas empresas estariam impedidas de aportar no Porto de Maceió ou navegar ao longo da costa alagoana, exceto se apresentassem certificado de inspeção visual que atestasse a ausência de coral-sol em suas estruturas, sob pena de multa de R\$ 150.000,00 por embarcação que eventualmente não apresentasse o laudo, ou em que fosse constatada a presença de coral-sol, apesar da apresentação de laudo negativo.

Este caso ilustra a complexidade da temática do coral-sol, a exemplo da adoção de medidas muitas vezes inviáveis e sem eficácia comprovada, que buscam prevenir/mitigar a disseminação do coral-sol no Brasil, mas sem ponderar mecanismos alternativos que concluam em maior eficácia e menor impacto econômico. Ilustra também a necessidade de clareza frente às competências dos órgãos e a regulamentação existente, bem como os princípios isonômicos de sua aplicação e a necessidade de haver paridade entre os entes da Federação evitando medidas prejudiciais ao desenvolvimento de alguma região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, M.C., ADAMS, H., HOPE, B., POWELL, M., 2004. Risk assessment for invasive species. *Risk analysis*, 24(4), 787-793.

AYRE, D.J., RESING, J.M., 1986. Sexual and asexual production of planulae in reef corals. *Marine Biology* 90, 187-190.

BARTHOLO, D.L., 2005. Distribuição, abundância e recrutamento de duas espécies de corais invasores (*Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis*) na Baía da Ilha Grande, Brasil. 2005. f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas Ecologia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

BAX, N., CARLTON, J.T., MATHEWS-AMOS, A., HAEDRICH, R.L., HOWARTH, F.G., PURCELL, J. E., RIESER, A., GRAY, A., 2001. The control of biological invasions in the world's oceans. *Conservation Biology*, 15(5), 1234-1246.

BAX, N., WILIAMSON, A., AGUERO, M. GONZALES, E., GEEVES, W. 2003. Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine Policy*, 27(4), 313-323.

BLACKBURN, T. M.; PYSEK, P.; BACHER, S.; CARLTON, J. T.; DUNCAN, R. P.; JAROSÍK, V. 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(7), 333-339.

BERTNESS, M. D., GAINES, S. D., & HAY, M. E. (Eds.). 2001. *Marine community ecology* (No. QH 541.5. S3. M369 2001). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates.

BIRKELAND, C. 1997. Life and death of coral reefs. Springer Science & Business Media.

BOSCHMA, H., 1953. On specimens of the coral genus *Tubastrea*, with notes on phenomena of fission. *Stud. Fauna Curaçao Caribb. Islands* 4, 109-119.

BROOK, F.J. 1999. The coastal scleractinian coral fauna of the Kermadec Islands, southwestern Pacific Ocean, *Journal of the Royal Society of New Zealand* 29 (4): 435-460.

CAIRNS, S. D. 1994. Scleractinia of the temperate North Pacific. *Smithsonian Contributions Zoology* 557:1-150.

CAIRNS, S.D. 2000. A revision of the shallow-water azooxanthellate Scleractinia of the Western Atlantic. *Stud Nat Hist Caribb*, 75, 1-240.

CAIRNS, S.D. 2004. The Azooxanthellate Scleractinia (Coelenterata: Anthozoa) of Australia. *Records of the Australian Museum* (2004) Vol. 56: 259–329.

CAPEL, K.C.C., 2012. Scleractinia (Cnidaria: Anthozoa) da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (SC), com ênfase na estrutura espaço-temporal da formação



mais meridional de corais recifais no Oceano Atlântico. 2012. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Centro de Ciências Biomédicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

CAPEL, K.C.C., MIGOTTO, A.E., ZILBERBERG, C., KITAHARA, M.V. 2014. Another tool towards invasion? Polyp “bail-out” in *Tubastrea coccinea*. *Coral Reefs*, 33, 1165-1165.

CAPEL et al. (2016) Hitchhiking in the sea: evidence of vectors transporting the invasive coral species *Tubastrea coccinea* and *T. tagusensis* in the southwestern atlantic ocean. In: 13<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium.

CAPEL, K. C. C., MIGOTTO, A. E., ZILBERBERG, C., LIN, M. F., FORSMAN, Z., MILLER, D. J., KITAHARA, M. V., 2016a. Complete mitochondrial genome sequences of Atlantic representatives of the invasive Pacific coral species *Tubastrea coccinea* and *T. tagusensis* (Scleractinia, Dendrophylliidae): Implications for species identification. *Gene*.

