Revista universidade guarulhos - Geociências, X (6): 5-10, dezembro de 2005

LAMINITOS MICROBIANOS E CIANOBACTÉRIAS NA LAGOA PERNAMBUCO, NEÓGENO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL

MICROBIAN LAMINITE AND CYANOBACTERIAS FROM THE PERNAMBUCO LAGOON, NEOGENE OF THE RIO DE JANEIRO, BRAZIL

Anderson Andrade Cavalcanti IESPA[1]; Loreine Hermida da Silva e SILVA[2]

Resumo: A Lagoa Pernambuco está localizada entre 22°55'31" a 22°56'02"S e 42°20'21" a 42°17'26" W de Greenwich, no nordeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Sua formação está relacionada à última transgressão ocorrida durante o Holoceno. Está submetida a um clima semi-árido com grande déficit no balanço precipitação-evaporação. O objetivo deste estudo é caracterizar a composição cianobacteriana e tipificar os laminitos microbianos encontrados no assoalho da Lagoa Pernambuco. Os laminitos microbianos encontrados são do tipo liso, pustular, poligonal, coloforme e filme. *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892 e *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892, cianobactérias filamentosas, apresentaram-se dominantes no poligonal. *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892 e *Microcoleus tenerrimus* Gomont, 1892 apareceram em maior quantidade e formando o coloforme. As espécies *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892 e *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont, 1892 foram as principais cianobactérias formadoras do liso. Os laminitos microbianos pustulares são compostos principalmente por *Chroococcus minutus* Keissler, 1901 e *Phormidium okenii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988 e os laminitos microbianos em filme são compostos predominantemente por *Entophysalis granulosa* Kutzing, 1843 e *Chroococcus turgidus* Nägeli, 1849.

Palavras-chave: Laminitos Microbianos; Cianobactérias; Lagoa Pernambuco; Neógeno.

Abstract: The Pernambuco Lagoon is located between 22°55'31" to 22°56'02" S and 42°20'21" to 42°17'26" W of Greenwich, in the northeastern part of Rio de Janeiro State, Brazil. Its formation is related to the last Holocene transgression. The semi-arid climate presents a great precipitation and evaporation deficit ratio. The aim of this study was to characterize the cyanobacteria assemblage and laminite types found in the floor of Pernambuco Lagoon. The laminites are flat, pustuled, polygonal, coloform and film. The filamentous cyanobacteria of *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892 and *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892 are dominant in the polygonal laminite. *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892 and *Microcoleus tenerrimus* Gomont, 1892 are abundant and form the coloform laminite. The species *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892 and *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont, 1892 are the main cyanobacteria in the flat laminite. The pustuled laminites are composed mainly of *Chroococcus minutus* Keissler, 1901 and *Phormidium okenii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988, and the film laminites of *Entophysalis granulosa* Kützing, 1843 and *Chroococcus turgidus* Nägeli, 1849.

Keywords: Laminites; Cyanobacteria; Pernambuco Lagoon; Neogene.

INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras são corpos aquáticos ligados ao mar por barras que permanecem fechadas temporariamente (Azevedo, 1984). Em regiões áridas do mundo é comum a existência de lagoas costeiras hipersalinas (Coutinho *et al.,* 1999).

A ocorrência de hipersalinidade nas lagoas costeiras pode ter sido originada por mudanças climáticas, registros de ciclos globais e impactos humanos (Turcq, 2000). A água do mar pode penetrar na lagoa por uma ou mais passagens, por percolação, através da restinga (Silva e Silva, 2002).

O propósito deste estudo foi caracterizar a composição cianobacteriana e tipificar os laminitos microbianos encontrados no assoalho da Lagoa Pernambuco.

AMBIENTE DEPOSICIONAL

A Lagoa Pernambuco (Figura 1) é um corpo aquático costeiro, situado a leste da cidade de Araruama e a oeste da

1- Programa de Pós-Graduação em Geologia. Instituto de Geociências, Universidade do Brasil (UFRJ). E-mail: iespa.bio@uol.com.br.
2- Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Escola de Ciências Biológicas. Núcleo de Geomicrobiologia. Avenida Pasteur no 458, laboratório 409. Urca, Rio de Janeiro, Brasil. CEP-22.290 -240. Tel: (21) 2244-5573 ramal 29. Fax: (21) 22445547. E-mail: loreineh@unirio.br.

cidade de Cabo Frio, cerca de 100 km da cidade do Rio de Janeiro, no litoral nordeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Localiza-se entre as latitudes 22°55'31" e 22° 52'02" S e as longitudes 42°20'21" e 42°17'26" W de Greenwich, fazendo parte do sistema lagunar de Araruama (Iespa *et al.,* 2004).

FIGURA 1: Vista parcial da Lagoa Pernambuco.
FIGURE 1: Partial view of Pernambuco Lagoon.

