

Inventário do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro

1. Dados Gerais

Tcontexto Geológico	Domínio Tectônico Cabo Frio
Municípios	ARARUAMA - SAQUAREMA
Denominação do Local	Lagoas Vermelha, Pitanguiha e Pernambuco / Salinas Carvalho (antiga Salina Vigilante), nos municípios de Araruama e Saquarema.
Folha 1-50000	Araruama
Coordenada X	-42.373232
Coordenada Y	-22.923056

Breve Descrição do Conteúdo

Trata-se da ocorrência de lagunas hipersalinas com desenvolvimento de esteiras microbianas (microbialitos). Algumas, como as lagoas Vermelha e Pernambuco, apresentam estromatólitos holocênicos. A Lagoa Vermelha é considerada um laboratório natural para o estudo do processo de formação da dolomita e a partir daí foi proposto um modelo atualístico denominado *microbial dolomite model* (Vasconcelos & McKenzie, 1997).

Compreende uma área com cerca de 9,5 km², onde aproximadamente 5km² correspondem ao espelho d'água das lagunas. Não inclui a Lagoa de Araruama.

São encontradas diversas salinas na região, consideradas patrimônio mineiro e arquitetônico. A Salina Carvalho, às margens da Lagoa Vermelha é um bom exemplo. Esta atividade centenária está desaparecendo na região pela ocupação urbana e especulação imobiliária. Alguns dos galpões desta salina possuem mais de 100 anos.

2. Importância

Tinteresse Alto

Tipos de Utilização

- Científico - Alto
- Didático - Alto
- Turístico - Alto
- Comunitário - Alto
- Econômico - Alto

Tinfluencia Internacional

Resumo da importância Trata-se de geossítio de importância internacional pela presença de estromatólitos holocênicos e de bactérias que metabolizam dolomita. Tem valor adicional porque junto à laguna existe uma salina (Salina Carvalho, antiga Vigilante) que está em funcionamento desde o século 19 (ver trabalho em anexo sobre Paisagem Vernacular e o capítulo sobre o sal do livro "O Homem e a Restinga" de Alberto Lamego).

3. Pesquisadores

Pesquisadores que conhecem os afloramentos

Autores Anderson Andrade Cavalcanti Iespa, Crisógono Vasconcelos, Cynthia Moreira Damazio Iespa, Deise de Oliveira Delfino, Dina Lerner, Fabiane Feder, Frederico Alves dos Santos Lopes, Loreine Hermida da Silva e Silva, Siglia Andressa Pinto Monteiro do Nascimento Alves, Sinda Beatriz Vianna Carvalhal

4. Localização e acesso

Dificuldade de Acesso FÁCIL

Cidade mais próxima Araruama (8 km)

Dados Fisiográficos

O relevo do município é de baixadas na região litorânea, destacando-se a restinga de Massambaba, cordão arenoso que separa a Lagoa de Araruama do mar, na região da Praia Seca. Passa para uma topografia de suaves colinas conforme se vai para o interior, onde a altitude raramente ultrapassa 130 metros.

Segundo a Prefeitura Municipal (<http://www.araruama.rj.gov.br/pgs/index.php?link=http%3A//www.araruama.rj.gov.br/pgs/aspectos.htm>):

(a) Área Municipal: 635,4 km²

(b) Localização Geográfica da Sede: 22°52' 22" S e 42°20' 35" W

(c) População: 98.312 Habitantes (IBGE 01.04.2007)

(d) Rios: Complexo Lagunar de Araruama - Rio do Congo, Córrego Engenho Grande, Rio Cortiço, Rio Guaranu, Rio Iguaçaba, Rio da Pedra, Rio Ubá, Canal de Itajuru, Canal da Praia de Manguinhos, Rio da Soca e Rio do Carangueijo, Rio São João, Rio Bacaxá e Rio Capivari.

(e) Principais atividades econômicas: Turismo, Salinas e Agricultura.

Altitude 15

Temperatura Média 25

5. Divulgação

Tplacas [Saquarema - Lagoa Vermelha / Vilatur - Estromatólitos: evidências de vida primitiva](#), [Araruama - Lagoa Vermelha / Praia Seca - Estromatólitos: evidências de vida primitiva](#)

Sigep Publicação Sim

SIGEP - Arquivo

6. Proteção do geossítio

Tproteção Sim

Legislação Criação

APA de Massambaba com uma área de 7.630 hectares, foi criada pelo Decreto Estadual 9.529-C de 15/12/86. Envolve terras dos municípios de Arraial do Cabo, Araruama e Saquarema.

