

Lagoa Salgada, RJ

Estromatólitos recentes

SIGEP 41

Narendra K. Srivastava¹

A lagoa Salgada (uma laguna hipersalina), ocupa uma área de cerca de 16 km² e, localizada na região norte do estado do Rio de Janeiro, no litoral do município de Campos, próximo ao Cabo do São Tomé, abriga as únicas ocorrências de estromatólitos carbonáticos colunares, domais, estratiformes, trombólitos e oncólitos da idade holocênica do Brasil, e provavelmente de toda a América do Sul. Os estromatólitos ocorrem em toda a extensão das bordas da lagoa, sobrepostos às areias marinhas, recobertos por solo ou submersos em períodos de cheia. Não foram encontrados estromatólitos no fundo da lagoa. Eles variam em espessura, ocorrendo como pequenos (cabeços), massivos *biohermas* e estromatólitos laterais contínuos. Apresentam estruturas colunares discretas na base, que se unem lateralmente em lâminas irregulares, resultando em superfície, uma forma dômica. A superfície externa dos estromatólitos é cimentada por calcita, calcita magnesiana e dolomita. Investigações ficológicas das amostras de água superficial da lagoa, esteiras microbianas e estromatólitos estratiformes demonstraram a ocorrência de dezenove espécies de cianofíceas pertencentes às famílias Chroococcaceae, Dermocarpaceae, Entophysalidaceae, Hydrococcaceae, Myrocystaceae, Oscillatoriaceae, Pleurocapsaceae, Rivulariaceae e Xenococcaceae, além de clorofíceas e crisofíceas. Muitas dessas cianofíceas suportam alta salinidade, pH alcalino, temperaturas elevadas e baixo teor de oxigênio e estão eventualmente participando na formação destes estromatólitos recentes na lagoa Salgada. A idade máxima de estromatólitos ainda em crescimento, calculada na base de datações das conchas *Anomalocardia* em sedimentos associados, é de 3780 ± 170 anos AP.

Lagoa Salgada, State of Rio de Janeiro - Recent Stromatolites

The Lagoa Salgada (a highly saline lagoon), occupies an area of about 16 square kilometers, near the coastal town of Cape of São Tomé of the municipality of Campos, on the north coast of the state of Rio de Janeiro (Brazil), and contains the unique occurrence of Recent columnar carbonate stromatolites of whole of Brazil and probably of the South America. The geological history of the lagoon is intimately associated with the fluctuations of the sea level during the Late Quaternary and the formation of the delta of Paraíba do Sul river. The stromatolites occur as discontinuous patches, principally at the southwest and northwest borders of the lake, overlying the marine sands, and are normally covered by soil or water during high-tides. The thickness of stromatole bioherms and biostromes varies all along the western border. The discrete columnar stromatolites show great variations vertically. The phytological investigations of water samples, microbial mats and the poorly lithified horizontally stratified stromatolites revealed nineteen species of cyanobacterias

belonging to the following families: Chroococcaceae, Oscillatoriaceae, Dermocarpaceae, Entophysalidae, Hydrococcaceae, Myrocystaceae, Pleurocapsaceae, Rivulariaceae and Xenococcaceae. Besides these some chlorofite and chrysophyte algae also occur in the lake. All these cyanobacterian communities, along with other invertebrates (pelecypodes, microgastropodes, ostracodes) participate, directly or indirectly, in the formation of Recent stromatolites of the lagoon. The isotope date of the formation of lagoon is estimated to be 3780 ± 170 years B.P.

INTRODUÇÃO

O referido sítio abriga a única ocorrência de estromatólitos recentes do Brasil e, provavelmente, também da América do Sul. A sua importância geológica e paleontológica poderá ser comparada com as outras poucas ocorrências semelhantes em Shark Bay (Austrália), Pink ou Spencer Lake (Austrália), Bahamas, Golfo Pérsico, Solar Lake (Israel), Salt Lake (EUA), Green Lake (EUA), Yellowstone National Park (EUA), Florida (EUA), Ilha de Hai-Nan (China) e Golfo do México, entre outros.