CARPENTER, K.E., HARRISON, P.L., HODGSON, G., ALSAFFAR, A.H., ALHAZEEM, S.H., 1997. The corals and coral reef fishes of Kuwait. Kuwait Institute for Scientific Research, Environment Public Authority, Safat, 166 p.

CARLOS-JUNIOR, L.A., BARBOSA, N.P.U., MOULTON, T.P., CREED, J.C. 2015 Ecological niche model used to examine the distribution of an invasive, non-indigenous coral. *Marine Environmental Research* 103, 115-124.

CARLTON, J.T. 1996. Biological invasions and cryptogenic species. *Ecology* 77(6): 1653–1655

CARLTON, J.T. 2001. Introduced Species in US Coastal Waters: Environmental Impacts and management priorities. Pew Oceans Commission, Arlington, Virginia, USA, 28 pp.

CASTILLA, J. C.; LAGOS, N. A.; CERDA, M. 2004. Marine ecosystem engineering: effects of the alien ascidian *Pyura praeputialis* upon species richness, distribution and spatial turnover in the mid-intertidal rocky shores of northern Chile. *Marine Ecology Progress Series*, v. 268, p. 119-130.

CASTRO, C. B.; PIRES, D. O. 2001. Brazilian coral reefs: what we already know and what is still missing. *Bulletin of Marine Science*, v. 69, n. 2, p. 357–371.

CHAPMAN, P. 2016. Benefits of Invasive Species. *Marine Pollution Bulletin* 107: 1–2.

CHRISTMAS J, EADES R, CINCOTTA D, SHIELS A, MILLER R, SIEMIEN J, SINNOTT T, FULLER P (2001) History, management, and status of introduced fishes in the Chesapeake Bay basin. *Proceedings of conservation of biological diversity: A key to the restoration of the Chesapeake Bay ecosystem and beyond*, pp 97-116.

COLAUTTI, R.I., MACISAAC, H.J. 2004. A neutral terminology to define 'invasive' species. *Diversity and Distributions* 10:135-141.

COMMONWEALTH OF AUSTRALIA (2015). Australian Emergency Marine Pest Plan (EMPPPlan). Rapid Response Manual. Generic manual. Version 1.0.

CONCEPCION, G.T., KAHNG, S.E., CREPEAU, M.W., FRANKLIN, E.C., COLES, S.L., TOONEN, R.J., 2010. Resolving natural ranges and marine invasions in a globally distributed octocoral (genus *Carijoa*). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 401, 113–127.

COSTA, T.J.F., PINHEIRO, H.T., TEIXEIRA, J.B., MAZZEI, E.F., BUENO, L., HORA, M.S.C., JOYEUX, J.-C., CARVALHO-FILHO, A., AMADO-FILHO, G., SAMPAIO, C.L.S., ROCHA, L.A., 2014. Expansion of an invasive coral species over Abrolhos Bank, Southwestern Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 85, 252-253.

COUTINHO, R. et al. 2013. Avaliação Crítica das Bioinvasões por Bioincrustação. IEAPM. Ressurgência. no 7

CREED, J.C. 2006. Two invasive alien azooxanthellate corals, *Tubastrea coccinea* and *T. Tagusensis*, dominate the native zooxanthellate *Mussimilia hispida* in Brazil. *Coral Reefs*, 25(3), 350-350.

CREED, J.C., DE PAULA, A.F. 2007. Substratum preference during recruitment of two invasive alien corals onto shallow-subtidal tropical rocky shores. *Marine Ecology Progress Series*, 330, 101-111.

CREED, J.C.; Oigman-Pszczol S.S., 2011. Informe Nacional sobre a Bioinvasão e Manejo do Coral-Sol no Brasil, 2011. Projeto Coral- Sol, Instituto Biodiversidade Marinha, 13pp.

CREED, J. C.; OLIVEIRA, A. E. S.; DE PAULA, A. F. 2008. Cnidaria, Scleractinia, *Tubastraea coccinea* Lesson, 1829 and *Tubastraea tagusensis* Wells, 1982: Distribution extension. *Check List*, v. 4, n. 3, p. 297–300.

