

MINISTÉRIO DA SAÚDE  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – REPRESENTAÇÃO NO BRASIL

# Caracterização do Estado da Arte em Biotecnologia Marinha no Brasil

Brasília – DF  
2010



MINISTÉRIO DA SAÚDE  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – REPRESENTAÇÃO NO BRASIL

# Caracterização do Estado da Arte em Biotecnologia Marinha no Brasil

Brasília – DF  
2010



MINISTÉRIO DA SAÚDE  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – REPRESENTAÇÃO NO BRASIL

# Caracterização do Estado da Arte em Biotecnologia Marinha no Brasil

Série B. Textos Básicos de Saúde

Brasília – DF  
2010

© 2010 Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. Ministério da Ciência e Tecnologia  
Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total dessa obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.  
A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens dessa obra é da área técnica.  
A coleção institucional do Ministério da Saúde pode ser acessada na íntegra na Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde:  
<http://www.saude.gov.br/bvs>

Série B. Textos Básicos de Saúde

Tiragem: 1.ª edição – 2010 – 5000 exemplares

Elaboração, distribuição e informações:

MINISTÉRIO DA SAÚDE  
Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos  
Estratégicos  
Departamento do Complexo Industrial e  
Inovação em Saúde  
Esplanada dos Ministérios, Bloco G, Edifício  
Sede, 8º andar, sala 819  
CEP: 70058-900, Brasília – DF  
Fone: (61) 3315-2790  
*Homepage:* <http://www.saude.gov.br>

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA  
SAÚDE – REPRESENTAÇÃO NO BRASIL  
Setor de Embaixadas Norte, Lote 19  
CEP: 70800-400, Brasília – DF  
Fone: (61) 3251-9595  
*Homepage:* <http://www.paho.org/bra>

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA  
Secretaria de Políticas e Programas de  
Pesquisa e Desenvolvimento  
Coordenação para Mar e Antártica  
Esplanada dos Ministérios, Bloco E, Sala 231  
CEP: 70067-900, Brasília – DF  
Fone: (61) 3317-7854  
*Homepage:* <http://www.mct.gov.br>

*Autora:*

Valéria Laneuville Teixeira

*Equipe:*

Izabel Christina Nunes de Palmer Paixão  
Roberto Campos Villaça  
Diana Negrão Cavalcanti

*Revisão Técnica:*

Maria Cordélia Soares Machado (MCT)

*Coordenação:*

Reinaldo Guimarães (MS)  
Zich Moysés Júnior (MS)  
Pedro Canisio Binsfeld (MS)  
Ana Paula Reche Corrêa (MS)  
Maria Cordélia Soares Machado (MCT)  
Félix Rígoli (OPAS/OMS)  
Christophe Rérat (OPAS/OMS)  
Giselle Calado (OPAS/OMS)  
Myrza Horst (OPAS/OMS)

*Responsável Técnica:*

Lilian Hitomi Mikami (MS)  
Adriana Gonçalves Machado (MS)

*Revisão Textual:*

Líliá Coelho de Sousa Santos

*Capa e Projeto Gráfico:*

All Type Assessoria Editorial Ltda

*Impressão:*

Organização Pan-Americana da Saúde – Representação Brasil

Editora MS

Coordenação de Gestão Editorial

SIA, trecho 4, lotes 540/610

CEP: 71200-040, Brasília – DF

Tels.: (61) 3233-1774/2020

Fax: (61) 3233-9558

*E-mail:* [editora.ms@saude.gov.br](mailto:editora.ms@saude.gov.br)

*Homepage:* <http://www.saude.gov.br/editora>

Equipe editorial:

Normalização: Adenilson Félix

Impresso no Brasil/*Printed in Brazil*

#### Ficha Catalográfica

Brasil. Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. Ministério da Ciência e Tecnologia.

Caracterização do Estado da Arte em Biotecnologia Marinha no Brasil / Ministério da Saúde, Organização Pan-Americana da Saúde, Ministério da Ciência e Tecnologia. – Brasília: Ministério da Saúde, 2010.  
134 p.: il. (Série B. Textos Básicos de Saúde)

ISBN 978-85-334-1707-6 Ministério da Saúde

ISBN 978-85-7967-052-7 Organização Pan-Americana da Saúde

1. Biotecnologia marinha. 2. Produtos biotecnológicos. 3. Desenvolvimento sustentável I. Título. II. Série

CDU 606:502

Catálogo na fonte – Coordenação-Geral de Documentação e Informação – Editora MS – OS 2010/0363

*Títulos para indexação:*

Em inglês: Characterization of the state of the art of Marine Biotechnology in Brazil

Em espanhol: Caracterización del estado actual en Biotecnología Marina en el Brasil

# Sumário

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>7</b>
<b>Apresentação</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Uma abordagem sobre a área de Biotecnologia Marinha</b> .....	<b>11</b>
<b>2 O apoio aos estudos de Biotecnologia Marinha no Brasil</b> .....	<b>15</b>
<b>3 Biotecnologia Marinha</b> .....	<b>23</b>
<b>4 Campos de atuação em Biotecnologia Marinha</b> .....	<b>25</b>
4.1 Genômica, Proteômica e Metabolômica em Biotecnologia Marinha – produtos naturais marinhos bioativos e bioprodutos .....	26
4.2 Biorremediação .....	32
4.3 Estratégias anti-incrustação em Biotecnologia Marinha .....	35
4.4 Biotecnologia e aquicultura .....	37
4.5 Biotecnologia Marinha e restauração de <i>habitats</i> marinhos .....	41
4.6 Monitoramento ambiental marinho .....	44
4.7 Monitoramento de condições para florações marinhas tóxicas .....	46
4.8 Monitoramento da saúde dos corais .....	48
4.9 Biodiesel e algas .....	49
<b>5 Uma abordagem sobre a Biotecnologia Marinha no mundo</b> .....	<b>53</b>
5.1 Marine Genomics Europe (MGE) .....	54
5.2 O mercado mundial de Biotecnologia Marinha .....	54
5.3 Sociedades Internacionais de Biotecnologia Marinha .....	54
<b>6 Os principais centros de pesquisa em Biotecnologia Marinha no mundo</b> .....	<b>57</b>
6.1 Centro de Biotecnologia Marinha e Biomedicina (CMBB) – EUA .....	58
6.2 Biotecnologias Geomarinhas – Índia .....	59
6.3 Centro de Biotecnologia Marinha Aplicada (CAMBio) – Irlanda .....	60
6.4 Centro de Excelência em Pesquisa Biomédica e Biotecnologia Marinha – EUA .....	60
6.5 Centro de Pesquisa em Biotecnologia Marinha (MBRC) – Canadá .....	61
6.6 Centro de Excelência para Biotecnologia Marinha (CEMB) – Tailândia .....	62
<b>7 Pesquisadores e grupos de pesquisa em Biotecnologia Marinha no Brasil</b> .....	<b>65</b>
7.1 Região Norte .....	68
7.2 Região Nordeste .....	69
7.3 Região Sudeste .....	72
7.4 Região Sul .....	78
7.5 Região Centro-Oeste .....	82

<b>8</b>	<b>Pesquisadores e o setor produtivo</b>	<b>85</b>
<b>9</b>	<b>Uma abordagem sobre as patentes em Biotecnologia Marinha no mundo e no Brasil</b>	<b>91</b>
9.1	As patentes em Biotecnologia Marinha no Mundo	92
9.2	As patentes em Biotecnologia Marinha no Brasil	97
<b>10</b>	<b>Formação de Recursos Humanos em Biotecnologia Marinha no Brasil</b>	<b>101</b>
<b>11</b>	<b>Redes de pesquisa na área</b>	<b>109</b>
	RedeAlgas	110
	Renorbio	111
<b>12</b>	<b>Empresas envolvidas com Biotecnologia Marinha</b>	<b>113</b>
<b>13</b>	<b>Conclusões</b>	<b>125</b>
<b>14</b>	<b>Referências</b>	<b>127</b>
	<b>Pesquisa em endereços eletrônicos</b>	<b>131</b>

## Agradecimentos

Consideramos esse trabalho os primeiros passos para o conhecimento e a valorização da área de Biotecnologia Marinha no Brasil. Não foi o esforço de um único pesquisador, mas um trabalho de equipe que revirou, investigou e analisou as informações dispersas, muito dispersas, da pesquisa e seus autores em um número elevado de endereços eletrônicos, literatura e, às vezes, entrevistas diretas.

Nossa gratidão a todos os membros da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) que acreditaram no nosso esforço para fazer esse trabalho.

Nosso muito obrigado ao Comandante Capitão-de-Mar-e-Guerra Carlos Frederico Simões Serafim pelo incentivo à criação dessa equipe para estudo da Biotecnologia no Brasil. Nosso agradecimento também para a amiga Comandante Capitã-de-Mar-e-Guerra Marise SILVA Carneiro, da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), pelas informações repassadas e pela acolhida sempre fraterna na SECIRM.

Nosso agradecimento especial a duas excelentes profissionais que nos apoiaram e nos incentivaram desde o início, Maria Córdélia Soares Machado (Coordenadora para Mar e Antártica, da Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento, do Ministério da Ciência e Tecnologia) e Ana Paula Reche Corrêa, da Assessoria do Departamento do Complexo Industrial e Inovação em Saúde, da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos (do Ministério da Saúde).

Um obrigado especial à nossa amiga Yocie Yoneshigue-Valentin, do Departamento de Botânica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pela sua enorme generosidade científica, competência profissional e ajuda a todos os ficólogos do Rio de Janeiro. Nosso agradecimento também pelo seu empenho na criação da Rede Nacional em Biotecnologia de Macroalgas Marinhas (RedeAlgas), reunindo taxonomistas, ecólogos, bioquímicos, químicos e outros profissionais em constante debate científico, construindo um novo olhar sobre as algas marinhas brasileiras.

Um agradecimento especial também para Carmem Arroio do CNPq que incentivou e colaborou na criação da RedeAlgas e que sempre procurou incrementar a pesquisa na área de Ciências do Mar.

Ao amigo Alphonse Germaine Albert Charles Kelecom, que iniciou os estudos com produtos naturais marinhos na Universidade Federal Fluminense, sendo fundamental na formação de pesquisadores no Brasil, em particular, o de Valéria Laneuville Teixeira e Antonio Solé-Cava (Rio de Janeiro) e Roberto Gomes de Souza Berlinck (São Paulo).

Um agradecimento especial para a pesquisadora Maria Auxiliadora Coelho Kaplan, que sempre incentivou as pesquisas com algas marinhas no Brasil e o nosso grupo, em particular. Com certeza, sem ela, a nossa estrada teria muito mais pedras e a vida mais espinhos.

Aos amigos e companheiros de pesquisa Luiz Roberto Ribeiro Castello Branco e Marcelo Alves Pinto (Fundação Oswaldo Cruz), Claudio Cesar Cirne Santos (Fundação Atauilpho de Paiva), Viveca Antonio Giongo Galvão da Silva, Helena de Souza Pereira, Annibal Duarte Pereira Netto, Gerlinde Agate Platais Brasil Teixeira e Wilton José Ferreira (Universidade Federal Fluminense), Amílcar Tanuri (Universidade Federal do Rio de Janeiro) e Joel Campos de Paula (Universidade do Rio de Janeiro), que sempre acreditaram nas algas marinhas como uma poderosa fonte de fármacos úteis para a saúde humana.

Aos amigos Paulo Antonio de Souza Mourão (Universidade Federal do Rio de Janeiro), Pio Colepicolo Neto e Ernani Pinto (Universidade de São Paulo), Eliane Marinho Soriano (Universidade Federal do Rio Grande do Norte), George Miranda (Universidade Federal da Paraíba), por acreditarem na bioprospecção de produtos marinhos.

Aproveitamos também para parabenizar os profissionais que mantêm e administram os bancos de dados de pesquisadores e grupos de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do banco de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), tornando menos penoso o trabalho do pesquisador.

Aos companheiros nessa viagem e amigos de todas as horas, Izabel Christina Nunes de Palmer Paixão, Roberto Campos Villaça e Diana Negrão Cavalcanti que tiveram o difícil trabalho de pesquisar, analisar e obter os dados fundamentais para esse estudo.

Meus agradecimentos a Helena Luna Ferreira, consultora técnica da Coordenação-Geral de Base Química e Biotecnologia (CGBQB), do Departamento do Complexo Industrial e Inovação em Saúde (DECIIS) pela competente e eficiente revisão técnica do manuscrito.

*Valéria Laneuville Teixeira*

## Apresentação

O Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) tem estimulado a geração de novos conhecimentos em várias áreas das ciências marinhas, inclusive as que objetivem o desenvolvimento de produtos inovadores. Tem fomentado a pesquisa biotecnológica a partir de organismos marinhos (vegetais ou animais, invertebrados ou vertebrados) que englobem o isolamento, identificação e caracterização de moléculas; a caracterização de suas atividades biológicas; a modelagem, a síntese, as modificações químicas, a expressão de moléculas bioativas e a produção de insumos de aplicação industrial.

A oportunidade de parcerias interministeriais visando à consolidação de pesquisa, desenvolvimento e inovação em temas relacionados às aplicações biotecnológicas dos organismos marinhos está na agenda do Comitê Executivo para Levantamento e Avaliação do Potencial Biotecnológico da Biodiversidade Marinha (Biomar), junto à Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). Criado a partir do sexto Plano Setorial dos Recursos do Mar (VI PSRM), o Biomar é um comitê coordenado pelo MCT, com 15 representações governamentais, inclusive o Ministério da Saúde.

De imediato, essas parcerias têm rendido produtos concretos, norteados pela Proposta Nacional de Trabalho em Biotecnologia Marinha (PNT-Biomar), como, por exemplo, o lançamento do primeiro edital com esse tema, em 2006, parceria entre o MCT e o Ministério da Saúde (MS).

Para atingir o macro-objetivo dessa PNT, a saber, estimular, apoiar e promover os meios para desenvolvimento e aproveitamento sustentável do potencial biotecnológico da biodiversidade marinha, era preciso tomar como base, entre outros, a capacidade existente no país. O que significa a “capacidade existente no país”? Quantos? Quem? Onde? Como? Em que estágio? Essas foram algumas das perguntas iniciais, todas sem respostas.

Daí a importância da presente publicação, que nos possibilita o diagnóstico da capacidade de pesquisa, desenvolvimento e inovação em Biotecnologia Marinha no Brasil, fruto de parceria entre o MCT, a Universidade Federal Fluminense (UFF) e o MS.

Não raramente, a falta de informação a respeito do estado da arte da biotecnologia marinha ainda é bastante grande, o que pode gerar falta de objetividade e apoio a atividades específicas. Nosso objetivo com o livro é, pois, esclarecer a comunidade em geral e em particular aos tomadores de decisão, procurando com isso fornecer elementos sobre o modo de enfrentar as dificuldades, suas causas, características e necessidades. Acreditamos que a divulgação de informações gerais, bem como a reflexão sobre questões-chave podem ajudar a criar de forma incisiva um quadro de maior apoio a PD&I em biotecnologia marinha. Dados esses objetivos podemos dizer que o livro destina-se aos cientistas, mas também a todos os interessados no tema, destacando-se aqui a comunidade empresarial.

Em termos de sua organização, o livro está constituído, nos seus primeiros capítulos, de uma série de definições, do histórico recente e os campos de atuação da biotecnologia marinha. Em seguida são apresentados os principais centros de pesquisa nessa área no mundo. Nos capítulos 7 e seguintes estão reunidas as respostas de algumas das questões que julgamos serem as mais relevantes para os objetivos do livro.

A Professora Valéria Laneuville Teixeira aceitou, a convite da Coordenação para Mar e Antártica da Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (CMA/Seped/MCT), fazer uma investigação sobre o assunto e passar adiante as conclusões encontradas. Ao trabalhar em uma linguagem sintética e funcional, o livro é informativo sem deixar de ser científico. A professora Valéria Laneuville Teixeira contou com a valiosa colaboração de uma equipe de pesquisadores “de primeira”: Izabel Christina Nunes de Palmer Paixão, Roberto Campos Villaça e Diana Negrão Cavalcanti.

Impunha-se, na abertura desse trabalho, uma apresentação do seu autor e de seus colaboradores. Hoje, quando contamos com a ferramenta excepcional do Currículo *Lattes* do CNPq, convido os leitores desse livro a entrarem no endereço <http://www.cnpq.br> e saber, sem maiores delongas, por que essa equipe conduziu em tão bons termos a tarefa que lhe foi confiada. Só conhecendo de longa data essa equipe, como tenho o privilégio de conhecer, posso afirmar que ela é o emblema de excelente atitude, definida como inspiração ao trabalho, dedicação e ética. Os recursos financeiros alocados a essa equipe foram mínimos e, no entanto, o resultado está aí – um trabalho excepcional.

Levando em conta que a biotecnologia tem contribuído com produtos, processos e serviços biotecnológicos de interesse social e econômico em setores estratégicos como a agropecuária, a saúde humana e animal e o meio ambiente, não é difícil imaginar o impacto desse livro, de modo a acelerar o desenvolvimento sustentável do potencial biotecnológico da biodiversidade marinha.

Publicado com os auspícios do MCT e também com o apoio do MS e da SECIRM, o livro será divulgado e distribuído nacionalmente, priorizando-se instituições universitárias e os empresários. Assim, solicitamos aos que a ele tiverem acesso que nos ajudem a divulgá-lo, explorando seu conteúdo com alunos, pesquisadores, gestores e empresários.

*Maria Cordélia Soares Machado*

# 1 Uma abordagem sobre a área de Biotecnologia Marinha



A vida surgiu no mar há cerca de 3,5 bilhões de anos e seus habitantes constituem o sistema mais diversificado do planeta. Dos micro-organismos às algas e animais, quase a totalidade dos filos tem representantes nos mares. Esses seres vivos guardam muitas substâncias desconhecidas que atuam na comunicação entre espécimes, na defesa contra herbívoros ou predadores, entre competidores, na reprodução ou simplesmente como produto de seu metabolismo. Uma substância que atua como mediador químico para um organismo pode também ser a esperança para o tratamento ou cura de muitas doenças conhecidas.

O Brasil, com uma extensa costa de 8.698 km, diversidade biológica invejável e um grande número de pesquisadores na área marinha não pode abdicar dos estudos sobre o potencial tecnológico dos organismos marinhos. Hoje em dia, vários grupos nacionais estão investigando substâncias isoladas de algas, fungos e invertebrados marinhos e seu potencial contra várias doenças, como câncer, trombose, Aids e outras.

Desde o fim da II Guerra Mundial, o mar tem despertado o interesse dos biólogos, oceanógrafos, bioquímicos e químicos sobre o seu potencial biotecnológico. As dificuldades de coleta, no entanto, retardaram o seu início efetivo. Os avanços em mergulho autônomo e o desenvolvimento de equipamentos para coleta em maiores profundidades, associados às novas técnicas cromatográficas, espectroscópicas, de cultivo, dentre outras, resultaram no seu desenvolvimento a partir dos anos 70.

O desenvolvimento de novas estratégias de pesquisa, incluindo bancos de germoplasma, ensaios em larga escala, química combinatória e desenho racional de fármacos através de modelagem molecular, produz maior número de novas substâncias químicas com potencial tecnológico em menor espaço de tempo. Apesar disso, sabemos muito pouco sobre essa espetacular fonte de diversidade molecular e a descoberta de novos protótipos com atividade biológica permanece fundamental para a ciência (TEIXEIRA, 2009).

Vários bioprodutos marinhos têm aplicação comercial hoje ou potencial industrial para os próximos cinco anos (POMPONI 2001, HAEFNER 2003, COSTA-LOTUFO et al 2009).

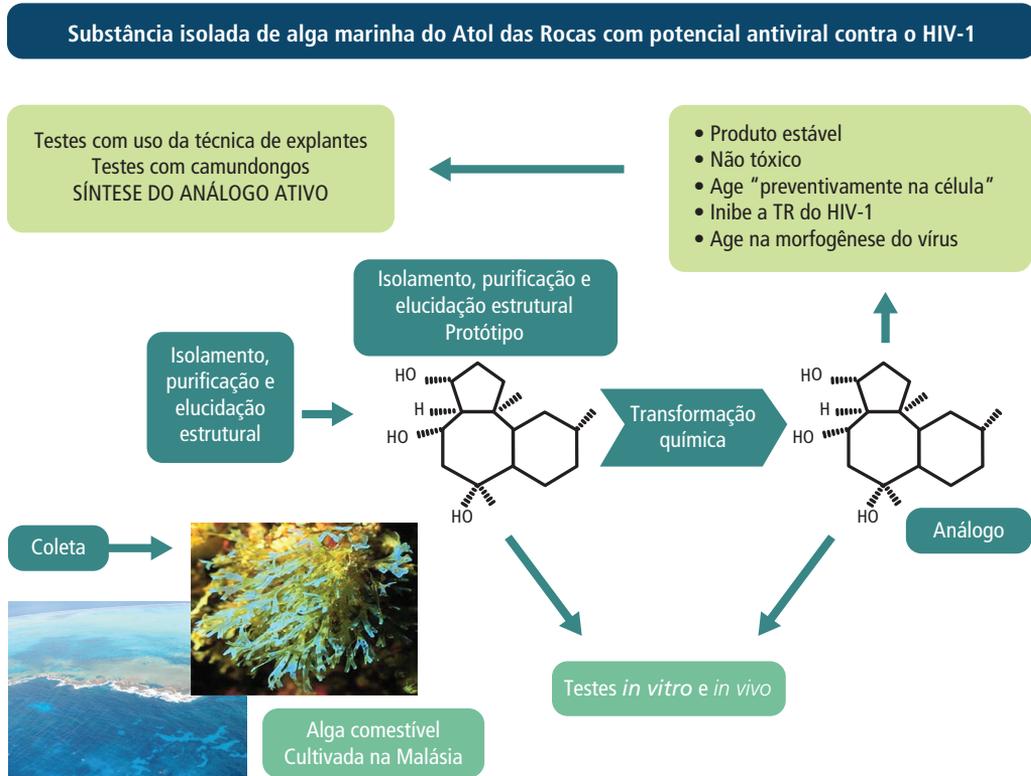
Drogas antivirais e, principalmente, anticâncer caracterizam os produtos marinhos utilizados pela indústria farmacêutica. Um bom exemplo da importância de descoberta de novas moléculas foram os derivados sintéticos da esponjouridina e da espongotimidina (Ara-A – adenina-arabinosídeo – e AraC – citosina-arabinosídeo), substâncias isoladas de esponjas marinhas nos anos 50, e que serviram de modelo para o desenvolvimento de inúmeros antivirais como o AZT, remédio básico no tratamento da Aids.

A Figura 1 ilustra o desenvolvimento da pesquisa que está sendo realizada pelo grupo de pesquisa da UFF com um produto natural isolado da alga parda marinha *Dictyota pfaffi* com grande potencial antirretroviral, coletada na Reserva biológica do Atol das Rocas (BARBOSA et al. 2003; CIRNE-SANTOS et al. 2006, 2008).

Extratos para a utilização na indústria de cosméticos, nutracêuticos e sondas para avaliação de enzimas específicas em processos celulares também são exemplos de utilização de produtos isolados de organismos marinhos. Inúmeros produtos isolados de organismos marinhos têm sido testados no combate a tipos distintos de câncer, com vários produtos em fases clínicas adiantadas ou em uso comercial. Além de fontes diversas como algas e animais marinhos, vários métodos de produção para fins comerciais têm sido utilizados como a síntese de análogos, cultura de células e proteínas recombinantes.

A enorme potencialidade dos oceanos para a Biotecnologia permanece em grande parte desconhecida. Mesmo para os organismos conhecidos, existe um conhecimento insuficiente para permitir a sua gestão e utilização inteligente. Não é por isso de se admirar que tanto nos Estados Unidos, como na Europa, apenas uma pequena percentagem dos investimentos em Biotecnologia seja destinada à Biotecnologia Marinha e à Aquicultura, não obstante os excelentes resultados já obtidos.

Figura 1. Pesquisa com produto natural isolado da alga *Dictyota pfaffii* no Atol das Rocas pelo grupo "Biotecnologia Marinha" (Universidade Federal Fluminense – UFF).



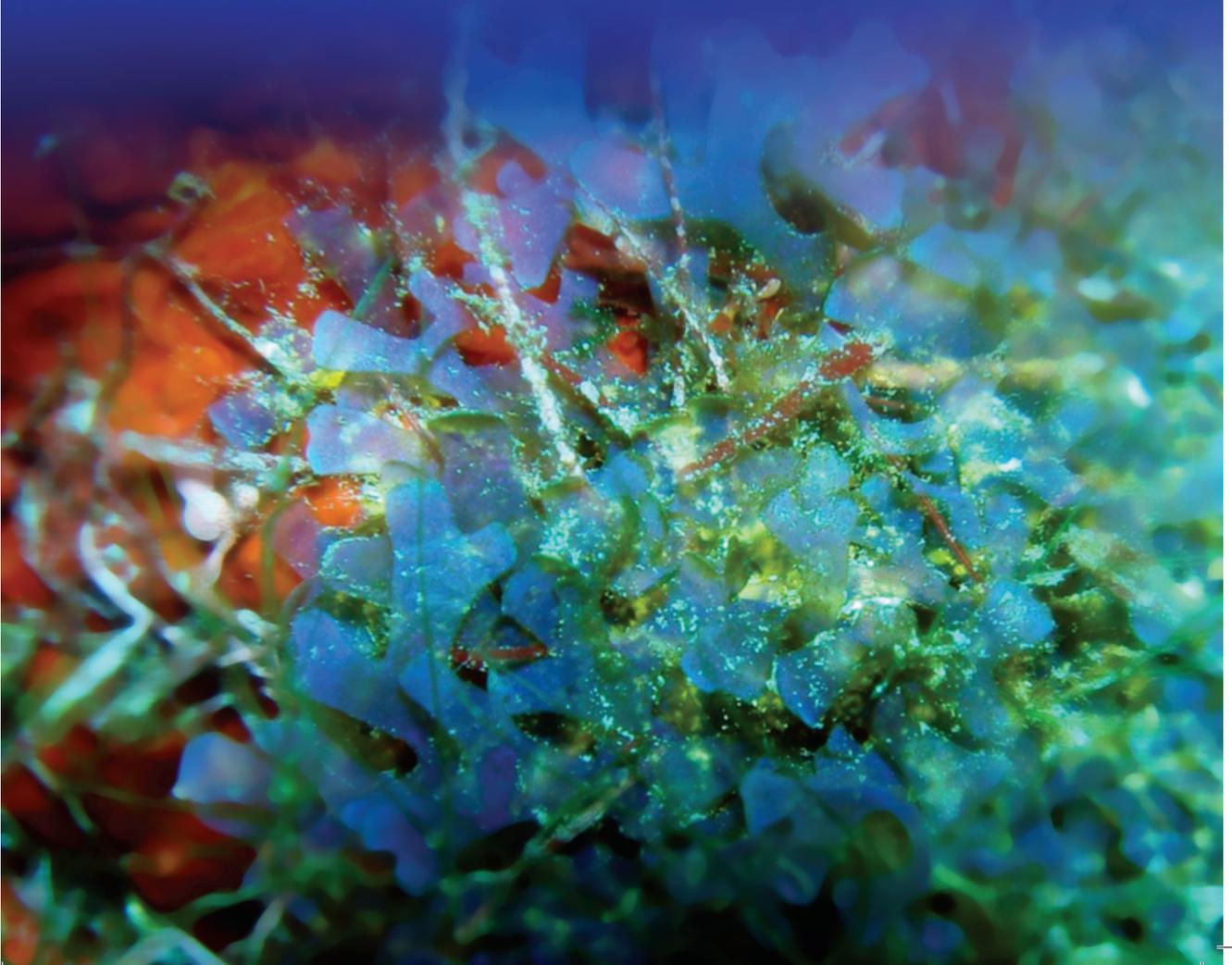
Fonte: (TEIXEIRA, 2010)

Nos últimos cinco anos, o número de produtos isolados de fontes marinhas tem sido surpreendente. Segundo o MarinLit (MARINE LITERATURE DATABASE, 2009), estamos próximos a 20.000 metabolitos isolados de organismos marinhos com mais de 30 compostos em fases clínicas distintas. Em sua última revisão anual sobre os produtos naturais marinhos, Blunt e colaboradores (2010) relacionam mais de 1000 moléculas isoladas apenas no ano de 2008 em todo o mundo, publicados cerca de 370 artigos internacionais. Esse número significou um aumento de mais de 11% do número de moléculas conhecidas em 2007, o que revela o grande desenvolvimento da área.

Historicamente, o uso dos recursos do mar relaciona-se às atividades pesqueiras e de exploração de óleo e gás, a maricultura, ao turismo e ao lazer. Outros usos dos recursos do mar são ainda potenciais, como a exploração mineral em águas profundas e a utilização racional do potencial biotecnológico da biodiversidade marinha, a bioprospecção. Os métodos ou formas de localizar, avaliar e explorar sistemática e legalmente a diversidade de vida existente em fundos marinhos, tendo como principal finalidade a busca de recursos genéticos, bioquímicos e químicos para fins industriais, começam a ser uma realidade em vários locais do mundo.

No Brasil, a área de Biotecnologia Marinha, que abrange a bioprospecção, tem sido apoiada pelo Programa de Levantamento e Avaliação do Potencial Biotecnológico da Biodiversidade Marinha (Biomar) desde 2005, com a promoção de debates com a comunidade científica, criação de redes de conhecimento, estudo sobre o estado da arte e promoção de editais para financiamento de projetos de desenvolvimento biotecnológico junto ao CNPq.

## 2 O apoio aos estudos de Biotecnologia Marinha no Brasil



Constitui, sem dúvida, um marco histórico para o estabelecimento e avanço dos estudos biotecnológicos marinhos, o I *Workshop* em novos bioativos de macroalgas: manejo e cultivo, conservação, biotecnologia e técnicas de bioatividade em 2005 na cidade de Angra dos Reis (RJ), promovido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), através da Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (Seped/MCT) e o Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com a participação de pesquisadores, da Sociedade Brasileira de Ficologia, gestores e empresários.

Nesse encontro, foi elaborado o documento para criação da RedeAlgas (Rede de Biotecnologia de Macroalgas Marinhas), um projeto multidisciplinar implantado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, que engloba diversas entidades de pesquisa e é dividida em vertentes temáticas e de aplicação biotecnológica das substâncias retiradas das algas marinhas.

A RedeAlgas teve como sua primeira coordenadora a doutora Yocie Yoneshigue-Valentin, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e tem como objetivos:

1. Mapear a diversidade de macroalgas marinhas.
2. O estudo da ecologia, do manejo e conservação.
3. O estudo da fisiologia, a maricultura e seu uso sustentável.
4. O isolamento, a identificação e a caracterização de moléculas.
5. A caracterização da atividade biológica.
6. A modelagem, síntese, modificações químicas e expressão de moléculas bioativas.
7. O desenvolvimento de produtos, proteção da propriedade intelectual e a produção de insumos de aplicação industrial.

Em 2006, com o edital aberto pelo CNPq (Edital nº 10/2006 – Seleção pública de propostas para apoio às atividades de pesquisa direcionadas ao desenvolvimento de fármacos e insumos farmacêuticos a partir de algas marinhas) em parceria com o MCT e o Ministério da Saúde (através da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos do Ministério da Saúde), quatro grandes projetos foram implementados (Tabela 1) na área de Biotecnologia Marinha, com o aporte de R\$ 3.000.000,00.

Tabela 1. Projetos contemplados no edital MCT/CNPq/MS-SCTIE-DECIT/CT-Saúde nº 10/2006 – Seleção pública de propostas para apoio às atividades de pesquisa direcionadas ao desenvolvimento de fármacos e insumos farmacêuticos a partir de algas marinhas.

NOME DOS PROJETOS	COORDENADOR	INSTITUIÇÕES
Estudo da alga <i>Lithothamnium calcareum</i> no desenvolvimento de novos fármacos	Mauro Martins Teixeira (Pesquisador 1A do CNPq)	UFMG
Rede Interinstitucional de Algas Bentônicas	José Maria Barbosa Filho (Pesquisador 1B do CNPq)	UFPB
Novos fármacos a partir das algas marinhas multicelulares: efeitos em doenças tromboembólicas e virais	Paulo Antonio de Souza Mourão (Pesquisador 1A do CNPq)	UFRJ
Isolamento e Caracterização de Micosporinas e de Substâncias com atividade anti-inflamatória, antioxidante e antibacteriana de algas marinhas da costa brasileira	Pio Colepicolo Neto (Pesquisador 1B do CNPq)	USP

Fonte: (CNPq, 2006)

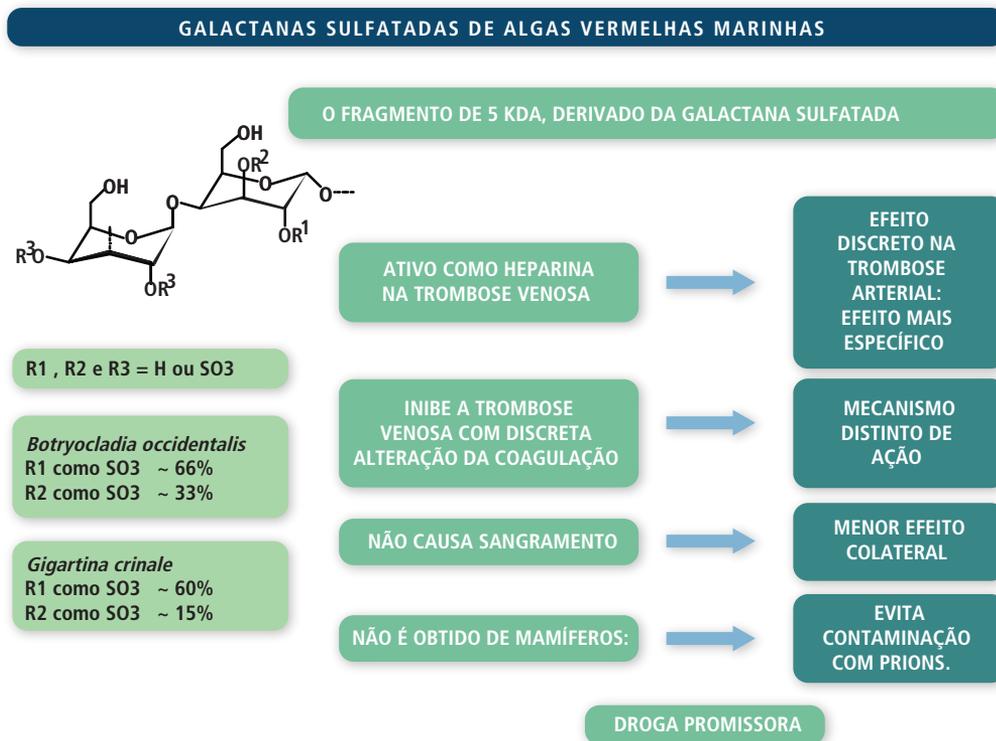
Dois grupos selecionados compreendiam integrantes da RedeAlgas. O primeiro, coordenado pelo doutor Paulo Antonio de Souza Mourão (UFRJ) sobre “Novos fármacos a partir de algas marinhas multicelulares: efeitos em doenças tromboembólicas e virais”, congregou profissionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal Fluminense (UFF), Instituto Oswaldo Cruz (IOC), Universidade Federal do Ceará (UFC) e Universidade Federal do Paraná (UFPR). A Figura 2 apresenta uma ilustração com um dos resultados desse projeto.

O segundo, coordenado pelo doutor Pio Colepicolo Neto, com o projeto “Algas marinhas da costa brasileira: isolamento e caracterização de micosporina e de substâncias com atividade anti-inflamatória, antioxidante e antibacteriana”, reuniu profissionais da Universidade de São Paulo (USP), Universidade de Santa Catarina (UFSC), Instituto Botânico de São Paulo (IB-SP), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

O terceiro grupo, coordenado pelo doutor José Maria Barbosa (UFPB), iniciante em estudos com algas marinhas mas com larga experiência na área de fitoquímica, reuniu profissionais da UFPB, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Universidade Federal de Alagoas (UFAL) com o projeto “Rede intesinstitucional de algas bentônicas”.

Por último, o projeto “Estudo da alga *Lithothamnium calcareum* no desenvolvimento de novos fármacos”, coordenado pelo doutor Mauro Martins Teixeira da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), reuniu profissionais de sua universidade.

Figura 2. Pesquisa com galactanas sulfatadas isoladas de algas vermelhas pelo grupo "Polissacarídeos Sulfatados" da UFRJ com potencial antitrombótico.



Fonte: (MOURÃO, 2010)

O Comitê Executivo para o Levantamento e Avaliação do Potencial Biotecnológico da Biodiversidade Marinha (Biomar) foi criado pela portaria nº 230/MB, de 14 de setembro de 2005, subordinado à Subcomissão para o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM). Segundo a portaria, o Comitê Executivo para o Levantamento e Avaliação do Potencial Biotecnológico da Biodiversidade Marinha tem a seguinte composição, sob a coordenação do representante do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT): representante do Ministério das Relações Exteriores (MRE); representante do Ministério da Educação (MEC); representante do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC); representante do Ministério do Meio Ambiente (MMA); representante da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República (SEAP/PR); representante da Marinha do Brasil (MB); representante do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama); representante do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); representante da Secretaria da CIRM (SECIRM); e representante da Empresa Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras).

O Comitê Biomar tem como competência elaborar uma Proposta Nacional de Trabalho (PNT) com a finalidade de avaliar o potencial biotecnológico dos organismos marinhos existentes nas áreas marítimas sob jurisdição e de interesse nacional e submetê-la à aprovação da CIRM, por intermédio da Subcomissão para o PSRM; acompanhar e viabilizar o cumprimento das metas da PNT, adotando as medidas necessárias à operacionalização e à conclusão das mesmas; assessorar a Subcomissão para o PSRM na supervisão dos trabalhos relativos à condução das atividades da PNT; e convocar membros e consultores *ad-hoc* da comunidade científica, quando necessário.

Em meados de 2007, houve, de fato, a implementação do Comitê Executivo e foi elaborado o Programa de Levantamento e Avaliação do Potencial Biotecnológico da Biodiversidade Marinha, hoje denominada apenas Biotecnologia de organismos marinhos.

Reuniões com os membros da academia científica na Escola Naval no Rio de Janeiro possibilitaram uma proposta nacional de trabalho (PNT) em Biotecnologia Marinha (Biomar). Essa proposta tem como objetivos: estimular, apoiar e promover os meios para desenvolvimento e aproveitamento sustentável do potencial biotecnológico da biodiversidade marinha existente nos ecossistemas costeiros e nas áreas marítimas sob jurisdição brasileira e de interesse nacional, definindo focos prioritários para atuação governamental no incentivo à pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação no Brasil, tomando como base a capacidade existente no país, as prioridades de cada um dos atores governamentais e o incremento da articulação entre os setores públicos e privados.

Durante essas reuniões, ficou evidente a necessidade de diagnóstico da capacidade de pesquisa, desenvolvimento e inovação em Biotecnologia Marinha no Brasil para que possam ser efetuadas ações para o fortalecimento da capacidade de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Biotecnologia Marinha no Brasil; para o estabelecimento de mecanismos de suporte à pesquisa científica relacionada à Biotecnologia Marinha; e para contribuir para o aprimoramento dos procedimentos com impactos diretos sobre o desenvolvimento da Biotecnologia Marinha, à luz dos marcos regulatórios (ações estruturantes – horizontais).

Dentre as ações estruturantes **verticais**, a PNT tem como objetivos ampliar o conhecimento científico sobre a biodiversidade marinha com potencial biotecnológico e estimular a geração de processos e produtos.

Através de Convênio entre MCT (Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – Seped) e a UFF (Departamento de Biologia Marinha) deu-se início, então, no final de 2008, ao diagnóstico da capacidade de pesquisa, desenvolvimento e inovação em Biodiversidade Marinha no Brasil.

Para apoiar os grupos de Biotecnologia Marinha, o MCT, CNPq e o CT-PETRO, lançaram um novo edital (Edital MCT/CNPq/CT-Petro – nº 39/2009) destinado a projetos que poderão contribuir significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico do País, e que promovam a ampliação de pesquisas com vistas ao uso sustentável do poten-

cial biotecnológico da biodiversidade marinha existente nos ecossistemas costeiros e nas áreas marítimas sob jurisdição brasileira e de interesse nacional. Com esse objetivo foram aprovados 17 projetos de grupos emergentes, de outras áreas e consolidados em diferentes subáreas da Biotecnologia Marinha (Tabela 2).