Esta lagoa tem formato alongado, sendo constituída por uma série de pequenos bolsões separados por pontas. Possui largura máxima de 0,75 km e 5,0 km de comprimento e caracteriza-se pela ausência de bacia hidrográfica (Andrade & Silva e Silva, 2001). Verifica-se à leste um canal que a conecta com a Lagoa de Araruama, com cerca de 300 m de comprimento, com saída na Praia dos Nobres (Primo & Bizerril, 2002).

O clima local apresenta temperatura média que varia de 19°C a 31°C, a pluviosidade média anual da região é de 900 mm e a evaporação média anual é de 1370 mm (Primo & Bizerril, 2002). A região é caracterizada por evaporação maior que a precipitação, o que a torna excelente para extração de sal e para atividades turísticas (Barroso, 1987).

Os ventos nordeste predominam no decorrer do ano incidindo com velocidade média de 6m/s no período de primavera/verão (Santelli, 1988). Na restinga de Massambaba, entorno da bacia hidrográfica da Lagoa de Araruama, são encontradas as lagoas Vermelha, Pitanguinha, Pernambuco e Azul (Primo & Bizerril, 2002).

GEOLOGIA DA ÁREA

A geologia da bacia de drenagem da lagoa é composta por gnaisse e migmatito pré-cambriano, contudo os sedimentos são do Neógeno (Patchineelam & Rebello, 1984).

Os sedimentos que ocorrem na lagoa são aragonita, dolomita, quartzo, calcita magnesiana, caolinita e sílica amorfa (Anjos, 1999). Na área verifica-se a presença de bioclastos formados principalmente por moluscos (Andrade & Silva e Silva, 2001).

Essas pequenas lagoas iniciaram sua formação entre 7000 a 5000 anos A.P.. As lagoas maiores, localizadas entre a barreira interna e o continente, desenvolveram-se durante o Pleistoceno e foram novamente submersas durante a transgressão do Holoceno, que por sua vez deu origem ao sistema lagunar e de barreira externa (Turcq *et al.,* 1999). Durante o estágio final do último episódio de transgressão holocênica iniciada há 7000 anos A.P., formou-se a parte externa da "restinga interna" com pequenas lagoas e brejos (Anjos, 1999). Este sistema lagunar é representado pelas lagoas Pernambuco, Vermelha, Pitanguinha e Brejo do Espinho que se localizam ao longo de uma estreita planície entre duas barreiras arenosas (Turcq *et al.*, 1999).

Ocorre a formação de solos salinos e solos podzol-hidromórficos caracterizados por um horizonte sub-superficial de acumulação de matéria orgânica e ferro, devido à precipitação pluvial e ao aumento de pH paralelamente à elevação da condutividade elétrica nas camadas mais profundas, próximo à margem da lagoa (Barroso, 1987).

LAMINITOS MICROBIANOS

Os estromatólitos são formações rochosas macroscópicas originadas de comunidades microbianas e historicamente consideradas como resto fóssil de atividade microbiológica (Ignaccolo *et al.,* 2004).

Podem ser definidos como estruturas biossedimentares litificadas crescendo pelo acréscimo de lâminas de sedimentos aprisionados pela precipitação de carbonato como resultado da atividade de microbiana (Altermann & Kazmierezak, 2003).

O laminito microbiano é a primeira etapa do desenvolvimento de estromatólitos e o primeiro substrato fixo necessário para o crescimento estromatolítico (Silva e Silva, 2002). Sofrem a ação de fatores físicos como luminosidade, temperatura, pressão, densidade, quantidade de água, fluxo de água e de fatores químicos como pH, alcalização, oxidação, redução, salinidade, concentração de O_2, H_2S e NO_3 e de compostos orgânicos (Stolz, 2000). Contêm lâminas litificadas de carbonato de microcristalino (Visscher *et al*., 2000).

Os laminitos microbianos podem apresentar lâminas verde-claras e lâminas escuras. As escuras são compostas de matéria orgânica, as verde-claras concentram grande quantidade de cianobactérias filamentosas e lâminas calcárias apresentam-se rica em calcita magnesiana, calcita e aragonita. No interior dos laminitos são encontrados microgastrópodes, ostracodes e palinomorfos. São gelatinosos e compostos de uma sucessão de camadas muito finas (Srivastava & Almeida, 2000).

Os principais constituintes dos laminitos microbianos são as cianobactérias, as diatomáceas e as bactérias (Kühl *et al*., 2003). Entre elas podem ocorrer bactérias incolores, bactérias roxas e bactérias redutoras de sulfato (Silva e Silva, 2002), que crescem na superfície das lâminas protegendo a comunidade microbiana complexa aeróbica (Kühl *et al*., 2003). O seu crescimento está diretamente ligado à presença de cianobactérias filamentosas que aprisionam e unem os sedimentos (Noffke *et al*., 2001). As cianobactérias retiram o CO_2 da molécula de H_2CO_3 presente na água. Com isso o pH se torna básico, com excesso de íons de cálcio e magnésio na água; as cianobactérias retiram esses íons precipitam a calcita e a calcita magnesiana (Arp *et al.,* 2002).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo na área baseou-se em coletas mensais realizadas na região marginal da lagoa, nas porções de inframaré,