CREED, J.C., FENNER, D., SAMMARCO, P., CAIRNS, S., CAPEL, K., JUNQUEIRA, A.O.R., CRUZ, I., MIRANDA, R.J., CARLOS-JUNIOR, L., MANTELATTO, M.C., OIGMAN-PSZCZOL, S. 2016. The invasion of the azooxanthellate coral *Tubastrea* (Scleractinia: Dendrophylliidea) throughout the world: history, pathways and vectors. *Biol Invasions*.

CROOKS, J. A. 2002. Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. *Oikos* 97: 153 – 166.

DA SILVA, A. G. et al. 2014. Eleven years of range expansion of two invasive corals (*Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis*) through the southwest Atlantic (Brazil). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 141, p. 9–16.

DE PAULA, A. F., 2007. Biologia reprodutiva, crescimento e competição dos corais invasores *Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis* (Scleractinia: Dendrophylliidae) com espécies nativas. 2007. 107 p. Tese (Doutorado em

Ciências Biológicas - Zoologia) - Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

DE PAULA, A. F.; CREED, J. C. 2004. Two species of the coral *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia) in Brazil: A case of accidental introduction. *Bulletin of Marine Science*, v. 74, n. 1, p. 175–183.

DE PAULA, A.F., CREED, J.C. 2005. Spatial distribution and abundance of nonindigenous coral genus *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia) around Ilha Grande, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 65(4): 661–673.

DE PAULA, A.F., PIRES, D.O., CREED, J.C. 2014. Reproductive strategies of two invasive sun corals (*Tubastrea* spp.) in the southwestern Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 94, 03, 481-494.

DE POORTER, M., DARBY, C., MACKAY, J., 2009. *Marine Menace - Alien invasive species in the marine environment*. IUCN.

FAO. 2006. *The State of World Fisheries and Aquaculture. Part 1: World Review of Fisheries and Aquaculture*. Rome: FAO

FENNER, D. 1999. New observations on the stony coral (Scleractinia, Milleporidae, and Stylasteridae) species of Belize (Central America) and Cozumel (Mexico). *Bulletin of Marine Science* 64: 143-154.

FENNER, D. 2001. Biogeography of three Caribbean corals (Scleractinia) and the invasion of *Tubastraea coccinea* into the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, v. 69, n. 3, p. 1175– 1189.

FENNER D.; BANKS, K. 2004. Orange cup coral *Tubastraea coccinea* invades Florida and the Flower Garden Banks, northwestern Gulf of Mexico. *Coral Reefs* 23: 505-507.

FERREIRA, C.E.L. 2003. Non-indigenous corals at marginal sites. *Coral Reefs*, 22(4), 498-498.

FERREIRA, C. E. L.; GONÇALVES, J. E. A.; COUTINHO, R. Cascos de navios e plataformas como vetores na introdução de espécies exóticas. In: SILVA, J. S. FERREIRA, C.E.L.; J.E.A. GONÇALVES, & R. COUTINHO. 2006. Ship hulls and oil platforms as potential vectors to marine species introduction. *Journal of Coastal Research* 39: 1341-1346.

FRIEDLANDER, A.M., BALLESTEROS, E., FAY, M., SALA, E., 2014. Marine Communities on Oil Platforms in Gabon, West Africa: High Biodiversity Oases in a Low Biodiversity Environment. *PLoS ONE* 9, e103709.

GLYNN, P.W., COLLEY, S.B., MATE, J.L., CORTES, J., GUZMAN, H.H.M., BAILEY, R.L., FEINGOLD, J.S., ENOCHS, I.C. 2008. Reproductive ecology of azooxanthellate coral *Tubastrea coccinea* in equatorial eastern pacific: Part V. Dendrophyliidae. *Marine Biology*, 153, 529-524.

GLYNN, P., WEERDT, W. 1991. Elimination of two reef-building hydrocorals following the 1982-83 El Nino warming event. *Science (Washington)* 253, 69-71.

GOMES, A.N., BARROS, G.M., POMPEI, C. 2015. Monitoramento extensivo e manejo do coral-sol *Tubastraea* spp. (Cnidaria, Anthozoa) na Estação Ecológica de Tamoios, RJ, Brasil, In VIII Congresso Brasileiro de Unidade de Conservação. pp.1-7.

GUIMARÃES, D.S.D. 2016. Malacofauna associada ao coral bioinvasor *Tubastraea tagusensis* Wells, 1982 (Scleractinia: Dendrophyllidae), na Baía de Todos-os-Santos, BA. Dissertação – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Biologia. Departamento de Zoologia. Programa de Pós-Graduação em Diversidade Animal. 92 pp, Link: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclu\\_sao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=4060955](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclu_sao.jsf?popup=true&id_trabalho=4060955).