LOCALIZAÇÃO

A lagoa Salgada encontra-se (21°54'10"S e 41°00'30"W) na região norte do estado do Rio de Janeiro, no litoral do município de Campos, próximo ao Cabo do São Tomé, e faz parte do complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul (área total de cerca de 2500 km² e ocupando parte da porção terrestre da Bacia do Campos). Está situada em uma planície arenosa formada por cristas praias (*Beach Ridges*) holocênicas, ao sul da foz do rio Paraíba do Sul (Figura 1). A origem marinha destas areias é confirmada através de análise de foraminíferos, cujas formas encontradas evidenciam uma ligação aberta com o mar.

A partir do Rio de Janeiro, a lagoa Salgada é atingida pela rodovia BR-101 (Rio de Janeiro–Campos – 280 km) e depois pela rodovia RJ-216 (Campos–Farol de São Tomé - 50 km). Daqui até a lagoa Salgada, distante 20 km, o acesso é feito pela estrada de barro secundária dentro dos canaviais, passando por pequenos povoados de Santa Rosa, Quixaba em direção de Barra do Açu.

HISTÓRICO

Lamego (1946; 1955) sugeriu o primeiro modelo evolutivo para a região e considerou que os processos formadores do complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul deram origem a várias pequenas lagunas, inclusive a lagoa Salgada. Dias (1981) descreveu estromatólitos calcários sobre os fragmentos de substrato biodetrítico litificado, atestando assim condições hipersalinas. Dias & Gorini (1980) realizaram um estudo morfológico detalhado dos ambientes litorâneos do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, incluindo a região que engloba a lagoa Salgada, discriminando e caracterizando os diversos fatores relativos a progradação e erosão litorânea. Rodrigues *et al.* (1981) estudaram a microfauna de foraminíferos em testemunhos das areias da lagoa

e sugeriram um processo gradativo de colmatação, passando de um ambiente marinho para continental. Martin *et al.* (1984, 1993) sugeriram modificações para o modelo de Lamego e propuseram, na base de datações das conchas coletadas nos sedimentos basais da lagoa Salgada, uma idade em torno de 3.850 anos B.P. que pode ser considerada como idade da formação desta laguna. Esta idade corresponde à subida do nível do mar entre 3.900 e 3.000 anos B.P. Lacerda *et al.* (1984) realizaram estudos físico-químicos e biológicos da coluna da água da lagoa Salgada, determinando as concentrações de diversos íons e nutrientes. Os resultados obtidos apontaram alta concentração de clorofila em comparação com outros ecossistemas brasileiros, indicando uma alta taxa de produção primária. No ano de 1995, Lemos realizou um estudo das fácies deposicionais e das estruturas estromatolíticas da lagoa Salgada onde ela constatou que os estromatólitos só ocorrem na borda da lagoa e variam localmente em espessura, desde as crostas laminadas até cabeças bem formadas. Ademais, a variação das estruturas internas, entre a base e o topo das cabeças estromatolíticas, está diretamente ligada às mudanças nas condições ambientais. Silva & Silva (1999) e Silva & Silva *et al.* (1999) identificaram 19 espécies de cianofíceas (cianobactérias) em amostras da lagoa, esteiras microbianas e estromatólitos estratiformes ligeiramente litificados das quais três pertencentes à família Chroococcaceae, uma da Dermocarpaceae, duas da Hydrococcaceae, três da Myrocystaceae, duas da Oscillatoriaceae, uma da Entophysalidaceae, uma da Pleurocapsaceae, duas da Rivulariaceae e uma da família Xenococcaceae, em maior parte idênticas às da supramaré da região de Cabo Frio (Estado do Rio de Janeiro). Evidencia-se, também, a presença de clorofíceas e crisofíceas em água e esteiras microbianas. As espécies de cianofíceas (cianobactérias) identificadas são: *Phormidium komarovii*, *P. hypolimneticum*, *P. tenue*, *Oscillatoria terebriformis*, *Lyngbya aestuarii*, *Calotrix confervicola*, *C. crustacea*, *Chroococcus turgidus*, *Aphanocapsa litoralis*, *Aphanothece saxicola* e *A. halophytica*.

