



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Fernanda dos Santos Magalhães


**Utilização do fitoplâncton como instrumento de avaliação em programas de monitoramento nos ecossistemas aquáticos costeiros. Estudo de caso: Laguna de Araruama/RJ.**

Rio de Janeiro

2012

Fernanda dos Santos Magalhães

**Utilização do fitoplâncton como instrumento de avaliação em programas de monitoramento nos ecossistemas aquáticos costeiros. Estudo de caso: Laguna de Araruama/RJ.**



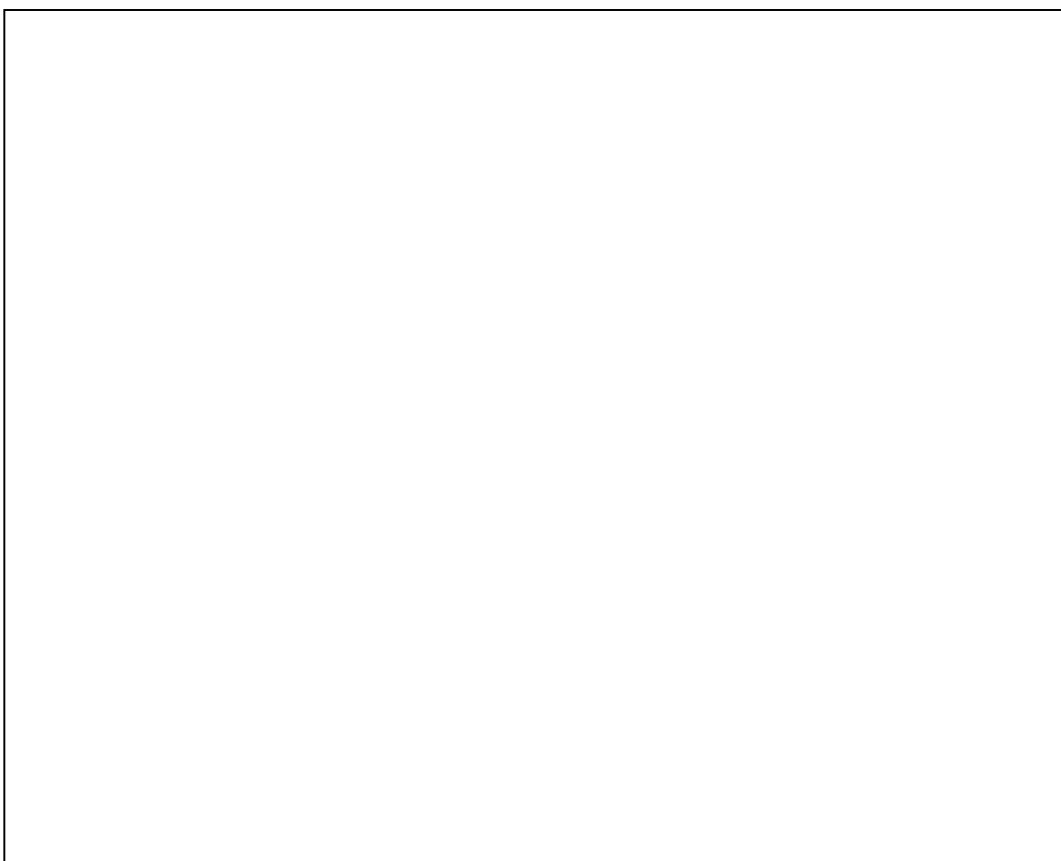
Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Thereza Christina de Almeida Rosso

Rio de Janeiro

2012

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/NPROTEC



Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

---

Assinatura

Data

Fernanda dos Santos Magalhães

**Utilização do fitoplâncton como instrumento de avaliação em programas de monitoramento nos ecossistemas aquáticos costeiros. Estudo de caso: Laguna de Araruama/RJ.**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Gestão Sustentável de Recursos Hídricos.

Aprovado em : \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thereza Christina de Almeida Rosso, D.Sc. (Orientadora)  
Faculdade de Engenharia da UERJ

\_\_\_\_\_  
Prof<sup>º</sup>. Dr<sup>º</sup>. Olavo Barbosa Filho  
Faculdade de Engenharia da UERJ

\_\_\_\_\_  
Dr<sup>º</sup>. Wanderson Fernandes de Carvalho  
Instituto de Estudos do Mar Alte. Paulo Moreira (IEAPM)  
Laboratório de Plâncton

Rio de Janeiro

2012

Dedico essa dissertação ÀQUELE que tem posto em minha vida momentos especiais  
como este: Deus, muito obrigada.

## AGRADECIMENTOS

À minha Orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Thereza Rosso pela confiança depositada em mim..

À minha família que sempre esteve ao meu lado em todas as minhas decisões: Minha querida e doce mãe, Joana, que vibrou comigo na realização desse sonho, ao meu pai, Nélio, que além das palavras de conforto em momentos difíceis deste processo, me ajudou na parte da construção dos quadros e gráficos para o aperfeiçoamento deste trabalho, aos meus irmãos, Carlos Eduardo e Fábio pela alegria de eu estar concluindo este sonho.

À minha avó, Ondina, por ser a mulher mais maravilhosa do mundo e pelo apoio em tudo na minha vida. Vózinha eu te amo muito!

Aos meus queridos primos e tios por me quererem bem.

Ao Romário, pela compreensão, carinho e amor em todos os momentos e pela grande ajuda na confecção deste trabalho.

Ao Cláudio, grande amigo, pela ajuda na confecção do abstract.

À Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Christina Bassani, por ter me ensinado muito mais que a importância do fitoplâncton, meu objeto de estudo deste trabalho, mas também o valor de uma verdadeira amizade. Chris te adoro muito, apesar da distância.

À Natália, amiga de curso que me ajudou muitíssimo nas informações para a confecção desta dissertação.

À Lívia sempre tão otimista e compreensiva.

À Tathiana Cardoso por ser sempre solícita e simpática.

Aos meus queridos professores Gandhi e Olavo pelas informações valiosas que me nortearam quando minhas idéias ficaram confusas sobre o objetivo da dissertação.

Ao Haroldo e aos funcionários da Concessionária Águas de Juturnaíba pelas informações relevantes ao trabalho.

Ao Dr. Wanderson pelas sugestões sobre o trabalho e correções.

Ao Antônio, secretário do PEAMB, pela eficiência nas respostas das dúvidas para a confecção deste trabalho.

À Vera e Cristina por ter negociado os dias de trabalho na empresa (Colégio Santa Rita) e evitaram problemas devido a minha ausência nos dias de aula na UERJ.

Ao Consórcio Intermunicipal Lagos São João pelas informações sobre o monitoramento da Laguna de Araruama e pelas fotos dos pontos amostrais.

Ao Rondinelle, pelo apoio nos estudos depois dos dias cansativos de trabalho, pela amizade e por me acompanhar nas madrugadas até a rodoviária, sempre me confortando com palavras otimistas.

Aos meus amigos caninos inseparáveis, Duke e Tob, apesar do trabalho, amo vocês.

Aos professores, colaboradores e amigos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento do projeto.

Comece mudando a si mesmo. Ninguém muda o mundo se não consegue mudar a si mesmo... Cuide da Saúde do Planeta. Não desperdice água, não jogue lixo no lugar errado, não maltrate os animais ou desmate as árvores. Por mais que você não queira, se nascemos no mesmo planeta, compartilhamos com ele os mesmos efeitos e conseqüências de sua exploração... Seja responsável: não culpe os outros pelos seus problemas, não seja oportunista, não seja vingativo. Quem tem um pouquinho de bom senso percebe que podemos viver em harmonia, respeitando direitos e deveres ... Acredite em um mundo melhor. Coragem, Honestidade, Sinceridade, Fé, Esperança são virtudes gratuitas que dependem de seu esforço e comprometimento com sua Honra e Caráter. Não espere recompensas por estas virtudes, tenha-as por consciência de seu papel neste processo ... Tenha Humildade, faça o Bem, trabalhe. Não tenha medo de errar, com humildade se aprende, fazer o bem atrairá o bem para você mesmo e trabalhando valorizarás o suor de teu esforço para alcançar seus objetivos ... Busque a Verdade, a Perfeição, uma posição realista frente aos obstáculos, uma atitude positiva diante da vida... Defenda, participe, integre-se à luta pacífica pela Justiça, Paz e Amor. Um mundo justo é pacífico, e onde há paz pode-se estar preparado para viver um grande Amor ...

*RODRIGO BENTES DINIZ*

## RESUMO

MAGALHÃES, Fernanda dos Santos. *Utilização do fitoplâncton como instrumento de avaliação em programas de monitoramento nos ecossistemas aquáticos costeiros. Estudo de caso: Laguna de Araruama/RJ*. 2012. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

A intensa deterioração dos ecossistemas costeiros causada por atividades antrópicas gerou a necessidade de desenvolvimento e adequação de métodos de avaliação da qualidade ambiental. O monitoramento ambiental, instrumento básico para as ações de gestão de qualidade ambiental (6º artigo da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente- 6938/81), é utilizado para obtenção das situações padrão de referência, que consistem, essencialmente, em medições e observações específicas, em geral, dirigidas a alguns poucos parâmetros. Os objetivos do monitoramento são: verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, dimensionar a sua magnitude e, ainda, avaliar se as medidas preventivas adotadas estão sendo ou não eficazes. O propósito deste trabalho é destacar o uso do fitoplâncton, nos programas de monitoramento, como instrumento para a avaliação de impactos em ecossistemas aquáticos costeiros. Um estudo de caso foi realizado na Laguna de Araruama/RJ (22°49' - 22°57' S e 042°00' - 042°25' W), uma das maiores lagunas costeiras hipersalinas do mundo e que desde os anos 70 devido à ocupação desordenada de suas áreas sofre inúmeros impactos. Com a criação do Consórcio Intermunicipal Lagos São João em 1999, inúmeras intervenções positivas foram realizadas para a recuperação da laguna. Uma delas foi o Programa de Monitoramento no qual se utiliza o fitoplâncton como bioindicador da qualidade de suas águas, por ser o principal produtor primário dos sistemas pelágicos e, deste modo, constituir a base de toda a teia trófica desse sistema. Nos anos de 2010 e 2011, o Programa de Monitoramento revelou que este importante ecossistema encontra-se eutrofizado e que espécies de diatomáceas tóxicas como *Pseudo-nitzschia delicatissima* e *Pseudo-nitzschia seriata*, assim como dinoflagelados tais como *Dinophysis acuminata* e *Gambierdiscus toxicus* encontradas revelam o perigo que a laguna e os habitantes que se alimentam de bivalves e peixes estão correndo. Isto torna imperativo um regular monitoramento da ocorrência destas espécies em zonas de pesca e de captura de bivalves, além de medidas urgentes para transposição das águas residuárias em corpos receptores e a implementação efetiva do Projeto Orla pelo governo na Região dos Lagos.

Palavras- Chave: Monitoramento. Fitoplâncton marinho. Ecossistemas Costeiros. Avaliação.

## ABSTRACT

The severe deterioration of coastal ecosystems caused by human activities has created the need for development and improvement of methods for assessment of environmental quality. The environmental monitoring, basic tool for the management actions of environmental quality (article 6) of the Environment National Policy Law, 6938/81), is used to obtain reference standard situations, that essentially consists of measurements and specific observations generally directed to just a few parameters. The monitoring objectives are: determining whether certain environmental impacts are occurring, the magnitude scale, and also assess whether preventive measures adopted are being effective or not. The purpose of this paper is to highlight phytoplankton usage in the monitoring programs, as an instrument for the impact evaluation on coastal ecosystems. A case study was accomplished in Laguna de Araruama / RJ (22 ° 49 ' - 22 ° 57' S and 042 ° 00 ' - 042 ° 25' W), one of the largest hypersaline coastal lagoons in the world, and since the 70's, due to the disorderly occupation of its areas, it has been suffering numerous impacts. When Consórcio Intermunicipal Lagos São João was created in 1999, a lot of positive interventions were performed for the lagoon recovery. One of those benefits was in the Monitoring Program, which uses the phytoplankton as a bioindicator of the quality of its waters, since it can be considered as the main primary producer of pelagic systems, and thus form the the entire trophic web of this system. In 2010 and 2011, the monitoring program revealed that this important ecosystem is eutrophicated and that some toxic diatoms species, such as, *Pseudo-nitzschia delicatissima* and *Pseudo-nitzschia seriata*, as well as dinoflagellates, such as, *Dinophysis acuminata*, and *Gambierdiscus toxicus* found revealed the danger that the lagoon and the inhabitants that have been feeding on bivalves molluscs and fish are running. Consequently, it becomes imperative the constantly monitoring of these species occurrence in fishing area and shellfish capturing, besides urgent steps to wastewater into receiving bodies and the effective implementation of the Projeto Orla by Região dos Lagos government.

Keywords: Monitoring. Marine phytoplankton. Coastal ecosystems. Evaluation.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- MUNICÍPIOS DA ZONA COSTEIRA BRASILEIRA .....	26
FIGURA 2- ESQUEMA DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA IMPACTANDO A REGIÃO COSTEIRA .....	38
FIGURA 3- URBANIZAÇÃO NA REGIÃO COSTEIRA DO RIO DE JANEIRO .....	39
FIGURA 4: TURISMO NAS CIDADES LITORÂNEAS BRASILEIRAS. MUNICÍPIO DE CABO FRIO/RJ .....	41
FIGURA 5- RESSURGÊNCIA/REDE ARRAIAL SUSTENTÁVEL- PROJETO QUE PROMOVE A PESCA SUSTENTÁVEL NA RESERVA EXTRATIVISTA DE ARRAIAL DO CABO/RJ .....	42
FIGURA 6- EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO .....	44
FIGURA 7- LANÇAMENTO DE EFLUENTES EM CORPOS HÍDRICOS .....	46
FIGURA 8: LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO .....	49
FIGURA 9- PLANILHA DE CAMPO UTILIZADA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA. ....	72
FIGURA 10: PEIXES MORTOS NA LAGUNA DE ARARUAMA .....	81
FIGURA 11- BLOOM DE CLOROFÍCEAS (MARÉ VERDE) NA COSTA DE SAINT MICHEL-EN-GREVE, NA FRANÇA .....	82
FIGURA 12- FIGURA DE UMA DIATOMÁCEA CENTRALES, À DIREITA COMPARADA COM UM A DIATOMÁCEA PENNALES. DESENHOS DE ERNST HAECKEL .....	84
FIGURA 13 – GARRAFA DE VAN DORN UTILIZADA PARA COLETA DE FITOPLÂNCTON .....	91
FIGURA 14- REDE UTILIZADA PARA A COLETA DE FITOPLÂNCTON .....	92
FIGURA 15 - COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA PARA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA .....	96

FIGURA 16 – GARRAFA DE VAN D'ORN DE DESCIDA HORIZONTAL MUITO UTILIZADA EM TRABALHOS ORDINÁRIOS DE CAMPO .....	101
FIGURA 17 - “CABEÇA DE SONDA” MULTIPARAMÉTRICA EQUIPADA COM VÁRIOS ELETRODOS SENSORES .....	102
FIGURA 18- REDE DE COLETA DE PLÂNCTON .....	103
FIGURA 19- REDE DE ZOOPLÂNCTON (SEM COPO DE AMOSTRA) COM FLUXÔMETRO ACOPLADO À BOCA .....	103
FIGURA 20 - DISCO DE SECCHI UTILIZADO EM MEDIDAS DE CAMPO PARA ESTIMAR A EXTENSÃO DA ZONA FÓTICA .....	105
FIGURA 21- MEDIÇÃO COM DISCO DE SECCHI .....	106
FIGURA 22- CUBETAS DE SEDIMENTAÇÃO DE UTERMÖHL .....	108
FIGURA 23- MICROSCÓPIO INVERTIDO MARCA NIKON .....	108
FIGURA 24- LOCALIZAÇÃO DA LAGUNA DE ARARUAMA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO .....	113
FIGURA 25- MAPA DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA LAGUNA DE ARARUAMA .....	115
FIGURA 26- RIO MATARUNA .....	117
FIGURA 27- CANAL DO ITAJURÚ .....	122
FIGURA 28: RENOVAÇÃO DAS ÁGUAS NA LAGUNA DE ARARUAMA .....	123
FIGURA 29- PRAIA DO SIQUEIRA- PONTO DE MONITORAMENTO QUE SERÁ REALIZADO PELO CMPLA .....	127
FIGURA 30 - EM IGUABA, UMA AULA PRÁTICA DE MONITORAMENTO DA LAGUNA PROMOVIDA PELA PROLAGOS .....	127
FIGURA 31- MÁQUINA QUE TRABALHA NO DERROCAMENTO ENTRE A PONTE FELICIANO SODRÉ E A PONTE WILSON MENDES, EM CABO FRIO .....	129
FIGURA 32- OBRAS DE DRAGAGEM NO CANAL DA LAGUNA DE	

ARARUAMA .....	130
FIGURA 33- CONSTRUÇÃO DA NOVA PONTE SOBRE A PONTA DO AMBRÓSIO (CABO FRIO- SÃO PEDRO DA ALDEIA) .....	130
FIGURA 34- A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO (ETE) DO JARDIM ESPERANÇA, CONSTRUÍDA PELA PROLAGOS, EM CABO FRIO (RJ) .....	131
FIGURA 35- PONTOS DE COLETA/ COORDENADAS LOCALIZADAS NOS MUNICÍPIOS DE CABO FRIO, ARRAIAL DO CABO, SÃO PEDRO D´ALDEIA, IGUABA E ARARUAMA (RJ). 01- EXCURSIONISTAS ENSEADA/ 23 K 771452 7464269 (ARARUAMA), 02- ARARUAMA/23 K 774172 7467225 (CENTRO), BARBUDO (ARARUAMA) / 23 K 778299 7467364, 04- PONTA DO ACAÍRA/23 K 783462 7466487 , 05- IGUABA GRANDE/ 23 K 786272 7470932 , 06- SÃO PEDRO D´ALDEIA/23 K 795787 7472033 , 07- MONTE ALTO/ 23 K 797521 7463009 (ARRAIAL DO CABO) , 08- BOQUEIRÃO/ 23 K 796837 7467300 ( SÃO PEDRO D´ALDEIA), 09- ÁREA 02/ 23 K 801074 7468390 (CABO FRIO), 10- PRAIA DO SIQUEIRA/ 23 K 802093 7466943 ( CABO FRIO), 11- PALMEIRAS/ 23 K 804238 7468172 (CABO FRIO), 12- BOCA DA BARRA/ 23 K 807313 7466000 (CABO FRIO) .....	132
FIGURA 36- DIATOMÁCEA <i>NAVÍCULA SP</i> .....	133
FIGURA 37- <i>PSEUDO- NITZSCHIA DELICATISSIMA</i> .....	134
FIGURA 38- <i>GAMBIERDISCUS TOXICUS</i> (A), <i>SCRIPPSIELLA</i> (B), <i>PROROCENTUM</i> (C) .....	135
FIGURA 39- FLORAÇÃO DE CROMÓFITAS DEIXANDO A LAGUNA DE ARARUAMA COM SUAS ÁGUAS AMARRONZADAS .....	137
FIGURA 40- CHRYSOCHROMULINA: PRYMNESIOPHYTES (HAPTOPHYTES) .....	141

## **LISTA DE GRÁFICOS**

GRÁFICO 1- RELAÇÃO ENTRE N/P NO MÊS DE MARÇO/2011 .....	<b>140</b>
GRÁFICO 2- RELAÇÃO ENTRE N/P NO MÊS DE JUNHO/2011 .....	<b>140</b>

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS DOS PRINCIPAIS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS DA ZONA COSTEIRA .....	29
QUADRO 2: INSTRUMENTOS DAS POLÍTICAS PÚBLICAS INCIDENTES NA ZONA COSTEIRA E QUE SERÃO BASE PARA O ESTABELECIMENTO DE INDICADORES AMBIENTAIS URBANOS .....	34
QUADRO 3: PRINCIPAIS AÇÕES E MEDIDAS IDENTIFICADAS NO ÂMBITO DO PROJETO ORLA .....	53
QUADRO 4: SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA LAGUNA DE ARARUAMA .....	115
QUADRO 5 - VOLUME DE ÁGUA DOCE QUE ENTRA NA LAGUNA DE ARARUAMA .....	119
QUADRO 6- VAZÕES MÉDIAS DOS PRINCIPAIS RIOS CONTRIBUINTES DA LAGUNA DE ARARUAMA .....	119
QUADRO 7 - VAZÕES MÁXIMAS (M <sup>3</sup> /S) ESTIMADAS NA FOZ DOS PRINCIPAIS CURSOS DE ÁGUA .....	120

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABGE	Associação Brasileira de Geologia e Engenharia e Ambiental
CILSJ	Consórcio Intermunicipal Lagos São João
CIRM	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
CMPLA	Centro de Monitoramento Permanente da Laguna de Araruama
CNUDM	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
CODEL	Comitê de Defesa do Litoral
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará
COMPERJ	Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPPE/ UFRJ	Instituto Alberto Luiz de Coimbra de Pós- Graduação e pesquisa de Engenharia
CSBF	Comissão de Saneamento da Baixada Fluminense
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
DER	Departamento de Estradas e Rodagem
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra Seca
FECAM	Fundo Estadual de Conservação Ambiental
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
GEICO	Sub- comitê de Gerenciamento Costeiro
GELA	Sub-comitê da Laguna de Araruama e Rio Una
GELSA	Sub-comitê das Lagoas de Jaconé, Saquarema e Jacarepiá
GERSA	Sub-comitê das Bacias do Rio São João e de Rio das Ostras
GIGERCO	Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEAPM	Instituto de Pesquisas do Mar Almirante Paulo Moreira
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
MMA	Ministério de Meio Ambiente
OADS	Organização Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável
ONG	Organização Não- Governamental

PAF	Plano de Ação Federal
PEGC	Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro
PGGM	Programa de Geologia e Geofísica Marinha
PGZC	Plano de Gestão da Zona Costeira
PIB	Produto Interno Bruto
PMGC	Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro
PNGCII	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II
PNGE	Plano Nacional de Gerenciamento
PROGERCO	Programa de Gerenciamento Costeiro
PRONTAR	Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva
PSRM	Plano Setorial para os Recursos do Mar
REVIZEE	Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva
RQA-ZC	Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira
SERLA	Superintendência Estadual de Rios e Lagoas
SIGERCO	Sistema de informações em Gerenciamento Costeiro
SMA-ZC	Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira
TEBAR-DTCS	Terminal Marítima Almirante Barroso/ Ductos e Terminais do Centro Sul
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
WWF	World Wrestling Federation
ZEEC	Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....</b>	<b>22</b>
<b>1.2. Objetivos.....</b>	<b>32</b>
<b>1.3. Justificativa.....</b>	<b>33</b>
<b>1.4. Metodologia.....</b>	<b>35</b>
<u>1.4.1. Procedimentos Técnicos de Coleta de Dados .....</u>	<u><b>35</b></u>
<b>1.5. Estrutura do trabalho .....</b>	<b>36</b>
<b>2. OS PRINCIPAIS IMPACTOS NA ZONA COSTEIRA E SEUS MECANISMOS DE GESTÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1. Urbanização.....</b>	<b>38</b>
<b>2.2. Turismo.....</b>	<b>39</b>
<b>2.3. Pesca extrativista marinha .....</b>	<b>41</b>
<b>2.4. Extração de petróleo.....</b>	<b>42</b>
<b>2.5. Lançamento de efluentes industriais e domésticos.....</b>	<b>44</b>
<b>2.6. O Gerenciamento da Zona Costeira no Brasil .....</b>	<b>46</b>
<u>2.6.1. A Legislação Brasileira.....</u>	<u><b>46</b></u>
<u>2.6.2. O Gerenciamento Costeiro no Rio de Janeiro.....</u>	<u><b>48</b></u>
2.6.2.1. O litoral do Rio de Janeiro .....	<b>48</b>
2.6.2.2. O Gerenciamento Costeiro no Estado do Rio de Janeiro.....	<b>49</b>
2.6.2.3. O Gerenciamento Costeiro na Região dos Lagos .....	<b>51</b>
<b>3. O MONITORAMENTO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO PARA A SUSTENTABILIDADE DA REGIÃO COSTEIRA .....</b>	<b>55</b>
<b>3.1. Parâmetros ambientais.....</b>	<b>57</b>

<u>3.1.1. Parâmetros físicos e químicos de qualidade da água</u> .....	58
3.1.1.1 Parâmetros Físicos .....	58
3.1.1.2. Parâmetros Químicos .....	63
<b>3.2. Exemplo de Monitoramento da qualidade da água: COGERH (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará)</b> .....	70
<b>3.3. Biomonitoramento</b> .....	73
<b>3.4. Indicadores biológicos</b> .....	75
<b>3.5. Fitoplâncton</b> .....	78
<u>3.5.1. Breve histórico</u> .....	78
<u>3.5.2. Ecologia das Comunidades fitoplanctônicas</u> .....	79
3.5.2.1. Classe Bacillariophyceae- Diatomáceas.....	82
3.5.2.2. Classe Dinophyceae- Dinoflagelados.....	85
3.5.2.3. Classe Euglenophyceae- Euglenofíceas.....	85
3.5.2.4. Cianobactérias .....	86
3.5.2.5. Classe Prymnesiophyceae – Cocolitoforídeos.....	88
3.5.2.6. Classe Clorophyceae- Clorofíceas.....	90
<b>4. UTILIZAÇÃO DO FITOPLÂNTON EM PROGRAMAS DE MONITORAMENTO</b> .....	91
<b>4.1. Metodologia de Campo</b> .....	91
<b>4.2. Recomendações e Cuidados no Monitoramento</b> .....	92
<u>4.2.1. Preservação e armazenamento de amostras de água</u> .....	93
4.2.1.1. Técnicas de preservação de amostras de água.....	94
4.2.1.2-Armazenamento.....	95
4.2.1.3. Cuidados gerais na coleta de amostras para exame bacteriológico.....	96

4.2.1.4. Conservação e Preservação.....	96
<b>4.3. Procedimentos de rotina .....</b>	<b>97</b>
<u>4.3.1. Cuidados gerais para coleta de amostra de água.....</u>	<u>97</u>
<u>4.3.2. Cuidados durante o trabalho de campo.....</u>	<u>98</u>
<u>4.3.3. Cuidados após o trabalho de campo.....</u>	<u>99</u>
<b>4.4. Cuidados na operação de equipamentos de amostragem e coleta de dados.....</b>	<b>100</b>
<u>4.4.1. Garrafa de Van D'orn.....</u>	<u>100</u>
<u>4.4.2. Sondas multiparamétricas.....</u>	<u>101</u>
<u>4.4.3. Redes de Plâncton.....</u>	<u>102</u>
<u>4.4.4. Disco de Secchi.....</u>	<u>104</u>
<b>4.5. Metodologia de Laboratório.....</b>	<b>107</b>
<b>5. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>112</b>
<b>5.1. Hidrologia.....</b>	<b>114</b>
<u>5.1.1. Rios Afluentes.....</u>	<u>114</u>
<u>5.1.2. Escoamento e Regime.....</u>	<u>118</u>
<u>5.1.3. Transporte de Sedimentos .....</u>	<u>120</u>
<u>5.1.4. Usos da Água e Obras Hidráulicas nos Rios Afluentes.....</u>	<u>120</u>
<u>5.1.5. Qualidade da Água dos Rios.....</u>	<u>121</u>
<u>5.1.6. Interação estuário- oceano.....</u>	<u>121</u>
<u>5.1.7. Dragagens na Laguna.....</u>	<u>123</u>
<u>5.1.8. Sistema de Alimentação e Escoamento.....</u>	<u>124</u>
<b>5.2. O Monitoramento da Laguna de Araruama/RJ.....</b>	<b>125</b>
<u>5.2.1. Histórico.....</u>	<u>125</u>
<u>5.2.2. Revitalização da Laguna de Araruama.....</u>	<u>128</u>

<u>5.2.3. Caracterização ambiental da Laguna de Araruama através do fitoplâncton em 2010/2011</u> .....	<b>131</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>142</b>
<b>7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>146</b>

## INTRODUÇÃO

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A intensa deterioração dos ecossistemas costeiros causada por atividades antrópicas tais como ocupação desordenada do solo, lançamento de efluentes domésticos e industriais, sobreexploração de recursos naturais, dentre outras, gerou a necessidade de desenvolvimento e adequação de métodos de avaliação da qualidade ambiental (BRUSCHI Jr. *et al.*, 2000). O manejo e a conservação da integridade biótica e dos ecossistemas requerem a identificação de situações padrão e referência que permitam a identificação de métodos objetivos e precisos de avaliação (HUGHES & NOSS, 1992; ROSENBERG & RESH, 1993). O monitoramento ambiental, instrumento básico para as ações de gestão de qualidade ambiental (6º artigo da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente- 6938/81), é utilizado para obtenção destas situações padrão de referência, que consistem, essencialmente, em medições e observações específicas, em geral, dirigidas a alguns poucos parâmetros, com o objetivo de verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, dimensionar a sua magnitude e, ainda, avaliar se as medidas preventivas adotadas estão sendo ou não eficazes (BITAR & ORTEGA, 1998).

O primeiro passo para um programa de monitoramento ambiental eficaz é a adoção de critérios adequados e rigorosos para diagnosticar a situação atual dos ecossistemas costeiros. Para tanto, a definição quanto ao tipo de indicador é fundamental, pois é este o instrumento que permite mensurar as modificações nas características de um sistema, e deve ser específico para o monitoramento proposto.

As metodologias tradicionalmente, para avaliação de impactos ambientais em ecossistemas costeiros, trazem algumas vantagens, tais como: identificação imediata de modificações nas propriedades físicas e químicas da água; detecção precisa da variável modificada, e determinação destas concentrações alteradas. Entretanto este sistema apresenta algumas desvantagens, tais como a descontinuidade temporal e espacial das amostragens, a baixa eficiência na detecção de alterações na diversidade de habitats, microhabitats e na determinação das consequências da alteração da qualidade de água sobre as comunidades biológicas.

De modo a aumentar a eficiência dos sistemas de detecção de impactos ambientais é fundamental a integração dos resultados das análises físico-químicas às características biológicas dos ecossistemas (ROSENBERG & RESH, 1993; BUSS *et al.*, 2003).

As comunidades biológicas refletem a integridade ecológica total dos ecossistemas (p. ex., integridade física, química e biológica), integrando os efeitos dos diferentes agentes impactantes e fornecendo uma medida agregada dos impactos (BARBOUR *et al.*, 1999). As comunidades biológicas de ecossistemas aquáticos são formadas por organismos que apresentam adaptações evolutivas a determinadas condições ambientais e apresentam limites de tolerância a diferentes alterações das mesmas (ALBA- TERCEDOR, 1996). Desta forma, o monitoramento biológico constitui-se como uma ferramenta na avaliação das respostas destas comunidades biológicas a modificações nas condições ambientais originais.

A lógica desta abordagem, chamada de monitoramento biológico ou biomonitoramento, baseia-se nas respostas dos organismos em relação ao meio em que vivem. O monitoramento biológico é realizado principalmente através da aplicação de diferentes protocolos de avaliação, índices biológicos e multimétricos, tendo como base a utilização de bioindicadores de qualidade de água e habitat. Os principais métodos envolvidos abrangem o levantamento e avaliação de modificações na riqueza de espécies e índices de diversidade; abundância de organismos resistentes; perda de espécies sensíveis; medidas de produtividade primária e secundária; sensibilidade a concentrações de substâncias tóxicas (ensaios ecotoxicológicos), entre outros (BARBOUR *et al.*, 1999). Uma vantagem dessa abordagem é a maior eficiência na detecção de fontes de poluição difusa<sup>1</sup> a um custo significativamente menor (LENAT & BARBOUR, 1994).

Reforçando a necessidade de integração entre os métodos tradicionais e os fornecidos pela análise biológica, há que se considerar que o monitoramento através de métodos físico-químicos aborda o tipo e a intensidade de fatores, inferindo apenas indiretamente sobre os efeitos nos organismos. Já o biomonitoramento fornece informações sobre os efeitos de estressores no sistema biológico, podendo-se eventualmente inferir sobre a qualidade e quantidade do distúrbio. O uso combinado destas ferramentas aumenta o potencial de detecção das causas e de avaliação dos efeitos de estressores sobre os ecossistemas costeiros.

---

<sup>1</sup>As fontes de **poluição difusa** são assim chamadas por não terem um ponto de lançamento específico ou por não advirem de um ponto preciso de geração, tornando-se assim de *difícil controle e identificação*. Exemplos de cargas difusas: a infiltração de agrotóxicos no solo proveniente de campos agrícolas, o aporte de nutrientes em córregos e rios através da drenagem urbana.

O fitoplâncton, formado por protistas autotróficos, em sua grande maioria microscópica, que flutuam com pouca capacidade de locomoção nos oceanos e mares, na superfície de águas salobras e doces, é considerado um excelente bioindicador (AZEVEDO & BONECKER, 2003). O fitoplâncton é o principal produtor primário dos sistemas pelágicos<sup>2</sup> e por isso constitui-se na base de toda a teia trófica desse sistema. Por esta razão, quaisquer alterações significativas na constituição das comunidades fitoplânctônicas têm reflexos importantes na estrutura de toda a cadeia trófica pelágica. Fatores como profundidade, temperatura, salinidade, concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos, pH, turbidez (que afeta a penetração de luz na coluna d'água), localização e morfologia do ecossistema são algumas das forças que definem a estrutura das comunidades fitoplanctônicas (REYNOLDS, 1984). Sua íntima relação com o meio circundante faz com que estes organismos sejam prontamente afetados por alterações, mesmo que pequenas, em uma ou mais das variáveis químicas e/ou físicas mencionadas acima. Por estas razões, a utilização do plâncton como bioindicador tem sido uma prática cada vez mais comum nos programas de avaliação e monitoramento de condições ambientais (WHITTON & KELLY, 1995; WHITTON *et al.*, 1991).

Os ambientes costeiros são de grande importância ecológica e econômica, pois constituem áreas quase sempre eutróficas<sup>3</sup>, com expressiva atividade fotossintética e, portanto, elevada produção primária. Devido à disponibilidade nutricional deste primeiro elo trófico, regiões costeiras funcionam como criadouros naturais de organismos fluviais, estuarinos e marinhos, fazendo com que os estudos de cunho científico nestas áreas sejam relevantes (PASSAVANTE & KOENING, 1984). É uma região de interface entre o continente e o mar dominada por processos originados nas bacias de drenagem dos rios afluentes, por processos oceanográficos e atmosféricos. Atualmente, as regiões costeiras englobam menos de 20% da superfície do planeta. Entretanto, contêm mais de 45% da população humana; hospeda 75% das megalópoles com mais de 10 milhões de habitantes e produz cerca de 90% da pesca global.

No Brasil, a importância estratégica da zona costeira pode ser rapidamente evidenciada por algumas informações estatísticas. Com cerca de 8.500 km de extensão e numa área de aproximadamente 388 mil km<sup>2</sup>, a zona costeira abrange 395 municípios em 17 estados (**Figura**

---

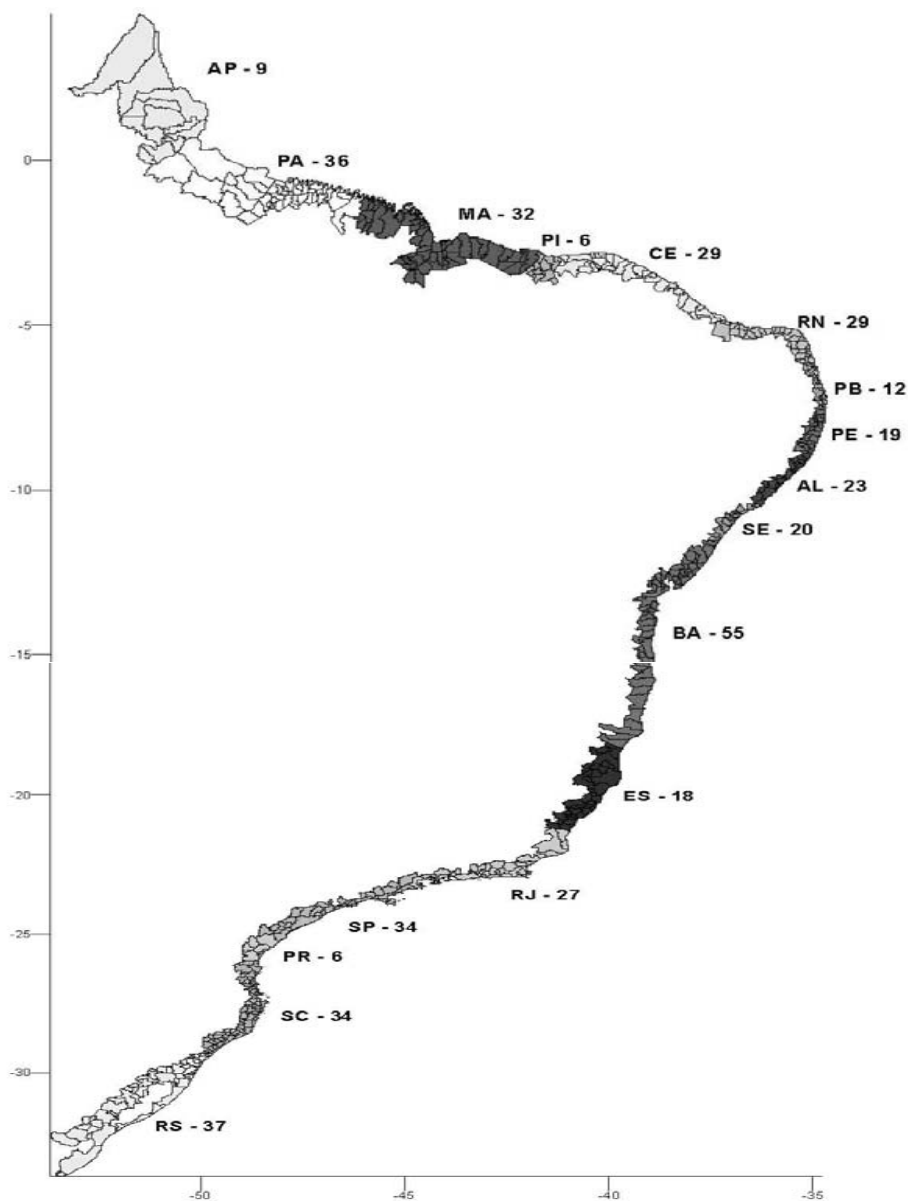
<sup>2</sup> Do latim pelagos, que significa o "mar aberto" é a região oceânica onde vivem normalmente seres vivos que não dependem dos fundos marinhos (o bentos e os organismos demersais).

<sup>3</sup> Do ponto de vista ecológico, o termo "eutrofização" designa o processo de degradação que sofrem os lagos e outros reservatórios naturais de água quando excessivamente enriquecidos de nutrientes como nitrogênio e fósforo, que limita a atividade biológica.