Tabela 2. Projetos contemplados no Edital MCT/CNPq/CT-Petro – nº 39/2009

COORDENADOR	INSTITUIÇÕES
Letícia Veras Costa-Lotufo (Pesquisadora 1D do CNPq)	UFC
Fabiano Lopes Thompson (Pesquisador 2 do CNPq)	UFRJ
André Luiz Meleiro (Pesquisador 2 do CNPq)	USP
Hugo Alexandre de Oliveira Rocha (Pesquisador 2 do CNPq)	UFRN
Lara Duraes Stette	Unicamp
Paulo Antonio de Souza Mourão (Pesquisador 1A do CNPq)	UFRJ
Rachel Passos Rezende (Pesquisador 2 do CNPq)	UESC
Marilene Henning Vainstein (Pesquisador 1B do CNPq)	UFRGS
Marcos Hikari Toyama (Pesquisador 2 do CNPq)	Unesp
Pio Colepicolo Neto (Pesquisador 1B do CNPq)	USP
Ranilson de Souza Bezerra	UFPE
Lucymara Fassarella Agnez Lima (Pesquisador 1D do CNPq)	UFRN
Carlos Prentice-Hernandez (Pesquisador 2 do CNPq)	FURG
Cristiano Giacomelli	UFAL

\* Não foram revelados os nomes dos projetos na página do CNPq.  
Fonte: (CNPq, 2009)

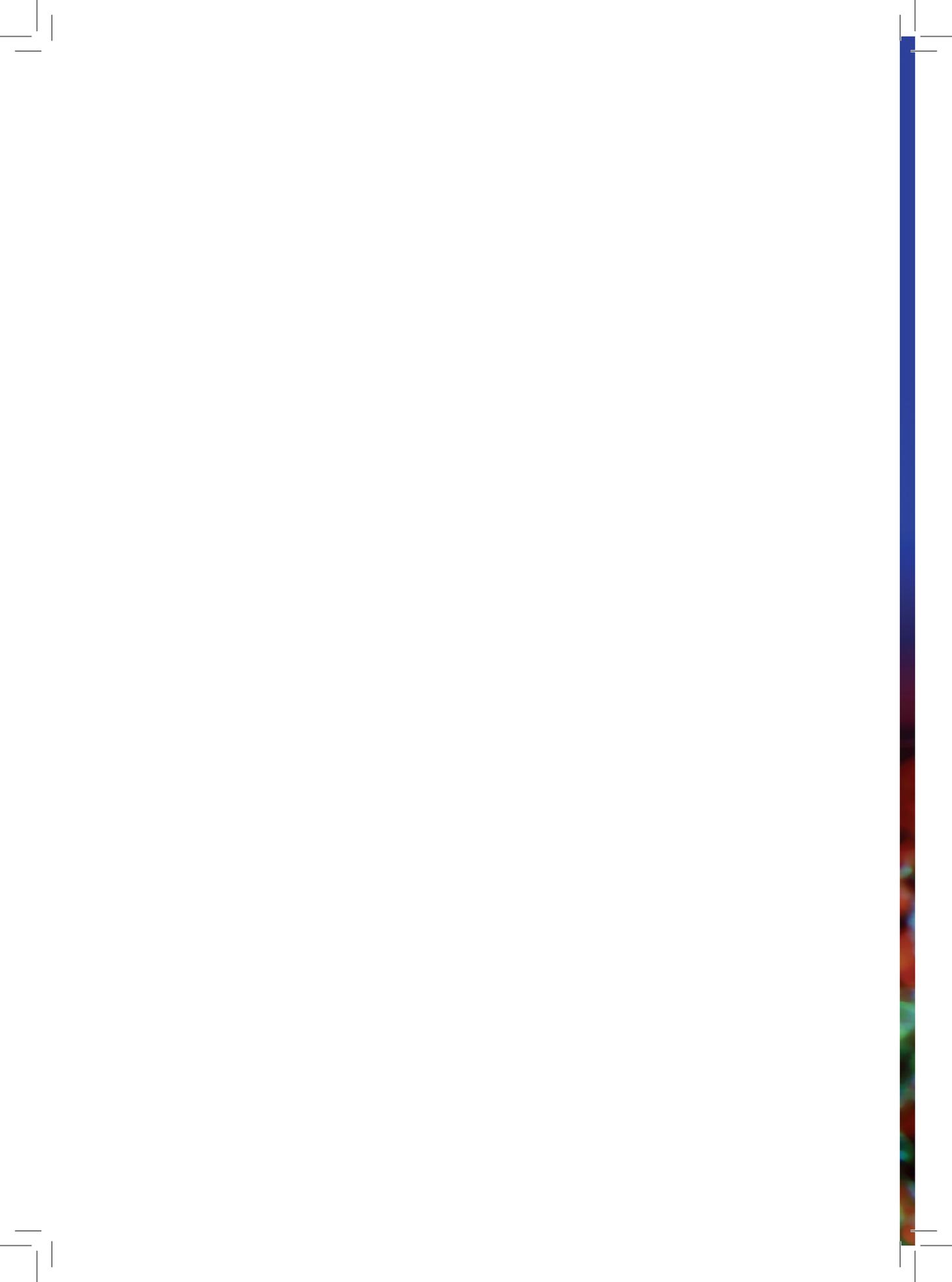
Embora possa ser considerada como uma área de aplicação diversa da Biotecnologia Marinha *stricto sensu*, a geração de pesquisa e tecnologias para a produção de biodiesel a partir de algas também teve um edital para apoio financeiro, o Edital MCT/CNPq/SEAP-PR – nº 26/2008. O edital selecionou 11 grupos na área, sendo dois da FURG, UFPEL, UFRGS, UFSC, UFPR, UFSCAR, UFG e UFBA com experiência científica na área, sendo disponibilizado um total de R\$ 25.271.518,71 (Tabela 3).

**Tabela 3. Projetos contemplados no Edital MCT/CNPq/SEAP-PR – nº 26/2008 – Produção de biodiesel a partir de microalgas.**

NOME DOS PROJETOS	COORDENADORES E INSTITUIÇÕES
Caracterização e Controle de Qualidade de Óleos e Biodieseis de Microalgas	Nelson Roberto Antoniosi Filho UFG
Microalgas: uma inédita alternativa para a produção de biodiesel no Semi-árido do Nordeste	Ernani Sebastiao Santanna UFSC
BioAlgOli – Isolamento, Seleção e Melhoramento de Microalgas Produtoras de Bio-Óleo em Efluentes Agroindustriais (Vinhaça e Manipueira), e sua relação com a biofixação de CO <sub>2</sub> e a produção de biodiesel e/ou óleo combustível	Carlos Ricardo Soccol UFPR
Microalgas como matéria-prima para o biodiesel – inovação nos processos produtivos para maior rendimento e barateamento de custos	Iracema Andrade Nascimento UFBA
Isolamento, seleção e manutenção de cepas de microalgas para produção de biodiesel	Armando A. Henriques Vieira UFSCAR
Biocombustíveis de microalgas: alternativa renovável e de sustentabilidade	Cláudio Martin Pereira de Pereira UFPEL
Avaliação de custos e produtividade de dois sistemas de cultivo massivo de microalgas para a produção de biodiesel	Paulo César Oliveira Vergne de Abreu FURG
Aqüicultura de microalgas para a fixação do gás carbônico na queima do carvão e cogeração de biodiesel e bioprodutos de alto valor agregado	Jorge Alberto Vieira Costa FURG
Biodiesel de algas a partir de efluentes de cultivo de camarão	Sérgio João de Luca UFRGS
Desenvolvimento e otimização de fotobioreatores compactos para aqüicultura de microalgas para núcleo de pesquisa e desenvolvimento de energia autossustentável (NPDEAS) a partir do biodiesel	José Viriato Coelho Vargas UFPR
Montagem de um processo de produção de biodiesel a partir de microalgas mediante o uso de fotobioreatores fechados tipos placa plana	Emerson Andrade Sales UFBA

Fonte: (CNPq, 2008)

Novo edital foi lançado em 2010, o MCT/CNPq/FNDCT nº 03/2010 com o objetivo de selecionar propostas para apoio financeiro a projetos que visem contribuir significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico do País, apoiando a cadeia de produção e uso de biodiesel. Dentre as diretrizes do edital está a produção e obtenção de matérias graxas a partir de microalgas marinhas.



### 3 Biotecnologia Marinha



A questão da conceituação é premissa básica para todo estudo sobre Biotecnologia. A Convenção sobre Diversidade Biológica da Organização das Nações Unidas (ONU) em 1992 definiu Biotecnologia como “qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica. As definições de Biotecnologia variam muito na literatura, mas uma simples definição aceita por todos é o uso dos organismos pelo homem. É um conjunto de técnicas de natureza variada que envolve uma base científica comum, de origem biológica, e que requer crescentemente o aporte de conhecimento científico e tecnológico, oriundos de outros campos do conhecimento.

Biotecnologia é o conjunto de conhecimentos que permite a utilização de agentes biológicos (organismos, células, organelas, moléculas) para obter bens ou assegurar serviços. Além disso, é a mais promissora estratégia para elevar a produção mundial de alimentos e melhorar a qualidade de vida do homem (e.g. [www.biotechnology.gov.au](http://www.biotechnology.gov.au)).

Segundo alguns autores, a Biotecnologia Marinha é o desenvolvimento de drogas viáveis obtidas pela bioprospecção marinha e o desenvolvimento de organismos geneticamente modificados para propósitos ambientais ou aquicultura. No entanto, de acordo com as principais sociedades internacionais de Biotecnologia Marinha, que utilizam um conceito mais amplo, podemos reconhecer as seguintes subáreas:

1. Genômica em aquicultura (ex.: Biotecnologia aplicada a doenças em aquicultura, transgênicos em aquicultura, abordagem molecular para melhoramento da performance e sustentabilidade em aquicultura).
2. Microbiologia marinha (ex.: biorremediação); Biologia molecular e Biotecnologia de organismos marinhos (ex.: cultura de células de invertebrados).
3. Genômica, proteômica e metabolômica em Biotecnologia Marinha – produtos naturais marinhos bioativos e bioprodutos.
4. Biotecnologia das algas (ex.: biodiesel).
5. Anti-incrustantes e anticorrosivos.
6. Toxinas marinhas.
7. Biotecnologia Marinha e o meio ambiente.

O presente estudo procurará seguir o conceito, a definição e as divisões da área de Biotecnologia Marinha segundo o exposto acima.

Após a formação de uma equipe de especialistas com os pesquisadores Roberto Campos Villaça e Diana Negrão Cavalcanti (do Departamento de Biologia Marinha, UFF) e Izabel Christina Nunes de Palmer Paixão (Departamento de Biologia Celular e Molecular, UFF), vários bancos de dados foram analisados para o presente estudo.

## 4 Campos de atuação em Biotecnologia Marinha



Numa visão global, percebe-se que os seguintes segmentos da Biotecnologia Marinha apresentam promissores campos de atuação:

- Busca de fármacos – o potencial é tão promissor que apenas quatro produtos naturais marinhos em fase de ensaios clínicos apresentam um valor de mercado superior a um bilhão de dólares.
- Desenvolvimento de tecnologias biológicas para identificar pontos de estresse ecológico no ambiente e assim desenvolver métodos de proteção ambiental – sondas moleculares de floração de algas nocivas estão permitindo prever os riscos potenciais para a saúde.
- Desenvolvimento de tecnologias moleculares para identificar doenças emergentes de animais marinhos, para proteger a pesca e outros recursos biológicos – mapeamento de DNA de peixes está contribuindo para a gestão da pesca.
- Desenvolvimento de tecnologias moleculares para ensaios de diagnóstico rápido que garantem a segurança dos recursos alimentícios vindos de atividades de aquicultura, maricultura, etc. Aplicação de reações em cadeia da polimerase (PCR), por exemplo, permitem identificar, em um único ensaio e simultaneamente, vários micróbios patogênicos em tecidos de ostras, incluindo *Vibrio* e *Salmonella*.

#### **4.1 Genômica, Proteômica e Metabolômica em Biotecnologia Marinha – produtos naturais marinhos bioativos e bioprodutos**

A Engenharia Genética aplicada a maricultura busca o desenvolvimento de raças e transgênicos de animais marinhos de valor econômico, capazes de produzir mais, em menos tempo e com baixo custo.

Por exemplo, três grupos de substâncias químicas extraídas de algas marinhas destacam-se no cenário pós-guerra de descobertas biotecnológicas: alginatos, agar e carrageninas. A produção anual de algas marinhas coletadas *in natura* para a extração desses três hidrocolóides é de aproximadamente 55 mil toneladas, que valem cerca de US\$ 585 milhões. O valor agregado dessa produção, no âmbito de todas as indústrias que as utilizam, chega a US\$ 5,6 bilhões por ano. O uso de novas tecnologias baseadas em Biotecnologia genética e biologia molecular podem ajudar a preservar as espécies marinhas produtoras desses importantes produtos.

A Biotecnologia genética é, provavelmente, a área da ciência da vida que mais rapidamente avança, com uma monumental geração de novos conhecimentos. Não há dúvida que seu emprego vem permitindo aprofundar e aprimorar as investigações de genética básica, genética quantitativa, de conservação genética e de melhoramento. Entretanto, a possibilidade da manipulação do código genético para a obtenção de organismos geneticamente modificados vem provocando discussões a respeito dos seus impactos na produção, no ambiente e nos mercados consumidores, bem como sobre as questões associadas à propriedade intelectual e bioética.

O meio marinho vem sendo alterado pela poluição, pelo desenvolvimento imobiliário e principalmente pelas novas tecnologias de pesca, resultando numa alteração dos estoques de peixes, crustáceos, moluscos e algas. Esse quadro nada favorável torna evidente a necessidade de incentivar e mobilizar grupos de pesquisa que atuem na área de identificação e avanço nos métodos de monitoramento das biodiversidades marinhas do Brasil.

A aquicultura fornece um suprimento aceitável, substituindo pescado e plantas provenientes dos estoques naturais. Os benefícios econômicos da tecnologia transgênica para a aquicultura são enormes. Mas é necessário realizar mais estudos sobre o impacto ecológico e socioeconômico, para avaliar os riscos e os benefícios envolvidos.

A primeira transferência de DNA recombinante em peixes foi realizada em 1985. Desde então, uma grande variedade de genes tem sido utilizada para a produção de peixes transgênicos, com o objetivo de influenciar características importantes para cultivo, tais como crescimento, maturação, resistência ao congelamento e resistência a doenças, tolerância à salinidade, composição, qualidade e controle reprodutivo.

No Brasil a produção de transgênicos parece estar limitada, principalmente, à agricultura com o desenvolvimento de linhagens vegetais alteradas geneticamente visando uma maior produtividade no setor. Entretanto, nada se tem sobre a produção de organismos geneticamente modificados para fins de maricultura. A implementação dessa tecnologia colocaria o país no centro de uma nova onda de desenvolvimento tecnológico que, num futuro próximo, talvez seja uma alternativa na produção de proteínas animais para o consumo humano.

O projeto genoma EST do camarão *Litopenaeus vannamei* coordenado pela UFSCAR tem como objetivo sequenciar milhares de EST (*Expressed Sequence Tags*), através da formação de uma rede de laboratórios, de maneira a colocar o Brasil dentre os países de vanguarda nos estudos genômicos dessa espécie, subsidiando o desenvolvimento de modernas tecnologias de base genética para o setor produtivo brasileiro, tais como mapeamento genético, identificação de genes relacionados a caracteres de interesse econômico e seleção assistida por marcadores moleculares ([www.shrimp.ufscar.br](http://www.shrimp.ufscar.br)). A espécie *L. vannamei* é originária do Pacífico americano e, desde sua introdução na aquicultura brasileira, vem se destacando como a principal espécie de cultivo em nossa costa, totalizando atualmente uma produção anual acima de 40 mil toneladas.

No entanto, partindo de um histórico de realizações no campo da Biotecnologia Marinha, a subárea mais desenvolvida é a bioprospecção de produtos naturais marinhos bioativos e bioprodutos, cujos resultados fizeram com que várias substâncias sejam usadas comercialmente e outras estejam em fases pré-clínica e clínica avançadas de testes.

A Tabela 4 apresenta alguns exemplos de produtos obtidos de organismos marinhos que são utilizados de modo comercial no mundo.

O potencial econômico para produtos marinhos e processos é imenso. Estudos que estendem tecnologias biológicas para o meio ambiente marinho são poucos, mas representam grande promessa. Essas tecnologias oferecem oportunidades para monitoramento de processos biológicos, remediação de poluentes e de conversão de resíduos.

No endereço eletrônico [www.marinebiotech.org](http://www.marinebiotech.org), há um projeto do laboratório “Harbor Branch Media”, financiado pelo “National Sea Grant Program”, que concentra informações importantes sobre substâncias com potencial biotecnológico. Exemplos mostram que pesquisas com micro-organismos marinhos levaram ao isolamento de cryptophycinas, curacina A e thiocoralinam, atualmente em estudos pré-clínicos como drogas no combate ao câncer.

A Figura 3 ilustra o processo de obtenção de bioprodutos da descoberta dos protótipos a partir de organismos marinhos e o uso de técnicas para produção em escala industrial.

Químicos do Scripps Institution of Oceanography isolaram um produto natural de uma espécie rara de corais, sendo uma grande promessa contra o câncer de mama e ovário. Cientistas dessa instituição descobriram uma substância de uma esponja marinha que mostra o potencial para tratar inflamação e dor sem os efeitos colaterais associados a medicamentos como analgésicos e outros anti-inflamatórios. Considerado um avanço revolucionário, a substância é usada agora por mais de 20 empresas como uma ferramenta para entender o processo de inflamação. Vários outros produtos químicos de esponjas e corais também foram identificados e são promissores para novos tratamentos contra a asma aguda, artrite e lesões, sem os efeitos adversos de outras drogas anti-inflamatórias.

Produtos extraídos de esponjas são atualmente estudados no tratamento de tumores, artrite reumatóide e Aids. Também produz substâncias com alto conteúdo de iodo, usadas no tratamento de disfunções da tireóide, principalmente obesidade.

Pseudopterosina é um agente anti-inflamatório isolado da gorgônia *Pseudopterogorgia elisabethae* que vive a 4500 metros de profundidade no Mar do Caribe. Além de anti-inflamatório, é analgésico e capaz de cicatrizar feridas e reduzir a inflamação de cortes na pele, sendo utilizado numa linha de produtos cosméticos da empresa Estée Lauder e tem um valor de mercado estimado em US\$ 3-4 milhões por ano.

*Mytilus edulis*, um dos mexilhões mais comuns em águas brasileiras, é fonte de cálcio para reconstrução dentária e óssea. Também são usados em tratamento de obesidade uma vez que produzem mucopolissacarídeos que se aderem a gorduras diminuindo sua absorção no estômago humano. Outro mexilhão originário da Índia está sendo usado para a extração de um antiviral com potencial para o tratamento da Aids visando à substituição do AZT extraído de esponjas. Mexilhões também produzem *Nivelamina*, princípio ativo de um anti-inflamatório comercializado com o nome de Zelanki, usado no tratamento de artrites. Da *Tridacna* se extrai uma substância que protege contra raios ultravioletas.



Tabela 4. Alguns exemplos de produtos comerciais de origem marinha

PRODUTOS	APLICAÇÃO TECNOLÓGICA	FONTE MARINHA	MÉTODO DE PRODUÇÃO ATUAL
Ara-A (Vidarabina®) (Aciclovir)	Droga antiviral usado como colírio contra os vírus herpes simplex e varicella zoster	<i>Cryptotethya crypta</i> (esponja)	Fermentação microbiana de análogos
Ara-C (Cytosar-U®, Cytarabine®)	Droga anticâncer (aplicação em leucemia e linfoma non-Hodgkin)	<i>Cryptotethya crypta</i> (esponja)	Síntese de análogos
Ácido ocadáico	Sonda potente para avaliação do papel das fosfatases 1 e 2A em processos celulares	dinoflagelado	Cultura celular
manoalidio	Sonda potente para avaliação do papel das fosfatases 1 e 2A em processos celulares	<i>Luffariella variabilis</i> (esponja)	Coleta no meio ambiente
Aequorina	Indicador bioluminescente de cálcio	<i>Aequora Victoria</i> (água-viva bioluminescente)	Proteínas recombinantes
Green Fluorescent Protein (GFP)	Proteína fluorescente	<i>Aequora victoria</i> (água-viva bioluminescente)	Proteínas recombinantes
ficoeritrina	Anticorpos conjugados usados em ELISA e citometria de fluxo	Alga vermelhas (Rhodophyceae)	Cultura de células
ProOsteon®, Biocoral®(Interpore)	Implantes cirúrgicos ortopédicos e cosméticos	Esqueletos de corais, moluscos e equinodermos	Coleta no meio ambiente
LALF ( <i>Limulus</i> antilipopolysaccharide factor)	Deteção de endotoxinas(LPS)	caranguejos	Coleta no meio ambiente
Vent™ & DeepVent™DNA polimerase(New England BioLabs, Inc.)	Enzima de reação de cadeia polimerase	Bactéria de fontes hidrotermais de mar profundo	Coleta no meio ambiente
Formulaid®(Martek Biosciences, Columbia, MD)	Ácidos graxos usados como aditivos em suplementos alimentares infantis (nutracêuticos)	microalga	Cultura celular
"Extrato marinho" no cosmético Resilience® (Estée Lauder)	Cosmético (anti-inflamatório) usado em cremes dermatológico	<i>Pseudopterogorgia elisabethae</i> (gorgônia)	Coleta no ambiente

Fonte: (SANTOS; BETTENCOURT, 2007)

Crustáceos produzem quitina, o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza depois da celulose. É uma substância extremamente versátil na aplicação industrial. É usada na composição de defensivos agrícolas específicos para o combate a fungos. Na medicina, a quitina é usada na fabricação de membranas de hemodiálise, nos fios cirúrgicos biodegradáveis, como substitutos de pele artificial, cicatrizante de queimaduras e cápsulas de remédios, liberadores de insulina e ainda nos tratamentos de câncer e Aids. Em cosmética, utiliza-se a quitina na fabricação de cremes de barbear e cremes hidratantes. Quitina

é amplamente utilizada em vários alimentos dietéticos pela sua capacidade de absorver gorduras ainda no estômago. Também é usada na fabricação de papel e na indústria têxtil. As ações flocculante e coagulante da quitina são aplicadas no saneamento de água, na filtração de águas em piscinas e na remoção de metais pesados e óleos.

Os mamíferos marinhos também podem ser fonte de substâncias interessantes do ponto de vista biotecnológico. O âmbar, uma substância acinzentada encontrada no estômago e no intestino de cachalotes e outros cetáceos, foi utilizado como um dos melhores fixadores de substâncias voláteis na perfumaria. Hoje os fixadores são sintetizados em laboratório. Na Tabela 5 são apresentados exemplos de substâncias obtidas de organismos marinhos com potencial biotecnológico.

Tabela 5. Exemplos de substâncias com potencial biotecnológico obtidas de organismos marinhos

SUBSTÂNCIAS	ORGANISMOS	ATIVIDADES
Avarol	Esponja	Anti-inflamatória, antibacteriana, antitumoral, antileucêmica e antiviral. Testes para uso no tratamento da Aids, artrite reumatóide e psoríase.
Isohomohalichondrina	Esponja	Substância em testes para o tratamento de leucemias, câncer de pulmão e fígado, linfomas, câncer de útero e ovário e melanomas.
Hemolisinas	Esponja	Enzimas fungicidas capazes de produzir lesões na parede celular de fungos patogênicos.
Scalaradial	Esponja	Potente inibidor do veneno de abelha.
Crambescidina	Esponja	Substância citotóxica testada no tratamento de melanoma e leucemia.
Evariolina	Esponja	Usada no tratamento de diversos tipos de câncer.
Eleutherobina	Coral	Efeito positivo no tratamento do câncer de ovário. Foi descoberta pelo Centro Scripps para a Biomedicina e Biotecnologia Marinha – EUA.
Pseudopterosina	<i>gorgônia Pseudopterogorgia elisabethae</i>	Anti-inflamatório, analgésico e cicatrizante, capaz de reduzir a inflamação de cortes na pele. Atualmente foi incorporado em produtos cosméticos da empresa Estée Lauder.
Prostaglandinas	Coral	Substâncias extraídas de corais moles pelo Centro de Química Farmacêutica de Cuba, utilizadas no tratamento de úlceras gástricas, hipertensão pulmonar e reguladores hormonais. Também tem ação eficaz na musculatura lisa uterina, sendo usadas para facilitar o parto em Medicina Veterinária.
AZT	Ascidiado gênero <i>Didemnum</i>	Medicação antiviral usada no tratamento da Aids.
Tamandarina	Ascídia brasileira nos recifes ao largo da Vila de Tamandaré ao sul de Recife	Substância com forte ação anticancerígena.
Ecteinascidina – 743	Ascídia do Caribe	Inibidora de sarcomas, câncer de ovário, melanoma e câncer de mama.
Truncamida	Ascídia	Age contra o desenvolvimento de melanoma.

(Continua)

SUBSTÂNCIAS	ORGANISMOS	ATIVIDADES
(Continuação)		
Aplidina	Ascídia	Indicado para o tratamento de vários tipos de câncer (tíróide, tumores neuroendócrinos, melanoma, linfomas, câncer renal, câncer de bexiga, câncer retal, pâncreas e determinados tipos de leucemias).
Ácido káinico	Molusco	Comercializado no Japão como antiparasita e doenças neurais degenerativas.
Ziconotide	Molusco	Tem propriedades anestésicas que, segundo pesquisas feitas pela Universidade de Medicina de Stanford (EUA) é 50 vezes mais potente do que a morfina. É comercializado pela empresa <i>Elan Pharmaceutical</i> com o nome "PRIALT" desde 2003.
ES-285	Molusco de fundo arenoso do Atlântico Norte	Promissor no tratamento de câncer do fígado, câncer renal e câncer de próstata.
Dolastinas	Molusco	Usada no controle da Leucemia.
Calcitonina	Peixes do grupo do salmão	Hormônio utilizado para regular a absorção de cálcio durante a menopausa.
Ergocalciferol	Peixes e algas marinhas	Quando exposto aos raios ultravioletas adquire propriedades que permitem a absorção do fósforo e cálcio pelo tecido ósseo.

Fonte: (BRANDINI, 2006)

## 4.2 Biorremediação

É bem conhecido que sistemas ecológicos possuem um grau de capacidade inata de decompor poluentes ou contaminantes que entram neles. Os agentes biológicos responsáveis para muitas dessas limpezas automáticas são frequentemente micro-organismos da própria natureza. O desarranjo e a eliminação de contaminantes ambientais por organismos vivos são chamados de biorremediação. A remoção de contaminantes de sistemas naturais mediados por micróbios com o passar do tempo pode acontecer completamente na ausência de intervenção humana. O processo também pode ser iniciado por administração humana.

Derramamentos de óleo ou outra contaminação de produto oriundo de petróleo geralmente concentra os maiores esforços de biorremediação no ambiente marinho. A estratégia, no entanto, também é usada ou aplicável em estuários praguicida-carregados, aquicultura, entre outros. Em biorremediação, a Biotecnologia Marinha pode ter um papel significativo no final das fases de limpeza total de derramamento de óleo, atacando as frações cruas mais persistentes e os resíduos de outros processos naturais ou que a intervenção humana de remoção não possam alcançar.

As possíveis estratégias de biorremediação usadas após um derramamento de óleo podem ser divididas em três tipos ou abordagens:

- Biorremediação intrínseca, que é aquela que com o passar do tempo e na ausência de intervenção humana, a remoção é feita por meios bióticos de contaminantes de sistemas naturais.

- Bioestimulação, que requer o uso de populações microbianas nativas para degradar a contaminação. É frequentemente realizado pela intervenção humana pela adição de nutriente fertilizante, fornecendo oxigênio suplementar ou adicionando doadores de elétron químicos ou receptores (por exemplo, nitrato ou sulfato como alternativas de receptor de elétron para oxigênio em sistemas anaeróbios) para aumentar taxas de biodegradação naturais.
- Bioaumento é a estratégia menos comum e consiste em adicionar uma microbiota óleo-degradante (hidrocarbonoclástica) para completar a capacidade de degradação das populações nativas. A microbiota adicionada seria uma linhagem rara ou ausente da comunidade microbiana natural local e podem ser criadas geneticamente para o papel delas como “comedoras de óleo”. Não é muito praticada, pois há preocupações ambientais nessa intervenção.

Apesar de ser menos tecnológica que outras formas de aplicação de Biotecnologia Marinha, a bioestimulação é muito promissora. Na verdade, raramente micro-organismos especializados de qualquer tipo precisam ser introduzidos em locais de derramamento, pois a maioria dos sistemas naturais já possui espécies microbianas capazes de degradar os componentes do derramamento. Por isso, a estratégia de bioestimulação é, sem dúvida, aquela que faz mais sentido.

Pesquisas demonstram que as populações locais de micro-organismos exibem um aumento natural na presença da contaminação pelo óleo. Micro-organismos óleos-degradantes normalmente respondem por menos que 1% da comunidade microbiana marinha natural, mas podem se multiplicar e representar mais que 10% em locais contaminados.

Uma das maiores preocupações são os hidrocarbonetos poliaromáticos tóxicos (PAHs) que originam o piche, encontrados no óleo e outros combustíveis fósseis em estuários altamente industrializados. Através de técnicas de impressão de DNA digital, pesquisadores têm isolado bactérias marinhas que degradam os PAHs. Atualmente está se procurando entender como as comunidades de bactéria naturais podem desintoxicar áreas contaminadas pelos hidrocarbonetos.

Ainda há muito trabalho a ser feito para aperfeiçoar os métodos de biorremediação: quando, como e quanto deve ser aplicado fertilizante, se devemos acrescentar micronutrientes, se devemos usar liberação lenta ou formas altamente solúveis, etc. Essas são algumas das indagações atuais nessa subárea.

O maior problema com o atual estado da arte de biorremediação é que ainda é muito empírico, com desafios de tentativa e erro. Protocolo desenvolvido para um cenário pode não ser válido em outros locais ou sob condições diferentes. As razões que estão por trás das taxas de sucesso variáveis não são aparentes, mas revelam o verdadeiro problema que ainda não foi entendido, o metabolismo microbiano e o crescimento em ambientes contaminados.

Quando os genes específicos envolvidos em biorremediação forem identificados, será possível a utilização de sondas específicas de RNAm para determinar o grau para o qual uma comunidade microbiana está ativamente transcrevendo as enzimas envolvidas no processo de biorremediação. A combinação da sonda com técnicas de sequenciamento de genes microbianos altamente conservados (e.g., o gene 16S ribossomal de RNA, variante presente em todos os micro-organismos), poderá permitir a geração eventual de uma série de dados que relacionam quais linhas microbianas estão mais envolvidas nos processos de biorremediação.

Figura 4. Degradação (da esquerda para direita) dos hidrocarbonetos do petróleo por consórcio bioamplificado de bactérias hidrocarbonoclásticas e bioestimulados com fertilizante NPK – Nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K)



Fonte: (CRAPEZ et al. 2002)

O conhecimento detalhado sobre os aspectos fisiológicos e a capacidade de biorremediação de linhagens microbianas específicas também pode começar a emergir com estudos de sequenciamento de genoma inteiro. Uma vez elucidados genomas inteiros, análises de genoma ADN pela técnica de microarray permitiriam o exame detalhado da expressão de todos os genes no genoma sob uma ampla variedade de condições ambientais.

Os estudos de biorremediação, no Brasil, ainda são poucos. O Laboratório de Microbiologia Marinha, da Universidade Federal Fluminense, foi um dos pioneiros nessa área e vem desenvolvendo pesquisas para estabelecer as bases dessa tecnologia em função das condições ambientais brasileiras. A Figura 4 mostra os resultados obtidos na Baía de Guanabara pelo grupo da UFF (Crapez et al. 2002) na degradação (da esquerda para direita)

dos hidrocarbonetos do petróleo por consórcio bioamplificado de bactérias hidrocarbonoclasticas e bioestimulados com fertilizante NPK.

### 4.3 Estratégias anti-incrustação em Biotecnologia Marinha

Bioincrustação geralmente é definido como a determinação e acumulação de organismos vivos em estruturas físicas artificiais colocadas em um ambiente aquático ou marinho. O termo normalmente refere-se a organismos sésseis (estacionários) macroscópicos como macroalgas, cracas, bivalves, briozoos etc., mas a bioincrustação acontece muito rapidamente também numa escala microscópica. Na realidade, a formação do chamado 'biofilme' microbiano é considerada o passo inicial no estabelecimento de uma comunidade incrustante marinha.

A bioincrustação é bem mais que um problema estético. A incrustação de materiais submersos é de grande importância econômica para várias indústrias porque aumenta resistência friccional (arraste) de navios, causa deterioração estrutural (corrosão) de materiais, restringe o fluxo de água em gaiolas usadas em aquicultura, bloqueio mecânico de entrada e saída de condutores de água e aumento de despesas para manutenção das estruturas acima.

Embora a proibição de TBT ("Tributyltin" – tributil-estanho) como anti-incrustante tenha sido saudada por ecologistas, não existe uma alternativa ecologicamente segura que seja satisfatória para a sua substituição. Muitas frotas estão voltando ao uso de pinturas de cobre, que não são tão efetivas quanto o TBT e são tóxicas para muitas formas de vida marinha, sendo proibidas em várias partes do mundo. O retorno para o cobre é uma estratégia provisória até que sejam desenvolvidas e avaliadas alternativas melhores.

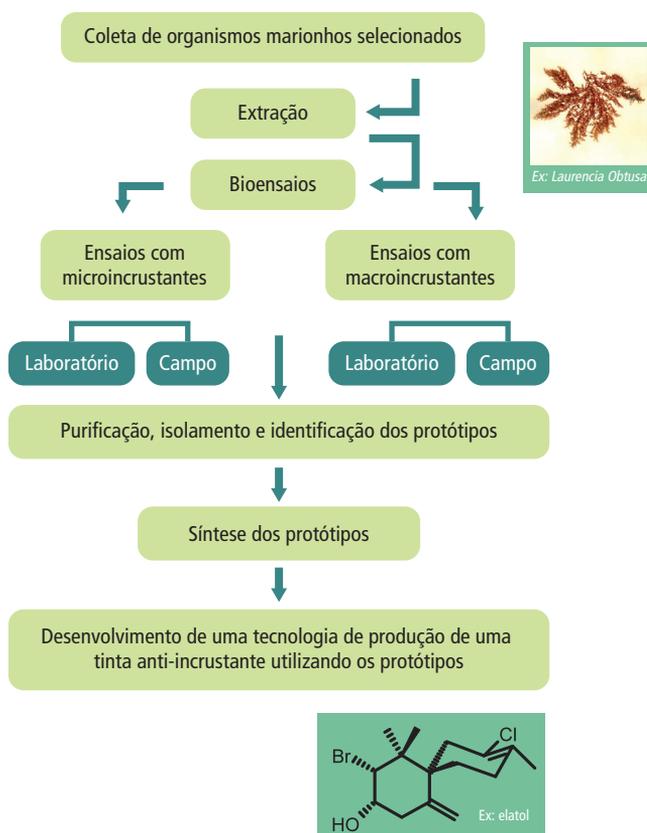
Um caminho a ser perseguido na busca de compostos anti-incrustantes seguros é olhar para os organismos marinhos e tentar descobrir como eles conseguem superar os problemas de incrustação. Isso tem levado a uma série de descobertas interessantes com potencial de aplicação industrial. Produtos naturais com propriedades anti-incrustantes têm sido identificados a partir de espécies de algas marinhas, esponjas, corais moles, e outros. A maioria dos organismos pesquisados é sésil e a incrustação sobre eles teria um impacto negativo sobre o seu desenvolvimento. Há uma clara vantagem adaptativa que confere aos organismos capazes de produzir substâncias naturais de dissuasão a incrustação.

As substâncias anti-incrustantes isoladas de organismos marinhos são avaliadas através de bioensaios que determinam a sua eficiência em inibir a fixação dos organismos em experimentos. A Figura 5 mostra uma proposta de trabalho do grupo de pesquisa da UFF e do IEAPM (Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira) para a obtenção de produtos naturais como agentes anti-incrustantes.

Por exemplo, um grupo de pesquisadores japoneses concluiu que várias substâncias pertencentes a uma classe dos sesquiterpenos foram potentes inibidores da fixação de larvas das cracas da espécie *Balanus amphitrite*. Apesar de tais resultados sugerirem que esses

compostos podem ter relevância em aplicações comerciais anti-incrustantes (cracas estão entre os organismos incrustantes mais prejudiciais), persistem algumas dúvidas sobre a sua utilidade total, devido à maneira típica como progride a bioincrustação em sequências sucessionais que ocorrem ao longo do tempo nas superfícies de materiais estruturais diversos.

Figura 5. Proposta de trabalho para obtenção de protótipos que atuem como anti-incrustantes não poluentes do grupo da UFF e do IEAPM



Fonte: (DA GAMA; PEREIRA, 1995).

Após a imersão, o material sintético começa a ser “condicionado” pelo ambiente marinho. Moléculas orgânicas dissolvidas recobrem essas superfícies em minutos como resultado de processos de adsorção física. Assim, condicionada, a superfície é, então, recoberta por bactérias colonizadoras em poucas horas. Cianobactérias, microalgas e protozoários também contribuem para o estabelecimento desse biofilme inicial.

É esse revestimento que faz com que superfícies artificiais favoreçam o estabelecimento de organismos macroscópicos incrustantes como cracas, mexilhões e ascídias, que causam a maioria dos problemas.

Uma grande preocupação dos pesquisadores tem sido o real valor das substâncias anti-incrustantes que vem sendo descobertas, uma vez que eles atuam em organismos em etapa sucessional avançada. Em outras palavras, se o estabelecimento de cracas for bloqueado, outro organismo pode causar o mesmo problema. Por esse motivo, alguns pesquisadores acreditam que substâncias que impedem a instalação de estágios sucessionais anteriores possam ser mais úteis.

Uma abordagem não tóxica é o uso de silicone de revestimentos elastoméricos, às vezes, chamada de camada de liberação-incrustantes, ou seja, sistemas projetados a base de silicone para imitar a energia superficial baixa de animais como baleias e golfinhos. As camadas de elastômero de silicone não repelem completamente os bioincrustantes marinhos por não serem tóxicas. Pelo contrário, permitem aos organismos incrustantes ganhar apenas um ponto de apoio fraco, sendo facilmente deslocado com uma aplicação ligeira de energia. Na maioria das vezes, a força normal hidrodinâmica do navio em movimento poderá ser suficiente para manter as superfícies livres de macroincrustantes.

#### 4.4 Biotecnologia e aquicultura

Cientistas de pesca estão de acordo que os oceanos atingiram seu máximo rendimento sustentável, e se as tendências atuais continuarem, a pesca do mundo tende a se exaurir dentro de algumas décadas. Ao mesmo tempo, devido aos benefícios de saúde associados a uma dieta baseada em alimentos de origem marinha, a procura dos consumidores de frutos do mar vem aumentando constantemente. Em muitos países áreas onde a pesca comercial e recreativa desempenhou importantes papéis econômicos, houve acentuado declínio por causa da presença de poluição e da pesca excessiva.

Vírus, bactérias e protozoários devastaram a indústria do camarão no Havaí e cultivos de ostras foram dizimados em locais como a Baía de Chesapeake e o Golfo do México. De outro lado, os efeitos adversos potenciais de efluentes oriundos de cultivos sobre o ambiente marinho e costeiro tem sido amplamente divulgado e tornaram-se fontes de controvérsia infundável entre ambientalistas e mariculturistas. No centro da controvérsia estão os resíduos químicos gerados pelos efluentes, bem como interações biológicas dos organismos de viveiro com as populações selvagens.

A resposta para os desafios que se colocam para o aumento de produção de recursos marinhos e controle de doenças e danos ambientais está no desenvolvimento dos avanços em Biotecnologia, aplicando tecnologias avançadas para o cultivo de organismos marinhos, para satisfazer a necessidade crescente do mundo de alimentos, medicamentos e materiais do oceano sem a exploração excessiva e a destruição dos ambientes costeiros.

A Figura 6 apresenta uma ilustração sobre a proposta multidisciplinar de vários grupos de pesquisa de São Paulo (USP e IBt), Rio Grande do Norte (UFRN), Paraíba (UEPB) e Santa Catarina (UFSC).

A intensificação da produção, modernização técnica e melhoria dos cultivos são necessárias para aumentar a eficiência econômica das indústrias relacionadas à aquicultura marinha. Para ajudar a alcançar essas melhorias, métodos modernos de engenharia bioquímica e genética podem ser adaptados para controlar os processos biológicos que intrinsecamente limitam a eficiência e o rendimento da produção. Pesquisadores estão optando por estratégias de desenvolvimento de espécies com maior resistência a vírus e bactérias específicas. Outra estratégia é bloquear a capacidade do parasita de proliferar no hospedeiro através de métodos moleculares, sendo que o ponto de partida para isso é descobrir a base molecular e genética para os fatores que influenciam a relação do parasito com o seu hospedeiro. Para aumentar a produtividade e reduzir as doenças em aquicultura, os pesquisadores estão desenvolvendo peixes transgênicos com maior fertilidade, taxas mais rápidas de crescimento e melhor tolerância à temperatura.

Figura 6. Projeto multidisciplinar com macroalgas marinhas coordenado pelo doutor Pio Colepicolo (USP) e com a participação de várias instituições.



Fonte: (COLEPICOLO, 2010)

Na contramão da tendência maior dos problemas causados ao meio ambiente pelos cultivos aquáticos, tem sido também divulgado o potencial de contaminação de substâncias tóxicas oriundas no ambiente por peixes cultivados em gaiolas.