DESCRIÇÃO DO SÍTIO

A lagoa, com eixo principal NW–SE, apresenta comprimento máximo de 8,6 km e largura de 1,9 km. Conforme fotos aéreas de 1976, seu espelho d'água possui cerca de 4,5 km de comprimento e 1,2 km de largura, em sua porção central. A lagoa quando cheia apresenta lâmina d'água em torno de 1 m, mas pode encontrar-se completamente seca. Os valores médios apurados para parâmetros físico-químicos das águas

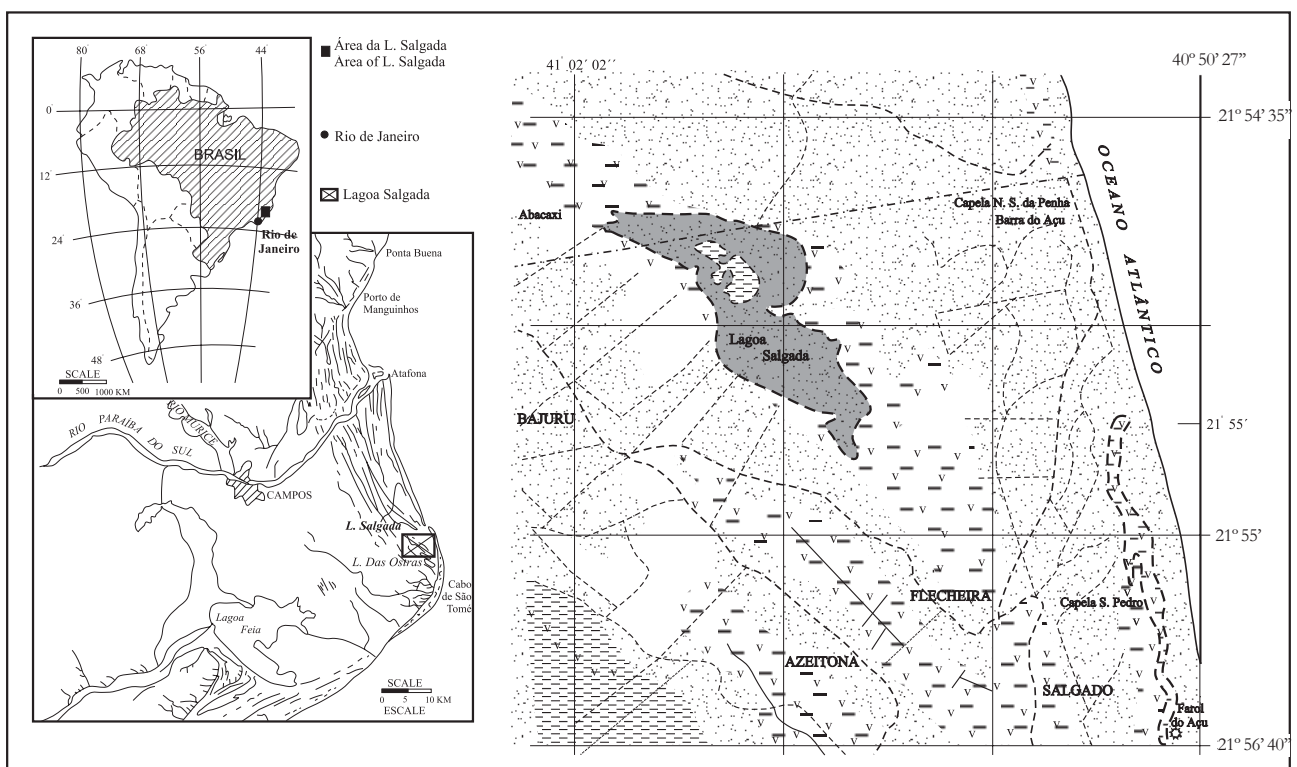
da lagoa são os seguintes: temperatura: 28° a 31° C; pH: 8,7 a 9,7; condutividade elétrica: 52.000 a 86.200 $\mu\text{s/cm}$; alcalinidade: 7,0 m Eq/l; salinidade: 6,35 ‰; CO₂ (total): 233,6 mg/l; O₂ (dissolvido): 3,2 a 3,6 mg/l; SO₄: 733,3 ppm; Cl: 13.720,2 ppm; Ca: 71,8 ppm; Fe: 0,5 ppm; K: 543 ppm; Na: 8.846 ppm; Mg: 664 ppm; Mn: traço; SiO₂ - Si: 1,3 mg/l; P (total dissolvido): 143,0 $\mu\text{g/l}$. A lagoa está situada em uma região caracterizada por um clima tropical com fortes ventos nordeste, embora ventos na direção sudoeste também sejam freqüentes. Entre os meses de fevereiro a abril predomina a baixa pluviosidade provocando o rebaixamento ou até a ausência da lâmina da água; entretanto, entre os meses de agosto e setembro, devido à alta pluviosidade, a lagoa apresenta-se cheia. A lagoa tem uma ligação com o mar através do rio Açú (salinidade: 4,23‰; pH: 8, 2).