1), onde habitam 40 milhões de habitantes; enquanto a densidade demográfica média do país é de 20 hab/km<sup>2</sup>, nessa região ela é cinco vezes maior (105 hab/km<sup>2</sup>) (Ministério do Meio Ambiente-MMA, 2006). De fato, a zona costeira brasileira não somente é a área de maior adensamento populacional do país, mas compreende as principais regiões metropolitanas como Belém, Fortaleza, Recife, Salvador, Rio de Janeiro e São Paulo. Estima-se que as atividades econômicas nesses espaços sejam responsáveis por cerca de 70% do PIB<sup>4</sup> (Produto Interno Bruto) nacional. A faixa marítima vai até as 12 milhas marítimas, compreendendo a totalidade do Mar Territorial Brasileiro.

---

<sup>4</sup> O Produto Interno Bruto (PIB) representa a soma (em valores monetários) de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região (quer seja, países, estados, cidades), durante um período determinado (mês, trimestre, ano, etc). O PIB é um dos indicadores mais utilizados na macroeconomia com o objetivo de mensurar a atividade econômica de uma região.



**Figura 1- Municípios da zona costeira brasileira**

Fonte: Tagliani, 2005

A costa brasileira abriga um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental. Ao longo do litoral brasileiro podem ser encontrados manguezais, restingas, dunas, praias, ilhas, costões rochosos, baías, brejos, falésias, estuários, recifes de corais e outros ambientes importantes do ponto de vista ecológico, todos apresentando uma riqueza em espécies muito grande, e enorme biodiversidade. Isso se deve, basicamente, às diferenças climáticas e geológicas da costa brasileira.

A zona costeira está presente também no texto constitucional em seu Título VIII, Capítulo VI, nas disposições sobre o meio ambiente, Artigo 225, que afirma:

*Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1998).*

Sobre a zona costeira, o 4º Parágrafo define:

*A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais (id. ibid.).*

Nesta região se localizam as maiores presenças residuais de Mata Atlântica; ali a vegetação possui uma biodiversidade superior no que diz respeito à variedade de espécies vegetais. Também os manguezais, de expressiva ocorrência na zona costeira, cumprem funções essenciais na reprodução biótica da vida marinha. Enfim, os espaços litorâneos possuem riquezas significativas de recursos naturais.

A região costeira se constitui em importante zona de produção de alimentos através da agropecuária, pesca e aqüicultura; é foco de desenvolvimento industrial e de transporte; fonte significativa de recursos minerais, incluindo petróleo e gás natural; principal destino turístico em todos os continentes; e abundante reservatório de biodiversidade e ecossistemas, dos quais depende o funcionamento do planeta. Tal pressão antrópica e econômica nesses espaços ocasionaram inúmeros problemas e conflitos, dentre os quais podemos citar: baixo índice de coleta e principalmente de tratamento de esgotos domésticos, desmatamento, erosão, poluição das águas, deslizamento de encostas, risco para a biodiversidade marinha e terrestre, em particular os manguezais.

Cabe, ainda, ressaltar que a zona costeira será fortemente impactada pelos fenômenos associados às mudanças climáticas. McINNES (2006) relata que mudança climática é um acontecimento antigo e tem impactos amplos nas zonas costeiras com custos econômicos substanciais para as pessoas e danos para os ecossistemas. KENNEDY *et al.*, (2002) afirmam que em termos de mudança climática global, fatores ambientais que são esperados para ter os maiores efeitos diretos nos sistemas estuarinos e marinhos são a mudança na temperatura,

elevação do nível do mar, a disponibilidade da água de precipitação e de escoamento, padrões de vento e tempestades. Frente à revisão bibliográfica realizada, foi construída uma proposta de classificação dos principais efeitos das mudanças climáticas, e seus possíveis impactos, que já foram constatados ou são previstos para afetar, de maneira mais intensa, as zonas costeiras das diversas regiões do globo (**Quadro 1**).

EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS	IMPACTOS NO MEIO FÍSICO	IMPACTOS NO MEIO BIÓTICO
Aumento da temperatura dos oceanos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alteração das correntes costeiras e oceânicas.</li> <li>2. Mudanças no regime de ondas.</li> <li>3. Degelo das calotas polares.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprometimento dos ecossistemas de recifes de corais.</li> <li>2. Alteração na produtividade dos oceanos.</li> <li>3. Alteração dos fluxos migratórios de recursos pesqueiros</li> <li>4. Alteração na distribuição e abundância das espécies.</li> <li>5. Mudanças nas interações ecológicas entre as espécies.</li> <li>6. Alterações na fenologia (o tempo de atividades sazonais).</li> <li>7. Alteração na proporção de sexos primários de animais que possuem determinação sexual dependentes da temperatura.</li> </ol>
Elevação do nível médio do mar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Intensificação dos processos erosivos da linha de costa em praias arenosas – retração da linha de costa.</li> <li>2. Alteração dos fluxos de transporte e sedimentos na zona costeira.</li> <li>3. Deslizamento de falésias.</li> <li>4. Inundações de baixios da zona costeira.</li> <li>5. Intensificação dos processos de intrusão de cunha salina em estuários.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Supressão (comprometimento) de ecossistemas costeiros.</li> <li>2. Afogamento de ecossistemas de recifes de corais.</li> <li>3. Morte de plantas por estresse salino em habitats de manguezal e de pântanos salinos.</li> </ol>
Alteração na frequência e intensidade de evento e extremos (aumento na frequência e intensidade de ressacas, aumento do período de estiagem; aumento do regime de precipitação; aumento na frequência e intensidade de furacões.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inundação de baixios.</li> <li>2. Inundação de manguezais e marismas.</li> <li>3. Intrusão salina em estuários.</li> <li>4. Erosão de praias arenosas.</li> <li>5. Enfraquecimento de toda a circulação dirigida pelo vento.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alteração das redes alimentares nos estuários.</li> <li>2. Mudanças no tempo de permanência de nutrientes e contaminantes.</li> <li>3. Danos para comunidades de organismos estuarinos adaptados a baixa salinidade.</li> <li>4. Perda de produtividade biológica em estuários dominados por influência fluvial.</li> <li>5. Alteração da estrutura e funcionamento de ecossistema no oceano aberto e próximos da terra.</li> <li>6. Alteração na produtividade de sistemas estuarinos e marinhos.</li> </ol>

**Quadro 1- Classificação dos impactos dos principais efeitos das mudanças climáticas globais da zona costeira.**

Fonte: [http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=9162](http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=9162)

Em termos de políticas públicas, apesar de uma série de iniciativas anteriores envolvendo a proteção dos sistemas estuarinos e das zonas costeiras, em diferentes áreas de atuação do estado (uso e ocupação do solo, saneamento, meio ambiente, etc.), o tema passou a ter maior importância no cenário nacional com a promulgação da Constituição de 1988 que declarou a Zona Costeira como Patrimônio Nacional. Assim, foi instituído o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e criados grupos para a sua implementação. Essa política tem o município como base de planejamento físico territorial e ocupa-se do gerenciamento de recursos marinhos e da proteção dos ecossistemas (PEREZ, 2007).

A influência das atividades do homem sobre a zona costeira não foi reconhecida como importante até a metade do século XIX. Antes dessa época estava limitada aos efeitos da descarga de efluentes de natureza doméstica e, mais recentemente, à erosão nas áreas agrícolas, que ocasionavam um maior transporte de sedimentos para os rios. A partir de meados do século passado, houve uma enorme expansão das atividades em complexos industriais instalados nas proximidades dos estuários (com a fabricação de grande diversidade de materiais e substâncias), da agricultura (com a utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas), da construção de barragens para a instalação de usinas hidroelétricas e da indústria pesqueira. Com a conseqüente expansão populacional nas cidades próximas aos estuários, aumentou consideravelmente a influência do homem, colocando em risco o desenvolvimento sustentável desses ambientes (MIRANDA *et al.*, 2002).

Em virtude disso, no tocante aos aspectos ecológicos, trabalhos nestes ambientes devem receber considerável atenção, uma vez que seus resultados podem levar a um aproveitamento racional de recursos e ao controle dos poluentes orgânicos (FEITOSA, 1988). Neste cenário o estudo da biomassa fitoplanctônica em ecossistemas aquáticos deve ser destacado, pois possibilita uma avaliação do potencial de produção biológica, bem como a obtenção de informações necessárias para uma possível utilização racional desses ecossistemas (TUNDISI & TUNDISI, 1976; PASSAVANTE & FEITOSA, 1990).

Inúmeros são os estudos de impacto ambiental desenvolvidos no Brasil que utilizam o fitoplâncton como instrumento de diagnose ambiental. No Sudeste do Brasil, e em especial no Estado do Rio de Janeiro, programas de monitoramento ambiental são realizados por Universidades, Empresas de consultoria ambiental, Concessionárias de água e esgoto, Secretarias

de Meio Ambiente. Abaixo, estão listados alguns programas de monitoramento ambiental realizados no Estado do Rio de Janeiro:

- **Monitoramento ambiental da biota aquática (Fitoplâncton, Zooplâncton, Ictioplâncton) da qualidade de água e sedimentos (Macrozoobentos) do projeto de implantação do terminal aquaviário da Ilha Comprida, adaptações no terminal aquaviário da Ilha Redonda e dutos de transferência de GLP (Gás de Petróleo Liquefeito) na Baía de Guanabara, RJ;**

- **Análise de águas superficiais, sedimento e biota aquática (Fitoplâncton, Zooplâncton, Perifiton e Macrozoobentos) da área de influência da Usina Termoeletrica Barbosa Lima Sobrinho, RJ;**

- **Monitoramento da biota aquática (Fitoplâncton, Zooplâncton, Ictioplâncton) a qualidade da água, sedimentos (Macrozoobentos) do Terminal Flexível de Gás Natural Liquefeito da Baía de Guanabara, RJ;**

- **Monitoramento da comunidade planctônica do Rio Guandu e Canal de São Francisco na região de TKCSA (Thyssenkrupp CSA Siderúrgica do Atlântico), RJ;**

- **Monitoramento da biota aquática (Fitoplâncton, Zooplâncton, Ictioplâncton) e sedimentos (Macrozoobentos), no entorno da área do píer da Companhia Portuária Baía de Sepetiba, RJ;**

- **Monitoramento da biota aquática (Fitoplâncton, Zooplâncton, Ictioplâncton) e sedimentos (Macrozoobentos) da Infra-Estrutura Dutoviária do COMPERJ, RJ;**

- **Campanha Oceanográfica de monitoramento da biota aquática (Fitoplâncton, Zooplâncton, Ictioplâncton) sedimentos (Macrozoobentos) das plataformas SS-06, UEP PCE-01 e do FPSO da cidade de Rio das Ostras, RJ;**

- **Análise de Fitoplâncton nas amostras de Tanque: Barra e Botafogo, nas instalações da empresa Ecotep, RJ;**

- **Monitoramento do Fitoplâncton, Zooplâncton, Ictioplâncton e Zoobentos no Licenciamento Ambiental TPAR-Angra dos Reis, RJ;**

Dentre os ecossistemas costeiros monitorados no Estado do Rio de Janeiro, destaca-se o realizado na Laguna de Araruama. Situada na Região dos Lagos, esta laguna é circundada por cinco municípios: Araruama, Arraial do Cabo, Cabo Frio, São Pedro da Aldeia e Iguaba. A

Laguna de Araruama é a maior laguna hipersalina em estado permanente do mundo e desde os anos 60 vem sendo transformada em um paraíso para turistas e veranistas (COUTINHO *et al.*, 1999). Suas margens recebem mais de um milhão de visitantes (cinco vezes a população normal da região nos meses de verão e em feriados mais longos). Tal fluxo exige uma complexa infraestrutura para atender às necessidades de abastecimento de água potável, tratamento de esgotos, estradas, hotéis, restaurantes e etc.

O resultado de tanta procura nos últimos anos tem sido o crescimento descontrolado da região, pondo em risco a saúde deste importante ecossistema. A enorme carga de esgotos gerada pela população (fixa e flutuante) é despejada diretamente na laguna, com 55% do esgoto, da população urbana, tratado apenas em tempo seco, reduzindo a qualidade da água e ameaçando todo o sistema, principalmente nos meses de alta temporada. A laguna, as praias e as dunas correm sério risco de rápida degradação em função do crescimento desordenado e sem planejamento ambiental.

## **1.2. Objetivos**

Considerando a utilização de programas de monitoramento como instrumentos de gerenciamento de regiões costeiras e reforçando o uso de fatores bióticos, como o fitoplâncton, nestes programas, os objetivos do presente estudo são:

### Geral:

- Destacar o uso do fitoplâncton, nos programas de monitoramento, como instrumento para a avaliação de impactos em ecossistemas aquáticos costeiros.

### Específicos:

- Descrever a importância do monitoramento ambiental em zonas costeiras como processo fundamental para a minimização e/ou prevenção de problemas ambientais em áreas estratégicas e na diminuição dos gastos com tecnologias avançadas e com reparação desses problemas;

- Difundir, por meio de produção de trabalhos científicos e interface com o público, a importância e a utilidade de programas de monitoramento como pilares para sustentabilidade;
- Citar as variáveis ambientais relacionadas à qualidade da água e sua correlação com o fitoplâncton;
- Descrever os processos metodológicos de monitoramento utilizando o fitoplâncton e os cuidados necessários para um monitoramento eficiente;
- Caracterizar a qualidade das águas da Laguna de Araruama através do fitoplâncton.

### **1.3. Justificativa**

Devido ao crescimento desordenado na região costeira os impactos ambientais são frequentes. A maioria dos municípios litorâneos não possui um programa adequado de sistematização de dados que permitam analisar o estado atual da qualidade ambiental existente, bem como da qualidade de vida das populações que ali vivem.

Fica claro que as Fundações de Meio Ambiente, as Secretarias de Planejamento, Saúde e de Educação não sistematizam seus dados de tal forma que seja possível estabelecer o estado de referência desejado. Logo passam a ser infundadas as diversas promessas dos políticos locais que buscam qualidade de vida e ambiental para o setor costeiro, visto que não existem referências do que sejam tais questões em um nível regional e local.

Cabe ainda ressaltar que é fundamental que os municípios tenham como referência as mais diversas políticas públicas concorrentes na zona costeira, tais como a de Recursos Hídricos (Lei 9433/97), obviamente o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei 7.661/88) e o Estatuto das Cidades (Lei 10.257/2001) que passam desta forma a serem adequadas ao desenvolvimento de um gerenciamento participativo, bem como possui instrumentos adequados (**Quadro 2**) para reverter o processo de degradação ambiental nos ecossistemas como a Laguna de Araruama.

Desta maneira é fundamental que os municípios que compõem a Região dos Lagos/RJ desenvolvam um sistema de informações através da coleta de dados, estabelecendo uma visão

sistêmica da realidade da Laguna de Araruama, a qual é de grande relevância para a população local e para as autoridades devido a sua importância econômica à Região.

Características	PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938/81)	PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9433/97)	PNGC – Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei 7.661/88)	Estatuto das Cidades (Lei 10.257/2001)
Instrumentos	<p>Estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;</p> <p>Zoneamento ambiental;</p> <p>Avaliação de Impactos Ambientais;</p> <p>Licenciamento e revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;</p> <p>Incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental;</p> <p>Criação de reservas e estações ecológicas, áreas de proteção ambiental e as de relevante interesse ecológico, pelo Poder Público Federal, Estadual e Municipal;</p> <p>Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente;</p> <p>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;</p> <p>Relatório de Qualidade do Meio ambiente;</p> <p>Informações sobre o Meio Ambiente;</p> <p>Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadores de recursos ambientais.</p>	<p>Enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água;</p> <p>Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;</p> <p>Cobrança pelo uso de recursos hídricos;</p> <p>Plano de Recursos Hídricos; e</p> <p>Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.</p>	<p>Além dos previstos no Artigo 9º da Lei 6.938/81, estes:</p> <p>PEGC – Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro;</p> <p>PMGC – Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro;</p> <p>SIGERCO – Sistema de informações em Gerenciamento Costeiro;</p> <p><b>SMA-ZC – Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira;</b></p> <p>RQA-ZC – Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira;</p> <p>ZEEC – Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro; e</p> <p>PGZC – Plano de Gestão da Zona Costeira.</p>	<p>Planos nacionais e estaduais de ordenação do território;</p> <p>Planejamento das regiões metropolitanas, aglomerados urbanos e microrregiões;</p> <p>Plano Diretor;</p> <p>Zoneamento Ambiental;</p> <p>Institutos Tributários e Financeiros; e</p> <p>Institutos Jurídicos e Políticos</p>

**Quadro 2: Instrumentos das políticas públicas incidentes na zona costeira e que serão base para o estabelecimento de indicadores ambientais urbanos.**

Fonte: Polette *et al.*, 2003.

## **1.4. Metodologia**

Quanto ao nível pretendido, a pesquisa é de natureza qualitativa, pois não procura quantificar, mas sim elaborar uma análise descritiva sobre a importância do biomonitoramento utilizando o fitoplâncton no gerenciamento da zona costeira.

### 1.4.1. Procedimentos Técnicos de Coleta de Dados

A confecção do presente trabalho baseia-se numa extensa e exaustiva revisão bibliográfica, nacional e internacional, na busca de informações em diversas páginas da Internet e de funcionários das Concessionárias Prolagos e Águas de Juturnaíba e integrantes do Consórcio Intermunicipal Lagos São João.

A bibliografia utilizada para a realização deste estudo consta de livros, artigos, periódicos, jornais, monografias, dissertações, relatórios e material interno do Consórcio Intermunicipal Lagos São João e das Concessionárias da Região, o que deu sustentação para a discussão da temática tratada neste trabalho.

Assim, nesta pesquisa foi utilizado não só o conhecimento formal e lógico, mas também o conhecimento “experencial” desta pesquisadora, adquirida no período da graduação em 2002 no qual utilizou o fitoplâncton como indicador de qualidade de água da Baía de Vitória (ES) para confecção de sua monografia (MAGALHÃES, 2002). Segundo Lüdke e André (1986), este caráter subjetivo é importante no processo de análise dos dados, porque enriquece a pesquisa qualitativa.

Para esta dissertação foi escolhido como caso a ser estudado, o programa de monitoramento biológico realizado na Laguna de Araruama (RJ) uma vez que este ecossistema tem uma importância ecológica, econômica e social muito grande para a Região dos Lagos, já que muitas famílias sobrevivem, direta ou indiretamente, da pesca e do turismo.

### 1.5. Estrutura do trabalho

Além da presente **introdução**, este trabalho está organizado em mais quatro partes. O **capítulo 2** apresenta a situação atual da zona costeira brasileira: suas principais características, ecossistemas, problemas enfrentados e os mecanismos de gestão.

Em seguida, o **capítulo 3**, baseado em trabalhos recentes disponíveis na literatura, destaca a importância do Monitoramento Ambiental como instrumento para a sustentabilidade da Região Costeira, conceitua Biomonitoramento, enfoca a ecologia das comunidades fitoplanctônicas, o uso do fitoplâncton como indicador biológico nos ecossistemas aquáticos costeiros e os parâmetros ambientais correlacionados a este .

O **capítulo 4** descreve os processos metodológicos de monitoramento utilizando o fitoplâncton e os cuidados e recomendações necessárias para um monitoramento eficiente.

O **capítulo 5** encontra-se a essência deste trabalho de pesquisa. O Capítulo 5 apresenta a área de estudo e sua hidrologia, descreve sobre as medidas de revitalização da Laguna de Araruama enfocando o Programa de Monitoramento na Laguna de Araruama desde a criação do Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ) em 1999 até o ano de 2011 e caracteriza a Laguna de Araruama através do fitoplâncton nos anos de 2010/2011.

Finalmente, nas **considerações finais**, são retomadas as principais conclusões de cada capítulo e enfatizada a importância e complexidade do tema.

## 2. OS PRINCIPAIS IMPACTOS NA ZONA COSTEIRA E SEUS MECANISMOS DE GESTÃO

As *regiões costeiras* são sistemas altamente complexos, resultantes da intercepção da hidrosfera, da geosfera, da atmosfera e da biosfera. É precisamente desta complexidade que resultam não apenas a elevada variabilidade que apresentam, mas também as grandes potencialidades que as caracterizam (DIAS, 2003).

Para Souza *et al.* (2003), a *região costeira* pode ser considerada como um espaço repleto de contrastes, constituindo-se, dessa forma, um campo privilegiado para o exercício de diferentes estratégias de gestão ambiental (VOIVODIC, 2007). Ao longo do litoral são encontradas áreas para onde converge intensa urbanização, bem como uma exploração turística em larga escala (principalmente junto às metrópoles litorâneas, que constituem centros difusores dos movimentos de ocupação territorial do litoral), a pesca e a maricultura, as atividades industriais, portuárias e de extração de petróleo (SCHERER *et al.*, 2007).

Na costa brasileira as atividades antrópicas (**Figura 2**) mais importantes advêm da ocupação desordenada do solo e da exploração predatória dos recursos naturais, levando à graves impactos socioambientais, com destaque para:

1. Contaminação hídrica por falta de saneamento básico aumentando os níveis de risco para a saúde humana; Acidentes em áreas de risco ocupadas pela população pobre.
2. Perda da biodiversidade pela diminuição da superfície de hábitat críticos e fragmentação de ecossistemas.
3. Diminuição da produtividade primária, devido à supressão da Mata Atlântica, da vegetação de restinga e, principalmente, dos manguezais.
4. Deterioração do patrimônio histórico-cultural costeiro.
5. Dificuldades crescentes no acesso aos bens de uso público, como as praias.
6. Perda de patrimônio público.
7. Contaminação química dos ecossistemas em decorrência da indústria petroleira e da atividade portuária.
8. Redução da diversidade das paisagens naturais e erosão costeira.

Tais impactos são extremamente significativos nas áreas costeiras, trazendo sérios problemas, sendo muitas vezes superior a capacidade de assimilação dos sistemas naturais,

exercendo pressões no ambiente ou produzindo vários impactos negativos, como a locação de materiais impróprios, suporte da infra-estrutura e modificação do escoamento superficial e a drenagem subterrânea, e desmatamento de áreas naturais (CAVALCANTI & CAMARGO, 2002).



**Figura 2- Esquema das atividades antrópicas na bacia hidrográfica impactando a região costeira**

Fonte: <http://www.institutomilenioestuarios.com.br/>

A seguir serão apresentadas as principais atividades humanas na zona costeira e seus impactos nos mananciais e ecossistemas marinhos.

### 2.1. Urbanização

A urbanização (**Figura 3**), quando realizada sem planejamento e controle, leva a vários impactos ambientais e sociais. Dentre os impactos sobre o meio físico-natural ressaltam-se: a elevação dos níveis da poluição provocada pelo lançamento de resíduos sólidos e líquidos no solo, nos cursos e corpos de água e no mar; a destruição de ecossistemas, desmatamento, constituindo-se em ameaças à biodiversidade terrestre e marinha; a degradação do litoral pela intensa retirada de areia, manguezais e vegetação, pela erosão terrestre e marinha e pela alteração de paisagens; a redução na disponibilidade de água doce em função do aumento da demanda,

utilização excessiva das reservas de água do subsolo e subterrânea, e rebaixamento do lençol freático; e a ocupação de áreas de relevante importância ambiental.

Os impactos no meio sócio-econômico estão mais relacionados a perdas humanas e materiais causados por desastres advindos de ocupação em áreas de risco; problemas de saúde pública pela falta de saneamento; degradação da identidade cultural de grupos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais; e degradação de referências culturais e históricas.



**Figura 3- Urbanização na Região Costeira do Rio de Janeiro.**

Fonte: <http://concursosdeprojeto.org/2010/08/>

## 2.2. Turismo

O acelerado crescimento do turismo (**Figura 4**) nos anos 50 e o aperfeiçoamento do homem em relação à natureza fizeram com que o processo de degradação ambiental aumentasse. "Os indicadores apontam para um crescimento contínuo da atividade, em cerca de 4% a 5% ao ano e conseqüentemente, os impactos sobre o meio ambiente também se intensificarão" (RUSCHMANN, 1997). Entretanto, no momento em que a atividade turística acontece, o ambiente é inevitavelmente modificado. Os impactos ambientais advindos do turismo se dão devido às modificações e transformações que essa atividade ocasiona no meio natural. Como

aponta (RUSCHMANN, 1997), os impactos são resultados de um processo de interação complexo entre os turistas, as comunidades e os meios receptores e não de uma causa específica.

Com o grande aumento da indústria turística, houve a necessidade de aumentar e instalar a infra-estrutura; como os meios de hospedagens, restaurantes, saneamento básico, etc., de forma inadequada sem saber os seus efeitos sobre o ambiente local. CRUZ, 2003 nos relata ainda que:

*"Os impactos do turismo em ambientes naturais estão associados tanto à colocação de infra-estrutura nos territórios para que o turismo possa acontecer com a circulação de pessoas que a prática turística promove nos lugares. (...) meios de hospedagem edificados em áreas não urbanizadas bem como outras infra-estruturas a eles associados podem representar riscos importantes de desestabilização dos ecossistemas em que se inserem".*

A infraestrutura é um componente importante para o turismo, mas sua estreita relação entre os projetos turísticos e a qualidade do meio ambiente faz com que os impactos ambientais negativos destes empreendimentos causem degradação ao meio ambiente. Os principais impactos negativos dos projetos turísticos:

- Aumento da geração de resíduos sólidos;
- Aumento da demanda de energia elétrica;
- Aumento do tráfego de veículos, com consequência da redução da qualidade do ar;
- Assoreamento da costa, devido às ações humanas, com destruições de corais;
- Aumento da utilização e da necessidade de abastecimento de água potável;
- Alteração sobre o estilo de vida das populações nativas;
- Aumento sazonal de população com diversas implicações sobre a área afetada, sua infra-estrutura e sua população nativa;
- Contaminação da água dos rios e mares, devido ao aumento de esgotos não tratados;
- Degradação da flora e fauna local, devido aos desmatamentos, caça e pesca predatória;
- Deslocamento e marginalização das populações locais;
- Degradação da paisagem, devido à construção inadequada de edifícios e condomínios;
- Construção de estradas, sistemas de drenagem, aterros com grande movimentação de terra;



**Figura 4: Turismo nas cidades litorâneas brasileiras. Município de Cabo Frio/RJ**  
Fonte: <http://turismoemuitomais.blogspot.com/2010/05/cabo-frio-muito-mais-do-que-praia-sol-e.html>

### **2.3. Pesca extrativista marinha**

Com uma produção de pouco mais de 500 mil toneladas/ano, representando 49,2% da produção total de pescado no Brasil (PAFZC, 2005), apresentando um crescimento de 3,2% em 2004 (IBAMA, 2005). É incontestável a importância sócio-econômica desta atividade, não só como fornecedora de proteína animal para consumo humano, como, também, por gerar aproximadamente 800.000 empregos diretos, perfazendo um contingente de cerca de quatro milhões de pessoas que dependem, direta ou indiretamente, do setor (MMA, 2006). Atualmente as exportações dos produtos da pesca representam R\$ 1,2 bilhão e o mercado interno contribui com R\$ 3,9 bilhões. As frotas pesqueiras, marinha e estuarina, do litoral brasileiro são estimadas em 30 mil embarcações. Do total de embarcações 10% (aproximadamente três mil) são consideradas de médio a grande porte, constituindo a frota industrial. As 27 mil embarcações restantes são consideradas frota artesanal por sua limitada autonomia e pequeno raio de ação.

Segundo CASTELLO (apud Com Ciência, 2003), a pesca artesanal (**Figura 5**) ocorre nas áreas costeiras, baías, estuários e manguezais, normalmente não ultrapassando os 20 metros de profundidade. Mesmo com um pequeno raio de ação a pesca artesanal corresponde a 53% da produção marinha e estuarina no Brasil. No entanto, na região Sul do país, onde existe uma grande concentração de recursos pesqueiros, a pesca artesanal corresponde a apenas 15% da produção e a pesca industrial assume papel mais significativo. A pesca industrial é mais evidente nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina (Com Ciência, 2003).



**Figura 5- Ressurgência/Rede Arraial Sustentável- Projeto que promove a pesca sustentável na Reserva extrativista de Arraial do Cabo/RJ.**

Fonte:<http://www.petrobras.com.br/minisite/ambiental/projetos/ressurgencia-rede-arraial-sustentavel/>

#### **2.4. Extração de petróleo**

Os campos de extração de petróleo e gás natural se estendem desde o litoral do Rio Grande do Norte até o Paraná. A região Sudeste concentra as principais atividades de produção, transporte e estocagem do produto. A Bacia de Campos, localizada na plataforma continental do Rio de Janeiro, responde por cerca de 70% da produção nacional de petróleo, escoada por oleodutos e navios-tanque. Inaugurado em 1969, o TEBAR - DTCS (Terminal Marítima Almirante Barroso/ Ductos e Terminais do Centro Sul) da Petrobrás, localizado em São Sebastião/SP, constitui o principal terminal marítimo do país, respondendo por mais de 60% da movimentação de petróleo e derivados do país. Em 2000, operaram no TEBAR, por exemplo, 678 navios e foram entregues 44,2 milhões de m<sup>3</sup>, significando um recorde de operações nessa unidade, mostrando dessa forma o aumento das atividades petrolíferas no Brasil.

A exploração de petróleo na região costeira brasileira (**Figura 6**) constitui, no momento, uma das maiores pressões que vêm ocorrendo no ambiente costeiro e marinho. O fim do monopólio da Petrobrás para exploração possibilitou um aumento sem precedente nas áreas exploradas, promovendo um verdadeiro leilão do litoral brasileiro. Contudo, esta exploração acarreta um custo ambiental que não tem sido avaliado adequadamente pelos órgãos ambientais.

De acordo com o Projeto Pólen, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 2008 foi realizado um estudo sobre os Impactos Ambientais da Exploração e Produção de Petróleo na Bacia de Campos, RJ. Neste estudo foram ressaltados que os principais danos causados pela atividade petrolífera são os vazamentos em grande escala de oleodutos e navios petroleiros, causados por falha nas máquinas de perfuração ou por operações de lavagem dos tanques dos petroleiros em pleno oceano são derramadas enormes quantidades de petróleo. Embora atualmente tal operação em pleno mar seja proibida, é comum que se continue a cometer abusos, dada a dificuldade de fiscalização.

Além disso, o estudo cita que aos impactos ambientais estão agregadas percepções relacionadas à: risco de acidentes e derramamento de óleo; catástrofes; desastre ecológico; poluição ambiental; degradação ambiental; desmatamento; impacto sobre ecossistemas marinhos e terrestres; potencial poluidor de praias, de costões rochosos, de manguezais, de águas oceânicas, das águas, dos rios; poluição do ar; estresse ambiental; alteração dos ecossistemas vizinhos; mudanças no ecossistema marinho/ costeiro; super exploração de recursos naturais; impactos na colocação de dutos; pesquisas sísmicas; riscos de vida; introdução de espécies exóticas; extinção de espécies; destruição da fauna aquática em caso de derramamento de óleo; esgotamento de jazidas; consumo e captação desordenada de água; lançamento de resíduos; aumento do esgoto; mananciais aterrados; pressão sobre o ambiente natural e sobre outros recursos naturais.



**Figura 6- Exploração de petróleo**

Fonte: [http://tecnoprog.blogspot.com.br/2009\\_07\\_01\\_archive.html](http://tecnoprog.blogspot.com.br/2009_07_01_archive.html)

## 2.5. Lançamento de efluentes industriais e domésticos

O maior problema ambiental do Brasil hoje é a falta de coleta e tratamento de efluentes (**Figura 7**). Segundo dados do IBGE, quase 100 milhões de brasileiros vivem sem coleta de esgoto, que contamina os solos, corre a céu aberto e é fonte de graves doenças, responsáveis por 30% da mortalidade da população. Do esgoto coletado, o Brasil trata apenas 10%, o resto segue “in natura” para os rios.

As principais conseqüências da poluição por efluentes industriais e domésticos em ambientes aquáticos são:

- Redução do teor de oxigênio dissolvido (aumento de temperatura e decomposição bacteriana aeróbia);
- Diminuição da viscosidade da água;
- Aumento das reações químicas e biológicas;
- Aumento da ação tóxica de alguns compostos;
- Assoreamento de ambientes aquáticos (enchentes);
- Soterramento de ovos, invertebrados e peixes;
- Aumento da turbidez da água;

- Maus odores (decomposição bacteriana anaeróbia);
- Eutrofização da água;
- Transmissão de doenças ao homem;
- Mudanças de pH que causa restrições de uso da água na agricultura, danos à fauna e flora e aumento da toxidez de certos compostos (amônia, metais pesados, gás sulfídrico);
- Redução da viscosidade;
- Redução da tensão superficial da água;
- Espumas.

As atividades industriais são responsáveis por aproximadamente três mil toneladas de despejos diários na zona costeira. Entre os efluentes industriais estão incluídas cerca de 130 toneladas diárias de carga poluidora de expressiva toxicidade. SCHERER *et al.*, 2009 revela os impactos dessa categoria nas seguintes regiões:

1. Região Nordeste: descarga de efluentes químicos no oceano; despejo de vinhoto das usinas produtoras de álcool, causando grande mortalidade de peixes e crustáceos; contaminação por grande quantidade de inseticidas e fungicidas usados na cultura de cana-de-açúcar.

2. Região Sudeste: região que recebe a maior carga tóxica industrial. As principais fontes de poluição da Baía da Guanabara são as 6 mil indústrias, das quais 52 são responsáveis por 80% desses tipos de poluição. A Baía de Guanabara recebe, diariamente, 50 toneladas de nitratos e metais pesados. No Rio de Janeiro, das 119.600 toneladas de efluentes industriais lançados ao oceano, 64 mil são da indústria tóxica. O destino das fontes poluidoras é o lançamento nos estuários, lagoas costeiras, baías, além do lançamento direto no mar.

3. Região Sul: poluição hídrica por carga orgânica, como da suinocultura e dos esgotos domésticos, e química devido às agroindústrias (vinícolas, beneficiadoras de carvão, feculárias, olarias, curtumes, cerâmicas, indústrias de alimentação e de pescado, fábricas de adubos) e; indústrias de papel e petroquímica e dos resíduos da atividade portuária.



**Figura 7- Lançamento de efluentes em corpos hídricos**

Fonte: <http://www.revistatae.com.br/artigos.asp?id=61&fase=c>

## **2.6. O Gerenciamento da Zona Costeira no Brasil**

No Brasil, o principal instrumento definidor da Política Nacional de Gerenciamento Costeiro é o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro do Brasil, o qual define gerenciamento costeiro como um conjunto de atividades e procedimentos que, por meio de instrumentos específicos, conduz à gestão dos recursos da Zona Costeira. O Plano foi instituído pela Lei 7661/88 e expressa um importante compromisso com o desenvolvimento sustentável da Zona Costeira, considerada pela Constituição Federal como um patrimônio nacional. Sua finalidade primordial está vinculada à promoção do ordenamento do uso dos recursos naturais e da ocupação dos espaços costeiros, utilizando, como estratégia para tal, a identificação das potencialidades, vulnerabilidades e tendências existente na Zona Costeira (VOIVODIC, 2007).

### 2.6.1. A Legislação Brasileira

A história do mar e da zona costeira no Brasil começa a partir da década de 60. Em 1974, é composta a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), objetivando implementar um programa de Zoneamento da Zona Costeira a ser executado, pelos órgãos de meio ambientes estaduais. Nesse período são criados alguns dos principais Programas para reconhecimento da costa e plataformas continental brasileira (Programa de Geologia e Geofísica

Marinha – PGGM e Projeto GEOMAR; Programa Antártico Brasileiro- PROANTAR e Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva/REVIZEE<sup>5</sup>, entre outros).

Em 1982 a CIRM designa uma Subcomissão de Gerenciamento Costeiro e cria em 1987, o Programa de Gerenciamento Costeiro (PROGERCO), especificando a metodologia de zoneamento, no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), com resultados no MMA (1996).

O PNGC foi instituído em 1988 e revisado em 1997 com a aprovação do PNGC II que procura adequar o mesmo à prática atual e demandas da sociedade. Este plano estabelece normas gerais visando à gestão ambiental da Zona Costeira do país, lançando bases para a formulação de políticas, planos e programas estaduais e municipais.

Dentre as principais alterações, Tagliani (2001) ressalta que, nesta nova versão, o PNGC:

- Reafirma o modelo institucional adotado anteriormente, mas acentua a presença das esferas federal e municipal e da sociedade civil na condução do programa.

- Acentua o enfoque político do documento em comparação com o anterior, mais técnico.

- Prevê a criação de um Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GIGERCO) no âmbito da CIRM, para facilitar a integração interinstitucional, e, também, um subgrupo de integração dos Estados, vinculado a este.

- Reafirma os instrumentos básicos do programa (Zoneamento, SIGERCO, Planos de gestão e **Monitoramento**), mas sem detalhamentos técnicos, e salienta a referência a outros instrumentos existentes na Política Nacional do Meio Ambiente, passíveis de serem acionadas pelo GERCO, como o Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira.

- Rompe com o atrelamento tanto do SIGERCO quanto dos planos de gestão à conclusão da proposta de zoneamento, orientando para a adoção simultânea de todos os instrumentos e de estabelecimento de contatos com outros instrumentos e ações praticados na Zona Costeira.

- A definição de “Zona Costeira” recebe uma conceituação menos acadêmica e mais voltada à prática do planejamento, sendo substituída pela noção de “município litorâneo”.

---

<sup>5</sup> Elaborado, em 1990, o Programa REVIZEE - Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva, inserido no III Plano Setorial para os Recursos do Mar (III PSRM) e reiterado no IV PSRM. Dentro dos objetivos definidos pelo IV PSRM, o programa REVIZEE foi considerado como uma das principais metas a serem alcançadas, refletindo a preocupação do Governo Brasileiro em relação às responsabilidades assumidas pelo País quando da ratificação de sua adesão à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar - CNUDM. Além disto, concretizando a decisão de efetivar as determinações previstas na CNUDM a nível interno, o Brasil, em 4 de janeiro de 1993, através da lei no 8.617, normatizou as diretrizes básicas para a ocupação da ZEE brasileira. O mar territorial do Brasil hoje, portanto, é de 12 milhas, sendo 200 milhas o limite de Zona Econômica Exclusiva.

No contexto dessa reformulação do PNGC, é importante ressaltar que não houve mudança significativa em termos das atribuições das esferas federal e estadual na coordenação e na implementação do PNGC II. Entretanto, deve-se observar que é no dia-a-dia dos municípios e localidades litorâneas que as pressões, os conflitos e os impactos são mais facilmente perceptíveis, ainda que os mecanismos de envolvimento dessa esfera de planejamento ocorram até hoje de maneira muito embrionária (VOIVODIC, 2007).

### 2.6.2. O Gerenciamento Costeiro no Rio de Janeiro

#### 2.6.2.1. O litoral do Rio de Janeiro

O Estado do Rio de Janeiro possui um litoral que se estende por aproximadamente 635 Km de extensão, tendo a desembocadura do Rio Itabapoana como limite ao norte, divisa com o Estado do Espírito Santo, e a Ponta de Trindade, no extremo sul, na divisa com o Estado de São Paulo.