HENNESSEY, S.M., SAMMARCO, P.W. 2014. Competition for space in two invasive Indo-Pacific corals – *Tubastrea micranthus* and *Tubastrea coccinea*: Laboratory experimentation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 459, 144-150.

HEWITT, C., GOLLASCH, S., MINCHIN, D. 2009. The Vessel as a Vector – Biofouling, Ballast Water and Sediments, In *Biological Invasions in Marine Ecosystems*. eds G. Rilov, J. Crooks, pp. 117-131. Springer Berlin Heidelberg.

HO, M. J., HSU, C. M., Chen, C. A. 2016. Wall of orange cup coral, *Tubastraea coccinea*, at the inlet breakwaters of a nuclear power plant, southern Taiwan. *Marine Biodiversity*, 1-2.

HOLLAND B.S., 2000. Genetics of marine bioinvasions *Hydrobiologia* ,420: 63–71.

HEYWOOD, V.H. 1996. Patterns, extents and modes invasions by terrestrial plants. In Drake, J. A., H. A. Mooney, F. Di Castri, R. H. Groves, E. J. Kruger, M. Rejmánek, M., M. Williamson ( eds). *Biological invasions*. John Wiley & Sons, Nova Iorque, EUA.

HEWITT, C.L., Campbell, M.L., 2007. Mechanisms for the prevention of marine bioinvasions for better biosecurity. *Marine Pollution Bulletin*, 55(7), 395-401.

HEWITT, C. L. et al. 2005. Efficacy of physical removal of a marine pest: the introduced kelp *Undaria pinnatifida* in a Tasmanian marine reserve. *Biological Invasions*. 7:251-263.

HUXEL, G. R. 1999. Rapid displacement of native species by invasive species: effects of hybridization. *Biological Conservation*, v. 89, n. 2, p. 143-152.

IPIECA/OGP. 2010. Alien invasive species and the oil and gas industry: Guidance for prevention and management. IPIECA - The global oil and gas industry

association for environmental and social issues and OGP International Association of Oil & Gas Producer Report Number 436, London.

IUCN – International Union for Conservation of Nature. (2006). The World Conservation Union IUCN. Recuperado em 15 fev. 2006, de <http://www.iucn.org>

LAFFERTY, K.D., KURIS, A.M., 1996. Biological control of marine pests. *Ecology*, 77(7), 1989-2000.

LAGES, B.G., FLEURY, B.G., REZENDE, C.M. PINTO, A.C., CREED, J.C. 2010. Chemical composition and release in situ due to injury of the invasive coral *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia). *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(SPE4), 47-56.

LAGES, B. G. et al. 2011. Change in tropical rocky shore communities due to an alien coral invasion. *Marine Ecology-Progress Series*, v. 438, p. 85–96.

LECLAIR, L., PLEUS, A., SCHULTZ, J., 2009. 2007-2009 Biennial report: Invasive species tunicate response. Prepared for the Puget Sound Partnership. Washington Department of Fish and Wildlife; Fish Program; Aquatic Invasive Species Unit.

LAGES, B.G., FLEURY, B.G., REZENDE, C.M. PINTO, A.C., CREED, J.C. 2012. Proximity to competitors changes secondary metabolites of non-indigenous cup corals, *Tubastraea* spp., in the southwest Atlantic. *Marine Biology*, 159(7), 1551-1559.

LOPES, R.M. 2009. Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil. *Biodiversidade* 33, Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 439p.

LODGE, D. M.1993. Biological invasions: lessons for ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 8, p. 133 - 137.

LOPES, R. M. (Ed.) 2009. Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 439p. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf2008\\_dc\\_bio/\\_ebooks/marinho/](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf2008_dc_bio/_ebooks/marinho/)

LUZ, B.L., CAPEL, K.C., MIGOTTO, A.E., ZILBERBERG, E., KITAHARA, M.V. 2016. A polyp from nothing: the extreme regeneration capacity of the invasive sun corals *T. coccinea* and *T. tagusensis*. In: 13th International Coral Reef Symposium, p. 207.