Segundo os moradores, a lagoa secava na época da seca há aproximadamente quinze anos quando não havia ligação com o rio. Ao redor da lagoa existem flora e fauna da restinga, embora os impactos ambientais provocados pelas atividades antropogênicas tenham devastado quase que completamente estes componentes.

A formação da lagoa Salgada, segundo Martin *et al.* (1993), aconteceu após uma fase de erosão da planície costeira do Rio Paraíba do Sul e a subida do nível do mar entre 3.900 a 3.600 anos, durante o qual as barreiras arenosas deslocaram-se rumo ao continente, nas condições hidrodinâmicas geradas pelas ondas da área ao sul do Cabo de São Tomé. Esses deslocamentos provocaram a formação de porões e afastando a laguna alongada da costa. As datações das conchas coletadas da base forneceram uma idade de 3.850 ± 200 anos B.P., que é considerada como a idade da formação da lagoa Salgada. Próximo a lagoa observa-se que as cristas de praia perdem o caráter retilíneo e se curvam obedecendo o contorno de sua margem.

As investigações dos sedimentos da lagoa realizadas a partir de testemunhos de sondagens (Rodrigues *et al.*, 1981; Lemos, 1995) revelaram que os sedimentos basais da lagoa são areias marinhas, de textura média a grossa, cinza escuras, esverdeadas com abundantes foraminíferos, indicando a transição do ambiente lagunar para o marinho. Sobreposto a este pacote arenoso são encontrados estromatólitos carbonáticos. Finalizando a coluna encontramos sedimentos lagunares, representados por argilas cinzas,

Figura 1 - Mapa de localização da Lagoa Salgada (Rio de Janeiro), Brasil
Figure 1 - Location Map of Lagoa Salgada (Rio de Janeiro), Brazil



ricas em matéria orgânica, intercalados com esteiras microbianas ligeiramente carbonáticas, restos vegetais, microgastrópodos, diatomáceas, bivalves, crustáceos e bioclastos de vertebrados.

ESTROMATÓLITOS

Os estromatólitos encontrados nas bordas da lagoa (Figuras 2, 3, 4a, 4e) são geralmente recobertos por solo ou vegetação ou submersos na época de cheia, formando pequenas biohermas ou biostromas de espessuras variadas, mas raramente superior a um metro. Existem os seguintes tipos de estruturas microbianas na lagoa Salgada: (a) Esteiras microbianas, (b) Estromatólitos colunares; (c) Oncólitos ; e (d) trombólitos.

(a) **Esteiras Microbianas:** gelatinosas, escuras, compostas de uma sucessão de lâminas escuras (ricas em matéria orgânica) e cinzas, claras, carbonáticas, estratiformes a crenuladas, finamente laminadas (0,5 mm a 1,0 mm em espessura), ocasionalmente cobertas contendo microgastrópodos, ostracóidos e palinomorfos. Elas são expostas na borda da lagoa em duas formas: quando cobertas pela fina lâmina da água as esteiras são lisas na superfície; na área emersa essas esteiras microbianas tendem a quebrar em pequenos polígonos com superfície esbranquiçada e carbonática (Figura 4d).