intermarés e supramaré, no período de março de 2004 até dezembro de 2004. Foram retiradas amostras de sedimento em cinco quadrantes de 1 m^2, com auxílio de espátula de pedreiro, distanciados em 500 m em 10 estações distintas no entorno da lagoa. A amostragem deu-se durante a maré baixa, na zona de inframaré até a de supramaré, onde estão dispostos os diferentes laminitos microbianos. Para cada tipo de laminito microbiano identificado no campo foram retirados pelo menos cinco exemplares. Os laminitos microbianos foram selecionados segundo os seguintes critérios: integridade da amostra, coesão, coloração, porosidade e tamanho, levando-se em consideração espessura dos estratos, largura e comprimento, dados obtidos usando paquímetro. O material dos laminitos microbianos amostrado incluiu, em média, 200g por amostra.

O isolamento das cianobactérias do sedimento foi efetuado em laboratório utilizando líquido de Perenyi. As cianobactérias foram tratadas com solução neutra de formol a 4%, tamponadas com bórax e mantidas na ausência de luz. A análise taxonômica envolveu a confecção de lâminas permanentes, semipermanentes e a fresco, com realização de medidas em microscópio, observando-se as características morfológicas, além de serem confeccionados desenhos com câmara clara. Para cada espécime foram realizadas 10 mensurações, sendo averiguado o diâmetro dos filamentos, diâmetro das colônias, diâmetro dos tricomas, espessura das bainhas, comprimento e largura das células, obtendo-se os valores médios, mínimos e máximos.

RESULTADOS

Os laminitos microbianos liso, poligonal e coloforme apresentaram três estratos principais sendo o primeiro o superficial de coloração verde, o segundo o intermediário vermelho e o terceiro o mais profundo marrom. Abaixo do estrato marrom ocorreu uma camada de conchas de bivalves e microgastrópodes (coquina). No interior desses laminitos microbianos foi comum encontrar conchas de moluscos e ostracodes.

Os laminitos microbianos apresentaram matéria orgânica no seu interior, grãos de quartzo subangulosos e subarredondados com tamanho de areia fina a média (0,125 a 0,5 mm) e diversos estratos brancos e finos de carbonato de cálcio.

Laminito poligonal aparece situado nas regiões de infra, supra e intermarés, com estrutura compacta, porosa, em formato de um polígono plano delimitado e ao redor do mesmo ocorrendo fissuras e gretas de contração (Figura 2). O comprimento médio do laminito foi de 21,7 cm e largura média de 14,1 cm, o estrato verde com espessura de 5,7 mm, o vermelho com 6,3 mm e o marrom com 10,2 mm.

O laminito liso, disposto nas regiões de inframaré e intermarés, apresenta estrutura laminada convexa simples com fenestras finas (Figura 3), com uma estrutura compacta, coesa, composta de finas laminações distribuídas em três estratos. O comprimento médio do laminito foi de 15,6 cm e largura média de 11,4 cm, o estrato verde com espessura de 5,5 mm, o vermelho com 7,1 mm e o marrom com 6,8 mm.

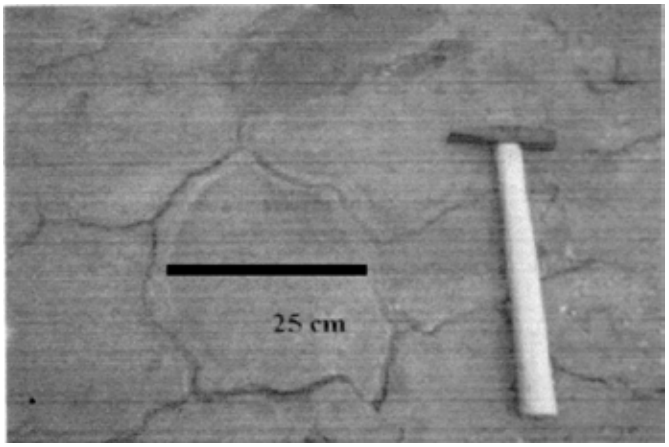

FIGURA 2: Vista parcial da esteira microbiana poligonal.
FIGURE 2: Partial view of polygonal microbial mat.

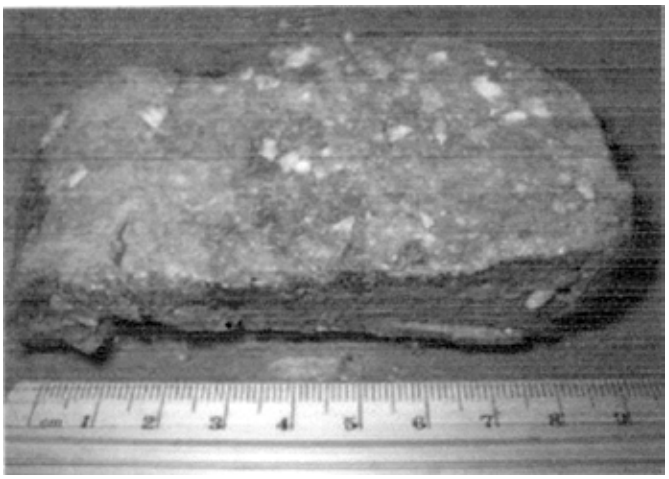

FIGURA 3: Esteira lisa.
FIGURE 3: Flat mat.

