

Caracterização e composição cianobacteriana das esteiras microbianas lisas da lagoa de Araruama, Rio de Janeiro, Brasil

Loreine H. Silva e Silva

Núcleo de Geomicrobiologia (UNIRIO). Avenida Pasteur nº 458, laboratório 409. Urca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 22.290 -240
loreineh@unirio.br

Anderson A. C. Iespa

Programa de Pós Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade do Brasil (UFRJ). 21.949-900. Rio de Janeiro, RJ, Brasil
iespa.bio@uol.com.br

Cynthia M. Damazio

Bolsista do Laboratório de Taxonomia Algal (UNIRIO). Avenida Pasteur nº 458, laboratório 409. Urca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 22.290 -240
acdamazio@uol.com.br

RESUMO

A lagoa de Araruama (22° 50' - 22° 57'S e 42° 00' - 42° 44'W), Estado do Rio de Janeiro, Brasil, está submetida a um clima semi-árido com grande déficit no balanço precipitação-evaporação. O objetivo deste estudo é caracterizar a composição cianobacteriana e os tipos de esteira microbiana lisa encontrados em seu assoalho, bem como sua relação com os parâmetros físicos que promovera sua formação e sua posterior comparação com estruturas similares no registro fóssil. O estudo se baseou em coletas mensais entre os meses de julho a dezembro de 2004 e a análise taxonômica envolveu a confecção de lâminas frescas e permanentes para a observação das características morfológicas clássicas. As espécies *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892 e *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892 foram as principais cianobactérias formadoras da esteira lisa.

Palavras-chave: esteiras microbianas lisas, cianobactérias, lagoa de Araruama, Rio de Janeiro, Brasil.

ABSTRACT

CYANOBACTERIAL CHARACTERIZATION AND COMPOSITION IN THE FLAT MICROBIAL MATS FROM ARARUAMA LAGOON, RIO DE JANEIRO STATE, BRAZIL. The Araruama Lagoon (22° 50' - 22° 57'S and 42° 00' - 42° 44'W), Rio de Janeiro State, Brazil, was influenced by a semi-arid regional climate with a great precipitation and evaporation deficit ratio. The aim of this study was to characterize the cyanobacteria assemblage and the microbial mat type found in the floor of Araruama Lagoon looking for their relations with environmental parameters and future comparisons with similar features in the fossil records. The taxonomic analysis was made with fresh and permanent slides intending to evaluate its morphologic characteristics. The study was based on monthly sampling between July and December of 2004. The species *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892 and *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892 are the main cyanobacteria in the flat mat.

Key words: flat microbial mat, cyanobacteria, Araruama Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil

INTRODUÇÃO

Lagoas costeiras podem ser definidas como depressões contendo água salobra ou salgada, localizadas na borda litorânea. São ecossistemas formados em depressões, abaixo do nível do mar, e dele separados por cordões litorâneos (Weber, 2001).

A hipersalinidade em lagoas pode ter uma origem ligada às mudanças climáticas pretéritas, ao registro de ciclos globais ou ao impacto humano. Lagoas costeiras

hipersalinas existem principalmente em regiões áridas no mundo (Coutinho *et al.*, 1999), sendo sua salinidade responsável pelas mudanças lentas na precipitação e evaporação devido ao seu grande volume de água das lagoas (Turcq, 2000). Em áreas tropicais, podem apresentar variações sazonais de salinidade devido às chuvas (Diegues, 1987). Sua localização marginal faz com que ora sejam locais de acumulação de material proveniente do oceano, ora das águas continentais, bem como de material antigênico, e que atuem

como áreas de acumulação e filtração (Patchineelam e Naidu, 1995). O ressecamento de muitos sistemas lagunares tem induzido a pensar que as lagoas costeiras são feições efêmeras, preenchidas por sedimentos depois de alguns milhares de anos (Lemos, 1996).

A bacia hidrográfica da lagoa de Araruama e seu entorno, em especial na restinga de Massambaba, é ainda formada por lagoas de menor porte, tais como a Vermelha, a Pitanguinha, a Azul e a Pernambuco (Primo e Bizerril,

2002), todas igualmente hipersalinas. São, atualmente, utilizadas para a produção de sal, embora a última delas já esteja submetida também a alterações decorrentes da urbanização (Anjos, 1999).