(b) **Estromatólitos Colunares :** Este tipo de estruturas biosedimentares carbonáticas formam pequenos biohermas e biostromas litificadas, dômicas a subsféricas (10 cm a 20 cm em diâmetro) e apresentam colunas discretas que se unem lateralmente em lâminas irregulares (Figura 4b). Em planta, os biohermas são ovais a elipsoidais. A superfície externa de biohermas estromatolíticas é altamente cimentada e o seu interior friável, com alta porosidade, é ocasionalmente preenchido por microgastrópodos, matéria orgânica, tubos de vermes, bioclastos de bivalves e material terrígeno. Os estromatólitos colunares, eretos de aragonita, calcita magnesiana e calcita são geralmente pequenos (altura 2 cm), subcilíndricos, coalescendo no topo. Alguns estromatólitos colunares maiores (5 cm) possuem uma terminação cônica na superfície. A laminação interna, ondulada, varia de pouco a moderadamente convexa, com presença de microdiscordâncias. O relevo sinóptico é baixo e o grau de herança é baixo.

(c) **Oncólitos:** pequenas estruturas microbianas (2 cm a 5 cm em diâmetro) com laminações concêntricas, ainda em fase de crescimento, são

encontradas na borda oriental da lagoa, geralmente associadas às esteiras microbianas estratiformes (Figuras 4c, 4f e 9). A forma varia de arredonda a elipsoidal e são indicadores do ambiente ligeiramente profundo e agitado.

(d) **Trombólitos:** Estes tipos de estruturas microbianas, em suas feições externas, são semelhantes aos estromatólitos colunares e colunares-estratiformes, formando pequenas biohermas dômicas. Mas a grande diferença de trombólitos do estromatólitos reside no fato de que a laminação interna é geralmente difusa devido às atividades parasíticas de microgastrópodos, vermes, ostracóidos e de outros organismos que destroem as estruturas internas, deixando uma feição grumelosa.

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

Os estromatólitos recentes da lagoa Salgada são localizados numa região altamente poluída, pois ao redor dessa lagoa são situados sítios agropecuários e de lazer que, muitas vezes, utilizam agrotóxicos e outros produtos nocivos, criando situações altamente perigosas para alterações do ambiente hidroquímico da lagoa.

Embora não existam dados concretos sobre o impacto ambiental provocado por tais atividades sobre o crescimento dos estromatólitos, entretanto existem indícios suficientes para tais deduções, pois os pequenos produtores arrancam as biohermas de estromatólitos para dar lugar a plantação de tomate, pimentão, batata-doce , milho, etc. Essas atividades já vêm sendo desenvolvidas há muitos anos destruindo uma grande parte dos afloramentos de estromatólitos. Essa destruição pode ser vista no local, pois os pedaços das biohermas estromatolíticas são separadas e jogadas numa área fora do local das atividades agrícolas. Muitas vezes, os pequenos agricultores fazem uma trincheira cortando as biohermas e biostromas de estromatólitos para escoar a água da lavoura bastante poluída dentro do ecossistema da lagoa, provocando sérios danos à hidroquímica e conseqüentemente, ao crescimento de estromatólitos. Ademais, o calcário estromatolítico esta sendo utilizado na construção civil (alicerces das casas, fabricação de “cal virgem”) pela população. Diante destes fatos, é imprescindível que sejam tomadas medidas urgentes e drásticas para proteger este sítio geológico-paleontológico, antes que as impressionantes ocorrências de estromatólitos atuais sejam destruídas pelas atividades antropogênicas predadoras. Existem ocorrências semelhantes, por exemplo, na Austrália (Shark Bay), onde as ocorrências de estromatólitos



Figura 2 - Estromatólitos recentes na borda oeste da Lagoa Salgada.
Figure 2 – Recent stromatolites on the western border of Lagoa Salgada.

Figura 3 – Pequenas biohermas carbonáticas na borda da lagoa.
Figure 3 – Small carbonate bioherms on the border of the lake.