Laminito coloforme, arranjado na região de inframaré, tem um formato oval arredondado com fenestras, cavidades, fissuras e superfície crespa. O comprimento médio do laminito foi de 4,3 cm e largura média de 3,3 cm, o estrato verde com espessura de 4,1 mm, o vermelho com 3,7 mm e o marrom com 19,8 mm.

O laminito em filme, distribuído nas regiões de intermarés, tem forma de lâmina plana, coesa, porosa e apresenta um círculo criptocristalino sobre a crosta litificada. Seu interior é composto de conchas de bivalves, microgastropodes, ostracodes e grãos de quartzo subangulosos e subarredondados de tamanho de areia fina a média (0,125 a 0,5 mm). O comprimento médio do laminito foi de 8,2 cm e largura média de 6,3 cm, o estrato verde com espessura de 3,3 mm, o violáceo com 2,6 mm e o marrom com 2,2 mm.

O laminito pustular, posicionado na região de intermarés, apresenta formato de pústula, consistência gelatinosa, pouco consolidado, sem laminações, estrutura fenestrada irregular e com coloração verde oliva. O comprimento médio do laminito foi de 2,2 cm e largura média de 1,7 cm. Os laminitos coloforme e pustular podem estar sobrepostos aos laminitos lisos e poligonais.

Foram constatadas 51 espécies de cianobactérias nos laminitos microbianos lisos: *Aphanocapsa littoralis* (Hansgirg) Komárek & Anagnostidis, 1995; *Aphanothece castagnei* (Brébisson) Rabenhorst, 1865; *A. clathrata* West & West, 1906; *A. conglomerata* Rich ,1932; *A. halophytica* Hof & Frémy, 1933; *A. marina* (Ercegovíc) Komárek & Anagnostidis, 1995; *A. pallida* (Kützing) Rabenhorst, 1863; *A. salina* Elenkin & Daniloo, 1915; *A. saxicola* Nägeli, 1849; *A. stagnina* (Sprengel) A. Braum, 1865; *Calothrix scopulorum* (Weber & Mohr) Agardh, 1824; *Chroococcus dispersus* (Keissler) Lemmermann, 1904; *C. giganteus* W. West, 1892; *C. membraninus* (Meneghini) Nägeli, 1849; *C. microscopicus* Komarkova-Legnerova & Cronberg, 1994; *C. minimus* (Keissler) Lemmermann, 1904; *C. minor* Nägeli, 1849; *C. minutus* Keissler, 1901; *C. obliteratus* Richter, 1886; *C. quaternarius* Zalessky, 1926; *C. turgidus* Nägeli, 1849; *Cyanosarcina thalassia* Anagnostidis & Pantazidoa, 1991; *Entophysalis granulosa* Kutzing, 1843; *Gomphosphaeria aponina* Kutzing, 1836; *Gloeothece confluens* Nägeli, 1849; *G. linearis* Nägeli, 1849; *Kyrtuthrix maculans* (Gomont) Umezati, 1958; *Leptolyngbya komarovii* (Anissimava) Anagnostidis & Komárek, 1988; *L. tenuis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont, 1892; *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892; *M. tenerrimus* Gomont, 1892; *M. vaginatus* (Vaucher) Gomont, 1892; *Oscillatoria limnetica* Lemmermann, 1900; *O. subbrevis* Schmidle, 1901; *Planktolyngbya subtilis* (W. West) Anagnostidis & Komárek, 1988; *Phormidium acutum* (Bhühl & Bisw.) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. acuminatum* Gomont, 1892; *P. breve* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. hamelii* Frémy, 1930; *P. hormoides* Setchell & Gardner, 1918; *P. okenii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. terebriforme* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. willei* (Gardner) Anagnostidis & Komárek, 1988; *Planktothrix rubescens* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892; *S. arenaria* (Berkeley) Gomont, 1892; *Spirulina subsalsa* Oersted, 1842; *S. subtilissima* Kutzing, 1843; *Synechococcus elongatus* Nägeli, 1849 e *S. salinarum* Komárek, 1956.