Para responder a essa situação, os cientistas do Centro de Biotecnologia Marinha da Universidade de Maryland (EUA) desenvolveram uma nova geração de tecnologias em aquicultura marinha, visando à melhoria da qualidade do produto de cultivo através de modernos sistemas de recirculação. Recirculação é uma solução para uma aquicultura marinha viável e sustentável e pode ser estabelecida nas comunidades urbanas ou rurais.

O núcleo do sistema inclui unidades de filtração biológica que incorporam processos microbianos naturais (desnitrificação heterotrofia/autotrofia, nitrificação, redução de sulfato e amônia) para controlar e degradar compostos de resíduos produzidos por peixes

que, caso contrário, se acumulariam no sistema de água e podem prejudicar o organismo cultivado.

A eliminação final desses compostos por grupos de microrganismos selecionados permite a reciclagem de reservatório de água do mar eliminando a exigência de substituição ou adição de água do mar. Além disso, o sistema de coleta e digestão de resíduos e produtos sólidos, que são derivados diretamente do peixe ou por acumulação de ração não utilizada por processos microbianos, pode ser utilizado para a produção de gás metano, fonte de energia. Em sistemas de recirculação, peixes marinhos podem crescer em altas densidades com contenção de 99% dos efluentes, sendo o restante das águas residuais desinfetado, podendo ser facilmente manipulado por um sistema de esgoto urbano sem nenhuma libertação direta de resíduos para o ambiente.

Outros desenvolvimentos recentes na área de desenvolvimento tecnológico da aquicultura podem ser citados. Na Universidade de Connecticut (EUA) pesquisadores estão utilizando nori, uma alga vermelha, para resolver o problema da poluição por resíduos de peixes criados em aquicultura em sistemas intensivos. A alga funciona como uma “esponja” de nitrogênio e fósforo da água circundante de gaiolas de cultivo de salmão. O processo de biorremediação transforma os resíduos de peixe em alimentos nutritivos.

O desenvolvimento de novas tecnologias em cultivo de ostras permite um aumento de produção considerável. Na natureza, as ostras têm apenas dois conjuntos de cromossomos, mas, no laboratório, elas podem passar a ter três conjuntos. Conhecido como triploídes, essas ostras manipuladas não desovam e, assim, tendem a engordar continuamente, atingindo tamanho comercial desejável. Em contraste, ostras diplóides tendem a usar seu glicogênio armazenado durante a desova e o rendimento de carne diminui substancialmente em período reprodutivo.

Na Universidade de Louisiana (EUA), pesquisas são desenvolvidas para tentar reduzir a alta taxa de mortalidade de ovos associados com os produtos químicos que induzem a triploidia. A estratégia envolve o uso de procedimentos para tornar as ostras tetraplóides (com quatro conjuntos de cromossomos), cruzá-las com as diplóides e, então, produzir ostras triploídes.

Recentemente, probióticos foram comercializados com sucesso por uma empresa de Chennai (= Madras – Índia) e estão no mercado há cerca de quatro anos. Outro ponto importante no recente desenvolvimento biotecnológico indiano são produtos prontos para transferência de tecnologia, como imuno-estimulantes novos para camarões, adsorventes de amônia em aquicultura e a hidrólise de proteínas de resíduos marinhos. As pesquisas em curso têm sido direcionadas a probióticos de origem marinha, probióticos para a remoção de amônia; probióticos para aquário marinho; produtos de valor agregado a partir de resíduos marinhos; produção de luciferina e luciferase a partir de *Photobacterium* e *Vibrio harvey*.

A Política de Oceanos da Austrália identifica a aquicultura sustentável e a descoberta de novos compostos como principais geradores de riqueza nacional, de benefícios sociais e ambientais. O Instituto Australiano de Ciências Marinhas (AIMS – Australian Institute of Marine Science) apóia pesquisas que promovam o desenvolvimento da indústria da aquicultura tropical de forma responsável. A busca por novas substâncias químicas de diversos componentes da biota marinha da Austrália é voltada para produtos para a saúde, agrotóxicos e agentes de remediação ambiental. Essa pesquisa aborda organismos marinhos que produzem toxinas naturais, venenos, anti-incrustantes, etc. Metas atuais incluem aquicultura de espécies marinhas, como o camarão tigre preto, fazendas marinhas de esponjas com potencial comercial etc. Aspectos estratégicos da pesquisa incluem a identificação de novas indústrias, fechando os ciclos de vida para alcançar completa domesticação e desenvolvimento de tecnologias para aumentar a produção e/ou minimizar os impactos ambientais.

Na “China, o Instituto de Pesquisa da Pesca do Mar Amarelo (‘YSFRI-Yellow Sea Fishery Research Institute’)” há pesquisas em desenvolvimento tecnológico com aplicações em aquicultura. Entre as principais linhas de pesquisa estão estudos sobre biorremediação em ambiente marinho; maricultura Ecologia e capacidade de carga; doenças em organismos de cultivo marinho; controle e estudo de biologia molecular de patógenos; recursos e melhoramento genético; recursos marinhos e engenharia enzimática.

A pesquisa científica em Biotecnologia Marinha no Canadá desempenha papel fundamental para ajudar o setor de aquicultura a competir nos mercados globais, ao mesmo tempo em que se preocupa com a proteção dos ecossistemas aquáticos. O Departamento de Pesca e Oceanos (“DFO- Department of Fisheries and Oceans”) visa transferir as últimas tecnologias para o setor da aquicultura. Pesquisas sobre os efeitos ambientais da aquicultura, conservação e proteção dos peixes e de seu *habitat* nos ecossistemas marinhos ou de água doce. Há investimentos em pesquisa de saúde dos animais aquáticos para prevenir, atenuar e tratar as doenças. Finalmente, DFO coordena atualmente o Programa de pesquisa e desenvolvimento da Aquicultura Colaborativa (“ACRDP-Aquaculture Collaborative Research and Development Program”) – um fundo de quatro milhões e meio de dólares, foco da investigação em colaboração com vários parceiros no país e no exterior.

No Centro Nacional de Aquicultura em Israel destacam-se como linhas de pesquisa atualmente: aquicultura sustentável e domesticação do atum; o desenvolvimento comercial de hormônios superpotentes para reprodução de peixes, a cultura de crustáceos e de algas em um sistema de policultivo para aumento da rentabilidade e redução do enriquecimento ambiental com nutrientes; o melhoramento genético de badejo *Dicentrarchus labrax*, o tratamento de águas residuais, com o objetivo de manter limpo o Mar Vermelho; a melhoria da eficácia dos custos dos terrenos marinhos com instalações de aquicultura e o cultivo de ouriços em sistemas de produção integrada, com a melhoria da sua alimentação e produção de ovas.

#### 4.5 Biotecnologia Marinha e restauração de *habitats* marinhos

A Biotecnologia é um meio de se fazer um grande trabalho de restauração em muitos *habitats* marinhos degradados do mundo, como recifes de coral e lagoas costeiras. Podem ser usados conhecimentos novos e ferramentas para ajudar os gestores de ecossistemas a restabelecer as funções ecológicas de locais transformados, de forma que eles se assemelhem ao estado natural, anterior às perturbações. Além disso, se as estratégias de restauração podem ser projetadas com baixo custo e tecnologia relativamente simples, elas poderão oferecer uma importante ajuda às nações litorâneas em desenvolvimento, que lidam com problemas ambientais severos como a sobrepesca e a degradação de recifes de coral.

O foco principal tem sido a restauração e recuperação de *habitats* de recife de coral, embora estratégias de restauração baseadas em Biotecnologia Marinha sejam aplicáveis na restauração de outros *habitats* marinhos, como pântanos salgados e pradarias de gramas marinhas.

Entre as mudanças mais alarmantes no ambiente marinho hoje, está a rápida degradação mundial dos recifes de coral. A perda dos recifes de coral do mundo irá abalar as receitas de turismo, os pescadores, etc. As propriedades localizadas no litoral perderão uma fonte fundamental de proteção ao batimento das ondas e a erosão. Como exemplo, podemos lembrar os impactos do *tsunami* mortal em dezembro 2004. Eles foram substancialmente reduzidos em contornos da costa protegidos por recifes de coral intactos e sistemas de manguezal. Devemos lembrar que algumas nações oceânicas são muito dependentes da saúde dos recursos marinhos dos recifes de coral para a sua existência.

Em geral, do ponto de vista de saúde de oceano e a saúde do planeta, ecossistemas de recife de coral têm valor incalculável como um dos reservatórios principais de biodiversidade. Além disso, quase inexplorado, é o sistema marinho com grande potencial para combinações biomédicas ou biotecnológicas.

A restauração após um furacão, tempestade, naufrágio do navio, ou outras perturbações catastróficas físicas, quebra o recife, mas deixa uma grande parte dos fragmentos de corais vivos. Nesses casos, os fragmentos podem ser reatados com sucesso para o substrato calcário não-vivo utilizando epóxi subaquático ou cimento. Essa estratégia é adequada para restaurações em pequena escala, mas impossível se as áreas forem muito grandes.

Há ainda a necessidade de replantio de corais como parte de vários projetos de restauração do recife. Evidências após o desastre do cargueiro Wellwood amplamente documentado em 1984, causando aterramento e consequências danosas nos recifes de Florida Keys (EUA), indicam que os corais duros tendem a se recuperar de forma lenta depois de tais impactos. Após mais de 10 anos do evento de aterramento, havia muito poucos recrutas de coral duro de qualquer espécie e não havia recrutas do coral local mais importante, o *Acropora palmata*, proeminente na comunidade antes do aterramento. Tais observações sugerem que a restauração poderia melhorar a velocidade do retorno da estrutura da comunidade e de sua função, se for adicionado um componente de replantio de coral.

A expectativa de muitos pesquisadores e gestores de recursos é que a Biotecnologia Marinha poderá contribuir para fazer progredir a ciência do cultivo de corais para fins de replantio e recuperação de seus *habitats*.

Há duas importantes aplicações potenciais para a tecnologia de cultivo viável de coral. A primeira aplicação é uma fonte saudável de um banco de corais para replantio e recuperação de *habitats* dos recifes danificados. A segunda aplicação da tecnologia, provável consequência positiva de interesses comerciais e ambientais, será no abastecimento do comércio de aquarofilia, com a criação de berçários de corais vivos em vez de espécimes coletados na natureza. Atualmente, centenas de toneladas de corais selvagens são colhidas para o comércio do aquário marinho e para a confecção de jóias.

Existem ainda consideráveis lacunas de conhecimento que dificultam o desenvolvimento dessa tecnologia. Corais de cultivo ainda não são produzidos com sucesso em grande escala, longe da viabilidade comercial. Entre os principais desafios estão: entender o momento e o desencadeamento da reprodução; o cultivo de larvas planctônicas de longa duração, a indução da metamorfose e a fixação das larvas; a engorda, o aperfeiçoamento das técnicas de plantio, a seleção genética e o melhoramento genético de reprodutores. Contribuições dos diversos campos da Biotecnologia Marinha podem ajudar a fechar algumas dessas lacunas de conhecimento.

A Figura 7 ilustra a Rede Interinstitucional de algas bentônicas para obtenção de bioprodutos ativos, reunindo vários profissionais de universidades nordestinas.

Para minimizar esses problemas, os pesquisadores devem ser capazes de fazer uso sustentável dos corais saudáveis. Ao invés de recolher corais adultos de crescimento lento para transplante ou para a venda no comércio do aquário, podem ser realizadas capturas de uma parcela dos milhões de gametas liberados pelos corais adultos selvagens durante eventos de desova. Isso em si não é pouca coisa, já que a maioria das espécies de coral estudada até agora desova e libera seus gametas em apenas uma noite por ano. No entanto, pesquisas relevantes em laboratórios revelaram que sinais químicos determinados são importantes na sincronização e indução de desova. É possível que esse conhecimento possa ser usado para controlar a desova no cultivo em cativeiro e, possivelmente, também em ambientes naturais.

Figura 7. Rede interinstitucional de algas bentônicas para obtenção de bioprodutos ativos, reunindo vários profissionais de universidades nordestinas



Fonte: (BARBOSA-FILHO, 2010)

A coleta de gametas em ambiente natural ainda deixaria os cultivadores de coral com o difícil desafio de manter a sobrevivência de larvas planctônicas saudáveis até que estejam prontas a se transformar e se fixar. Uma solução razoável pode ser ultrapassar essa fase do ciclo de vida completo, pelo menos até que outras questões de criação em cativeiro sejam resolvidas.

Assim como certas moléculas foram associadas ao controle da sincronia natural da desova, outros sinais moleculares naturais foram descobertos atuando como pistas ambientais desencadeantes da metamorfose e da fixação. Por exemplo, o pesquisador Aileen Morse do Marine Science Institute (UCSB), que trabalhou com representantes das quatro grandes famílias de corais que produzem larvas, observou que elas são induzidas à fixação pela presença no meio de um sinal molecular liberado por algas vermelhas crostosas, como um “farol caseiro” para larvas de coral. O fato de a metamorfose ser conseguida em quatro famílias distintas de coral sugere que esse mecanismo de indução evoluiu antes

dessas linhas divergirem de um ancestral comum, há cerca de 240 milhões de anos atrás. Essa afirmação é consistente com uma recente revisão sistemática filogenética de coral.

Talvez a possibilidade mais promissora a partir da pesquisa sobre a sinalização química de fixação de larvas de coral seja o desenvolvimento de uma fixação quimio-indutiva, os *flypapers*. São substratos artificiais (por exemplo, resina ou placas de vidro) que contêm forma imobilizada das moléculas que provocam a indução, permitindo o recrutamento de larvas de coral da coluna d'água em suas superfícies. Existem inúmeras aplicações potenciais para essa tecnologia, que incluem a coleta de recrutas de corais na natureza para engorda em cativeiro ou transplante para locais de restauração, a coleta de larvas cultivadas para o plantio em cativeiro ou em ambiente externo, e a avaliação e o acompanhamento dos locais onde há fontes de larvas planctônicas de coral.

Larvas de muitas espécies de corais são capazes de dispersão a longas distâncias no plâncton, e podem até mesmo atrasar a metamorfose, em alguns casos, até que um ambiente adequado seja encontrado. Na medida em que amadurecem as tecnologias de restauração no transplante de recrutas plantados, os pesquisadores estão começando a perceber a importância de considerar a genética de populações locais e suas implicações. Em determinados recifes de coral, por exemplo, os testes de parentesco genético das vizinhas colônias de corais poderiam indicar que o recrutamento local de resolução de propágulos de coral é mais importante do que o recrutamento de indivíduos de dispersão a longa distância. Em outros recifes, as análises genéticas podem revelar que a maioria dos recrutas foi gerada em locais do recife distante do local de estudo.

#### 4.6 Monitoramento ambiental marinho

Geralmente são programas projetados para descobrir e quantificar organismos prejudiciais ou combinações tóxicas. Nesses programas, os pesquisadores procuram entender como esses agentes entram em sistemas naturais e como predizer os efeitos deles no ser humano e na saúde ambiental. A Biotecnologia Marinha está avançando rapidamente em várias áreas de monitoramento ambiental, incluindo os problemas acarretados pelas marés vermelhas, criando testes mais eficientes, mais simples e mais precisos para agentes governamentais.

Os agentes infecciosos no ambiente marinho podem ser biológicos, o que incluiria bactérias e vírus ou substâncias químicas, quando combinações tóxicas estão presentes. Os agentes são introduzidos frequentemente ao ambiente marinho por atividade humana. Para proteger a saúde humana, certos programas de monitoramento são comuns em praias e outras áreas, sendo aprimorados pelo uso da Biotecnologia. Tais programas podem avaliar a abundância de coliformes fecais e outras bactérias em praias ou testam a presença de patógenos e toxinas no mar.

Coliformes podem indicar a presença de contaminação fecal e, em alguns casos, bactérias patogênicas. Mas, rejeito fecal humano de origem séptica ou esgoto imprópriamente tratado é apenas uma das fontes de coliformes em ambientes litorais. Pássaros, mamíferos

e outros animais também são fontes de bactérias em sistemas naturais. Então, o refinamento de ensaios de monitoramento para descobrir, através de sequenciamento genético específico, a origem dos coliformes tem sido uma meta importante. Pesquisas de monitoramento baseadas em sondagem de sequenciamento de genes estão em desenvolvimento, detectando a presença de material genético das linhagens mais prejudiciais, podendo atingir um ponto de previsão acurada das condições que ameaçam as populações humanas, garantindo a prevenção pelo fechamento de praia, por exemplo.

Biotecnologias emergentes também podem permitir programas de monitoramento ambientais para descobrir patógenos viróticos conhecidos, cujos níveis não são monitorados regularmente em nossas praias, porque são caros, lentos e, muitas vezes, incompatíveis com o uso em água salgada.

Na Universidade do Sul da Flórida (EUA), por exemplo, estão sendo desenvolvidos testes portáteis baseados em sequenciamento de genes para vírus patogênicos para uso em campo. São relativamente simples e podem ser colocados em veículos subaquáticos autônomos para monitoramento ininterrupto. Pelo fato de a ingestão de um único patógeno virótico poder causar sérias doenças, tal trabalho é especialmente importante. Na Universidade de St. Petersburg, na Flórida (EUA), pesquisas virais são baseadas em RT-PCR (uma reação da transcriptase reversa, seguida da reação em cadeia da polimerase) para revelar contaminação em canais e outros ambientes costeiros por ação humana. A principal vantagem é a rapidez dos resultados, porém o custo é excessivo e há a necessidade de treinamentos especializados.

A capacidade atual para prever os efeitos de substâncias químicas tóxicas nos oceanos em organismos vivos é limitada. Isso é porque os oceanos contêm milhares de combinações tóxicas que interagem com centenas de milhares de espécies (ou mais), todas com suscetibilidades diferentes em uma variedade de ambientes distintos, dinâmicos. Em tal ambiente confuso, a ideia tradicional de tentar localizar os efeitos de uma única substância química em uma única espécie permite pouco entendimento dos efeitos de substâncias químicas tóxicas. Porém, técnicas biotecnológicas moleculares estão oferecendo novas esperanças para superar essa complexidade aparentemente proibitiva. Uma estratégia potencial se concentra em medir os efeitos da exposição química por biomarcadores em organismos vivos, ou *in vivo*. Biomarcadores são parâmetros biológicos quantificáveis que podem servir como indicadores de saúde (por exemplo, enzimas ou hormônios produzidos por organismos). Uma vantagem fundamental para o uso de técnica baseada em biomarcadores é o exame específico da resposta fisiológica de organismos exposta a uma variedade de agentes tóxicos, potencialmente revelando os agentes que causam o impacto na saúde desses organismos.

Exemplo de projeto de pesquisa com uso de biomarcadores é o estudo em biópsias em pele de baleias e outros mamíferos marinhos, que tem sido testada em amostras de pele para avaliar o nível de expressão do gene CYP1A (Cytochrome P450 1A). A atividade de P450 aumentada indica se um animal foi exposto a níveis significantes de poluentes tóxicos. O laboratório oceanográfico de Woods Hole (EUA) tem utilizado essa biotecnologia

logia para averiguar os efeitos de substâncias químicas estranhas na fisiologia e saúde de animais marinhos.

#### 4.7 Monitoramento de condições para florações marinhas tóxicas

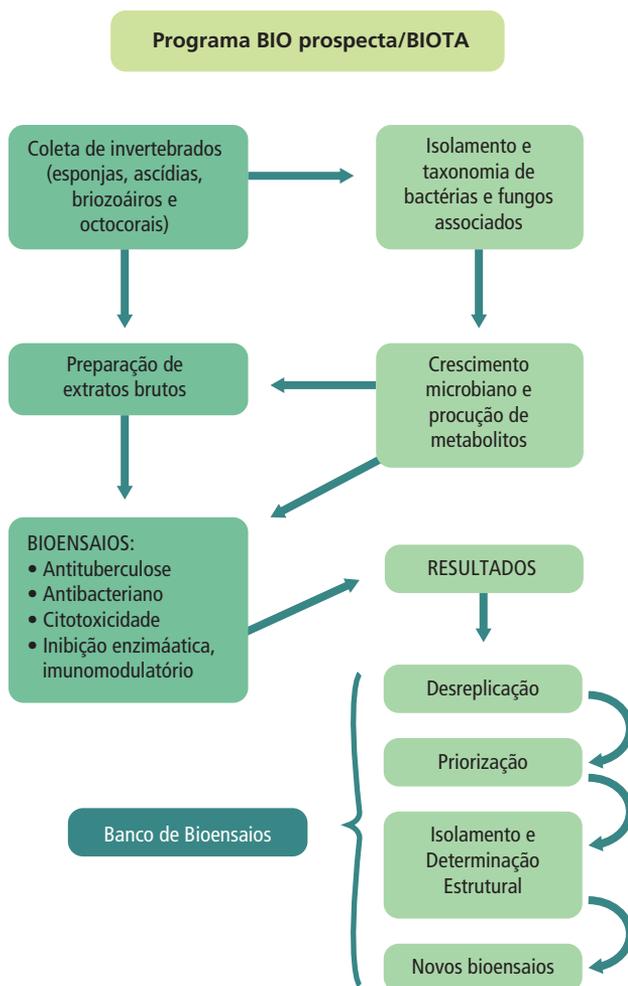
Um fenômeno no ambiente marinho que tem implicações principais para saúde humana e saúde ambiental é a ocorrência de florações marinhas tóxicas. Incluem microalgas, cianobactérias ou macroalgas. Até mesmo um dinoflagelado do gênero *Pfiesteria* e que não tem seu próprio aparato fotossintético é responsável pela morte de milhões de peixe.

Os principais efeitos dessas espécies no mar são a produção de toxinas que causam impacto na saúde humana ou ambiental, a infecção ou parasitismo em organismos marinhos de uso comercial, inclusive mamíferos marinhos, peixes e moluscos e o seu crescimento em quantidade que cobrem bancos de gramas marinhas, recifes de coral ou outros *habitats* importantes e podem até sufocar vários animais marinhos.

Apesar da grande preocupação mundial com esse fenômeno, ainda não há um meio seguro de predizer onde e quando a floração acontecerá, quanto tempo ela irá persistir, ou qual o impacto que estará causando na saúde das populações e no ambiente. Técnicas de sensoriamento remoto, como fotografar seções grandes de áreas marinhas de aviões ou satélites para monitorá-las, oferecem grande potencial para localizar florações, porém, o sucesso tem sido restrito com o uso dessas técnicas.

A Figura 8 ilustra a pesquisa do grupo de química orgânica de produtos naturais da USP (São Carlos), liderado por Roberto Gomes de Souza Berlinck.

Figura 8. Esquema ilustrativo da pesquisa do grupo de química orgânica de produtos naturais da USP (São Carlos), liderado por Roberto Gomes de Souza (adaptado de Berlinck, 2010)



Fonte: (BERLINCK, 2010).

Os estudos podem compor a origem e o rastro de várias florações de superfície de modo retroativo, mas não podem avançar na questão de predição do fenômeno. O desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto que possam fazer parte de uma estratégia de detecção prévia da floração é uma necessidade crítica que a Biotecnologia pode ajudar, através da possibilidade de detecção e localização de espécies fitoplanctônicas tóxicas dentro de uma mistura complexa de espécies. Por exemplo, cientistas podem usar o monitoramento de áreas usando técnicas genéticas ou bioquímicas que identificam espécies ou toxinas de maior preocupação, e que permitam a localização de sua expansão. Essa

informação poderia ser usada como pano de fundo de dados de sensoriamentos remotos, de forma que indicadores visuais de novas florações pudessem ser descobertos.

O uso de sondas moleculares que detectam a presença de espécies de florações como *Pfiesteria*, é uma técnica biotecnológica que tem sido desenvolvida na subárea de florações. É refinado o bastante para revelar se a espécie está presente em uma fase do ciclo de vida tóxica ou não tóxica. O uso de tais sondas que miram genes expressos específicos ou os produtos tóxicos que eles codificam deve emergir e desempenhar um papel crescente no monitoramento de florações.

Muito trabalho permanece a ser feito para a identificação e caracterização de toxinas e derivados produzidos por florações. Esse é um passo crítico para pesquisas em desenvolvimento que podem descobrir essas combinações no ambiente, localizá-los através dos sucessivos níveis tróficos e sirvam como indicadores. É esperado que os usos de Biotecnologia possam nos levar a prever a presença de toxinas no ambiente, em frutos do mar e em instalações comerciais de aquicultura.

#### 4.8 Monitoramento da saúde dos corais

Recifes de coral tropicais estão em declínio em todo o mundo. Uma combinação de impactos ambientais como poluição das águas e práticas de pescas prejudiciais, junto com mudanças globais do clima, ameaçam a sobrevivência dos recifes do mundo atualmente. Recentemente uma dúzia ou mais de doenças de coral previamente desconhecidas emergiram para exacerbar os problemas que afetam esses organismos. Em vários casos, os agentes etiológicos das doenças têm ainda de ser determinados. Acredita-se que tecnologias modernas e técnicas desenvolvidas nos campos de microbiologia e da biologia molecular são uma promessa de ferramentas úteis e devem ser combinados com métodos mais tradicionais de estudos de doenças do coral.

Por exemplo, análises de expressão de gene semelhante a técnicas de biomarcadores em desenvolvimento para detecção de poluentes tóxicos poderiam ser usadas junto com o monitoramento visual tradicional da doença. A descoberta de padrões alterados de expressão de gene serviria como aviso antecipado de indicadores de tensão ou começo de sintomas de doença. Esses padrões iniciais, uma vez descobertos, poderiam ser correlacionados possivelmente com registros de vídeos para identificar indicadores visuais do início da doença.

Quando indicadores visuais são estabelecidos, o trabalho poderia ser levado a um passo adicional para identificar padrões visíveis através de sensoriamento remoto que indique o começo de doenças específicas. Também poderiam ser explorados bancos de dados fotográficos e de vídeo para identificar registros existentes de episódios de doença passados. Ferramentas poderosas de sensoriamento remoto como o *LandSat Thematic Mapper* e o *Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)* já permitiram o registro de amplos fenômenos de recife de coral incluindo alterações de recife estruturais e eventos de branqueamento alastrados.

Sempre que possíveis coordenadores de projeto de restauração de *habitat* devem considerar a seleção de transplante/estoque com uma estrutura genética similar àquela de uma comunidade natural mais provável para o recrutamento de um local específico. Uma população geneticamente diversa dos recrus deve ser selecionada para replantio para locais que dependem fortemente de recrutamento de novos indivíduos de longa distância, por exemplo. Por outro lado, um local de fonte mais homogênea com uma estrutura genética similar à do local inicial poderia ser mais apropriado nos casos em que o recrutamento local domina.

A recente inovação da Biotecnologia que provavelmente será cada vez mais útil em tais projetos de restauração de *habitats* marinhos é a tecnologia de *DNA microarray*. Às vezes, são denominados de “chips genes”, e são microarranjos de DNA que podem ser desenvolvidos para tratar de questões genéticas diretamente no nível da comunidade. Por exemplo, DNA/ensaios de hibridização de DNA, usando os *microarrays* adequadamente construídos podem ser utilizados para a genotipagem da comunidade de corais para avaliar a estrutura genética da população e a diversidade antes de selecionar o estoque de sementes mais adequado para a restauração.

#### 4.9 Biodiesel e algas

As vantagens decorrentes de biodiesel a partir de algas incluem as suas taxas de crescimento rápido, o seu alto rendimento por hectare, o fato de não conter enxofre, de não serem tóxicos e serem altamente biodegradáveis. Algumas espécies de algas são ideais para produção de biodiesel, devido ao seu alto teor de óleo, que, em algumas espécies, chegam a atingir cerca de 50%.

As algas variam de pequenos organismos unicelulares a multicelulares, alguns com forma bastante complexa e diferenciada. Como as plantas, as algas requerem três componentes básicos para crescer: luz solar, dióxido de carbono e água. A fotossíntese é um processo bioquímico importante em que as plantas, algas e algumas bactérias convertem a energia da luz solar em energia química. Os oceanos, pântanos e mangues são fontes naturais de algas.

Microalgas contêm lipídios e ácidos graxos como componentes de membrana, produtos de armazenamento, metabolitos e fontes de energia. As algas contêm entre 2- 40% de lipídios e óleos. Existem três métodos conhecidos para extrair o óleo de algas e de sementes oleaginosas (*Expeller/Press*, extração com hexano e extração com fluido supercrítico).

O “Algae Task Force (ATF)” do “European Biofuels Technology Platform” está avaliando os recentes relatórios dos biocombustíveis de algas e atividades correlatas. Segundo o grupo, está em andamento uma terceira geração de biocombustíveis a partir de algas, com potencial para fornecer uma nova gama de biocombustíveis de terceira geração, incluindo os combustíveis para aviação.

Segundo a Associação Européia de Biomassa Algácea (European Algae Biomass Association – EABA, 2010), seus elevados níveis de óleo e produção de biomassa, ampla disponibilidade, a concorrência ausente (ou muito reduzida) com terras agrícolas de alta qualidade, versatilidade de seus produtos, seu uso eficiente como meio de captura de CO<sub>2</sub>, sua adequação para tratamentos de águas residuais industriais, faz das algas uma das fontes renováveis mais promissoras e atraentes para um uso totalmente sustentável e com economia de carbono.

A produtividade é maior nos ambientes controlados, contidos em ambiente de um fotobiorreator, mas outras formas de produção também são superiores para sistemas abertos. Ainda é necessário um investimento significativo em pesquisa antes que altos níveis de produtividade possam ser garantidos em escala comercial. Algas para biocombustíveis também podem ser desenvolvidas em terrenos adjacentes a usinas, para converter o dióxido de carbono dos escapamentos em combustível.

As algas também podem ser cultivadas em ambiente heterotrófico (na ausência de luz), utilizando açúcar ou biomassa celulósica para a energia e carbono (por exemplo, biorreator fechado). As algas podem ser utilizadas para produzir biocombustíveis de diversas maneiras: conversão de bioetanol; extração de óleos; produção de óleos de matérias-primas através de fermentação no escuro; petróleo mais etanol; conversão total de algas em biopetróleo via pirólise; injeção de combustível e refinaria de algas.

Além de produzir os óleos, as algas são também ricas fontes de vitaminas, proteínas e carboidratos. Os passos seguintes foram identificados para o desenvolvimento de biorrefinarias de microalgas: desenvolvimento de tecnologias de ruptura celular leve e eficiente, extração e fracionamento; tecnologias eficazes para a separação de carboidratos, proteínas e lipídeos; tecnologias de lipídeos/refino de petróleo; melhoria do consumo de energia e desempenho ambiental; redução dos custos de capital; integrar os conhecimentos e as instalações de petróleo, indústria alimentícia e de química fina; Fornecimento de biomassa (quantidade e qualidade).

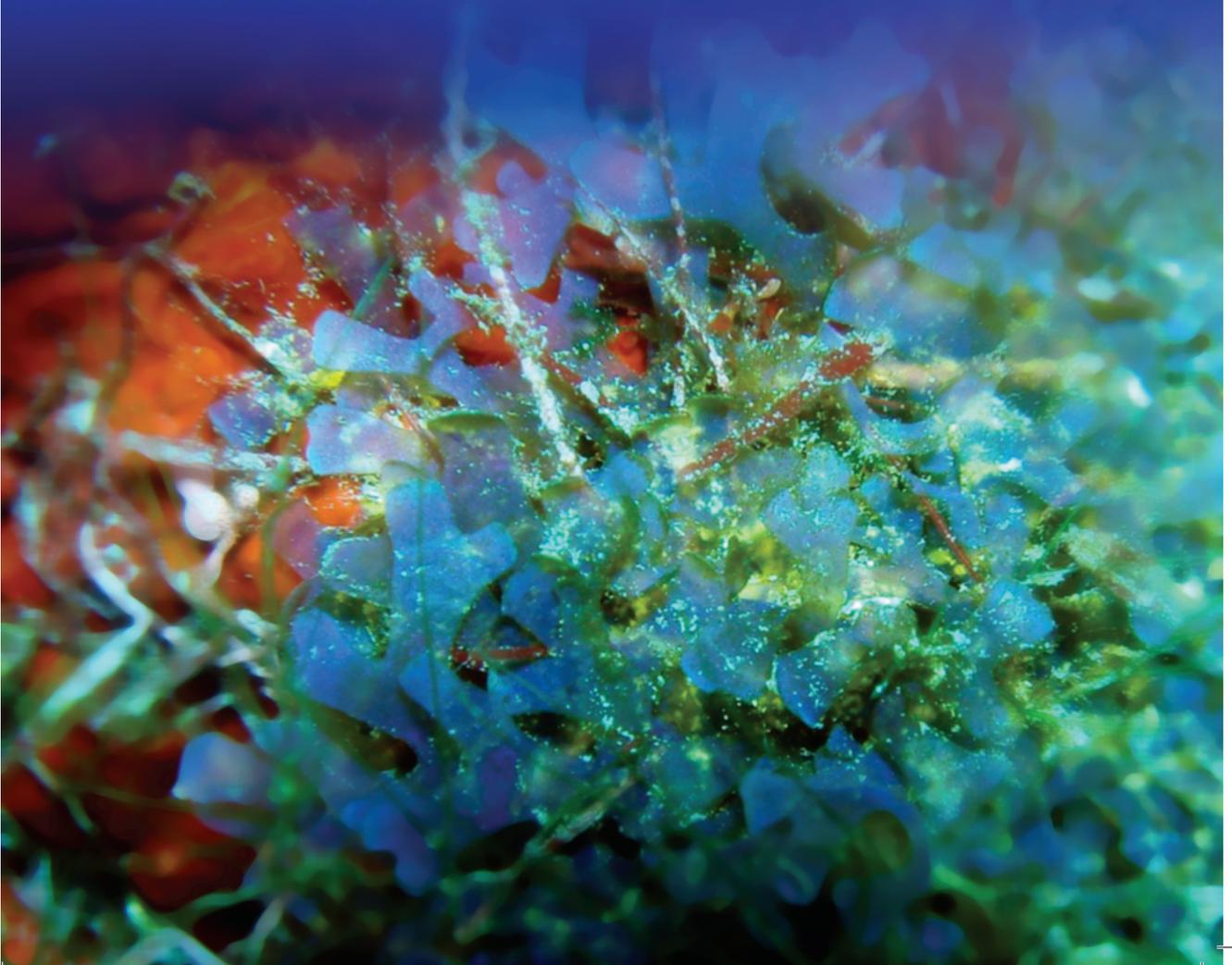
No âmbito da empresa holandesa “AlgiCoat”, uma biorrefinaria marinha integral está sendo desenvolvida para o potencial de produção de biodiesel, co-geração e produtos químicos. Uma planta-piloto de pequeno porte foi construída pelas empresas “AkzoNobel” e “Essent” para demonstrar a co-produção, em princípio.

Em janeiro de 2010, foi anunciado nos EUA um investimento de US \$44 milhões no desenvolvimento de biocombustíveis de algas e de demonstração a ser realizada pela Aliança Nacional de Biocombustíveis Avançados e Bioprodutos (NAABB). Liderado pelo “Donald Danforth Plant Science Center” (EUA), a NAABB irá desenvolver uma abordagem sistêmica para a comercialização sustentável dos biocombustíveis de algas (renováveis, como a gasolina, diesel e querosene de aviação) e bioprodutos. NAABB irá integrar recursos de empresas, universidades e laboratórios nacionais para superar as barreiras críticas de custo, utilização de recursos e eficiência, as emissões de gases com efeito de estufa, e viabilidade comercial. Irá desenvolver e demonstrar a ciência e a tecnologia necessárias

para aumentar significativamente a produção de biomassa de algas e lipídeos, com eficiência de colheita e extrato de algas e produtos de algas, e estabelecer co-produtos certificados junto com a produção de combustíveis renováveis. Co-produtos incluem alimentação animal, matérias-primas industriais e geração de energia adicional. Vários locais de teste irão abranger diversas regiões do país para facilitar a implantação em larga escala.

Biocombustíveis de Algas fazem parte de uma proposta em documento de discussão realizado pela “European Bioenergy Industrial Initiative” (EIBI). Várias empresas e universidades estão envolvidas em biocombustíveis de algas e podem ser encontradas no endereço eletrônico da EIBI. A “AlgaeLink NV” e a holandesa “KLM Royal Airlines” estão envolvidas em um projeto-piloto para o desenvolvimento de combustíveis alternativos da aviação a partir de algas. A empresa de biocombustíveis “Enhanced & Technologies Ltd” (Reino Unido) está desenvolvendo uma tecnologia para a produção de algas em tanques usando CO<sub>2</sub> das centrais elétricas. Como parte de seus programas de pesquisa, a italiana ENEL está examinando a possibilidade de produzir dióxido de carbono emitido por algas usando suas usinas movidas a carvão. A ENI opera uma pequena planta-piloto de algas na Refinaria de Gela. A “Algafuel”, em colaboração com o “INETI”, desenvolvem a criação de uma planta-piloto na refinaria da “Galp Energia” em Sines (Portugal). Empresas de desenvolvimento de biorreatores incluem a “Fotosintetica & Microbiologica Srl”, a “IGV GmbH”, a “Bisantech Nuova GmbH & Co KG”, e a “B. Braun Biotech International GmbH (BBI)”. A “SGC Energia”, a “SGPS”, “AS” e a “Global Green Solutions” (Canadá) estão desenvolvendo uma planta-piloto de tecnologia em Vertigro, no Novo México. Com base em pesquisa realizada na Universidade de Alicante, a Bio Fuel Systems (Espanha) desenvolveu uma planta-piloto para produção de bio-petróleo.

## 5 Uma abordagem sobre a Biotecnologia Marinha no mundo



## 5.1 Marine Genomics Europe (MGE)

“Marine Genomics Europe” (MGE) é uma rede que agrega Ciências Biológicas, Ecologia, Meio Ambiente, Bioinformática e tecnologias de ponta dentro de uma rede europeia multicultural. Não é exclusiva de países europeus. Fazem parte da rede MGE as instituições listadas abaixo:

A MGE é uma rede de excelência dedicada ao desenvolvimento, utilização e disseminação de abordagens de alta taxa de transferência para a investigação da biologia de organismos marinhos. É financiada pela Comissão Europeia para a implementação de abordagens genômica na biologia de organismos marinhos.

A “Marine Genomics Europe” ([www.marine-genomics-europe.org](http://www.marine-genomics-europe.org)) tem por objetivo promover, desenvolver e difundir uma ampla gama de abordagens genômicas relacionadas com o funcionamento dos ecossistemas marinhos e a biologia de organismos marinhos. Com esse objetivo em vista, os especialistas em genômica, proteômica e bioinformática de vários centros europeus de excelência, estabeleceram essa rede com biólogos marinhos que podem fazer uso dos dados gerados. Esse envolve a dedicação e o desenvolvimento de infraestruturas de investigação comum, nos campos da genômica e da biologia marinha.

## 5.2 O mercado mundial de Biotecnologia Marinha

O mercado econômico associado à Biotecnologia Marinha movimenta milhões de dólares por ano. Em recente relatório nos EUA, sob o título de “World Marine Biotechnology Market” e ao custo de U\$ 3.950,00, está disponibilizada à análise dos mercados mundiais de Biotecnologia Marinha, referentes às aplicações em produtos industriais, saúde, produtos de consumo, serviços públicos, infraestrutura, entre outros.

O relatório fornece análise para os Estados Unidos e para o resto do mundo, para o período de 2003 a 2012. O relatório perfila 87 empresas em Biotecnologia Marinha, incluindo algumas chaves e de atuação no mundo inteiro como a “Aker BioMarine ASA”, a “CP Kelco US, Inc.”, a “Cyanotech Corp.”, a “Elan Corp”, a “FMC Corp.”, a “FMC Biopolymers AS”, a “GlycoMar Ltd.”, a “Integrin Advanced Biosystems”, a “International Specialty Products Inc.”, a “Lonza Group Ltd.”, a “MariCal”, a “Marinova, Martek Biosciences Corp.”, a “Mera Pharmaceuticals Inc.”, a “New England Biolabs Inc.”, a “PharmaMar S.A”, a “PML Applications Ltd.”, a “Primex Ltd.”, a “Prolume Ltd.”, a “Sea Run Holdings Inc.” e a “Tequesta Marine Biosciences”.