No litoral (**Figura 8**) encontram-se 25 municípios: São Francisco de Itabapoana, São João da Barra, Campos dos Goytacazes, Quissamã, Carapebus, Macaé, Rio das Ostras, Casimiro de Abreu, Cabo Frio, Armação de Búzios, Arraial do Cabo, Araruama, Saquarema, Marica, Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Itaguaí, Mangaratiba, Angra dos Reis e Parati. Somando-se a esses municípios encontram-se mais dois pertencentes ao sistema lagunar de Araruama onde se realiza pesca artesanal: Iguaba Grande e São Pedro da Aldeia.



**Figura 8: Litoral do Estado do Rio de Janeiro**  
 Fonte: <http://www.rio-turismo.com/mapas/litoral.htm>

O litoral é entrecortado por baías e repleto de lagunas, com enormes áreas de restingas, brejos, mangues, costões rochosos e centenas de ilhas - áreas com características peculiares no que diz respeito aos interesses de preservação - onde vive cerca de 80% da população fluminense, com uma densidade demográfica de 585 hab/km<sup>2</sup>, uma das maiores dentre os Estados costeiros da Federação.

#### 2.6.2.2. O Gerenciamento Costeiro no Estado do Rio de Janeiro

A zona costeira, especialmente no Estado do Rio de Janeiro, pode ser considerada como um espaço repleto de contrastes, constituindo-se, dessa forma, um campo privilegiado para o exercício de diferentes estratégias de gestão ambiental. Ao longo do litoral, são encontradas áreas

para onde converge intensa urbanização, atividades industriais de ponta e atividades portuárias, bem como uma exploração turística em larga escala.

Um aspecto fundamental associado à questão dos usos desse espaço e dos recursos ambientais da zona costeira reside no fato de que, nesses locais, definem-se, em geral, quadros problemáticos do ponto de vista da gestão ambiental, o que demanda ações de caráter corretivo, com a mediação dos conflitos de uso dos espaços e recursos comuns e de controle do impacto sobre o ambiente marinho, decorrente de poluição e contaminação por diferentes tipos e fontes.

O Estado do Rio de Janeiro, por intermédio da extinta FEEMA, atual INEA<sup>6</sup>, tem participado, nos últimos dez anos, do Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, instituído pela Lei Federal nº 7.661, de 16/5/88.

O engajamento do Estado do Rio de Janeiro no Programa se justifica por duas razões básicas: primeiro, pela importância do litoral fluminense, seja do ponto de vista econômico, seja do ambiental; segundo, para atender ao que estabelece a Lei Estadual nº 1.204, de 7/11/87, que instituiu o Comitê de Defesa do Litoral - Codel/RJ e fortaleceu as atribuições do Estado na gestão do processo de uso e ocupação do litoral.

Compete ao Estado do Rio de Janeiro, através da sua coordenação Estadual de Gerenciamento Costeiro, as seguintes atribuições:

O Poder Público Estadual, na esfera de suas competências e nas áreas de sua jurisdição, planejará e executará as atividades de gestão da zona costeira em articulação com os Municípios e com a sociedade, cabendo-lhe:

- I- designar o Coordenador para execução do PEGC (Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro);
- II - elaborar, implementar, executar e acompanhar o PEGC, obedecidas a legislação federal e o PNGC (Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro) ;
- III - estruturar e manter o subsistema estadual de informação do gerenciamento costeiro;
- IV - estruturar, implementar, executar e acompanhar os instrumentos previstos no art. 7º, bem como os programas de monitoramento cujas informações devem ser consolidadas periodicamente em Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira, tendo como referências o

---

<sup>6</sup> O Governo do Estado do Rio de Janeiro criou através da Lei nº 5.101, de 04 de outubro de 2007, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) com a missão de proteger, conservar e recuperar o meio ambiente para promover o desenvolvimento sustentável. O novo instituto, instalado em 12 de janeiro de 2009, unifica e amplia a ação dos três órgãos ambientais vinculados à Secretaria de Estado do Ambiente (SEA): a Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente (Feema), a Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (Serla) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF).

macrodiagnóstico da zona costeira, na escala da União e o PAF- Plano de Ação Federal;  
V - promover a articulação intersetorial e interinstitucional em nível estadual, na sua área de competência;

VI - promover o fortalecimento das entidades diretamente envolvidas no gerenciamento costeiro, mediante apoio técnico, financeiro e metodológico ;

VII- elaborar e promover a ampla divulgação do PEGC e do PNGC;

VIII - promover a estruturação de um colegiado estadual.

A DIGAT/GEGET coordena o Gerenciamento Costeiro no Estado do Rio de Janeiro, que responde por programas e planos como o Projeto Orla<sup>7</sup> – Gestão Integrada da Orla Marítima – e o Projeto de Gestão Integrada do Ecossistema da Baía da Ilha Grande e o Plano de Desenvolvimento Sustentável de Sepetiba. Os respectivos projetos tiveram grandes avanços em 2009 e 2010 na direção da gestão integrada das áreas protegidas, terrestres e marinhas.

#### 2.6.2.3. O Gerenciamento Costeiro na Região dos Lagos

O Gerenciamento Costeiro na Região dos Lagos, onde se encontra a área de estudo deste trabalho, a Laguna de Araruama, iniciou a partir de 2003, com a fundação da Organização Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável (OADS), uma Organização Não Governamental (ONG) técnica e que vem atuando nos quatro sub-comitês do Consórcio Intermunicipal Lagos São João: GELA- Sub-comitê da Laguna de Araruama e Rio Una; GERSA – Sub-comitê das Bacias do Rio São João e de Rio das Ostras; GELSA- Sub-comitê das Lagoas de Jaconé, Saquarema e Jacarepiá e do GEICO- Sub- comitê de Gerenciamento Costeiro.

Neste mesmo ano na tentativa de equacionar os impactos causados pelo crescimento desordenado, um grave problema da Região, o Município de Cabo Frio realizou duas oficinas de capacitação do Projeto Orla e elaborou o seu Plano de Intervenção na Orla (VOIVODIC, 2007).

O Plano de Intervenção é o produto final da etapa de capacitação do Projeto Orla. O seu conteúdo é definido de acordo com a realidade e o interesse de cada Município. Assim, o conjunto dos documentos revela as diferenças de perfil das equipes gestoras local, a diversidade

---

<sup>7</sup> O Projeto Orla introduz uma ação sistemática de planejamento da ação local visando repassar atribuições da gestão deste espaço, atualmente alocadas no governo federal, para a esfera do município, incorporando normas ambientais na política de regulamentação dos usos dos terrenos e acrescidos de marinha, buscando aumentar a dinâmica de mobilização social neste processo.

Trata-se, portanto, de uma estratégia de descentralização de políticas públicas, enfocando um espaço de alta peculiaridade natural e jurídica: a Orla Marítima.

da capacidade instalada para o planejamento e gestão, a maturidade dos arranjos institucionais e o grau de organização da sociedade civil, assim como as prioridades conferidas para a intervenção.

As ações e medidas propostas nos Planos de Intervenção podem ser divididas segundo os blocos temáticos definidos no **Quadro 3**:

<b>AÇÕES e MEDIDAS</b>	<b>OBJETO das AÇÕES e MEDIDAS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS das AÇÕES e MEDIDAS</b>
<b>A. Planejamento e gestão</b> Normativas Capacitação Organização administrativa Controle Articulação interinstitucional Patrimoniais/ Fundiárias	Sistema de Governo envolvendo as três esferas (federal, estadual, municipal) e as articulações necessárias para a integração. Foco nas ações do Governo local naquilo que diz respeito à sua autonomia e capacidade de formular políticas e leis.	Ações de gestão formais, de fortalecimento institucional, segundo competências legais e atribuições exclusivas de Governo. Ações voltadas para a integração e intersetorialidade
<b>B. Intervenção Física</b>	Meio natural e/ou construído da orla.	Ação direta preventiva ou corretiva, sobre o meio físico da orla
<b>C. Sensibilização/ Legitimação</b> . Sensibilização/ Educação ambiental .Comunicação Fortalecimento das organizações sociais	Sociedade civil, seu sistema de organizações e população em geral. Setor privado e oportunidades de negócio com responsabilidade ambiental e social.	Ações focadas ou difusas sobre o comportamento, a atitude cidadã e o protagonismo social interessado na preservação do meio ambiente, visando à utilização sustentável dos recursos da orla do Município.

**Quadro 3: Principais Ações e Medidas Identificadas no Âmbito do Projeto Orla**  
 Fonte: Projeto Orla - Relatório Final das Atividades Realizadas. IBAM – Outubro de 2004

Destacam-se, dentre o conjunto de ações propostas, quatro linhas principais de ações que são adotadas pela maioria dos municípios. São elas:

1. **Ações normativas** – relacionadas à elaboração ou revisão do Plano Diretor através de recomendações e subsídios para adequação das leis de uso do solo, de parcelamento e de posturas na faixa de orla. Observa-se, também, uma concentração nas propostas de criação de unidades de conservação ambiental na orla e de implantação de planos de manejo.

2. **Ações de controle** – voltadas para a fiscalização das atividades desenvolvidas na orla que, embora sejam rotina dos Municípios, muitas vezes se confundem e até se sobrepõem a atribuições de outras esferas. O controle é, às vezes, uma tarefa de grande complexidade para Municípios que possuem orlas extensas ou para aqueles com corpo técnico muito reduzido e sem os meios necessários para essa tarefa. A fiscalização também está relacionada ao fato de que, muitas vezes, existe um conflito de caráter econômico – atividades que geram empregos e movimentam a economia municipal, com o uso sustentável ou de proteção da área de orla – existindo a necessidade de geração de alternativas que possam viabilizar o uso desejável, sem as quais a fiscalização de forma isolada não terá sucesso.

3. **Articulação interinstitucional** – especialmente entre o Município e os diferentes órgãos das três esferas de Governo. Esse aspecto está fortemente relacionado com a necessidade de fiscalização mencionada acima – é entendimento que, com o suporte de órgãos de outras esferas, os eventuais conflitos locais são passíveis de serem enfrentados com maiores possibilidades de sucesso.

4. **Ações de intervenção física** – O foco é em projetos de urbanização, paisagismo e ações corretivas, tais como ordenamento e padronização de quiosques, de contenção de erosões e obras de engenharia ambiental em geral. Essas ações têm como objetivo principal valorizar o potencial turístico da orla assegurando conforto, acessibilidade e padrão estético, e garantir uma ocupação não predatória das áreas escolhidas. Em outros casos, são parques ou Unidades de Conservação que demandam instalações para atendimento aos visitantes, trilhas e sinalização. Há necessidade generalizada de implantação de infra-estrutura de esgotamento sanitário nas frentes de ocupação urbana das orlas, apesar de esse tema não ser objeto do Projeto Orla (IBAM, 2004).

### **3. O MONITORAMENTO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO PARA A SUSTENTABILIDADE DA REGIÃO COSTEIRA**

O monitoramento ambiental é uma importante ferramenta para a administração dos recursos naturais. Este oferece conhecimento e informações básicas para avaliar a presença de contaminantes, para compreender os sistemas ambientais e para dar suporte às políticas ambientais.

O Monitoramento Ambiental é um processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, com o objetivo de identificar e avaliar - qualitativa e quantitativamente - as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo. As variáveis sociais, econômicas e institucionais também são incluídas neste tipo de estudo, já que exercem influências sobre o meio ambiente.

Segundo Magalhães Jr. (2000), o monitoramento deve ser visto como um processo essencial à implementação dos instrumentos de gestão das águas, já que permite a obtenção de informações estratégicas, acompanhamento das medidas efetivadas, atualização dos bancos de dados e o direcionamento das decisões. Este mesmo autor ressalta que uma sólida base de dados é imprescindível aos instrumentos de gestão, sob pena de tentar-se gerenciar o que não se conhece.

É essencial que o “design”, estrutura, implementação e interpretação dos dados relativos aos sistemas monitorados sejam conduzidos com referência ao uso final da informação para propósitos específicos (UNEP & WHO, 1996; PORTO, 1991 *apud*. COGERH/SEMACE,2002).

Para Porto (1991), a definição dos objetivos de um programa de monitoramento geralmente está associada à avaliação da qualidade da água e sua adequação para os usos requeridos/propostos e à indicação da necessidade da implementação de projetos especiais relativos à identificação anterior de problemas específicos. A partir destes dois cenários, os programas de monitoramento podem ser classificados, de acordo com o uso que se pretende dar aos dados gerados, como de planejamento ou de controle.

Os principais objetivos do Monitoramento Ambiental são:

- Verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo;
- Dimensionar sua magnitude;

- Avaliar se as medidas mitigadoras de impactos são eficazes, evitando gastos desnecessários;

- Propor, quando necessário, a adoção de medidas mitigadoras complementares.
- Diagnosticar locais críticos, definindo as causas;
- Obter informações que subsidiem o planejamento ambiental (ex: emissão de licenças);
- Informar a População.

Segundo Machado (1995), o Monitoramento Ambiental pode ser realizado pela empresa ou pelo Poder Público, de maneira isolada ou integrada, auxiliando na elaboração de outro instrumento ambiental, como a auditoria ambiental. Nesses casos, o monitoramento é essencial para a auditoria, pois sem o registro de medições e/ou observações de períodos anteriores, a auditoria fica restrita apenas a uma avaliação da situação presente. Uma empresa que não efetua um monitoramento constante e/ou não registra adequadamente os resultados do monitoramento, não está apta a realizar uma auditoria ambiental completa e adequada.

Este monitoramento fornece informações sobre os fatores que influenciam o estado de conservação, preservação, degradação e recuperação ambiental da região estudada. Também subsidia medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo, além de auxiliar na definição de políticas ambientais. O Monitoramento Ambiental permite, ainda, compreender melhor a relação das ações do homem com o meio ambiente, bem como o resultado da atuação das instituições por meio de planos, programas, projetos, instrumentos legais e financeiros, capazes de manter as condições ideais dos recursos naturais (equilíbrio ecológico) ou recuperar áreas e sistemas específicos.

A implantação de atividades de Monitoramento Ambiental necessita de uma seleção prévia de indicadores que expressem as condições qualitativas e/ou quantitativas do que será medido e avaliado. Esses parâmetros devem descrever, de forma compreensível e significativa, os seguintes aspectos:

- O estado e as tendências dos recursos ambientais<sup>8</sup>;
- A situação socioeconômica da área em estudo;
- O desempenho de instituições para o cumprimento de suas atribuições.

---

<sup>8</sup> Conceito de **recurso ambiental** se refere não mais somente à capacidade da natureza de fornecer recursos físicos, como a abundância, qualidade, acessibilidade e custos dos recursos naturais, além das condições climáticas, localização e tamanho geográfico, mas também de prover serviços e desempenhar funções de suporte à vida.

Esses parâmetros são medidos no campo e no laboratório sendo que alguns são bastante simples e outros, muito complexos.

A seguir são citados os principais parâmetros ambientais que influenciam no crescimento e fisiologia na distribuição dos organismos fitoplanctônicos são: Luz, temperatura, salinidade, pH e disponibilidade de nutrientes (KINNE, 1970, SANTELICES, 1977 *apud*. MELO-MAGALHÃES *et al.*, 2004). Esses fatores determinam a composição de espécies e suas variações em termos quantitativos e qualitativos, no tempo e no espaço.

### 3.1. Parâmetros ambientais

Critérios de qualidade da água especificam concentrações e limites de alguns parâmetros que interferem na manutenção do ecossistema aquático e na proteção da saúde humana (ARAÚJO & MELO, 2000).

O Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ) regido pelas normas do Código Civil Brasileiro (Lei 10.406 de 10 de janeiro de 2002), pelo seu Estatuto e Regimento Interno, estabeleceu como meta devolver a qualidade de água adequada para banho (Classe 1 da Resolução CONAMA 357/05) a todas as praias da orla norte da Laguna de Araruama, em especial as praias do Barreiro, Areal, Hospício, Araruama, Pontinha, dos Amores, Barbudo, Iguaba, Linda, São Pedro, Pitória, o Arrastão, Mossoró e Baixo Grande; e ainda das praias do Siqueira, dos Coqueiros, do Portinho, São Bento e da Ilha do Japonês.

A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, artigo 4º, estabelece que as águas pertencentes à classe 1 podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas; e
- c) a aquicultura e à atividade de pesca.

Os padrões pré-determinados para a classe 1 são:

I – Condições de qualidade de água:

- a) Oxigênio Dissolvido, em qualquer amostra: não inferior a 6 mg/L O<sub>2</sub>;
- b) pH: 6,5 a 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade;
- c) turbidez: virtualmente ausente;
- d) carbono orgânico total até 3 mg/L, como C;

e) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *Escherichia coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

f) sais nutrientes

- Fósforo total – 0,062 mg/L P
- Nitrato – 0,40 mg/L N
- Nitrito- 0,07 mg/L N
- Nitrogênio amoniacal total – 0,40 mg/L N

### 3.1.1 Parâmetros físicos e químicos de qualidade da água

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, descritos a seguir:

#### 3.1.1.1 Parâmetros Físicos

Dentre os parâmetros físicos, destacam-se: cor, turbidez e temperatura.

- Cor

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos, podem ser mencionados os ácidos húmico e fúlvico,

substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Também os esgotos domésticos se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria orgânica em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais, que contêm taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas (efluentes de indústrias têxteis, indústrias de pigmentos etc.), lignina e celulose (efluentes de indústrias de celulose e papel, da madeira etc.).

Há também compostos inorgânicos capazes de causar cor na água. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos pouco ou quase nada interferem na passagem da luz

A luz que atravessa os ambientes aquáticos é influenciada pela cor das águas que exerce forte ação seletiva, sendo uma das principais responsáveis pela qualidade da luz presente a uma determinada profundidade. Este fator pode ter significado ecológico, exercendo, a qualidade de luz existente em um manancial ou a uma dada profundidade, papel seletivo sobre as espécies de organismos fotossintetizantes que poderão viver, de acordo com sua capacidade para utilizar radiações de maior ou menor comprimento de onda (BRANCO, 1978).

A disponibilidade ou a ausência de luz pode diminuir a capacidade de produção de um sistema, afetando assim toda cadeia trófica.

Quando a luz penetra na água sua intensidade decresce exponencialmente com a profundidade e sua transmissão é afetada pelo tamanho e quantidade de partículas em suspensão, influenciando em sua absorção e dispersão. Apenas as características físicas da luz não bastam para otimizar a fotossíntese, mas também a adaptação ecofisiológica das diferentes populações algais.

Em geral mais luz significa mais fotossíntese, mas cada espécie apresenta uma capacidade máxima de aproveitamento dos fótons pelo aparato fotossintético, então se diz que aquela determinada intensidade luminosa é saturante. A partir daí, o aumento da intensidade luminosa não implicará em aumento de fotossíntese, mas sim poderá produzir a fotoinibição, na qual ocorre fotoxidação das enzimas que participam da fotossíntese. Ou seja, os fótons de luz envolvem e bloqueiam os elétrons do pigmento impedindo-o de “saltar” para os outros fotossistemas (citocromos). O tempo de fotoinibição pode causar danos temporários ou permanentes no cloroplasto. O início da fotoinibição da fotossíntese ocorre em intensidades

luminosas que são específicas para os diferentes grupos de microalgas, influenciando diretamente em seu sucesso competitivo ao longo das diferentes estações do ano. Por exemplo, as diatomáceas são mais sensíveis luz, já ocorrendo fotoinibição em  $86\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , um valor ligeiramente acima da inatensidade requerida para um máximo de crescimento. Por outro lado, as cianobactérias, clorófitas e dinoflagelados são mais tolerantes, adaptando-se bem a intensidades com pelo menos  $200\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  antes que a fotossíntese comece a sofrer inibição (HORNE & GOLDMAN, 1994).

Algumas algas podem alterar sua composição e concentração de pigmentos para utilizar a luz disponível na profundidade em que elas habitam, caracterizando a adaptação fotocromática. Esta adaptação é particularmente importante em espécies perifíticas<sup>9</sup> que crescem sob reduzidas quantidades de luz e o fitoplâncton de águas estáveis próximo à base do epilímnio<sup>10</sup>. Geralmente, bioensaios com essas algas mostram que baixas intensidades de luz já são saturantes da fotossíntese (MARGALEF, 1986; VENRICK, 1990; HEYWOOD, 1991).

- Turbidez

A turbidez é causada pela presença de materiais em suspensão na água, tais como partículas insolúveis de solo, matéria orgânica e organismos microscópicos (MOTA, 1995). Um aumento sensível da turbidez ocorre quando há poluição por esgotos domésticos, assim como por vários tipos de despejos. A presença de partículas (silte, areias, etc.) em suspensão, causando um aumento de turbidez na água, pode afetar a vida característica de um dado manancial devido à sedimentação deste material em suspensão no fundo, ocasionando soterramentos constantes dos organismos bentônicos e, mesmo, arrastando para o fundo, certos organismos que vivem em suspensão (BRANCO, 1978).

Turbidez excessiva reduz a penetração da luz na água e com isso reduz a fotossíntese dos organismos do fitoplâncton, algas e vegetação submersa. Com a redução do processo fotossintético, o gás oxigênio, um dos produtos desse processo diminui, ocasionando a morte das espécies do ecossistema aquático e a proliferação de bactérias anaeróbias. Além da baixa atividade fotossintética, o ecossistema tem sua temperatura alterada uma vez que em águas turvas

---

<sup>9</sup> Organismos aquáticos que crescem em superfícies submersas.

<sup>10</sup> A zonação baseada na estrutura térmica é conhecida pelos termos epilímnio, metalímnio e hipolímnio, que representam as camadas superficial, intermediária e profunda, respectivamente.

a temperatura é menor no fundo e pode comprometer a produtividade de alguns peixes, pois estes não encontram seu alimento.

A turbulência desloca continuamente as células do fitoplâncton ao longo da coluna de água com intensidades de luz variáveis, impossibilitando qualquer adaptação cromática. Algas adaptadas à baixa luminosidade (“shade-adapted”) são diferenciadas por sua alta relação pigmento/volume celular. Algumas diatomáceas são capazes de saturar a fotossíntese sob condições de baixa intensidade luminosa. As adaptações às intensidades de luz muito altas também ocorrem em algas de águas muito claras ou de superfície. Pigmentos extras são produzidos para proteger a célula e seu aparelho fotossintético. Cianobactérias bênticas de lagos rasos da Antártica apresentam uma camada de tricomas mais externa de células ricas em carotenos por cima dos tricomas que contém pigmentos fotossintetizantes. Algo semelhante ocorre em muitos dinoflagelados que possuem uma “placa” de carotenóides sombreando os pigmentos de clorofila. Como estas adaptações ocorrem em apenas alguns grupos algais, vários autores sugerem que esta seria uma das explicações para a pobreza de fitoplâncton em lagos muito transparentes (oligotróficos) (FOGG & HORNE, 1970; GOLDMAN *et al.*, 1963). Algumas algas de regiões profundas e iluminadas também podem produzir pigmentos que absorvem o comprimento de onda mais abundante (azul-esverdeado) naquela profundidade.

- Temperatura

As oscilações de temperatura determinam os eventos de estratificação/desestratificação e a conseqüente circulação das águas do ambiente lêntico, portanto, influenciando na distribuição e densidade do fitoplâncton. Estes eventos são responsáveis também pela ressuspensão dos nutrientes, afetando fortemente o crescimento e as variações anual e sazonal do fitoplâncton. Por exemplo, se ocorre à estratificação (como no verão) os nutrientes são rapidamente consumidos pelas algas, mas o epilímnio torna-se deficitário em nutrientes e inicia-se rápido a sucessão na comunidade. Se ocorrer mistura, há novo ciclo de enriquecimento de nutrientes e da sucessão algal. Várias espécies podem ser euritérmicas ou estenotérmicas<sup>11</sup>, e então é possível observar em alguns casos sucessões baseadas nas diferenças sazonais de temperatura e alterações na composição e abundância das espécies. As exigências de temperatura também determinam a

---

<sup>11</sup>Estenotérmicas- Suportam apenas pequenas variações de temperatura.  
Eurotérmicas- Toleram grande variação de temperatura.

distribuição geográfica das espécies. Muitas algas de regiões temperadas não ocorrem nas tropicais e vice-versa. Exceções são as espécies cosmopolitas, que toleram ampla variação de temperatura, tendendo distribuir-se em ecossistemas aquáticos de regiões distintas no mundo (subtropical, temperada, polar).

As informações citadas consistem basicamente em resultados de experimentos de algas em cultivo. A velocidade de multiplicação do fitoplâncton tende a aumentar conjuntamente com a temperatura (até 35° ou 40°C), o que levou vários investigadores propor equações preditivas de duplicação algal. As diferentes temperaturas alteram a morfologia das células. Por exemplo, algumas espécies cenobíticas ou filamentosas (*Stichococcus*, *Scenedesmus*) podem desagregar-se em células solitárias sob temperaturas elevadas, e outras podem alterar as dimensões das células (*Synechococcus*, desmídias<sup>12</sup>).

As temperaturas altas promovem o aumento generalizado dos processos metabólicos nos ambiente aquático em todos os níveis tróficos, e as taxas de reciclagem dos componentes minerais e orgânicos se incrementam. Por exemplo, no verão de regiões temperadas a filtração e excreção pelo zooplâncton atingem um máximo, aumentando também a quantidade de pelotas fecais e exsudatos que se tornam disponíveis ao fito- e bacterioplâncton. A regeneração e reciclagem por esta comunidade suportarão a biomassa algal, uma vez que o elevado crescimento causa depleção dos nutrientes ressuspensos no epilímnio durante o inverno.

O aumento de temperatura promove aceleração das reações enzimáticas da fotossíntese, resultando em alta taxa de produtividade bruta. Entretanto, a respiração celular também é incrementada, quando comparada à fotossíntese. Por este motivo a produtividade líquida é proporcionalmente menor do que aquela sob temperatura menor. Porém se há saturação luminosa, a baixa eficiência não é desvantajosa, pois todo o processo atingirá seu nível máximo, compensando amplamente as perdas por respiração.

Diferentes grupos e classes de tamanhos do fitoplâncton dependem diretamente da circulação para não afundarem ao hipolímnio escuro e morrerem, como diatomáceas e desmídias. Nanoflagelados e dinoflagelados se desenvolvem melhor em águas mais estáveis, pois são capazes de locomoção e encontrar os microclimas com maior concentração de nutrientes. Espécies ticolanctônicas, muito frequentes em lagos, como a diatomácea *Aulacoseira*, certas

---

<sup>12</sup> São algas verdes características de habitats de água doce e cuja forma do corpo é quase sempre bastante simétrica. São também unicelulares. Dado que exigem condições muito especiais de sobrevivência no meio aquático, constituem excelentes indicadores para a qualidade da água

cianobactérias e desmídias, aumentam suas densidades quando ressuspensas do sedimento para o epilímnio.

### 3.1.1.2. Parâmetros Químicos

Os parâmetros químicos são importantes indicativos de elementos que reagem com a água, podendo influir nos organismos vivos caso a concentração seja excessiva e também indicar a poluição do meio aquático. Para este trabalho foram selecionados os seguintes parâmetros químicos: potencial hidrogeniônico, oxigênio dissolvido e salinidade.

#### • Potencial Hidrogeniônico – pH

O pH, potencial hidrogeniônico ou potencial hidrogênio iônico, é um índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer.

A escala do pH pode variar de 0 até 14, o pH menor que 7 indica que tal substância é ácida, para pH maior que 7 indica que a substância é alcalina e para substância com pH 7 indica que ela é neutra.

A maior parte dos ecossistemas lênticos apresenta pH entre 6 e 9, embora originalmente suas águas fossem ligeiramente ácidas, mas tornando-se mais alcalinas à medida que extraíam substâncias das rochas. As variações no pH modificam o estado químico de várias substâncias importantes para as algas, como o CO<sub>2</sub>, fosfato, amônia, ferro e metais-traço. O pH interfere diretamente no metabolismo algal pois, juntamente com outros fatores, atua na permeabilidade da membrana, no transporte iônico e na velocidade das reações enzimáticas.

Os ambientes aquáticos que apresentam baixos valores de pH normalmente contêm concentrações elevadas de ácidos (sulfúrico, oxálico, carbônico) produzidos pelos organismos. Estes ácidos dissociam-se na água e liberam prótons hidrogênio (H<sup>+</sup>) aumentando sua acidez. No Brasil, os ecossistemas lênticos ácidos ocorrem em grande número na Amazônia central e no litoral e turfeiras. Sua característica é a cor escura (cor de café ou chá), devido à presença de substâncias húmicas e compostos de Ferro. É comum predominarem desmídias e algumas diatomáceas (*Eunotia*, *Gomphonema*, *Cymbella*). Os ambientes com pH baixo geralmente

situam-se em regiões com balanço hídrico negativo (menos chuvas, maior evaporação), como no Pantanal, Nordeste e certos lagos influenciados pelo mar.

Quando ocorrem florações, o sistema de tamponamento<sup>13</sup> do pH demora mais para reequilibrar o sistema, e então poder-se-á observar um aumento na acidez ou alcalinidade da água. Convém lembrar que os organismos heterotróficos (bactérias e animais) tendem a baixar o pH, pois os processos de decomposição e respiração geralmente liberam CO<sub>2</sub>. Este composto se dissocia em gás carbônico e H<sup>+</sup>. Além disso, pode ocorrer produção de sulfetos (H<sub>2</sub>S). Finalmente, as variações no pH determinarão que forma de carbono inorgânico estará mais ou menos disponível para as algas: sob pH próximo à 6,5 há tendência para formação de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, e entre 7,0 e 9,0 forma-se HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e CO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Um aspecto importante é a influência do pH (e, portanto das variações de CO<sub>2</sub>/ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) sobre as técnicas de medida de produção primária através de carbono radioativo (C<sub>14</sub>). Nas águas marinhas o pH está sempre próximo a 8,2 e a alcalinidade em 2,38 milieq./Kg, então se assume que a quantidade de carbono inorgânico disponível para o fitoplâncton é 25mg/L. Entretanto, nas águas doces, onde o pH é mais oscilante (6,5 a 9,0) são necessárias correções e quantificações precisas de modo a evitar erros de estimativa da produção. (MARGALEF, 1986; VOLLENWEIDER, 1974).

#### • Oxigênio Dissolvido – OD

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O<sub>2</sub>), é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. O OD é necessário para a respiração de microrganismos aeróbicos, bem como outras formas aeróbicas de vida. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de

---

<sup>13</sup> O tamponamento é uma série de espécies químicas em solução que resiste a mudança de pH quando são adicionados à solução tanto em uma base (hidroxila OH<sup>-</sup>), quanto em um ácido (íon H<sup>+</sup>).

Tais espécies químicas, (solução tampão), mantêm o pH quase constante pois agem como um reservatório de H<sup>+</sup> (íon hidrogênio), doando-os à solução quando essa concentração (íon H<sup>+</sup>) cai, retirando-se da solução quando a concentração desse íon H<sup>+</sup>, subir. É possível tamponar uma solução em qualquer pH pela escolha do par apropriado de ácido/base. Para a água e para o sangue humano o importante sistema de tamponamento envolve ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) e íon hidrogênio (H<sup>+</sup>).

organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês (ESTEVES, 1998).

Nas condições naturais de um sistema aquático não poluído, o material mais habitualmente oxidado pelo oxigênio dissolvido na água é a matéria orgânica de origem biológica, como a procedente de plantas mortas e restos de animais. Esse processo de oxidação, chamado de degradação aeróbica, ocorre em águas ricas em oxigênio, ou seja, que possuem níveis de oxigênio próximos de 100% de saturação, e é mediado por microrganismos aeróbicos.

O consumo de oxigênio em condições naturais é compensado pelo oxigênio produzido na fotossíntese e pelo “reabastecimento” de oxigênio com a aeração da água através do fluxo da água em cursos d’água e rios pouco profundos. Porém, a água estagnada ou a que está situada próxima ao fundo de um lago de grande profundidade está, com frequência, quase completamente sem oxigênio, devido à sua reação com a matéria orgânica e à falta de qualquer mecanismo que possibilite sua reposição com rapidez, já que a difusão, possível forma de reposição de O<sub>2</sub>, é um processo lento.

Substanciais reduções no OD podem ocorrer nos ambientes aquáticos, com implicações ambientais severas, se quantidades significativas de matéria orgânica forem a eles incorporadas. Essa situação ocorre normalmente com o lançamento de efluentes domésticos e industriais ricos em matéria orgânica nos corpos d’água. O aumento da matéria orgânica resulta na maior taxa de respiração de microrganismos, dando origem à elevação das quantidades de CO<sub>2</sub> e metano (o último produzido apenas por degradação anaeróbica) e, principalmente, em uma demanda de oxigênio, cuja disponibilidade é pequena devido à sua solubilidade bastante limitada na água.

Para avaliar a qualidade da água quanto à concentração de OD e a presença de cargas poluidoras ricas em material orgânico, alguns parâmetros como o teor de OD e a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) devem ser determinados.

Não é raro que águas poluídas com substâncias orgânicas associadas aos resíduos de animais e de alimentos ou a efluentes apresentem uma demanda de oxigênio superior à solubilidade de equilíbrio máximo de oxigênio. Sob tais circunstâncias, a menos que a água seja continuamente aerada, a depleção de oxigênio será alcançada rapidamente.

- Salinidade

Brandini 2008 define salinidade pela concentração de todos os sais dissolvidos por litro de água. De uma maneira geral a salinidade de uma determinada região é o resultado do balanço entre a quantidade de água doce que recebe de rios, chuvas e degelo, e que perde por evaporação nos trópicos e congelamento nos mares polares. A balança que equilibra a entrada e a saída de água doce pende para o lado do mais ou do menos salgado, de acordo com a renovação de toda a água do sistema. Por exemplo, uma baía semi-fechada com pouca conexão com o mar aberto pode ser mais doce ou mais salgada dependendo do balanço entre a entrada e a saída de água doce do sistema. A salinidade se mantém baixa devido ao excesso de água dos rios que se acumula em baías semi-fechadas, como na Baía de Marajó/PA, diluindo o conteúdo de sal. Ou se mantém alta se a evaporação é maior que a contribuição das chuvas e dos rios, como ocorre, por exemplo, na Laguna de Araruama, ou seja, se a água fica aprisionada em um espaço limitado, como em baías e mares com pouca ou nenhuma conexão com o oceano aberto, esses processos de perda e ganho de sal provocam mudanças radicais na salinidade.

A água dos rios ou da chuva que se acumula na zona costeira é menos densa e, portanto, flutua sobre a água do mar. Essa estratificação salina também representa uma estratificação da densidade da água do mar. Uma barreira física que dificulta a circulação no sentido vertical. Os ventos e a circulação da maré misturam o mar costeiro, homogeneizando fisicamente a coluna de água. Quando o volume de água doce é grande essa mistura não é suficiente para homogeneizar a água e a estratificação se mantém. Nessas condições, os metais pesados e poluentes orgânicos do sedimento são retidos por mais tempo nas camadas do fundo, principalmente no sedimento anóxico, dificultando a dispersão.

Quando o aporte de água doce para uma baía, lagoa ou estuário qualquer diminui, a zona costeira em geral passa a ser dominada pela água do mar. A salinidade da superfície aumenta, diminuindo a estratificação física da água. Ventos e marés rompem facilmente a barreira da estratificação, aumentando a circulação vertical e, conseqüentemente, a concentração de oxigênio na água. A oxigenação vertical libera metais pesados e outros poluentes do sedimento, que se libertam do estado químico inerte, não reativo, e são rapidamente liberados para a coluna de água. Dispersam-se lateralmente com as marés, contaminando toda a teia alimentar do ecossistema.

A salinidade tem um papel fundamental na estrutura e no funcionamento ecológico da zona costeira. Gradientes de salinidade, isto é, a variação espacial da salinidade ao longo de um determinado espaço horizontal ou vertical é fundamental na circulação de baías, lagoas costeiras e estuários ao redor dos quais se concentra o desenvolvimento humano ao longo da costa.

Uma salinidade excessiva impede o desenvolvimento de grande número de espécies incapazes de se defenderem contra a perda de água que é promovida pelo alto valor osmótico do meio (BRANCO, 1978).

- Sais nutrientes

Além de luz e carbono, o fitoplâncton necessita de nutrientes para se desenvolver. O processo de replicação das células de uma alga requer uma cota de nutrientes inorgânicos semelhante àquela de sua célula-mãe. Além de carbono, o protoplasto das células contém outros 19 elementos químicos. Há elementos/nutrientes que são considerados como limitantes para o crescimento de algas. Dentre eles, destacam-se o nitrogênio, fósforo, ferro, elementos-traço, e sílica (limitante ao crescimento de diatomáceas).

Na região costeira devido ao grande aporte de nutrientes, o tamanho das espécies fitoplanctônicas é maior que as da região oceânica, uma vez que neste ambiente de águas oligotróficas, há uma maior diversidade de espécies fitoplanctônicas e estas possuem tamanho reduzido como estratégia adaptativa para a competição por nutrientes. O tamanho influencia diretamente no comprimento da cadeia trófica por causa da quantidade de energia e matéria transferidas. Sendo assim quanto menor os organismos da cadeia trófica, maior será o comprimento desta cadeia.

No início do século XX foi descoberto por Alfred Redfield (1934) que as quantidades relativas de nitrato e fosfato presente nos oceanos são apenas aquelas que são necessárias para a composição das algas, "na razão de 16 moléculas de nitrogênio (N) para 1 molécula de fósforo (P). Isto é aceito como uma constante, denominada razão de Redfield (16N: 1P). No entanto, a proporção de Redfield não é universal, mas representa uma média para o crescimento de diversas espécies de fitoplâncton, considerando variedades de condições ambientais e estratégias de crescimento. A proporção N:P não é constante em corpos da água, principalmente devido à entrada de nutrientes de fontes antropogênicas, tais como: fertilizantes, esgotos domésticos e

industriais, lixiviação do solo pela chuva, deposição atmosférica a partir da queima de combustível fóssil e material particulado de origem industrial, fixação biológica do nitrogênio entrada pelos rios e decomposição de rochas, etc. As rochas constituem a fonte básica de fósforo para ecossistemas aquáticos (ESTEVEZ, 1998).

Os diferentes componentes celulares do fitoplâncton têm propriedades estequiométricas próprias. Particularmente, os mecanismos para aquisição de recursos (luz ou nutrientes), como para formação de proteínas e clorofila, necessitam mais de nitrogênio do que fósforo. Enquanto que para formação de RNA ribossomal, a proporção utilizada de nitrogênio e fósforo é a mesma. Como estes nutrientes compõem uma grande parte do material celular, mudanças na proporção relativa de cada componente afetam a estequiometria celular. Ressalta-se que o crescimento celular obedece às leis da conservação da matéria. Os átomos de carbono, nitrogênio, oxigênio e demais elementos se reordenam nos processos metabólicos da célula de maneira que a quantidade total incorporada coincide com a que desaparece do seu entorno.