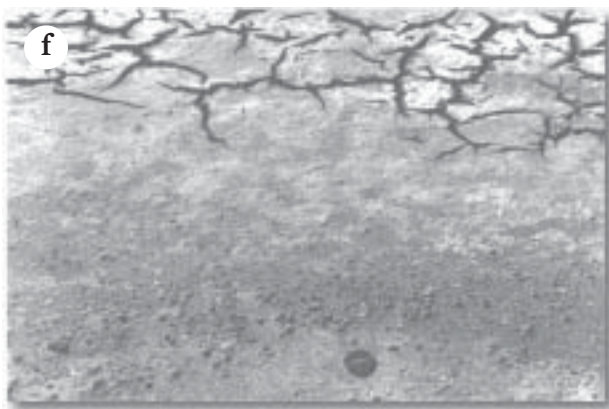
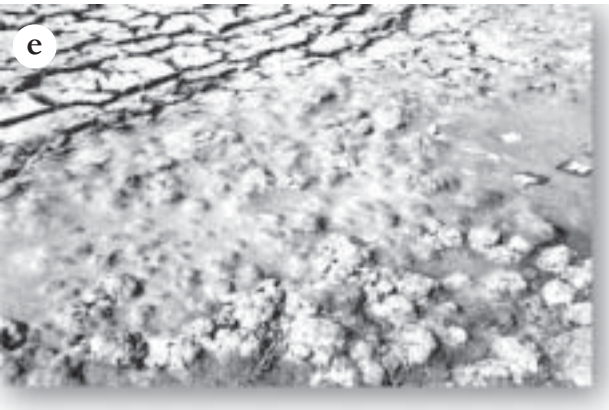
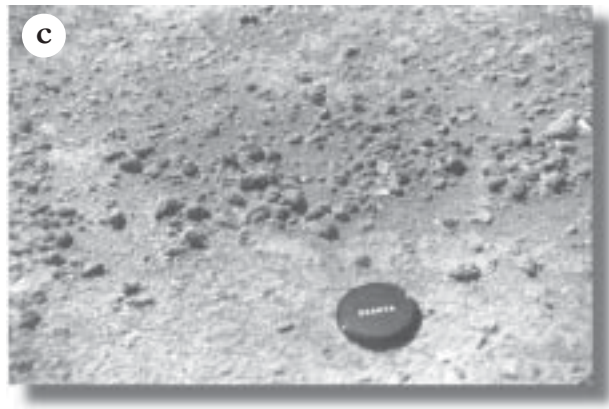
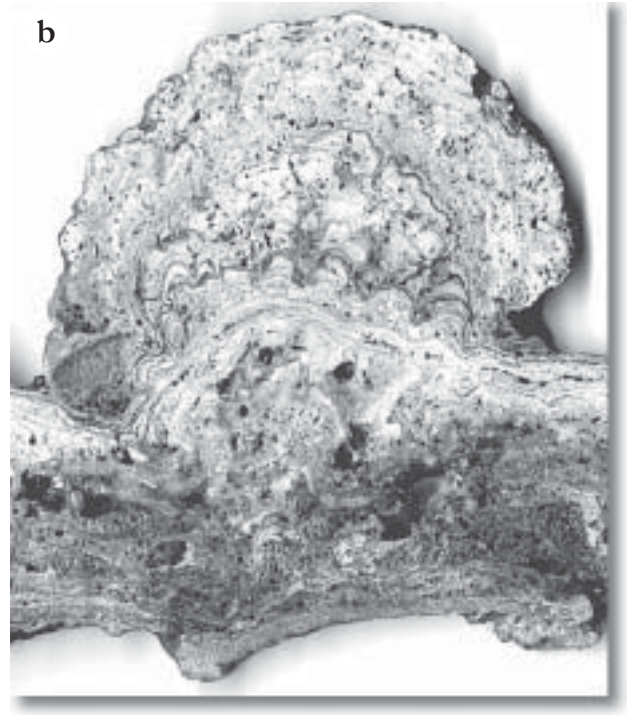


Figura 4-a – Vista geral da ocorrência de esteiras microbianas e biohermas; **b)** Seção polida de uma bioherma carbonática litificada; **c)** Oncólitos microbianos em crescimento na borda leste da lagoa; **d)** Esteira microbiana com gretas de dissecação e invertebrados; **e)** Associação lateral entre esteiras microbianas e biohermas litificadas; **f)** Associação de esteiras microbianas e oncólitos.