## 5.3 Sociedades Internacionais de Biotecnologia Marinha

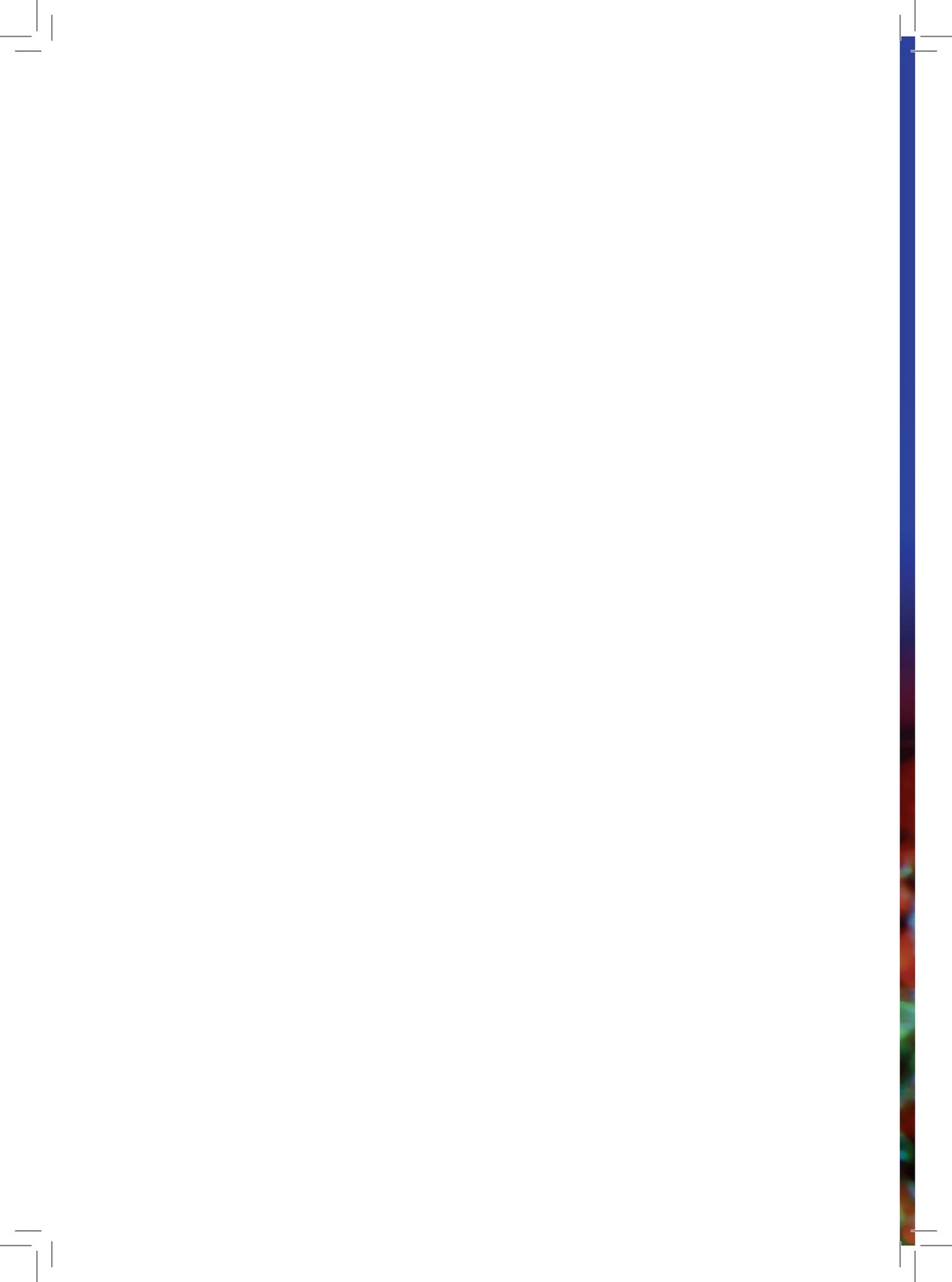
A Sociedade Japonesa de Biotecnologia Marinha, a Fundação para o Progresso da Ciência Internacional, o Comitê Científico Internacional de Biotecnologia e o Conselho Internacional de Uniões Científicas organizaram a primeira Conferência Internacional de Biotecnologia Marinha (IBMC). Duas novas revistas marinhas foram criadas: o *Journal of Marine Biotechnology* (Japão) e a *Marine Molecular Biology* e a *Biotechnology*. Essas se

fundiram para formar *Marine Biotechnology*, uma revista internacional sobre a biologia celular e molecular da vida marinha e suas aplicações tecnológicas. Esse é o veículo oficial das Sociedades Japonesa e Européia de Biotecnologia Marinha.

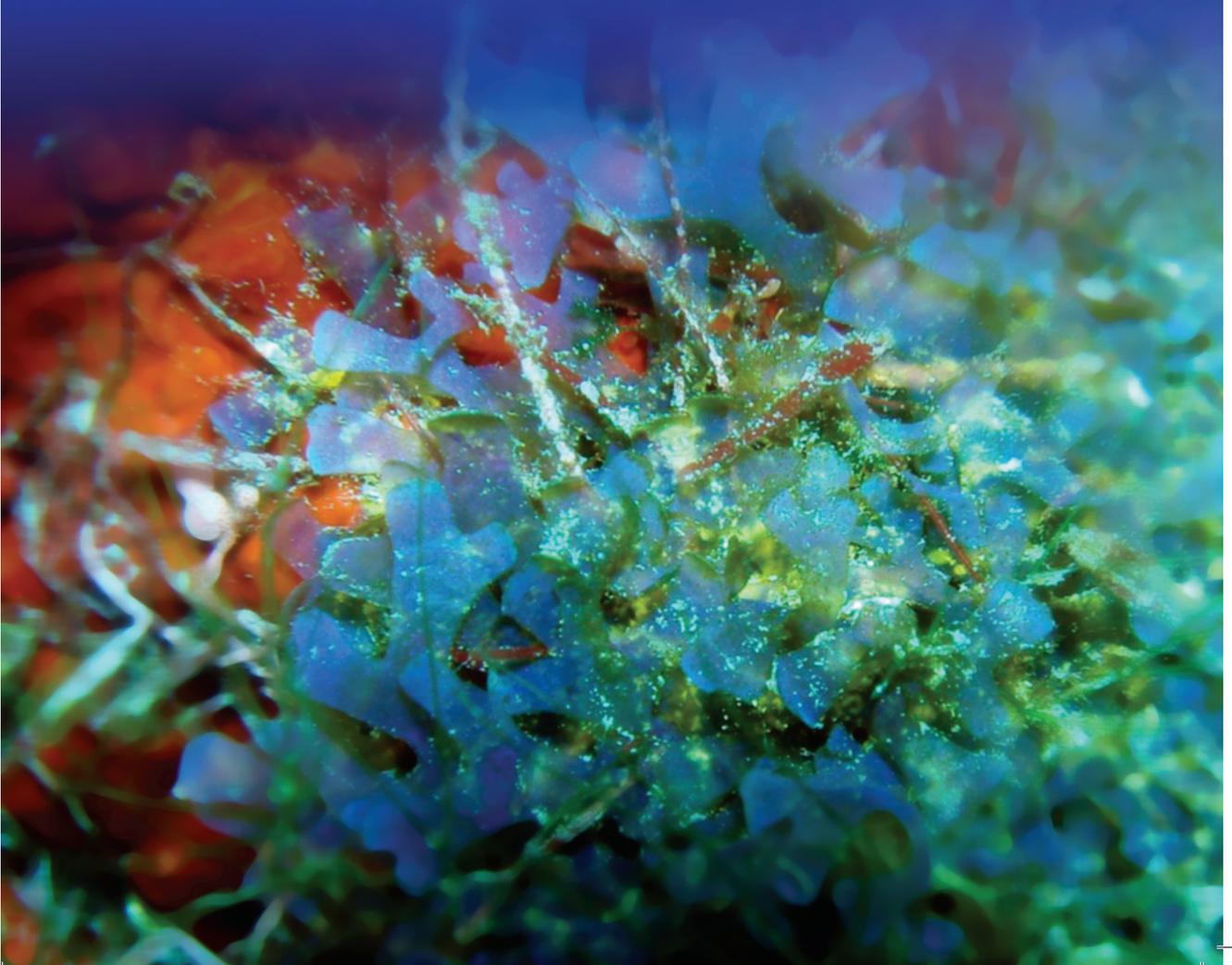
A Sociedade de Biotecnologia Marinha da Ásia e Pacífico foi fundada em 1995, após a reunião IMBC de 1994. Essa sociedade inicialmente abrangia Indonésia, Japão, Coréia, Malásia, Palau, Filipinas e Tailândia. Suas conferências regionais em Shimuzi, no Japão, e em Phuket, na Tailândia, atraíram cerca de 400 participantes de 15 países.

A “European Society for Marine Biotechnology” (ESMB) foi formada em 1994 em Tromso, na Noruega.

A *PanAmerican Marine Biotechnology Association* (Pamba) foi formalmente fundada em uma reunião em Halifax, no Canadá, em 1999, após reuniões de organização, realizados na Itália e em Cuba. Essa associação foi criada para promover a Biotecnologia Marinha nas Américas como um caminho promissor para alcançar benefícios socioeconômicos sustentáveis dos recursos marinhos. Foi projetada para facilitar as interações pessoais e organizacionais e o intercâmbio de cientistas, gestores, professores e estudantes entre todas as organizações envolvidas em atividades de Biotecnologia Marinha nas Américas e incentiva o desenvolvimento da Biotecnologia Marinha comercial. Chile, México, Cuba e Brasil têm assumido compromissos importantes no apoio à investigação em Biotecnologia Marinha em instituições como a Universidad Católica de Valparaíso, a Universidad de Antofagasta, o Centro de Investigación Científica e Ensino Superior de Ensenada (CICESE), o Instituto de Biotecnologia em Havana, entre outros.



## 6 Os principais centros de pesquisa em Biotecnologia Marinha no mundo



### **6.1 Centro de Biotecnologia Marinha e Biomedicina (CMBB) – EUA (<http://cmbb.ucsd.edu/>)**

Cientistas do Scripps Institution of Oceanography (SIO) e de vários departamentos da Universidade da Califórnia, San Diego, EUA, se uniram em 1998 para estabelecer o Centro de Biotecnologia e Biomedicina Marinha (CMBB). Localizado no *Scripps Institution of Oceanography*, o CMBB é uma divisão de pesquisa da Universidade da Califórnia, San Diego (UCSD) dedicada à exploração de diversos recursos dos oceanos. As linhas de pesquisa concentram-se em biomedicina e descoberta de drogas de origem marinha, com ênfase nos diversos tipos de câncer, nas doenças infecciosas e inflamatórias. Cientistas do CMBB investigam uma gama de aplicações biotecnológicas, incluindo desde micróbios de mar profundo até engenharia genética de animais marinhos comercialmente viáveis.

O CMBB é o maior centro de pesquisa mundial sobre o potencial biomédico dos recursos marinhos. O programa integra a tecnologia do “*Scripps*” em ciências do mar com as atividades de investigação médica da Faculdade de Medicina da UCSD. Os esforços combinados representam uma abordagem para o desenvolvimento de novas drogas e na luta contra diversas doenças.

O CMBB estabeleceu seus programas de investigação promovendo a colaboração entre cientistas de várias disciplinas e departamentos no *campus* da UCSD. Além disso, sua localização, próxima à comunidade de alta tecnologia de La Jolla, oferece grande oportunidade para a interação com diversas empresas farmacêuticas e de Biotecnologia. Um objetivo importante é promover o envolvimento da comunidade local em acessar os recursos marinhos, na colocação de estudantes de graduação do Centro na indústria local e no desenvolvimento de programas conjuntos na área de Biomedicina marinha. O CMBB também promove parcerias com outras fundações de pesquisa de câncer, como o Instituto Burnham, em La Jolla.

Uma das áreas mais avançadas dentro do CMBB é o estudo de microrganismos marinhos em um programa de pesquisas interdisciplinares envolvendo química, biologia molecular e ciência ambiental. Os investigadores estão empenhados em compreender as bases genéticas dos organismos adaptados à vida no mar, incluindo nas partes mais profundas dos oceanos.

Os cientistas do *Scripps* foram uns dos primeiros a explorar os recursos de fontes hidrotermais, onde o vulcanismo produz um ecossistema único. Estudos recentes têm mostrado que os organismos nessas comunidades são fisiologicamente e geneticamente únicos, levando os cientistas a acreditar que eles têm um grande potencial para novas aplicações comerciais. A pesquisa básica com esses organismos está abrindo uma fonte inteiramente nova para descobertas de novas drogas para aplicação biomédica.

Para a utilização racional dos recursos marinhos, as atividades de coleta do CMBB são realizadas por biólogos, mergulhadores e técnicos. Embora espécimes vivos sejam retirados do mar, o objetivo final não é com os organismos de coleta, mas para obter as

informações químicas e bioquímicas que possuem. Essa abordagem assegura que os recursos marinhos que tenham potencial na luta contra as doenças estejam disponíveis para as gerações futuras.

O Centro de Biotecnologia e Biomedicina Marinha (CMBB) oferece um programa de formação de recursos humanos, denominado “Formação multidisciplinar em Biotecnologia Marinha (TPMB)”, financiado pelo National Institute of General Medical Science (NIH). O objetivo geral é produzir alunos com uma formação abrangente e diferenciada em ciências marinhas, medicina e Biotecnologia que estarão prontos para se tornarem líderes nessa área em rápida expansão.

## 6.2 Biotecnologias Geomarinhas – Índia ([www.geomarinebiotech.com/](http://www.geomarinebiotech.com/))

A empresa privada “GeoMarine Biotechnologies” foi a primeira de Biotecnologia Marinha na Índia, e trabalha em pesquisa com probióticos em aquicultura, imunoestimulantes de camarões, produtos de valor agregado a partir de resíduos marinhos, produção de luciferina e luciferase a partir de *Photobacterium* e *Vibrio harvey*. Várias pesquisas e produtos foram mencionados nos textos acima.

Na Índia muitos projetos na área de Biotecnologia aplicados à aquicultura marinha estão sendo desenvolvidos. Por exemplo, moléculas bioativas são exploradas como agentes antibacterianos, antivirais e anticancerígenos, plasmídeos bacterianos estão sendo estudados na patogênese da síndrome ulcerativa epizootica e sua virulência, aplicações utilizando fitase são exploradas a partir de leveduras como um suplemento alimentar para peixes, síntese de neuropeptídeos ativos, cujos protótipos foram isolados de moluscos marinhos e a sequência peptídica está sendo estudada.

Vários outros exemplos podem ser mencionados, como o desenvolvimento de um biorreator baseado em um sistema de tratamento microbiano para efluente industrial de frutos do mar, o emprego de terapia com bacteriófago na melhoria das larvas do camarão também como uma alternativa viável ao uso de antibióticos na aquicultura, a utilização de sonda de oligonucleotídeos no monitoramento das contagens de *Vibrio* em incubadoras, o desenvolvimento de órgãos e diferenciação usando-se o fluido perivitelino de caranguejo, o desenvolvimento de linhas celulares de robalo e a Biotecnologia genômica do camarão com foco na expressão da função imunológica associada às proteínas do camarão.

Não podemos deixar de citar a seleção de biossurfactantes usando um genospecies *Acinetobacter* marinho, o protótipo da tecnologia de produção de camarão em fluxo contínuo para a criação de viveiros, as investigações sobre a ocorrência de vírus patogênicos humanos em águas marinhas costeiras e o estudo de cianobactérias marinhas e espécies de *Chlorella* para expressão da enzima superóxido dismutase, útil para biorremediação e tolerância à salinidade.

### **6.3 Centro de Biotecnologia Marinha Aplicada (CAMBio) – Irlanda ([www.cambio.ie/](http://www.cambio.ie/))**

O “Center of Applied Marine Biotechnology (CAMBio)” está localizado no Letterkenny Institute of Technology e tem como foco três principais subáreas da Biotecnologia Marinha: 1. aquicultura e pesca; 2. pesquisa biomédica; e 3. biorremediação.

Um dos objetivos da seção de aquicultura e pesca da CAMBio é aumentar as áreas de monitoramento do plâncton, “blooms” de algas tóxicas, monitoramento de bactérias e vírus, doenças de peixes, maricultura para obtenção de alimentos e cultivo de bactérias, fungos e outras espécies marinhas cujo cultivo ainda não seja uma realidade.

A seção de pesquisas biomédicas marinhas está empenhada na busca de novos fármacos de origem marinha. A indústria irlandesa de processamento do pescado produz cerca de 64 mil toneladas de resíduos. A seção de Processamento de Alimentos Marinhos e a Biorremediação de resíduos de pesca pesquisa a utilização desse material para o desenvolvimento de fertilizantes, aproveitamento da quitina, extração de enzimas, etc. Um de seus recentes projetos consiste na extração ou síntese de produtos de maior valor agregado aos resíduos de crustáceos oriundos da atividade de pesca, baseado na fermentação microbiana dos resíduos e a produção de antifúngicos, antibióticos, enzimas ou inseticida.

### **6.4 Centro de Excelência em Pesquisa Biomédica e Biotecnologia Marinha – EUA ([www.floridabiotech.org/](http://www.floridabiotech.org/))**

O “Center of Excellence in Biomedical and Marine Biotechnology” (EUA) é uma parceria acadêmico-industrial com especialistas nos diferentes aspectos da descoberta e desenvolvimento de novas drogas e terapias usando organismos marinhos acompanhados de tecnologia em bioinformática e pesquisa de ponta em genômica funcional. O programa em genômica funcional une e integra os programas de descoberta de drogas nas áreas marinha e biomédica. Atualmente, isso é possível devido a existência do Projeto Genoma Humano que disponibiliza mais de 40.000 genes humanos.

O Centro inclui a experiência de instituições de pesquisa (*Florida Atlantic University, Harbor Branch Oceanographic Institution, Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, Nova Southeastern University e Florida International University*) e de empresas privadas (*Acera Biosciences, Inc., Akerman Senterfitt, Altor Biosciences, Avalon research Group, Inc., Azopharma Pharmaceutical Services, Bioheart, Inc., Bluefin Robotics Corporation, Boca Raton Chamber of Commerce, The Broward Alliance, Custom Biologicals, Inc., Duadic International, Inc., EdgeTechnology, Enterprise Development Corp of South Florida, Enterprise Florida, Goodwin Biotech, Inc., Inflexion Partners, Nabi Biopharmaceuticals, Inc., Palm Beach County Business Development Board, Pfizer, Inc., Saliwanchik Lloyd & Saliwanchik, St. Lucie Development Council, Stonehenge Capital Corporation, Tequesta Marine Biosciences, Tyco International e Viragen, Inc.*) Agências de fomento como a *Enterprise Development Corporation of South Florida e Business Development Board of Palm Beach County* financiam as missões do Centro.

Suas principais metas são a busca de novas drogas e diagnósticos; novas tecnologias para explorar o mar; formação de recursos humanos altamente qualificados em Biotecnologia; o desenvolvimento sustentável em Biotecnologia para a indústria e a promoção do setor industrial de Biotecnologia na Flórida

Pesquisadores do Centro, envolvidos com a extração de substâncias para triagem farmacológica, visam identificar futuros alvos, através dos tradicionais programas de rastreio (antibacteriana, antifúngica, anticancerígeno) e para doenças relacionadas à hipoxia, o dano oxidativo e o envelhecimento, doenças neurodegenerativas e o tratamento do alcoolismo.

A parceria com a “*Sunol Molecular Corporation*” possibilitou a parceria com grupos acadêmicos de alta tecnologia em rastreio de drogas. Os alvos são identificados pelo grupo de bioinformática, indicando ao setor de farmacologia, as futuras metas e os novos ensaios. Os talentos combinados dos grupos de Biotecnologia Marinha, farmacologia e de bioinformática, em parceria com o setor industrial representam um consórcio que poderá descobrir aplicações terapêuticas valiosas e serão capazes de responder às constantes mudanças da indústria farmacêutica.

O desenvolvimento de métodos para a produção sustentável de drogas derivadas dos recursos marinhos também é um desafio que faz parte dos objetivos do Centro. Muitas substâncias derivadas de organismos marinhos são complexas demais para ser produzida por síntese em grande escala e, assim, sua única fonte comercial é a extração da biomassa coletada da natureza.

Muitas vezes, há uma oferta muito limitada do organismo de origem. Nesse enfoque, o uso da Biotecnologia moderna para gerar produtos naturais tem sido realizado. Conhecimento da via biossintética para o isolamento de enzimas biossintéticas e sequenciamento dessas proteínas permite o desenvolvimento de sondas para clonar os genes correspondentes.

Essa abordagem para a produção de produtos naturais marinhos vem sendo perseguida por colaborações entre os grupos na FAU e Branch Harbor. Para desenvolver métodos de produção de tais compostos está sendo testado um programa dirigido a definição das condições de cultura de células de invertebrados. Além disso, meios de cultura são desenvolvidos para micróbios isolados das coleções do Centro, com vista a otimizar a produção de produtos naturais.

### **6.5 Centro de Pesquisa em Biotecnologia Marinha (MBRC) – Canadá ([www.crbm-mbrc.com/index.php?lang=en](http://www.crbm-mbrc.com/index.php?lang=en))**

O Marine Biotechnology Research Centre foi inaugurado em 2004 e representa uma das mais bem-sucedidas entidades de investigação em Biotecnologia na região. Construído e equipado com um custo de U\$ 14 milhões, o MBRC possui 38 funcionários regulares que realizam projetos de pesquisa para diferentes empresas do Canadá e do mundo.

O MBRC trabalha em pesquisa e desenvolvimento de processamento de biomassa de produtos marinhos para aplicações biotecnológicas, desenvolvimento de produtos com valor agregado, análise de extratos e moléculas, desenvolvimento e otimização de processos industriais, desenvolvimento de sistemas de controle de qualidade e de avaliação e desenvolvimento de produtos.

As áreas de atuação são química analítica e biológica, química farmacológica aplicada, microbiologia aplicada, biologia celular e molecular, biotecnologia, engenharia de processo e biologia marinha. Apenas dois anos após o início das suas operações, contratos confiados à MBRC assumiram 50% dos seus custos operacionais.

O MBRC é o resultado de esforços de mais de cinco anos entre a Associação *du Cancer de l'Est du Québec*, a *Université du Québec à Rimouski* (UQAR) e o *Institut des Sciences de la Mer* (ISMER), também em Rimouski, bem como os principais parceiros industriais e socioeconômicos de Québec, incluindo a Agência de Desenvolvimento Econômico do Canadá, *Ministère du Développement Économique, de l'Innovation et de l'Exportation du Québec*, *Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec* e da cidade de Rimouski.

O MBRC apóia e está empenhado na realização do potencial de investigação dos estabelecimentos existentes, permitindo a transferência de conhecimentos dos estabelecimentos para a indústria, de acordo com o recurso de Québec e a estratégia de desenvolvimento da ciência e tecnologia marinha.

## 6.6 Centro de Excelência para Biotecnologia Marinha (CEMB) – Tailândia

Em 1987 foi estabelecida a Marine Biotechnology Research Unit (MBru) como um laboratório de investigação de cooperação entre o Centro Nacional de Engenharia Genética e Biotecnologia (Biotec) e a Universidade de Chulalongkorn.

O Center Of Excellence For Marine Biotechnology (CEMB) é um consórcio entre os grupos de pesquisadores do BIOTEC e os docentes-pesquisadores de duas universidades tailandesas: a *Chulalongkorn University* e a *Srinakharinwirot University*. Em 2003, foi reconhecida pela Faculdade de Ciências da Universidade de Chulalongkorn como centro de excelência em Biotecnologia Marinha com base na sua pesquisa e desenvolvimento.

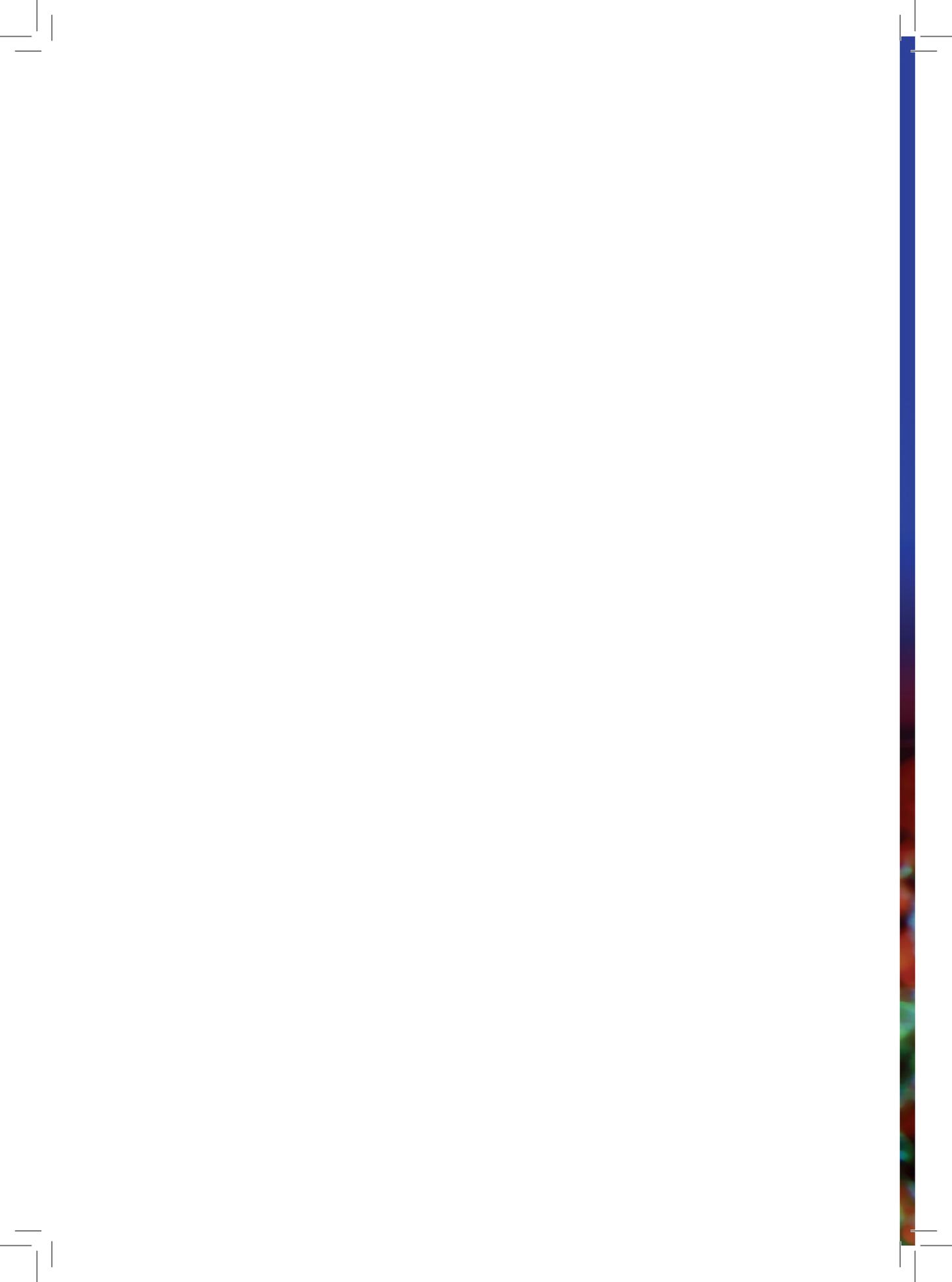
O Centro de Excelência para a Biotecnologia Marinha na Tailândia divide suas linhas de pesquisa em cinco categorias:

- **Aquicultura**, com o objetivo de aumentar a produção dos animais e plantas aquáticas, que se destaca no eficiente sistema de cultura que é amigável ao meio ambiente e na prática econômica. O sistema é aplicado para melhorar o desempenho de reprodutores de peixes e crustáceos e plantas aquáticas para o cultivo e utilização sustentável.
- **Probióticos**, cujo objetivo é enfatizar a pesquisa e o desenvolvimento de microrganismos para melhorar o crescimento e resposta imune de camarões e peixes cultivados

em tanques, reduzindo o custo de produção de marisco e peixe e para criar produtos seguros e saudáveis para consumo humano.

- **Nutrição**, cujo objetivo é enfatizar o conhecimento e o desenvolvimento de cultivos de espécies marinhas de interesse comercial, como *Penaeus monodon*, *Penaeus monodon*, *Macrobrachium rosenbergi*, e *Lates calcalifer*. Pesquisas são realizadas sobre a alimentação, ciclo de vida do camarão marinho, larva, crescimento e maturação.
- **Biotecnologia Ambiental** que realiza pesquisas sobre o estabelecimento em sistema fechado de circulação de água do mar para a aquicultura e sobre biomarcadores de poluição da água. Um exemplo de biomarcador em investigação é o isolamento e caracterização de proteínas específicas *metallothionein* ao mercúrio. Essa proteína pode ser usada para detectar a contaminação por mercúrio em petróleo e gás no Golfo da Tailândia.
- **Biologia Marinha**, cujo objetivo é estudar a biologia da vida marinha para uma aquicultura, com ênfase sobre espécies que apresentam um potencial natural para produção de compostos bioativos.

Vários outros grupos investem em pesquisas na área de Biotecnologia Marinha. Muitos deles, como na Austrália e na Espanha, estão relacionadas às universidades e fazem pesquisa de ponta em várias subáreas.



## 7 Pesquisadores e grupos de pesquisa em Biotecnologia Marinha no Brasil



Para obtenção de informações sobre os pesquisadores e grupos de pesquisa na área de Biotecnologia no Brasil foram realizadas diferentes buscas nos bancos de dados do CNPq (Plataforma Lattes – <http://lattes.cnpq.br> e Diretório de Grupos de Pesquisa – <http://dgp.cnpq.br/diretorioc>), Capes (banco de teses e dissertações – <http://www.capes.gov.br>), MCT (pesquisadores – <http://mct.gov.br>, SBBTec – BiotecData (<http://www.sbbiotec.org.br>) e Google (<http://www.google.com.br> – Biotecnologia Marinha no Brasil e outras palavras-chaves).

O uso de diferentes palavras-chaves foi necessário para estabelecer os grupos de atuação em Biotecnologia Marinha. Muitos grupos atuam na área, mas não a denominam e outros se inserem na área, mas não atuam efetivamente em Biotecnologia Marinha.

O levantamento teve o objetivo de buscar os grupos que atuam na área, mesmo de modo raro, esporádico ou temporário. Vários filtros serão aplicados ao longo desse estudo para que sejam destacados os grupos de atuação efetiva na área, com projetos, orientação de teses e monografias, etc.

Um total de 238 pesquisadores está cadastrado em Biotecnologia Marinha no Banco de Dados do CNPq (doutores, mestres, graduados e graduandos). Nesse banco de dados são apresentados 27 pesquisadores-bolsistas de produtividade nível 1 do CNPq. No entanto, a análise dos currículos desses pesquisadores revela a inclusão de profissionais fora da área e a ausência de pesquisadores reconhecidos na área. O preenchimento do currículo na Plataforma Lattes sem detalhes e a falta de registro de grupos de pesquisa, com certeza, dificultaram a obtenção dos dados.

A palavra-chave Biotecnologia Marinha ainda é pouco utilizada pelos pesquisadores, sendo preferidos os termos bioprospecção marinha (com 59 pesquisadores doutores, mestres, graduados e graduandos), maricultura (299 pesquisadores doutores, mestres, graduados e graduandos), produtos marinhos (376 doutores), produtos naturais marinhos (271 doutores, mestres, graduados e graduandos), genética marinha (266 doutores), genoma marinho (52 doutores, mestres, graduados e graduandos), bioquímica marinha (276 doutores, mestres, graduados e graduandos) etc.

Tendo em vista o número grande de informações espalhadas em diversos bancos de dados, optamos pela análise de **todos** os grupos de pesquisas cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq onde tivesse pelo menos uma das palavras-chaves mencionadas a seguir, obtendo-se assim o maior número de dados reunidos por temas específicos de pesquisa e inovação.

Foram selecionadas para busca as palavras-chaves Biotecnologia Marinha, produtos marinhos, genoma marinho, genética marinha, polissacarídeos marinhos, carboidratos marinhos, microalgas, biodiesel, biocombustíveis, toxinas marinhas, anti-incrustantes, anticorrosivos, cultivo de algas, microrganismos marinhos, algas marinhas, esponjas, moluscos, equinodermas, etc.

A partir dessa busca, foram obtidos mais de 500 grupos, Destes foram selecionados 328, incluindo pesquisadores sem grupo de pesquisa cadastrado no CNPq.

Os resultados obtidos demonstram, numa primeira aproximação, as principais instituições de pesquisa em Biotecnologia Marinha, levando-se em consideração apenas o número de grupos de pesquisas cadastrados: Universidade Federal do Rio de Janeiro (com 35 grupos de pesquisa cadastrados), Universidade Federal do Ceará (com 23 grupos cadastrados), Universidade de São Paulo e Universidade Federal de Santa Catarina (com 20 grupos cada), Universidade Estadual de Campinas (com 19 grupos), Universidade Federal de Pernambuco (com 16 grupos), Universidade Federal Fluminense (com 15 grupos), Fundação Universidade do Rio Grande (com 14 grupos), Universidade Federal da Bahia (com 13 grupos) e Universidade Federal do Paraná (com 11 grupos).

Esse é, sem dúvida, um resultado de pequena confiabilidade, uma vez que existem muitos pesquisadores com atividade em um grande número de grupo de pesquisa. Esses resultados sozinhos não dão idéia da importância de cada instituição no contexto da Biotecnologia Marinha. Outro dado relevante é o aumento do número de grupos e pesquisadores na área quando ocorre o lançamento de editais pelo CNPq. Esse aumento pode alcançar 5-10% em relação ao total de grupos e, nestes casos, geralmente são grupos novos para a área marinha, mas com experiência em outros ambientes.

Para que possamos utilizar esses resultados sem grandes distorções, levamos em consideração a produção científica, o número de patentes e a formação de recursos humanos na área de Biotecnologia Marinha, quesitos básicos para selecionarmos os grupos em Biotecnologia Marinha. Os demais pesquisadores e grupos de pesquisa não foram desconsiderados nessa pesquisa. A citação e descrição abaixo foram realizadas para apontar os principais grupos de pesquisa que têm atuado em Biotecnologia Marinha.

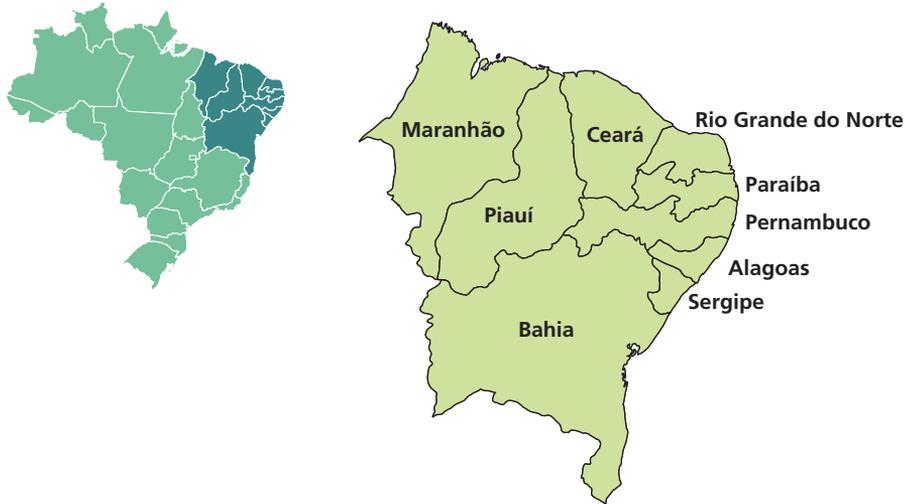
Em muitos casos, a omissão de dados (em particular, dos projetos em andamento), a falta de atualização dos currículos e dos grupos de pesquisa dificultaram muito a obtenção de dados confiáveis.

## 7.1 Região Norte



Região com sete grupos pouco relacionados à Biotecnologia Marinha. A Região, no entanto, apresenta uma boa formação de recursos humanos e deve aumentar a sua participação na área com o Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental da UFPA. O destaque da região é a linha de pesquisa do programa em Genética e Conservação da Biodiversidade; e Genética e Ecologia Molecular, destacando o grupo de pesquisa Sistemática Molecular e Evolução Animal, da UFPA, coordenado por Maria Iracilda da Cunha Sampaio e Horacio Schneider, que inclui estudos de Genética aplicada à aquicultura.

## 7.2 Região Nordeste



A Região Nordeste é, ao lado da Região Sudeste, a de maior participação na área, com um grande número de grupos de pesquisa. O Ceará, sem dúvida, é um dos estados brasileiros mais ativos na área. Em grande parte, o grande número de grupos de pesquisas no Ceará deve-se à participação de docentes dos programas de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais (UFC), Bioquímica (UFC), Farmacologia (UFC) e Engenharia da Pesca (UFC).

Dentre os grupos de pesquisa cearenses, podemos destacar o grupo de estudos de camarão marinho, coordenado por Alberto Jorge Pinto Nunes, o grupo Biomol-lab: moléculas biologicamente ativas, coordenado pelo Alexandre Holanda Sampaio e Benildo Sousa Cavada, o grupo Fisiofarmacologia da inflamação, liderado por Ana Maria Sampaio Assreuy (UEC), e o grupo Carboidratos e lecitinas – Carbolec, coordenado por Norma Maria Barros Benevides, o grupo do Laboratório de recursos aquáticos – LARAQ, coordenado por Massayoshi Ogawa.

O grupo QEFPN/UFC (Química, espectroscopia e farmacologia de produtos naturais na UFC) e o de Unifac – Pesquisa Pré-clínica e clínica de fármacos e medicamentos, coordenados por Manoel Odorico de Moraes Filho, conta com a pesquisadora experiente em bioprospecção, Letícia Veras Costa-Lotufo, o grupo Centro de Tecnologia em Aquicultura da UFC, coordenado por Marco Antonio Igarashi, o grupo Genaqua – Grupo de Estudos em Genética e Ecologia de Organismos Aquáticos, coordenado por José Renato de Oliveira César e o grupo Microbiologia Ambiental e do pescado coordenado por Regine Helena Silva dos Fernandes Vieira.

Na UFC temos a equipe da pesquisadora Vânia Maria Maciel Melo que realiza o projeto Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade do Estado do Ceará: Ecologia, genômica e exploração biotecnológica de invertebrados marinhos e micro-organismos associados.

O grupo Laboratório de fisiologia e farmacologia da FAMED-Sobral-UFC, liderado por José Ronaldo Vasconcelos da Graça tem desenvolvido o projeto “Compostos bioativos, de algas marinhas: bases moleculares, implicações terapêutica e industrial”.

O Rio Grande do Norte, onde estão situadas várias empresas que utilizam organismos marinhos ou produtos derivados como matéria-prima, também apresenta grupos de pesquisa relevantes, em particular o grupo base de pesquisa: ecologia e aquicultura dos seres aquáticos, coordenado por Naithirithi T. Chellappae, e que conta com a pesquisadora Eliane Marinho Soriano, cuja participação em projetos relacionando cultivo de organismos marinhos e bioprospecção de moléculas com atividade biológica tem gerado importantes subsídios para a área. Outros destaques são os grupos Genética e Biologia Molecular, coordenado por Sílvia Regina Batistuzzo de Medeiros, e conta com a participação da pesquisadora Lucymara Fassarella Agnez Lima, e o grupo Glicoconjugados: estrutura e atividades farmacológicas, coordenado por Edda Lisboa Leite e que conta com o pesquisador Hugo Alexandre de Oliveira Rocha.

No estado da Paraíba, atualmente um grupo vem se destacando, o grupo de José Maria Barbosa Filho, a Rede Interinstitucional de Algas Bentônicas, que congrega pesquisadores de várias áreas do conhecimento e de instituições nordestinas na busca de princípios ativos para uso industrial.

Em Pernambuco, há muitos grupos de pesquisadores na área, com destaque para o grupo Biotecnologia, Biologia Celular e Molecular, coordenado por Galba Maria de Campos Takaki (UFPE), o grupo Ecotone – grupo de ecologia e toxilogia marinha do Nordeste, coordenado por Carlos Daniel Pérez e Gandhi Rádis Baptista (UFPE), o grupo Sistemas de liberação controlada de fármacos e vacinas – Nanotecnologia Farmacêutica, coordenado por Nereide Stela Santos Magalhães e Gilles Ponchel (UFPE), o pesquisador Alfredo Oliveira Gálvez (UFRPE), sem grupo de pesquisa cadastrado, mas que atua na área de cultivo e Biotecnologia de microalgas, sustentabilidade da carcinicultura e cultivo de moluscos bivalves, o grupo Bioquímico de organismos aquáticos, coordenado por Ranielson de Souza Bezerra (UFPE) e o pesquisador Sílvio Ricardo Maurano Peixoto, na linha de Maricultura, com ênfase em aspectos relacionados a reprodução e cultivo de camarões marinhos.

Em Alagoas, merece destaque o grupo Isolamento e análise de produtos naturais, coordenado por Antônio Euzébio Goulart Santana e Lúcia Maria Cunha Rebouças (Ufal) e o projeto Biocompósitos de Matriz Poliéster com Fibras de Algas Marinhas para Aplicações em Larga Escala, coordenado pelo jovem pesquisador Cristiano Giacomelli (Ufal).

Em Sergipe, destacamos o grupo inovações tecnológicas em produtos pesqueiros, coordenado por Maria Lucia Nunes (UFS), que atua no aproveitamento de resíduos da agroindústria para a formulação de rações para peixes e camarões, no aproveitamento de resíduos de crustáceos (farinha, silagem, pigmentos, quitina e quitosana, compostagem) bem como no desenvolvimento de alimentos funcionais.