O crescimento exponencial do fitoplâncton, durante o processo de floração, promove a alocação de nutrientes para os mecanismos de reprodução, aumentando o número de RNAs ribossomais. Isto faz com que a proporção N:P seja reduzida para aproximadamente 8, muito abaixo da razão de Redfield (16). No entanto, quando os nutrientes estão escassos, o fitoplâncton com crescimento lento. Esse tipo de crescimento resulta em proporções ótimas de N: P. (8-45). As espécies fixadoras de nitrogênio (ex. cianobactérias) freqüentemente têm uma estequiometria N:P mais alta do que espécies não-fixadoras. Por exemplo, florações de *Trichodesmium*, que são fixadoras de nitrogênio, têm razões N:P que variam entre 42 e 125. As razões N:P entre filos e famílias são também diferentes. Por exemplo, algas verdes requerem N:P ~30, diatomáceas requerem 10, dinoflagelados ~12 e algas vermelhas~10.

Um nutriente é considerado limitante quando sua concentração no sistema é insuficiente para sustentar o crescimento das algas. Ou seja, uma vez que o suprimento deste nutriente é exaurido, o crescimento algal cessa. Quaisquer nutrientes, por exemplo, nitrogênio, fósforo ou certos metais podem se tornar um nutriente limitante para o crescimento do fitoplâncton.

Os elementos são removidos do estuário por processos biogênicos ou não biogênicos, sendo a remoção biogênica mais freqüente. O fitoplâncton, particularmente diatomáceas e algas, são os organismos que mais removem nutrientes dissolvidos na superfície de águas estuarinas (BERNER & BERNER,1987). O fósforo é removido da coluna da água principalmente pela

assimilação do fitoplâncton. A denitrificação e nitrificação são os principais mecanismos responsáveis pela perda do nitrogênio na coluna de água nas formas de óxido nitroso e nitrogênio molecular (VALIELA, 1995).

Diversos mecanismos não-biológicos também são responsáveis pela remoção de nutrientes. A adsorção do fosfato ao ferro, alumínio e oxidohidróxidos e adsorção ao material em suspensão pode remover uma parcela significativa do fosfato na coluna de água (EYRE, 1994). Além disso, o fosfato pode ser removido da coluna de água por adsorção aos sedimentos (SANDERS *et al.*, 1997).

A sedimentação pode representar um importante mecanismo de remoção de fósforo nos ecossistemas costeiros, embora também haja uma perda de fósforo para atmosfera na forma de fosfina ( $\text{Ph}_3$ ), esta é pouco significativa. O fosfato pode também ser removido por soterramento.

Quando há grande disponibilidade de fósforo no ecossistema, o fitoplâncton consegue assimilar o excesso deste nutriente. O estoque de fósforo pelas algas propicia que suas células contenham de 8-16 vezes mais fósforo do que sua cota mínima. Teoricamente, com este estoque, as algas ficam aptas a realizar possivelmente três ou quatro reproduções celulares. A armazenagem de fósforo por certas cianobactérias é muito maior do que em outras algas.

A sílica presente no ambiente aquático é originada do intemperismo de rochas sedimentares, principalmente feldspato. Pode ocorrer alguma contribuição do sedimento. Na água há três formas principais de sílica (solúvel, coloidal e particulada) e somente a sílica solúvel é biologicamente importante. A sílica é detectada a partir de uma reação ( $\text{H}_2\text{SiO}_4$ ) com o molibdato de amônia em meio ácido, resultando em um complexo reduzido de silicomolibdato de cor azul.

Nos ambiente lênticos a sílica é responsável pelo sucesso evolutivo de alguns grupos de algas, mas principalmente das diatomáceas. Estas algas depositam sílica na parede celular, podendo representar 90% de sua composição química, e originando as frústulas, com numerosas ornamentações na superfície. Algumas crisofíceas e heliozoárias também a utilizam na impregnação da parede celulósica. Quando utilizada pela alga, a sílica é hidratada para formar sílica amorfa ( $\text{SiO}_{2n}\text{H}_2\text{O}$ ).

As diatomáceas são dominantes na grande maioria dos ambientes aquáticos e, portanto, responsáveis pelos picos de produtividade primária. As variações temporais da sílica devem, portanto, trazer conseqüências em todo o ambiente lêntico.

Nos ambientes tropicais a distribuição de sílica relaciona-se aos eventos de circulação e estratificação da coluna de água. Quando ocorre estratificação, o consumo pelas diatomáceas diminui as concentrações de sílica no epilímnio, enquanto há um acúmulo no hipolímnio, resultante da liberação de sílica do citoplasma celular de células mortas e liberação do sedimento de fundo. Se as águas do ambiente são misturadas, a zona fótica é enriquecida por sílica e pode haver ou não uma depleção deste nutriente devido às diatomáceas, dependendo da composição e abundância de espécies e do tempo e intensidade da mistura. Outro aspecto importante refere-se à periodicidade do aporte de sílica lixiviada do continente, que irá interferir na dinâmica das diatomáceas. Finalmente, as diatomáceas comportam-se como r-estrategistas (ou oportunistas), crescendo rapidamente consumindo com eficiência os nutrientes da água e trazendo conseqüências à toda a dinâmica sucessional das outras espécies de algas.

O sucesso das diatomáceas nos ambientes aquáticos resulta, entre outros fatores, da “aquisição evolutiva” da capacidade de depositar mais sílica na parede celular do que celulose. Este processo necessita de muito menos energia do que o necessário para depositar, por exemplo, celulose (clorofíceas e dinoflagelados) ou peptidoglicanos (cianobactérias). Para comparação, considere que aproximadamente 25% da produtividade primária líquida provêm das diatomáceas marinhas, porcentagem semelhante às de florestas de pínus e de gramíneas do ecossistema terrestre (WERNER, 1977).

O ferro é importantíssimo para as algas, pois participa de várias reações enzimáticas e na estrutura das moléculas dos citocromos, responsáveis pelos “saltos” de elétrons na fotossíntese e liberação de energia para formar ATP e NADPH.

### **3.2. Exemplo de Monitoramento da qualidade da água: COGERH (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará)**

A COGERH tanto exerce o papel de gestora dos recursos hídricos do Estado do Ceará quanto de fornecer água bruta. Neste contexto o monitoramento qualitativo tem como objetivo produzir informações que orientem os usuários na adequabilidade da água bruta aos múltiplos usos, promover a conservação da qualidade da água e prover informações que tornem possível prever a qualidade da água e subsidiar novos empreendimentos e usuários.



A rede de monitoramento da qualidade da água implementada pela COGERH abrange todos os açudes gerenciados, tanto estaduais quanto federais, em parceria com o DNOCS (Departamento Nacional Obras Contra Seca), os vales perenizados dos principais rios (Acaraú, Banabuiú, Curu e Jaguaribe), os canais do Trabalhador e do Pecém e algumas lagoas, e conta com a parceria de instituições conveniadas para a realização das diversas análises (físico-química, bacteriológica, nutrientes e hidrobiológica) das amostras de água através de seus laboratórios.

Em quase todos os dias úteis do ano a COGERH tem um ou mais corpos hídricos sendo visitados para a coleta de amostras de água e/ou a análise no próprio local usando equipamentos portáteis.

As frequências com que são realizadas as visitas são variáveis e depende do porte e a da importância estratégica de cada corpo hídrico.

De acordo com a especificidade de cada tipo de monitoramento são disponibilizadas, consolidadas e sistematizadas as informações produzidas com frequências variáveis, desde diária até anual, sendo que para o monitoramento qualitativo é dada ênfase para a divulgação de índices de qualidade da água.

A **Figura 9** apresenta um modelo de planilha de campo com os parâmetros ambientais utilizados no monitoramento da qualidade de água pela COGERH.

Açude: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ Responsáveis: \_\_\_\_\_  
 Campanha(mmm/aaaa): \_\_\_\_\_ Cola: \_\_\_\_\_

Prof. (m)	pH	CE <sub>t</sub> (mS/cm)	TURB (UNT)	OD (mg/L)	T (°C)	SAL (%)	Lab.
<b>Ponto</b>							
Horário	Cor da água	Tempo	Ventos				
Secchi (m)	Aparência da água	Macrófitas					
Zmáx (m)	Margens	Outros					
Ventos (m/s)							
<b>Ponto</b>							
Horário	Cor da água	Tempo	Ventos				
Secchi (m)	Aparência da água	Macrófitas					
Zmáx (m)	Margens	Outros					
Ventos (m/s)							
<b>Ponto</b>							
Horário	Cor da água	Tempo	Ventos				
Secchi (m)	Aparência da água	Macrófitas					
Zmáx (m)	Margens	Outros					
Ventos (m/s)							
<b>Ponto</b>							
Horário	Cor da água	Tempo	Ventos				
Secchi (m)	Aparência da água	Macrófitas					
Zmáx (m)	Margens	Outros					
Ventos (m/s)							
<b>Ponto</b>							
Horário	Cor da água	Tempo	Ventos				
Secchi (m)	Aparência da água	Macrófitas					
Zmáx (m)	Margens	Outros					
Ventos (m/s)							

**Cor da água** - V - esverdeada; A - amarelo-esverdeada; P - pardacenta; E - escura **Aparência da água** - B - barrenta; T - transparente; TD - transparente com presença de material em decomposição **Margens** - OH - ocupação humana; CI - cultura irrigada; AP - animais de pastagem; BN - banhistas; LR - lavagem de roupa; BC - bombas de captação de particulares **Ventos** - I - intensos; M - moderados; FR - fracos **Tempo** - C - chuvoso; N - nublado; S - ensolarado **Presença de macrófitas aquáticas** - SE - submersa enraizada; F - flutuante; EF - emersa com folha flutuante; EE - emersa não enraizada **Outros** - MP - mortandade de peixes; VA - vasilhame de agrotóxicos; SP - salga de peixe; LE - lançamento de esgoto bruto; PO - presença de odor

Dados digitados   
 Data \_\_\_\_\_

**Figura 9- Planilha de campo utilizada monitoramento da qualidade de água.**

Fonte: COGERH, Relatório Técnico: Recomendações e Cuidados na coleta de amostras de água, 2001.

### a. 3.3. Biomonitoramento

Van der Oost *et al.* (2003) descreveu os cinco métodos de Monitoramento Ambiental que devem ser seguidos para avaliar o risco de contaminantes para os organismos e classificar a qualidade ambiental dos ecossistemas. São eles:

- Monitoramento químico – avalia a exposição medindo os níveis de contaminantes bem conhecidos nos compartimentos ambientais;
- Monitoramento da bioacumulação – avalia a exposição medindo os níveis de contaminantes na biota ou determinando a dose crítica no local de interesse (bioacumulação);
- Monitoramento do efeito biológico – avalia a exposição e o efeito determinando as primeiras alterações adversas que são parcial ou totalmente reversíveis (biomarcadores);
- Monitoramento da saúde – avalia o efeito através do exame da ocorrência de doenças irreversíveis ou danos no tecido dos organismos;
- Monitoramento dos ecossistemas – avalia a integridade de um ecossistema através de um inventário de composição, densidade e diversidade das espécies, entre outros.

Quando organismos vivos são usados no Monitoramento Ambiental para avaliar mudanças no meio ambiente ou na qualidade da água o monitoramento é chamado de Monitoramento Biológico ou Biomonitoramento.

Assim, durante o Biomonitoramento são utilizados biomarcadores (celulares, tecido, fluidos corporais, mudanças bioquímicas, entre outros) para indicar a presença de poluentes ou como sistema de aviso de efeitos iminentes.

O uso de parâmetros biológicos para medir a qualidade da água se baseia nas respostas dos organismos em relação ao meio onde vivem. Como os ecossistemas costeiros estão sujeitos a inúmeras perturbações, a biota aquática reage a esses estímulos, sejam eles naturais ou antropogênicos. A habilidade de proteger os ecossistemas depende da capacidade de distinguir os efeitos das ações humanas das variações naturais, buscando categorizar a influência das ações humanas sobre os sistemas biológicos (BUSS *et al. apud.* CAIRNS Jr. *et al.*, 1993). Nesse contexto, a definição de biomonitoramento mais aceita é o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antropogênicas (MATTHEWS *et al.*, 1982).

A idéia de que espécies podem ser usadas para indicar certas condições ambientais tem sido verificada com bastante frequência ao longo da história. Um exemplo ocorreu durante a Revolução Industrial (Século XIX), quando canários eram colocados dentro de minas de carvão para monitorar a qualidade do ar. Caso o canário sofresse alguma alteração desfavorável, causada por altas concentrações de monóxido de carbono, as pessoas eram imediatamente retiradas do local, evitando possíveis danos à saúde (CAIRNS Jr. & PRATT, 1993).

Bioindicadores são espécies escolhidas por sua sensibilidade ou tolerância a vários parâmetros, como poluição orgânica ou outros tipos de poluentes (WASHINGTON, 1984). O termo "resposta biológica" se refere ao conjunto de reações de um indivíduo ou uma comunidade em relação a um estímulo ou a um conjunto de estímulos (ARMITAGE, 1995). Por estímulos entende-se algo que induza uma reação do indivíduo que possa ser percebida e medida na população ou na comunidade.

Segundo Metcalfe (1989), o uso das respostas biológicas como indicadores de degradação ambiental é vantajoso em relação às medidas físicas e químicas da água, pois estas registram apenas o momento em que foram coletadas, como uma fotografia do ecossistema, necessitando assim de um grande número de análises para a realização de um monitoramento temporal eficiente. Outra desvantagem é que, se forem feitas longe da fonte poluente, as medições químicas não serão capazes de detectar perturbações sutis sobre o ecossistema (PRATT & COLER, 1976).

Por sua vez, os organismos integram as condições ambientais durante a sua vida, permitindo que a avaliação biológica seja utilizada com bastante eficiência na detecção tanto de ondas tóxicas intermitentes agudas quanto de lançamentos crônicos contínuos (DE PAUW & VANHOOREN, 1983). Além disso, as metodologias biológicas são bastante eficazes na avaliação de poluição não pontual (difusa), tendo, portanto, grande valor para avaliações em escala regional (PRATT & COLER, 1976).

Mesmo em casos de lançamentos contínuos dentro das normas estabelecidas por lei, o uso da biota aquática é uma importante ferramenta na avaliação da qualidade da água. Isso se deve a um processo natural denominado biomagnificação, que é a transmissão de compostos que não são metabolizados ou excretados pelos organismos para o nível superior da cadeia trófica. Em alguns casos esses compostos podem ser tóxicos se acumulados, como no caso de metais pesados e de pesticidas organoclorados. Portanto, mesmo estando dentro das normas legais de lançamento,

esses efluentes podem estar degradando as inter-relações biológicas, extinguindo espécies e gerando problemas de qualidade de vida para as populações que utilizam aquele recurso.

Os indicadores biológicos são muito úteis por sua especificidade em relação a certos tipos de impacto, já que inúmeras espécies são comprovadamente sensíveis a um tipo de poluente, mas tolerantes a outros (WASHINGTON, 1984). Assim, índices podem ser criados especificamente para detectar derramamento de óleo, poluição orgânica, alteração de pH da água, lançamento de pesticidas, entre outros.

### 3.4. Indicadores biológicos

A presença ou ausência de certas espécies, bem como a sua densidade, nos ecossistemas pode trazer muitas informações sobre a qualidade do ambiente. Isto ocorre porque as espécies respondem aos parâmetros ambientais que garantem a sua sobrevivência, ou seja, o habitat das espécies, ou mais amplamente o hipervolume (conceito de nicho ecológico<sup>14</sup>).

Quando o ambiente natural é alterado, como por exemplo, com a entrada de um poluente, ou pelo desmatamento, o equilíbrio ecológico se altera, fazendo com que haja um novo panorama biológico, vinculado à nova realidade. A presença de uma substância química tóxica pode fazer com que algumas espécies sensíveis a ela desapareçam, ou se tornem raras. Com a redução na densidade de indivíduos e a redução de espécies do ambiente, algumas populações resistentes ao estresse, antes com abundâncias controladas pela competição, encontram espaço e recursos disponíveis para crescer e dominar o ambiente. Por exemplo, algumas espécies de vermes poliquetas (como *Capitella capitata*) e moluscos com conchas, ocorrem naturalmente nos fundos marinhos lodosos. No entanto, quando estes fundos são submetidos à poluição orgânica, estas espécies crescem e reproduzem em grande escala, gerando uma explosão populacional. Tornam-se, portanto, indicadores biológicos da poluição orgânica. Sabendo deste fenômeno, quando vão diagnosticar ou monitorar uma região qualquer, os pesquisadores consideram de grande importância a presença de espécies indicadoras.

Com o crescimento descontrolado de algumas espécies resistentes e o desaparecimento de várias espécies sensíveis, o ecossistema reduz sua diversidade, bem como sua equitabilidade, ou

---

<sup>14</sup> Identidade ecológica da espécie, como ela é e tudo o que ela faz. O conceito de nicho ecológico considera não apenas o espaço utilizado pela espécie, mas também a sua posição na teia trófica da comunidade e a sua relação com os fatores ambientais.

seja, a distribuição de indivíduos para cada espécie torna-se menos homogênea. Quando um ecossistema é dominado quantitativamente por poucas espécies, ele normalmente encontra-se sob estresse (ambiental ou antrópico). Espécies indicadoras são na verdade aquelas que têm exigências ambientais específicas. Seu uso costuma variar entre indicar amplitudes dos vários tipos de influências antrópicas, dar pistas de mudanças populacionais em outras espécies, localizar áreas de elevada biodiversidade ou servir como “proteção” para os requerimentos de espécies simpátricas<sup>15</sup> (CARO & O'DOHERTY, 1999).

Os tipos mais comuns de espécies bioindicadoras são:

- sentinelas: introduzidas para indicar níveis de degradação e prever ameaças ao ecossistema;
- detectoras: são espécies locais que respondem a mudanças ambientais de forma mensurável;
- exploradoras: reagem positivamente a perturbações;
- acumuladoras: permitem a verificação de bioacumulação;
- bioensaio: usados na experimentação;
- sensíveis: modificam acentuadamente o comportamento.

As formas de bioindicação também são diferentes. Por exemplo:

- bioindicação não específica: diferentes fatores provocam a mesma reação;
- bioindicação específica: uma reação só ocorre em virtude de um único fator ambiental.
- bioindicação direta: fator ambiental atua diretamente sobre o sistema biológico;
- bioindicação indireta: a bioindicação é resultado de alterações ambientais que provocam diferentes respostas.
- bioindicação primária: é a primeira reação do organismo;
- bioindicação secundária: ocorre após a primária e é diferente dela.

As espécies bioindicadoras podem ser classificadas, ainda, de acordo com o que indicam:

- Indicadoras de saúde ambiental: apontam efeitos poluentes ou efeitos ambientais que afetam a saúde. Exemplo: filtradores capazes de acumular poluentes;

---

<sup>15</sup>Divergência genética de várias populações (de uma espécie parental única) que habitam a mesma região geográfica, de modo a que essas populações se tornam espécies diferentes.

- Indicadoras de populações: sinalizam condições do habitat para outras espécies, exemplo: a morte de aves marinhas jovens indica temperatura baixa da água (não conseguem nadar mais profundamente para encontrar peixes);

- Indicadoras de biodiversidade: conhecendo as cadeias alimentares, é possível inferir a presença de várias espécies a partir de uma das que fazem parte da cadeia. Exemplo: a presença de um inseto pode indicar que na área existem determinados pássaros e outras espécies em grandes quantidades.

- Indicadoras “guarda-chuva”: requerem uma área muito extensa. São espécies que “acolhem” outras, permitem a identificação e monitoramento das características de um habitat que deve ser protegido e são utilizadas no planejamento da conservação. Espécies migratórias são particularmente efetivas.

Segundo Johnson *et al.* (1993), um indicador biológico "ideal" deve possuir as seguintes características:

- Ser taxonomicamente bem definido e facilmente reconhecível por não-especialistas;
- Apresentar distribuição geográfica ampla;
- Ser abundante ou de fácil coleta;
- Ter baixa variabilidade genética e ecológica;
- Preferencialmente possuir tamanho grande;
- Apresentar baixa mobilidade e longo ciclo de vida;
- Dispor de características ecológicas bem conhecidas;
- Ter possibilidade de uso em estudos em laboratório.

A primeira abordagem visando à determinação de indicadores biológicos da qualidade das águas, com bases científicas, foi feita com bactérias, fungos e protozoários na Alemanha por KOLKWITZ & MARSSON, 1909. Como praticamente qualquer grupo pode ser utilizado em programas de monitoramento, foram desenvolvidas metodologias de avaliação para macrófitas aquáticas (BEST,1990; HASLAM,1982), peixes e macroinvertebrados. A utilização da comunidade de peixes com essa finalidade tem sido extensamente implantada, principalmente nos Estados Unidos (CAIRNS JR. & VAN DER SCHALIE, 1980; FAUSCH *et al.* 1990; KARR, 1981; KARR *et al.*, 1986), inclusive com proposta de uso em programas em todo o país (FAUSCH *et al.*, 1984; PLAFKIN *et al.*, 1989). Apesar do desenvolvimento de metodologias de avaliação com diversos organismos, vários autores afirmam que o fitoplâncton tem sido

frequentemente utilizado como indicador da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos, incluindo rios, estuários e áreas costeiras, porque as variações na composição qualitativa e quantitativa do fitoplâncton constituem-se em uma rápida resposta às modificações das condições ambientais (HINO & TUNDISI, 1977). Índices de diversidade e riqueza de espécies são de uso comum para caracterizar o fitoplâncton, bem como outros indicadores especialmente desenvolvidos para serem aplicados sobre as algas planctônicas (NYGAARD, 1949; SLÁDECEK, 1979).

### **3.5. Fitoplâncton**

#### 3.5.1. Breve histórico

Segundo Oliveira (2011), os primeiros estudos sobre o plâncton no Brasil são datados do século passado, quando da passagem de expedições internacionais por águas brasileiras. Na literatura especializada é possível observar que existem registros de que até 1890, 13 expedições coletaram amostras de zooplâncton na costa brasileira e até o ano de 1900, foram publicados cerca de 20 trabalhos em zooplâncton e 1 em fitoplâncton.

Dentre esses trabalhos, destacam-se os resultados da "Plankton Expedition", sob os auspícios da Fundação Von Humboldt (Alemanha), abrangendo principalmente a Região Norte e parte da Nordeste do país. Entre 1913 e 1918 ocorreu a efetiva implantação dos estudos de fitoplâncton marinho no Brasil, com uma série de trabalhos taxonômicos sobre as diatomáceas. Durante a década de 20, expedições oceanográficas com o navio alemão "Meteor" possibilitaram a coleta de amostras de plâncton ao longo de transects<sup>16</sup> perpendiculares à costa brasileira desde a região norte até o sul, em profundidades desde a superfície até 1000 metros (KÄSLER, 1925 *apud*. OLIVEIRA 2004).

O fitoplâncton historicamente foi observado pela primeira vez por Van Leeuwenhoek (1632-1723), um comerciante que, impulsionado por sua criatividade, inventou o microscópio acelerando avanços nas ciências microbiológicas, (FRIEDMAN e FRIEDLAND, 2000). Victor Hensen (1835-1924) foi responsável por introduzir o termo plâncton, da palavra grega planktos,

---

<sup>16</sup>Transects – Linhas imaginárias em um determinado espaço físico.

que significa *errante*, CADÉE & HEGEMAN, 2002. Com a realização das primeiras expedições logo foi percebido o comportamento diferenciado das comunidades fitoplanctônicas entre os variados corpos hídricos (SALDANHA, 2008).

### 3.5.2. Ecologia das Comunidades fitoplanctônicas

A comunidade fitoplanctônica é composta por grupos funcionais (GF), que são reunidos com o objetivo de prever as distribuições e dinâmicas de populações fitoplanctônicas naturais. Os grupos funcionais fitoplanctônicos são grupos de espécies, em geral polifiléticos, que respondem similarmente a um determinado conjunto de condições ambientais (REYNOLDS *et al.* 1997; 2002). Atualmente são descritos 31 grupos funcionais diferentes (REYNOLDS *et al.* 2002; REYNOLDS, 2006). A abordagem de grupos funcionais do fitoplâncton, baseada em atributos fisiológicos, morfológicos e ecológicos das espécies tem sido considerada uma alternativa para o enfoque ecológico tradicional podendo ser usada como um método quantitativo passível de verificação, descrevendo a estrutura da comunidade e suas mudanças. A relevância dos estudos ecológicos e sanitários do fitoplâncton, em saúde pública, deve-se ao fato de que eles atestam a qualidade e possibilitam o monitoramento das águas utilizadas para diversos fins, principalmente aqueles ligados diretamente à saúde humana.

O fitoplâncton é constituído por diatomáceas (Classe Bacillariophyceae), dinoflagelados (Classe Dinophyceae), clorofíceas (Classe Chlorophyceae), coccolitoforídeos (Classe Haptophyceae), silicoflagelados (Classe Crysophyceae), criptofíceas (Classe Cryptophyceae) e pode ser classificado de acordo com o tamanho como: Ultraplâncton ou Ultrananoplâncton (0,02 – 0,2  $\mu$ m), Picoplâncton (0,2 – 2  $\mu$ m), Nanoplâncton (2 – 20  $\mu$ m), Microplâncton (20 – 200  $\mu$ m), Macroplâncton (0,2 – 2 cm), Megaloplâncton (> 2 cm).

É o elo primário das cadeias alimentares dos ambientes aquáticos, pois realiza fotossíntese graças ao pigmento conhecido como clorofila. Contribui em grande parte para o oxigênio existente na Biosfera, essencial à vida de plantas e animais.

Os estudos do fitoplâncton efetuados através da enumeração das espécies fitoplanctônicas permitiram igualmente pôr em evidência a existência de uma sucessão das espécies no seio de uma determinada população fitoplanctônica ao longo de um ciclo anual de produção. Esta

sucessão sobrepõe-se normalmente às variações sazonais. Consiste na alteração sucessiva da composição das populações fitoplanctônicas (BOUGIS, 1974; SOURNIA, 1978).

Uma população fitoplanctônica é normalmente constituída por uma série de espécies dominantes que se sucedem ao longo no tempo. A ordem de sucessão das espécies fitoplanctônicas é habitualmente constante de ano para ano. A temperatura tem uma importante intervenção no processo. A intensidade luminosa parece igualmente intervir neste processo. As espécies fitoplanctônicas apresentam valores ótimos distintos para a realização da fotossíntese. A riqueza em nutrientes constitui também um fator importante na sucessão das populações de fitoplâncton. Muitos dinoflagelados toleram um teor extremamente baixo em nitrogênio e provavelmente em fósforo, o que pode explicar o fato destes sucederem à maior concentração de diatomáceas após a diminuição brusca da concentração em nutrientes. Sucessores dos dinoflagelados são os fitoflagelados, formas muito pequenas do nanoplâncton, características de águas costeiras tropicais pobres em nutrientes. Outro fator importante parece ser a secreção de substâncias antibióticas inibidoras do crescimento por parte de algumas espécies fitoplanctônicas. A todos estes fatores devem adicionar-se o consumo seletivo do fitoplâncton por parte de zooplâncton herbívoro ("grazing") (PLATT, 1981).

Em certas ocasiões, devido a condições favoráveis de temperatura, pressão, salinidade e nutrientes, algumas espécies fitoplantônicas podem se multiplicar rapidamente e crescer excessivamente em número. As células se dividem com velocidade, de forma exponencial e em pouco tempo podem somar vários milhares por litro. Em consequência do crescimento, existe grande fartura de alimento que está disponível para ser incorporado ao longo da cadeia trófica. Quando as algas morrem, a quantidade de oxigênio dissolvido diminui devido à decomposição destas pelas bactérias, levando a mortandade de outros organismos como os peixes (**Figura 10**) .



**Figura 10: Peixes mortos na Laguna de Araruama**

Fonte: <http://www.ecodebate.com.br/2009/02/02/mortandade-de-peixes-na-lagoa-de-araruama-rio-de-janeiro-pode-se-repetir-nos-proximos-dois-anos/>

A proliferação de certas algas microscópicas marinhas ou de água doce, pode causar diversos problemas para o homem e para o ecossistema como um todo. Quando a proliferação dessas algas é grande, o fenômeno é designado por “Harmful Algal Blooms”, ou HABs (Florações nocivas de algas- FANs em português).

A proliferação maciça de microalgas pode ter aparentemente poucos efeitos no ecossistema ou afetar fortemente diversos organismos aquáticos por mecanismos diversos como: anoxia, produção de toxinas, ação mecânica da estrutura anatômica da sua parede celular nos tecidos delicados das brânquias (VALE, 2004). As HABs têm um forte impacto negativo na pesca, especialmente quando causam grande mortalidade de espécies criadas em gaiola, como o salmão, que não podem escapar do local onde ocorre o fenômeno (LANDSBERG, 2002).

A contaminação esporádica de animais filtradores, como os moluscos bivalves, por biotoxinas pode causar intoxicações agudas nos seres humanos, embora aparentemente não afetando o animal contaminado. Neste caso particular, as florações das algas podem ser tão pequenas que não chega a alterar a cor da água. O fenômeno da floração é devido essencialmente a microalgas do grupo dos dinoflagelados (VALE, 2004), as quais, em sua maioria, são planctônicas e cujas toxinas atingem os homens diretamente através de moluscos bivalves.

Em alguns casos as florações são expressivas causando alteração da cor da água o que resulta da cor da(s) espécie(s) fitoplanctônica(s) encontrada(s) no ambiente. Se há presença de organismos do tipo cianobactéria *Trichodesmium* pode dar uma tonalidade marrom à água. Se os organismos têm coloração vermelha, como o dinoflagelado *Mesodinium rubrum* ou outras espécies do mesmo grupo como, *Noctiluca scintillans*, a água se torna vermelha, formando a maré vermelha, se a espécie causadora do Bloom for uma diatomácea, a floração tem cor dourada-amarronzada, caso seja uma clorófitcea, a floração será de coloração esverdeada (**Figura 11**) e assim sucessivamente.



**Figura 11- Bloom de Clorófitceas (maré verde) na costa de Saint Michel-en-Greve, na França.**

Fonte:<http://www1.folha.uol.com.br/turismo/763989-costa-francesa-e-novamente-invadida-por-algas-toxicas.shtml>

#### 3.5.2.1. Classe Bacillariophyceae- Diatomáceas

As diatomáceas são organismos frequentes do plâncton marinho. Estão presentes também em ambientes de água doce ou terrestres úmidos. Algumas formas são saprófitas, enquanto que outras podem viver simbioticamente.

A grande maioria das diatomáceas é unicelular (e.g. *Coscinodiscus*), porém existem formas coloniais (e.g. *Chaetoceros*) ou com padrões distintos (e.g. *Asterionella*). São geralmente marrom-amareladas, verde-amareladas ou marrom-escuras.

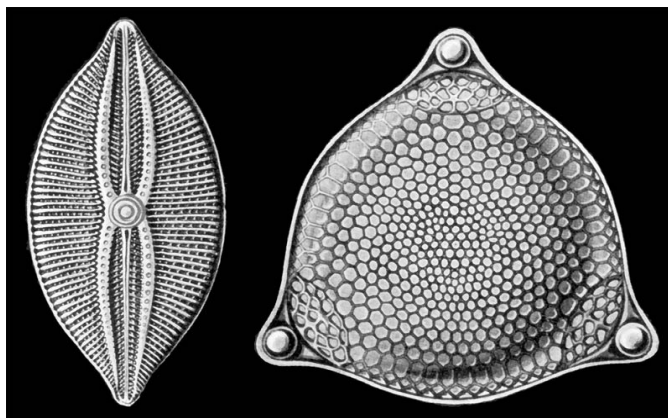
Apresentam a parede celular denominada de frústula, sendo formada por duas partes ou valvas, que se encaixam: epiteca (maior) e hipoteca (menor). O local de encaixe entre estas duas valvas é denominado de pleura. Muitas vezes, ocorre o depósito de mais parede entre as duas valvas, formando bandas. A parede é constituída por sílica e substâncias pécticas (carboidrato). A sílica confere uma grande resistência a essa estrutura. Não existem evidências de que haja celulose.

A especificidade ecológica de muitas espécies de diatomáceas e a facilidade de agregar componentes das mesmas fazem com que as diatomáceas sejam utilizadas como indicadores ambientais da qualidade de água, particularmente o pH, a condutividade, a salinidade e o estágio trófico.

São referidos cerca de 250 gêneros e aproximadamente 100.000 espécies distribuídas em uma única classe: Bacillariophyceae. Autores mais tradicionais reconhecem duas ordens (**Figura 12**) com base na simetria da célula:

1) Ordem Pennales - a estrutura da valva é geralmente arranjada em referência a uma linha central, proporcionando uma simetria bilateral. Existem geralmente dois cloroplastos paretais, um núcleo central, suspenso por pontes citoplasmáticas, e um vacúolo central. Na maioria das Pennales, encontra-se no centro da valva, um sulco com fissura vertical, sem depósito de sílica, denominado de rafe. Ela pode ter forma reta, ondulada ou sigmóide. Na região central e nas laterais existem espessamentos esféricos denominados respectivamente de nódulo central e nódulos polares.

2) Ordem Centrales - a estrutura da valva é arranjada em referência a um ponto central localizado na própria valva dando origem a uma valva cêntrica ou radial, ou é arranjada em referência a dois, três ou mais pontos, dando origem à valva biangular, triangular ou poligonal. Nesses casos, a simetria é sempre radiada. Essas células apresentam numerosos cloroplastos discóides, um núcleo e um grande vacúolo central.



**Figura 12- Figura de uma diatomácea Centrales, à direita comparada com uma diatomácea Pennales. Desenhos de Ernst Haeckel.**

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Centrales>

Levinton (1995) citou que as diatomáceas cêntricas são mais comuns no plâncton como *Coscinodiscus*, *Skeletonema*, *Thalassiotrix* e *Rhizosolenia* enquanto que as penatas são mais frequentes no bentos. Segundo Hendey (1964) entre as penatas existem também aquelas de hábito planctônico como: *Thalassiothrix*, *Thalassionema*, *Asterionella* e *Nitzschia* (SALDANHA, 2008)

Após a morte das diatomáceas, as frústulas, extremamente resistentes devido à presença de sílica, são depositadas no fundo de lagos ou mares. Esses depósitos podem atingir proporções significativas, como o de Lampoc na Califórnia, de origem marinha, que possui milhas de extensão e 200 m de espessura. Esses depósitos foram elevados pelas atividades geológicas. No nordeste do Brasil também existem alguns desses depósitos, que recebem o nome de terras de diatomáceas. Essas terras de diatomáceas têm extensivo uso industrial como filtro de líquidos, especialmente em refinarias de açúcar, e como isolante térmico em caldeiras. São empregadas também como abrasivo. Devido à resistência das paredes das diatomáceas, as frústulas têm sido preservadas ao longo do tempo, permitindo uma análise da flora fóssil e conseqüente dedução da temperatura e alcalinidade das águas de tempos passados. São também utilizadas como indicadores de camadas que podem conter petróleo ou gás natural.

Algumas diatomáceas liberam substâncias tóxicas e envenenam a água quando as populações se tornam muito densas. Ex. *Pseudonitzschia*.

### 3.5.2.2. Classe Dinophyceae- Dinoflagelados

São incluídas predominantemente formas unicelulares biflageladas que ocorrem principalmente no plâncton marinho. No entanto, existem formas de água doce. Podem ser fotossintetizantes (algumas simbióticas com corais) ou heterotróficas (saprófitas, parasitas e holozóicas).

A parede celular, quando presente, é composta por celulose. Também denominada de teca. Essa estrutura é formada por unidades achatadas (placas poligonais) localizadas em vesículas, que se depositam sob a membrana plasmática.

Representantes desta classe podem causar HABs, que correspondem a um aumento exagerado do número de indivíduos de uma dada espécie, formando manchas de coloração visível nos mares, devido à alta densidade. Ocorrem principalmente em águas costeiras ricas em nutrientes. Entre os principais gêneros causadores de HABs destacam-se: *Prorocentrum*, *Ceratium*, *Cochlodinium*, *Gymnodinium* e *Alexandrium*. Podem causar morte de peixes pelo consumo exagerado de oxigênio da decomposição bacteriana e produção de toxinas. Essas toxinas agem no sistema nervoso. Os moluscos geralmente não são sensíveis, mas podem acumular essas toxinas, que podem atingir o homem e outros mamíferos através da ingestão desses moluscos.

Alguns gêneros apresentam bioluminescência (ex. *Noctiluca*). Através da oxidação da luciferina pela luciferase, ocorre a formação de um produto excitado que libera fótons.

### 3.5.2.3. Classe Euglenophyceae- Euglenofíceas

São descritas cerca de 800 espécies que ocorrem em ambiente marinho ou de água doce. Além de formas clorofiladas, existem formas incolores. As euglenofíceas clorofiladas são comumente encontradas em ambientes ricos em matéria orgânica, podendo assimilar essas substâncias. O gênero mais estudado é a *Euglena sp.*

A grande maioria é unicelular, existindo apenas um gênero colonial, o *Colacium sp.* Geralmente, apresenta um flagelo anterior e mancha ocelar na porção anterior do citoplasma cuja função é sentir as variações da intensidade luminosa.

A parede celular é ausente. Internamente à membrana plasmática existe uma película protéica organizada espiraladamente.

O vacúolo contrátil controla a quantidade de água em seu interior. Normalmente ocorre em espécies de água doce, atuando no controle da osmose. A água é eliminada pelo reservatório, após isso um novo vacúolo é formado.

Essa classe é formada por espécies mixotróficas, ou seja, capazes de realizar fotossíntese quando há poucos nutrientes no ambiente e quando há uma grande concentração de nutrientes, poupam energia e os absorve do meio. A mixotrofia é uma estratégia adaptativa, pois garante a sobrevivência das espécies independente da concentração de nutrientes no meio, garantindo sua perpetuação.

#### 3.5.2.4. Cianobactérias

As cianobactérias podem viver em ambientes extremamente diversos. A maioria é de água doce, podendo sobreviver a temperaturas de até 74°C em fontes termais (ex. *Synechococcus*) ou a temperaturas muito baixas de lagos antárticos, onde podem ocorrer sob a calota de gelo. Existem formas marinhas que resistem a altas salinidades, ou a períodos de dessecação, como as cianobactérias que habitam o supra-litoral. Algumas formas são terrestres, vivendo sobre rochas ou solo úmido. Outras vivem em associações com fungos, como nos líquens *Cora* e *Leptogium*, entre outros. Ainda existem algumas que se associam a outros vegetais (*Anthoceros*, briófitas; *Azolla*, pteridófitas; *Cycas*, gimnospermas) ou a protozoários.

A organização da maior parte das cianobactérias é muito simples: podem ser unicelulares (e.g. *Synechococcus*), coloniais (e.g. *Microcystis*) ou filamentosas (e.g. *Oscillatoria* e *Anabaena*).