Tnível Governo Federal, Estadual

UCN Uso Sustentável, Proteção - Outros

Tnível Protecao	Insuficiente
Tpropriedade Terreno	Público
Turgencia Protecao	Muito urgente
Tvulnerabilidade	Muito elevada
Medida de Proteção do sítio	Estas lagoas deverão fazer parte do Parque Estadual da Costa do Sol que está em fase final de concretização.

7. Descrição do Sítio

Tmagnitude	Zona (10 - 1000 ha)
Tcondicao Observacao	Boas
Enquadramento urbanístico	Porção do território de Araruama - pelo Plano Diretor Municipal (Lei Complementar nº 37 de 06 de outubro de 2006 que Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Araruama): a área se enquadra parcialmente em Áreas Protegidas. Porção do território de Saquarema - pelo Plano Diretor Municipal (Lei nº 848 de 10 de outubro de 2006 que Dispõe sobre o Plano Diretor Estratégico - Participativo do Município de Saquarema): a área se enquadra como Áreas Especiais e APPs - Áreas de Preservação Permanente (lagoas e margens de lagoas).
Segundo consta da página do Consórcio Intermunicipal Lagos São João (http://www.lagossaojoao.org.br), a situação das lagoas Vermelha, Pitanguinha e Pernambuco é a seguinte (na íntegra):	

Lagoa Vermelha

- situada nos municípios de Araruama e Saquarema, é a que tem as águas mais salgadas do Estado, em torno de 100. Trata-se da maior lagoa da restinga de Massambaba, com área aproximada de 2,5 km². De acordo com estudos da UFF, a profundidade média da lagoa é de 1m, com volume de 3 milhões de m³. O tempo estimado para a lagoa renovar metade de seu volume é estimado em 194 dias. Seu nome deriva da coloração de tapetes de cianobactérias que cobrem o fundo em camadas que chegam a atingir um metro de espessura, estando porém ausentes na parte central da lagoa. Recebe água do mar por infiltração. Também recebe águas da chuva, que causam uma variação abrupta do nível da água, alterando a salinidade. Apesar desta característica, pequenos peixes e mariscos conseguem viver na lagoa. Fauna e flora desconhecida. Encontra-se duplamente segmentada por marnéis. Liga-se a lagoa de Araruama através de uma vala por dentro das salinas. Núcleos residenciais próximos às margens são observados apenas nos extremos oeste e leste. A margem sul está bem conservada. Seus usos são basicamente a valorização paisagística, a extração de sal, o banho e a manutenção da fauna e flora aquática. A Lei Orgânica de Araruama declarou ser de preservação permanente o espelho d'água da lagoa Vermelha (art 180, I), enquanto a Lei Orgânica de Saquarema estabeleceu como de preservação permanente a vegetação nativa de faixa marginal da lagoa (art 205, III).

Lagoa Pitanguinha

- A lagoa Pitanguinha, localizada no município de Araruama, é cercada por salinas em mais de dois terços de seu perímetro, contendo marnéis em seu interior que a segmentam em vários pedaços. Foi bastante danificada pelas salinas. Fauna e flora totalmente desconhecida. Encontra-se ameaçada pelo avanço da urbanização e pela atividade salineira. Seus usos são basicamente a valorização paisagística, extração de sal, o banho e a manutenção da fauna e flora aquática. A Lei Orgânica de Araruama declarou como de preservação permanente o espelho d'água da lagoa Pitanguinha (art 180, I), além de classificá-la como Área de Relevante Interesse Ecológico (Art. 180, § 1º, II)

Lagoa Pernambuco

- A lagoa Pernambuco, também em Araruama, tem formato alongado, sendo constituída por uma série de pequenos bolsões separados por pontas. No canto leste está um canal que a conecta com a lagoa de Araruama, com cerca de 300m, com saída na praia dos Nobres. A lagoa Pernambuco foi muito danificada pelas salinas que lhe ocupam a margem norte, cujos marnéis a seccionam em três partes desiguais. O marnel mais a leste serve como ponte unindo a margem norte a uma salina abandonada em processo de loteamento, ao sul. Os outros dois marnéis mostram árvores na parte emersa. Além de salinas, a margem norte vem sendo ocupada por residências. Já a margem sul tem dunas e está mais bem preservada. Fauna e flora desconhecida. Altamente ameaçada pela urbanização e pelas salinas. Seus usos são basicamente a valorização paisagística, a extração de sal, o banho e a manutenção da fauna e flora aquática. A Lei Orgânica de Araruama declarou como de preservação permanente o espelho d'água da lagoa Pernambuco (art 180, I), além de classificá-la como Área de Relevante Interesse Ecológico (Art. 180, § 1º, II).