Figure 4- a) General view showing microbial mats and bioherms; **b)** Polished section of a lithified calcareous bioherm; **c)** Microbial oncolites in growth position on the east shore of the lake; **d)** Microbial mat with desiccation cracks and invertebrates; **e)** Lateral association of microbial mats and lithified bioherms; **f)** Association of microbial mat and oncolites.

recentes são preservadas não somente como patrimônio natural e científico, mas também para realizar ecoturismo. As medidas necessárias para proteger este sítio seriam fazer desapropriações dos terrenos e o isolamento da área ao redor da lagoa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dias, G.T.M. 1981. Complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. In: Simpósio sobre o Quaternário do Brasil. 4, Rio de Janeiro, 1981, CTQC/SBG. *Publicação Especial*, 2: 58-79.
- Dias, G.T.M.; Gorini, M.A. 1980. A Baixa Campista - Estudo morfológico dos ambientes litorâneos. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Camboriú/SC, 1980, SBG. *Anais*, 1: 588 - 602.
- Esteves, F.A.; Ishii, I.H.; Camargo, A.F.M. 1984. Pesquisas limnológicas em 14 lagoas do litoral do Estado do Rio de Janeiro. In: Simpósio sobre as Restingas Brasileiras, Niterói/RJ, 1984, CEUFF/UFF. *Anais*: 443-454.
- Lamego, A.R. 1946. *O Homem e a Restinga, Brasil*. Rio de Janeiro. Conselho Nacional de Geografia.
- Lacerda, L.D.; Araújo, D.S.D.; Cerqueira, R.; Turcq, B. 1984. Restingas - Origem, Estrutura e Processos. In: Simpósio sobre as Restingas Brasileiras, Niterói/RJ, 1984, UFF/CEUFF. *Anais*: 443-454.
- Lamego, A.R. 1955. Geologia das Quadrículas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexé. Rio de Janeiro, DNPM/ DGM, *Boletim* 154: 1-60.
- Lemos, R.M.T. 1995. *Estudo das fácies deposicionais e das estruturas estromatolíticas da Lagoa Salgada - Rio de Janeiro*. Programa de Pós- Graduação em Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense, Niterói, (Dissertação de Mestrado), 122p.
- Lemos, R.M.T.; Silva, C.G.; Spadini, A.R. 1994. Estratigrafia e estromatólitos recentes da Lagoa Salgada - RJ. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú/SC, 1994, SBG. *Anais*, 3: 258-260.
- Martin, L.; Suguio, K.; Dominguez, J.M.L.; Flexor, J.M.; Azevedo, A.E.G. 1984. Evolução da planície costeira do Rio Paraíba do Sul (RJ) durante o Quaternário: Influência do nível do mar. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, 1984, SBG. *Anais*, 1: 84-97.
- Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J.M. 1993. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica de "deltas brasileiros". *Boletim IG - USP, Publicação Especial* 15, 186 pp.
- Rodrigues, M.A.; Carvalho, M.G.P.; Dias, G.T.M. 1981. Interpretação paleoambiental das Lagoas Salgadas e das Ostras (RJ), Brasil. In: Congresso Latino-Americano de Paleontologia, II, Porto Alegre/RS. *Anais*: 893 - 906.
- Silva e Silva, L.H. 1999. Estromatólitos e Cianofíceas na Lagoa Salgada, Rio de Janeiro, RJ. Levantamento Preliminar. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 16, Crato/CE, SBP. *Boletim de Resumos*: 106 - 107.
- Silva e Silva, L.H.; Senra, M.C.E.; Srivastava, N.K. 1999. Composição Ficológica dos Estromatólitos Estratiformis e Esteiras Algais com Biodetritos Associados na Lagoa Salgada, Rio de Janeiro, Brasil. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos Quaternários, Porto Seguro/BA, 1999, ABEQUA. (no prelo).

1 Departamento de Geologia (UFRN)
Department of Geology (UFRN)
Natal (RN) – Brasil
narendra@geologia.ufrn.br