Este trabalho teve como objetivo a identificação das esteiras microbianas lisas encontradas no assoalho da lagoa de Araruama, bem como a determinação de sua composição cianobacteriana.

ÁREA DE ESTUDO

A lagoa de Araruama é a maior lagoa hipersalina do mundo e situa-se na região dos Lagos, litoral do Estado do Rio de Janeiro, entre as latitudes 22° 50' - 22° 57'S e as longitudes 42° 00' - 42° 44'W (Primo e Bizerril, 2002). Abrange os municípios de Saquarema, Araruama, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio e Arraial do Cabo (Reis, 1992). É considerada uma lagoa relativamente recente, de idade pleistocênica, estando sua origem vinculada à formação das restingas da Massambaba e de Cabo Frio (Primo e Bizerril, 2002).

A circulação de água nesta região é devida à atuação de ventos vindos de Nordeste. As temperaturas na lâmina

de água variam pouco em distribuição vertical, com médias entre 24,4 a 28,4°C. A evaporação média na região é de 1.370 mm anuais e a precipitação de 900 mm, o que caracteriza o clima como semi-árido (Barroso, 1987). Este é ainda quente e com as chuvas concentradas nos meses de verão. Os baixos índices pluviométricos no inverno são resultantes dos processos de ressurgência na região de Cabo Frio (Fonseca, 2002).

A salinidade da lagoa de Araruama varia entre 36 e 50‰ (Reis, 1992). O processo de sua salinização é causado pela evaporação, pela presença de rios de pequeno porte e a baixa troca de água (Primo e Bizerril, 2002).

MATERIAIS E MÉTODOS

O dados para a realização do presente estudo foram obtidos a partir de coletas mensais realizadas em áreas marginais da lagoa de Araruama nos períodos de maré baixa e nas porções entre encobertas pelo movimento da água durante a maré. As coletas foram realizadas entre julho e dezembro de 2004, na borda nordeste da lagoa, em

Porto do Carro, município de Cabo Frio (Figura 1).

Foram retiradas amostras de esteiras microbianas em 10 estações distintas demarcadas por meio de GPS, em cinco quadrantes de 1 m² cada, distando entre si cerca de 500 m, com auxílio de espátula de pedreiro.

As amostras foram selecionadas segundo os seguintes critérios: integridade, coesão, coloração, porosidade e tamanho, levando-se em consideração a espessura dos estratos e sua largura e comprimento, medidas com o paquímetro. Cerca de 200 g de material foi analisado para cada amostra de esteira microbiana. A separação das cianobactérias foi feita em laboratório, utilizando peróxido de hidrogênio de 20 volumes. Para sua fixação em campo, foi adicionada à água da lagoa uma solução aquosa de formol, de modo a obter uma diluição a 4%.

Foram confeccionadas quatro lâminas permanentes e contabilizadas todas as cianobactérias encontradas nas lâminas. A classificação das cianobactérias foi baseada em Prescott (1975), Anagnostidis e Komárek (1988) e Komárek e Anagnostidis (1999).



Figura 1. Lagoa de Araruama e sistemas de lagoas associadas no litoral do Estado do Rio de Janeiro.
Figure 1. Araruama and other associate lagoons in the Rio de Janeiro coastal plain.

ESTEIRAS MICROBIANAS

As esteiras microbianas constituem os mais antigos ecossistemas conhecidos, cobrindo as porções marginais dos continentes desde 3,5 bilhões de anos atrás, quando se espalharam por grande parte da superfície do planeta (Urmeneta e Navarrete, 2000). São estruturas organo-sedimentares laminadas constituídas principalmente por cianobactérias, podendo ocorrer associadas aos corais (Abel *et al.*, 2003). Constituem o primeiro estágio no desenvolvimento dos estromatólitos e conformam o substrato fixo inicial necessário para seu crescimento (Silva e Silva, 2002). Ocorrem normalmente em ambientes extremos, como ambientes marginais marinhos hipersalinos, fontes termais e lagos alcalinos (Demergasso *et al.*, 2003). Podem ocorrer em sistemas estuarinos com forte efeito do hidrodinamismo (Escartin e Aubrey, 1995).