MAIA, L F., FERREIRA, G.R., COSTA, R.C., LUCAS, N.C., TEIXEIRA, R.I., FLEURY, B.G., EDWARDS, H.G.M., OLIVEIRA, L.F., 2014a. Raman spectroscopic study of antioxidant pigments from cup corals *Tubastraea* spp. *The Journal of Physical Chemistry A*, 118(19), 3429-3437.

- MANGELLI, T.S., CREED, J.C. 2012. Análise comparativa da abundância do coral invasor *Tubastraea* spp: (Cnidaria, Anthozoa) em substratos naturais e artificiais na Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. Iheringia. Série Zoologia 102, 122-130.
- MANTELATTO, M. C. et al. 2011. Range expansion of the invasive corals *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis* in the Southwest Atlantic. Coral Reefs, v. 30, n. 2, p. 397–397.
- MANTELATTO, M. C. 2012. Distribuição e abundância do coral invasor *Tubastraea* spp. Dissertação de Mestrado—Rio de Janeiro: Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- MANTELATTO, M.C., CREED, J.C. 2014. Non-indigenous sun corals invade mussel beds in Brazil. Marine Biodiversity, p.1-2.
- MANTELATTO, M.C., PIRES, L.M., OLIVEIRA, G.J.G, CREED, J.C. 2015. A test of the efficacy of wrapping to manage the invasive corals *Tubastrea tugusensis* and *T. coccinea*. Management of Biological Invasions, 6: 367-374.
- MEURER, B.C., LAGES, N.S., PEREIRA, O.A., PALHANO, S., MAGALHAES, G.M. 2010. First record of native species of sponge overgrowing invasive corals *Tubastrea coccinea* and *Tubastrea tagusensis* in Brazil. Marine Biodiversity Records, 3, e62.
- MIRANDA, R.J. 2014. Efeitos do coral invasor *Tubastraea tagusensis* sobre corais nativos competidores e sobre a estrutura das assembleias bentônicas de um recife de coral tropical do Atlântico, In Ecologia e Biomonitoramento. p. 64. Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- MIRANDA, R.J., CRUZ, I.C., BARROS, F. 2016. Effects of the alien coral *Tubastrea tagusensis* on native coral assemblages in a southwestern Atlantic coral reef. Marine Biology, 163(3), 1-12.
- MIZRAHI, D. 2008. Influência da temperatura e luminosidade na distribuição da espécie invasora *Tubastraea coccinea* na região de ressurgência de Arraial do Cabo– RJ, In Programa de Pós-graduação em Ecologia. p. 85. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MIZRAHI, D. 2014. Influência de processos pré e pós-assentamento no padrão de ocorrência do coral-sol, *Tubastraea coccinea*, no litoral norte do Estado de São Paulo. Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP. Área de concentração: Biologia Comparada. 159 p
- MIZRAHI D, NAVARRETE S. A; FLORES A.A.V. 2014. Uneven abundance of the invasive sun coral over habitat patches of different orientation: an outcome of larval or later benthic processes? J Exp Mar Biol Ecol 452:22–30. doi:10.1016/j.jembe.2013.11.013

MIZRAHI, D., NAVARRETE, S., FLORES, A.V. 2014. Groups travel further: pelagic metamorphosis and polyp clustering allow higher dispersal potential in sun coral propagules. *Coral Reefs*, 33, 443- 448.

MUNOZ, J., MCDONALD, J. 2014. Potential Eradication and Control Methods for the Management of the Ascidian *Didemnum perlucidum* in Western Australia. Fisheries Research Report No. 252. Department of Fisheries, Western Australia. 40pp.

MIZRAHI *et al.* 2016. Possible interference competition involving established fish and a sun coral incursion. *Mar Biodiv* DOI 10.1007/s12526-016-0477-2.

MOONEY, H. A.; CLELAND, E. E. 2001. The Evolutionary Impact of Invasive Species. National Academy of Sciences Colloquium. "The Future of Evolution". Vol. 98:10, pp. 5446 - 5451.

MOREIRA, T.S., CREED, J.C. 2012. Invasive, non-indigenous corals in a tropical rocky shore environment: no evidence for generalist predation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 438, 7-13.

NICOLAU, A. L. 1997. Num outro mundo. *Revista da Petrobras* 35:20-23.

OCANA, O., DEN HARTOG, J.C., BRITO, A., MORO, L., HERRERA, R., MARTIN, A., RAMOS-ESPLA, A., BALLESTEROS, E., BACALLADO, J. J. 2015. A survey on Anthozoa and its habitats along the Northwest African coast and some islands: new records, descriptions of new taxa and biogeographical, ecological and taxonomical comments. Part I. *Rev.Acad. Canar. Cienc.* 27:9-66.