Na Bahia, destacam-se os projetos Das Microalgas ao Biodiesel: Inovação nos Processos Produtivos e Barateamento de Custos, coordenado por Iracema Andrade Nascimento e Montagem de um processo de produção de biodiesel a partir de microalgas mediante o uso de fotobiorreatores fechados tipos placa plana, coordenado por Emerson Andrade Sales, ambos da UFBA e apoiados pelo CNPq no Edital 26/2008.

Outro projeto apoiado pelo Edital 39/2009 do CNPq, Bioprospecção de compostos bioativos a partir de metagenoma de amostras de corais, esponjas e de sedimento de mangue da Baía de Camamu/Bahia – Brasil, coordenado pela pesquisadora Rachel Passos Rezende contém integrantes dos grupos Microbiologia e Imunologia Aplicadas e Micro-Organismos e Biotecnologia, ambos da UESC.

Podemos também destacar o grupo de Pesquisa em substâncias marinhas-Somar, coordenado por Wilson Araújo Lopes e que integra biólogos e químicos da UEFS e UFBA.

Outro grupo baiano importante é o grupo **Recifes de Corais e Mudanças Globais**, coordenado pela experiente pesquisadora Zelinda Margarida de Andrade Nery Leão (UFBA), que participa do projeto “Vibrios: Proteômica, Genômica e Prospecção Biotecnológica”, coordenado pelos professores Ana Maria Abrantes Coelho e Fabiano Lopes Thompson da UFRJ. Na Universidade Federal da Bahia serão realizados experimentos de inoculação de vibrios em corais saudáveis para avaliar os efeitos do aumento da temperatura na incidência das doenças.

O grupo Biotecnologia e Ecologia de Microrganismos, coordenado pelo pesquisador Paulo Fernando de Almeida (UFBA) inclui o projeto “Desenvolvimento de processos biotecnológicos para recuperação de petróleo em campos maduros através da bioprospecção e bioestimulação da microbiota petrobiótica autóctone”, sendo de interesse para as indústrias do petróleo.

O grupo Genética na Aquicultura e Conservação é coordenado pela pesquisadora Patrícia Domingues de Freitas (UFBA), que possui experiência em Citogenética, Biologia Molecular e Bioinformática e atua em genética aplicada à aquicultura e conservação, prospecção de marcadores moleculares e polimorfismos gênicos e análises de *data mining*.

### 7.3 Região Sudeste



Um dos principais pólos de Biotecnologia, a Região Sudeste apresenta grande número de grupos nas diversas subáreas.

Apesar de afastado do litoral há em Minas Gerais, grupos mineiros estudando produtos de origem marinha, como o “Estudo da alga *Lithothamnion calcareum* no desenvolvimento de novos fármacos, coordenado por Mauro Martins Teixeira (UFMG). Outro grupo de pesquisa em Química Aplicada e Biotecnologia (GPQABIO), da UFMG, é coordenado por Gaspar Dias Muñoz, que atua no isolamento e na síntese de produtos naturais marinhos, tais como napalilactona, nor-sesquiterpenos e patilactona.

Outro grupo é o do Laboratório de Biodiversidade e Evolução Molecular, coordenado pelo pesquisador Fabrício Rodrigues dos Santos, que desenvolve projetos de sequenciamento, anotação de genomas e ferramentas de bioinformática. Na área marinha, destaca-se o projeto Diversidade Genética e Evolução em Tartarugas Marinhas.

O Rio de Janeiro é um dos estados da federação que possui mais grupos de pesquisa em Biotecnologia Marinha e áreas afins.

Os principais grupos atuam na busca de princípios ativos a partir de macroalgas cultiváveis e já possuem grande tradição na área. São os grupos Macroalgas marinhas, Antivirais – Ledac – Grupo de produtos naturais de organismos aquáticos, Fitoquímica, bioatividade e biodiversidade e Polissacarídeos sulfatados liderados, respectivamente pelos pesquisadores Yocie Yoneshigue-Valentin, principal articuladora e primeira presidente da RedeAlgas, Maria Teresa Villela Romanos, Angélica Ribeiro Soares e Paulo Antonio de Souza Mourão, todos de setores diversos da UFRJ. Parte do grupo mantém projetos com

o grupo de pesquisa em insumos biotecnológicos antileishmaniais, liderados pela pesquisadora Bartira Rossi Bergman.

Esse grupo foi apoiado pelos editais 10/2006, Pensa Rio (2007) e 39/2009. Nos dois primeiros estiveram unidos aos grupos Biotecnologia Marinha, Antivirais e controle da síntese de macromoléculas, Rede Microbica, dos pesquisadores Izabel Christina de Palmer Paixão (UFF), Cláudio César Cirne-Santos (UFF e Fundação Atauilho de Paiva), Valéria Laneuville Teixeira (UFF), Luiz Roberto Castello-Branco (Fiocruz e Fundação Atauilho de Paiva). Esses grupos, por sua vez, mantêm colaborações efetivas com outros grupos da UFRJ, Efeitos da infecção viral sobre o funcionamento das ATPASES, liderados por Carlos Frederico Leite Fontes e o grupo de Virologia Molecular coordenado por Amílcar Tanuri.

Desde 1987, a equipe do Laboratório de Produtos Naturais de Algas Marinhas, liderado por Valéria Laneuville Teixeira estuda os produtos naturais de macroalgas marinhas. A partir de 1995, a união com o grupo de Virologia Molecular, liderado por Izabel Christina de Palmer Paixão tornou possível a avaliação do potencial antirretroviral dos produtos naturais de algas pardas marinhas.

Finalmente, o Projeto de cultivo experimental e piloto da macroalga *Kappaphycus alvarezii* e seus possíveis bioprodutos está sendo desenvolvido pelo pesquisador Roberto Villaça e o Laboratório de Produtos Naturais de Algas Marinhas.

No Rio de Janeiro, há também grupos relacionados que atuam em anti-incrustação marinha. São pesquisadores do IEAPM, liderados por Ricardo Coutinho e pesquisadores da UFF, Bernardo Antonio Perez da Gama e Renato Crespo Pereira. Por sua vez, os pesquisadores do IEAPM associam-se ao Laboratório de síntese e análise de produtos estratégicos, da UFRJ, liderados pelos pesquisadores Claudio Cerqueira Lopes e Rosângela Sabbatini Capella Lopes.

Na Fiocruz, o grupo de Micologia, liderado pelas pesquisadoras Gisela Lara da Costa e Maria Inez de Moura Sarquis tem participado de projetos em “Produtos naturais fúngicos com atividade anticolinesterásica” com o grupo Lapromar – Laboratório de Produtos Marinhos, liderado por Rosângela de Almeida Epifanio (UFF).

Na UERJ, destacamos o projeto “Instalação de uma Plataforma Genômica Multidisciplinar e Multiusuária do IBRAG no PHLC/UERJ” do grupo Genética Marinha Molecular de Populações e da Conservação, liderado por Jaqueline Gusmão da Silva Marien e Gisele Lobo Hadju. Além disso, o grupo ECOLMAR, laboratório de Ecologia Marinha Bêntica, liderado pela pesquisadora Beatriz Grosso Fleury tem estudado os produtos naturais marinhos isolados de corais, e o grupo Ictiotoxicologia bioquímica, de Jayme da Cunha Bastos Neto e Vera Lucia Freire da Cunha Bastos, caracterizam de modo bioquímico enzimas de peixes e algas. Finalmente, destaca-se nessa universidade, o grupo Bioprocessos e tecnologia ambiental, liderado por Antonio Carlos Augusto da Costa e Aderval Severino Luna, cujo projeto “Estudos para quantificação microbiana em amostras ambientais da in-

dústria do petróleo, empregando microscopia de fluorescência e técnicas convencionais” tem interesse para a área.

Além dos grupos anteriormente mencionados da UFF, o grupo Alça microbiana: grupo multidisciplinar de pesquisa em ecossistemas aquáticos, liderado pela pesquisadora Mirian Araújo Carlos Crapez, tem realizado trabalhos em Biotecnologia Marinha, que incluem estudos de bioindicadores e biomarcadores, biorremediação, produção de surfactantes bacterianos e alça microbiana. Além disso, dois outros grupos estão associados ao Laboratório de Produtos Naturais de Algas Marinhas, liderado por Valéria Laneuville Teixeira, o LABIOMOL, liderado por Helena Carla Castro, que estuda a modelagem de moléculas ativas e o LAVENOTOXI, liderado por André Lopes Fuly, que estuda a atividade anti-ofídica de diterpenos produzidos por algas pardas marinhas.

Na UFF também, temos o pesquisador Sérgio de Oliveira Lourenço, responsável pelos estudos sobre produção de biomassa de microalgas para geração de biocombustíveis. Na área de Virologia aplicada à aquicultura, um grupo da UFF liderado pela pesquisadora Izabel Paixão, tem iniciado seus estudos.

Na UFRRJ destacamos os pesquisadores Pedro Paulo de Oliveira Silva e Vanessa de Magalhães Ferreira no projeto Análise centesimal e detecção de toxinas diarréicas nos tecidos da vieira *Nodipecten nodosus*.

A química Cláudia Teixeira lidera as pesquisas do INT (Instituto Nacional de Tecnologia) avaliando a potencialidade produtiva de diferentes espécies de microalgas em escala piloto, otimizar o processo de separação da biomassa e avaliar os métodos de indução de aumento de teor de óleo nas células, propondo estratégias para viabilizar economicamente a produção.

Finalmente na UFRJ, além dos grupos já mencionados, destacam-se os grupos de Biodiversidade de Poríferos e Biogeografia Marinha, liderado por Eduardo Carlos Meduna Hadju, Sistemática e Biologia de Porífera, liderado por Guilherme Ramos da Silva Muricy, pelo apoio e grande participação em projetos de bioprospecção com vários grupos no Brasil.

Na UFRJ, destacamos o grupo Biodiversidade e Taxonomia microbiana, liderados por Fabiano Lopes Thompson, pelo apoio recebido do CNPq através do edital 39/2009. Além desse, temos Diversidade microbiana em ambientes aquáticos, liderado por Orlando Bonifácio Martins, Genética e ecologia molecular de microrganismos do ambiente, liderado por Lucy Seldin, os trabalhos de Marinella Silva Raport com o rastreamento de substâncias antimicrobianas a partir de esponjas marinhas e o grupo Genética marinha e biodiversidade molecular, liderado por Antonio Mateo Sole Cava e Claudia Augusta de Moraes Russo.

Estudo em destaque é o da pesquisadora Francisca Pessoa de França e seu projeto de “Aproveitamento de resíduo a base de glicerol proveniente da fabricação de biodiesel: produção de biossurfactante”.

Outros grupos cadastrados no CNPq são o Fitomar, liderado pela pesquisadora Denise Rivera Tenenbaum, que também estuda espécies fitoplanctônicas potencialmente nocivas.

O grupo Genética molecular de eucariontes e bactérias simbiotes, liderado por Ana Lucia Moraes Giannini e Carlos Augusto Gomes Soares, tem interessantes projetos como “Genética Molecular de Bactérias celulolíticas/fixadoras de nitrogênio simbiotes de moluscos Teredinidae” e “Estudo da atividade anti-neoplásica de policetídeos produzidos pela bactéria *Teredinibacter turnerae* isolada de moluscos Teredinidae de manguezais do Estado do Rio de Janeiro”.

Finalmente outros grupos devem ser mencionados, o Proalga: produção de etanol a partir de macroalgas, liderado pelo pesquisador Maulori Curie Cabral. Ainda na área energética, o grupo Químico verde e Biotecnologia: desenvolvimento e otimização de processos limpos, liderado por Ofélia de Queiroz Fernandes Araújo e José Luiz de Medeiros tem apresentado estratégias de ecologia industrial centrada em biomassa de microalgas para o Rio de Janeiro – biodiesel, sequestro de CO<sub>2</sub> e bioprodutos.

Na área ambiental, destaca-se o projeto de recuperação de comunidades coralíneas – Projeto Coral Vivo – liderado pelo experiente pesquisador Clóvis Barreira e Castro.

São Paulo é um dos estados com o maior número de grupos na área de Biotecnologia Marinha, em particular, na bioprospecção de produtos com atividade biológica.

Dentre os principais grupos, destacam-se o de Bioquímica de algas, coordenado por Pio Colepico Neto, cujo projeto “Algas Marinhas da Costa Brasileira: Isolamento e Caracterização de Micosporinas e de Substâncias com Atividade Anti-inflamatória, Antioxidante e Antibacteriana”, reúne profissionais de outras unidades da USP, como o grupo Toxinas e produtos naturais de algas, liderado por Ernani Pinto, do Instituto de Botânica, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, as pesquisadoras Mutue Toyota Fujii e Nair Sumie Yokoya, sendo a última atual coordenadora da RedeAlgas e líder do grupo Diversidade biológica e química de algas marinhas, continentais e cianobactérias, junto com a pesquisadora Célia Leite Sant’Anna. Esse projeto também conta com o grupo Espectrometria de massas de substâncias naturais e sintéticas bioativas, liderado por Norberto Peporine Lopes e conta com a participação de outros profissionais de outras regiões como Eliane Marinho Soriano da UFRN. Esses grupos unidos têm apresentado outros projetos na área e reunido outras instituições.

Outro grupo com projetos na área é o do Laboratório de algas marinhas, liderado por Estela Maria Plastino e Eurico Cabral de Oliveira Filho (USP), com projetos em cultivo, seleção de linhagens e fisiologia de macroalgas marinhas de importância econômica, e que também estão associados ao grupo de Bioquímica das algas.

O maior grupo na área de bioativos a partir de microrganismos e invertebrados marinhos no Brasil é, sem dúvida, o grupo de química orgânica de produtos naturais, liderado por Roberto Gomes de Souza Berlinck, pesquisador da USP – São Carlos, que está associado em vários projetos aos grupos de pesquisa em novos fármacos antiparasitários, liderado por André Gustavo Tempone do Instituto Adolf Lutz, e o grupo atividade antimicrobiana de produtos naturais, liderado por Marta Cristina Teixeira da Unicamp. O grupo interage com vários pesquisadores para o estudo de bioativos de origem marinha, como os pesquisadores Eduardo Hadju, Clóvis Castro e Guilherme Muricy, da UFRJ (Museu Nacional), do Rio de Janeiro, Solange Peixinho (UFBA), Rosana Rocha (UFPR), todos apoiando a linha de bioativos a partir de invertebrados marinhos.

Em bioativos a partir de fungos marinhos, o grupo de química orgânica de produtos naturais, liderado por Berlinck conta com as pesquisadoras Mirna Seleglim (UFSCar) e Lara Duraes Sette (Unicamp), enquanto na área de bactérias marinhas, conta com as pesquisadoras Valéria Maia de Oliveira e Fabiana Fantinatti (Unicamp). Para os bioensaios de citotoxicidade, antituberculose, antibacteriano, inibição enzimática e imunomodulatório, o grupo está associado aos pesquisadores Claudia Pessoa e Manoel Odorico Moraes (UFC), Célio Lopes Silva (USP), Reginaldo Gonçalves (Unicamp), Otávio H. Thiemann e Glauclus Oliva (USP) e Alexandra I. Medeiros (USP).

Outro grupo na área de bioprospecção é o de Substâncias naturais e sintéticas bioativas, que atua no estudo químico e ensaios biológicos de organismos marinhos, liderado pelo pesquisador João Luís Callegari Lopes (USP) e conta com a participação dos pesquisadores Hosana Maria Deboni, Márcio Adriano Andreo e Norberto Pepporine Lopes (USP-Ribeirão Preto), além dos pesquisadores cearenses Leticia Veras Costa Lotufo e Tito Monteiro da Cruz Lotufo (UFC).

Equipe de histórico vasto em Biotecnologia Marinha, com excelente formação em recursos humanos, o grupo Produtos naturais bioativos de organismos marinhos, liderados por José Carlos de Freitas e André Junqueira Zaharenko (USP), com interessantes projetos como “Análise molecular, caracterização de estruturas gênicas e avaliação de efeitos biológicos de peptídeos da anêmona do mar *Bunodosoma cangicum*”. Vários pesquisadores egressos do grupo têm interessantes projetos na área como Enrique Eduardo Rozas Sanchez e Jeanete Lopes Naves.

Na área de bioprospecção, destacamos os grupos de síntese orgânica dos pesquisadores Carlos Roque Duarte Correia, Luiz Carlos Dias Paulo Mitsuo Imamura, Fernando Antonio Santos Coelho e Ronaldo Aloise Pilli (todos da Unicamp) na síntese de produtos naturais com atividade biológica cuja origem natural é de organismos marinhos.

Na Unesp, destaca-se o grupo Biologia molecular de peptídeos biologicamente ativos (BIOMOLPEP), liderado pelo pesquisador Marcos Hikari Toyama, com projetos de interesse para a saúde, como “Avaliação de polissacarídeos sulfatados de macroalgas sobre a estrutura e função de PLA2 pró-inflamatórias de venenos e sobre o desenvolvimento da Leishmaniose” e Caracterização bioquímica e biológica de fosfolipase A2 classe III se-

cretórias isolada dos cnidários marinhos *Bunodosoma caissarum*, *Phylorhiza punctata* e *Olindia sambaquiensis*.

O Grupo de pesquisa em genética aplicada à aquicultura e conservação, da UFSCAR, liderado por Pedro Manoel Galetti Júnior, tem larga experiência na área de Genética, com ênfase em Genética da Conservação, estudando animais aquáticos (peixes e camarões) e Genética aplicada à Aquicultura de camarões, tendo sido o coordenador do projeto “Shrimp EST Genome Project” ([www.shrimp.ufscar.br](http://www.shrimp.ufscar.br)) com vários grupos do Brasil.

Outro grupo importante em Genética, liderado por Alexandre Wagner Silva Hildorf, Genética e reprodução de peixes, tem importante projeto na área, “Biotecnologia pesqueira aplicada à avaliação genética populacional dos estoques do polvo comum (*Octopus* cf. *vulgaris*) do litoral brasileiro pelo uso de marcadores microssatélites para seu manejo sustentado”.

Projeto de grande valor comercial e científico “Detecção do vírus da mancha branca por histopatologia, hibridização *in situ*, PCR e microscopia eletrônica de transmissão em camarões destinados ao consumo no Estado de São Paulo” está sendo desenvolvido no Instituto de Pesca por Marco Hipólito, do Instituto Biológico (SP).

Pesquisas realizadas por João Borges Laurindo (Unicamp) sobre o desenvolvimento de novos produtos e melhoria tecnológica de unidades de processamento de moluscos, da ação da astaxantina (carotenóide isolado de algas marinhas) na regulação do equilíbrio redox do músculo esquelético de ratos sob atividade física exaustiva (natação) de Marcelo Paes de Barros (UNICSUL), o projeto “Tecnologia do pescado – beneficiamento e industrialização- Inovação Tecnológica e transferência de tecnologia: tilápias, mexilhões, camarões; Resíduos e subprodutos do pescado”, de Marília Oetterer (USP) podem ter um resultado importante na área biotecnológica e o projeto sobre a adsorção e bioadsorção de metais pesados (Cr, Ni, Pb, Zn, Cd e Hg) em zeolita, argilas, alginato, algas marinhas e quitosanas por Meuris Gurgel Carlos da Silva, líder do grupo Engenharia ambiental (Unicamp).

No grupo do Laboratório de aquicultura marinha, liderado por Daniel Eduardo Lavanholi de Lemos (USP), vários projetos importantes encontram-se em andamento, como o “Digestibilidade *in vitro* de proteína utilizando enzimas espécie-específicas: potencial de identificação de ingredientes de rações sustentáveis para o cultivo de camarões marinhos (*Sustain-Ing*)”. Também na USP, o projeto “Microbiologia Antártica: biodiversidade, ecologia e aplicações tecnológicas” está sendo executado pelo grupo da pesquisadora Vivian Helena Pellizari.

## 7.4 Região Sul



No Paraná, temos o pesquisador Miguel Noseda, participante do grupo **Carboidratos** na linha de pesquisa Estrutura, modificações químicas e atividades biológicas de carboidratos isolados de algas (macroalgas e microalgas), com vários projetos, dentre eles a “Avaliação da potencialidade de microalgas cultiváveis visando efeito bioestimulante vegetal” e “Neoglicolipídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos de interesse biotecnológico”.

Na área de uso de microalgas para produção de biodiesel, dois grupos de pesquisa foram contemplados pelo CNPq, o grupo de Energia e Ciências Térmicas, como projeto Desenvolvimento e otimização de fotobioreatores compactos para aquicultura de microalgas para núcleo de pesquisa e desenvolvimento de energia autossustentável (NPDEAS) a partir do biodiesel, liderado por José Viriato Coelho Vargas (UFPR), e o grupo Engenharia de Processos e Biotecnologia, com o projeto BioAlgoil – isolamento, seleção e melhoramento de microalgas produtoras de bio-óleos em efluentes agroindustriais (vinhaça e manipueira), e sua relação com a biofixação de CO<sub>2</sub> e a produção de biodiesel e/ou óleo combustível, liderado por Carlos Ricardo Soccol (UFPR).

Grupos relacionados à aquicultura também estão presentes no Paraná, como o Grupo integrado de Aquicultura e estudos ambientais, liderado por Antonio Ostrensky Neto e Walter Antonio Pereira Boeger (UFPR).

Em Santa Catarina encontramos grupos em diferentes subáreas da Biotecnologia Marinha na UFSC e na Univali. Os grupos de Genética Molecular Aplicada, liderado por André Oliveira de Souza Lima, Algas nocivas, liderado por Luiz Antonio de Oliveira Proença, Bioprospecção Marinha, liderado por Marcos Luiz Pessatti são destaques da Univali

na área de Biotecnologia e Microbiologia e Toxicidade Ambiental, liderado por Moisés Basílio da Conceição e Leonardo Rubi Rörig.

O grupo Biotecnologia Alimentar liderado por Ernani Sebastião Sant'anna (UFSC) recebeu apoio do CNPq pelo edital 26/2008 no projeto Projeto “Microalgas: uma inédita alternativa para a produção de biodiesel e insumos no semi árido nordestino. Outros dois grupos Estudos da Qualidade Aquática Marinha e de Florações de Algas Nocivas, liderado por William Gerson Matias e Patógenos Ambientais, liderado por Cláudia Maria Oliveira Simões (UFSC) têm atuado na área. Destaque ao projeto “Avaliação das atividades anti-herpética, cito- e genotóxica, e *anti-fouling* de organismos marinhos da costa brasileira e do Caribe colombiano” pelo grupo da pesquisadora Cláudia Simões.

O grupo Análise Orgânica Instrumental, Bioprospecção e metabolômica Vegetal, liderado por Marcelo Maraschin (UFSC), também tem atuado na área marinha, e presta consultoria a empresas para o desenvolvimento de produtos e processos de natureza biotecnológica (alimentos funcionais, suplementos alimentares e cosméticos).

Os grupos Análise e Desenvolvimento de fármacos de origem natural e Estudos de Utilização de Medicamentos e Qualidade dos Serviços Farmacêuticos, liderados pelo pesquisador Eloir Paulo Schenkel (UFSC) têm grande experiência na análise de medicamentos, e atua na pesquisa de substâncias ativas a partir de plantas medicinais, plantas tóxicas e produtos naturais marinhos.

Importante grupo denominado Cultivo, Ecologia, taxonomia e reprodução de macroalgas, liderado por Paulo Antunes Horta Júnior e Zenilda Laurita Bouzon (UFSC) tem estabelecido parcerias na área de Bioprospecção de algas com outros grupos brasileiros. Em produtos naturais marinhos temos o grupo Produtos Naturais e diagnósticos clínicos laboratoriais (PRONADICLILA) – UFSC, liderados por Miriam de Barcellos Falkenberg e Marcos José Machado, que tem estudado substâncias bioativas a partir de algas marinhas e corais do litoral catarinense.

O grupo da UFSC denominado Sistema Imune de Invertebrados: implicações na resistência a doenças, aquicultura e monitoramento ambiental, liderado pela pesquisadora Margherita Anna Antonia Maria Barracco tem projetos recentes de grande interesse para a área, como o “Impacto da floração de algas nocivas sobre o sistema imune de ostras (*Crassostrea gigas*) cultivadas na Ilha de Santa Catarina”, a “Avaliação do efeito imunestimulante de probióticos e substâncias bioativas em camarões *Litopenaeus vannamei* acometidos pelo vírus da mancha branca” e o “Estudo do potencial efeito modulador de polissacarídeos sulfatados de algas marinhas sobre o sistema imune do camarão *Litopenaeus vannamei*”, onde o pesquisador Roberto Bianchini Derner também participa. Outro projeto coordenado por Edemar Roberto Andreatta (UFSC), “Ações integradas para o controle das enfermidades dos camarões”, líder do grupo Maricultura merece destaque.

O grupo Nerma – Núcleo de Estudos em Recursos do Mar para Agricultura, liderado por Marciel João Stadnik, reúne pesquisadores que estudam a utilização de macroalgas marinhas na agricultura.

Em Santa Catarina, também destacamos o grupo liderado por Maurício Laterça Martins e José Luiz Pedreira Mouriño, Patologia e sanidade aquícola, com estudos em hematologia, parasitologia de peixes, ecologia de parasitos de peixes, estresse e inflamação em peixes, probióticos na aquicultura e imunoprofilaxia.

Ainda na UFSC, o grupo Sistemas de Defesas Bioquímicas e Moleculares em Organismos Aquáticos, liderado por Afonso Celso Dias Bainy e Maria Risoleta Freire Marques tem apresentado interessantes projetos, como “Identificação de genes de citocromo P450 responsivos a contaminantes em peixe (*Poecilia vivipara*) e ostra (*Crassostrea brasiliana*) da costa brasileira” e “Expressão diferencial de genes em *Crassostrea rhizophorae* expostas a efluentes domésticos”.

No Rio Grande do Sul, há uma grande diversidade de grupos, desde a produção de biodiesel a partir de microalgas até a bioprospecção de moléculas ativas.

Os grupos Desenvolvimento tecnológico e seus impactos nos recursos hídricos e no meio ambiente (com o projeto aprovado no edital 26/2008, “Biodiesel de algas a partir de efluentes de cultivo de camarão”), liderado por Sérgio João de Luca (UFRGS), Ecologia de fitoplâncton e micro-organismos marinhos e Aquicultura continental na restinga da Lagoa dos Patos (com o projeto “Avaliação de custos e produtividade de dois sistemas de cultivo massivo de microalgas para a produção de biodiesel, também aprovado no mesmo edital e liderado por Paulo César Oliveira Vergne de Abreu (FURG). Outro projeto aprovado no mesmo edital foi “Aquicultura de microalgas para a fixação do gás carbônico na queima do carvão e co-geração de biodiesel e bioprodutos de alto valor agregado, coordenado por Jorge Alberto Vieira Costa (FURG), líder do grupo Bioengenharia de alimentos. Na UFPEL, o projeto “Bio-combustíveis de microalgas: alternativa renovável e de sustentabilidade” também vencedor do edital 26/2008, e liderado por Cláudio Martin Pereira de Pereira. Nessa mesma subárea, temos o grupo cadastrado Laboratório Kolbe de Síntese Orgânica (LKSO), liderado por Rosilene Maria Clementin (FURG).

Genética e conservação de populações naturais no sul do Brasil, liderado por Thales Renato Ochotorena de Freitas (UFRGS), que desenvolve projetos em citogenética, filogeografia, genética da conservação e evolução. Outro grupo importante é o de Biologia Celular e Molecular de fungos filamentosos e Biologia de fungos de importância médica e biotecnológica, liderado por Augusto Schrank e Marilene Henning Vainstein (UFRGS), com destaque especial para o projeto “Proteínas bioluminescentes de bactérias marinhas: biomarcadores para o monitoramento *in vivo* da infecção pelas leveduras patogênicas *Cryptococcus neoformans* e *Cryptococcus gattii*”. O grupo Transgênese, marcadores gênicos e genética populacional, liderado pro Luis Fernando Fernandes Marins (FURG), tem realizado estudos de expressão gênica, ecotoxicologia, melhoramento genético, marcado-

res moleculares e produção de células e peixes geneticamente modificados como modelos experimentais.

Grupo gaúcho atuante na pesquisa de florações de algas tóxicas é o Cianobactérias, liderado por Vera Regina Werner (FZB), que apresenta colaborações com outros grupos no Brasil.

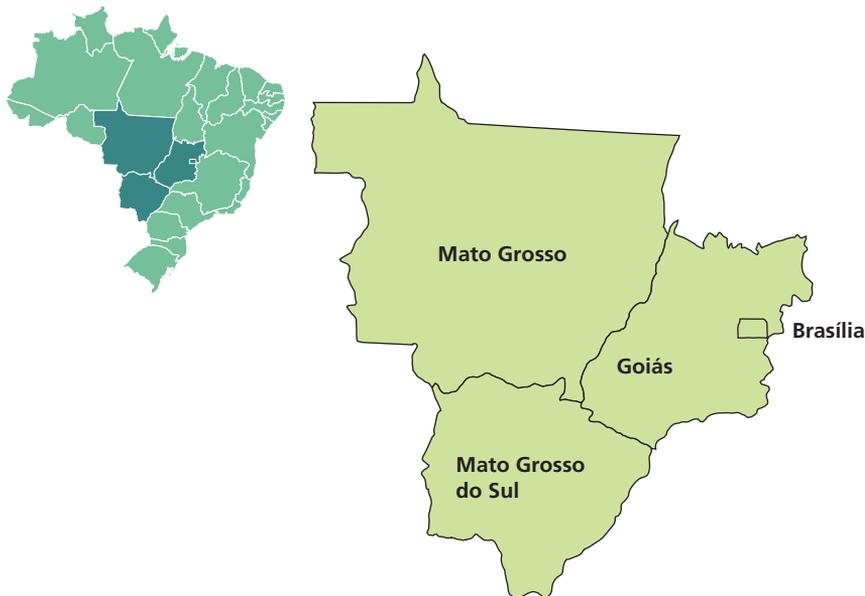
Na área ambiental, temos o grupo Biomonitoramento e Citogenética ambiental, liderado por Clarice Torres de Lemos e Nara Regina Terra (FEPAM), o grupo de Pesquisa em Fisiologia Animal Comparativa, liderado por Aduino Bianchini (FURG).

Outro grupo vencedor do Edital 39/2009 foi o Programa de Pesquisas em processamento de produtos marinhos, liderado por Carlos Prentice-Hernandez, do qual destacamos o projeto “Produção de Biopolímeros de Alto Valor Agregado a partir de Microrganismos e Resíduos Marinhos oriundos do Extremo Sul do Brasil”.

Na área de bioprospecção de produtos com atividade farmacêutica, destacamos o grupo Centro de estudos em estresse oxidativo, coordenado por José Cláudio Fonseca (UFRGS) e destacamos o projeto “Propriedades bioativas de extratos de esponjas marinhas do litoral sul do Brasil”.

Grupos de pesquisa biotecnológica relacionados à aquicultura como o Lega (Engenharia genética animal), liderado por Heden Luiz Marques Moreira (UFPEL), que atua em marcadores moleculares, melhoramento genético e transgenia em peixes, com ênfase na expressão de proteínas heterológicas e melhoria dos sistemas de transfeção. Outros grupos são Fisiologia aplicada à aquicultura, liderado por Ricardo Berteaux Robaldo (UFPEL), com experiência em fisiologia aplicada à aquicultura e fisiologia de animais antárticos, e Piscicultura Marinha e Estuarina, liderado por Luís André Nassr de Sampaio (FURG) e Biologia e Cultivo de Crustáceos, liderado por Luís Henrique da Silva Poersch e Wilson Francisco Brito Vasielesky Junior (FURG).

## 7.5 Região Centro-Oeste



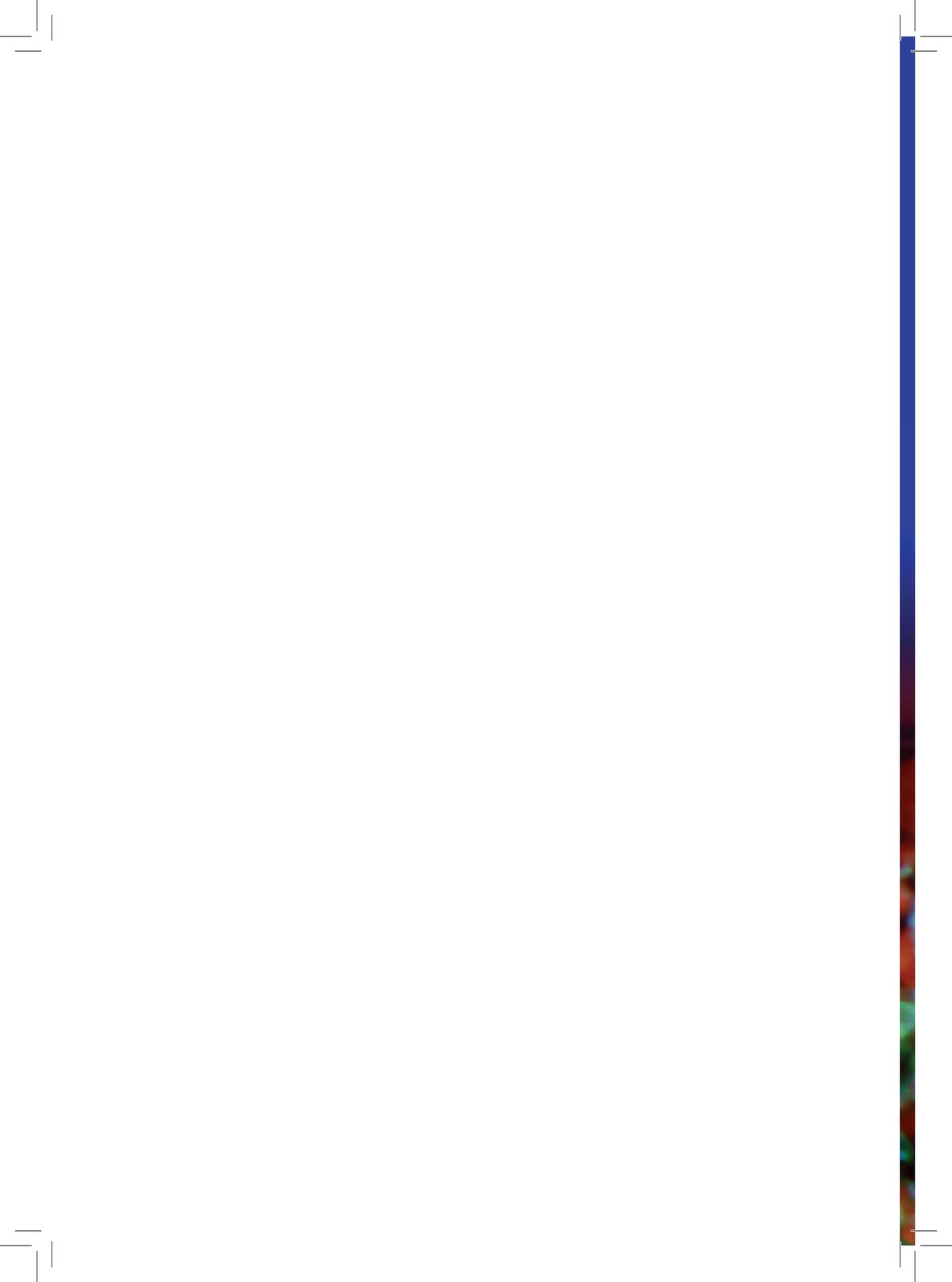
Com certeza, na Região Centro-Oeste há poucos grupos que, eventual ou raramente associam-se com pesquisadores na área marinha. Porém é da Embrapa, localizada em Brasília, que ocorrem vários importantes projetos na área. É da Embrapa–Recursos Genéticos e Biotecnologia, do DF, a excelente pesquisa em “Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 – clonagem e caracterização do primeiro gene da via de síntese na microalga marinha *Thalassiosira fluviatilis*” (CITADIN e tal. 2008). Outro projeto importante da Embrapa – CENARGEN, em Brasília, foi a Bioprospecção de moléculas bioativas de peixes da Antártica, coordenado por Luciano Paulino da Silva.

Outro grupo importante na área é o de Isolamento e caracterização de microrganismos produtores de moléculas ativas, liderado pelo pesquisador Nelson Roberto Antoniosi Filho (UFG). Dentro desse grupo, desenvolve-se o projeto Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias para Produção e uso de Biodiesel Derivados de Óleos de Microalgas marinhas ou dulcícolas, sob a sua coordenação.

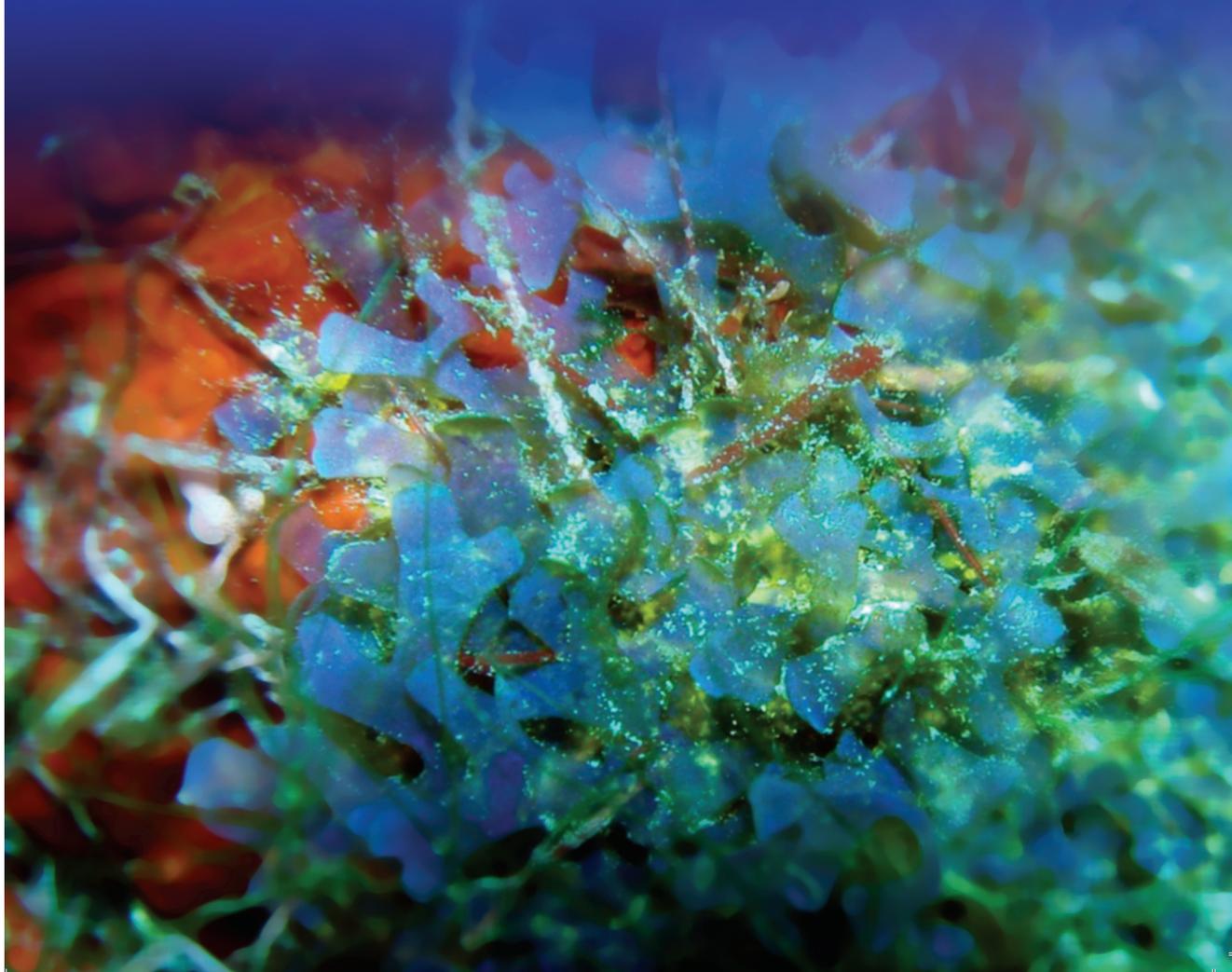
Cientistas do Centro de Ciências Genômicas e Biotecnologia, do projeto “O uso da proteômica na identificação de peptídeos antimicrobianos provenientes de secreções de invertebrados marinhos”, liderados por Octávio Luiz Franco da Universidade Católica de Brasília descobriram uma substância que pode servir como um poderoso antibiótico contra infecções hospitalares.

No Mato Grosso do Sul, o grupo Aquabrazil, coordenado pelo doutor Emiko Shinozaki Mendes (Embrapa-MS), reúne 13 unidades da Embrapa e 17 universidades e instituições de pesquisa, aborda o melhoramento genético, a nutrição, a sanidade, o manejo ambiental dos sistemas de cultivo e o aproveitamento agroindustrial das espécies tilápia, GIFT, tambaqui, cachara e camarão branco.

Outros pesquisadores foram levados em consideração nesse estudo. Destacamos apenas os que mais se sobressaíram na produção científica, formação de recursos humanos e produtos de inovação.