As esteiras microbianas podem ser encontradas sobre areia siliciclástica e/ou substrato com grão siliciclástico fino (Schieber, 1998), onde a presença da sílica torna as esteiras microbianas fortemente estáveis (Draganits e Noffke, 2004). Podem formar estruturas complexas e espessas de acreção, contendo areia fina a grossa aprisionada, ora relativamente homogêneas, ora mais complexas e com estratificação interna. Crescem com pouca exposição à luz na superfície, protegendo a comunidade microbiana complexa aeróbica (Riding, 2000).

A bioturbação e o pastoreio são mínimos ou ausentes, graças aos parâmetros extremos de salinidade, sulfato de hidrogênio tóxico e temperatura e à baixa movimentação da água (Kühl e Fenchel, 2000). Fatores físicos, como luminosidade, temperatura, pressão, densidade, quantidade de água e fluxo de água, e químicos, como pH, nível de oxidação e redução, salinidade, presença de H_2S e NO_3 e compostos orgânicos, têm grande influência sobre o desenvolvimento das esteiras (Stolz, 2000).

As esteiras microbianas são frequentemente usadas como um modelo no estudo da interação microbiana e seus processos bioquímicos. Os resultados daí aferidos têm sido utilizados como hipótese para a

compreensão da função da comunidade microbiana no planeta (Kühl e Fenchel, 2000). As cianobactérias retiram o gás carbônico da molécula de H_2CO_3 presente na água, tornando o pH básico e retiram os íons de cálcio e magnésio em excesso na água, precipitando em troca carbonato de cálcio e calcita magnésiana (Arp *et al.*, 2002). O aumento do pH em um sistema supersaturado de $CaCO_3$ resulta na precipitação deste e em uma litificação laminada. A precipitação do carbonato resulta, ainda, da decomposição da matéria orgânica pelas cianobactérias, liberando Ca^{+2} (Anjos *et al.*, 1999; Paerl *et al.*, 2001).

RESULTADOS

As esteiras microbianas mostraram comprimentos médios de 15,6 cm e larguras médias de 11,4 cm e se estendem por toda a região intertidal. Apresentam uma estrutura laminada convexa simples com fenestras finas, compacta e coesa (Figura 2). São compostas por laminações finas distribuídas em três estratos.

O estrato superficial é argiloso e de cor verde, com espessura média de 6,4 mm. O intermediário é arenoso, de cor cinza clara e com 13,1 mm de espessura.

O mais interno, com 12,7 mm de altura, é mais uma vez argiloso e com cores cinza escuras. Algumas conchas de bivalves e gastrópodes podem ser vistas em seu interior.

As seguintes espécies de cianobactérias foram identificadas nas esteiras microbianas lisas: *Aphanothece halophytica* Hof e Frémy, 1933 (Figura 3), *A. salina* Elenkin e Daniloo, 1915, *Chroococcus membraninus* (Meneghini) Nägeli, 1849, *C. microscopicus* Komárková-Legnerová e Cronberg, 1994, *C. minimus* (Keissler) Lemmermann, 1904, *C. turgidus* Nägeli, 1849, *Kyrtutbrix maculans* (Gomont) Umezati, 1958, *Leptolyngbya tenuis* (Gomont) Anagnostidis e Komárek, 1988, *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892 (Figura 4), *M. tenerimus* Gomont, 1892, *Oscillatoria pseudogeminata* G. Schmid, 1914, *Phormidium acuminatum* Gomont, 1892, *P. acutum* (Bühhl e Bisw.) Anagnostidis e Komárek, 1988, *P. breve* (Gomont) Anagnostidis e Komárek, 1988, *P. hamelii* Frémy, 1930, *P. okenii* (Gomont) Anagnostidis e Komárek, 1988 (Figura 5), *P. terebriforme* (Gomont) Anagnostidis e Komárek, 1988, *P. willei* (Gardner) Anagnostidis e Komárek, 1988 e *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892. *Schizothrix friesii* e *Microcoleus chthonoplastes* são os