OIGMAN-PSZCZOL, S., CREED, J., FLEURY, B., MANTELATTO, M.C., CAPEL, K.C.C., MEIRELES, C., CABRAL, D., MASI, B., JUNQUEIRA, A. 2017. O controle do coral-sol no Brasil não é uma causa perdida. *Ciência e Cultura*, v. 69, p.56-59.

OLENIN, S., ELLIOTT, M., BYSVEEN, I., CULVERHOUSE, P.F., DAUNYS, D., DUBELAAR, G.B., GOLLASCH, S., GOULLETQUER, P., JELMERT, A., KANTOR, Y. 2011. Recommendations on methods for the detection and control of biological pollution in marine coastal waters. *Marine Pollution Bulletin* 62, 2598-2604.

PAZ-GARCIA D.A., REYES-BONILLA H., GONZALEZ-PERALTA A., SANCHEZ-ALCANTARA I. 2007. Larval release from *Tubastraea coccinea* in the Gulf of California, Mexico. *Coral Reefs.*, 26: 433.

PETROBRAS, 2016. Estudo sobre o coral-sol na Bacia Sergipe-Alagoas. Anexo A – Projeto de Avaliação da Bioincrustação pelo Coral-sol nas instalações da Petrobras no Litoral de Sergipe. Outubro de 2016. 139p.

PIMENTEL, D., ZUNIGA, R., & MORRISON, D. 2005. Update on the environment and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52(3), 273- 288.

PLEUS, A., LECLAIR, L., SCHULTZ, J., LAMBERT, G. 2008. 2007-09 Tunicate Management Plan. Washington State Department of Fish and Wildlife. Aquatic Invasive Species Unit. In coordination with the Tunicate Response Advisory Committee. February.

PRECHT, W.F., HICKERSON, E.L., SCHMAHL, G. P., ARONSON, R.B. 2014. The invasive coral *Tubastrea coccinea* (Lesson, 1829): implications for natural habitats in the gulf of Mexico and the Florida Keys. *Gulf of Mexico Science*, (1-2) p. 55-59.

RICHARDSON, D.M.; PYSEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M.G.; PANETTA, F.D., WEST, C.J. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6:93–107.

RICHARDSON, DAVID M.; REJMANEK, MARCEL. 2011. Trees and shrubs as invasive alien species—a global review. *Diversity and Distributions*, v. 17, n. 5, p. 788-809.

RIUL, P.; TARGINO, C. H.; JUNIOR, L. A.; CREED, J. C.; HORTA, P. A.; COSTA, G. C. 2013. Invasive potential of the coral *Tubastraea coccinea* in the southwest Atlantic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 480:73–81.

ROBINSON, G. 1985. Influence of the 1982–83 El Niño on Galápagos marine life. In: Robinson, G. & del Pino, E.M. (eds) *El Niño en las Islas Galápagos: el evento de 1982–1983*. Publication of the Charles Darwin Foundation for the Galápagos Islands, Quito.

ROSA, F.B.S. 2015. Avaliação experimental do efeito dos corais invasores *Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis* (Scleractinia: Dendrophiiliidae) sobre a assembleia de moluscos de uma comunidade bentônica, In Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SAMMARCO, P. W.; ATCHISON, A. D.; BOLAND, G. S. 2004. Expansion of coral communities within the Northern Gulf of Mexico via offshore oil and gas platforms. *Marine Ecology Progress Series*, 280:129-143.

SAMMARCO, P. W.; ATCHISON, A. D.; BRAZEAU D. A.; BOLAND G.S.; LIRETTE A. 2007a. Expansion of scleractinian corals across the N. Gulf of Mexico: a bird's eye view of large-scale patterns and genetic affinities. *Proc Austral Mar Sci Assoc*, Melbourne (Abstract).

SAMMARCO, P. W.; BRAZEAU, D. A.; ATCHISON, A. D.; BOLAND, G. S.; LIRETTE, A. 2007b. Coral distribution, abundance, and genetic affinities on oil/gas platforms in the N. Gulf of Mexico: a preliminary look at the Big Picture. *Proc US Dept. Interior Minerals Management Service Information Transfer Meeting* Jan 2007, New Orleans, LA.