Nos laminitos microbianos poligonais foram averiguados 48 espécies de cianobactérias: *Aphanothece castagnei* (Brébisson) Rabenhorst, 1865; *A. clathrata* West & West, 1906; *A. halophytica* Hof & Frémy, 1933; *A. marina* (Ercegovíc) Komárek & Anagnostidis, 1995; *A. salina* Elenkin & Daniloo, 1915; *A. saxicola* Nägeli, 1849; *A. stagnina* (Sprengel) A. Braum, 1865; *Chroococcus dispersus* (Keissler) Lemmermann, 1904; *C. giganteus* W. West, 1892; *C. membraninus* (Meneghini) Nägeli, 1849; *C. microscopicus* Komarkova-Legnerova & Cronberg, 1994; *C. minimus* (Keissler) Lemmermann, 1904; *C. minor* Nägeli, 1849; *C. minutus* Keissler, 1901; *C. obliteratus* Richter, 1886; *C. quaternarius* Zalessky, 1926; *C. turgidus* Nägeli, 1849; *Cyanosarcina thalassia* Anagnostidis & Pantazidoa, 1991; *Entophysalis granulosa.*

Kutzing, 1843; *Gomphosphaeria aponina* Kutzing, 1836; *Gloeothece confluens* Nägeli, 1849; *G. linearis* Nägeli, 1849; *Joanesbaptistia pellucida* (Dickie) Taylor & Drouet, 1938; *Kyrtuthrix maculans* (Gomont) Umezati, 1958; *Leptolyngbya komarovii* (Anissimava) Anagnostidis & Komárek, 1988; *L. tenuis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont, 1892; *L. fragilis* (Meneghini) Compère, 1974; *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892; *M. tenerrimus* Gomont, 1892; *M. vaginatus* (Vaucher) Gomont, 1892; *Oscillatoria limnetica* Lemmermann, 1900; *O. subbrevis* Schmidle, 1901; *Phormidium acutum* (Bhühl & Bisw.) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. acuminatum* Gomont, 1892; *P. breve* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. formosum* Gomont, 1892; *P. hamelii* Frémy, 1930; *P. hypolimneticum* Campbell, 1985; *P. hormoides* Setchell & Gardner, 1918; *P. minesotense* (Tilden) Drouet, 1942; *P. okenii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. terebriforme* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. willei* (Gardner) Anagnostidis & Komárek, 1988; *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892; *S. arenaria* (Berkeley) Gomont, 1892; *Spirulina subtilissima* Kutzing, 1843 e *Synechococcus elongatus* Nägeli, 1849.

Os laminitos microbianos coloformes permitiram a verificação de 38 espécies de cianobactérias: *Aphanothece conglomerata* Rich, 1932; *A. halophytica* Hof & Frémy, 1933; *A. marina* (Ercegovíc) Komárek & Anagnostidis, 1995; *A. pallida* (Kützing) Rabenhorst, 1863; *A. salina* Elenkin & Daniloo, 1915; *A. saxicola* Nägeli, 1849; *Chroococcus dispersus* (Keissler) Lemmermann, 1904; *C. membraninus* (Meneghini) Nägeli, 1849; *C. microscopicus* Komarkova-Legnerova & Cronberg, 1994; *C. minimus* (Keissler) Lemmermann, 1904; *C. minor* Nägeli, 1849; *C. minutus* Keissler, 1901; *C. obliteratus* Richter, 1886; *C. quaternarius* Zalessky, 1926; *C. turgidus* Nägeli, 1849; *Cyanosarcina thalassia* Anagnostidis & Pantazidoa, 1991; *Entophysalis granulosa* Kutzing, 1843; *Gomphosphaeria aponina* Kutzing, 1836; *Gloeothece confluens* Nägeli, 1849; *G. linearis* Nägeli, 1849; *Joanesbaptistia pellucida* (Dickie) Taylor & Drouet, 1938; *Leptolyngbya komarovii* (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988; *L. tenuis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont, 1892; *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892; *M. tenerrimus* Gomont, 1892; *M. vaginatus* (Vaucher) Gomont, 1892; *Oscillatoria limnetica* Lemmermann, 1900; *Phormidium acutum* (Bhühl & Bisw.) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. acuminatum* Gomont, 1892; *P. hamelii* Frémy, 1930; *P. hypolimneticum* Campbell, 1985; *P. hormoides* Setchell & Gardner, 1918; *P. okenii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. willei* (Gardner) Anagnostidis & Komárek, 1988; *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892; *S. arenaria* (Berkeley) Gomont, 1892 e *Synechococcus elongatus* Nägeli, 1849.

Foram identificadas 28 espécies de cianobactérias nos laminitos microbianos em filme: *Aphanothece halophytica* Hof & Frémy, 1933; *A. marina* (Ercegovíc) Komárek & Anagnostidis, 1995; *A. salina* Elenkin & Daniloo, 1915; *A. stagnina* (Sprengel) A. Braum, 1865; *Chroococcus dispersus* (Keissler) Lemmermann, 1904; *C. membraninus* (Meneghini) Nägeli, 1849; *C. microscopicus* Komarkova-Legnerova & Cronberg, 1994; *C. minimus* (Keissler) Lemmermann, 1904; *C. minor* Nägeli, 1849; *C. minutus* Keissler, 1901; *C. turgidus* Nägeli, 1849; *Cyanosarcina thalassia* Anagnostidis & Pantazidoa, 1991; *Entophysalis granulosa* Kutzing, 1843; *Gloeothece linearis* Nägeli, 1849; *Kyrtuthrix maculans* (Gomont) Umezati, 1958; *Leptolyngbya tenuis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont, 1892; *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892; *M. vaginatus* (Vaucher) Gomont, 1892; *P. acuminatum* Gomont, 1892; *P. hamelii* Frémy, 1930; *P. hormoides* Setchell & Gardner, 1918; *P. okenii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. willei* (Gardner) Anagnostidis & Komárek, 1988; *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892; *S. arenaria* (Berkeley) Gomont, 1892; *Spirulina subtilissima* Kutzing, 1843 e *Synechococcus elongatus* Nägeli, 1849.