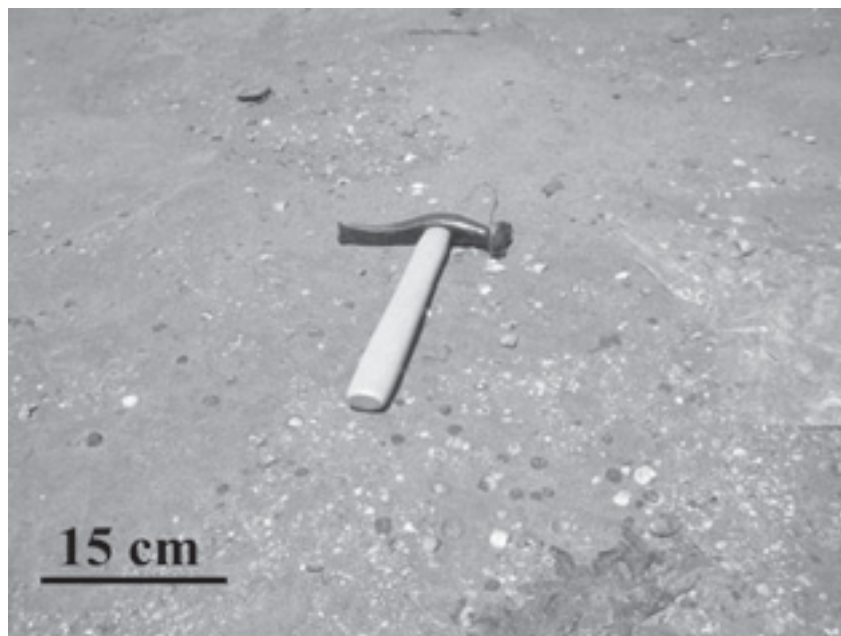
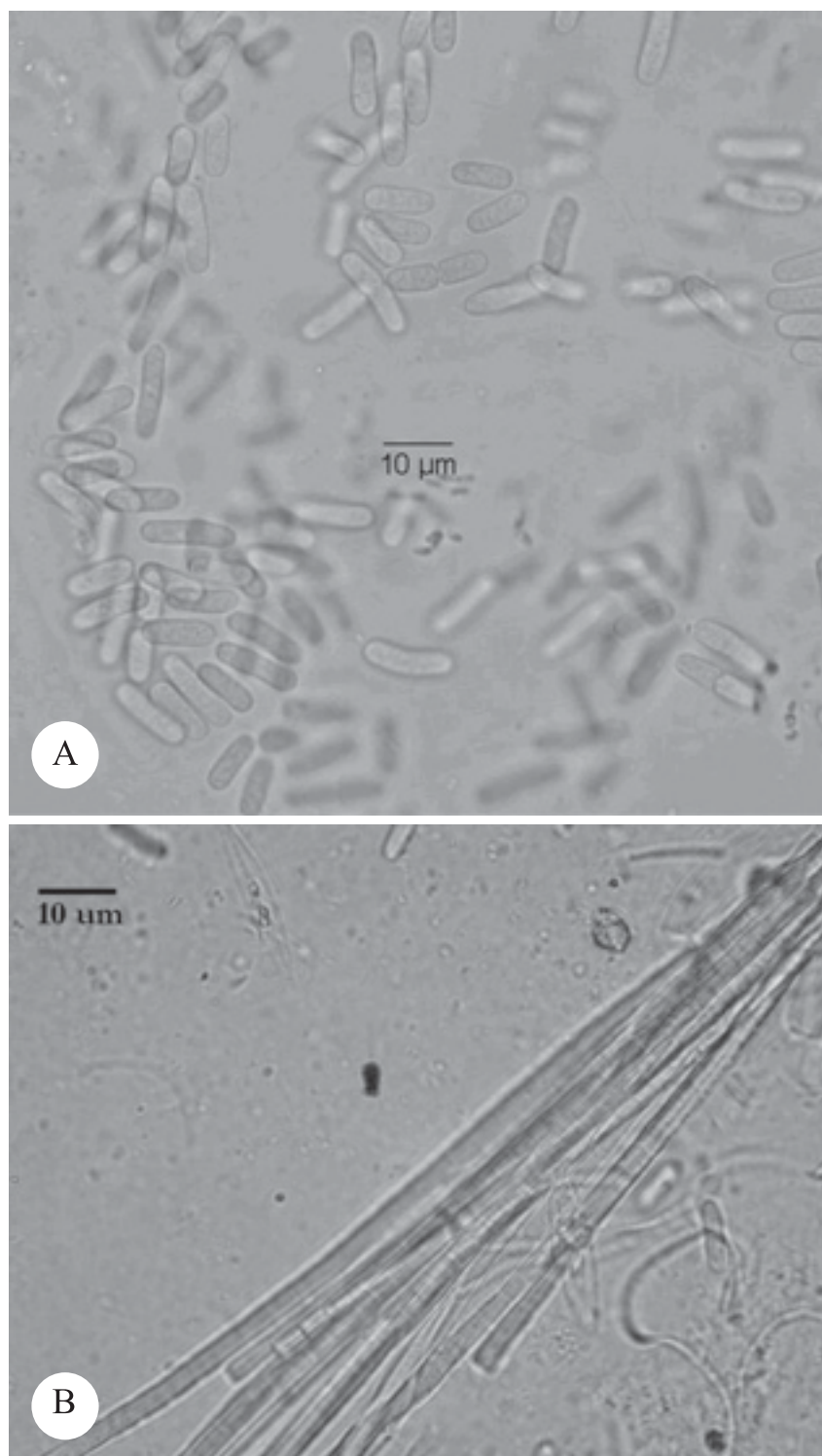