## 8 Pesquisadores e o setor produtivo



Uma característica dos grupos na área é a parceria com o setor produtivo. Cento e vinte empresas são citadas como parceiras, públicas e privadas. Apesar de poder ter havido a omissão de algumas empresas no preenchimento do diretório dos grupos de pesquisa, a presença de empresas em cerca de ¼ dos grupos caracteriza o interesse do empresariado na área e o potencial tecnológico dos organismos marinhos. Por outro lado, vários grupos citam o apoio de instituições públicas de fomento ou estão ligados às secretarias estaduais ou municipais. A Tabela 6 apresenta a lista de empresas parceiras citadas por todos os pesquisadores avaliados nessa pesquisa.

Várias empresas estão relacionadas à área e podem usufruir os resultados das pesquisas. Outras apenas apoiaram financeiramente grupos de pesquisa, sem nenhuma correlação com os resultados.

A Petrobrás, por exemplo, tem apoiado principalmente grupos nas subáreas de combustível alternativo como biodiesel a partir de algas, biorremediação, ecotoxicologia e avaliação de impacto ambiental. Várias são as empresas ligadas à pesca que tem apoiado grupos de Biotecnologia aplicado à aquicultura. No entanto, poucas indústrias farmacêuticas têm apoiado grupos de bioprospecção, diferente do que ocorre em outras partes do mundo. As indústrias de alimentos também têm apoiado de modo tímido a pesquisa em Biotecnologia Marinha.

Tabela 6. Listagem das empresas citadas como parceiras dos grupos de pesquisa. Setor privado – Setor público

EMPRESAS COMO CITADAS PELOS GRUPOS DE PESQUISA
AD OCEANUM INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA
AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO – ANP
AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA
ALBANO DE OLIVEIRA E COMPANHIA LIMITADA
ALCOA ALUMÍNIO S/A
ALFA RIO QUÍMICA LTDA
APOLIFIBRA IND. E COMÉRCIO LTDA – APOLIFIBRA
APSEN FARMACÊUTICA S/A
AQUALÍDER MARICULTURA LTDA
AREAL BARONESA EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA
ARTE E TETO GESSO E DECORAÇÃO
BAHIA PUB
BANCO DO BRASIL
BANCO DO NORDESTE
BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL
BAUMER S/A
(Continua)

**EMPRESAS COMO CITADAS PELOS GRUPOS DE PESQUISA**

(Continuação)

BIOENSAIOS ANÁLISES E CONSULTORIA AMBIENTAL LTD
BLUE WATER AQUACULTURE – BWA
BORRACHAS VIPAL S.A.
BUNGE ALIMENTOS – BUNGE
CAMPOLIN & SCHMIDT LTDA
CONSÓRCIO CBPO/PEDRA SUL/CARIOCA/IVAI
CENTRO DE PESQUISA MOLECULAR E DIAGNÓSTICO DO GENOMA
CENTRO DE PESQUISAS E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL SUDESTE E SUL (CEPSUL)
CETREL S.A.
CINCO REINOS PESQUISAS E SERVIÇOS AMBIENTAIS LTDA
COMANCHE CLEAN ENERGY
COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL E DE RECURSOS MINERAIS DE SERGIPE – CODISE
COMPANHIA DE GERAÇÃO TÉRMICA DE ENERGIA ELÉTRICA
COMPANHIA DE NAVEGAÇÃO NORSUL
COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP
COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB
COMPANHIA ENERGÉTICA RIO DAS ANTAS – CERAN
COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO – CORSAN
COMPANHIA VALE DO RIO DOCE – VALE
CONSTRUTORA SANORTE LTDA – SANORTE
COOPERATIVA DOS PISCICULTORES DO MUNICÍPIO DE MUNDO NOVO – COOPISC
CORN PRODUCTS BRASIL
COSTA SUL PESCADOS LTDA.
CRAB – ASSISTÊNCIA EM AQUICULTURA LTDA – CRAB
DANA ALBARUS S.A.
DELICIOUS FISH
DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS DE PORTO ALEGRE
DONA FRANCISCA S.A. – DFESA
EL PASO PETRÓLEO DO BRASIL LTDA – EL PASO
Embrapa AGROINDÚSTRIA TROPICAL – Embrapa
EMPRESA BAIANA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA S.A – EBDA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – CPACT –
ESPLAR – CENTRO DE PESQUISA E ASSESSORIA – ESPLAR
FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA/VALE – FCA Petrobras
FK BIOTECNOLOGIA S.A.
FUNDAÇÃO ATAULPHO DE PAIVA
FUNDAÇÃO CEARENSE DE PESQUISA E CULTURA – FCPC
FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO

(Continua)

**EMPRESAS COMO CITADAS PELOS GRUPOS DE PESQUISA**

(Continuação)

FUNDAÇÃO ZER BRASIL
GENERAL MOTORS DO BRASIL S.A.
GENPHARMA CONSULTORIA FARMACÊUTICA E GENÉTICA LTDA
GRANT GEOPHYSICAL – GRANT
HEBRON S.A. – INDÚSTRIAS QUÍMICAS E FARMACÊUTICAS
HOUGHTON BRASIL LTDA
IBM DO BRASIL
INDÚSTRIA BRASIL. DO PEIXE PALMARES PISCICULTURA LTDA.
INDÚSTRIA RIO GRANDENSE DE ÓLEO VEGETAIS LTDA
INSTITUTO BRASILEIRO DO PETRÓLEO
INSTITUTO CLAUDE BERNARD – INCB
INSTITUTO CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL DO BRASIL – CI BRASIL
INSTITUTO DE TECNOLOGIA DO PARANÁ (TECPAR)
INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO – LACTEC
INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DA BAHIA (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DA BAHIA)
JDF CENTRIFUGAS – JDF
JOHNSON & JOHNSON
KILLING TINTAS E ADESIVOS S.A. – KILLING
LABORATÓRIO RABÊLO LTDA – LR
LABORGEN S/A QUÍMICA FINA E BIOTECNOLOGICA
LUCAIA ENVIRONMENT TECHNOLOGIES – LETECH
LYCHNOFLORA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PRODUTOS NATURAIS LTDA
M&G POLÍMEROS BRASIL S.A. – M&G POLÍMEROS
MAR E TERRA INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PESCADOS LTDA
MARS CACAO
MCR ALIMENTOS
NATURA COSMÉTICOS
NATURAMA – INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS AGROPECUÁRIOS LTDA
NEOTROPICA TECNOLOGIA AMBIENTAL
NILKO METALURGIA LTDA
NNE MINAS AGROFLORESTAL LTDA
NOVOZYMES LATIN AMERICA
NUTRATECH – INSUMOS E PRODUTOS BIOTECNOLÓGICOS
PENTAPHARM DO BRASIL COMÉRCIO E EXPORTAÇÃO LTDA
PERDIGÃO AGROINDUSTRIAL S.A – PERDIGÃO
PETRÓLEO BRASILEIRO SA – Petrobras
PLANKTON SOLUÇÕES EM MEIO AMBIENTE
PLANTAÇÕES MICHELIN DA BAHIA – MICHELIN

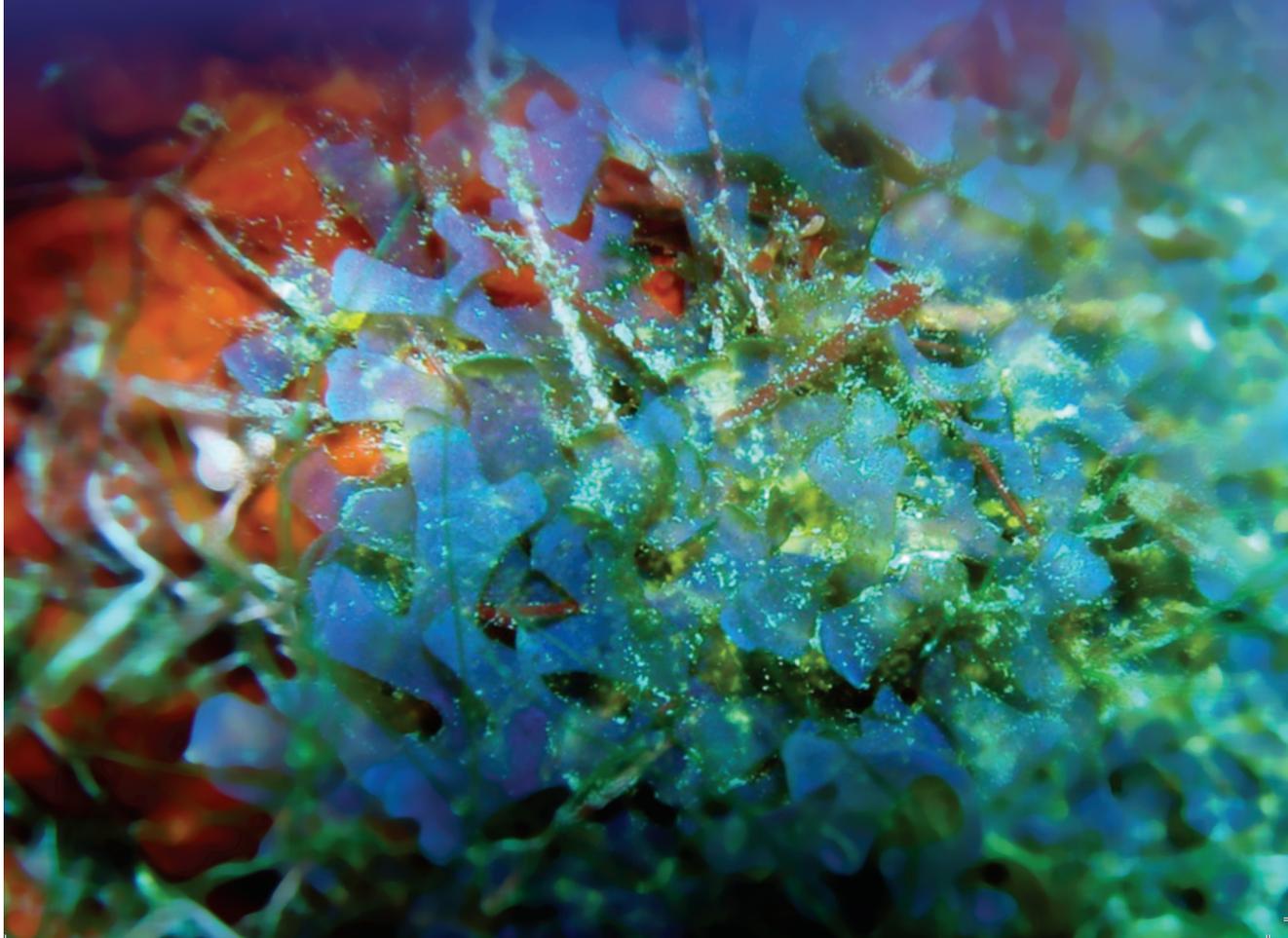
(Continua)

<b>EMPRESAS COMO CITADAS PELOS GRUPOS DE PESQUISA</b>	
	(Continuação)
POLISA BIOPOLIMÉROS PARA SAÚDE – POLISA	
QUANTAS BIOTECNOLOGIA LTDA – QUANTAS	
QUIMSAR QUÍMICA FINA	
REFINARIA DE PETRÓLEO IPIRANGA	
REFINARIA NACIONAL DE PETRÓLEO VEGETAL LTDA – FUSERMANN	
SAAA AGROINDÚSTRIA COMÉRCIO E REPRESENTAÇÕES LTDA. – SEAFISH	
SANEAMENTO DE GOIÁS- SANEAGO	
SANSUY SA	
SEBRAE	
SECRETARIA DE CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO	
SECRETARIA DE ESTADO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR – SETI	
SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE SANTA CATARINA – SES	
SECRETARIA MUNICIPAL DE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE DE VIÇOSA – SEAMA	
SIGMA PHARMA – EMS	
SILCON AMBIENTAL LTDA	
SINDIBRÁS – SINDICATO DAS INDUSTRIAS DE FIBRAS VEGETAIS DO ESTADO DA BAHIA	
SOLABIA – BIOTECNOLOGIA LTDA	
SUL QUÍMICA LTDA	
SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA	
SUZANO BAHIA SUL PAPEL E CELULOSE S/A – SUZANO	
TECBIO TECNOLOGIAS BIOENERGÉTICAS LTDA	
TECHNOACQUA SERVIÇOS DE CONSULTORIA LTDA –	
TORQUATO PONTES PESCADOS LTDA	
UMITAKA PESCADOS E CONSULTORIA LTDA – UMITAKA	
UMWELT LTDA	
UNIPEIXE INDUSTRIAL LTDA.	
VARIAN INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	

Fonte: (CNPQ, CAPES, MCT, SBBTEC – BIOTECDATA, GOOGLE, 2010)



9 Uma abordagem  
sobre as patentes em  
Biotecnologia Marinha  
no mundo e no Brasil



O desenvolvimento de ciência e tecnologia em um país é um dos principais elementos que demonstram seu estado de evolução em relação aos demais. A propriedade intelectual é um bem comercial importante tendo em vista os benefícios que pode gerar. Sem dúvida, o pesquisador ou inventor brasileiro precisa desenvolver uma cultura de proteção à propriedade intelectual. O principal entrave mencionado pelos cientistas em todos os congressos e reuniões científicas é a desinformação em relação aos procedimentos necessários e o receio de adiar a sua produção científica.

O Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), o escritório que cuida da concessão de patentes no Brasil, está entre os vinte escritórios que mais concedem patentes no mundo: 12º lugar. No entanto, existe uma grande demora na concessão de patentes no Brasil, podendo levar mais de três anos entre o registro inicial e a concessão definitiva.

De acordo com os dados da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (Wipo), o Brasil apresentou ligeiro aumento de 1,7% ano passado, em relação ao ano de 2008, no registro de patentes internacionais. Apesar de ser considerada uma ampliação discreta, o número ficou bem acima da média mundial que teve queda de 4,5%. Por aqui, foram 480 solicitações no total em 2009. Em cinco anos, o registro internacional de patentes feito por instituições brasileiras aumentou quase 75%. Entre os países em desenvolvimento, o Brasil ficou atrás da Coreia do Sul com 8.066 pedidos, China com 7.946, Índia com 761 e de Cingapura com 594. Os Estados Unidos ainda lideram o *ranking* com quase um terço dos depósitos solicitados em 2009, 45.790, queda de 11,4% comparado a 2008.

Outro dado importante e que diferencia o Brasil, é que, ao contrário do que ocorre nos países desenvolvidos, 80% dos pesquisadores estão trabalhando nas universidades e apenas 20% encontram-se nas empresas.

Por outro lado, o relatório da Organização Mundial de Propriedade Intelectual (Wipo – “World Intellectual Property Organization”) aponta que o Brasil é um dos últimos colocados em relação às patentes obtidas em outros países.

### 9.1 As patentes em Biotecnologia Marinha no Mundo

O número de patentes em Biotecnologia Marinha no mundo é bem expressivo. Há ainda alguma dificuldade no uso desse termo, motivo pelo qual no levantamento de patentes internacionais utilizamos como palavras-chaves *marine alga*, *marine bacteria*, etc. A Tabela 7 apresenta os termos utilizados na busca por patentes no banco de dados da Wipo em 29/03/2010, sendo selecionados para busca, dois termos para uma análise mais aprofundada: *marine biotechnology* (com 2.743 patentes) e *marine products* (com 12.526 patentes). Devemos destacar o grande número de patentes que envolvem biologia molecular e química de produtos naturais. Dentre os grupos de organismos, destacam-se as bactérias (incluindo cianobactérias) e microrganismos (microalgas incluídas) e as algas, de um modo geral. No primeiro caso, a escolha foi feita por ser o objeto de nosso estudo e no segundo por apresentar o maior número de patentes relacionadas a nossa área de inte-

resse. No primeiro caso, a escolha foi feita por ser o objeto de nosso estudo e no segundo por apresentar o maior número de patentes relacionadas a nossa área de interesse.

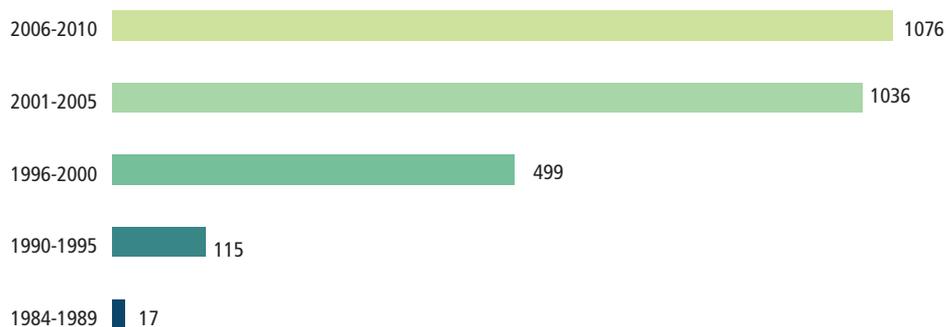
Tabela 7. Palavras-chaves utilizadas para busca de patentes no banco de Dados da Wipo – “World Intellectual Property Organization”

PALAVRA-CHAVE (USADA EM TODOS OS CAMPOS)	NÚMERO DE PATENTES
<i>Marine biotechnology</i>	2.743
<i>Marine alga</i>	463
<i>Marine bacteria</i>	5.685
<i>Marine biochemistry</i>	2.584
<i>Marine chemistry</i>	4.739
<i>Marine cultivation</i>	1.127
<i>Marine invertebrate</i>	622
<i>Marine microorganism</i>	4.084
<i>Marine molecular</i>	9.751
<i>Marine natural product</i>	8.769
<i>Marine organisms</i>	5.556
<i>Marine products</i>	12.526
<i>Marine transgenic</i>	2.159
<i>Seaweed</i>	2.816

Fonte: (WIPO, 2010)

A Figura 9 apresenta o número de patentes no mundo em cada período de cinco anos desde 1984, revelando um expressivo aumento do número de patentes em Biotecnologia Marinha a partir de 2001, mesmo levando-se em consideração que a palavra-chave *marine biotechnology* não é empregada por todos os pesquisadores-inventores.

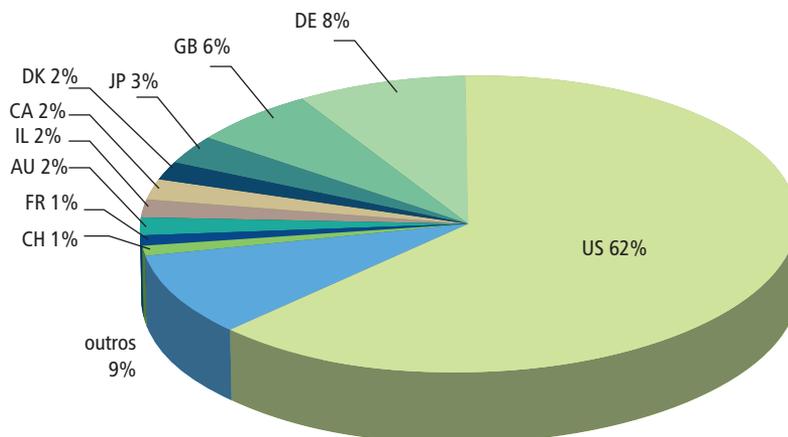
Figura 9. Patentes em Biotecnologia Marinha no mundo



Fonte: (WIPO, 2010)

Ao analisarmos os países de origem das patentes desde 1984, podemos observar a supremacia norte-americana em relação aos outros países do mundo, com mais de 60% de todas as patentes em Biotecnologia Marinha (Figura 10). O Brasil apresenta apenas três patentes reconhecidas nessa área (Biotecnologia Marinha).

Figura 10. Distribuição das patentes utilizando "marine biotechnology" nos principais países

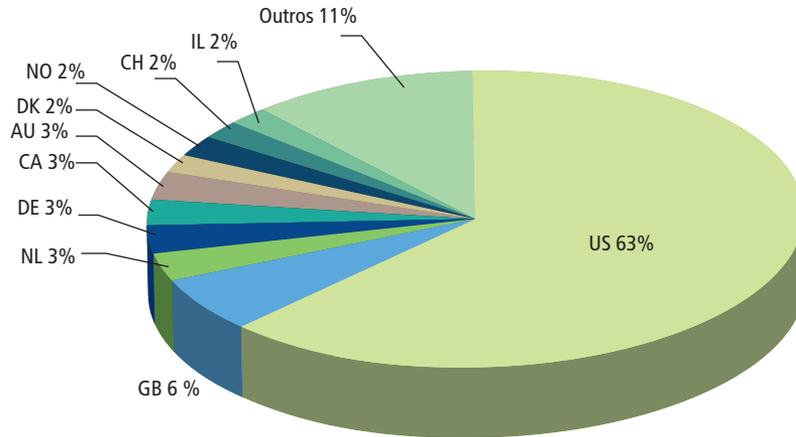


Fonte: (WIPO, 2010).

US = Estados Unidos da América; DE = Alemanha; GB = Grã-Bretanha; JP = Japão; DK = Dinamarca; CA = Canadá; IL = Israel; AU = Austrália; FR = França; CH = Suíça.

Ao realizarmos a busca com a palavra-chave *marine product*, o número de patentes aumenta consideravelmente, porém a participação norte-americana permanece em 63% do total de patentes do mundo. O Brasil, com essa nova forma de busca, apresenta 21 patentes (Figura 11).

Figura 11. Distribuição das patentes utilizando “marine product” nos principais países



Fonte: (WIPO, 2010).

US = Estados Unidos da América; GB = Grã-Bretanha; NL = Holanda; DE = Alemanha; CA = AU = Austrália; DK = Dinamarca Canadá; NO = Noruega; CH = Suíça; IL = Israel.

A Tabela 8 apresenta o resultado da busca pelas 50 maiores instituições detentoras de patentes utilizando-se como palavra-chave “produtos marinhos”. Indústrias farmacêuticas, químicas, de combustíveis, alimentícias estão entre as principais instituições que atuam em inovação na área marinha. Na Tabela 8, estão também grandes instituições de ensino e pesquisa norte-americanas.

A Figura 12 ilustra a pesquisa que está sendo realizada na Indústria PharMar com produtos naturais marinhos contra o câncer (Todo o poder do mar, agora contra o câncer é o *slogan* da indústria).

Tabela 8. Os 50 maiores detentores de patentes em “produtos marinhos”

	ORGANIZAÇÃO/INSTITUIÇÃO	Nº DE PATENTES
1	THE PROCTER & GAMBLE COMPANY	529
2	SMITHKLINE BEECHAM CORPORATION	182
3	THE LUBRIZOL CORPORATION	154
4	THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA	108
5	ABBOTT LABORATORIES	99
6	BOARD OF REGENTS, THE UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM	90
7	E. I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY	84
8	3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY	80
9	BASF PLANT SCIENCE GMBH	76
10	HYSEQ, INC.	71
11	DSM IP ASSETS B.V.	64
		(Continua)

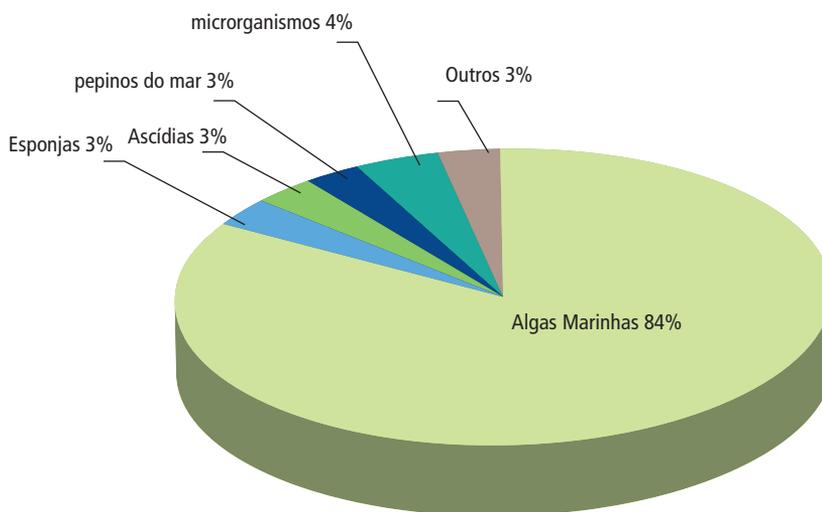
	ORGANIZAÇÃO/INSTITUIÇÃO	Nº DE PATENTES
		(Continuação)
12	GENERAL ELECTRIC COMPANY	60
13	EXXON CHEMICAL PATENTS INC.	59
14	UNILEVER N.V.	53
15	SHELL INTERNATIONALE RESEARCH MAATSCHAPPIJ B.V.	51
16	ONCOTHERAPY SCIENCE, INC.	51
17	E.I. DUPONT DE NEMOURS AND COMPANY	50
18	COUNCIL OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH	46
19	MARTEK BIOSCIENCES CORPORATION	43
20	NOVOZYMES A/S	41
21	N.V. NUTRICIA	41
22	PHARMACIA & UPJOHN COMPANY	40
23	PFIZER PRODUCTS INC.	37
24	E.I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY	37
25	L'OREAL	36
26	DANISCO A/S	34
27	THE TRUSTEES OF THE UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA	32
28	EXXONMOBIL RESEARCH AND ENGINEERING COMPANY	31
29	CHEVRON U.S.A. INC.	31
30	DOW GLOBAL TECHNOLOGIES INC.	30
31	MINNESOTA MINING AND MANUFACTURING COMPANY	29
32	FORBES MEDI-TECH INC.	29
33	THE DOW CHEMICAL COMPANY	28
34	KIMBERLY-CLARK WORLDWIDE, INC.	28
35	DIVERSA CORPORATION	28
36	HARBOR BRANCH OCEANOGRAPHIC INSTITUTION, INC.	26
37	THE BOEING COMPANY	25
38	MOMENTIVE PERFORMANCE MATERIALS INC.	25
39	CIBA SPECIALTY CHEMICALS HOLDING INC.	25
40	WYETH	24
41	PHARMA MAR, S.A.	24
42	BASF SE	24
43	MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY	23
44	UNIVERSITY OF UTAH RESEARCH FOUNDATION	22
45	MOBIL OIL CORPORATION	22
46	COUNCIL OF SCIENTIFIC & INDUSTRIAL RESEARCH(CSIR)	22
47	PRESIDENT AND FELLOWS OF HARVARD COLLEGE	21
48	GENENCOR INTERNATIONAL, INC.	21
49	BRISTOL-MYERS SQUIBB COMPANY	21
50	SABIC INNOVATIVE PLASTICS IP B.V.	20

Fonte: (WIPO, 2010).



Após a seleção, foram obtidos 39 pedidos de depósito ou patentes. Optamos por considerar todos os pedidos de patente, embora alguns estejam arquivados ou mesmo fora de validade. A Figura 13 apresenta a distribuição das patentes por grupo de organismos. A grande maioria das patentes nacionais (84%) versa sobre o uso das algas (micro e macroalgas), seus extratos, seus produtos e seu cultivo como fonte de produtos ou energia (biocombustíveis).

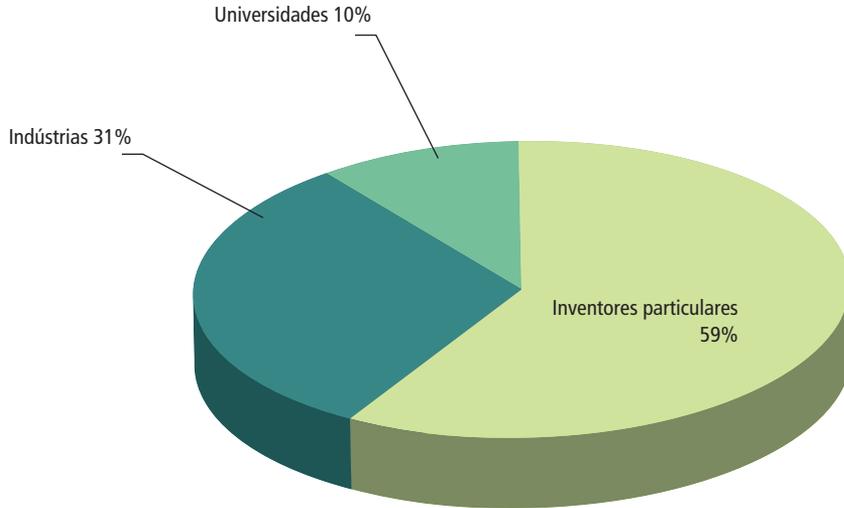
Figura 13. Valor percentual de patentes brasileiras em Biotecnologia Marinha por grupo de organismos marinhos.



Fonte: (INPI, 2010)

Apenas 31% das patentes nacionais estão ligadas às indústrias e 10% foram solicitadas por universidades. No entanto, as solicitações realizadas por inventores particulares (59%) são, muitas vezes, feitas por pesquisadores ligados às universidades e centros de pesquisa (Figura 14).

Figura 14. Distribuição das patentes nacionais em Biotecnologia Marinha pelo tipo de organização detentora.



Fonte: (INPI, 2010)

Sobre a distribuição de patentes por ramo de atividades industriais, podemos observar na Figura 15, 30% estão relacionados a cultivo de algas para obtenção de produtos para geração de energia, 22% estão relacionados à indústria de produtos de beleza (cosmética) e 20% estão ligados à bioprospecção de produtos medicinais com potencial uso na indústria farmacêutica.

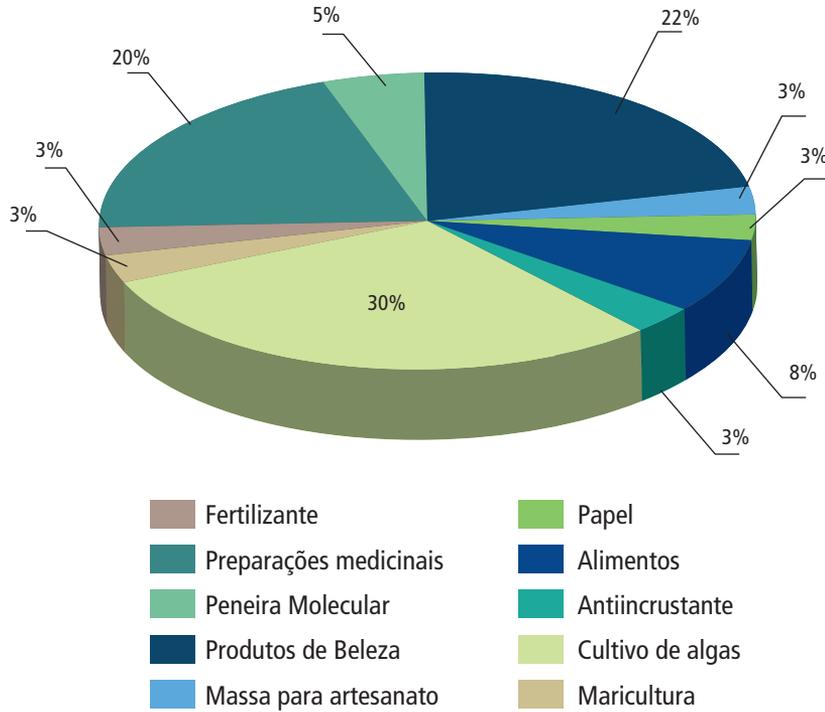
No Brasil, o potencial tecnológico dos produtos isolados de organismos marinhos ainda permanece pequeno, restrito a poucos grupos.

Uma comparação sobre as patentes existentes no mundo e no Brasil revela o reduzido número de patentes brasileiras na área de bioprospecção marinha. Pouco se sabe sobre o potencial tecnológico dos produtos existentes nos organismos marinhos.

No entanto, as vendas mundiais em 2000, relacionadas à Biotecnologia Marinha, tiveram números impressionantes: 100 bilhões de dólares para um produto natural derivado de uma esponja marinha no tratamento do herpes, 50-100 milhões de dólares na venda de agentes anticâncer de organismos marinhos, 1 bilhão de dólares anuais (231 bilhões em 2005) da indústria de cosméticos, estimados 150 milhões de dólares por ano de enzimas obtidas de fontes hidrotermais e 237 milhões no tratamento da herpes (em 2006). Pelo menos 14 companhias biotecnológicas estabeleceram colaboração com institutos de pesquisa localizados na América do Norte e Europa e têm registrado mais de 40 patentes com produtos isolados de organismos marinhos.

Essas estimativas também incluem as principais indústrias farmacêuticas, como a Merck, Lilly, Pfizer, Hoffman-La Roche e Bristol-Myers Squibb, que possuem departamentos de biologia marinha (UNU-IAS 2005).

Figura 15. Distribuição percentual das patentes brasileiras em Biotecnologia Marinha pro ramo de atividade industrial.



Fonte: Fonte: (INPI, 2010)

10 Formação de Recursos  
Humanos em Biotecnologia  
Marinha no Brasil



Um dos principais pilares em qualquer área da Ciência é, sem dúvida, a formação de recursos humanos que possam dar continuidade e alavancar os estudos.

Em 2009, a Comissão interministerial para os recursos do mar (CIRM) recomendou ao Comitê executivo para a consolidação e ampliação dos grupos de pesquisa e pós-graduação em ciência do mar (PPG-MAR) apoio à criação de uma disciplina de Biotecnologia Marinha nos cursos de graduação da área. Essa recomendação pode, no futuro, contribuir para despertar e/ou ampliar o interesse de alunos nessa área.

No sentido de verificarmos a formação atual de recursos humanos em Biotecnologia Marinha, realizamos um levantamento das teses de doutorado e dissertações de mestrado em Biotecnologia Marinha no Brasil.

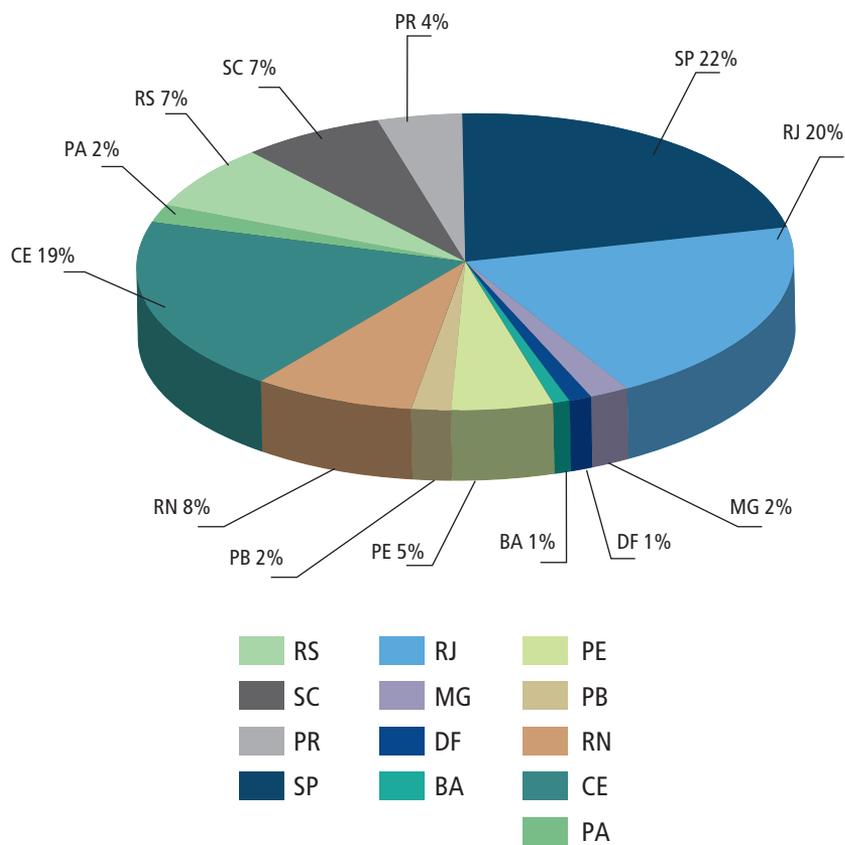
Para a realização desse levantamento das teses e dissertações brasileiras durante o período de 2003-2008 foi utilizado o banco de teses da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – serviços.capes.gov.br/capesdw). Para o ano de 2009, ainda em preparação no banco de dados da Capes, foram utilizadas informações obtidas nos bancos de dados do CNPq (lattes.cnpq.br), no endereço eletrônico Domínio Público (www.dominiopublico.gov.br) e no Google (www.google.com). Dessa forma, é provável que as informações obtidas não estejam completas.

Foram utilizadas várias palavras-chaves para a obtenção de uma amostra com o maior número possível de resultados (produtos marinhos, marinhos, marinhas, produtos naturais marinhos, cultivo de algas, genoma marinho, genética marinha, polissacarídeos marinhos e proteínas marinhas).

Nessa amostragem foram obtidas 223 teses e dissertações realizadas em 26 universidades brasileiras, todas públicas, estaduais ou federais. Esses trabalhos finais foram concluídos em programas de pós-graduação em 13 estados, sendo os mais representativos para formação de recursos humanos, os cursos nos programas dos estados de São Paulo (22%), do Rio de Janeiro (20%) e do Ceará (19%). Os resultados sobre a distribuição das teses de doutorado e dissertações de mestrado por estado da federação são apresentados na Figura 16.

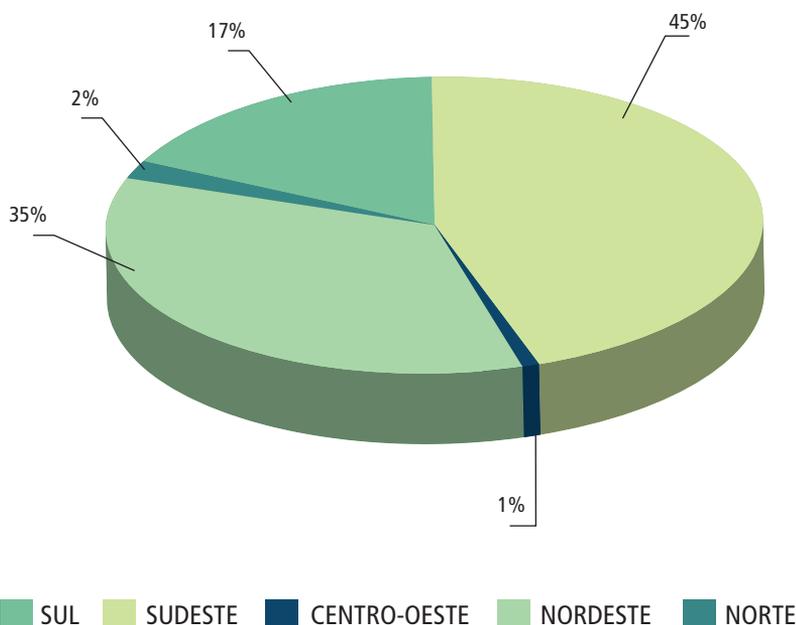
Ao avaliarmos a distribuição dos trabalhos por região geográfica, o Sudeste detém 45% do total, seguido pelo Nordeste com 35%, perfazendo o total de 80% das teses e dissertações defendidas no Brasil na área de Biotecnologia Marinha nas duas regiões. A Figura 17 ilustra os resultados obtidos por região geográfica brasileira.

Figura 16. Distribuição das teses e dissertações em Biotecnologia Marinha por Estado da Federação.



Fonte: (CAPES, 2009)

Figura 17. Distribuição das teses e dissertações em Biotecnologia Marinha por região geográfica.



Fonte: (CAPES, 2009)

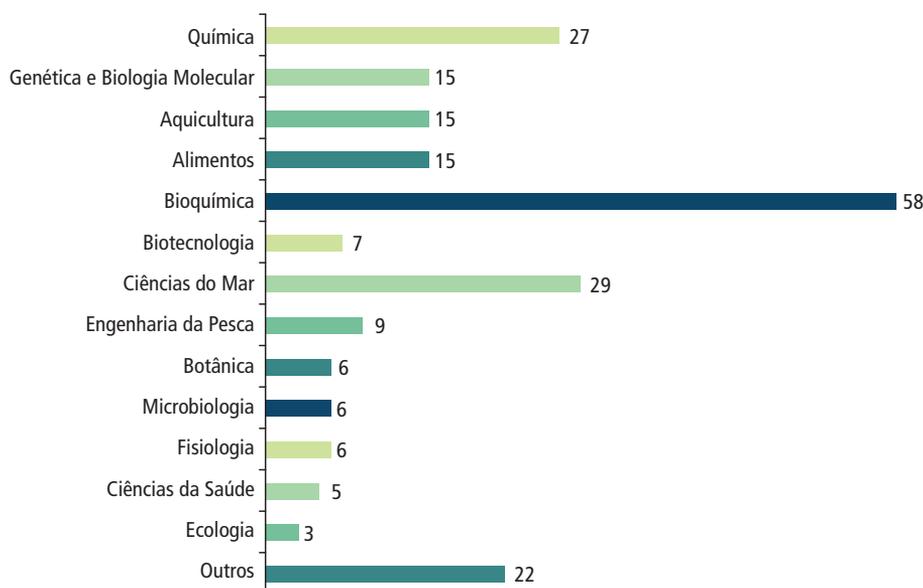
Em seguida, avaliamos as subáreas do conhecimento dos programas de pós-graduação onde as teses e dissertações foram defendidas. A principal área é, sem dúvida, a de bioprospecção de substâncias de origem marinha com potencial tecnológico (Bioquímica, Farmácia, Farmacologia, Química Biológica, Química Orgânica, Química de Produtos Naturais, Toxicologia e Análises Toxicológicas, etc), perfazendo um total de 83 teses e dissertações concluídas no período. A Figura 18 apresenta um histograma com a distribuição das teses e dissertações por área de programa de pós-graduação, evidenciando o número total de trabalhos finais por grupo de áreas afins.