Sinopse da evolução geológica, origem e importância do sítio

Importância:

a) Científica - Os estromatólitos são a mais antiga evidência macroscópica de vida na Terra. Em poucos lugares do mundo podem ser observados ainda vivos. Assim, seu estudo pode favorecer entendimento da evolução da vida. Os cientistas acreditam que bactérias como estas foram responsáveis pela formação de nossa atmosfera rica em oxigênio, porque elas fazem fotossíntese e foram muito abundantes nos períodos iniciais da formação do nosso planeta.

b) Econômica - rochas similares constituem os reservatórios de petróleo na famosa camada Pré-Sal. Seu entendimento é, portanto, fundamental para entender a existência desta riqueza do subsolo brasileiro.

Teses de Doutorado: 2 concluídas (Universidade de Zurich) e 2 em andamento (UFRJ)

Teses de Mestrado defendidas: Na UFF: 1 e na UFRJ: 7

Monografias de Conclusão de curso / Especialização na UNIRIO: 12

Evolução

Em linhas gerais, o litoral do Estado do Rio de Janeiro é marcado por duas sequências de sistemas lagunares separadas por uma quebra na direção geral da linha de costa, de leste-oeste para norte-sul, coincidente com o Alto Estrutural de Cabo Frio.

A primeira sequência, de direção leste-oeste, compreende a região que vai dos cordões litorâneos relacionados à restinga de Marambaia e o complexo lagunar de Jacarepaguá, no município do Rio de Janeiro, até o de Araruama, em Cabo Frio, passando pelas lagunas de Piratininga, Itaipu, Maricá, Jaconé e Saquarema, citando apenas algumas.

A segunda, de direção aproximada Norte- Sul, segue desde Cabo Frio, na foz do rio São João, até à divisa com o Estado do Espírito Santo, passando pelo Parque Nacional de Jurubatiba, pela Lagoa Feia e pela foz do rio Paraíba do Sul.

A evolução geológica destes sistemas está diretamente ligada às variações relativas do nível do mar no Pleistoceno e Holoceno e nas evidências geológicas a elas relacionadas.

Uma interpretação geral da formação dos depósitos quaternários fluminenses foi realizada por Martin *et al.* (1997). Conceitos relativos ao papel das variações do nível relativo do mar, do transporte de sedimentos promovidos pelas correntes de deriva litorânea geradas por ondas e do bloqueio do transporte litorâneo de sedimentos arenosos pelo fluxo fluvial junto à foz, foram utilizados, em conjunto com datações, estudos sedimentológicos, biológicos (incrustações de vermetídeos, ostras e corais, bem como buraco de ouriço e tubos de crustáceos localizados acima do nível atual do mar) e pré-históricos (sambaquis) para desenhar um detalhado quadro evolutivo do litoral. Os autores traçaram, então, um modelo de evolução paleogeográfica e paleoclimática para o litoral segmentando-o em 7 etapas:

I) **Sedimentação da Formação Barreiras**, em provável clima semi-árido sujeito a chuvas esporádicas torrenciais no Neógeno. Formaram-se leques aluviais coalescentes nos pés das encostas e o nível do mar era mais baixo do que o atual.

II) **Interrupção da sedimentação** da Formação Barreiras quando o clima tornou-se mais úmido. A seguir, já no Pleistoceno, uma transgressão erodiu a porção externa da Formação Barreiras, formando falésias.

III) **Fase regressiva** subsequente à transgressão e retorno ao clima semi-árido que produziu novos depósitos sedimentares continentais, formando leques coalescentes por retrabalhamento do Barreiras. Poucas evidências desta etapa.

IV) **Máximo transgressivo** há cerca de 123.000 anos A.P., quando o mar erodiu quase totalmente os depósitos da fase anterior. Os baixos cursos dos vales fluviais foram afogados dando origem a estuários e lagunas. Os sedimentos da Formação Barreiras foram novamente erodidos, dando origem a novas falésias.

V) **Regressão subsequente**, dando origem aos terraços arenosos pleistocênicos formados por cristas praias progradantes.

VI) **Máximo da última transgressão** (5.100 anos A.P.), quando o mar erodiu quase que totalmente os terraços pleistocênicos. Após o afogamento das planícies pleistocênicas, desenvolveram-se as ilhas-barreiras, atrás das quais se instalaram lagunas de grandes dimensões.

VII) **Abaixamento do nível relativo do mar** que se traduziu na construção de terraços marinhos a partir das ilhas-barreiras. O abaixamento do nível do mar causou a gradual transformação das lagunas em lagos de água doce e depois em pântanos.

EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS LAGUNARES DESDE GUARATIBA ATÉ ARARUAMA

A costa do Estado do Rio de Janeiro entre Guaratiba e Cabo Frio apresenta duas sequências de lagunas isoladas por dois cordões arenosos (ou barreiras).