Sua parede celular é semelhante à encontrada em bactérias gram-negativas com isso demonstram que possuem parede celular pouco permeável aos antibióticos. Essa parede é complexa e composta por várias camadas. Apenas as duas camadas mais internas são as mesmas para todas as algas azuis. A estrutura das camadas mais externas depende das condições ambientais e da quantidade de mucilagem secretada.

Certas cianobactérias podem produzir toxinas e liberá-las para o meio onde vivem. Existem vários registros no mundo todo de mortes de aves, peixes e mamíferos causadas pela ingestão de águas contaminadas como no Brasil (e.g. Reservatório do Iraí/ Curitiba) Austrália, USA, Canada,

Finlândia, Rússia, África, Bermuda, Nova Zelândia, Inglaterra, Argentina, França, Escócia e Alemanha.

As substâncias tóxicas são de dois tipos: alcalóides (neurotoxinas) ou peptídeos de baixo peso molecular (hepatotoxinas).

As neurotoxinas atingem o sistema neuromuscular paralisando músculos esqueléticos e respiratórios, podendo levar à morte por parada respiratória. Podem ser produzidas por espécies de *Anabaena* e *Aphanizomenon*.

As hepatotoxinas agem mais vagarosamente, atingindo o fígado. Causam necrose, provocando morte por hemorragia. Podem ser produzidas por espécies de *Microcystis*, *Nodularia*, *Oscillatoria* e *Anabaena*.

A grande importância econômica das cianobactérias está relacionada a formas fixadoras de nitrogênio devido presença de heterócitos em algumas espécies, que quando presentes ou adicionadas ao solo, podem em muitos casos, substituir ou reduzir a utilização de fertilizantes. Além disto, algumas cianobactérias são utilizadas como fonte de proteínas (e.g. *Spirulina*).

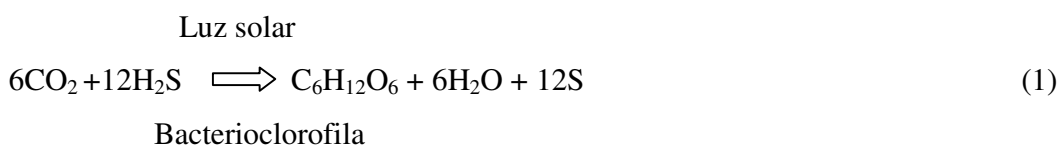
Nos sistemas ecológicos atuais, as cianobactérias são importantes tanto pela produção fotossintetizante quanto pela fixação de  $N_2$ . Estas possuem vantagem competitiva em relação às outras espécies algais em ambientes que há concentração mínima crítica de nitrogênio na forma iônica assimilável na água. Nestas cianobactérias o  $N_2$  é transformado em  $NH_4$  através da enzima nitrogenase, a qual contém ferro e é desnaturada em presença de oxigênio. Geralmente a fixação de  $N_2$  ocorre em águas bem oxigenadas, mas, obviamente, a alga necessita da energia gerada pela fotossíntese, a qual produz oxigênio, e deste modo inviabilizaria a fixação do nitrogênio pelo heterócito.

As principais características químicas do heterócito que permitem a fixação do nitrogênio gasoso ( $N_2$ ) são:

- O heterócito consome oxigênio em altas taxas durante a respiração;
- Sua parede espessa restringe a entrada de  $O_2$  e  $N_2$ ;
- A nitrogenase se satura à concentração baixíssima de  $N_2$  (0,2 atm), então a fixação não é afetada pela redução de permeabilidade do gás;
- O heterócito não possui o fotossistema II, a parte do aparato fotossintético que produz  $O_2$ ;

- O resultado é a anoxia no interior do heterócito, permitindo o funcionamento da nitrogenase.

Em ambientes anóxicos algumas cianobactérias podem usar H<sub>2</sub>S como doador de elétrons, de modo semelhante ao que ocorre em bactérias fotossintetizantes, que não usam a água como doador de elétrons:



Têm, portanto, a habilidade de fotossintetizar sob condições aeróbicas ou anaeróbicas. São fototróficas anaeróbicas facultativas, e preenchem um importante nicho ecológico nos sistemas aquáticos.

Essa capacidade representa uma vantagem tanto em relação a algas eucarióticas (restritas a ambientes fotoaeróbicos), quanto a bactérias fotossintetizantes (restritas a ambientes fotoanaeróbicos). Desta forma, cianobactérias com essa capacidade têm vantagem seletiva sobre organismos em ambientes que flutuam entre essas duas condições como, por exemplo, certos lagos, que no inverno são anaeróbicos e no verão, aeróbicos.

São reconhecidas aproximadamente 2.000 espécies, distribuídas em 150 gêneros. Existem várias proposições de classificação das cianobactérias.

São eficientes no deslocamento na coluna d'água por possuírem vacúolos gasosos ou pseudovacúolos que permitem a otimização da absorção da luminosidade. Esses vacúolos gasosos diminuem a densidade das cianobactérias para um valor inferior ao da água. Assim, são impelidas para a superfície, não dependendo apenas da turbulência para se manterem na zona fótica. São também eficientes na obtenção de gás carbônico e na competição por sombrear as demais algas, aproveitando-se dos nutrientes liberados pelas mesmas.

### 3.5.2.5. Classe Prymnesiophyceae - Cocolitoforídeos

Os cocolitoforídeos são unicelulares, esféricos e biflagelados, com flagelos de mesmo tamanho e caracterizam-se essencialmente por possuírem uma célula revestida exteriormente por

pequenas placas calcárias (cocólitos) apresentando formas extremamente variadas (HEIMDAL,1993).

Muitas das informações relativas às funções dos cocólitos para os cocolitoforídeos foram obtidas a partir de estudos com *Emiliana huxleyi*, espécie cosmopolita presente em todos os ambientes oceânicos e neríticos do mundo, exceto nos ambientes polares. Uma excelente revisão sobre o conhecimento disponível sobre essa espécie foi feita por Paasche (2001). Os cocólitos possuem provavelmente várias funções para as células, como: i) restrição do contato das células com patógenos como bactérias e vírus; ii) proteção contra predação exercida por protozoários (proteção virtualmente não efetiva contra muitos membros do zooplâncton, como copépodos); iii) regulação da flutuabilidade das células (produção e/ou liberação de cocólitos mais pesados para regular a posição da célula na coluna d'água). Alguns autores sugerem também que cocólitos poderiam servir para concentrar o foco de luz no interior da célula e atividade na absorção de nutrientes. Estudos recentes indicam também que os cocólitos podem ter função importante na dispersão de luz na coluna d'água, pois dependendo do ângulo no qual os raios solares atingem as células eles poderiam ser refletidos de volta para a atmosfera ou serem projetados para outras profundidades (VOSS *et al.*, 1998).

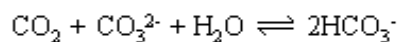
A presença de cocólitos em rochas sedimentares pode ser usada como marcador na descoberta e modo de deposição de jazidas de petróleo. Por exemplo, os depósitos de xisto de Kimmeridge Clays (Inglaterra, Reino Unido) são dispostos entre faixas de pedra calcária que são compostas principalmente de cocólitos de uma espécie, *Ellipsagelosphaera britannica* (LEE, 1999).

Pertencem ao mesmo grupo de algas que as diatomáceas e são componentes importantes do fitoplâncton pelágico tropical e são normalmente nanoplancctônicos (LEVINTON, 1995) e constituem a maior fonte de produção primária em muitas regiões oceânicas com águas oxigenadas, límpidas e quentes (BONECKER; BONECKER; BASSANI, 2002).

Vários cocolitoforídeos como *Emiliana* são fontes importantes de Sulfeto de dimetila (DMS), é um dos principais gases voláteis que contêm enxofre, e é componente essencial para o ciclo biogeoquímico do enxofre.

Anualmente, os oceanos absorvem cerca de 25% do CO<sub>2</sub> emitido para a atmosfera pelas atividades humanas, reduzindo drasticamente o impacto deste gás de efeito estufa sobre o clima.

O CO<sub>2</sub> dissolve-se mais facilmente na água fria e na água do mar que na água pura, porque a água do mar contém, naturalmente, íons de carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).



Como produto desta reação são gerados duas moléculas de ácido carbônico, aumentando a concentração do íon H<sup>+</sup> na água, reduzindo assim o pH do oceano, levando a acidificação da água. Este processo está tornando a água do mar mais corrosiva para conchas e esqueletos de numerosos organismos marinhos, bem como afetando seus processos de reprodução e fisiologia.

Organismos de grande importância para a biodiversidade e equilíbrio da teia alimentar oceânica, que são dependentes de pH alcalino para o desenvolvimento, como cocolitoforídeos e foraminíferos, sofrerão considerável redução numérica em suas populações devido à acidificação.

Riebesell *et al.* constataram, utilizando a *Emiliana huxleyi*, que a má formação dos cocólitos acompanha o aumento de CO<sub>2</sub>.

#### 3.5.2.6. Classe Chlorophyceae- Clorofíceas

As Clorofíceas formam um grupo de algas eucarióticas extremamente grande e diverso e são bem representadas em água doce e sua ocorrência em águas marinhas é rara (LEVINTON,1995). Podem dominar as comunidades fitoplanctônicas em estuários ou lagos fechados, mas habitam preferencialmente lagos mesotróficos ou eutróficos, por este motivo são boas indicadoras de eutrofização. Estas são cosmopolitas, sendo facilmente dispersas pela ação do vento (ESTEVES, 1998 *apud.* SALDANHA, 2008).

## 4. UTILIZAÇÃO DO FITOPLÂNCTON EM PROGRAMAS DE MONITORAMENTO

### 4.1. Metodologia de Campo

É importante que inicialmente sejam selecionados os pontos amostrais levando em consideração os aspectos ambientais de cada um e o período de monitoramento.

Os pontos de coleta devem ser detalhadamente descritos na ficha de coleta, incluindo suas coordenadas; condições hidrológicas e geológicas; topografia; condições meteorológicas no dia da coleta e nas últimas vinte e quatro horas ou quarenta e oito horas, utilização da água (abastecimento público, recreação, dessedentação de animais, irrigação etc..)

As amostragens quantitativas do fitoplâncton devem ser feitas sempre em baixa-mar e preamar a 1 m de profundidade nos pontos de coleta. Utiliza-se para coleta a garrafa de Van Dorn (**Figura 13**). As amostras coletadas são imediatamente fixadas com solução formol a 2 %.



**Figura 13 – Garrafa de Van Dorn utilizada para coleta de fitoplâncton**

Fonte: <http://www.cenofisco.com.br/>

Para as amostragens qualitativas e complementação do inventário florístico devem ser realizados arrastos horizontais de rede de plâncton cônica (**Figura 14**) com malha de 20  $\mu\text{m}$ , com velocidade aproximada de um nó (1,852km/h) na superfície dos mesmos pontos, durante 3 minutos nas duas situações de maré. Estas amostras devem ser conservadas em frascos de plástico, que podem ser de polietileno e fixadas com solução de formol (2%) neutralizada com

tetraborato de sódio. Porém, uma parte destas amostras pode ser mantida sem fixador e guardada em refrigerador para possível identificação de organismos vivos que possam perder as características devido ao processo de fixação.



**Figura 14- Rede utilizada para a coleta de fitoplâncton**

Fonte: [http://www.flemingbrasil.com.br/layout\\_hpage/p\\_produtos\\_%20ambientais.htm](http://www.flemingbrasil.com.br/layout_hpage/p_produtos_%20ambientais.htm)

#### **4.2. Recomendações e Cuidados no Monitoramento**

Embora possa parecer uma tarefa relativamente simples, a coleta de amostras de água pode representar o sucesso de um Programa de Monitoramento. Do correto planejamento das atividades de campo depende toda uma rede de informações que podem ser geradas. O acompanhamento da qualidade da água dos corpos hídricos facilita a análise de sua evolução no tempo, além de contribuir significativamente para a obtenção de resultados representativos que possam mitigar os impactos negativos sobre a qualidade das águas. As recomendações e cuidados apresentados neste subcapítulo fazem parte das normatizações de procedimentos elaboradas pelo Departamento de Monitoramento da COGERH (Companhia de Gerenciamento de Recursos

Hídricos do Ceará), na qual viabiliza o treinamento dos técnicos diretamente envolvidos com as atividades de coleta de amostras de água em campo.

#### 4.2.1. Preservação e armazenamento de amostras de água

A coleta de amostras em campo é, provavelmente, o passo mais importante de um Programa de Monitoramento de qualidade de água. Da correta execução dos procedimentos depende a confiabilidade dos resultados finais e, portanto, as ações resultantes da interpretação dos dados gerados. O simples fato de abstrair uma amostra do seu local de origem e colocá-la em contato com as paredes de recipientes e, portanto, sujeitando-a a um novo ambiente físico, pode ser suficiente para romper esse equilíbrio natural e conferir mudanças na sua composição.

O intervalo de tempo entre a coleta das amostras e a realização das análises pode comprometer sobremaneira sua composição inicial, especialmente quando se faz necessário a avaliação da concentração de substâncias que se encontram em quantidades traços (microquantidades), ou no caso de amostras biológicas, quando se necessita manter a integridade dos organismos, evitando-se lise celular ou perda de características morfológicas.

Não existe um método universal de preservação de amostras de diferentes naturezas; na realidade, a completa e inequívoca preservação é impraticável, sendo impossível manter a estabilidade para cada constituinte. No entanto, o emprego de técnicas de preservação adequadas e a seleção correta de frascos de armazenamento podem retardar as alterações químicas e biológicas que acontecerão, inevitavelmente, depois de retirada da amostra de seu ambiente natural.

Os principais objetivos dos métodos de preservação de amostras são: 1) retardar a ação biológica e a hidrólise dos compostos químicos e complexos; 2) reduzir a volatilidade dos constituintes e os efeitos de adsorção; 3) preservar organismos, evitando alterações morfológicas e fisiológicas.

As ações biológicas podem ocasionar mudança de valência dos elementos, incorporação de substâncias dissolvidas à matéria orgânica, ruptura das células, liberando substâncias intracelulares para o meio exterior, etc. As transformações mediadas por microrganismos podem ser perfeitamente sentidas no caso dos ciclos biogeoquímicos do nitrogênio e fósforo, quando as formas inorgânicas e orgânicas dissolvidas podem ser interconvertidas de acordo com as condições ambientais.

Mudanças nas condições físico-químicas da amostra podem resultar em grandes alterações na sua composição inicial através da precipitação de metais dissolvidos ou formação de complexos com outros constituintes, mudança no estado de oxidação de cátions e ânions, dissolução ou volatilização com o tempo, possibilidade de adsorção de íons pelas paredes dos frascos ou perda através de mecanismos de troca iônica.

#### 4.2.1.1. Técnicas de preservação de amostras de água

- Adição Química

Este método não é viável para preservar amostras destinadas a todos os tipos de análise, esta afirmação é válida principalmente se as amostras forem destinadas a exames de natureza biológica, por exemplo: determinação de coliformes totais e fecais. No entanto, amostras destinadas à identificação-quantificação da população fito e zooplanctônica podem ser preservadas com solução de formalina (formol). A adição de um reagente químico no sentido de preservar algum constituinte específico pode ser muito eficaz quando se pretende manter a estabilidade por longos períodos, no entanto, pode ocorrer contaminação da amostra com a introdução de substâncias interferentes com os métodos de análise a serem empregados. Outro grande erro decorrente da má utilização desta técnica é a contaminação da amostra com o mesmo constituinte que se quer analisar; por exemplo, adicionar ácido nítrico quando se pretende determinar a concentração de íons nitrato, ou adicionar ácido clorídrico quando se quer determinar a concentração de íons cloreto.

- Congelamento

É um método de preservação que pode ser aplicado para aumentar o intervalo de tempo entre a coleta e a análise, para maior parte dos parâmetros de composição química. Não pode ser usado para a determinação de DBO e DQO, bem como do teor de sólidos filtráveis e não filtráveis ou de qualquer parâmetro nessas frações, pois os componentes dos resíduos em suspensão se alteram com o congelamento e posterior descongelamento. Esta técnica também é

inadequada para algumas determinações biológicas e microbiológicas, podendo ocasionar ruptura das células com perda de funcionalidade e caracteres morfológicos.

- Refrigeração

Constitui-se na técnica mais empregada em trabalhos de campo. Embora não mantenha completa a integridade de todos os parâmetros, interfere de modo insignificante na maioria das determinações de laboratório. É uma técnica muito utilizada na preservação de amostras para determinações microbiológicas e algumas determinações químicas e biológicas, além de agregar um custo muito baixo.

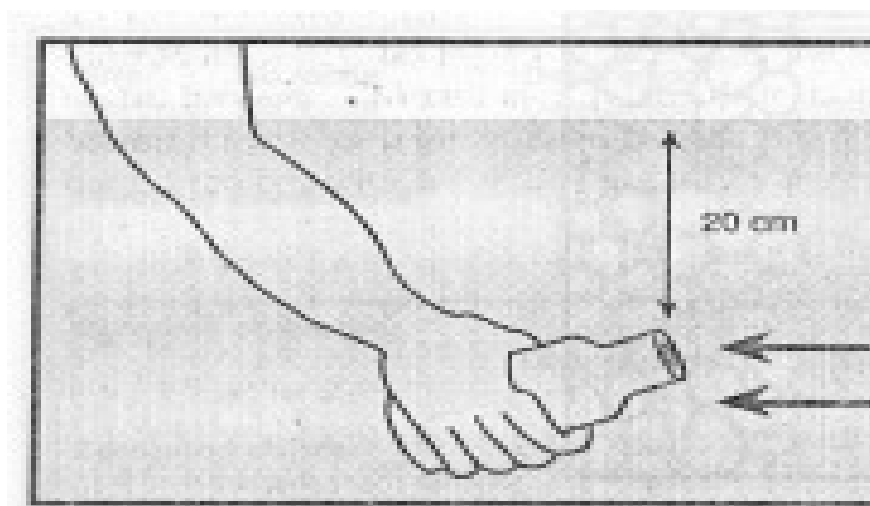
#### 4.2.1.2-Armazenamento

Os tipos de frascos mais utilizados no armazenamento de amostras são os de plástico, vidro borossilicato e do tipo descartável; sendo estes últimos empregados quando o custo da limpeza torna-se muito oneroso. O tipo de frasco a ser utilizado depende da natureza da amostra a ser coletada e dos parâmetros a serem investigados. Não existe uma solução universal, havendo a necessidade de escolher o material de acordo com sua estabilidade, facilidade de transporte, custo, resistência à esterilização, etc. A escolha dos frascos geralmente é feita de acordo com o conjunto de determinações a serem realizadas na amostra coletada, por exemplo, frascos para coleta de amostras destinadas à análise biológica, microbiológica, físico-química, biocidas, etc. Desta forma, existem normas que discriminam o tipo de frasco a ser utilizado de acordo com o parâmetro a ser analisado.

Para o fitoplâncton são utilizados os frascos de plásticos que apresenta a vantagem de serem leves, podendo ser usados, preferencialmente os de polietileno, prolipropileno ou policarbonato. Devido sua menor resistência, os frascos de polietileno devem ser preteridos. Vale ressaltar, que o material das tampas deve ser o mesmo dos frascos de armazenamento. A capacidade de armazenamento destes deve variar em função do volume da amostra necessário para as análises a serem efetuadas. Deve-se deixar sempre um espaço livre para posterior homogeneização da amostra.

#### 4.2.1.3. Cuidados gerais na coleta de amostras para exame bacteriológico

Na coleta de campo, após a retirada da tampa (embaixo d'água), se segura o frasco pela base, mergulhando-o até uma profundidade de aproximadamente 20 cm da superfície livre d'água. O frasco deve ser dirigido de modo que a boca fique no sentido contrário à correnteza, conforme mostrado na **Figura 15**. Após a coleta, deve-se deixar um espaço vazio, desprezando-se uma pequena porção da amostra. Este vazio irá permitir a homogeneização da amostra, bem como a vida dos seres aeróbios durante várias horas.



**Figura 15 - Coleta de amostra de água para análise microbiológica**

Fonte: COGERH, Relatório técnico de recomendações e cuidados no monitoramento da água, 2001.

#### 4.2.1.4. Conservação e Preservação

- Exame bacteriológico deve ser realizado o mais rápido possível;
- No caso de não ser possível, as amostras devem ser acondicionadas sob refrigeração, entre 4 e 10°C, até a chegada ao laboratório, num prazo máximo de até 30 horas após a coleta;
- Usar preservante químico com o objetivo de conservar a amostra até a ocasião da análise para contagem das células.

### 4.3. Procedimentos de rotina

#### 4.3.1. Cuidados gerais para coleta de amostra de água

De acordo com a matriz a ser amostrada (água superficial ou subterrânea, encanada, sedimento de fundo, biota aquática), do tipo de amostragem e também da natureza do exame (físico-químico, bacteriológico, biológico) a ser feito, deverão ser implementados alguns procedimentos específicos. No entanto, independentemente destas características, devem ser tomados alguns cuidados rotineiros:

- As amostras deverão ser coletadas em volume suficiente para atender a demanda das análises a serem realizadas. No caso da análise de DBO, clorofila a, determinações biológicas e microbiológicas, as amostras deverão ser acondicionadas diferenciadamente de acordo com procedimentos normatizados;
- No caso de ser necessária a utilização de agentes preservantes ou fixadores, deve-se empregar reagentes de grau analítico. Desta forma, minimiza-se o comprometimento da integridade da amostra através da redução dos riscos de contaminação e introdução de substâncias interferentes;
- Deve-se ter cuidado para não tocar a parte interna dos frascos e equipamentos de coleta, ou ainda evitar sua exposição a pó, fumaça e outras impurezas que possam ser grandes fontes de contaminação como gasolina, óleo, fumaça de exaustão de veículos. Desta forma, recomenda-se que o pessoal de campo diretamente responsável pela coleta das amostras use luvas plásticas não-coloridas, preferencialmente cirúrgicas;
- Como as cinzas e fumaça de cigarro podem ser fontes potenciais de contaminação, principalmente no que diz respeito a metais pesados, fosfatos, amônia e outras substâncias, é altamente recomendável que os coletores não fumem durante os trabalhos ordinários de campo;
- Após a coleta, as amostras deverão ser acondicionadas imediatamente até a chegada ao laboratório designado para as análises. As amostras que exigirem refrigeração para manutenção de sua integridade física e química devem ser transferidas e acondicionadas em isopor com gelo; valendo ressaltar que alguns parâmetros dispensam este tipo de procedimento, como é o caso do oxigênio dissolvido (OD), fixado preferencialmente em campo;

- É importante ressaltar que quando da chegada ao laboratório, as amostras poderão ser congeladas, exceto aquelas destinadas à análise de clorofila a, DBO, testes bacteriológicos e biológicos;
- Amostras destinadas a contagem de células não devem ser congeladas;
- Todas as informações referentes à coleta de campo devem ser anotadas pelos responsáveis técnicos. Neste caso, poderão ser preenchidas fichas e planilhas contendo os dados referentes a:  
1) identificação da amostra (número do ponto, profundidade coletada); 2) data e hora de coleta; 3) dados das variáveis medidas "*in situ*" (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura, profundidade Secchi, etc.), quando estiver sendo usado equipamento que não permite armazenar os resultados na memória ou que tenha capacidade de memória insuficiente para armazenar todos resultados de uma campanha; 4) condições meteorológicas que possam interferir na qualidade da água; 5) nome do responsável pela coleta; 6) nome do órgão responsável pela execução do programa, com telefone de contato; 7) no caso do uso de equipamento para coleta de sedimento ou rede para coleta de plâncton, deve-se proceder às suas especificações, por exemplo: no caso de coleta de fitoplâncton pode ser anotado o nome do equipamento, tamanho, malha, volume filtrado, etc.

#### 4.3.2. Cuidados durante o trabalho de campo

- No caso de proceder-se, em uma mesma campanha, coleta de água, sedimento e sondagens "*in situ*", iniciar por esta última, seguida pela coleta de água e sedimento, nesta ordem;
- Utilizar colete salva-vidas;
- Calibrar a sonda quando da mudança de um corpo d'água para outro, como medida de segurança na obtenção dos dados;
- Providenciar uma âncora que garanta estabilidade do barco de coleta;
- Proteger as planilhas de anotações da ação dos ventos e chuva, mantendo-as guardadas em pastas plásticas;
- Anotar todas as condições observadas no local de amostragem, atentando para condições climáticas e demais condições ambientais, além de fatos que possam interferir e ajudar quando da interpretação dos dados;

- Evitar tocar com a sonda e garrafa de coleta d'água no sedimento de fundo; caso ocorra, providenciar sua limpeza com a própria água da área monitorada;
- Manter no barco de coleta um recipiente para descarte de soluções preservantes e águas de lavagem de pipetas, etc;
- Evitar sobrecarga do barco, quando possível, transferindo o material coletado para o carro de transporte quando da mudança de corpo d'água;
- Não pipetar reagentes com a boca para evitar acidentes com lesão de mucosas e intoxicação;
- Ter sempre um telefone de um hospital ou pronto socorro mais próximo do local de coleta;
- Não fumar durante os procedimentos ordinários de coleta;
- Utilizar luvas cirúrgicas quando da manipulação de reagentes químicos;
- Não esquecer de anotar o “nome” e a profundidade correspondentes às amostras coletadas;
- Antes de transferir a amostra para os respectivos frascos de armazenamento, lavá-los duas ou três vezes com a própria amostra coletada;
- Observar o perfeito vedamento dos frascos de armazenamento antes de acondicioná-los;
- Levar sempre frascos reserva para substituição em caso de vazamentos, etc;
- Ter cuidado no acondicionamento das amostras no barco de coleta, colocando-as em locais protegidos, bem calçados e que ofereçam estabilidade quando de possíveis movimentos bruscos;
- Manter sempre os frascos de reagentes químicos bem vedados;
- Dispor os frascos de acondicionamento preferencialmente em posição vertical;
- Proteger a sonda contra possíveis impactos que possam danificar os eletrodos.

#### 4.3.3. Cuidados após o trabalho de campo

- Dispor o material coletado no bagageiro do carro de transporte de modo a obter estabilidade durante a viagem de volta;
- Verificar a situação da refrigeração das amostras, substituindo o gelo quando necessário;

- Acondicionar os reagentes químicos de maneira segura, de modo a evitar vazamentos ou atrito durante a viagem;
- Manter o laboratório responsável pelas análises informando o horário de chegada das amostras coletadas.
- Preencher e afixar uma etiqueta padrão (criada pela Instituição) contendo informações relativas à identificação da amostra.

#### **4.4. Cuidados na operação de equipamentos de amostragem e coleta de dados**

##### 4.4.1. Garrafa de Van D'orn

Este amostrador para coleta estratificada de amostras d'água (**Figura 16**) serve também para coleta de água destinada à determinação quantitativa de organismos planctônicos, não podendo, no entanto, ser utilizada para a coleta de organismos que possuam certa mobilidade.

Alguns cuidados devem ser tomados para evitar-se danos ao equipamento e aumentar seu tempo de vida útil:

- Investigar, periodicamente, a estrutura física da garrafa, observando-se a vedação quando do fechamento da mesma, o cabo de descida, etc;
- A garrafa deve ser limpa periodicamente utilizando-se apenas água corrente e escovão para evitar a incrustação de materiais e a formação de lodo que possam contaminar as amostras coletadas subsequentemente;



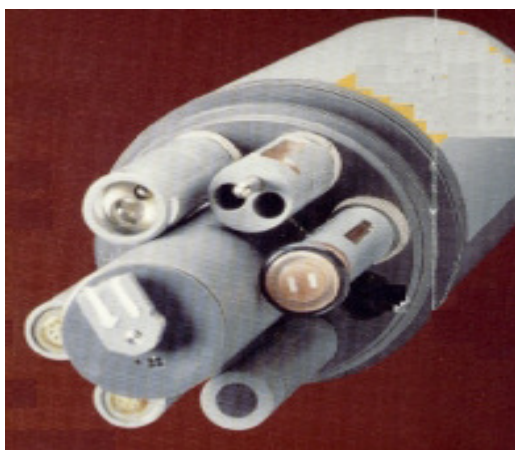
**Figura 16 – Garrafa de Van D'orn de descida horizontal muito utilizada em trabalhos ordinários de campo.**

Fonte: <http://www.hidraulis.com.br/produtos/garrafa404.htm>

#### 4.4.2. Sondas multiparamétricas

- Antes da utilização da sonda, verificar a execução dos procedimentos de calibração, geralmente descritos no manual do instrumento;
- Deve-se verificar a integridade física dos eletrodos e sensores de medição periodicamente;
- A “cabeça” da sonda (**Figura 17**), onde ficam encaixados os eletrodos de medição, deve ficar imersa em solução condicionante específica ou em água deionizada para manter as membranas dos eletrodos hidratadas. No entanto, este procedimento não exclui a necessidade de calibração periódica da sonda com soluções padrões para cada parâmetro ou solução de calibração única como descrito no manual do instrumento;
- Deve-se ter cuidado para não encostar a “cabeça” da sonda no sedimento de fundo. Este erro pode ser evitado através da determinação prévia da profundidade do perfil amostrado. Caso ocorra, a sonda deve ser lavada com a própria água do corpo d’água amostrado antes da próxima medição;

- Em caso de não-reprodutibilidade ou discrepância dos dados obtidos resultantes do mau funcionamento dos eletrodos, estes devem ser substituídos. Em caso de não ser detectada causa aparente, a sonda deve ser enviada à assistência técnica;
- Antes de começarem-se as medidas em um próximo ponto do mesmo corpo d'água, deve-se rinsar a cabeça da sonda, onde ficam os eletrodos, com água destilada ou deionizada ou, opcionalmente, com a própria água do ecossistema monitorado naquele ponto.



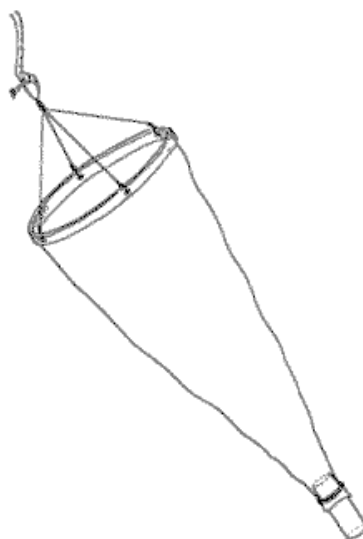
**Figura 17 - “Cabeça de sonda” multiparamétrica equipada com vários eletrodos sensores.**

Fonte: <http://www.equitrol.com/manta.html>

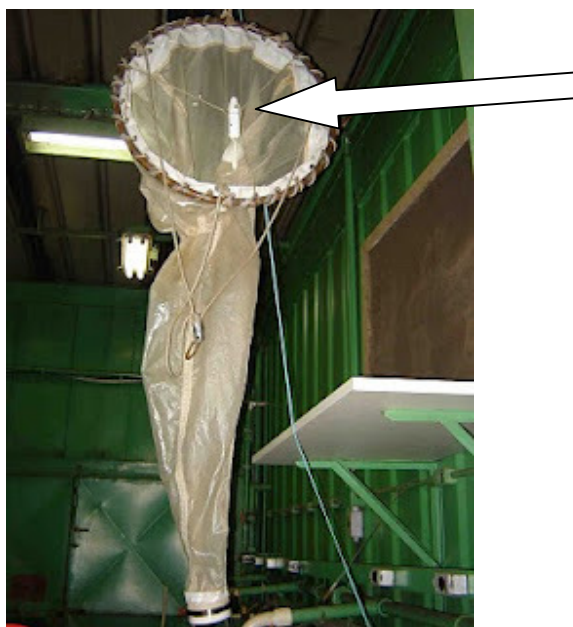
#### 4.4.3. Redes de Plâncton

- As redes devem ser confeccionadas por materiais que não sofram deformações e alterações com o tempo;
- Recomenda-se a utilização de redes de boca larga, já que possibilitam uma grande área de filtração (**Figura 18**);
- Selecionar a malha adequada para cada tipo de determinação: fitoplâncton, zooplâncton.
- A integridade das redes deve ser investigada anteriormente à coleta de campo, observando-se as costuras, a presença de furos, a integridade dos cordéis e da corda, integridade do frasco coletor, etc; Antes de ser utilizada novamente, a rede deve ser lavada repetidas vezes com a própria água do local de amostragem;

- No caso de avaliação quantitativa, deve-se conhecer o volume filtrado através da especificação da área da boca da rede e profundidade do local de amostragem, além do fluxômetro (**Figura 19**).



**Figura 18- Rede de coleta de plâncton.**  
Fonte: <http://www.sulpesca.com.br/plancton.html>



**Figura 19- Rede de Zooplâncton (sem copo de amostra) com fluxômetro acoplado à boca.**

Fonte: <http://zooplancton-antartica.blogspot.com.br/>

#### 4.4.4. Disco de Secchi

A transparência da coluna d'água é uma das mais importantes variáveis limnológicas utilizadas para avaliação do metabolismo de um ecossistema aquático.

Mesmo não fornecendo dados qualitativos e quantitativos sobre a radiação subaquática, é possível calcular o coeficiente de atenuação vertical ( $K_{ds}$ ) da luz através das medidas da profundidade do disco de Secchi. A transparência do disco de Secchi ( $Z_{ds}$ ) é basicamente função da reflexão da luz na superfície do disco, sendo também dependente da intensidade luminosa sub-superficial ( $I_o$ ) e da intensidade luminosa na profundidade do desaparecimento visual do disco de Secchi ( $I_{ds}$ ) e, de acordo com a lei de Lambert-Bouguer, temos:

$$Z_{ds} = \ln(I_o/I_{ds})/K_{ds} \quad (2).$$

Como a relação  $I_o/I_{ds}$  é de aproximadamente 1,7, pode-se calcular  $K_{ds}$  através da seguinte relação:

$$K_{ds} = 1,7/Z_{ds} \quad (3).$$

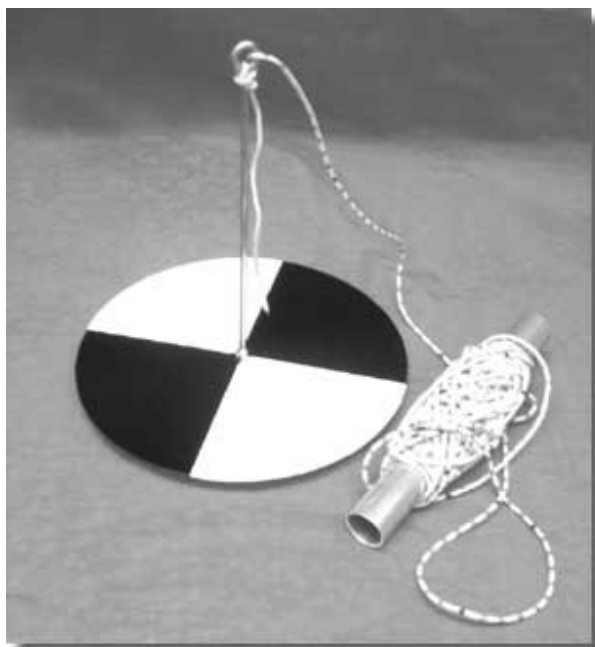
Desta forma, a partir das equações 1 e 2 podem ser calculados fatores que quando multiplicados pela profundidade do disco de Secchi permitem a obtenção de profundidades correspondentes a percentuais da luz incidente na coluna de água sub-superficial. Para calcular a profundidade na massa de água cuja intensidade luminosa corresponda a 1% do valor da sub-superfície deve-se multiplicar a profundidade do disco de Secchi por um fator  $f_z$  de 2,709.

Uma série histórica de medidas de transparência da coluna d'água poderá viabilizar, juntamente com outras variáveis, a avaliação da evolução do estado trófico de um ecossistema

aquático localizado em região tropical, especialmente se confirmada boa correlação com a densidade fitoplanctônica.

A despeito da importância da estimativa desta variável limnológica, sua medição em campo é fácil, barata e relativamente rápida quando se usa o disco de Secchi (**Figura 20**). Este instrumento pode ser facilmente construído, evitando gastos com a compra de fotômetros que, embora mais precisos, onerariam bastante os custos de um Programa de Monitoramento. Para a maioria dos casos, o emprego do disco de Secchi é suficiente.

- Todas as leituras devem ser feitas pelo mesmo operador, já que a sensibilidade da visão varia para cada pessoa;
- Preferivelmente, as medidas devem ser realizadas entre 10:00 e 16:00 horas, já que neste período os raios solares incidem em um ângulo similar quando da tomada das leituras;
- Evitar a realização de medidas quando o corpo d'água apresentar turbulência considerável;
- Preferencialmente, as leituras da transparência da coluna d'água utilizando disco de Secchi devem ser feitas na parte mais profunda do ecossistema aquático investigado;

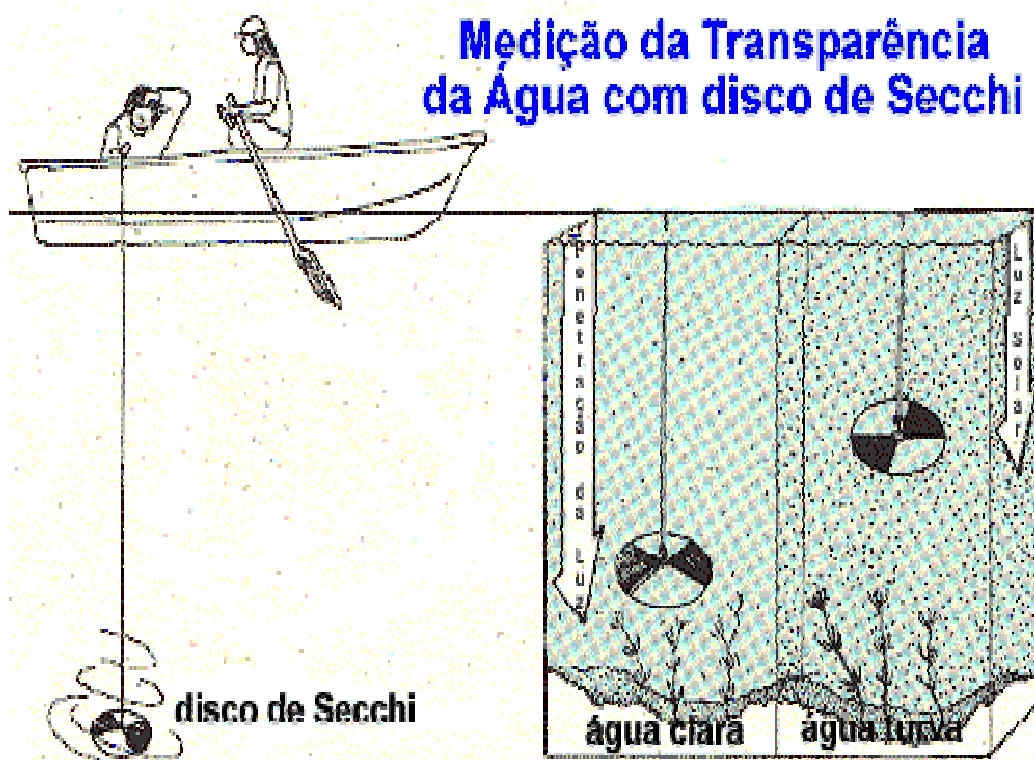


**Figura 20 - Disco de Secchi utilizado em medidas de campo para estimar a extensão da zona fótica.**

Fonte: [http://www.enthoscolombia.com/productos\\_aguas.html](http://www.enthoscolombia.com/productos_aguas.html)

- As medidas devem ser feitas em um dos lados do barco em que tenha incidência direta da luz;
- Deve-se priorizar, para a consistência dos dados a serem analisados, o mesmo local de medida, previamente referenciado com as respectivas coordenadas geográficas.