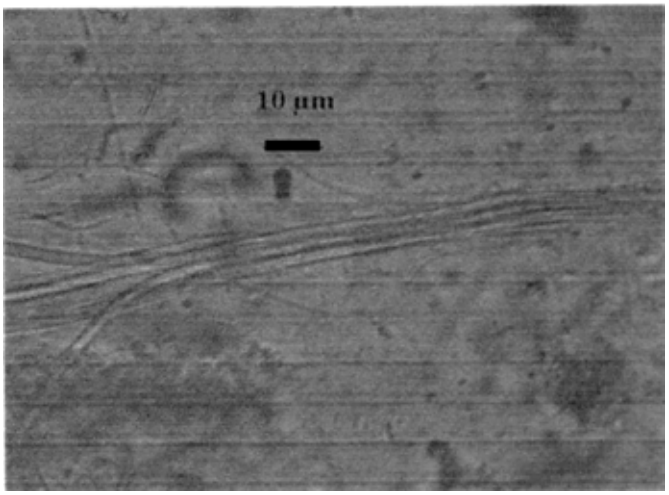

FIGURA 4: ***Microcoleus chthonoplastes*** *(Thuret) Gomont, 1892.*
FIGURE 4: ***Microcoleus chthonoplastes*** *(Thuret) Gomont, 1892.*

Os laminitos microbianos pustulares revelaram 17 espécies de cianobactérias: *Aphanothece castagnei* (Brébisson) Rabenhorst, 1865; *A. halophytica* Hof & Frémy, 1933; *A. marina* (Ercegovíc) Komárek & Anagnostidis, 1995; *A. pallida* (Kützing) Rabenhorst, 1863; *A. saxicola* Nägeli, 1849; *Chroococcus membraninus* (Meneghini) Nägeli, 1849; *C. minor* Nägeli, 1849; *C. turgidus* Nägeli, 1849; *Cyanosarcina thalassia* Anagnostidis & Pantazidoa, 1991; *Entophysalis granulosa* Kutzing, 1843; *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892; *Phormidium acutum* (Bhühl & Bisw.) Anagnostidis & Komárek, 1988; *P. hypolimneticum* Campbell, 1985; *P. willei* (Gardner) Anagnostidis & Komárek, 1988; *Oscillatoria subbrevis* Schmidle, 1901; *Schizothrix friesii* Gomont, 1892 e *Spirulina subtilissima* Kutzing, 1843.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Nos laminitos microbianos lisos foram encontrados 51 espécies de cianobactérias sendo a Família Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek (1988) a mais freqüente respondendo por 27,46%. As demais famílias observadas apresentaram os seguintes percentuais: Synechococcaceae Komárek & Anagnostidis (1995) com 25,49%; Chroococcaceae Nägeli (1849) com 21,57%; Oscillatoriaceae Gomont (1892) com 5,88%; Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek (1988) com 5,88%; Merismopediaceae Elenkin (1933) com 3,92%; Nostocaceae Bourrelly (1970) com 3,92%; Schizothricaceae Elenkin (1934) com 3,92%; Entophysalidaceae Geitler (1925) com 1,96%.

O laminito microbiano poligonal apresentou 48 espécies de cianobactérias sendo que a Família Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek, 1988 foi a mais freqüente respondendo por 31,25%. As demais famílias observadas apresentaram os seguintes percentuais: Chroococcaceae Nägeli, 1849 com 22,92%; Synechococcaceae Komárek & Anagnostidis, 1995 com 22,92%; Oscillatoriaceae Gomont, 1892 com 8,33%; Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek, 1988 com 4,17%; Schizothricaceae Elenkin, 1934 com 4,17%; Entophysalidaceae Geitler, 1925 com 2,08%; Merismopediaceae Elenkin, 1933 com 2,08%; Nostocaceae Bourrelly, 1970 com 2,08 %.

Foram verificadas no laminito microbiano coloforme 38 espécies de cianobactérias, sendo as famílias Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek, 1988, Synechococcaceae Komárek & Anagnostidis, 1995 e Chroococcaceae Nägeli, 1849 foram as mais freqüentes respondendo por 26,32% cada. As demais famílias observadas apresentaram os seguintes percentuais: Oscillatoriaceae Gomont, 1892 com 5,26%; Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek, 1988 com 5,26%; Schizothricaceae Elenkin, 1934 com 5,26%; Entophysalidaceae Geitler, 1925 com 2,63%; Merismopediaceae Elenkin, 1933 com 2,63%.