A instituição com mais teses e dissertações em Biotecnologia Marinha é a Universidade Federal do Ceará (40) seguida da Universidade de São Paulo (36), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (25), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (18), da Universidade Federal de Santa Catarina (15), da Universidade Federal Fluminense (15) e da Fundação Universidade de Rio Grande (12). Na Figura 19 apresenta as principais instituições de ensino e pesquisa no Brasil em Biotecnologia Marinha no Brasil e a Figura 20 apresenta a distribuição das teses e dissertações em Biotecnologia Marinha, nas principais instituições de ensino e pesquisa brasileiras.

As instituições, UFC, USP, UFRJ, UFRN, UFSC, UFF e FURG totalizam mais de 70 % das teses e dissertações na área, sendo, portanto as grandes formadoras de recursos humanos, em particular, na área de bioprospecção de substâncias de origem marinha com

potencial tecnológico (Bioquímica, Farmacologia, Química Orgânica, Química de Produtos Naturais, Toxicologia e Análises Toxicológicas).

Figura 18. Distribuição das teses e dissertações por área de programa de pós-graduação, evidenciando o número total de trabalhos finais por grupo de áreas afins.



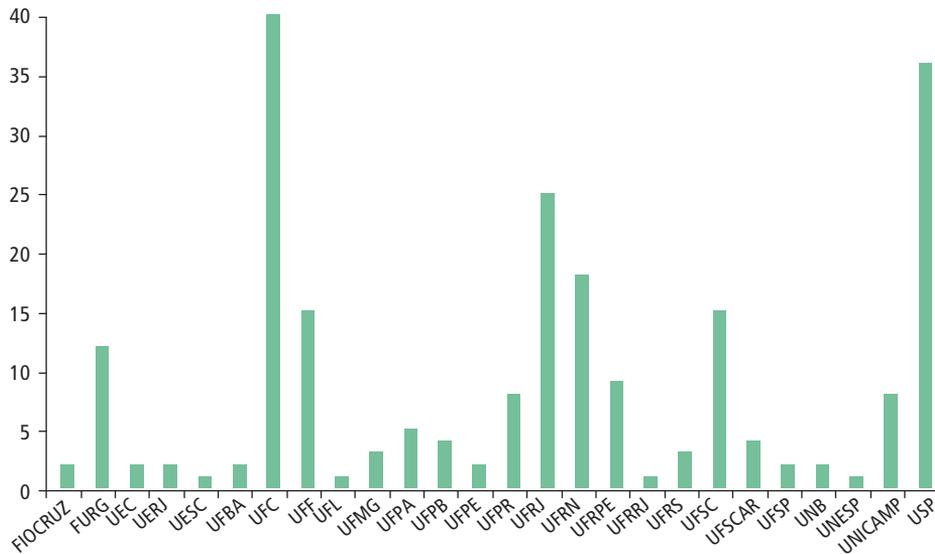
Fonte: (CAPES, 2009)

Os Programas de Pós-Graduação foram reunidos em grupos de áreas afins, segundo a metodologia discriminada abaixo:

1. **QUÍMICA** (Inclui Química, Físico-Química, Química Analítica, Química Orgânica, Química de Produtos Naturais, Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos)
2. **GENÉTICA E BIOLOGIA MOLECULAR** (Inclui Biologia Celular e Molecular, Biologia Molecular, Genética, Genética e Biologia Molecular, e Genética e Evolução).
3. **AQUICULTURA** (Inclui Aquicultura e Recursos Pesqueiros e Aquicultura)
4. **ALIMENTOS** (Inclui Engenharia e Ciência de Alimentos, Ciência dos Alimentos, Engenharia de Alimentos e Ciência e Tecnologia de Alimentos)
5. **BIOQUÍMICA** (Inclui Bioquímica, Bioquímica e Fisiologia, Farmácia, Farmacologia, Ciências Farmacêuticas, Química Biológica, Toxicologia e Análises Toxicológicas).
6. **BIOTECNOLOGIA** (Inclui Biotecnologia e Biotecnologia Vegetal)
7. **CIÊNCIAS DO MAR** (Inclui Biologia Ambiental, Biologia Aquática, Biologia Marinha, Ciências Marinhas Tropicais, Oceanografia e Oceanografia Biológica)
8. **ENGENHARIA DA PESCA**

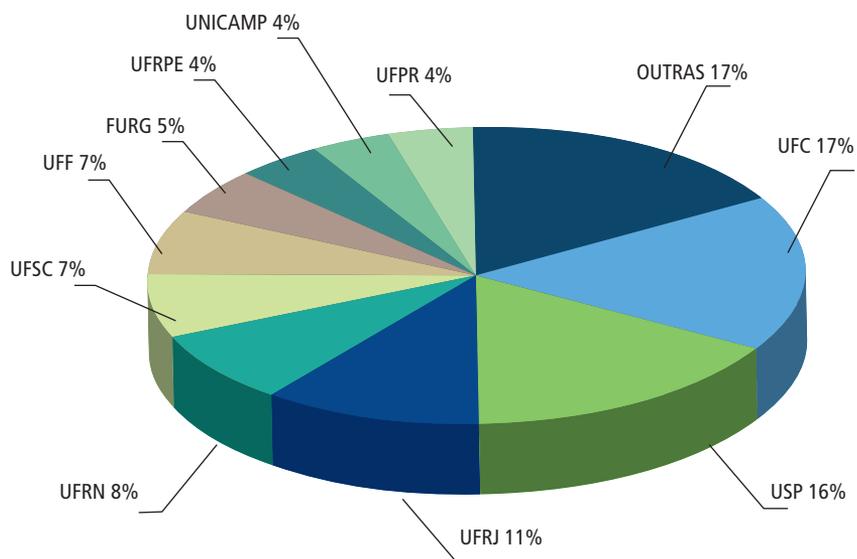
- 9. **BOTÂNICA** (Inclui Botânica e Fitopatologia)
- 10. **MICROBIOLOGIA**
- 11. **FISIOLOGIA** (Inclui Ciências Fisiológicas, Fisiologia e Fisiologia Geral)
- 12. **CIÊNCIAS DA SAÚDE** (Inclui Ciências da Saúde, Neuroimunobiologia, Fisiopatologia Clínica Experimental e Patologia Buco-dental)
- 13. **ECOLOGIA** (Inclui Ecologia e Desenvolvimento e Meio Ambiente)
- 14. **OUTROS** (Inclui Biociências Nucleares, Zootecnia e Ciências Morfológicas)

Figura 19. Principais instituições de ensino e pesquisa no Brasil em Biotecnologia Marinha no Brasil.

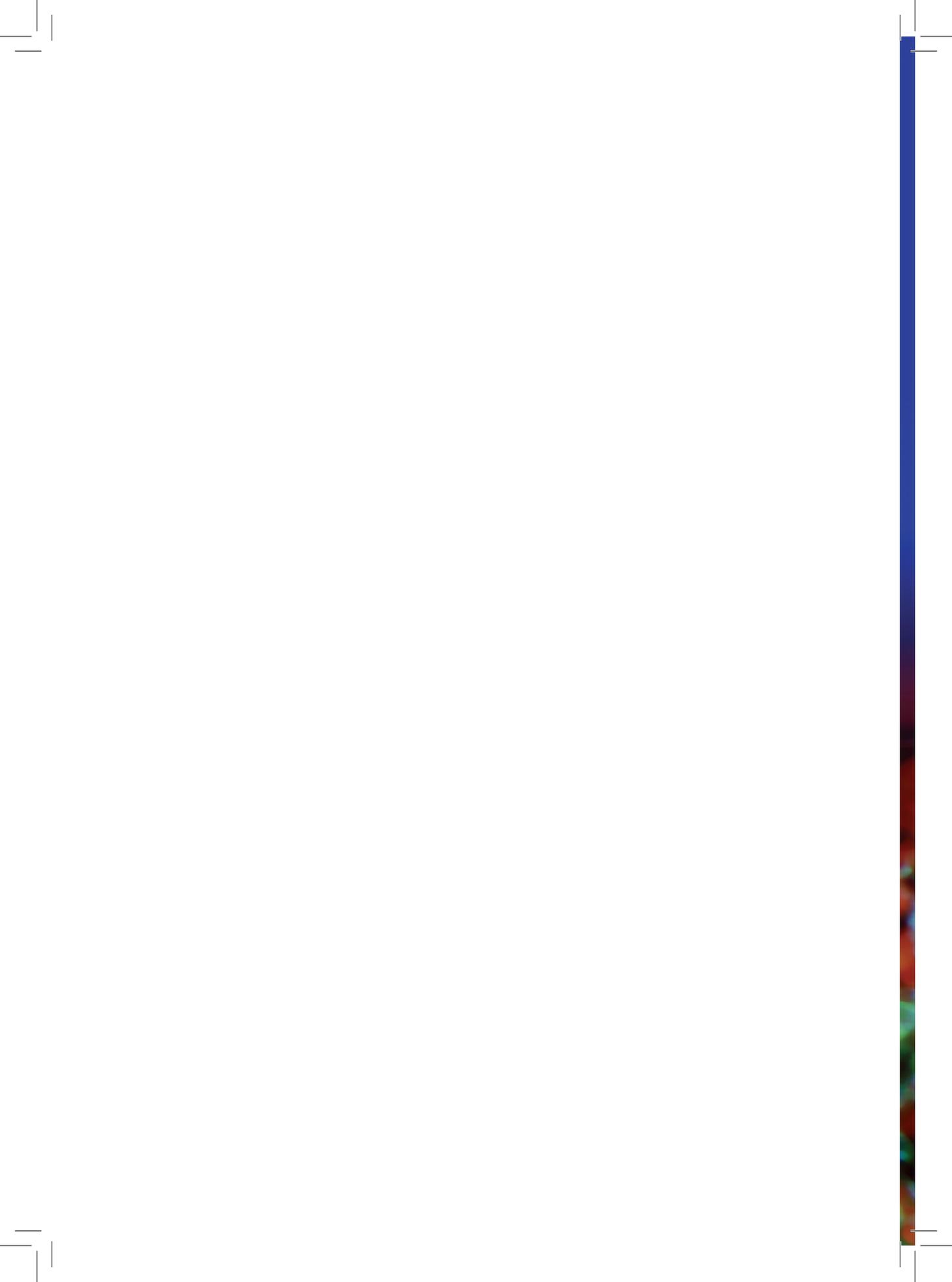


Fonte: (CAPES, 2009)

Figura 20. Distribuição das teses e dissertações em Biotecnologia Marinha nas principais instituições de ensino e pesquisa brasileiras.



Fonte: (CAPES, 2009)



11 Redes de pesquisa  
na área



### **RedeAlgas (<http://www.rgaiaweb.com/links.htm>)**

A RedeAlgas (Rede Nacional em Biotecnologia de Macroalgas Marinhas) é uma rede de pesquisa cuja criação e primeira gestão (2005-2009) foi coordenada pela Dra. Yocie Yoneshigue-Valentin (UFRJ) e constitui uma plataforma importante para a elaboração de políticas públicas, programas e demais ações de fomento em ciência e tecnologia. Foi criada como resultado de uma Oficina de Trabalho intitulada “Potencial Biotecnológico das Macroalgas Marinhas”, realizada no período de 3 a 5 de maio de 2005, em Angra dos Reis (RJ), reunindo cerca de 50 pesquisadores e empresários com apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Durante esse encontro, a comunidade científica, órgãos governamentais e empresas envolvidas na produção e aproveitamento das macroalgas elaboraram um mapeamento das competências multidisciplinares existentes em diferentes áreas de pesquisa científica e tecnológica em macroalgas marinhas, definindo estratégias para a implementação da RedeAlgas.

Com o intuito de avaliar as ações realizadas e discutir estratégias para alavancar novas chamadas, os colaboradores da RedeAlgas, na presidência atual da doutora Nair Sumie Yokoya (Instituto de Botânica de São Paulo) voltaram a se reunir nos dias 27 e 28 de julho de 2009, durante o “II Workshop em Novos Bioativos de Macroalgas: manejo e cultivo, conservação, Biotecnologia e técnicas de bioatividade”, realizado no Hotel Ilha Flat, Ilha-bela, SP.

A RedeAlgas contém um grande número de pesquisadores-colaboradores de vários departamentos de instituições como a UCE (Ceará), UFPB (Paraíba), UFRN (Rio Grande do Norte), UFPE e UFRPE (Pernambuco), UFBA e UEFS (Bahia), UFES (Espírito Santo), UFRJ, UFRRJ, UNIRIO, UERJ, UFF e JBRJ (Rio de Janeiro), USP, IBT-SP, Unesp (São Paulo), UFPR (Paraná), UFSC e Univali (Santa Catarina), UFRGS, UFPel e FURG (Rio Grande do Sul) e outras, distribuídos nas seguintes áreas temáticas:

1. Mapeamento da diversidade de macroalgas.
2. Ecologia, manejo e conservação.
3. Fisiologia.
4. Maricultura e uso sustentável.
5. Isolamento e identificação de moléculas.
6. Caracterização de moléculas bioativas.
7. Desenvolvimento de produtos.
8. Proteção da propriedade intelectual.
9. Produção de insumos de aplicação industrial.

### **Renorbio ([www.renorbio.org.br](http://www.renorbio.org.br))**

A Renorbio (Rede Nordeste de Biotecnologia) tem sido discutida desde 1998, mas teve o protocolo de colaboração celebrado apenas em 2003, quando foi definida uma proposta conceitual e recebeu recursos do MCT para financiamento dos projetos de pesquisa (Edital BNB/Fundeci/Renorbio/2004). Nenhum projeto na área marinha foi aprovado nesse edital. Em 2004 foi formalmente criada a rede de colaboração, definindo sua estrutura e seus objetivos.

A Renorbio tem como finalidade acelerar o processo de desenvolvimento da região Nordeste, integrando esforços de formação de recursos humanos ao desenvolvimento científico e tecnológico: para produzir impacto socioeconômico e permitir a melhoria da qualidade de vida de sua população com a participação efetiva de instituições onde a Biotecnologia tem liderança; melhorar o desempenho da C&T do NE com a realização de atividades que promovam a transformação do sistema de C&T em um sistema eficiente para inovação, através de atividades que estimulem níveis mais apropriados de investimento em P&D&I e a utilização mais profícua de recursos humanos e físicos pelo setor privado por meio do estabelecimento de uma rede, que articule diversos setores da sociedade; ampliar a massa crítica de pesquisadores, provocando um efeito multiplicador na geração de emprego para profissionais altamente qualificados e aumento da qualidade e relevância da produção científica e tecnológica em áreas relacionadas à Biotecnologia, bem como de sua transferência para a sociedade, com vistas à inovação e ao interesse social e econômico da região.

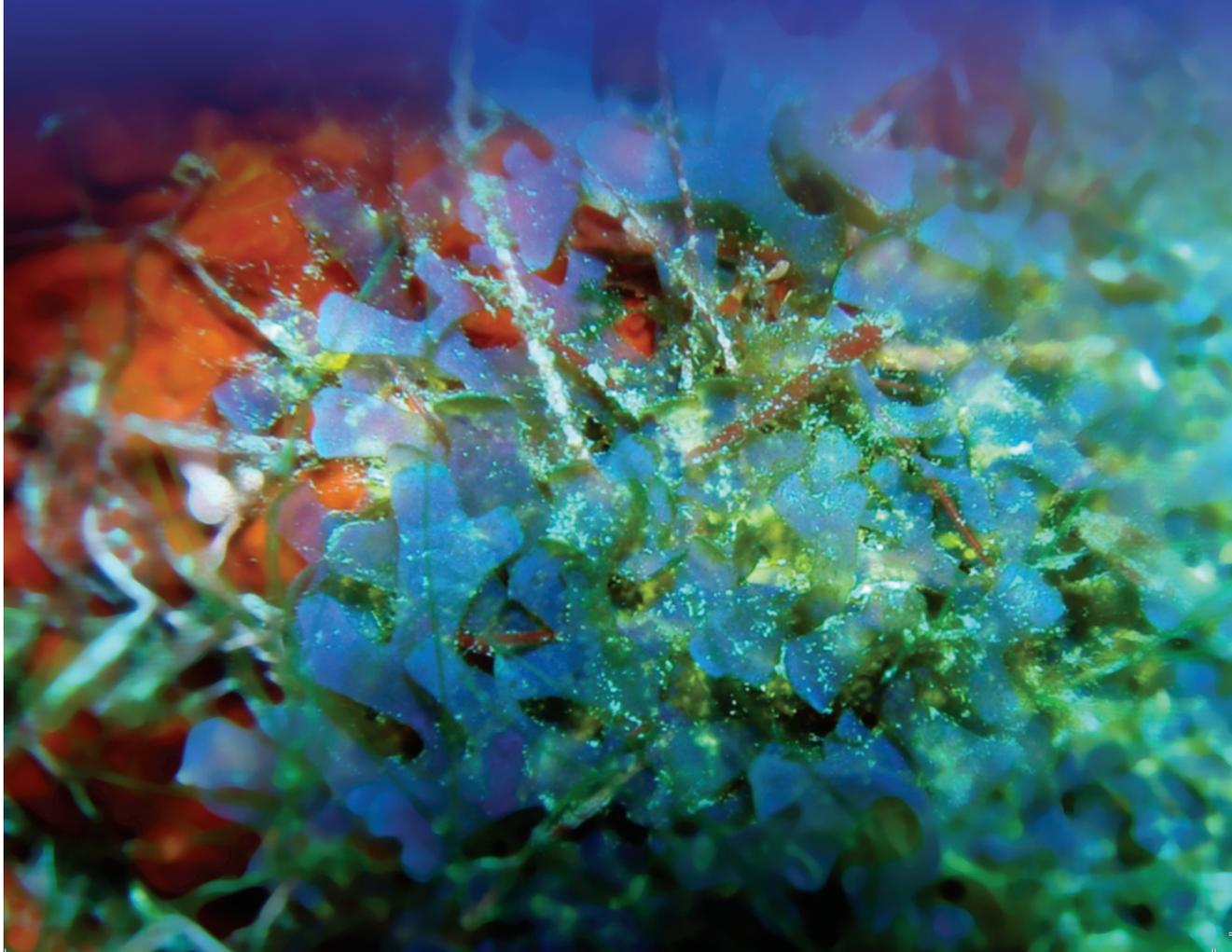
Sua proposta científica com foco nos grupos de pesquisa do Nordeste é estabelecer e estimular a massa crítica de profissionais na Região, com competência em Biotecnologia e áreas afins, para executar projetos de P&D&I de importância para o desenvolvimento da região. Tem no Núcleo de Pós-Graduação (NPG) e na constituição de plataformas para a execução de projetos de P&D&I, em rede, seus principais pilares. O NPG tem caráter multi-institucional e tem como objetivos: formar pessoal qualificado para o exercício da pesquisa e do magistério superior no campo da Biotecnologia; incentivar a pesquisa na área da Biotecnologia, sob perspectiva multi e interdisciplinar; produzir, difundir e aplicar conhecimento da Biotecnologia na realidade econômica e cultural da Região Nordeste.

Em longo prazo, espera-se que o Núcleo de Pós-Graduação (NPG), na medida em que possibilita a interação de instituições de ensino e pesquisa, nacionais e internacionais, e o aproveitamento da massa crítica existente na região Nordeste, contribua para o processo de consolidação da Rede Nordeste de Biotecnologia e para o efetivo e sistemático desenvolvimento da Biotecnologia no País. Integram a iniciativa do NPG do Renorbio, 33 instituições de ensino e pesquisa em todos os estados do Nordeste e Espírito Santo (UFES).

Outras redes importantes que prestigiam setores da Biotecnologia Marinha é a Recombio (Rede Cooperativa de Pesquisa em Combustão e Emissões de Biodiesel e Combustíveis Alternativos), que reúne as instituições UFBA, UEFS, UESB, UESC, UFPE, UFPB, UFS, UFRJ, Unifei, Universidade Salvador e Cefet-BA ([www.cienam.ufba.br/recombio](http://www.cienam.ufba.br/recombio)).

html), a Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel ([www.biodiesel.gov.br](http://www.biodiesel.gov.br)), onde estão presentes grupos que pretendem ou já estão atuando na área de biodiesel a partir de algas marinhas (micro e macroalgas).

12 Empresas envolvidas  
com Biotecnologia  
Marinha



As empresas incluídas nessa análise são aquelas que atuam na área marinha utilizando produtos de origem marinha, biotecnologias aplicadas a aquicultura, etc. Procuramos através de várias fontes na rede internacional de informação sobre o maior número de empresas atuantes no Brasil relacionadas à Biotecnologia Marinha. Muitas delas não são apresentadas como empresas com atuação em Biotecnologia Marinha, mas optamos por incluí-las para que o maior número de informações fizesse parte desse estudo.

Não é de surpreender que as algas marinhas alcancem uma grande importância econômica, uma vez que podem ser largamente utilizadas como alimentos humanos e rações animais, fertilizantes, na indústria de alimentos, de cosméticas e farmacêuticas. Procuramos, sempre que possível, incluir as principais empresas nacionais desses importantes setores da economia, pois são os segmentos que poderão gerar novos produtos biotecnológicos, estimular e expandir a pesquisa em Biotecnologia Marinha e absorver a mão de obra especializada, estimulando esse importante segmento na indústria brasileira.

A Tabela 9 apresenta as empresas selecionadas que atuam no campo da Biotecnologia Marinha ou em áreas correlatas. Em comparação com outros países, são muito poucas as empresas que atuam nesse mercado que, sem dúvida, deverá ser um dos mais importantes para as próximas décadas. As indústrias cosméticas, no entanto, são em grande número, e utilizam algas e seus extratos na composição de cremes, loções, xampus, sabonetes, filtros solares, etc. É sem dúvida, um grande mercado para a Biotecnologia Marinha. O endereço eletrônico [www.cosmeticosbr.com.br](http://www.cosmeticosbr.com.br) reúne informações importantes sobre esse segmento industrial, em franco crescimento no Brasil.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC), o crescimento médio do setor nos últimos 14 anos foi de 10,5%, tendo passado de um faturamento de R\$ 4,9 bilhões em 1996 para R\$ 24,9 milhões em 2009. Em relação ao mercado mundial de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, conforme dados do Euromonitor de 2009, o Brasil ocupa a terceira posição. É o primeiro mercado em desodorantes, segundo mercado em produtos infantis, produtos masculinos, higiene oral, proteção solar, perfumaria e banho, terceiro em produtos para cabelos e cosméticos cores, sexto em pele e oitavo em depilatórios. A Tabela 9 apresenta a posição do setor no Brasil em relação ao mercado mundial.

As potencialidades de aplicação da Biotecnologia no campo da saúde são muitas e têm atraído a atenção e o interesse de cientistas, indústrias, investidores privados e gestores de políticas públicas em todos os países (REIS et al, 2009).

A cadeia farmacêutica transforma, em um primeiro passo, intermediários químicos e extratos vegetais em princípios ativos, denominados farmoquímicos, os quais, em seguida, são convertidos em medicamentos finais para o tratamento e prevenção de doenças no ser humano. Também é possível a obtenção de medicamentos pela rota biotecnológica, alternativa que ganha destaque no mercado farmacêutico mundial e, aos poucos, substitui o método já consolidado de desenvolvimento de novos processos de síntese química de farmoquímicos (CAPANEMA, 2006).

Segundo Blunt e colaboradores (2010), se contarmos apenas a bioprospecção de micromoléculas (produtos naturais) marinhas, 1.065 novos produtos foram descobertos no mundo apenas em 2008, publicados em 371 artigos, equivalendo a um aumento de 11% em relação ao ano de 2007 apenas para essa subárea. O Brasil contribuiu com 10 artigos científicos na revisão de Blunt (2010), com produtos obtidos por grupos da USP – São Carlos (SP), da UFF (RJ) e da UERJ (RJ).

Tabela 9. Posição do setor de Higiene Pessoal, perfumaria e cosméticos no Brasil em relação ao mercado mundial.

HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS		2009 US\$ BILHÕES (PREÇO AO CONSUMIDOR)	% PERCENTUAL	
			CRESCIMENTO	PARTICIPAÇÃO
Mundo		350,3	-2,1	
1	Estados Unidos	58,9	-1,3	16,8
2	Japão	39,9	6,6	11,4
3	Brasil	28,4	3,2	8,1
4	China	20,8	10,4	5,9
5	Alemanha	17,4	-4,2	5,0
6	França	16,3	-6,8	4,7
7	Reino Unido	15,0	-13,2	4,3
8	Itália	12,5	-5,4	3,6
9	Espanha	10,7	-17,7	3,1
10	Rússia	10,4	-9,2	3,0
Total dos 10 países		230,37	-1,6	653,8

Fonte: (EUROMONITOR, 2009)

No entanto, no Brasil, as perspectivas de desenvolvimento de Biotecnologias para a indústria farmacêutica ainda são pequenas. No campo da Biotecnologia Marinha, o Brasil começa a apresentar bons resultados nas universidades e centros de pesquisa, em particular, e ainda na descoberta de compostos-candidatos e posterior fase de desenvolvimento pré-clínico.

A indústria farmacêutica brasileira apresenta traços particulares. A estrutura é típica de oligopólio diferenciado, com presença de um bom número de empresas, mas a maior parte do mercado está nas mãos de um pequeno grupo, que são subsidiárias das multinacionais formadoras do grupo das grandes indústrias farmacêuticas mundiais ou *big pharmas* (Bastos 2005).

Não há ainda droga brasileira no mercado oriunda de organismo marinho. No entanto, a existência de grupos que vão se consolidando na bioprospecção da diversidade marinha começam a revelar o nosso potencial na área. A revista Fortune de julho de 2009

apresenta as 12 indústrias farmacêuticas mais importantes do mundo (Tabela 10). Podemos constatar a presença de várias que atuam em Biotecnologia Marinha, como a Abbott, Bristol Myers, etc.

Tabela 10. As principais indústrias farmacêuticas do mundo, país de origem, receita total em 2008, lucro líquido em 2008 e número de empregados.

COMPANHIA	PAÍS	RECEITA TOTAL (EM MILHÕES DE DÓLARES)	LUCRO LÍQUIDO/ (PREJUÍZO) (EM MILHÕES DE DÓLARES)	EMPREGADOS
Johnson & Johnson	Estados Unidos	63.747.0	12.949.0	118700
Pfizer	Estados Unidos	48.296.0	8.104.0	81800
GlaxoSmithKline	Reino Unido	44.654.0	8.438.6	99003
Roche	Suíça	44.267.5	8.288.1	80080
Sanofi-Aventis	França	42.179.0	5.636.7	98213
Novartis	Suíça	41.459.0	8.195.0	96717
AstraZeneca	Reino Unido	31.601.0	6.101.0	65000
Abbott Laboratories	Estados Unidos	29.527.6	4.880.7	68838
Merck	Estados Unidos	23.850.3	7.808.4	55200
Wyeth	Estados Unidos	22.833.9	4.417.8	47426
Bristol-Myers Squibb	Estados Unidos	21.366.0	5.247.0	35000
Eli Lilly	Estados Unidos	20.378.0	(2.071.9)	40500

Fonte: (EUROMONITOR, 2009)

No Brasil, muitas empresas utilizam produtos de origem marinha, como o agar e caragenanas produzidos por algas marinhas. A Tabela 11 lista as empresas brasileiras com atuação no uso de produtos marinhos, mesmo que, no momento, não utilizem técnicas biotecnológicas. Muitas empresas usam extratos, frações ou produtos obtidos em outras empresas, como no caso dos extratos de algas marinhas produzidos pela Assessa e outras empresas, para uso em cosméticos. Essa lista de empresas serve para mostrar de modo inequívoco o valor do conhecimento gerado na área, possíveis parcerias com a academia e o mercado para absorção de recursos humanos em formação na área.

Tabela 11. Empresas com atuação no uso de produtos marinhos no Brasil.

NOME DA EMPRESA	ÁREA DE ATUAÇÃO
ADCOS COSMÉTICA DE TRATAMENTO www.adcos.com.br	Uma pesquisa desenvolvida pela ADCOS – Cosmética de Tratamento comprova que ativos derivados de uma alga marinha são capazes de estimular células-tronco adultas a atuar no rejuvenescimento cutâneo
AGAR BRASILEIRO INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA (AGARGEL) www.agargel.com.br	Produção de agar-agar, carragenanas, algas marinhas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas, mesmo em pó e extratos de algas marinhas. Exporta algas marinhas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas, mesmo em pó, além de agar-agar e carragenana.
AGROFLAY – AGROPECUÁRIA www.guiapresidenteprudente.com.br/empresas/agroflay-agropecuaria/	Comércio varejista de medicamentos veterinários e agropecuários, bovinos e aves, derivados de algas marinhas, nutrição animal, defensivos agrícolas e fosfato natural e medicamentos veterinários.
ALGAS NORDESTINAS E COMÉRCIO LTDA www.algasnordestinas.com	Exportação de algas marinhas para indústrias de cosméticos ou de produtos alimentares e extrato de algas (gel)
ALGATEC www.incubadora.uff.br	Empresa de base biotecnológica, voltada para a área de produção de bioenergia a partir das microalgas marinhas ou não. Buscam atender empresas que utilizam microalgas marinhas ou não para síntese de fármacos, ração animal e suplementos alimentares, com posterior expansão para empresas que venham a produzir biocombustível de microalgas.
ANTÍDOTO COSMÉTICOS www.antidotocosmeticos.com.br	Produz uma linha de cosméticos com extrato de algas marinhas azuis
ANY ANY www.anyany.com.br	Tradicional marca de lingerie com quatro produtos hidratantes para o corpo com extratos de algas marinhas.
AQUALÍDER www.aqualider.com.br	Iniciou suas operações em 1998 produzindo e comercializando náuplios e pós-larvas de camarão marinho da espécie <i>Litopenaeus vannamei</i> para todo o Brasil.
AQUATEC LTDA. www.aquatec.com.br	Laboratório de produção de pós-larvas do camarão marinho <i>L. vannamei</i> .
ASSESSA – INDÚSTRIA COMÉRCIO E EXPORTAÇÃO LTDA. www.assessa.com.br	A empresa desenvolve produtos a base de algas marinhas lavadas, tratadas, secas e moídas para uso em fórmulas onde a presença de fragmentos visíveis de algas traz um diferencial de eficácia e apelo natural, extratos de algas marinhas desidratadas sobre suportes inertes para o uso em fórmulas de produtos em pó ou emulsões onde as atividades de hidratação e proteção. Algas selecionadas para a produção de biopolímeros polieletrólitos de alta atividade cosmética, tais como derivados de ácidos urônicos, polímeros contendo fucose e poligalactosídeos altamente sulfatados e polissacarídeos marinhos sulfatados como vetores sinérgicos para outros bioativos cosméticos.
ATELIÊ ARTES DE MARIA www.artesdemaria.com.br	Produtos de beleza a base de algas marinhas

(Continua)

NOME DA EMPRESA	ÁREA DE ATUAÇÃO
(Continuação)	
BEL COL COSMÉTICOS <a href="http://www.belcol.com.br">www.belcol.com.br</a>	Especializada no desenvolvimento de produtos baseados em Biotecnologia e engenharia genética. O Neo Super TR, um gel-creme facial hidratante, foi desenvolvido a partir de ativos de última geração que prometem trabalhar nas células troncos da pele. É composto por quatro ativos diferenciados para promover a regeneração epidérmica, sendo um deles, o Phycojuvenine®, produzido com extrato concentrado da alga Laminaria digitata, auxiliar no estímulo das células-tronco epidérmicas.
BIO CLEAN DO BRASIL (tratamento biológico de efluentes) <a href="http://www.biocleandobrasil.uol.com.br">www.biocleandobrasil.uol.com.br</a>	Empresa escandinava líder em recuperação e formulações microbiológicas, que atua no mercado brasileiro, desde 1995. Associada ao grupo Alron, são especializados no desenvolvimento de produtos e sistemas no campo biotécnico, cuja fonte é a própria natureza.
BIOCLEAR COSMÉTICOS <a href="http://www.depilbella.com.br">www.depilbella.com.br</a>	A Bioclean acaba de complementar a sua linha de produtos voltada ao mercado profissional de depilação, a Depil Bella, um a base de extratos de algas marinhas.
BIOEXTRATUS COSMÉTICOS NATURAIS <a href="http://www.bioextratus.com.br">www.bioextratus.com.br</a>	Linha de cosméticos a base de algas marinhas.
BIOLÓGICA <a href="http://www.biologicalab.com.br">www.biologicalab.com.br</a>	Atua no controle e monitoramento ambiental, através da prestação de serviços laboratoriais, executando análises biológicas (microbiologia e ecotoxicidade) e físico-químicas, bem como serviços de apoio técnico-científico através de seus certificados, relatórios e pareceres técnicos.
BIOPETRO <a href="http://www.biopetrobrasil.com.br">www.biopetrobrasil.com.br</a>	A BIOPETRO é uma empresa subsidiária da Bio Clean Energy S/A, líder em tecnologia na produção de combustíveis ecologicamente corretos. A empresa Biopetro Brasil investiu mais de R\$ 6 milhões em um projeto inédito para a produção de biodiesel a partir de algas em Araraquara.
BIOWARE <a href="http://www.bioware.com.br">www.bioware.com.br</a>	Atua na área de termoconversão de biomassa vegetal, combustão, gaseificação e pirólise – tecnologias que permitem a produção de biocombustíveis, bioenergia e matérias primas renováveis.
BMA AMBIENTAL LTDA (BIOTECMA – BIOTECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE LTDA). <a href="http://www.biotecma.com.br/">http://www.biotecma.com.br/</a>	A BIOTECMA iniciou suas atividades em 1999, e em 2006 foi adquirida pelo grupo BMA AMBIENTAL, mantendo o nome fantasia BIOTECMA. Empresa que possui uma equipe técnica de engenheiros, biólogos, químicos, técnicos em meio ambiente, capazes de fornecer todo o suporte necessário ao desenvolvimento de projetos e serviços na área ambiental nas mais variadas situações
BRASIL GLOBAL COSMÉTICOS LTDA (A Empresa foi adquirida pela Hypermarchas AS) <a href="http://www.hypermarchas.com.br">www.hypermarchas.com.br</a>	A Brasil Global Cosméticos (NY Looks), empresa brasileira líder no mercado de géis capilares: o Gel Modelador Beach Look e o Gel Modelador Natural Look. Elaborado com micro algas azuis que, de acordo com a empresa, tratam e hidratam os fios, reduzindo o volume. O produto contém filtro solar, não contém álcool, não resseca os cabelos nem deixa resíduo.
CAMANOR PRODUTOS MARINHOS LTDA. <a href="http://www.camamor.com.br">www.camamor.com.br</a>	Em 1987, carente do fornecimento de pós-larvas, a produção de camarão do Rio Grande do Norte foi beneficiada com a fundação da Aquatec, através de uma sociedade entre a Camanor e a bióloga Ana Carolina Guerrelhas. Esse foi o Primeiro laboratório comercial de pós-larvas de camarão marinho fundado no Brasil.
(Continua)	

NOME DA EMPRESA	ÁREA DE ATUAÇÃO
(Continuação)	
CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUEZ DE MELO (CENPES) <a href="http://www2.petrobras.com.br/portal/tecnologia.htm">www2.petrobras.com.br/portal/tecnologia.htm</a>	Nesse pólo de conhecimento, a pesquisa é voltada para as mais diversas áreas que se relacionam com o petróleo (exploração e refino), meio ambiente, desenvolvimento sustentável, dentre outras. Produção de etanol a partir do cultivo de algas marinhas (PETROBRÁS BIOCOMBUSTÍVEL).
CICLO ALIMENTAR <a href="http://www.cicloalimentar.com.br">www.cicloalimentar.com.br</a>	Empresa especializada em Alimentos Naturais. Fabricante da Linha NutriShake e NutriAlgas a base de algas marinhas.
COCOMAR COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL <a href="http://www.cocomar.com.br">www.cocomar.com.br</a>	O maior complexo industrial do cooperativismo brasileiro. Detém várias patentes de tecnologia com extratos de algas.
COLEÇÃO DE CULTURAS TROPICAL – CCT – FUNDAÇÃO ANDRÉ TOSELLO PESQUISA E TECNOLOGIA – <a href="http://www.fat.org.br">www.fat.org.br</a>	O acervo é composto por cerca de 7500 linhagens entre bactérias, fungos filamentosos e leveduras. Tornou-se uma coleção especializada em microrganismos não patogênicos ao homem, de interesses científicos, industriais e ambientais. Microrganismos isolados de ambientes brasileiros provenientes de pesquisas; microrganismos de processos industriais; contaminantes e com potencial biotecnológico. Atende a demanda de análises e interesses dos setores industriais e acadêmicos em temas de microbiologia industrial, controle de qualidade e microbiologia ambiental, de cunho não clínico.
CRESCENEW INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS <a href="http://crescenenew.com.br">http://crescenenew.com.br</a>	Produtos de beleza a base de algas e ostras (queratina) marinhas.
CRISTÁLIA PRODUTOS QUÍMICOS FARMACÊUTICOS LTDA. <a href="http://www.cristalia.com.br">www.cristalia.com.br</a>	O Núcleo de Pesquisa Desenvolvimento e Inovação (PD&I) da Cristália é responsável pelo desenvolvimento de diversas moléculas, entre princípios ativos, intermediários e impurezas.
COSMOTEC ESPECIALIDADES QUÍMICAS LTDA. <a href="http://www.cosmotec.com.br">www.cosmotec.com.br</a>	Ingredientes para Indústria Cosmética e Household. Apresenta produtos com extratos de algas marinhas.
DE MILLUS D <a href="http://www.demillus.com.br">www.demillus.com.br</a>	Gel de Banho esfoliante Algas Marinhas, com pequenas esferas azuis, associadas ao extrato de algas marinhas.
DEPIL BELLA	Produção de ceras depilatórias com algas marinhas
DEPILART	Produção de ceras depilatórias com algas marinhas.
DERMATUS COSMÉTICA MÉDICA <a href="http://www.dermatus.com.br">www.dermatus.com.br</a>	Produtos de beleza a base de algas marinhas (ex.: hidratante a base de extrato de algas marinhas azuis, que agem contra o envelhecimento) e da alga vermelha calcárea <i>Corallina officinalis</i> , alga biocerâmica que possui ação termoreguladora (fotoprotetor tonalizante).
DOCAS PARTICIPACOES S/A <a href="http://riodejaneiro.entrei.net/empresa/docas-participacoes-sa/1179825.html">http://riodejaneiro.entrei.net/empresa/docas-participacoes-sa/1179825.html</a>	Pode ser apenas cultivo de algas marinhas. Não há informações detalhadas.
DROGADERMA FARMÁCIA DE MANIPULAÇÃO <a href="http://www.drogaderma.com.br">www.drogaderma.com.br</a>	Produtos de beleza a base de extrato glicólico de algas marinhas (Linha Attivi)
EMBELLEZE <a href="http://embelleze.com">http://embelleze.com</a>	Produtos de beleza da linha Vivacci. São loções, óleos, sabonetes, talco e gel que trazem os benefícios das algas marinhas, do mel e das amêndoas doces.
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa) <a href="http://www.embrapa.br">www.embrapa.br</a> <a href="http://www.cenargen.embrapa.br">www.cenargen.embrapa.br</a>	Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 – clonagem e caracterização do primeiro gene da via de síntese na microalga marinha <i>Thalassiosira fluviatilis</i> .
(Continua)	