A leitura final, expressa geralmente em metros e chamada de profundidade Secchi (ZSecchi), deve ser a média entre a profundidade de desaparecimento e reaparecimento do disco na coluna d'água. Primeiramente, deve-se mergulhá-lo no lado da sombra projetada por um dos lados do barco, descer a corda lentamente de modo que a pessoa capacitada para realizar a medição observe-o de cima para baixo (**Figura 21**). A profundidade em que o observador perde-o de vista é então anotada (profundidade de desaparecimento). Em seguida, procede-se a sua subida, içando-o até uma profundidade em que se torne visível ao mesmo observador (profundidade de reaparecimento).



**Figura 21- Medição com disco de Secchi.**

Fonte: <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/secc.htm>

#### 4.5. Metodologia de Laboratório

A escolha do sistema de classificação é de fundamental importância, pois vai determinar quais características devem ser observadas para a posterior identificação dos espécimes. Neste momento, é muito importante o estudioso usar de alguns expedientes simples, mas proveitosos, para se obter informações corretas sobre o material que está sendo observado, como a utilização de azul de metileno e/ou tinta nanquim, para evidenciar bainha mucilaginosa e o lugol para evidenciar a presença ou não de amido e sua posição (se plastidial ou extra-plastidial) e outras metodologias que podem ser encontradas em bons livros/ manuais de ficologia.

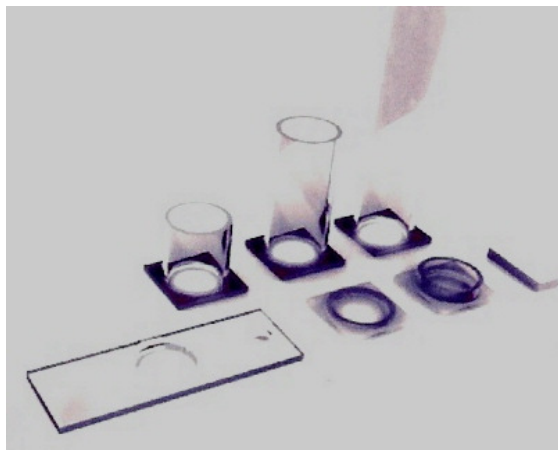
As amostras podem ser coradas com Rosa de Bengala que evidencia o material que está vivo no momento da coleta, facilitando a visualização dos organismos.

Para melhor visualização e contagem dos organismos do nanoplâncton (<20 $\mu$ m) utiliza-se uma objetiva que permite um aumento final de 400x, avalia-se um transect na lâmina onde se encontra o microaquário e emprega-se o respectivo fator de conversão para alcançar a densidade celular expressa em cel/L e a posteriores é calculada a diversidade específica expressa em bits/cel. Esse procedimento propicia a identificação do organismo dominante e a sua contribuição na população total.

Como complementação da análise deve-se determinar a fração microfitoplanctônica (>20 $\mu$ m) em metade do microaquário, câmara removível situada na base da cubeta de sedimentação, buscando encontrar espécies co-dominantes, frequentes e raras utilizando um aumento final de 200x sendo o resultado multiplicado por 2 (microaquário total), a fim de complementar a densidade celular e o índice de diversidade específica encontrada pela fração do nanoplâncton.

Para a avaliação qualitativa e quantitativa segue-se o método de Utermöhl (1958), onde são utilizadas cubetas (**Figura 22**) de 50 ml, com 48 horas para sedimentação. Após esse tempo, a cubeta é retirada e o microaquário é levado ao microscópio invertido (**Figura 23**), onde são analisadas as frações do nanoplâncton (< 20 $\mu$ m) e do microfitoplâncton (>20 $\mu$ m) em um transect no aumento final de 400X e em meia câmara no aumento final de 200X, respectivamente. Os resultados podem apresentar a densidade celular total expressa em cel/l e a equitabilidade

(distribuição de células por táxons). Posteriormente o índice de diversidade específica (número de táxons) expressa em bits/cel é calculado.



**Figura 22- Cubetas de sedimentação de Utermohl**

Fonte: <http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/instrumentos-medicao-analise/instrumentos-opticos/camara-de-sedimentacao-utermohl-inox-e-acrilico-495984>



**Figura 23- Microscópio Invertido marca Nikon**

Fonte: [http://www.opatologista.com.br/mostra\\_produtos.php?id=41](http://www.opatologista.com.br/mostra_produtos.php?id=41)

As amostras de rede devem ser colocadas em cubetas de 2ml e levadas ao microscópio invertido para a identificação das espécies. A contagem é realizada em meia câmara sendo o resultado expresso em percentual relativo.

Para a identificação dos organismos observados utilizam-se as obras de Balech (1988), Cupp (1943), Desikachary (1959), Dodge (1982), Pérágallo e Pérágallo (1897-1908), Hende

(1964), Hustedt (1930, 1959), Silva-Cunha e Eskinazi-Leça (1990), Thomasson (1971), e Van Heurck (1962), enquanto sua sinopse pode ser baseada em Round *et al.* (1992) e Van Landingham (1967-1978) para as diatomáceas, Steidinger e Tangen (1997) para os dinoflagelados, Prescott (1975) para as clorófitas e euglenófitas e Desikachary (*op cit.*), para as cianobactérias

Os dados obtidos em laboratório receberam tratamento estatístico, conforme descrição que se segue:

A abundância relativa das espécies identificadas é calculada através da fórmula:

$$A = N \times 100 / n \quad (4)$$

no qual N é igual ao número de espécies na amostra e n representa o número total de espécies, considerando-se: raras =  $A \leq 10\%$ , pouco abundantes =  $10 < A \leq 40\%$ , abundantes =  $40 < A \leq 70\%$  e dominantes =  $A > 70\%$ .

A frequência de ocorrência das espécies do fitoplâncton é calculada de acordo com Mateucci & Colma (1982), através da fórmula:

$$F = P \times 100 / p \quad (5)$$

onde P é o número de amostras contendo a espécie em questão e p é o número total de amostras. São consideradas muito frequentes as espécies de  $F > 70\%$ , frequentes, com  $40\% < F \leq 70\%$ , pouco frequentes aquelas com  $10\% < F \leq 40\%$ , e esporádicas, com  $F \leq 10\%$ . Já para o cálculo da densidade celular é utilizada a seguinte fórmula, de acordo com Leão (2002):

$$Nt = (Va \times n) / (F \times v) \quad (6)$$

na qual Nt é igual à densidade celular em céls/ L, Va é o volume da amostra em mL, n é o número de organismos contados, F corresponde ao volume de água filtrado (em L) e v é igual ao volume (mL) da alíquota retirada da amostra e levada ao microscópio. Para a determinação do

volume de água filtrado (F), é calculado o volume do cilindro correspondente ao percurso da boca da rede de plâncton na água, durante o tempo de arrasto.

A diversidade específica é calculada com base no índice de Shannon-Weaver (H') (1963), o mais utilizado para o fitoplâncton, através da fórmula:

$$H' = - \sum p_i \times \log_2 p_i \quad (7)$$

sendo

$$p_i = N_i / N \quad (8)$$

onde temos  $N_i$  igual ao número de células (indivíduos) de cada espécie e  $N$  igual ao número total de células, expresso em bits/cel. Um bit equivale a uma unidade de informação (VALENTIN, 2000). A diversidade é considerada alta acima de 3,0 bits/cel até valores máximos próximos de 5,0 bits/cel média entre 3,0 e 2,0 bits/cel, baixa quando entre 2,0 e 1,0 bits/cel e muito baixa quando inferior a 1,0 bits/cel

A equitabilidade, por sua vez, é obtida a partir da fórmula:

$$J = H' / \log_2 S \quad (9)$$

com  $H'$  igual ao índice de Shannon e  $S$  igual ao número total de espécies na amostra. A equitabilidade é variável de zero a um, sendo valores acima de 0,5 considerados equitativos.

Para o cálculo deste parâmetro, bem como da diversidade, pode ser utilizado o software Primer.

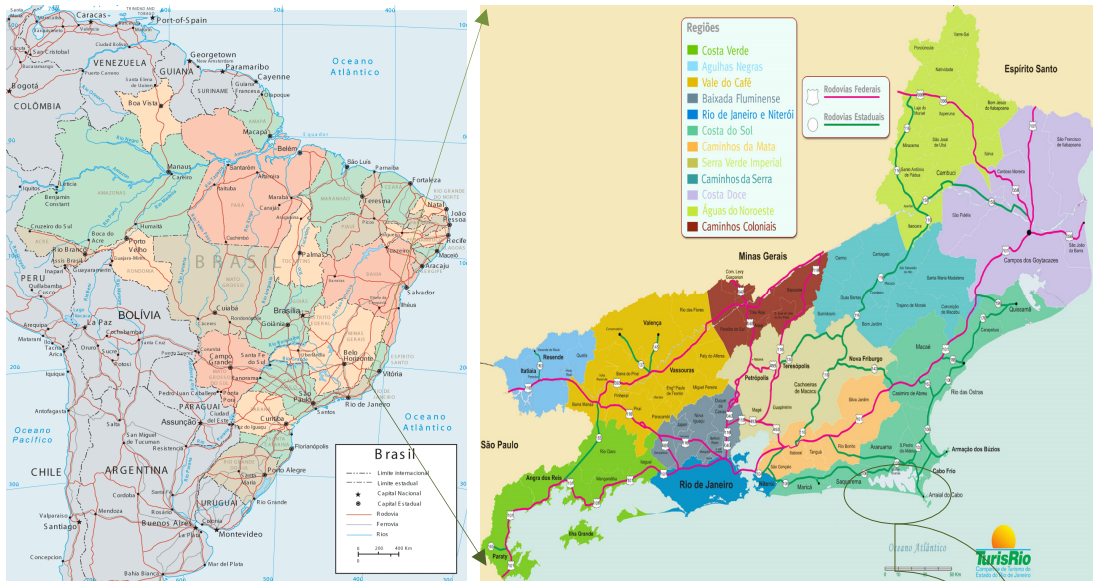
Em posse destes resultados pode-se realizar a análise multivariada, a partir do coeficiente de correlação momento-produto de Pearson, com a matriz inicial formada pela densidade celular das principais espécies do fitoplâncton (de maior frequência de ocorrência e/ou abundância relativa) juntamente com os parâmetros ambientais. É então obtida a análise dos componentes principais através do cálculo dos autovetores e autovalores da matriz de dispersão. Estes cálculos podem ser realizados através do programa NTSYS (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System), versão 2.1, da Exeter Software, New York-EUA.

A análise dos componentes principais é uma análise exploratória, sem valor estatístico. Ela aponta similaridade entre as estações com base na composição específica e abundância das espécies. Para se obter dados estatísticos, o melhor seria usar a análise de Correspondência Canônica que gera índices estatísticos e considera as variáveis ambientais.

## 5. ESTUDO DE CASO

A Laguna de Araruama está localizada entre as latitudes 22°49' - 22°57' S e entre as longitudes 042°00' - 042°25' W (**Figura 24**), e ocupa uma área de 210 km<sup>2</sup> (incluído o canal de comunicação com o mar), com 40 km de comprimento e largura máxima de 13 km (KJERFVE *et al.*, 1996). Possui uma profundidade média de 2,94 m, com o predomínio de extensas áreas rasas (DHN, 1978), entre 1 e 2 m, verificando-se a profundidade máxima de 17 m numa depressão existente na região da Enseada da Massambaba e um volume de 636 milhões de m<sup>3</sup>.

Sua origem é típica da evolução sedimentar do litoral norte fluminense, tendo sido formada por processos de deposição de sedimentos marinhos. As características texturais destes sedimentos apresentam indícios de intenso retrabalhamento por processos costeiros de alta energia (ondas, ventos e correntes) ao longo de períodos de regressão e transgressão marinhos (TURCQ *et al.*, 1998). Estudos recentes indicam que sua formação se iniciou durante o Pleistoceno, mais de 120.000 anos atrás, com o isolamento de seu corpo d'água se dando durante a regressão que caracterizou este período, e se estendeu até o Último Máximo Glacial (UMG, 17.000 anos A.P.). Com a transgressão que se seguiu ao UMG, iniciou-se a formação do sistema de restingas (entre 7.000 e 5.000 anos atrás), de cerca de 2 km de largura e 35 km de extensão, disposto em duas linhas de cordões arenosos (a primeira datando de 120.000 anos e a segunda de 7.000 anos), e das pequenas lagunas que ocorrem entre elas (TURCQ *et al.*, 1998). Segundo Muehe e Corrêa (1989), sistemas de restinga de dupla barreira se desenvolvem como resultado de flutuações do nível do mar, sendo a formação das lagunas internas resultado do isolamento de corpos d'água lagunares. Possui ligação com o mar pelo canal de Itajuru sendo limitada por uma restinga litorânea pelo lado oceânico. É circundada por cinco municípios, a saber, Araruama, Arraial do Cabo, Cabo Frio, São Pedro da Aldeia e Iguaba. O estuário recebe o aporte de uma bacia hidrográfica da laguna de Araruama e do Cabo Frio de uma superfície aproximada de 572 km<sup>2</sup>. O relevo é dominado por colinas e baixadas. Nas baixadas e colinas, as matas foram praticamente suprimidas, sendo substituídas por pastagens. Restam pequenas manchas isoladas de florestas nas serras do Palmital e Sapiatiba. Uma vegetação nativa de árvores e arbustos com grande quantidade de cactos é marcante na região, cobrindo a maior parte dos morros litorâneos e todas as ilhas, classificada com o nome oficial de “savana estépica” pelo IBGE. Remanescentes de vegetação de restinga podem ser encontrados nas restingas de Massambaba e Cabo Frio.



**Figura 24- Localização da Lagoa de Araruama no Estado do Rio de Janeiro**  
 Fonte: Magalhães *et al.*, 2011.

## 5.1. Hidrologia

### 5.1.1. Rios Afluentes

Todos os rios da bacia pertencem ao Estado do Rio de Janeiro, de acordo com a Constituição Federal. A bacia hidrográfica da Laguna de Araruama (**Quadro 4**) possui uma área estimada em aproximadamente 400 km<sup>2</sup> e está dividida em 20 sub-bacias (**Figura 25**), como mostrado no quadro abaixo.

SUB-BACIA		CURSOS D'ÁGUA CONSTITUINTES	ÁREA
CÓDIGO	NOME		(km <sup>2</sup> )
SB – 1	Lagoa de Jaconé Pequena	Valas e canais de interligação com a Lagoa de Araruama	9,80
SB – 2	Rio do Congo	Rio do Congo	5,60
SB – 3	Rio das Moças	Rio das Moças	94,00
SB – 4	Areal	Valas do Barreto e outros canais	9,30
SB – 5	Rio Mataruna – Hospício	Rio Mataruna e valas	55,10
SB – 6	Rio do Cortiço	Rio do Cortiço e valas	12,30
SB – 7	Rio Salgado – Bananeiras	Rio Salgado e valas	24,20
SB – 8	Iguabinha	Valas	5,90
SB – 9	Rio Iguaçaba	Rio Iguaçaba	10,20
SB – 10	Costa do Sol	Valas	8,40
SB – 11	Rio Ubá	Rio Ubá	7,70
SB – 12	Riacho do Cândido	Riacho do Cândido e valas	6,80
SB – 13	Balneário	Córrego e Valas	10,30
SB – 14	Córrego Piripiri	Córrego Piririri	3,80
SB – 15	Trevo	Valas	5,10
SB – 16	Canal do Mossoró – Base Naval – Ponta Grossa	Canal do Mossoró, córregos e valas	21,70
SB – 17	Palmeiras Norte	Valas	5,00

SB – 18	Margem Norte do Canal de Itajuru	Valas	10,90
SB – 19	Restinga de Cabo Frio	Valas de salinas, canais do Siqueira e Excelsior	45,50
SB – 20	Restinga de Massambaba	Valas de salinas que unem a lagoa de Araruama às lagoas Vermelha, Pitanguinha e Pernambuco	52,40

**Quadro 4: Sub-bacias hidrográficas da Laguna de Araruama**

Fonte: Fonte: <http://www.lagossaojoao.org.br/la-bacia-rios.htm>.



**Figura 25- Mapa das sub-bacias hidrográficas da Laguna de Araruama**

Fonte: [www.lagossaojoao.org.br](http://www.lagossaojoao.org.br)

Os principais cursos de água que desembocam na laguna são os rios das Moças, Mataruna, Salgado, Cortiço, Iguaçaba e Ubá. Abaixo a descrição das sub-bacias realizada pelo CILSJ:

O **rio das Moças** é formado pela confluência dos rios dos Leites e Ibicuíba, que se juntam próximo à foz. Por este motivo, seu curso, com esse nome, tem apenas 2 km de comprimento. Deságua na enseada da Ponte dos Leites, no local chamado de Canto do Rio. A sub-bacia abrange terras dos municípios de Rio Bonito, Saquarema e Araruama. É a maior sub-bacia. O rio dos Leites tem como principal formador o rio Santana, que muda de nome para rio Regamé a montante da desembocadura do córrego Lagoa d'Anta. O curso d'água constituído pelos rios dos Leites - Santana - Regamé tem suas nascentes na Serra do Palmital, em altitudes da ordem de 300-350m e percorre cerca de 19 km até sua desembocadura no rio das Moças. Os principais afluentes são, pela margem direita, os córregos das Rochas, do Fonseca e da Conceição e, pela margem esquerda, o córrego Querino Ferreira, o rio Marimbondo e os córregos do Matias, Barro Vermelho, Lagoa d'Anta e Itatiquara.

O **rio Ibicuíba** nasce em colinas com cerca de 65 m de altitude e a oeste do Morro do Ovídio e percorre cerca de 6,6 km até desembocar no rio das Moças. O rio Bom Sucesso é seu principal afluente, nascendo na Serra do Palmital com o nome de rio da Tábua. Tem como tributário maior o rio da Represa, cujas nascentes encontram-se também na Serra do Palmital, em altitudes superiores a 500m.

O **rio Mataruna** (**Figura 26**) possui um pequeno curso de 1,5 km de comprimento, iniciando-se após a junção dos rios do Limão e Buraco do Pau, que são seus formadores. A sub-bacia esta integralmente inserida no município de Araruama. O rio do Limão, com 7,4km, nasce em colinas baixas, com altitudes da ordem de 50-55m. Seu principal tributário é o ribeirão dos Banqueiros (9,5km), que pela margem esquerda recebe o rio do Pinhão e, pela margem oposta, os córregos Boa Vista e Oliveiras. O rio Buraco do Pau (6,9 km) tem suas cabeceiras no Morro de Itatiquara, em altitudes da ordem de 110 m. Seus afluentes são os córregos Almotacés, pela margem direita e Juca Domingues, pela margem esquerda. Na ponte próxima a foz, tem-se a falsa impressão de que o Mataruna é um rio com considerável volume de água, já que no trecho tem 36m de largura. Ocorre que as águas que se vêm na calha do rio são da laguna de Araruama, que nele penetram vários quilômetros para montante, tornando-as salgadas e salobras, conforme se

afasta da foz. Deste modo, o trecho do rio próximo à desembocadura é um braço da laguna de Araruama.



**Figura 26- Rio Mataruna**

Fonte: <http://www.panoramio.com/photo/8260000>

O **rio Salgado**, antigamente conhecido como rio Parati, nasce no Morro de São Jorge, em altitude de 80-90 m, e desagua na enseada de Parati após um curso de 9,6 km. Tem como afluente pela margem direita o rio Guararu. O engenheiro Hildebrando de Góes, em relatório da Comissão de Saneamento da Baixada Fluminense - CSBF publicado em 1934, descreve que o rio Parati foi canalizado pelos salineiros, com curso de 5 km e largura média de 20 m, drenando os campos da Fazenda Parati.

O **rio do Cortiço**, com 7,4 km de extensão, nasce no mesmo morro, na vertente norte-nordeste. A foz encontra-se na enseada do Parati, na praia do Barbudo. As sub-bacias dos rios Salgado e Cortiço estão integralmente situadas no município de Araruama.

O **Rio Iguaçaba**, antigamente conhecido como rio Iguaba (4,3km), tem sua sub-bacia no município de Iguaba Grande. Nasce em um morro com altitude de 80 m e desagua na praia de Iguaba. Até cerca de 1 km para montante a partir da orla da laguna a água é salgada. Tem dois

tributários. Pela margem direita o canal Salgado (2,4km) e pela margem esquerda o rio dos Caranguejos (2,5km).

O **rio Ubá** tem suas cabeceiras nas serras de Sapiatiba e Sapiatiba Mirim, em altitudes da ordem 200m. Flui por 6,4 km até desaguar na enseada de Iguaba. A sub-bacia situa-se nos municípios de Iguaba Grande e São Pedro da Aldeia.

O **rio do Congo**, cuja sub-bacia situa-se no município de Saquarema, nasce em uma colina com cerca de 50m de altitude. Sua foz está na enseada da Ponte dos Leites. A Sub-bacia Restinga de Massambaba é constituída pelas lagoas de Jaconé Pequena, Vermelha, Pitanguinha e Pernambuco, que são ligadas a laguna de Araruama por valas e canais escavados pelos salineiros, bem como pelas pequenas valas que drenam as localidades urbanas de Praia Seca, Figueira e Monte Alto, além de salinas. A Sub-bacia Restinga de Cabo Frio é formada por amplas superfícies de salinas conectadas com a laguna através de valas, pequenas áreas de restinga e a área urbana de Cabo Frio onde se sobressaem os canais do Siqueira e Excelsior.

#### 5.1.2. Escoamento e Regime

Estudos da Universidade Federal Fluminense (UFF) liderados por B. Kjerfve e Carlos Schettini apontam características hidrológicas importantes sobre a bacia da laguna de Araruama. São elas: As bacias dos rios Mataruna e das Moças, os únicos que são perenes, estão sob regime tropical, ou seja, a precipitação é maior que nas demais áreas da bacia, cujo clima é semi-árido, as salinas funcionam mais como uma superfície de evaporação (espelho de água) do que como uma área de drenagem e parte da água captada na represa de Juturnaíba pelas empresas de saneamento e distribuída à população da bacia tem como destino final à laguna de Araruama, aonde chega sob a forma de esgoto e águas servidas. Assim, além das águas dos rios afluentes, a laguna de Araruama recebe uma quantidade adicional devido à transposição das águas do rio São João.

A pluviosidade média anual na laguna e na bacia hidrográfica está entre os 750 e 900 mm, com evaporação média anual entre 890 e 1.370 mm. Porém, é notável o fenômeno de evaporação superando a precipitação, o que gera um déficit hídrico na maior parte da bacia (PRIMO & BIZERRIL, 2002) .

Partindo destas premissas foi calculado separadamente, o escoamento potencial das sub-bacias sob regime tropical e semi-árido e admitiram que 50% das águas captadas na represa de Juturnaíba chegam à laguna de Araruama, encontrando os valores apresentados no **quadro 5**.

REGIÃO	VAZÃO MÉDIA (m <sup>3</sup> /s)
Sub-Bacias sob Clima Semi-Árido	0,5
Sub-Bacias sob Clima Tropical	1,3
Transposição de Bacia	0,5
Salinas	0,0
Total	2,3

**Quadro 5 - Volume de água doce que entra na Laguna de Araruama**

Fonte: <http://www.lagossaojoao.org.br/la-bacia-rios.htm>.

Verifica-se que as águas resultantes da transposição da bacia ampliaram em 30% o volume médio natural de água doce que chega à laguna. Apesar de pequeno, o fluxo derivado da transposição é relativamente grande para o ecossistema e tende a aumentar conforme os serviços de abastecimento de água forem sendo melhorados ou ampliados para atender ao crescimento da população. No estudo de modelagem computacional da laguna de Araruama realizados pela COPPE/ UFRJ foram estimadas as vazões dos principais rios da bacia, expostas no **quadro 6**.

VAZÃO MÉDIA	RIOS					
	DAS MOÇAS	MATARUNA	SALGADO	UBÁ	CONGO	IGUAÇABA
(m <sup>3</sup> /s)	1,02	0,51	0,32	0,16	0,09	0,09

**Quadro 6- Vazões médias dos principais rios contribuintes da Laguna de Araruama**

Fonte: <http://www.lagossaojoao.org.br/la-bacia-rios.htm> .

Sobre as vazões máximas o **quadro 7** ilustra os resultados obtidos pelo estudo realizado pela Concessionária da Rodovia dos Lagos em 1997.

CURSO DE ÁGUA	TEMPO DE RECORRÊNCIA (anos)			
	10	100	500	1.000
Das Moças	271,97	334,53	417,74	481,61
Mataruna	131,40	161,63	201,83	232,69
Do Cortiço	61,80	79,64	104,11	123,34
Salgado	75,23	92,53	115,54	133,21
Iguaçaba	111,63	143,87	188,08	222,81
Ubá	33,05	42,59	55,68	65,96

**Quadro 7 - Vazões máximas (m<sup>3</sup>/s) estimadas na foz dos principais cursos de água**

Fonte: <http://www.lagossaojoao.org.br/la-bacia-rios.htm>

### 5.1.3. Transporte de Sedimentos

Não há informações sobre a carga de sedimentos que os rios transportam para a lagoa. Mas elas são baixas devido à pequena vazão dos rios e a topografia relativamente plana da bacia. As cargas maiores são as dos rios Mataruna e das Moças. A carga trazida pelo rio das Moças criou um banco de areia na enseada de Ponte dos Leites. Ressalta-se que embora pequenas, os sedimentos fluviais podem constituir uma importante fonte de material para manutenção das praias, ao serem movimentados e depositados pelas correntes.

### 5.1.4. Usos da Água e Obras Hidráulicas nos Rios Afluentes

As águas dos rios e córregos da bacia da laguna de Araruama são utilizadas para dessedentação de animais domésticos e para irrigação de pequenas lavouras, sendo observados alguns açudes construídos para estas finalidades. São usadas também para abastecimento de poucas casas dispersas no meio rural, visando suprir as necessidades domésticas. Pequenas extrações de areia nos leitos dos rios são registradas. Infelizmente, o maior uso das águas é a diluição de despejos sanitários em face da precária infra-estrutura de coleta e tratamento de esgoto. Com respeito à recreação, alguns cursos de água que descem da Serra do Palmital, são

utilizados para banho, mas somente no período de maior precipitação. Não há obras hidráulicas significativas nos rios da bacia, a não ser pequenos açudes.

#### 5.1.5. Qualidade da Água dos Rios

Estudos da UFF comprovam que os rios e córregos afluentes a laguna tem qualidade da água ruim. Uma simples inspeção permite detectar que quase todos se encontram deteriorados. Sinais eloqüentes são baixa transparência, odores desagradáveis, lodo escuro, lixo flutuante e no sedimento e excesso de plantas aquáticas. Os estudos apontam ainda que os rios das Moças e o Mataruna são as principais fontes de nutrientes lançados na laguna, ao lado dos canais Excelsior e do Siqueira. O rio das Moças apresenta-se como um estuário com cunha salina bem definida, onde as águas salgadas avançam mais de 1km da foz. No rio Mataruna, ao contrário do rio das Moças, a salinidade ao longo de sua calha é descontínua, com vários bolsões de água salina intercaladas por massas de água com menor salinidade.

#### 5.1.6. Interação estuário- oceano

A influência marinha sobre o estuário da laguna de Araruama se dá basicamente em função das características das massas de água que ocorrem no litoral fluminense, especificamente na zona de ressurgência<sup>17</sup> em Cabo Frio, e pelas oscilações do nível do mar causadas por efeitos astronômicos e meteorológicos. A ação direta das ondas de gravidade não desempenha um papel importante atualmente, devido às características geométricas do canal de entrada, Itajurú (**Figura 27**), que possui 5,5 km de comprimento e perímetro total de 14 km. Este é totalmente sinuoso assim com a pouca largura ao longo dele, não havendo “pista” para a formação de ondas de altura suficiente para desempenhar um papel importante na dinâmica sedimentar da bacia estuarina. Os processos que ocorrem no estuário e na bacia de drenagem, por sua vez, influenciam, em menor grau, a circulação litorânea adjacente através da dispersão de sedimentos, principalmente.

---

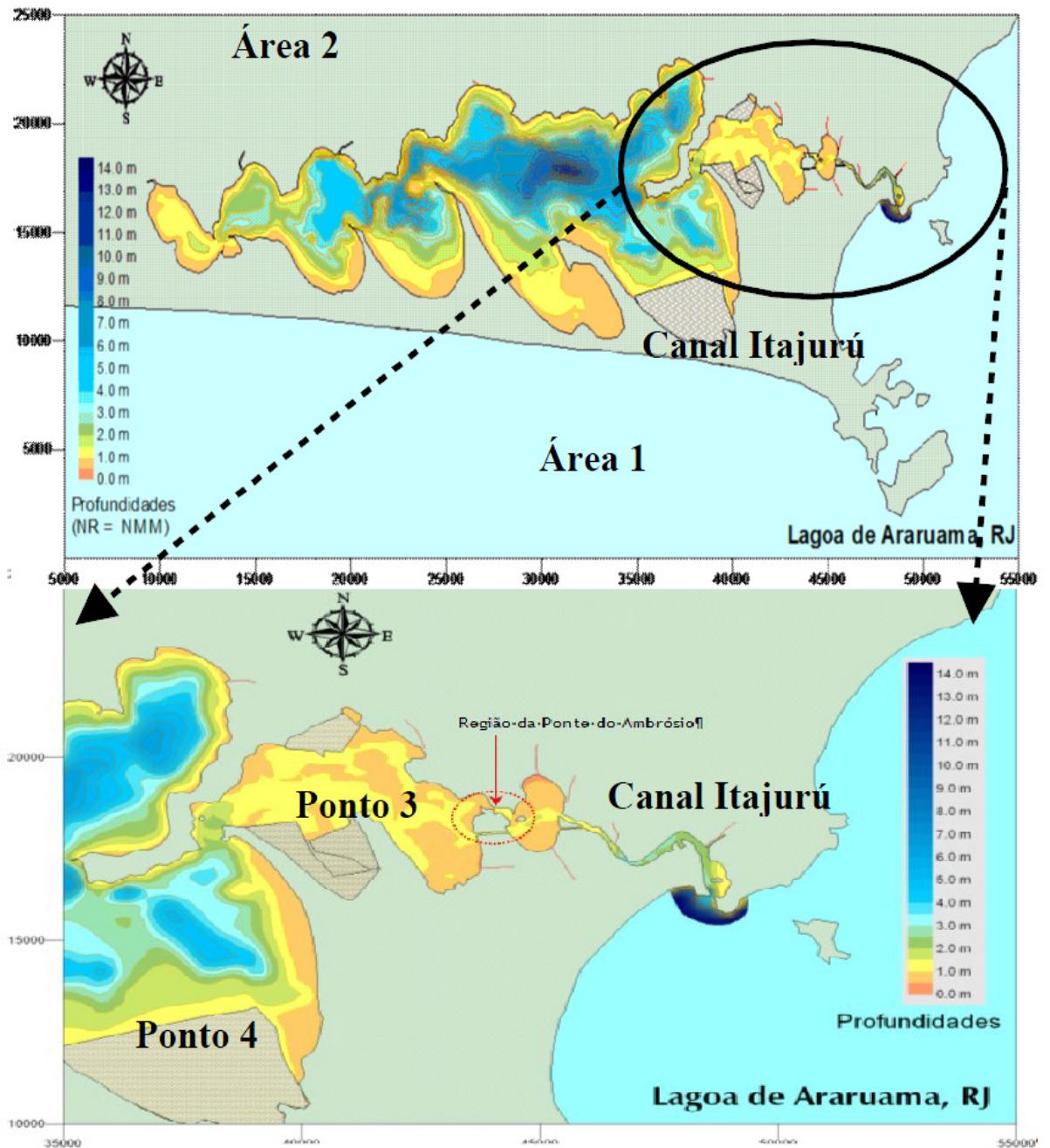
<sup>17</sup> Fenômeno oceanográfico que consiste na subida de águas profundas, muitas vezes ricas em nutrientes, para regiões menos profundas do oceano.



**Figura 27- Canal do Itajuru**

Fonte:<http://oglobo.globo.com/rio/nova-estacao-de-tratamento-de-esgotos-vai-diminuir-poluicao-na-lagoa-de-araruama-2719034>

Como esquematizado na **Figura 28**, a renovação das águas é lenta e estima-se que a cada 84 dias são trocados aproximadamente 50% do volume de água da laguna, devido fundamentalmente, a maré que entra no canal de Itajuru e nas enseadas das Palmeiras e Maracanã (Ponto 3), já a partir do Boqueirão (Ponto 4) não há mais influência.



**Figura 28: Renovação das águas na Laguna de Araruama.**

Fonte: <http://www.riolagos.com.br/mapas/principal.htm>

#### 5.1.7. Dragagens na Laguna

Há evidências de dragagens na laguna desde mais de um século, no entanto, estas se tornaram mais frequentes e significativas após os anos 60 ao longo de todo o estuário. Entre as

atividades mais significativas estão às extrações de areia em leitos e margens de rios e canal para suprimento do mercado de construção civil, as dragagens para construção de aterros laterais a laguna, como no caso do aeroporto de Cabo Frio, criando sumidouros de sedimentos e dragagens para desobstrução de canais e rios afluentes, na zona da foz, com lançamento do material na laguna.

#### 5.1.8. Sistema de Alimentação e Escoamento

A alimentação hídrica da laguna é feita majoritariamente pelo oceano, através do canal do Itajurú, isto porque os rios afluentes têm vazão irrisória. Deve receber ainda volumes pequenos de água do mar que se infiltram no terreno poroso da restinga de Massambaba, e de água doce por meio do lençol freático da bacia hidrográfica. Da mesma forma, o escoamento das águas da laguna para o mar é feito em grande parte através do canal do Itajurú, nos períodos de maré baixa. Além do mais, a laguna perde água por evaporação e provavelmente, por infiltração. Ao longo do dia, a laguna alterna períodos de alimentação e escoamento, dependendo da altura da maré. Conclui-se que o canal de Itajurú é vital para a saúde da laguna de Araruama. O tipo de água na plataforma interna adjacente a foz pode variar em resposta a forçantes oceanográficas locais, como por exemplo, fenômeno de ressurgência e circulação atmosférica, já que a descarga fluvial é pouca, porém todo o aporte de esgoto tratado e não tratado é lançado na Laguna de Araruama. A circulação costeira apresenta temperaturas variáveis em função da época do ano, sendo o predomínio de águas frias. Este fenômeno da água fria é explicado pela ciência como a ressurgência, um fenômeno físico ocorrente em determinados pontos do oceano nos quais águas profundas e geralmente mais frias emergem trazendo consigo muitos nutrientes, tornando este ambiente bastante favorável à elevada produtividade e conseqüentemente à atividade pesqueira. No Brasil a ressurgência é caracterizada pelo afloramento da massa de água chamada água Central do Atlântico Sul e é do tipo costeiro, por ocorrer próximo à costa, sendo mais frequente no verão, devido ao regime de ventos propícios para a ocorrência deste fenômeno. A ressurgência ocorre na região delimitada por Cabo Frio/RJ e o Cabo de Santa Marta/SC, porém ela é mais evidente na região de Cabo Frio/RJ.

## **5.2. O Monitoramento da Laguna de Araruama/RJ**

### 5.2.1. Histórico

Com a criação do Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ) em dezembro de 1999 tornou-se necessário a preparação de um planejamento estratégico visando à identificação clara das metas e atividades a serem desenvolvidas na Laguna de Araruama. O Consórcio com apoio do Projeto Planágua-SEMADS/GTZ (Agência Alemã de Cooperação Técnica), realizou três Oficinas de Planejamento para elaborar os Planos de Trabalho definindo metas e objetivos para os Planos de Bacias Hidrográficas os quais foram realizadas em 2001.

Um dos Planos de Trabalho estabelecido para o biênio 2003-2004 foi o Programa de Monitoramento de águas das Bacias, o qual tinha como objetivo analisar os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da Laguna de Araruama e Bacia contribuinte e de outras Bacias da Região.

Em 2003 o Consórcio celebrou uma importante parceria com a Álcalis para gestão da Bacia da Laguna de Araruama, levando os equipamentos adquiridos com recursos do WWF (World Wrestling Federation) para o laboratório da Álcalis, que devido às condições e técnicos da empresa eram capazes de operar e atender as demandas do Consórcio no monitoramento da Laguna .

Em 2005 foram aprovadas inúmeras Câmaras Técnicas, dentre elas a Câmara Técnica de Monitoramento da Laguna de Araruama e Rio Una.

Em 2007 foi realizada uma importante reunião da Câmara Técnica de Monitoramento do Sub-Comitê da Bacia Hidrográfica da Laguna de Araruama e rio Una, no qual ficou acordado que a extinta FEEMA, atual INEA, capacitaria técnicos da Concessionária Águas de Juturnaíba, para que os mesmos fizessem as coletas e realizassem as análises dos parâmetros físico-químicos, antes realizadas no Laboratório da Álcalis; os parâmetros relacionados à bacteriologia, seriam realizados no Laboratório da FEEMA/ARBL; quanto aos parâmetros relacionados ao fitoplâncton, passariam a ser realizados pela FEEMA/DEP/DIAG, e pelas Universidades, importantes contribuintes nessa área. Sobre a medição dos índices pluviométricos sugeriu-se que a atividade continuasse sendo realizada pelas instituições que já realizam essa atividade há bastante tempo, como: Perynas, Instituto de Meteorologia de Iguaba Grande e a Concessionária

Águas de Juturnaíba. Em relação à modelagem das lagoas costeiras, o CILSJ sugeriu que tais atividades fossem feitas por especialistas com acompanhamento da extinta Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA).

Em 2009, segundo a Resolução nº 029/2009, foi criada a Câmara Técnica Permanente de Monitoramento das águas da Bacia. O 2º artigo desta Resolução cita as competências da Câmara Técnica de Monitoramento que são:

- Discutir no seu âmbito, de forma ampla e integrada e propor ações diversas aos seus membros visando, dentre outras, a definição de regras operativas e adequações técnicas referentes à qualidade da águas da bacia;

- Auxiliar com dados de quantidade e qualidade de água as decisões a serem tomadas pelo Comitê de Bacia Hidrográfica Lagos São João, em especial os trabalhos das outras Câmaras Técnicas e da Secretaria Executiva.