Figura 2. Aspecto superficial das esteiras lisas em zona de maré da lagoa de Araruma.
Figure 2. A flat microbial mat at tide zone of the Araruama Lagoon.



Figura/Figure 3. *Aphanothece halophytica* Hof e Frémy, 1933.

principais componentes das esteiras. Quantitativamente, dominam as formas filamentosas sobre as cocóides.

Entre as 19 espécies de cianobactérias identificadas, predominam as pertencentes

à Família Phormidiaceae Anagnostidis e Komárek, 1988, com 47,37% de representação na assembléia. Seguem-se Chroococcaceae Nägeli, 1849, com 21,06%, Synechococcaceae Komárek e

Anagnostidis, 1995, com 10,53%, Oscillatoriaceae Gomont, 1892 com 5,26%, Schizotricaceae Elenkin, 1934, com 5,26%, Pseudanabaenaceae Anagnostidis e Komárek, 1988, com 5,26% e Nostocaceae Bourelly, 1970, com 5,26%.

Nas esteiras microbianas estratificadas, as formas esféricas, coloniais ou não, são mais freqüentes nas camadas internas, enquanto as filamentosas dominam a região superficial. As cianobactérias arranjam-se de forma peculiar e são responsáveis pela retenção e aprisionamento dos sedimentos.

A composição das esteiras lisas é argilo-arenosa, distinta daquela encontrada nos demais corpos lacustres deste mesmo sistema lagunar, como por exemplo, nas lagoas Pernambuco e Pitanguinha, onde os grãos tamanho areia são dominantes, graças aos sedimentos fluviais que as alimentam.