SAMMARCO, P. W.; ATCHISON, A. D.; BRAZEAU, D. A.; BOLAND, G. S.; HARTLEY, S. B.; LIRETTE, A. 2008. Distribution, abundance, and genetics of corals throughout the N. Gulf of Mexico: the world's largest coral settlement experiment. Proc 11th Int Coral Reef Symp, Fort Lauderdale, FL, July 2008, Abstract.

SAMMARCO, P. W.; PORTER, S. A.; CAIRNS, S. D. 2010. A new coral species introduced into the Atlantic Ocean—*Tubastraea micranthus* (Ehrenberg, 1834) (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia): An invasive threat? *Aquat Invasions* 5: 131–140.

SAMMARCO, P. W.; ATCHISON, A. D.; BOLAND, G. S.; SINCLAIR, J.; LIRETTE, A. 2012a. Geographic expansion of hermatypic and ahermatypic corals in the Gulf of Mexico, and implications for dispersal and recruitment. *J Exp Mar Biol Ecol* 436-437: 36–49.

SAMMARCO, P. W. 2013. Corals on oil and gas platforms near the Flower Garden Banks: population characteristics, recruitment, and genetic affinity. U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA.

SAMPAIO, C. L. S.; MIRANDA, R. J.; MAIA-NOGUEIRA, R.; NUNES, J. C. C. 2012. New occurrences of the nonindigenous Orange cup corals *Tubastrea coccinea* and *T. tagusensis* (Scleractinia: Dendrophylliidae) in Southwestern Atlantic. *Check List* 8, 528-530.

SANTOS, L. A. H. DOS; RIBEIRO, F. V.; CREED, J. C. 2013. Antagonism between invasive pest corals *Tubastraea* spp. and the native reef-builder *Mussismilia hispida* in the southwest Atlantic. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 449, p. 69–76, nov.

SCHUHMANN, P. W.; CASEY, J. F.; HORROCKS, J. A.; OXENFORD, H. A. 2013. Recreational SCUBA divers' willingness to pay for marine biodiversity in Barbados. *Journal of Environmental Management* 121, 29–36.

SILVA, A. G.; LIMA, R. P.; GOMES, A. N.; FLEURY, B. G.; CREED, J. C. 2011. Expansion of the invasive corals *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis* into the Tamoios Ecological Station Marine Protected Area, Brazil. *Aquat Invasions* 6:S105– S110.

SILVA, A. G.; DE PAULA, A. F.; FLEURY, B. G.; CREED, J. C. 2014. Eleven years of range expansion of two invasive corals (*Tubastraea coccinea* and *T. tagusensis*) through the southwest Atlantic (Brazil). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 141: 9–16.

SIMBERLOFF, D.; REJMÁNEK, M. 2011. *Encyclopedia of biological invasions*. California: University of California Press.

SIMBERLOFF, D.; VON HOLLE, B. 1999. Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? *Biol. Invasions*, v. 1, 21–32.

SIMONE, L. R. L.; GONÇALVES, E. P. 2006. Anatomical study on *Myoforceps aristatus*, an invasive boring bivalve in S.E Brazilian coast (Mytilidae). *Papéis avulsos de zoologia*, v. 46, n.6, p. 57-65.

THRESHER, R. E.; KURIS, A. M. 2004. Options for managing invasive marine species. *Biological Invasions*, 6(3), 295-300.

VAUGHAN, T. W.; WELLS, J. W. 1943. Revision of the suborders families, and genera of the scleractinia. *Geological Society of America Special Papers* 44, 1-394.

VERMEIJ, M. J. A. 2005. A novel growth strategy allows *Tubastrea coccinea* to escape small-scale adverse conditions and start over again. *Springer - Verlag* 24, 442.

VERMEIJ, M. J. A. 2006. Early life-history dynamics of Caribbean coral species on artificial substratum: the importance of competition, growth and variation in life-history strategy. *Coral Reefs* 25, 59-71.

VERON, J. E. N. 1995. *Corals in space and time: the biogeography and evolution of the Scleractinia*. Cornell University Press.

WILLIAMSON, M. 1996. *Biological invasions*. Springer Science & Business Media.

WOLF, A. T.; NUGUES, M. M.; WILD, C. 2014. Distribution, food preference, and trophic position of the corallivorous fireworm *Hermodice carunculata* in a Caribbean coral reef. *Coral Reefs*, 33(4), 1153-1163.