No laminito microbiano em filme foram observadas 28 espécies de cianobactérias sendo as famílias Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek, 1988 e Chroococcaceae Nägeli, 1849 as mais freqüentes respondendo por 28,58 % cada. As demais famílias observadas apresentaram os seguintes percentuais: Synechococcaceae Komárek & Anagnostidis, 1995 com 21,42%; Schizothricaceae Elenkin, 1934 com 7,14%; Entophysalidaceae Geitler, 1925 com 3,57%; Oscillatoriaceae Gomont, 1892 com 3,57%; Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek, 1988 com 3,57 %; Nostocaceae Bourrelly, 1970 com 3,57 %.

O laminito microbiano pustular apresentou 17 espécies de cianobactérias sendo que as famílias Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek, 1988 e Synechococcaceae Komárek & Anagnostidis, 1995 foram as mais freqüentes respondendo por 29,42 % cada. As demais famílias observadas apresentaram os seguintes percentuais: Chroococcaceae Nägeli, 1849 com 23,52 %; Schizothricaceae Elenkin, 1934 com 5,88 %; Entophysalidaceae Geitler, 1925 com 5,88 %; Oscillatoriaceae Gomont, 1892 com 5,88 %.

Os laminitos da Lagoa Pernambuco são relativamente homogêneos, complexos e apresentam estratificação. Eles estão expostos a um ambiente de luz, onde normalmente a bioturbação e a pastação são mínimas ou ausentes, pois apresentam parâmetros de ambientes extremos, tais como alta salinidade, alta temperatura, baixa atividade da água e alto nível de sulfato de hidrogênio tóxico concordando com Kühl & Fenchel (2000).

Os laminitos microbianos estratificados apresentam em seu interior microgastropodes, ostracodes e bivalves, semelhante ao observado por Silva e Silva (2002) para a Lagoa Salgada. Os restos esqueletais que aparecem associados aos laminitos microbianos apresentam-se na localidade como uma das fontes de carbonato de cálcio, de acordo com Silva e Silva *et al.* (2004).

Nas camadas mais profundas dos laminitos microbianos estratificados ocorre o predomínio de formas esféricas e na região superficial o predomínio das filamentosas, devido a fatores como intensidade luminosa e temperatura que podem ser limitantes para o desenvolvimento das cianobactérias. Ocorre a morte de parte das filamentosas e o aumento das formas esféricas, adaptáveis às fracas intensidades luminosas em estratos profundos.

Os laminitos microbianos estratificados, liso, poligonal, coloforme e filme são considerados com alto grau de maturação. Já o pustular é considerado estágio prematuro, pois não tem laminações.

As cianobactérias filamentosas *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892 (Figura 4) e *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892 apresentam-se dominantes no laminito microbiano poligonal. *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892 e *Microcoleus tenerrimus* Gomont, 1892 aparecem em maior quantidade e formando o laminito microbiano coloforme. As espécies *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont, 1892 e *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont, 1892 são as principais cianobactérias formadoras do laminito microbiano liso. Os laminitos microbianos pustulares são compostos principalmente por *Chroococcus minutus* Keissler, 1901 e *Phormidium*

okenii (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988 e os laminitos microbianos em filme são compostos predominantemente por *Entophysalis granulosa* Kutzing, 1843 e *Chroococcus turgidus* Nägeli, 1849. Os laminitos microbianos coloforme e poligonal apresentam-se compostos principalmente por *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892; o liso apresenta como principal espécie a *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont, 1892, similar aos resultados obtidos por Damazio (2004) para os laminitos microbianos da Lagoa Pitanguinha, Brasil.

Pode se inferir que, devido à sua morfologia e composição cianobacteriana, os laminitos microbianos liso, pustular e coloforme são capazes de formar estromatólitos domais e colunares e os laminitos microbianos poligonal e filme os estromatólitos estratiformes.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi apoiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e pela FAPERJ (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro), através do IVP (Instituto Virtual de Paleontologia).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M.M. ; SILVA E SILVA, L.H. 2001. Caracterização do conteúdo paleobiológico da Lagoa Pernambuco, Quaternário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO QUATERNÁRIO, VIII, Mariluz. *Resumos...,* Rio Grande do Sul. p. 424-426.

ALTERMANN, W.; KAZMIEREZAK, J. 2003. Archean microfossils: a reappraisal of early life on Earth. *Research in Microbiology,* v. 154, p.611-617.

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*. 133 p. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geoquímica, Universidade Federal Fluminense).

ARP, G.; REIMER, A.; REITNER, J. 2002. Calcification of Cyanobacterial Filaments: *Girvaneila* and the Origin of Lower Paleozoic Lime Mud. *Geology,* p.579-580.

AZEVEDO, L. S. P. 1984. Os macro-elementos nas lagoas do litoral fluminense: Geoquímica e sedimentação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XXXIII. *Anais...,* Rio de Janeiro. p. 212-230.