NOME DA EMPRESA	ÁREA DE ATUAÇÃO
(Continuação)	
EXTRACTA MOLÉCULAS NATURAIS S.A. www.extracta.com.br	Prospecção de biomoléculas. Extensa coleção de extratos isolados da rica biodiversidade vegetal brasileira. O Banco, com mais de 40.000 amostras representativas de quase 5.000 espécies vegetais brasileiras, está em fase de expansão para outros biomas e para abranger amostras extraídas de animais, micro-organismos e organismos marinhos.
FARMÁCIA BOTÂNICA TUPÃ www.farmaciatupa.com.br	Produz e comercializa produtos a base de algas marinhas.
LABORATÓRIO FARMAERVAS LTDA www.farmaervas.com.br	Creme para celulite a base de um complexo de extratos marinhos (Linha Tracta).
FAZENDA MARINHA ARRAIAL DO CABO Praça Daniel Melo Barro 10, Arraial Do Cabo 28930-000, RJ <a href="http://www.hotfrog.com.br/Empresas/Fazenda-Marinha-Arraial-Do-Cabo">http://www.hotfrog.com.br/Empresas/Fazenda-Marinha-Arraial-Do-Cabo</a>	Criação e comercialização de moluscos marinhos.
FAZENDA MARINHA ATLÂNTICO SUL www.fazendamarinha.com.br	A Fazenda Marinha Atlântico Sul possui um corpo técnico formado por agrônomos, biólogos, oceanógrafo e administrador. Sua experiência vai desde a produção de larvas em laboratório até a comercialização de moluscos marinhos. Além disso, está gabaritada para projetar e executar pesquisas de prospecção e avaliação de ambientes para malacocultura, de desenvolvimento de tecnologia e de inovação tecnológica
FAZENDA NOSSA SENHORA DE FÁTIMA Unidade de produção de camarão marinho em cativeiro www.fazendamarinha.site50.net	Conta com uma unidade de Produção de engorda de camarão marinho A empresa mantém acordo de Cooperação Técnico-Científico com o Ibama-CEPNOR, para o desenvolvimento de ações e pesquisas bio-ecológicas e tecnológicas de recursos de aquicultura de importância econômica para a região Norte do Brasil.
FIRENZE COSMÉTICOS www.firenzecosmeticos.com.br	Produtos de beleza com algas marinhas (cremes anti-envelhecimento, gel hidratante, etc.)
FLOEMA COSMÉTICOS LTDA www.floemacosmeticos.com.br	Pó descolorante ultra-rápido com extrato de algas marinhas. Os produtos da linha GUANISOL possuem fórmula com queratina e extrato de algas marinhas.
FUNDAÇÃO NÚCLEO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL DO CEARÁ (NUTEC) www.nutec.ce.gov.br	Pioneiro nas pesquisas de produção de biodiesel com vísceras de tilápia.
GENERARCH AQUICULTURA LTDA (empresa coligada da AQUATEC LTDA. www.genearch.com.br	Criada em 2006, com a missão de produzir linhas melhoradas geneticamente e livres de doenças para a aquicultura, e assim se tentar contribuir para reduzir a problemática da doença na carcinicultura marinha brasileira, acentuada pela eclosão da NIM/IMNV em 2003.
GRANADO PHARMÁCIAS www.granado.com.br	Produtos de beleza a base de algas marinhas
HARTY COSMÉTICOS www.ecologie.com.br	Produtos de beleza masculinos a base de algas marinhas.
(Continua)	

NOME DA EMPRESA	ÁREA DE ATUAÇÃO
(Continuação)	
HINODE COSMÉTICOS <a href="http://www.hinode.com.br">www.hinode.com.br</a>	Produz o iLEG, um óleo em gel líquido para pernas cansadas e tensões diárias em roll-on. iLEG conta com um complexo de ativos de origem vegetal e marinha, destinado a aliviar a sensação de cansaço e o peso das pernas. De acordo com a empresa, o produto favorece a circulação e descongestiona as pernas, proporcionando sensação de descanso e bem-estar. Seu principal ativo é a alga Enteromorpha compressa, rica em Oligossacarídeo Marinho, Sódio, Potássio e Cálcio que, através da auto-regulação reequilibra a pele.
HYROKO INTENSE <a href="http://www.hyroko.com.br">www.hyroko.com.br</a>	A J.M Farma surgiu na década de 1980, indústria de cosméticos especializada no segmento de cuidados pessoais e posteriormente desenvolvendo sua divisão cosmética para animais de pequeno porte. Usa algas marinhas nas suas formulações.
IMPALA COSMÉTICOS <a href="http://www.impala.com.br">www.impala.com.br</a>	Linha Corporal Pelle a Pelle cuja composição combina flores extratos de linho, algodão e algas marinhas.
INSTITUTO BELEZA NATURAL <a href="http://www.bezeanatural.com.br">www.bezeanatural.com.br</a>	Produtos de beleza a base de algas marinhas (linha Quatro Elementos).
ISABELLE RUCKSTEIN COSMÉTICOS <a href="http://www.isacosmeticos.com.br">www.isacosmeticos.com.br</a>	Produtos de beleza (sabonetes, máscaras faciais, etc) a base de algas marinhas.
JIREH INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS (BERGÈRE – cosmético de resultado) <a href="http://www.bergere.com.br">www.bergere.com.br</a>	Produtos de beleza a base de algas marinhas (ex.:Gel contra a celulite, loção hidratante).
KANITZ <a href="http://www.kanitz.com.br">www.kanitz.com.br</a>	Produtos de beleza a base de algas marinhas (ex.:sabonetes).
LA FAÇON BAIN E DOUCHE <a href="http://www.lafacon.com.br">www.lafacon.com.br</a>	Os produtos para o corpo foram formulados com Ormagel Sh um ativo obtido a partir de algas marinhas, que é rico em sais minerais, proteínas e vitaminas.
LA VERTUAN COSMÉTICOS AROMA E MAGIA <a href="http://www.lavertuan.com.br">www.lavertuan.com.br</a>	Produtos de beleza a base de algas marinhas (Fluido para talassoterapia, Bandagem e Ionização, etc.)
LABORATÓRIO SELUBI <a href="http://www.mdi.com.br/~selubi">http://www.mdi.com.br/~selubi</a>	Produz e vende complementos alimentares e fitoterápicos: cartilagem de tubarão, quitosana, ginkgo biloba, ostra, cálcio, guaraná, própolis, cogumelo do sol, pólen, algas marinhas, centella asiática, espirulina, garcinia, etc. Produtos naturais usados como auxiliares no emagrecimento, no combate à osteoporose, reumatismo etc.
LABORATÓRIOS GRIFFITH DO BRASIL S.A. <a href="http://www.griffith.com.br">www.griffith.com.br</a>	Em Mogi das Cruzes (SP) com produção aproximada de 500 a 600 ton.ano-1 de carragenanas semi-refinadas obtidas a partir de algas marinhas secas importadas, mistura de 8 espécies de Kappaphycus.
LABOTERRA COSMÉTICOS <a href="http://www.laboterra.com.br">www.laboterra.com.br</a>	Produtos de beleza a base de algas marinhas.
LABTOX – LABORATÓRIO DE ANÁLISE AMBIENTAL LTDA <a href="http://www.labtox.com.br">www.labtox.com.br</a>	O LABTOX realiza análises ecotoxicológicas, ensaios de toxicidade, de toxicidade aguda, crônica em amostras marinhas e dulcícolas, sedimentos, efluentes industriais, petróleo e derivados, fluídos de perfuração, dispersantes químicos e resíduos sólidos.
(Continua)	

NOME DA EMPRESA	ÁREA DE ATUAÇÃO
(Continuação)	
MACROMAR SEAWEED – Natural Seaweed www.shopalgas.com.br	Pesquisam, produzem e comercializam algas marinhas do nordeste brasileiro. Inclui preservação de bancos naturais, cultivo e fornecimento de gelatina de alga marinha para população carente. Atua na produção de alimentos funcionais feitos com algas marinhas. Venda de algas marinhas (rodofíceas) <i>in natura</i> desidratadas.
MÁRCIA COSMÉTICOS www.marciacosmeticos.com.br	Indústria cosmética que utiliza extratos de algas marinhas como componente em alguns produtos.
MD ALGAM MARICULTURA AQUAPHYTA BRAZIL www.mdalgam.com.br	Criada em 1998 na Ilha Grande – Angra dos Reis e pioneira no cultivo comercial de algas marinhas, a MD ALGAM atua na elaboração de projetos em maricultura, desenho e montagem de sistemas de cultivo, avaliação técnica e econômica de projetos, gestão e monitoramento ambiental e capacitação técnica, programa dirigido à geração de renda e emprego em comunidades costeiras, logística e comercialização de algas marinhas para o mercado interno e externo
MIDORI PROFISSIONAL www.midoriprofissional.com.br	Produtos de beleza a base de algas marinhas e queratina de moluscos e crustáceos marinhos.
MINERACAO INDUSTRIA E COMERCIO MARAPENDI SA riodejaneiro.entrei.net/empresa/mineracao-industria-e-comercio-marapendi-sa-matriz-1/1309989.html	Cultivo de algas marinhas. Não está clara a sua participação como empresa biotecnológica.
NATUFLORA COSMÉTICOS COM ATIVOS NATURAIS www.natuflora.com.br	Produtos de beleza a base de algas marinhas (loção hidratante, creme redutor de adiposidade).
NATURA COSMÉTICOS www.natura.net	Produtos para o tratamento da pele do rosto e do corpo, cuidado e tratamento dos cabelos, maquiagem, perfumaria, produtos para o banho, proteção solar, higiene oral e linhas infantis. A Natura Inovação e Tecnologia de Produtos Ltda apóia projetos de bioativos para antioxidantes, aromas e filtro solar com algas e outros organismos marinhos.
NOVA FLOR www.novafior.com.br	Produz uma linha de cosméticos com algas marinhas.
O BOTICÁRIO http://internet.boticario.com.br	Sabonetes e cremes a base de algas marinhas.
O INSTITUTO DE ECODSENVOLVIMENTO DA BAÍA DA ILHA GRANDE, IED-BIG www.iedbig.com.br	Cultivo de coquille Saint-Jacques, ostras e mexilhões marinhos. O IED-BIG é o único instituto no Brasil a produzir em laboratório sementes (filhotes) de coquille.
ORTHO BIO PHARMA www.biopharma.com.br	Produtos de beleza a base de algas marinhas (Agar Agar contra a flacidez).
OSTRA VITTA Empresa graduada na incubadora da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)	Há dez anos trabalha com ostras marinhas e pesquisa uma forma de tornar mais saudável o seu consumo. Desenvolveu um sistema, chamado de depuração, que consegue fazer com que o animal elimine as impurezas e fique adequado ao consumo humano. São as chamadas ostras depuradas.
OX COSMÉTICOS www.oxcosmeticos.com.br	Produtos de beleza a base de algas marinhas (Linha de produtos masculinos com algas marinhas que regulam o tônus da pele e formam um filtro protetor).
(Continua)	

NOME DA EMPRESA	ÁREA DE ATUAÇÃO
(Continuação)	
PAYOT BRASIL www.payot.com.br	Produtos de beleza a base de algas marinhas (Xampu e Condicionador Queratina, para cabelos danificados, com hidrolisado de queratina; Aminoácidos de Queratina e Algas Marinhas).
PRUDENSAL – PRODUTOS AGROPECUÁRIOS www.guiapresidenteprudente.com.br/empresas/prudensal-produtos-agropecuarios/	Indústria, comércio e representação de produtos agropecuários. Farinha de algas, mineralizante para bovinos e aves, derivados de algas marinhas, nutrição animal, defensivos agrícolas, fosfato natural, máquinas agrícolas, motores, rações para animais.
PRIMAR www.primarorganica.com.br	Produção de camarão e ostras orgânicas.
PURIFARMA/EXTRACAPS www.purifarma.com.br	Agar-agar, fragrância de algas, cápsulas de gel de algas marinhas. Extracaps é a marca registrada das cápsulas gelatinosas duras vazias fabricadas pela Genix Indústria Farmacêutica.
RAMELK COSMÉTICOS	Produtos de beleza a base de algas marinhas Primeiramente, com apenas um produto: o Gel com Algas Marinhas, novidade no mercado até então, tem um enorme sucesso entre seus consumidores.
SARFAM INDÚSTRIA, COMÉRCIO E IMPORTAÇÃO LTDA. www.sarfam.com.br	Bioativos e matérias primas para a indústria cosmética. Extratos glicólicos de algas marinhas.
SETE COSMETIC www.setecosmetic.com.br	Linha de produtos de beleza masculinos a base de algas marrons marinhas importadas(Laminaria digitata e Ascophyllum nodosum).
SETE ONDAS Biomar CULTIVO E PROCESSAMENTO DE ALGAS MARINHAS LTDA www.seteondasbiomar.com.br	Produtora do BIOMARGEL 25, um hidrocolóide em pós a base de carragenana Kappa e Yota, destinado à utilização como espessante, estabilizante e gelificante em produtos alimentícios. Processa carragenana semi-refinada da alga marinha Kappaphycus alvarezii, cultivada em fazenda própria, localizada na Restinga da Marambaia.
SKAFE COSMETOLOGIA www.skafe.com.br	Linha de produtos para o cabelo (xampus) com oligoelementos de algas vermelhas marinhas.
TECMA (controle de poluição) www.tecma-tecnologia.com.br	Atua no ramo de engenharia ambiental Soluções em poluição ambiental, análises físico-químicas, biológicas e microbiológicas, ensaios de tratabilidade e testes de toxicidade.
TECNOCLEAN www.industrialclean.com.br	Oferece soluções de limpeza e higiene profissional. Produz o sabonete líquido de algas marinhas com alta propriedade de limpeza e deve ser utilizado em <i>dispenser</i> exclusivo que evita o contato com o produto.
TIMAC AGRO (Grupo Roullier) www.br.timacagro.com	Carbonato de cálcio marinho para fertilizantes.
TULIP COSMÉTICOS www.tulipcosmeticos.com.br	Cosméticos biotecnológicos com base em algas marinhas (máscaras faciais, ampolas, etc).
VALMARI DERMOCOSMÉTICOS www.valmari.com.br	Produtos masculinos a base de algas marinhas.
VellyFarm Biomateriais Ltda vellyfarm@incamp.unicamp.br	Produção de alimentos a partir de colágenos com a mesma potencialidade do colágeno marinho, mas com Biotecnologias próprias. Produtos naturais com propriedades antioxidantes.
(Continua)	

NOME DA EMPRESA	ÁREA DE ATUAÇÃO
VITA DERM www.vitaderm.com.br	(Continuação) Produtos de beleza a base de algas marinhas (gel bioestimulante, gel redutor e contra celulites, etc). Linha masculina a base de oligoelementos de algas vermelhas marinhas.

Fonte: (GOOGLE, 2010)

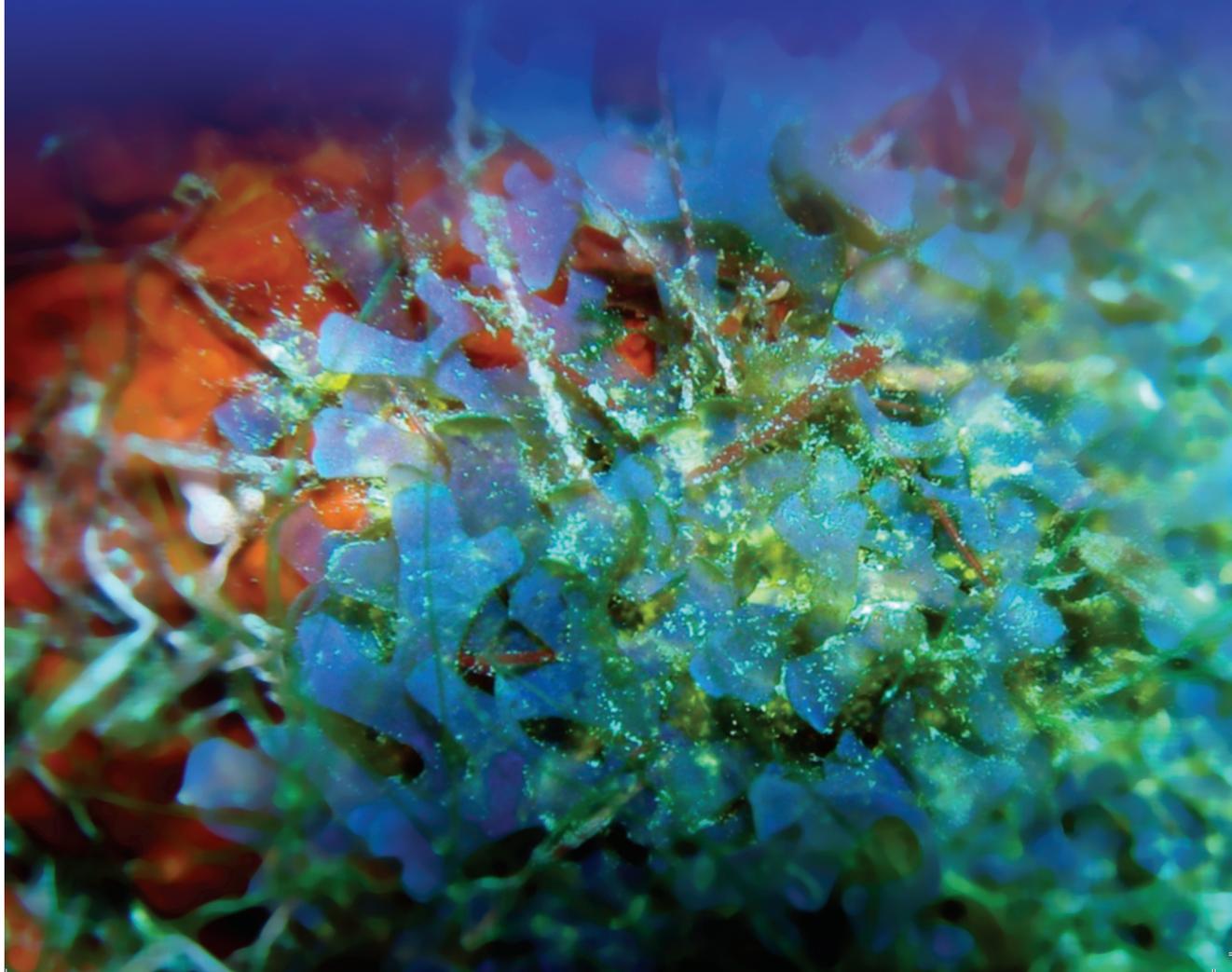
## 13 Conclusões



Finalmente, o uso crescente de produtos marinhos nos alimentos, cosméticos, indústrias e agricultura tem criado uma demanda de profissionais qualificados ao setor. Não há dúvida de que é necessária a formação de recursos humanos na área de Biotecnologia Marinha sensíveis às necessidades de crescimento da indústria. Empresas farmacêuticas centradas no desenvolvimento de novos medicamentos a partir dos recursos marinhos agora requerem pessoal qualificado, com experiência em biologia marinha, microbiologia, química, genômica, bioinformática, entre outras. Grandes centros de pesquisa em Biotecnologia Marinha no mundo investem nesse enfoque: a multidisciplinaridade. Portanto, a formação multidisciplinar é necessária para preencher essa lacuna no desenvolvimento da área no Brasil.

1. Formação de Rede Nacional de Biotecnologia Marinha. Essa rede poderá ser realizada a partir da RedeAlgas, com a entrada de novos grupos.
2. Estimular o conhecimento da biodiversidade marinha como fonte de novos fármacos e outros produtos industriais.
3. Incentivar a proteção da propriedade intelectual por patentes.
4. Valorização dos grupos com histórico de atuação na área e que devem ser estimulados a permanecer na área, pois foram formados a partir da união de especialistas marinhos, biotecnólogos, químicos, bioquímicos, etc.
5. Estímulo à entrada de grupos experientes na área de Biotecnologia para a área marinha.
6. Formação de um programa de pós-graduação em Biotecnologia Marinha ou estimular a inserção do tema nas pós-graduações já existentes na área de Ciências do Mar (Biologia Marinha, Oceanografia, etc).
7. Estimular a criação de disciplina em Biotecnologia Marinha nos cursos de graduação em Ciências Biológicas e na área Marinha (Biologia Marinha, Oceanologia, Oceanografia).
8. Estimular a criação de um Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (CNPq), incluindo pesquisa e criação de um programa de pós-graduação em Biotecnologia Marinha.

## 14 Referências



BARTHOMEUF, C.; BOURGUET-KONDRACKI, M.; KORNPROBST, J. Marine metabolites overcoming or circumventing multidrug resistance mediated by ATP-dependent transporters: a new hope for patient with tumors resistant to conventional chemotherapy. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, v. 8, n. 8, p. 886-903, dec. 2008.

BARBOSA, J. P. et al. *In vitro* antiviral diterpenes from the Brazilian Brown alga *Dictyota paffii*. *Planta Med.*, Stuttgart, Alemanha, v. 70, n. 9, p. 856-860, sept. 2003.

BARBOSA-FILHO, J. M. Rede interinstitucional de algas bentônicas para obtenção de bioprodutos ativos. 2010. [Acervo pessoal]. Acesso em fevereiro de 2010.

BASTOS, Valéria D. *Inovação farmacêutica: padrão setorial e perspectivas para o caso brasileiro*. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 22, p. 271-296, set, 2005.

BERLINK, Roberto. A descoberta de metabólitos bioativos a partir de invertebrados e microrganismos marinhos da costa do Brasil. 2010. Disponível em: [www.sbfgnosia.org.br/Documentos/Berlink-Escola-Farmacognosia-UFSC-2010-pdf.pdf](http://www.sbfgnosia.org.br/Documentos/Berlink-Escola-Farmacognosia-UFSC-2010-pdf.pdf). Acesso em fevereiro de 2010.

BLUNT, J. W. et al. Marine Natural Products. *Nat. Prod. Rep.*, Londres, v. 27, p. 165-237, 2010.

BRANDINI, Frederico. Farmácias Vivas Marinhas. 2006. Disponível em <http://www.oeco.com.br/todos-os-colunistas/50-frederico-brandini/17097-oeco16948>. Acesso em fevereiro de 2010.

CAPANEMA, Luciana Xavier de Lemos. A indústria farmacêutica brasileira e a atuação do BNDES. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 23, p. 193-216, mar. 2006.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (Capes). Banco de teses. 2009. Disponível em <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/>> Acesso em outubro de 2009.

CIRNE-SANTOS, C. C. et al. Inhibition of HIV-1 replication in human primary cells by a dolabellane diterpene isolated from the marine alga *Dictyota paffii*. *Planta Med.*, Stuttgart, Alemanha, v. 72, n. 4, p. 295-299, mar. 2006.

CIRNE-SANTOS, C. C. et al. The dolabellane diterpene Dolabelladienetriol is a typical noncompetitive inhibitor of HIV-1 reverse transcriptase enzyme. *Antiviral Res.*, Amsterdam, v. 77, n. 1, p. 64-71, jan. 2008.

CITADIN, C. T. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 – clonagem e caracterização do primeiro gene da via de síntese na microalga marinha *Thalassiosira fluviatilis*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008. 19 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008, 20 p. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, v. 224).

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq). Resultado do edital MCT/CNPq/MS-SCTIE-DECIT/CT-Saúde no 010/2006. 2006. Disponível em: <http://www.cnpq.br/resultados/2006/index.htm> Acesso em: fevereiro de 2010.

\_\_\_\_\_. Resultados do Edital MCT/CNPq/SEAP-PR – Nº 26/2008. 2008. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/resultados/index.htm>> Acesso em: fevereiro de 2010.

\_\_\_\_\_. Resultados do edital MCT/CNPq/CT-Petro – No 39/2009. 2009. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/resultados/index.htm>> Acesso em: fevereiro de 2010.

COLEPICOLO, P. Projeto multidisciplinar com macroalgas marinhas. 2010. [Acervo pessoal]. Acesso em: fevereiro de 2010.

COSTA-LOTUFO, L. V. et al. Organismos marinhos como fonte de novos fármacos: Histórico e perspectivas. *Quím. Nova*, v. 32, n. 3, p. 703-716, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000300014&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000300014&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 22 maio 2010.

CRAPEZ, M. A. C. et al. Biorremediação: tratamento para derrame de petróleo. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 179, p. 32-37, 2002.

DA GAMA, B. A. P.; PEREIRA, R. C. Produtos não-poluente contra a incrustação. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 19, p. 16-25, 1995.

EUROPEAN ALGAE BIOMASS ASSOCIATION (EABA). Banco de Dados. 2010. Disponível em <http://www.eaba-association.eu/>. Acesso em: fevereiro de 2010.

EUROMONITOR. Beauty\_and\_personal\_care. 2009. Disponível em <[http://www.euromonitor.com/Beauty\\_and\\_personal\\_care](http://www.euromonitor.com/Beauty_and_personal_care)> Acesso em março de 2010.

HAEFNER, B. Drugs from the deep: marine natural products as drug candidates. *Drug Discov. Drug Discov.Today*, Kidlington, Inglaterra, v. 8, n. 12, p. 536-44, jun. 2003.

GOOGLE. Banco de Dados sobre empresas brasileiras com atuação no uso de produtos marinhos. 2010. Acessível em [www.google.com.br](http://www.google.com.br). Acesso em março de 2010.

HALVORSON, H. O. et al. Marine Biotechnology Opportunities for Latin America. *Electronic Journal of Biotechnology*. v. 4, n. 2, ago. 2001. ISSN: 0717-3458. Disponível em: <https://tspace.library.utoronto.ca/html/1807/21271/ej01010.html>. Acesso em 25/6/2010.

INPI. Banco de Patentes, 2010. Disponível em <[www.inpi.gov.br](http://www.inpi.gov.br)> Acesso em 29/3/2010.

KOEHN, F. E.; CARTER, G. T. The evolving role of natural products in drug discovery. *Nature Reviews Drug Discovery*, Londres, v. 4, n.3, p. 206-220, mar. 2005.

KIJJOA, A.; SAWANGWONG, P. Drugs and cosmetics from the sea. *Mar. Drugs*, Basel, Suíça, v. 2, n. 2, p. 73-82, 2004.

MOURÃO, P. A. S. Pesquisa com galactanas sulfatadas isoladas de algas vermelhas com potencial antitrombótico. 2010. [Acervo pessoal]. Acesso em fevereiro de 2010.

NEWMAN, D. J.; CRAGG, G. M. Advanced Preclinical and Clinical trials of natural Products and Related Compounds from marine Sources. *Current Medicinal Chemistry*, Schiphol, Holanda, v. 11, n. 13, p. 1693-1713, 2004.

PHARMAMAR. Todo o poder do mar agora contra o câncer. 2010. Disponível em [www.pharmamar.com](http://www.pharmamar.com). Acesso em fevereiro de 2010.

POMPONI, S. A. The ocean and Human health: the discovery and development of marine derived drugs. *Oceanography*, Aberdeen, Escócia, v. 14, n. 1, p. 71-87, 2001.

REIS, C. et al. Biotecnologia para saúde humana: tecnologias, aplicações e inserção na indústria farmacêutica. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, v. 29, p. 359-392, 2009.

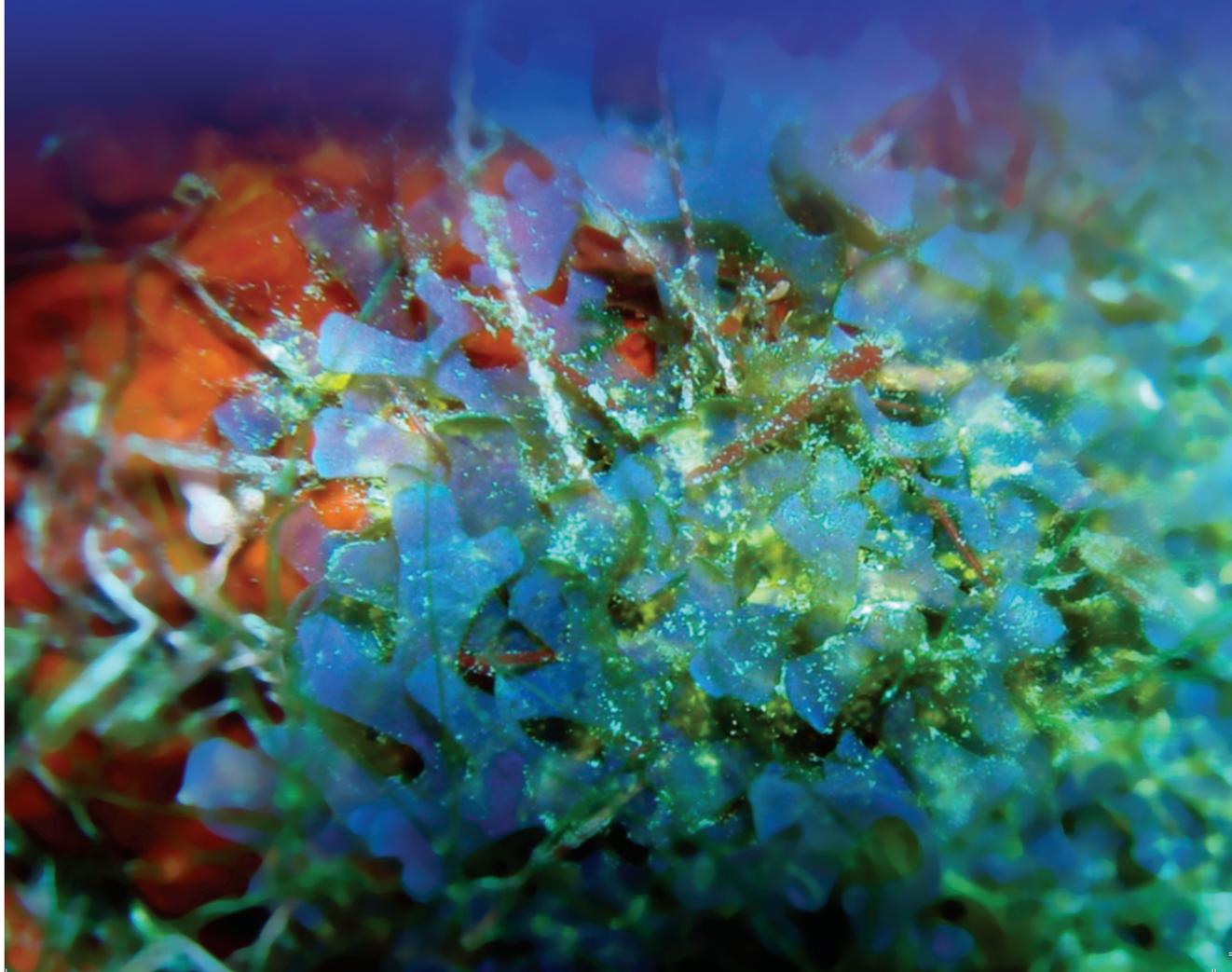
SANTOS, R. S. & BETTENCOURT, R. A importância dos produtos de Biotecnologia no mar dos Açores. 2007. Disponível em: <http://www.reservanaval.pt/upload/files/20074212156480.Raul-bettencourt.pdf>. Acesso em 25/06/2010.

TEIXEIRA, V. L. A cura que vem do mar. *Scientific American Brasil*, São Paulo, v. 4, p. 77-82, 2009. Série Oceanos

TEIXEIRA, V. L. Pesquisa com produto natural isolado da alga *Dictyota pfaffii* no Atol das Rocas. 2010. [Acervo pessoal]. Acesso em: março de 2010.

WIPO. Banco de Patentes do World Intellectual Property Organization. 2010. Disponível em: [www.wipo.int](http://www.wipo.int). Acesso em 29/03/2010

# Pesquisa em endereços eletrônicos



### a) Informações sobre a literatura mundial de produtos naturais marinhos

- MarinLit (Marine Literature Database). Banco de dados da literatura mundial de produtos naturais marinhos. University of Canterbury, New Zealand, [www.chem.canterbury.ac.nz/marinlit/marinlit.shtml](http://www.chem.canterbury.ac.nz/marinlit/marinlit.shtml).

### b) Principais sociedades científicas internacionais:

- European Society for marine Biotechnology. [www.esmb.org](http://www.esmb.org)
- The Japanese Society for Marine Biotechnology. [www.med-gakkai.org](http://www.med-gakkai.org)
- Asia Pacific Society for Marine Biotechnology. [www.apsmb.org](http://www.apsmb.org)
- The Society of Israeli Aquaculture and Marine Biotechnology. [www.siambi.org.il](http://www.siambi.org.il)
- Pan-American Marine Biotechnology Association [www.pamba.ca](http://www.pamba.ca)
- International marine Biotechnology Association [www.theimba.com](http://www.theimba.com)

### c) Endereços eletrônicos com informações sobre pesquisas na área:

- Marinebiotech é um endereço de informações sobre a pesquisa na área de Biotecnologia marinha na Califórnia, Flórida, Massachusetts, Maryland, Mississipi e Oregon (EUA) [www.marinebiotech.org](http://www.marinebiotech.org)
- Marine Genomics Europe (MGE). Rede de instituições que integra pesquisa básica e biotecnologia marinha [www.marine-genomic-europe.org](http://www.marine-genomic-europe.org). Fazem parte da rede as seguintes instituições:

INSTITUIÇÃO	ENDEREÇO ELETRÔNICO
France Innovation Scientifique et Transfert – SA	<a href="http://www.fist.fr/index.php">http://www.fist.fr/index.php</a>
Centre National de la Recherche Scientifique	<a href="http://www.cnrs.fr/index.html">http://www.cnrs.fr/index.html</a>
Institut Français de Recherche pour L'Exploitation de la Mer	<a href="http://www.ifremer.fr/anglais/">http://www.ifremer.fr/anglais/</a>
Max Planck Institute for Marine Microbiology Bremen	<a href="http://www.mpi-bremen.de/">http://www.mpi-bremen.de/</a>
Max Planck Institute for Chemical Ecology lena	<a href="http://www.ice.mpg.de/main/home/home_en.htm">http://www.ice.mpg.de/main/home/home_en.htm</a>
Max Planck Institute for Molecular Genetics Berlin	<a href="http://www.molgen.mpg.de/institute/">http://www.molgen.mpg.de/institute/</a>
Bielefeld University	<a href="http://www.cebitec.uni-bielefeld.de/index.html">http://www.cebitec.uni-bielefeld.de/index.html</a>
Humboldt University	<a href="http://www.biologie.hu-berlin.de/~genetics/">http://www.biologie.hu-berlin.de/~genetics/</a>
German Research Centre for Biotech Braunschweig	<a href="http://www.gbf.de">http://www.gbf.de</a>
Alfred Wegener Institute Bremerhaven	<a href="http://www.awi-bremerhaven.de/index-e.html">http://www.awi-bremerhaven.de/index-e.html</a>
Heidelberg	<a href="http://www.embl-heidelberg.de/">http://www.embl-heidelberg.de/</a>
Natural Environment Research Council	<a href="http://www.nerc.ac.uk/index.asp">http://www.nerc.ac.uk/index.asp</a>
University of Birmingham	<a href="http://www.biosciences.bham.ac.uk">http://www.biosciences.bham.ac.uk</a>
University of Wales Bangor	<a href="http://biology.bangor.ac.uk">http://biology.bangor.ac.uk</a>
University of Oxford	<a href="http://www.ox.ac.uk/">http://www.ox.ac.uk/</a>
Marine Biological Association	<a href="http://www.mba.ac.uk/">http://www.mba.ac.uk/</a>

(Continua)

INSTITUIÇÃO	ENDEREÇO ELETRÔNICO
	(Continuação)
University of Warwick	<a href="http://www.warwick.ac.uk/">http://www.warwick.ac.uk/</a>
University of Newcastle	<a href="http://www.ncl.ac.uk/">http://www.ncl.ac.uk/</a>
Swansea University	<a href="http://www2.swan.ac.uk/">http://www2.swan.ac.uk/</a>
University of Cardiff	<a href="http://www.cf.ac.uk/">http://www.cf.ac.uk/</a>
Centre of Marine Sciences Faro	<a href="http://www.ualg.pt/ccmar/">http://www.ualg.pt/ccmar/</a>
Stazione Zoologica « Anton Dohrn » Napoli	<a href="http://www.szn.it/">http://www.szn.it/</a>
Palermo	<a href="http://www.ibim.cnr.it/">http://www.ibim.cnr.it/</a>
Università degli Studi di Padova	<a href="http://www.unipd.it/en/index.htm">http://www.unipd.it/en/index.htm</a>
Israel Oceanographic & Limnological Research Haifa	<a href="http://marine.ocean.org.il/index.html">http://marine.ocean.org.il/index.html</a>
Technion Israel Institute of Technology	<a href="http://biology.technion.ac.il">http://biology.technion.ac.il</a>
Katholieke University Leuven	<a href="http://www.kuleuven.ac.be/">http://www.kuleuven.ac.be/</a>
University of Groningen	<a href="http://www.rug.nl/corporate/?lang=en">http://www.rug.nl/corporate/?lang=en</a>
Sars International Centre for Marine Molecular Biology, Bergen	<a href="http://www.uib.no/fa/sars/">http://www.uib.no/fa/sars/</a>
Norwegian School of Veterinary Sciences, Oslo	<a href="http://www.veths.no/">http://www.veths.no/</a>
Institut of Oceanology Gdynia	<a href="http://www.iopan.gda.pl/">http://www.iopan.gda.pl/</a>
Danish Institut for Fisheries research	<a href="http://www.dfu.min.dk/uk/default_uk.htm">http://www.dfu.min.dk/uk/default_uk.htm</a>
Consejo Superior de Investigaciones Científicas	<a href="http://www.csic.es/">http://www.csic.es/</a>
Centre of AquacultureTarragona	<a href="http://www.irta.es/eng/index.html">http://www.irta.es/eng/index.html</a>
University of Barcelona	Endereço eletrônico: <a href="http://www.ub.es/">http://www.ub.es/</a>
University of Crete	<a href="http://www.uch.gr/">http://www.uch.gr/</a>
Hellenic Centre for Marine Research	<a href="http://www.hcmr.gr/index.html">http://www.hcmr.gr/index.html</a>
Royal Swedish Academy, Kristineberg Marine Station	<a href="http://www.kmf.gu.se/index_eng.html">http://www.kmf.gu.se/index_eng.html</a>
University of Gothenberg	<a href="http://www.gu.se/">http://www.gu.se/</a>
Parco Tecnologico Padano s.r.l.	<a href="http://www.tecnoparco.org/ptp/english/fondazione.htm">http://www.tecnoparco.org/ptp/english/fondazione.htm</a>
Plymouth Marine Laboratory	<a href="http://www.pml.ac.uk/">http://www.pml.ac.uk/</a>
Prokaria ltd Reykjavik Iceland	<a href="http://www.prokaria.com/">http://www.prokaria.com/</a>
Pontificia Universidad Catolica de Chile	<a href="http://www.puc.cl/">http://www.puc.cl/</a>
Universidad de Concepcion de Chile	<a href="http://www.copas.cl/">http://www.copas.cl/</a>

#### d) Principais centros de Biotecnologia no mundo:

- World Marine Biotechnology Market. Movimentação do Mercado econômico associado à Biotecnologia Marinha <http://www.reportlinker.com/p080467/World-Marine-Biotechnology-Market.html>
- Centro de Biotecnologia Marinha e Biomedicina (EUA) <http://cmbb.ucsd.edu>
- Biotecnologias Geomarinhas (Índia) [www.geomarinebiotech.com](http://www.geomarinebiotech.com)
- Centro de Biotecnologia Marinha Aplicada (Irlanda) [www.cambio.ie](http://www.cambio.ie)
- Centro de Excelência em Pesquisa Biomédica e Biotecnologia Marinha (EUA) [www.floridabiotech.org](http://www.floridabiotech.org)

- Centro de Pesquisa em Biotecnologia Marinha (Canadá) [www.crbm.mbrc.com](http://www.crbm.mbrc.com)
- Centro de Excelência para Biotecnologia Marinha (Tailândia) <http://www.biotec.or.th/biotechnology-en/Unit/Marine.asp>
- Biothecnology Austrália – [www.biotechnology.gov.au](http://www.biotechnology.gov.au)

#### e) levantamento sobre os pesquisadores, grupos de pesquisa na área, teses e dissertações, relações com o setor produtivo

- CNPq (<http://lattes.cnpq.br> e <http://dgp.cnpq.br/diretorioc>)
- Capes (<http://capes.gov.br> e [www.dominiopublico.gov.br](http://www.dominiopublico.gov.br))
- MCT (<http://mct.gov.br>)
- Sociedade Brasileira de Biotecnologia – Banco de dados (BiotecData) – <http://sbbiotec.org.br>)
- Google – palavras-chave: biotecnologia marinha no Brasil, produtos marinhos, genoma, etc ([www.google.com.br](http://www.google.com.br))

#### f) patentes no mundo e no Brasil

- Wipo (The World Intellectual Property Organization) [www.wipo.int](http://www.wipo.int)
- Patentonline [www.patentonline.com.br](http://www.patentonline.com.br)
- INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual) [www.inpi.gov.br](http://www.inpi.gov.br)
- Esp@cenet Portal – [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com)
- PharmaMar – <http://pharmamar.com>

#### g) redes científicas

- RedeAlgas – Rede Nacional em Biotecnologia de Macroalgas Marinhas [www.redealgas.com.br](http://www.redealgas.com.br)
- Renorbio – Rede Nordeste de Biotecnologia [www.renorbio.org.br](http://www.renorbio.org.br)
- Recombio – Rede Cooperativa de Pesquisa em Combustão e Emissões de Biodiesel e Combustíveis AlteRede Brasileira de tecnologia de Biodiesel – [www.biodiesel.gov.br](http://www.biodiesel.gov.br)
- Fundação Biominas ([www.biominas.org.br](http://www.biominas.org.br))

#### h) empresas brasileiras e Biotecnologia Marinha

- Associação Brasileira da Indústria de higiene pessoal, perfumaria e Cosméticos [www.abihpec.org.br](http://www.abihpec.org.br)
- Os endereços eletrônicos das empresas encontram-se na Tabela 11.
- rnativos -[www.cienam.ufba.br/recombio.html](http://www.cienam.ufba.br/recombio.html)

ISBN 978-85-334-1707-6



9 788533 417076

Disque Saúde  
0800 61 1997

Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde  
[www.saude.gov.br/bvs](http://www.saude.gov.br/bvs)



**Organização  
Pan-Americana  
da Saúde**  
Escritório Regional para as Américas da  
Organização Mundial da Saúde

**Ministério  
da Ciência e Tecnologia**

**Ministério  
da Saúde**

**Governo  
Federal**