Em 2009 o CILSJ iniciou parceria com a Dr<sup>a</sup>. Maria Helena Baeta Neves para a análise do fitoplâncton da Laguna de Araruama.

Em 2010 foi proposta, pela Secretaria de Desenvolvimento da Cidade e Ambiente de Cabo Frio, a construção de um Centro de Monitoramento Permanente da Laguna de Araruama (CMPLA) com o objetivo de coletar amostras em pontos estratégicos da Laguna, analisar o material recolhido e armazená-lo em forma de um banco de dados para a comunidade científica e para a população. A operação diária do Centro incluirá o monitoramento físico da água (temperatura, salinidade e transparência) em uma operação trimestral que irá abranger a balneabilidade (colimetria, *Enterococos* e *Escherichia coli*) e o levantamento químico da água (fósforo total, do nitrogênio, da amônia, clorofila-a, pH, condutividade e oxigênio dissolvido). Já a operação semestral realizará o monitoramento biológico por meio da análise do fitoplâncton. Serão também realizadas ações no meio externo que incluem avaliações nas ações climáticas sobre a Laguna, na temperatura ambiente, na direção e velocidade dos ventos, além de avaliações da pressão atmosférica, da pluviosidade e da avaliação da incidência solar. São seis os pontos de monitoramento da Laguna: o primeiro na Boca da Barra; o segundo no bairro do São Bento; o terceiro na Ilha da Draga, em direção ao interior da Laguna, que vem a ser o quarto ponto que é a base do projeto situado no Dormitório das Garças, importante ecossistema (manguezal) situado na margem do Canal do Itajurú, o quinto fica no Centro de Convenções e o sexto fica situado na Praia do Siqueira (**Figura 29**). Enquanto o CMPLA não fora construído, o

monitoramento continua sendo realizado pelo INEA, pela Dr<sup>a</sup>. Maria Helena Baeta Neves e Concessionárias Prolagos e Águas de Juturnaíba realizando análises da balneabilidade, do fitoplâncton e dos parâmetros físico-químicos (**Figura 30**), respectivamente.



**Figura 29- Praia do Siqueira- Ponto de Monitoramento que será realizado pelo CMPLA**

Fonte: <http://my.opera.com/kaerrij/albums/slideshow/?album=133584>



**Figura 30 - Em Iguaba, uma aula prática de monitoramento da laguna promovida pela Prolagos**

Fonte- <http://www.vozdasaguas.com/2011/07/>

Em 2011, o CILSJ disponibilizou por meio do site [www.lagossaojoao.org.br](http://www.lagossaojoao.org.br), os relatórios do monitoramento do fitoplâncton na Bacia da Laguna de Araruama realizados mensalmente pela Dr<sup>a</sup>. Maria Helena Baeta Neves desde 2010 e dos parâmetros físico-químicos realizados diariamente pelas Concessionárias da região.

### 5.2.2. Revitalização da Laguna de Araruama

As ações de recuperação tiveram início há mais de 10 anos, com a criação do CILSJ e de sua Entidade Delegatária, porém seus resultados começaram a aparecer há poucos anos. O encerramento das atividades de extração de conchas na Laguna de Araruama, o desassoreamento e dragagem (**Figuras 31 e 32**) do Canal de Itajuru; as obras de saneamento básico das concessionárias Águas de Juturnaíba e Prolagos, a construção da nova Ponte do Ambrósio pelo DER (Departamento de Estradas e Rodagem) com recursos do Fundo Estadual de Conservação Ambiental (Fecam) – que ampliou de 30 para 300 metros (**Figura 33**) o vão entre *Cabo Frio* e *São Pedro da Aldeia*, a criação de Unidades de Conservação, como o Parque Estadual da Costa do Sol, que consolidará definitivamente a atividade do turismo sustentável na região, a implantação da cobrança pelo uso da água, consolidando a Política de Recursos Hídricos Regional, o biomonitoramento da Laguna utilizando a ictiofauna para a garantia da época de defeso, o fitoplâncton e o zooplâncton para a caracterização das águas da Laguna, a criação do banco de dados das análises de água, a barragem do rio Mataruna, principal contribuinte da Laguna de Araruama, a construção da Estação de Tratamento de Esgoto no Jardim Esperança (Cabo Frio) (**Figura 34**) no qual elevará de 55% para mais de 70% o atendimento em coleta e tratamento de esgoto, a transposição de Bacias, que consiste em levar o esgoto da margem direita do Canal Itajurú para a ETE do Jardim Esperança e depois de tratado o efluente será lançado no rio Una, situado no 2º Distrito de Cabo Frio, deixando de ser lançado na Laguna, o que significa que a concessionária não despejará, a partir da obra, o esgoto tratado que se transforma em água doce o que piora a situação da Laguna, que ao longo dos anos vêm perdendo sua característica hipersalínica, causando muitas vezes a mortandade de peixes.

Foram analisados além do Rio Una, outros corpos receptores imediatos dos possíveis lançamentos: o Rio Arrozal-Papicu, que poderá vir a ser o futuro receptor dos efluentes da ETE Iguaba Grande, o Rio Frecheiras, que pode receber os efluentes da ETE São Pedro da Aldeia e o

Córrego da Malhada – atual receptor dos efluentes tratados da ETE Jardim Esperança e que também deverá receber os efluentes da ETE Cabo Frio/Tamoios.



**Figura 31- Máquina que trabalha no derrocamento entre a Ponte Feliciano Sodré e a Ponte Wilson Mendes, em Cabo Frio. Fonte:**  
<http://www.bigpop.com.br/site/index.php/meio-ambiente/recomeca-a-dragagem-na-lagoa-araruama/>



**Figura 32- Obras de dragagem no canal da laguna de Araruama.**  
Fonte: Garcia *et al.*, 2009



**Figura 33- Construção da nova ponte sobre a Ponta do Ambrósio (Cabo Frio- São Pedro da Aldeia)**  
Fonte: <http://www.jornalprimeirahora.com.br/noticia/6019/Pontes-estao-sendo-feitas-com-mao-dupla-e-com-duas-pistas-de-rolamento>



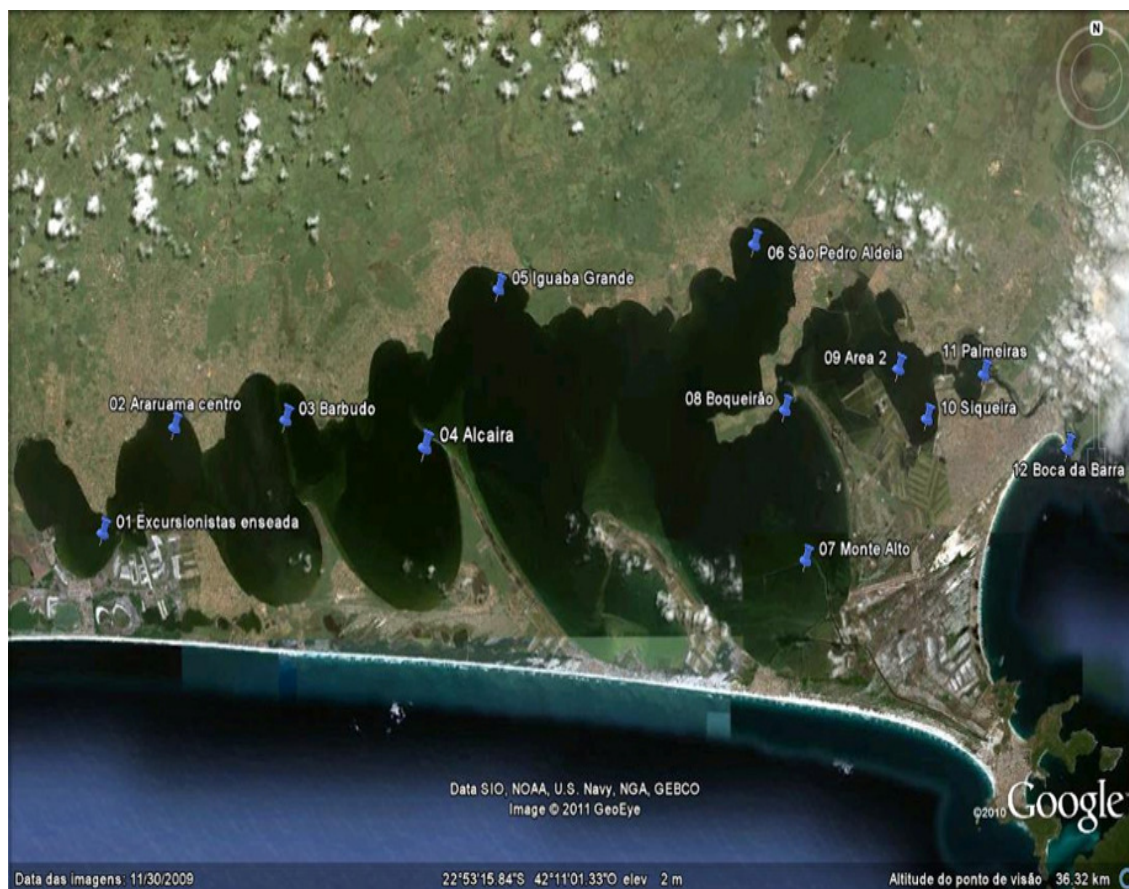
**Figura 34- A Estação de Tratamento (ETE) do Jardim Esperança, construída pela Prolagos, em Cabo Frio (RJ)**

Fonte:[http://sosriosdobrasil.blogspot.com/2011/07/sos-lagoa-de-araruama-regiao-dos-lagos\\_09.html](http://sosriosdobrasil.blogspot.com/2011/07/sos-lagoa-de-araruama-regiao-dos-lagos_09.html)

### 5.2.3. Caracterização ambiental da Laguna de Araruama através do fitoplâncton em 2010/2011

Os relatórios confeccionados pela Dr<sup>a</sup>. Maria Helena Baeta Neves indicam os 12 pontos monitorados da Laguna de Araruama (**Figura 35**) onde o fitoplâncton foi analisado qualitativamente (classes, gêneros, espécies) e quantitativamente (número de células /litro), sendo caracterizada a sua variação espaço – temporal, pois de acordo com Valentin (1996) as comunidades planctônicas variam quali – quantitativamente em função do ciclo biológico sazonal das espécies (fator temporal) e dos variáveis ambientais (fator espacial).

As datas de coleta foram: 21/01/2010; 25 e 26/02/2010; 25 e 26/03/2010; 05 e 06/05/2010; 05 e 08/06/2010; 29 e 30/06/2010; 06 e 20 /10/2010; 18 e 19/11/2010; 08 e 09/12/2010; 20 e 27/01/2011; 16/02/2011; 25/03/2011; 09/05/2011; 13/06/2011; 18/07/2011; 10/08/2011; 05/09/2011 e 28/09/2011.



**Figura 35- Pontos de coleta/ coordenadas localizadas nos municípios de Cabo Frio, Arraial do Cabo, São Pedro d'Aldeia, Iguaba e Araruama (RJ). 01- Excursionistas Enseada/ 23 K 771452 7464269 (Araruama), 02- Araruama/23 K 774172 7467225 (Centro), Barbudo (Araruama) / 23 K 778299 7467364, 04- Ponta do Acaíra/23 K 783462 7466487 , 05- Iguaba Grande/ 23 K 786272 7470932 , 06- São Pedro d'Aldeia/23 K 795787 7472033 , 07- Monte Alto/ 23 K 797521 7463009 (Arraial do Cabo) , 08- Boqueirão/ 23 K 796837 7467300 ( São Pedro d'Aldeia), 09- Área 02/ 23 K 801074 7468390 (Cabo Frio), 10- Praia do Siqueira/ 23 K 802093 7466943 ( Cabo Frio), 11- Palmeiras/ 23 K 804238 7468172 (Cabo Frio), 12- Boca da Barra/ 23 K 807313 7466000 (Cabo Frio)**

Fonte: CILSJ/GoogleEarth, 2011.

De um modo geral, as diatomáceas representaram o grupo com a maior riqueza de espécies no período de monitoramento, tendo uma ampla contribuição para a biomassa fitoplanctônica encontrada. De acordo com Valentin (1996) a Laguna caracteriza-se pela dominância de um fitoplâncton de pequeno porte, como os dinoflagelados e as criptofíceas e com baixa riqueza de espécies e baixa densidade, a ocorrência de diatomáceas em algumas situações pode ser indicadora de uma tendência à eutroficação de origem antrópica. De acordo com Brandini (1982) estas necessitam de maiores concentrações de nutrientes para sobreviver e, portanto, são mais

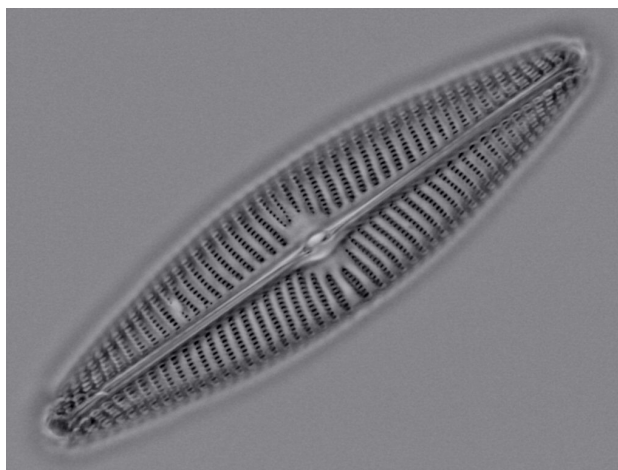
escassas em águas oligotróficas afetadas pelas Águas Tropicais (AT). Este grupo se destaca como o elemento principal da cadeia alimentar aquática, principalmente em ambientes ricos em nutrientes (OLIVEIRA *et al.*, 1986).

Algumas espécies deste grupo que liberam toxinas e que podem ser prejudiciais refletem de maneira negativa nas atividades de pesca, turismo e saúde humana (VALE, 2004) foram encontradas de maneira freqüente no período de estudo.

As diatomáceas do gênero *Chaetoceros*, são autotróficas e não produzem biotoxinas, mas quando se encontram em grande número na água do mar podem danificar as guelras dos peixes. Em aquicultura pode ocorrer morte dos peixes por hemorragia nas brânquias, asfixia por excesso de produção de muco ou infecções secundárias devido a dano nos tecidos.

A *Navicula sp* (**Figura 36**), muito frequente em 2011, é uma espécie de diatomácea, de acordo com Palmer (1969) tolerante à poluição orgânica.

As diatomáceas encontradas no período de estudo, *Pseudo-nitzschia delicatissima* (**Figura 37**) e *Pseudo-nitzschia*, são preocupantes uma vez que podem produzir o ácido domóico que é um aminoácido, análogo ao ácido glutâmico, atua nos receptores de glutamato em nível do sistema nervoso central, abrindo o canal do íon sódio de modo irreversível, fazendo com que as células nervosas transmitam impulsos continuamente até a morte celular (HOMER & POSTEL, 1993).



**Figura 36- Diatomácea *Navicula sp***  
Fonte: [http://micro.sakura.ne.jp/bod/hrs\\_1.htm](http://micro.sakura.ne.jp/bod/hrs_1.htm)

A presença e o aumento da densidade celular do complexo *Pseudo-nitzschia* pode ser um indicativo de aumento de nutrientes. Diatomáceas penatas têm maior propensão a afundar, o que leva à estratégia utilizada por essa espécie que é a formação de cadeia e com formas alongadas, aumentando a sua relação superfície / volume e, portanto garantindo a sua flutuabilidade.

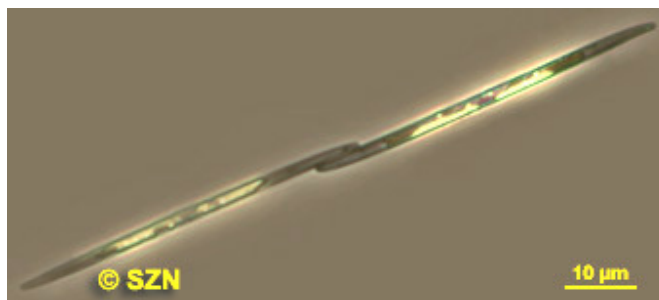


Figura 37- *Pseudo-nitzschia delicatissima*

Fonte: <http://www.noc.soton.ac.uk/soes/teaching/courses/soes3018/2011/Group11/index.htm>

Em relação às espécies de Dinoflagelados encontradas, verifica-se a abundância de representantes heterotróficos e / ou mixotróficos<sup>18</sup>, sugerindo uma condição eutrófica, provavelmente pelo teor de matéria orgânica. Estes têm uma significativa diferença ecofisiológica quando comparado com as Diatomáceas, tais como, baixa afinidade por nutrientes, considerável diversidade nutricional (envolvendo nutrição mixotrófica) e mobilidade. Essas características ecofisiológicas são importantes na regulação e na dinâmica do Bloom e podem diretamente influenciar na taxa de crescimento e na competição (LIU, 2008).

De acordo com Bassani (2000), a espécie do dinoflagelado *Scropsiella sp*, é um organismo estuarino, característico de florescimento em regiões tropicais, capazes de auto e heterotrofia, com alto poder de adaptação às condições autotróficas desfavoráveis (carência de nutrientes), podendo assimilar moléculas orgânicas (heterotróficas). Representa um grupo indicador de oligotrofia, podendo florescer subitamente sob efeito de fatores específicos favoráveis competindo então com outros grupos.

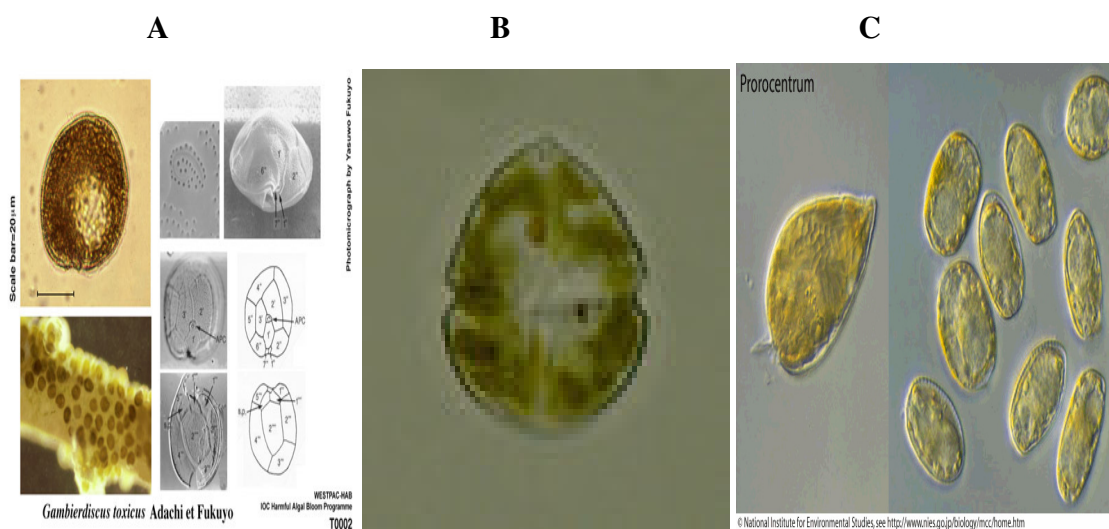
Os dinoflagelados *Prorocentrum* e *Ceratium* estão entre os principais gêneros causadores de HABs o que pode causar morte de peixes pelo consumo exagerado de oxigênio e produção de toxinas que agem no sistema nervoso. Os moluscos geralmente não são sensíveis, mas podem

<sup>18</sup> Organismos capazes de produzir seu próprio alimento a partir da fixação de dióxido de carbono (através de fotossíntese ou quimiossíntese), mas pode também alimentar-se de outros compostos inorgânicos ou orgânicos.

acumular essas toxinas, que podem atingir o homem e outros mamíferos através da ingestão desses moluscos (CHOW *et al.*, 2007). As espécies de dinoflagelados *Dinophysis acuminata* e *Gambierdiscus toxicus* (**Figura 38-A**), também geram preocupação uma vez que a primeira espécie é também causadora do HAB e a segunda espécie produz uma biotoxina denominada ciguatera, que bioacumula em peixes, principalmente os que vivem em corais e possuem barbatanas. Em humanos, as manifestações de intoxicações por ciguatera geralmente envolvem uma combinação de desordens gastrointestinais, neurológicas e cardiovasculares. Os sintomas variam com a região geográfica de onde a toxina é originária.

A diminuição da salinidade da Laguna de Araruama (média atual 40 ‰) trouxe novas espécies, como ilustrada pelo desenvolvimento da espécie costeira *Scripsiella*, ou indivíduos adicionais de algumas espécies já presentes, assim modificando a relativa abundância das espécies e conseqüentemente a diversidade

Em habitats com alto nível de nutrientes, espécies de *Scripsiella* (**Figura 38-B**) e *Prorocentrum* (**Figura 38- C**) tornam-se importantes taxa.



**Figura 38- *Gambierdiscus toxicus* (A), *Scripsiella* (B), *Prorocentrum* (C)**

Fonte: [http://www.whoi.edu/science/B/redtide/species/cfp\\_images.html](http://www.whoi.edu/science/B/redtide/species/cfp_images.html), <http://www.flickr.com/photos/myfwc/5884534240/>, [http://www.rbgsyd.nsw.gov.au/science/Plant\\_Diversity\\_Research/australian\\_freshwater\\_algae/algpic/motile\\_microalgae?SQ\\_DESIGN\\_NAME=printer\\_friendly](http://www.rbgsyd.nsw.gov.au/science/Plant_Diversity_Research/australian_freshwater_algae/algpic/motile_microalgae?SQ_DESIGN_NAME=printer_friendly)

As Cianobactérias marcaram o período de estudo com as espécies *Synechocystis cf. salina*, *Synechococcus sp.*, *Synechocystis cf. aequatilis*, *Oscillatoria sp.*, *Chroococcus sp.* e

*Leptolyngbya sp.* devido à alta frequência. A primeira espécie fora marcante, pois foi encontrada em quase todas as campanhas de 2010, com exceção do mês de abril cuja predominância foi do grupo das diatomáceas e no mês junho de 2011, no qual a predominância na maioria dos pontos de coleta foi de dinoflagelados. As demais espécies foram encontradas em várias campanhas e pontos de coleta do ano de 2011.

A dominância de espécies de Cianobactérias em lagunas salinas deve-se a alta disponibilidade de nutrientes. Este grupo apresenta uma habilidade de crescer em alto pH. A média do pH encontrado na laguna no período de estudo foi um pouco acima de 8, ratificando a dominância do grupo. Cianobactérias crescem em condições alcalinas com elevada concentração de amônia que é a fonte preferida de nitrogênio para organismos do gênero *Synechocystis*. Este gênero apresenta comportamento halotolerantes, ou seja, crescem em altas e baixas salinidades.

O crescimento de Cianobactérias se deve a vários fatores, provavelmente:

- baixa relação N:P na água provocando também diminuição de diatomáceas;
- aumento da concentração dos teores totais de fósforo, sendo o melhor indicador da causa da dominância de Cianobactérias;
- diminuição do nitrogênio inorgânico dissolvido;
- altos níveis de pH;
- temperatura da água maior do que 20 °C.

No mês de janeiro de 2011, destacou-se uma alta densidade celular causada por espécies de pequeno porte como a cianobactéria *Synechocystis cf. salina* principalmente na estação Palmeiras onde a relação N:P foi igual a 9, o pH foi igual a 8,2, a salinidade 40 ‰, O<sub>2</sub> - 6,4 mg/L e a DBO 4,5 mg/L.

A relação N:P igual a 9, encontrada nesta campanha, é uma proporção reduzida, bem abaixo da proporção de Redfield (16) o que pode ser explicada pelo crescimento exponencial do fitoplâncton promovido pela alocação de nutrientes para os mecanismos de reprodução, aumentando o número de RNAs ribossomais .

Vários pesquisadores têm salientado a influência e importância que a precipitação pluviométrica exerce sobre os parâmetros bióticos e abióticos. Segundo Sassi (1991), em áreas tropicais e subtropicais o regime pluviométrico é um dos principais fatores que controlam a distribuição, abundância e dinâmica sazonal do fitoplâncton (SILVA, 2003). A Região dos Lagos possui déficit hídrico, ou seja, baixa precipitação (entre 750 e 900 mm), comparada a evaporação

(entre 890 e 1370 mm), porém ao longo dos anos a laguna passou a receber um grande aporte de efluentes, o que vem alterando consideravelmente sua salinidade. O Funcionamento neste ecossistema continua o mesmo, independente desta perturbação, o está mudando são os organismos, uma vez que os mais bem adaptados a essa mudança estão se estabelecendo.

Nos meses de março e junho de 2011, as cromófitas tiveram a maior densidade celular na estação dos Excursionistas, respectivamente 90% e 84 %, levando a água do Canal do Itajurú e da Laguna de Araruama ficarem com uma coloração amarronzada (**Figura 39**), refletindo, possivelmente, a abundância de pequenos flagelados oportunistas, com uma redução de outras espécies do fitoplâncton.



**Figura 39- Floração de cromófitas deixando a Laguna de Araruama com suas águas amarronzadas.**

Fonte: <http://www.jornaldototonho.com.br/?p=9622>

Bonecker, Bonecker e Bassani (2009) demonstram que o aparecimento de espécies fitoplanctônicas reflete a habilidade dos organismos absorverem nutrientes que se encontram em diferentes níveis de disponibilidade. Em ambientes onde os nutrientes são muito abundantes, a espécie dominante apresenta pequenas dimensões, alta taxa de reprodução e alta densidade. A espécie de Cromófitas, não identificada em nível específico, encontrada na Laguna de Araruama nas coletas de março e junho apresenta uma dimensão celular de 4 – 6.0  $\mu\text{m}$  e uma densidade de

$10^6$  cels.L<sup>-1</sup>. De acordo com os autores citados, as espécies que apresentam células de dimensões menores têm a vantagem de absorverem nutrientes rapidamente e florescer sob enriquecimento inicial de nutrientes.

O aparecimento dessa espécie talvez possa ter sido também devido ao resultado de eventos climatológicos, convém ressaltar que no mês de março a média da precipitação foi igual a 0,53 mm, tendo sido verificado o maior valor de 5,8 mm no dia 21 de março, quatro dias antes da coleta do mês, o que faz deduzir que devido à mudança de salinidade e à grande quantidade de nutrientes deram a essa espécie a oportunidade de competir com as outras espécies.

Os **gráficos 1 e 2** ilustram a alteração da relação N:P nos meses de março e junho de 2011 na Laguna de Araruama.

Granéli *et al.* (2008) demonstra que o nutriente que é encontrado em baixa concentração em relação as necessidades algais limitará o seu crescimento, ou seja, a habilidade para competir pelo nutriente limitado é importante para a proliferação da espécie. A espécie que é capaz de competir pelo nutriente disponível limitando o crescimento de outras espécies, torna-se dominante e aumenta sua biomassa. Sob as condições da alteração da relação N:P, havendo a limitação de nitrogênio ou de fósforo, como também alteração nos fatores abióticos e bióticos, a alga tem a capacidade de usar a fonte de nutriente limitante, eliminando ou inibindo o crescimento de seus competidores por mecanismos fisiológicos e portando determinando a presença de uma floração mono específica.

A determinação do nutriente limitante é feita considerando-se que a demanda da alga é equivalente a distribuição de nutrientes na sua biomassa. A constituição da biomassa algal é normalmente derivada da chamada relação de Redfield (C<sub>106</sub>H<sub>118</sub>O<sub>45</sub>N<sub>16</sub>P<sub>1</sub>), o que vale dizer que as algas, em média, demandam 16 vezes mais nitrogênio do que fósforo. Se a relação N:P for consideravelmente superior a 16 há indicação de que o fósforo é o nutriente limitante (VON SPERLIN, 2000). Da mesma forma podemos considerar que se a relação N:P for consideravelmente inferior à 16 o nitrogênio será o nutriente limitante.

Segundo um trabalho científico realizado na laguna de Araruama por Coutinho *et al.* em 1999, o fósforo era o nutriente limitante para a produção primária, enquanto nas lagunas pouco salinas da costa fluminense o fator limitante era o nitrogênio. Segundo mesmo autor, a redução da concentração de fósforo em Araruama (a níveis abaixo de 3 mg/m<sup>3</sup>) decorreu de diversos mecanismos de remoção, típicos de sistemas hipersalinos carbonáticos, como a formação de

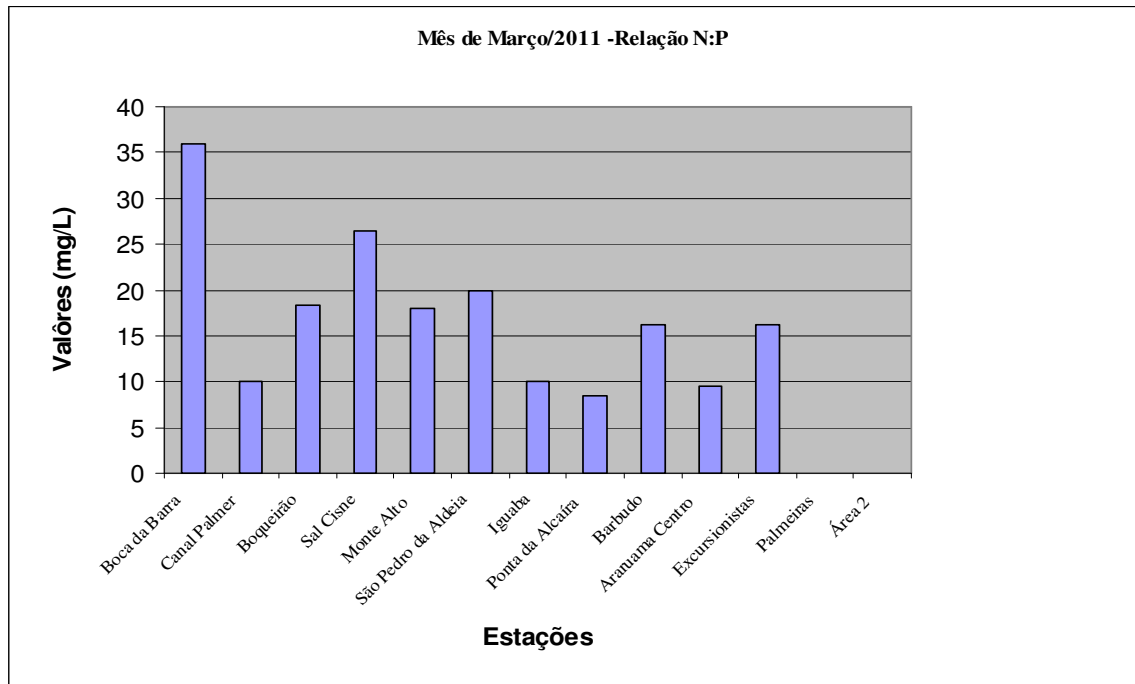
apatita (um tipo de fosfato de cálcio), a precipitação de outros fosfatos de cálcio e a adsorção (aderência química) a grânulos de carbonato nos sedimentos do fundo. Além disso, parte do fosfato que chegava à laguna era retida na foz dos rios, pois a forte diferença de salinidade entre as duas águas favorecia sua adsorção à matéria em suspensão e sua deposição no fundo.

Segundo Knoppers *et al.* (1996) *apud.* Coutinho *et al.* (1999) a concentração de fósforo é controlada ainda pela comunidade bentônica, vegetais e animais microscópicos que vivem no sedimento do fundo. Eles metabolizam ou reciclam o elemento, deixando pouco para ser degradado. Com isso, o fósforo dissolvido e a amônia liberada são insignificantes para manter a produção primária do fitoplâncton na coluna d'água.

Em março de 2011, apenas 3 dos 11 pontos de coleta tiveram o fósforo como nutriente limitante e nos demais o nitrogênio foi o fator limitante.

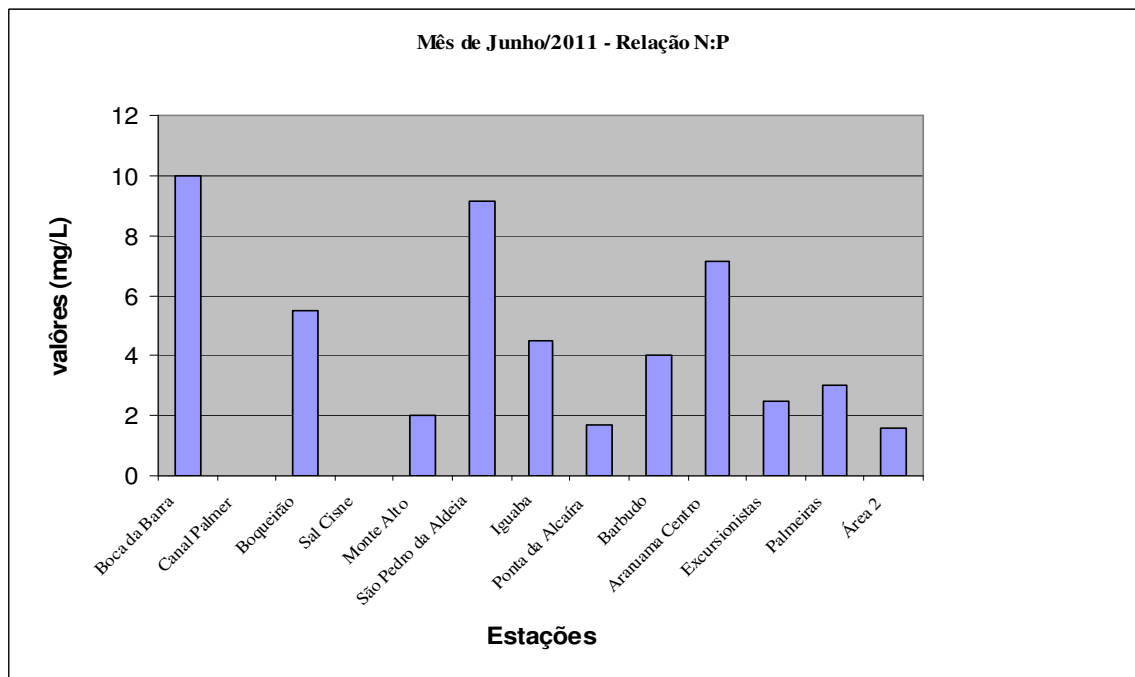
No mês de junho o nitrogênio foi o fator limitante em todos os pontos de coleta. Em corpos hídricos que recebem descargas de esgotos, situação comum em todo o Brasil, existem fortes evidências de que, ao contrário do que é usualmente aceito, o nitrogênio, e não o fósforo tem assumido o papel de nutriente limitante na eutrofização de ambientes aquáticos tropicais. Isto se deve ao fato de que a relação média N:P nos esgotos domésticos, que constituem a principal fonte de eutrofização, é de 8, ou seja, bastante inferior à relação encontrada na biomassa das algas, contribuindo para reduzir a relação N:P (VON SPERLING, 2000).

De acordo com Schollhorn e Granéli, 1993 o enriquecimento antropogênico de nitrogênio e fósforo determina o declínio na relação (Silício e Nitrogênio) Si:N e (Silício e Fósforo) Si:P sugerindo que a diminuição na relação Si:P e principalmente do Si:N acarrete o bloom mono específico das cromófitas, uma vez que as diatomáceas, que se proliferam em ambientes ricos em nutrientes, necessitam do silício mineral dissolvido para sua composição estrutural.



**Gráfico 1: Relação entre N/P no mês de março/2011**

Fonte: <http://www.lagossaojoao.org.br/relatoriosqualiaguas/2011%20Fitoplancton%20Araruama.pdf>.

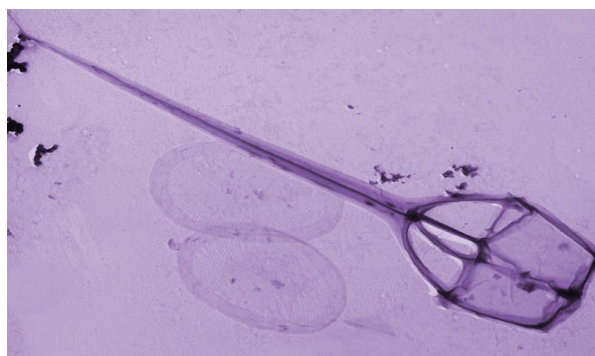


**Gráfico 2: Relação entre N/P no mês de junho/2011**

Fonte: <http://www.lagossaojoao.org.br/relatoriosqualiaguas/2011%20Fitoplancton%20Araruama.pdf>.

O grupo das Prymnesiophytas (**Figura 40**) foi o mais abundante em agosto de 2011 (média de  $6,54 \times 10^6$  cel.  $L^{-1}$ ) correspondendo a 60 % do fitoplâncton. A espécie não identificada de Prymnesiophyceae foi bem representada nas estações Araruama centro, Acaira e São Pedro.

A dominância da espécie de Prymnesiopyceae é possivelmente devido à frequência do vento induzindo a suspensão do sedimento e associada à concentração de nutrientes que favorecem o rápido crescimento dessa espécie e a sua capacidade de se adaptar rapidamente às mudanças do meio (alteração da salinidade).



**Figura 40- Chrysochromulina: Prymnesiophytes (haptophytes)**

Fonte: <http://www.flickr.com/photos/55038698@N03/5224519520/>

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento ambiental é a ferramenta básica para a tomada de decisão direcionada ao manejo ambiental no qual contempla estudos relacionados à estrutura e função dos ecossistemas para o conhecimento do funcionamento e comportamento dos mesmos frente às perturbações de caráter antrópico. Através dos Programas de Monitoramento é possível acompanhar as alterações de qualidade ambiental de ecossistemas; elaborar previsões de comportamento; desenvolver instrumentos de gestão; fornecer subsídios para ações preventivas e/ou mitigadoras e diminuir os gastos com tecnologias avançadas e com reparação desses problemas.

A pesquisa sobre Programas de Monitoramento realizados por Empresas de Consultoria, Secretarias de Meio Ambiente, Dissertações e Teses, Companhias de Gestão de Recursos Hídricos deixou claro que o desenvolvimento de um sistema de informações através da coleta de dados, estabelecendo uma visão sistêmica da realidade é de relevante interesse para a população local e para as autoridades, pois viabiliza a elaboração de políticas públicas de adequação e utilização dos ecossistemas.

É necessário que o governo dê subsídios às Secretarias de Meio Ambiente Estaduais e Municipais para a realização de Programas de Monitoramento eficientes e, se possível, permanentes. Os dados obtidos nestes devem realmente ser utilizados para a elaboração de trabalhos científicos e os resultados, difundidos à população, por meio de jornais e canais locais, sites, palestras em escolas e Associação de Moradores, para o conhecimento dos reais problemas de sua região.

A implantação de atividades de Monitoramento Ambiental necessita de uma seleção prévia de indicadores que expressem as condições qualitativas ou quantitativas do que será medido e avaliado. Como a área de estudo, Laguna de Araruama, é um ecossistema aquático costeiro, os indicadores utilizados foram o fitoplâncton e as variáveis ambientais.