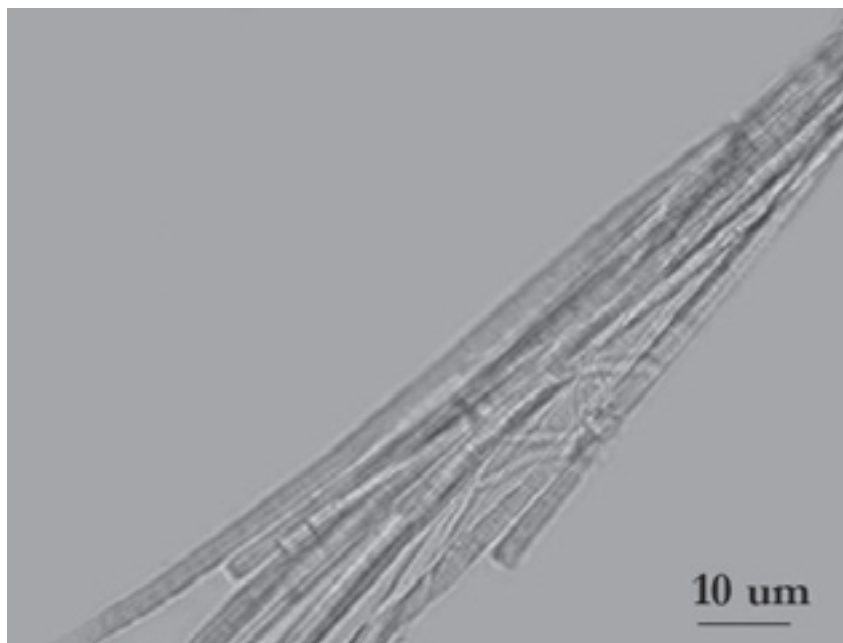
CONCLUSÕES

O estudo das esteiras microbianas formadas nas zonas de maré da lagoa de Araruama, litoral do Estado do Rio de Janeiro, em latitudes tropicais, demonstraram seu controle por fatores ambientais vigentes na região e como resposta ao condicionamento climático de umidade restrita vigente.

A distribuição de formas filamentosas e esféricas ao longo dos estratos das esteiras microbianas sugere que estas bioconstruções são sensíveis às diferenças na intensidade de luz e temperatura. As formas esféricas identificadas nas camadas basais das esteiras são mais adaptáveis a menores intensidades de luz. Em seu crescimento também são importantes a disponibilidade de nutrientes, a salinidade, as temperaturas elevadas, a luminosidade e o pH alcalino.

Esses fatores favorecem o fenômeno de fotossíntese e promovem a precipitação do carbonato de cálcio.

Conforme observado nas lagoas anteriormente estudadas, Pernambuco e Pitanguinha, cujos parâmetros físico-químicos são semelhantes, a presença de esteiras microbianas pode estar relacionada à origem dos depósitos estromatolíticos aí observados, cuja compreensão da gênese



Figura/Figure 4. *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892.



Figura/Figure 5. *Phormidium okenii* (Gomont) Anagnostidis e Komárek, 1988.

são importantes para as reconstituições paleoambientais e do registro fóssil.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela FAPERJ (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro), por meio do IVP (Instituto Virtual de Paleontologia), e pela UNIRIO (Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro), que concedeu o auxílio financeiro para os estudos de campo.