BARROSO, L.V. 1987. Diagnóstico ambiental da lagoa de Araruama - RJ. *Boletim da Fundação Brasileira de Conservação da Natureza*, Rio de Janeiro, v. 22, p. 30-65.

COUTINHO, R.; RIBEIRO, P.; KJERFVE, B.; KNOPPERS, B.; MUEHE, D. ; VALENTIN, J. L. 1999. Araruama uma lagoa ameaçada. *Ciências Hoje,* v.25, n.149, p.24-31.

DAMAZIO, C. M. 2004. *Tipificação e bioestratificação cianobacteriana das esteiras microbianas da borda noroeste da Lagoa Pitanguinha, Holoceno do Rio de Janeiro, Brasil.* 171 p. (Monografia, Programa de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro).

IESPA, A.A.C.; DAMAZIO, C.M.; ALVES, S.A.P.M.N.; SHIMIZU, V.T.A.; CARVALHAL, S.B.V.; SANTOS, R.C.; BARROS, E.S.; LOPES, F.A.S., DELFINO, D.O. ; SILVA E SILVA, L.H.; 2004. Composição microbiana das esteiras estromatolíticas poligonais da Lagoa Pernambuco, Neógeno do Rio de Janeiro, Brasil. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, III, *Resumos...,* Rio de Janeiro, p. 4.

IGNACCOLO, M.; SCHWETTMANN, A.; FAILLA, R.; STORRIE-LOMBARDI, M.C.; GRIGOLINI P. 2004. Stromatomatolites: Why do we care? *Chaos, Solitions and Fractals,* v.20, p.145-148.

KÜHL, M.; FENCHEL, T.; KAZMIERCZAK, J. 2003. Growth, structure and calcification potential of an artificial cyanobacterial mat. In: KRUMBEIN ,W.E.; PATERSON, D.; ZAVARZIN, G. (eds.) *Fossil and recent biofilms, a natural history of the impact of life on planet Earth.* Kluwer Acad. Publ. Dordrecht. p. 20.

KÜHL, M.; FENCHEL, T. 2000. Bio-optical characteristics and the vertical distribution of photosynthetic pigments and photosynthesis in an artificial cyanobacterial mat. *Microbial Ecology*, v.40, p.94-103.

NOFFKE. N.; GERDES, G.; KLENKE, T.; KRUMBEIN, W.B. 2001. Microbially induced sedimentary structures - a new category within the classification of primary sedimentary structures. *Journal of Sedimentary Research,* v.71, n.5: p.649-656.

PATCHINEELAM, S.R.; REBELLO, A.L. 1984. Ocorrência de dolomita diagenética numa lagoa hipersalina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XXXIII, *Anais...,* Rio de Janeiro. p. 245-253.

PRIMO, P.B.S.; BIZERRIL, C.R.S.F. 2002. *Lagoa de Araruama. Perfil ambiental do maior ecossistema lagunar hipersalino do mundo.* Rio de Janeiro: SEMADS. 160 p.

SANTELLI, R.C.L. 1988. *Estudos de Isótopos em sedimentos carbonáticos de Lagoa Vermelha*. 95 p. (Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geoquímica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro).

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.* 176 p. (Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro).

SILVA E SILVA, L.H.; SENRA. M.C.E.; FARUOLO, T.C.M.; CARVALHAL, S.B.V.; ALVES, S.A.P.M.N.; DAMAZIO, C.M.; SHIMIZU, V.T.A; SANTOS, R.C.; IESPA, A.A.C. 2004. Composição paleobiológica e tipos morfológicos das construções estromatolíticas da Lagoa Vermelha, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia,* v.7, n.2: p.193-198.

SRIVASTAVA, N.K.; ALMEIDA, L.B. 2000. Lagoa Salgada (Rio de Janeiro): Recent stromatolites. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, XXXI. *Resumos...,* Rio de Janeiro. p.12-14.

STOLZ, J.F. 2000. Structure of microbial mats and biofilms. In: RIDING, R. E. ; AWRAMIK, S. M. *Microbial Sediments.* New York: Springer- Verlag Heidelberg. p.1-8.

TURCQ, P.F.M. 2000. Impact of a low salinity year on the metabolism of hypersaline coastal lagoon (Brazil). *Hydrobiologia,* v.429, p.133-140.

TURCQ, B.; MARTIN, L.; FLEXOR. M.; SUGUIO, K.; PIERRE, C.; ORTEGA, L.T. 1999. Origin and Evolution of the Quaternary Coastal Plain between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: KNOPPERS, B.; BIDONE, E. D.; ABRÃO, J.J. (eds.) *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems, Rio de Janeiro, Brazil.* Série Geoquímica Ambiental, v.6, p.25-46.

VISSCHER, P.T.; REID, R.P.; BEBOUT, B.M. 2000. Microscale observations of sulfate reduction: correlation of microbial activity with lithified micritic laminae in modern marine stromatolites. *Geology,* v.28, n.10, p.919-922.