As variáveis ambientais relacionadas ao fitoplâncton citadas neste trabalho foram cor, turbidez, temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido e sais nutrientes. A avaliação da qualidade da água demonstrou que alguns importantes parâmetros, têm sido modificados ao longo dos anos, como o nitrogênio que neste trabalho foi relatado como fator limitante para o crescimento do fitoplâncton e a salinidade que vem diminuindo consideravelmente.

Esse último fato se deve ao fato do crescimento desordenado na Região dos Lagos e consequente descarga de efluentes domésticos na laguna. Segundo Vasconcelos, 1985, a salinidade da laguna, nos anos 80, atingira valores de até 70,86 ‰, atualmente, segundo o Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ), tem média de 40 ‰. A baixa salinidade corresponde simultaneamente ao aumento em riqueza e a diminuição em regularidade.

Foi observado em várias referências bibliográficas que as informações restritas ao monitoramento dos parâmetros físico-químicos da qualidade da água não são suficientes para descrever a sua qualidade. Os parâmetros biológicos têm sido frequentes na complementação da avaliação de impactos ambientais, pois produzem informações que não só indicam a presença de poluentes, mas como estes interagem com o meio ambiente, proporcionando uma melhor indicação na qualidade dos ecossistemas.

O fitoplâncton, utilizado pelo Consórcio Intermunicipal Lagos São João, para a qualificação ambiental da Laguna, é um excelente bioindicador por ser a base da cadeia alimentar. Seu estudo é de fundamental importância para traçar um perfil das condições e do potencial ecológico do ecossistema, visando à valoração biológica local, focar a biodiversidade e a distribuição espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica na Laguna de Araruama.

Após intensa leitura sobre a metodologia escolhida para o estudo do fitoplâncton, o método de Utermöhl e o Programa Primer são os métodos mais usados para a avaliação qualitativa do fitoplâncton e dados de diversidade, respectivamente.

Com a criação do Consórcio Intermunicipal Lagos São João, em 1999, a recuperação ambiental da laguna de Araruama teve início. Inúmeros têm sido os projetos, metas e ações para a melhoria da qualidade ambiental da laguna, dentre eles o Programa de Monitoramento, importante instrumento do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e um dos alicerces para a sustentabilidade.

A comparação dos resultados do Programa de Monitoramento nos anos de 2010 e 2011 com dados pretéritos mostram que o ecossistema da Laguna de Araruama continua sofrendo com a poluição por nutrientes, apesar de inúmeras medidas revitalizadoras, o que acarreta impactos gerais sobre sua estrutura ecológica, paisagística e as características balneárias.

O monitoramento revelou que o grupo das diatomáceas teve a maior riqueza específica, indicando a eutrofização da laguna. Segundo Brandini, 1986, as diatomáceas necessitam de maiores concentrações de nutrientes para sobreviver. Convém ressaltar que Valentin & Coutinho,

1990, caracterizaram a laguna de Araruama como oligotrófica, devido à dominância de um fitoplâncton de pequeno porte, como os dinoflagelados e as criptofíceas e com baixa riqueza de espécies e baixa densidade. Confirmando esse fato, Moreira, 1998, demonstrou que o tratamento secundário, realizado pelas Concessionárias Águas de Juturnaíba e Prolagos desde 2002, acelera muito mais o crescimento de macro algas e fitoplâncton quando os seus rejeitos finais são lançados em ambientes costeiros de circulação restrita como as lagoas, lagoas e interiores de baías. Isto acontece porque ao retirar a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) dos esgotos, as formas orgânicas são mineralizadas às formas inorgânicas de nitrogênio e fósforo que são mais rapidamente assimiladas pelas algas. As estações de tratamento secundário e lagoas de estabilização só contribuem para o aumento da eutrofização.

Muitas espécies de diatomáceas tóxicas como *Pseudo-nitzschia delicatissima* e *Pseudo-nitzschia seriata*, assim como dinoflagelados tais como *Dinophysis acuminata* e *Gambierdiscus toxicus* encontradas revelam o perigo que a laguna e os habitantes que se alimentam de mariscos e peixes estão correndo, além do *Protocentrum* e *Ceratium*, também dinoflagelados, causadores da HABs.

Segundo a Dr<sup>a</sup> Maria Helena Baeta Neves (IEAPM), responsável pelas análises do fitoplâncton da laguna de Araruama, em uma de suas apresentações (2011) para o CILSJ, revelou que há grandes probabilidades de haver floração destas espécies tóxicas, devido o aporte de nutrientes lançados na laguna. Isso é muito preocupante uma vez que a economia da Região é basicamente pesqueira e turística.

Nos dois anos de monitoramento houve duas florações de cromófitas, que se sobressaiu por ser um grupo de espécies oportunistas, deixando o Canal do Itajurú e a laguna com a coloração amarronzada.

Uma grande biomassa de cianobactérias da espécie *Synechocystis cf. salina*, durante todo o período de pesquisa, fora encontrada em todos os pontos de coleta, devido à alta disponibilidade de nutrientes, o pH alcalino ( 8), águas com temperatura elevada (acima de 20°C) e a baixa relação N:P, o que afirma que o nutriente limitante foi o nitrogênio e não o fósforo. Como as cianobactérias têm capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, elas são mais bem favorecidas que as diatomáceas nesta situação.

Esses resultados não surpreendem porque o controle da poluição da Laguna de Araruama só poderá ser alcançado pela eliminação dos lançamentos de nutrientes (e.g. transposição do

esgoto tratado para outros corpos receptores) e pela recuperação das áreas mais afetadas por sedimentação orgânica anômala. Recomenda-se também que quando um município ou outra organização contratarem serviços e projetos de uma firma possam contar com terceiros profissionais especializados que avaliem o trabalho a seu favor, e as decisões técnicas não fiquem restritas ao âmbito político, mas também de ecologistas ou de profissionais de outras áreas. Paralela a estas atividades é muito importante que as Secretarias do Meio Ambiente da Região dos Lagos promovam o Projeto Orla, uma vez que o crescimento na Região é intenso e desordenado.

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivos difundir os programas de monitoramento como um dos principais pilares para a sustentabilidade, destacar o uso do fitoplâncton, como um excelente bioindicador capaz de caracterizar a qualidade das águas de ecossistemas costeiros, como a Laguna de Araruama, orientar os profissionais que realizarão o monitoramento sobre os cuidados durante a coleta da água e da manutenção dos aparelhos utilizados, garantindo o sucesso do monitoramento e divulgar os resultados, que preocupam devido às biotoxinas produzidas por espécies de microalgas marinhas à saúde humana.

Concluindo esta proposta de estudo, torna-se imperativa um constante monitoramento da ocorrência destas espécies em zonas de pesca e de captura de bivalves e a constante manutenção dos Relatórios de Qualidade Ambiental da Laguna de Araruama no site do CILSJ, para que todos os interessados possam ter acesso aos resultados do monitoramento físico-químico e biológico realizado na laguna.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBA- TERCEDOR, J. *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. IV SIAGA, Almeria, vol. II: 203-213. 1996.
- ARAÚJO, A.M; MELO, M.C.V. *Um plano de amostragem de qualidade d'água em estuários: Caso do Recife*. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Vol 5 nº 4 Out./Dez.2000, 111-120.
- ARMITAGE, P. D. *Behaviour and ecology of adults*. In: *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-Biting Midges* (P. D. Armitage, P. S.Cranston & L. C. V. Pinder, ed.), pp. 194-224, London: Chapman & Hall.1995.
- AZEVEDO, F.; BONECKER, CC. *Community size structure of zooplanktonic assemblages in three lakes on the upper River Paraná floodplain, PR-MS, Brazil*. Hydrobiologia, vol. 505, p. 147-158, 2003.
- BALECH, E. *Los Dinoflagelados Del Atlântico Sudoccidental*. Publicaciones Especiales Instituto Espanhol de Oceanografia. Madrid: Ministério da Agricultura y Alimentacion, 310p. (Publicaciones Especiales). 1988.
- BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D.; STRIBLING, J.B. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, 2ªed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 1999.
- BASSANI, C. *Diatomáceas como bioindicadores ecológicos e paleoecológicos nas lagunas do Padre e de Araruama – RJ, Brasil*. 2000. 345f. Tese (Doutorado em Geografia Física), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- BERNER, K.B.; BERNER, R.A. *The Global Water Cycle: Geochemistry and Environment*. Prentice-Hall, New Jersey, 397pp. 1987
- BEST, E. P. H. *Models on metabolism of aquatic weeds and their application potential*. In: *Aquatic Weeds. The Ecology and Management of Nuisance Aquatic Vegetation* (A. H. Pieterse & K. J. Murphy, ed.), pp. 254-273, Oxford: Oxford University Press.1990.
- BITAR, O.Y; ORTEGA, R.D. *Gestão Ambiental*. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). Cap. 32, p.499-508, 1998.

- BONECKER, A. C.; BONECKER, S. L. C.; BASSANI, C. *Plâncton marinho*. In: *Biologia Marinha*. Renato Crespo e Abílio Soares (orgs), Rio de Janeiro: Interciências, 2002. Cap. 6. p.103-23.
- BONECKER, A. C. T.; BONECKER, S. L. C.; BASSANI, C. *Plâncton marinho*. In: Renato Crespo Pereira; Abílio Soares-Gomes. (Org.). *Biologia marinha*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009, v. 9, p. 213-239.
- BOUGIS, P. *Ecologie du plancton marin*. Tome I - Le phytoplancton. Masson et Cie., Paris: 195pp.1974.
- BRANCO, S. M. *Hidrobiologia aplicada a engenharia sanitária*. 2. ed. São Paulo: CETESB, 620p, 1978.
- BRANDINI, F. P. *Variação nictemeral de alguns fatores ecológicos da região de Cananéia (SP)*. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, v. 25, n. 3/4, p. 313-327, 1982.
- BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Brasília, 2005. 23 p.
- BRASIL. Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998. *Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica*, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. Diário Oficial da República.
- BRASIL. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988. *Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências*. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7661.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7661.htm)>. Acesso em: 08 de junho de 2011.
- BRUSCHI Jr.; MALABARBA, W.L.R. ; SILVA, J.F.P. *Avaliação da Qualidade Ambiental dos riachos através das Taxocenoses de peixes*. In *Carvão e Meio Ambiente* (Centro de Ecologia/UFRGS.). Ed. UFRGS, Porto Alegre, 1856p, 2000.
- BUSS, D. F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. *Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios*. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(2):465-473, mar-abr, 2003.
- CADÉE, G. C.; HEGEMAN, J. *Phytoplankton in the 20<sup>th</sup> century; 30 years monitoring biomass, primary production and Phaeocystis blooms*. Journal of Sea Research, 2002, p97-110.

- CAIRNS Jr. J.; PRATT, J. R. *A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates*. In: *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates* (D. M. Rosenberg & V. H. Resh, ed.), pp. 10-27, New York: Chapman & Hall, 1993.
- CAIRNS Jr. J.; McCORMICK, P. V.; NIEDERLEHNER, B. R. *A proposal framework for developing indicators of ecosystem health*. *Hydrobiologia*, 263:1-44, 1993.
- CAIRNS Jr. J.; VAN DER SCHALIE, W. H. *Biological monitoring. Part I –Early warning systems*. *Water Research*, v. 14, p. 1179-1196, 1980.
- CARO, T.M.; O'DOHERTY, G. O. *On the use of surrogate species in conservation biology*. *Conservation Biology* 13: 805-814.1999
- CAVALCANTI, A. P. B ; CAMARGO. *Impactos e condições ambientais da zona costeira do estado do Piauí*. In: Lúcia Helena de Oliveira Gerardi; Iandara Alves Mendes. (Org.). *Do Natural, do Social e de suas Interações: visões geográficas*. 1 ed. Rio Claro - SP: Gráfica Palas Athena, 2002, v. 1, p. 59-78.
- CHOW, F.; PAULA, E.J; PLASTINO, E.M; OLIVEIRA, E.C.; BERCHEZ, F.; OLIVEIRA, M.C. *Introdução à Biologia das criptógamas*. Instituto de Biociências. Laboratório de Algas Marinhas, USP, São Paulo, 2007.
- CNUMAD (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), 1992. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21. Brasília: Senado Federal.
- COGERH/SEMACE. *Monitoramento da Qualidade de Água: Plano de Trabalho*. *Monitoramento da Qualidade de Água: Plano de Trabalho*. Jan/2002, 27p. Com Ciência, 2003. “Pesca Brasileira é Pobre e Produção de Pescado”. *Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*. En <http://www.comciencia.br/reportagens/litoral/lit08.shtml>. Consultado em setembro de 2006.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N<sup>o</sup> 274/00, 2000. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html)>. Acesso em 30 jul. 2011.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N<sup>o</sup> 357/05, 2005. Disponível em: <[www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705.pdf](http://www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705.pdf)>. Acesso em 20 agosto. 2011.

- COUTINHO, R.; RIBEIRO, P.; KJERFVE, P; KNOPPERS, B.; MUEHE, D.; VALENTIN, J.L., 1999. *Araruama: Uma lagoa ameaçada*. Ciência Hoje, vol. 25, na 149, pp. 25-31.
- CRUZ, R. C. A. *Introdução à Geografia do Turismo*. 2ª Ed. São Paulo: Roca, 2003.
- CUPP, E. E. *Marine plankton diatoms of West coast of North America*. Bull. Scripps. Inst. Oceanogr. Berkley, CA: Univ. Calif. Press. vol. 6, n. 1, 238 p., 1943.
- DE PAUW, N. ; VANHOOREN, G. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100:153-168,1983.
- DEPONTI, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B. *Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas*. Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent. Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez, 2002.
- DESIKACHARY, T.V. Cyanophyta. New Delhi: Indian Council of Agricultura Research.686p. 1959.
- DIAS, J. A. *Gestão Integrada da Zona Costeira mito ou realidade* In: II CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA ZONA COSTEIRA EM PAÍSES DE EXPRESSÃO. Anais do. ABEQUA, Recife, 2003.
- Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN, Carta Náutica 1978. n. 1601.
- DODGE, J.D. *Marine Dinoflagellates of British Isles*. London: *Her Majesty's Stationary Office*. 303p. 1982.
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 2. Ed. Rio de Janeiro:Interciência. 602p,1998.
- EYRE, B. *Nutrient Biocheochemistry in the Tropical Moresby River System North Queensland, Australia*. *Estuarine. Coastal Shelf Science*, 39 (1994) 15-31.
- FAUSCH, K. D.; KARR, J. R.; YANT, P. R. *Regional application of an index of biotic integrity based on stream fish communities*. *Transactions of the North American Fisheries Society*, 113:39-55, 1984.
- FAUSCH, K. D.; LYONS, J. R.; KARR, J. R.; ANGERMEIER, P. L. *Fish communities as indicators of environmental degradation*. *American Fisheries Society Symposium*, 8:123-144, 1990.
- FEITOSA, F. A. N. *Produção Primária do Fitoplâncton Correlacionada com Parâmetros Bióticos e Abióticos na bacia do Pina (Recife,Pernambuco, Brasil)*. Recife. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 1988.

- FEITOSA, F.A.N.; PASSAVANTE, J.Z.O. *Variação sazonal da produção primária na bacia do Pina (Recife - PE)*. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco 21: 33-46,1990.
- FERREIRA, T. F.; MARQUES, D.M.L.M. *Aplicação de Phoslock® para Remoção de Fósforo e Controle de Cianobactérias Tóxicas*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 14 n.2 Abr/Jun 2009, 73-82
- FIGUEIRA, R. *Características de um biomonitor*. Portal biomonitor. Disponível em: <<http://www.jb.ul.pt/biomonitor>>. Acesso em: 23.agosto de 2011.
- FRIEDMAN, M.; FRIEDLAND, G. W. *As dez maiores descobertas da Medicina*, S.Paulo, Companhia das Letras, 2000.
- GARCIA, R.S.; TRANNIN, M.C.; JÚNIOR, M.G. Considerações ambientais e sociais do ecossistema da Lagoa de Araruama. Tema 7- Procesos de la interacción sociedad-naturaleza. EGAL, 2009.
- GRANÉLI, E.; GRANÉLI, W.; RABBANI, M.M.; DAUGBJERG, N.; FRANSZ, G.;CUZIN-ROUDY, J.; ALDER, V. *The influence of copepod and krill grazing on the species composition of phytoplankton communities from the Scotia-Weddell Sea. An experimental approach*. Polar Biol 13:201–213, 1993.
- GRANÉLI, E.; WEBERG, M.; SALOMON, P.S. *Harmful algal blooms of allelopathic microalgal species: The role of eutrophication*. Harmful Algae, vol. 8, no. 1, p. 94-102.2008 <http://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2008.08.011>.
- HASLAM, S. M. *A proposed method for monitoring river pollution using macrophytes*. Environmental Technology Letters, 3:19-34, 1982.
- HEIMDAL, B. R. *Modern coccolithophorids*. In: Carmelo R. Tomas (Ed.). Marine Phytoplankton, a guide to naked flagellates and coccolithophorids. Academic Press, Inc. San Diego, California, 1993. p.7-146.
- HENSEN, V. *Das leben im Ozean nach Zahlungen seiner Bewohner.Uebersicht und resultate der quantitativen untersuchungen*. *Ergebn. der Plankton Exped. d. Humboldt-Stiff*, 5: 1-406. 1911
- HINO, R.; TUNDISI, J. G. *Atlas de algas da Represa do Broa*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, v.2, pp.1-143, 1977.

- HENDEY, N.I. *An introductory of smaller algae British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms) . Fishery investigations. Serie 4. P. 1-317, 1964.*
- HOMER, R. A.; POSTEL, J. R. *Toxic diatoms in western Washington waters (U.S. West Coast). Hydrobiologia 269/270: 197-205, 1993.*
- HORNE, A.J; FOGG, G.E. *Nitrogen fixation in some English lakes. Proc. R. Sot. Lond. Ser. B 175:351-366.1970*
- HORNE, A.J.; GOLDMAN, C.R. *Limnology* Second Edition. McGraw Hill, Inc.. New York, 1994.
- HUGHES, R. M.; NOSS, R. F. *Biological diversity and biological integrity: current concerns for lakes and streams. Fisheries (Bethesda) 17(3):11-19, 1992.*
- HUSTEDT, F. *Die Kieselalgen. Deutschlands, Österreichs undder Schweiz. Rabenhorst's. Kryptogamenflora, Vol. 7, Part 1. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig. 1930.*
- HUSTEDT, F. *Die Kieselalgen. Diatomeenflora der Unterweser vonder Lesümmfindung bis Bremer- haven mit Berücksichtigung des Unterlaufs der Hunte und Geeste. Veröff. Inst. Meeres- forsch. Bremerh. 6: 13-176. 1959.*
- IBAM. *Projeto Orla: Relatório final das atividades realizadas. Outubro de 2004 (Mimeo). Rio de Janeiro, 2004.*
- IBAMA. *Diagnóstico da Atividade de Carcinicultura no Estado do Ceará. En [http://200.198.202.145/seap/pdf/cogesi/boletim\\_2004.pdf](http://200.198.202.145/seap/pdf/cogesi/boletim_2004.pdf). Consultado em novembro de 2011. 2005*
- JOHNSON, R. K.; WIEDERHOLM, T.; ROSENBERG, D. M. *Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In:Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates (D. M. Rosenberg & V. H. Resh, ed.),pp. 40-158, New York: Chapman & Hall,1993.*
- KARR, J. R. *Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries, 6:21-27, 1981*
- KARR, J. R.; FAUSCH, K. D.; ANGERMEIER, P. L.;YANT, P. R.; SCHLOSSER, I. J. *Assessment of Biological Integrity in Running Water: A Method and its Rationale. Special Publication 5. Champaign: Illinois Natural History Survey, 1986.*
- KARR, J.R. *Defining and measuring river health. Freshwater Biology, 41:221-234, 1999.*

- KÄSLER, R. 1925. *Die Verbreitung der Dinophysiales im Sudatlantischen Ozean*. Wiss. Ergbn. Deutschen Atlantische Exped. "Meteor", 1925-1927. 12: 165-237.
- KENNEDY, V. S.; TWILLEY, R. R.; KLEYPAS, J.A.; COWAN, J. H.; HARE, S. R. *Costal and Marine ecosystems & Global climate change*, Potential effects on U.S. Resources, 2002.
- KINNE, O. *Marine ecology, v.1.Environmental factors, part 1. A comprehensive, integrated treatise on life in oceans and coastal waters*. Wiley-Interscience, New York.xv + 681p,[Ed.]1970.
- KJERFVE, B.; SCHENRINI, C.A.F.; KNOPPERS, B., LEssA, G.; FERRETRA, H.O., 1996. *Hydrology and salt balance in a large hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil*. Estuarine Coastal and Shelf Science, 42: 701-725.
- KNOPPERS, B.; SOUZA, W.F.L.; SOUZA, M.F.L.;RODRIGUEZ, E.G.; LANDIM, E.F.C.V.; VIANNA, A.R. *In situ measurements of benthic primary production, respiration and nutrient fluxes in a hypersaline coastal lagoon of SE Brazil*. Revista brasileira de oceanografia, 44(2): 153-163,1996.
- KOLKWITZ, R. ; MARSSON, M. *Oekologie der tierischen Saprobien*. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, 2: 126-152, 1909.
- LANDSBERG, J.H. *Effects of algal blooms on aquatic organisms*. Rev. Fish. Sci., 10 (2), 113-390.2002
- LEÃO, B.M. *Fitoplâncton da praia de Piedade (Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco)*. Taxonomia, biomassa e ecologia. Recife, 38 f. Monografia (Graduação), 2002.
- LENAT, D. R.; BARBOUR, M. T. *Using benthic macroinvertebrate community structure for rapid, cost-effective, water quality monitoring: Rapid Bioassessment*. In:Loeb, S. L. & Spacie, A. (eds.). Biological monitoring of aquatic systems. Lewis Publishers. Florida. 187-215pp, 1994.
- LEVINTON, J. *Marine Biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press, 1995. 420p.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- MACHADO, P.A.L. *Direito ambiental brasileiro*. 5ª ed. São Paulo: Malheiros Editores, 1995. 696p.

- MAGALHÃES, F.S. *Distribuição qualitativa e quantitativa do fitoplâncton e sua relação com o impacto ambiental na Baía do Espírito Santo (ES-Brasil)*. 2002. 54f. Monografia. Universidade Gama Filho Rio de Janeiro. 2002.
- MAGALHÃES, F.S, ROSSO, T.C.A. O fitoplâncton como instrumento de diagnose e monitoramento ambiental. Estudo de caso: a Laguna de Araruama (RJ, Brasil). Resumo expandido publicado em anais de congressos. VI Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Abril, 2011.
- MAGALHÃES Jr., A. P. *A situação do monitoramento das águas no Brasil – Instituições e Iniciativas monitoramento das águas no Brasil – Instituições e Iniciativas*. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol.5, nº 3, Jul./Set. 2000, p. 113-115. PortoAlegre/RS: ABRH, 2000.
- MALONE, T. C. A. *Size fractioned primary productivity of marine phytoplankton*. In: FALKOWSKI, P. G. (Ed.). *Primary productivity in the sea*. Plenum Press New York, 1980. 531p.
- MARGALEF, R. *Limnologia*. Omega, Barcelona. 1010p.1986
- MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. *Metodologia para el estudio de la vegetación, Washington*. 168p. (Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington), 1982.
- MATTHEWS, R. A.; BUIKEMA, A. L. & CAIRNS Jr., J. Biological monitoring part IIA: Receiving system functional methods relationships, and indices. *Water Research*, 16:129-139, 1982.
- McINNES, R. *Responding to the Risks from Climate Change in Coastal Zones. A Good Practice Guide*. Centre for the Coastal Environment, Isle of Wight Council, United Kingdom. 2006.
- MEDINA, M.O.M. *Indicadores Ambientais*. Portal Ecologia Hoje. Disponível em: <http://www.biologo.com.br/ecologia/ecologia3.htm>. Acesso em : 05 Agosto. 2011.
- MELO-MAGALHÃES, E.M., KOENING, M.L.;SANT'ANNA, C.L. *Fitoplâncton e variáveis ambientais nos canais do sistema estuarino lagunar Mundau/Manguaba, Alagoas, Brasil*. Hoehnea, vol. 31, no. 1, p. 73-86, 2004.
- METCALFE, J. L. *Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe*. *Environmental Pollution*, 60:101-139,1989.

- MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. *Princípios de oceanografia física de estuários*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.
- MMA. *Programa REVIZEE: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva; relatório executivo/MMA, Secretaria de Qualidade Ambiental*. Brasília, DF. 280 p. 2006
- MOREIRA, A.L.C. *The role of heterotrophic bacteria on phosphorus mineralization in Tokyo Bay waters*. Symposium of Japanese Oceanographic Society, Tokyo, Japan, 1998.
- MOTA, S. *Preservação e conservação de recursos hídricos*. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 187 p, 1995.
- MUEHE, D.; CORRÊA, C.H.T. *Dinâmica de praia e transporte de sedimentos na restinga da Maçambaba, RJ*. Rev. Brasil. Geoc., 19, 3, p/ 387-392, 1989.
- NYGAARD, G. *Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes. Part II: The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms*. Copenhagen: København/Biologiske skrifter. 1949.
- ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1998. 434p.
- OLIVEIRA, D.B.F.; ESKINQZI-LEÇA, E.; KOENING, M.L. *Microfitoplâncton da baía de Magunça (Maranhão – Brasil)*. Esparn. Biol. Tec., Natal, n.15, 30p. 1986.
- OLIVEIRA, R. S. *Distribuição do fitoplâncton em 9 praias do município de Niterói – RJ e análise da sua relação com alguns fatores condicionantes de distribuição*. 2004. Monografia (Graduação em Biologia Marinha) - Faculdades Integradas Maria Thereza, Niterói. 2004.
- PAASCHE, E. *A review of the coccolithophorid *Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae), with particular reference to growth, coccolith formation, and calcification-photosynthesis interactions*. Phycologia 40, 503–529.2001.
- PAFZC. *Plano de Ação Federal para a Zona Costeira*. Brasília.2005
- PALMER, M.C. *A composite rating of algae tolerating organic pollution*. Repr. Journal of Phycology, vol.5, 1: 78-92, 1969.
- PASSAVANTE, J.Z.O.; FEITOSA, F. A. N. *Produtividade primária do fitoplâncton ao longo da plataforma continental de Pernambuco*. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE PLÂNCTON, 4, 1990, Recife. Resumos. 1990. p. 60.

- PASSAVANTE, J.Z.O.; FEITOSA, F.A.N. *Produção primária do fitoplâncton em viveiros de cultivo de peixes. (Itamaracá - PE)*. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, v. 21, p. 47-58, 1990.
- PASSAVANTE, J.Z.O.; KOENING, M.L. *Estudo ecológico da região de Itamaracá, Pernambuco, Brasil*. XXVI. Clorofila a e material em suspensão no estuário do rio Botafogo. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, 18, 207-230, 1984.
- PERAGALLO, H.; PERAGALLO, M. *Diatomaceés marines de France et des districts maritimes voisins*. Amsterdam: Asher, 1897-1908, v. 1, 540p.
- PEREZ, M. L. *Integração da Gestão dos Recursos Hídricos Com a Zona Costeira: Estado Atual e Desafios*. Dissertação de Mestrado. 127 f. UERJ: Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental, 2007.
- PINTO, A.C.D. C. *Síntese do conhecimento do Fitoplâncton da Baía de Ilha Grande, Litoral Sul Fluminense do Rio de Janeiro, Brasil*. 2002. Monografia. Universidade Gama Filho. Rio de Janeiro, 46p. 2002.
- PLAFKIN, J. L.; BARBOUR, M. T.; PORTER, K. D.;GROSS, S. K.; HUGHES, R. M. *Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish*. Washington, DC: Environmental Protection Agency, 1989.
- PLATT, T. *Physiological bases of phytoplankton ecology*. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences, 210: 326pp.1981
- POLETTE, M.; SILVA, L. *Análise Comparativa Entre os Procedimentos Metodológicos de Gerenciamento Costeiro Integrado: GESAMP, ICAM E PNGC*. Publicação na Revista Sociedade Brasileira Para o Processo da Ciência, No 4, ano 55. Ciência, Cultura e Gestão das Águas. Julho de 2003.
- PORTO, M. F. A. *Estabelecimento de parâmetros de controle da poluição. . Estabelecimento de parâmetros de controle da poluição*. In: Hidrologia Ambiental.São Paulo: Edusp, 1991. 411p.
- PRATT, J. M.; COLER, R. A. *A procedure for the routine biological evaluation of urban runoff in small rivers*. Water Research, 10:1019-102, 1976.
- PRESCOTT, G.W. *Algae of the Western great lakes area*. 6.ed. USA. Copyright: by Cranbrook Institute of Science , 997p. ISBN 0-697-04552-8.1975.
- PRIMO, P.B.S.; BIZERRIL, C.R.S.F. *Lagoa de Araruama. Perfil ambiental do maior ecossistema lagunar hipersalino do mundo*. SEMADS, Rio de Janeiro, p.33-35.2002

- PROJETO PLANÁGUA SEMADS / GTZ de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha (2001) Rio de Janeiro/ambiente das águas.
- REDFIELD, A. *On The Proportions Of Organic Derivations In Sea Water*. James Johnstone Memorial Volume, Liverpool University Press, Liverpool. 176-192. 1934
- REYNOLDS, C. S. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- REYNOLDS, C.S. *Excellence in ecology: vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory*. Oldendorf, Germany.1997
- REYNOLDS, C.S. *Ecology of phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press. 2006
- REYNOLDS, C.S.; HUSZAR, V.L.M.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. *Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton*. Journal of Plankton Research 24: 417-428. 2002
- ROSENBERG, D. M.; RESH, V.H. *Introduction to freshwater biomonitoring and benthic* Rosenberg, D.M. and Resh, V.H. Chapman and Hall, New York, pp. 1-9,1993.
- ROSMAN, P.C.C. *Principais Efeitos do Aquecimento Global no Mar que afetam as Zonas Costeiras & Conseqüências de cada efeito isoladamente e de forma cumulativa (sinérgica). Ações de engenharia para prevenção e remediação*. Apresentação em powerpoint ao evento Adaptação e Vulnerabilidade da Cidade do Rio de Janeiro à Elevação do Nível do Mar pelo Aquecimento Global, promovida Secretaria Executiva do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas na COPPE/UFRJ, 23 de março.Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 de março de 1998, 2007.
- ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M.; MANN, D.G. *The diatoms: biology and morphology of the genera*. New York, Cambridge University Press.1990
- RUSCHMANN, D. V. D. M. *Turismo e Planejamento Sustentável*. São Paulo: Papirus. 1997.
- SALDANHA, P.C. *Avaliação ambiental através da utilização do fitoplâncton. Estudo de caso: Ilha Guaíba – Mangaratiba - RJ*. Dissertação de Mestrado. 176 f. UERJ: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2008.
- SANDERS, R.; KLEIN, C.; JICKELL, T. *Biogeochemical Nutrient Cycling in the Upper Great Ouse Estuary, Norfolk*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 44 (1997) 543 –555.

- SANTELICES, B. *Ecologia de algas marinas bentônicas: efeitos de fatores ambientais*. Santiago de Chile: Pontifícia Universidade Católica do Chile. 487p. Documento de La Dirección General de Investigaciones, 1977.
- SASSI, R. *Phytoplankton and environmental factors in the Paraíba do Norte River estuary, northeastern Brazil: composition, distribution and quantitative remarks*. Bolm. Inst. Oceanografia, 39(2):93-115.1991
- SCHERER, M.; SANCHES, M; NEGREIROS, D.H. *Gestão das zonas costeiras e as políticas públicas no Brasil: Um diagnóstico. Red Iberoamericana de Manejo Costero – Brasil*. Agência Brasileira de Gerenciamento Costeiro, 2009.
- SCHÖLLHORN, E., GRANÉLI, E. *Is the increase of flagellates in coastal waters caused by changes in ratios of N, P and Si ?* In: Smayda TJ, Shimizu Y (eds) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Elsevier, Amsterdam, pp. 811-817, 1993.
- SENNA, P. A. C.; MAGRIN, A. G. E. *A importância da "boa" identificação dos organismos fitoplanctônicos para os estudos ecológicos*. In: Pompêo, M. L. M. (Ed.) *Perspectivas na Limnologia do Brasil*. Cap 9.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. *The mathematical theory of communication*. Urbana, Univ. of Illinois .Press, 173 p, 1963.
- SILVA, D. N. E. *Padrão de fixação de sementes do mexilhão Perna perna (Linné, 1758) no costão rochoso da Praia do Coqueiro, Anchieta – ES*. Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Espírito Santo para obtenção do título em Bacharel em Ciências Biológicas. UFES. Vitória, 2003/2.
- SILVA-CUNHA, M.G.G.; ESQUINAZI-LEÇA, E. *Catálogo das Diatomáceas (Bacillariophyceae) da Plataforma Continental de Pernambuco*. Recife: SUDENE: 1990, 318p.
- SLADECEK, V. Continental systems for the assessment of river water quality. In: James, A., Evison, L. (Eds.), *Biological Indicators of Water Quality*, vol. 3. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 1–32.1979
- SOURNIA, A. *Phytoplankton manual*. Unesco, Paris: 337pp. (ed.) 1978.
- SOUZA, M.F.L.; BJORN, K.; KNOPPERS, B.; DE SOUZA, W.F.L. and DAMASCENO, R.N. *Nutrient budgets and trophic state in a hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil*. Estuarine Coastal and Shelf Science, 57(5-6): 843-858, 2003.

- STEIDINGER, K.A; TANGEN, K. *Dinoflagellates*. In: TOMAS, C.R. Identifying Marine phytoplankton. San Diego: Academic Press. 1997.387-589p.
- TAGLIANI, C.R.A. *A mineração na porção média da planície costeira do Rio Grande do Sul; Estratégia para a gestão sob um enfoque de gerenciamento costeiro integrado*. Tese de doutorado. UFRGS: Programa de Pós-Graduação em Geociências. In Asmus, M. E kitzmann, D. (2004 ). *Gestão Costeira no Brasil - Estado Atual e Perspectivas – Versão Preliminar – Programa de Apoio a la Gestión Integrada en la Zona Costera Uruguaya – ECOPLATA*, 2002.
- TAGLIANI, P. R. A. *Guia de estudos da disciplina Manejo de Ecossistemas Costeiros*. FURG. Rio Grande, RS, 2003. Disponível em<[www.furg.br/labgerco](http://www.furg.br/labgerco)>. Acesso em 10 abril. 2011.
- THOMASSON, K. Amazonian algae. Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, 86:1-57.1971
- TOMAZELA, D.P. *Monitoramento espacial e temporal de parâmetros físicos, químicos e biológicos da Bacia Hidrográfica do rio Capivari (norte da ilha de Santa Catarina)*. Monografia em Ciências Biológicas: Universidade Federal de Santa Catarina. 2008. 49p.
- TUNDISI, J.G; TUNDISI, T.M.. *Produção orgânica em ecossistemas aquáticos*. Ciência e Cultura 28: 861–867, 1976.
- TURCQ, B;SIFEDDINE, A; ABSY, M.L.;SOUBIES, F.; SUGUIO, K.; VOLKMER-RIBEIRO, C. *Amazon Forest fires: a lacustrine report of 7.00 years*. Ambio, stockholm, v.27, n2, p.139-142, 1998.
- UTERMOHL, U. *Perfeccionamiento del método cuantitativo del fitoplancton*. Comun. Assoc. Int. Limnol. Teor. Apl., Michigan, 1958. n.9, p. 89.
- VALE, P. *Biotoxinas marinhas*. Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias. 2004. p.03-18.
- VALENTIN, J.L.; COUTINHO, R. *Modelling maximum chlorophyll in the Cabo Frio (Brazil) upwelling: A preliminary approach*. Ecol. Model. 52: 103-113.1990
- VALENTIN, J.L. *Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro, Interciência, 2000.
- VALIELA, I. *Marine ecological processes*. New York, Springer Ver lag .1995
- VAN DER OOST, R.; BEYER,J.;VERMEULEN,N.P.E. *Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review*. Environmental Toxicology and Phamacology, 13:57-149, 2003.
- VAN HEURCK, H. *A treatise on the diatomaceae*. London: Willian Wesley, 1986, 559p.

- VAN LANDINGHAM, S.L. Some physical and generic aspects of fluctuations in non-marine plankton diatom populations. *Bot.Rev.*, 30:437-79.1964
- VASCONCELOS, C.O. *Geoquímica de Carbonatos em Lagoas Hipersalinas*. Niterói, UFF. (Tese de Mestrado), 1985.
- VENRICK, E.L. *Mesoscale patterns of chlorophyll a in the Central North Pacific*. *Deep-Sea Res.*, 37, 1017-1031. 1990
- VOIVODIC, R. *Gestão Ambiental e Gerenciamento Costeiro Integrado no Brasil: uma análise do Projeto Orla em Cabo Frio – RJ*. 181 f. Dissertação de Mestrado. UFRJ: Programa de Pós-Graduação em Geografia. Instituto de Geociências, 2007.
- VOLLENWEIDER, R. A. *A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments*. 2<sup>nd</sup>. ed. IBP Handbook no12, Blackwell Scientific Publications, London, 224p. 1974
- VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1996a. vol. 1, 243 p.
- VON SPERLING, E. *Uso de relações limnológicas para avaliação da qualidade da água em mananciais de abastecimento*. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Anais. 1 CD-ROM. 2000.
- VOSS, K.J.; BALCH, W.M.; KILPATRICK, K.A. *Scattering and attenuation properties of *Emiliana huxleyi* cells and their detached coccoliths*. *Limnol. Oceanogr.* 43:870±876. 1998
- WASHINGTON, H. G. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, 18:653-694, 1984.
- WERNER, D. *The biology of diatoms*. *Bot. Monogr.*, V. 13. University of California Press, Berkeley and New York. vii + 498 p. \$32.50. (ed.). 1977.
- WHITTON, B.A., KELLY, M.G. *Use of algae and other plants for monitoring rivers*. *Australian Journal of Ecology*. v.20, n.1, p45-56, 1995.
- WHITTON, B.A.; KELLY, M.G.; HARDING, J.P.C.; SAY, P.J. *Use of plants to monitor heavy metals in freshwaters*. London: HMSO. 45p, 1991.
- WHO/UNEP (1996) *Urban air pollution in megacities of the World*, World Health Organization/United Nations Environment Programme, Blackwell, Oxford.

- WU, J. T. *A generic index of diatom assemblages as bioindicator of pollution in the Keelung River of Taiwan*. Hydrobiologia, Bucuresti, v.397, n.1, p.79–87, 1999.
- WU, J. T.; KOW, L. T. *Applicability of a generic index for diatom assemblages to monitor pollution in the tropical River Tsanwun, Taiwan*. Journal of Applied Phycology, Dordrecht, v.14, n.1, p.63–69, 2002.