REFERÊNCIAS

- ABEL, R.M.M.; GOLUBIC, S.; GARCIA-PICHEL, F.; CAMOIN, G.F. e SPRACHTA, S. 2003. Characterization of microbialite-forming cyanobacteria in a tropical lagoon: Tikehau Atoll, Tuamotu, French Polynesia. *Journal of Phycology*, **39**:862-873.
- ANAGNOSTIDIS, K. e KOMÁREK, J. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3 - Oscillatoriales. *Algological Studies*, **50-53**:327-472.
- ANJOS, A.P.A. 1999. *Caracterização da sedimentação atual de lagoas costeiras do litoral do Estado do Rio de Janeiro para fins de calibração de acordo com as variações paleoambientais e paleoclimáticas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense - UFF, 133 p.
- ANJOS, A.P.A.; SIFEDDINE, A.; ALBUQUERQUE, A.L.S.; PEREZ, M.A.P.; CORDEIRO, R.C.; TURCQ, B.; MARTIN, L. e ABRÃO, J.J. 1999. Caracterização da sedimentação atual de lagoas costeiras situadas na "Região dos Lagos" Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO QUATERNÁRIO, 7, Porto Seguro, 1999. *Resumos*, p. 3.
- ARP, G.; REIMER, A. e REITNER, J. 2002. Calcification of Cyanobacterial Filaments: *Girvanella* and the origin of Lower Paleozoic Lime Mud: Comment and Reply. *Geology*, **30**(6):579-580.
- BARROSO, L.V. 1987. *Diagnóstico ambiental da Lagoa de Araruama - RJ*. Rio de Janeiro, Fundação Brasileira de Conservação da Natureza, Boletim 2, p. 30-65.
- COUTINHO, R.; RIBEIRO, P.; KJERFVE, B.; KNOPPERS, B.; MUEHE, D. e VALENTIN, J. L. 1999. Araruama, uma lagoa ameaçada. *Ciência Hoje*, **25**(149):24-31.
- DEMERGASSO, C.; CHONG, G.; GALLE-GUILLOS, P.; ESCUDERO, L.; ALONSO, M.M. e ESTEVE, I. 2003. Tapetes microbianos Del Salar de Llamará, norte do Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, **76**:485-499.
- DIEGUES, A.C. 1987. *Conservação e desenvolvimento sustentado de ecossistemas litorâneos no Brasil*. Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo, São Paulo, p. 196-222.
- DRAGANITS, E. e NOFFKE, N., 2004. Siliclastic stromatolites and other microbially induced sedimentary structures in an early Devonian barrier-island environment (mud formation, new Himalayas). *Journal of Sedimentary Research*, **74**(2):191-202.
- ESCARTIN, J. e AUBREY, D.G. 1995. Flow structure and dispersion within algal mats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **46**:451-472.
- FONSECA, M.C. 2002. *Avaliação de índice de risco ecológico potencial para a contaminação por metais pesados. Caso das lagoas do leste fluminense*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense - UFF, 116 p.
- KOMÁREK, J. e ANAGNOSTIDIS, K., 1999. *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 19/1: Cyanophyta 1. Teil: Chroococcales*. Stuttgart, Gustav Fischer. 548 p.
- KÜHL, M. e FENCHEL, T. 2000. Bio-optical characteristics and the vertical distribution of photosynthetic pigments and photosynthesis in an artificial cyanobacterial mat. *Microbial Ecology*, **40**:94-103.
- LEMOS, R.M.T. 1996. *Estudo das fácies deposicionais e das estruturas estromatolíticas da Lagoa Salgada, Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense - UFF, 126 p.
- PAERL, H.W.; STEPPE, T.F. e REID, R.P. 2001. Bacterially mediated precipitation in marine stromatolites. *Environmental Microbiology*, **3**(2):123-130.
- PATCHINEELAM, S.R. e NAIDU, A.S. 1995. Estudos bioquímicos numa lagoa costeira: uma interpretação ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 5/ CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 3, UFFI, Niterói, 1995. *Resumos*, p. 245-253.
- PRESCOTT, G.W. 1975. *Algae of the western great lakes area*. Iowa, W.M.C. Brown Company, 977 p.

- PRIMO, P.B.S. e BIZERRIL, C.R.S. F. 2002. *Lagoa de Araruama. Perfil ambiental do maior ecossistema lagunar hipersalino do mundo*. Rio de Janeiro, SEMADS. p. 33-35.
- REIS, R.P. 1992. Variação morfológicas das Chlorophyta da Lagoa de Araruama, Rio de Janeiro. *Rodriguésia*, **44**:25-37.
- RIDING, R. 2000. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms. *Sedimentology*, **47**(1):79-214.
- SCHIEBER, J. 1998. Possible indicators of microbial mat deposits in shales and sandstones: examples from the Mid-Proterozoic Belt Supergroup, Montana, USA. *Sedimentary Geology*, **120**:105-124.
- SILVA E SILVA, L.H., 2002. *Contribuição ao conhecimento da composição microbiana e química das estruturas estromatolíticas da Lagoa Salgada, Quaternário do Rio de Janeiro, Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. 176 p.
- STOLZ, J.F. 2000. Structure of microbial mats and biofilms. In: R.E. RIDING e S.M. AWRAMIK (eds), *Microbial Sediments*. Heidelberg, Springer-Verlag. p.1-8.
- TURCQ, P.F.M. 2000. Impact low salinity year on the metabolism of a hypersaline coastal lagoon (Brazil). *Hidrobiologia*, **429**:133-140.
- URMENETA, J. e NAVARRETE, A. 2000. Mineralogical composition and biomass studies of the microbial mats sediments from the Ebro Delta, Spain. *International Microbiology*, **3**:97-101.
- WEBER, W. 2001. *Ambiente das águas no Estado do Rio de Janeiro*. SEMADS, Rio de Janeiro, p. 90-91.

Submetido em 15/05/2005
Aceito em 31/05/2006