Durante muito tempo acreditava-se que os dois cordões arenosos haviam evoluído no Holoceno devido a flutuações no nível do mar, conforme foi bem documentado na costa central do Brasil (Turcq *et al.*, 1999).

Os sedimentos litorâneos quaternários sobrepõem-se ao embasamento cristalino de composição variada e, tanto no entorno da baía de Guanabara, quanto na região de Cabo Frio / São Pedro da Aldeia, ocorrem sedimentos continentais da Formação Macacu (Ferrari, 2001) e da Formação Barreiras (Morais *et al.*, 2006), respectivamente, de idades eocênica-oligocênica. Os mapas geológicos apresentados no anexo mostram o contexto de ocorrência das lagunas.

A área em questão possui orientação E-W, que é distinta da maior parte do litoral leste brasileiro. Amador (1997), considerando a Baía de Guanabara como um graben - ver mapa geológico de Ferrari (2001) em anexo-, entendeu que ela recebe os detritos erosivos da Serra do Mar e áreas adjacentes pela captura de drenagens que antes se dirigiam à Baía de Sepetiba, a oeste. Turcq *et al.* (1999) também atribui à tectônica cenozóica o relevo e distribuição das áreas contribuintes e bacias de acumulação, destacando a movimentação de blocos que formou a Serra do Mar e o Graben da Guanabara. Ferrari (2001) atribui ao Eoceno inferior a primeira fase tectônica para formação do Graben.

Vale destacar que Moraes *et al.* (2006), apresentam uma discussão sobre fácies sedimentares e ambientes deposicionais associados à Formação Barreiras na região de Cabo Frio e Armação dos Búzios, área localizada no extremo leste da planície costeira em análise, dando conta da origem tectônica dos leques aluviais, classificados como do tipo dominado por fluxos gravitacionais. Já na região entre Maricá e Búzios, os depósitos de cascalhos foram interpretados pelos autores como de um ambiente deposicional fluvial entrelaçado dominado por cascalhos, com elevada contribuição de fluxos gravitacionais.

Turcq *et al.* (1999) dividem a planície costeira quaternária deste trecho do litoral em compartimentos: (a) Jacarepaguá; (b) Piratininga - Itaipu; (c) Itaipuaçu; (d) Maricá - Guarapina; (e) Jaconé - Saquarema; e (f) Araruama. Descrevem que o sistema de drenagem é controlado por falhas e fraturas e que há uma frequente cobertura do embasamento cristalino por depósitos de sedimentos continentais análogos à Formação Barreiras (denominadas de Formação Macacu).

Estes autores chamam a atenção para o fato da planície costeira ser formada por dois sistemas lagunares. O mais interior é representado pelas lagunas de Jacarepaguá, Rodrigo de Freitas, Piratininga, Itaipu, Maricá, Jaconé, Saquarema e Araruama e caracteriza-se por grandes lagunas de formas arredondadas. As mais exteriores, são representadas por uma grande quantidade de pequenas lagunas, como as de Marapendi, Vermelha, Pernambuco, Brejo do Espinho, etc. localizadas nas barreiras entre as grandes lagunas e o mar. O gradiente de meso a hipersalinidade, observada nas lagunas do Rio de Janeiro em direção a Cabo Frio, pode ser creditada ao microclima mais seco desta última área.

A origem dos dois sistemas está relacionado à variação relativa no nível do mar no Quaternário, conforme o mapeamento de unidades morfosedimentares realizada por Turcq *et al.*, 1999. Os autores consideraram estudos anteriores, como os de Muehe & Corrêa (1989) na restinga de Massambaba, e estudaram os depósitos costeiros considerando a fonte de sedimentos, idades radiocarbono em madeiras e conchas principalmente, e realizada campanha de sondagens e descrição dos testemunhos, entre outros. Como conclusão, os autores apresentaram que:

a) Os testemunhos coletados no sistema lagunar externo, isto é, entre as duas barreiras, revelaram que as pequenas lagunas iniciaram sua formação entre 5.000 e 7.000 anos B.P, num episódio de transgressão.

b) No entanto, estas barreiras, relacionadas ao fechamento das grandes lagunas, nesta região e do Brasil como um todo, são referenciadas ao Pleistoceno, há 123.000 anos A.P., quando se formou a primeira ilha barreira / sistema de lagunas com o pico da transgressão marinha.

c) As lagunas interiores formadas no Pleistoceno foram submersas durante a transgressão holocênica que deu origem à barreira e sistema lagunar externos.

c) As pequenas flutuações posteriores no nível do mar isolaram e conformaram as pequenas lagunas mais jovens.

d) Na porção leste, devido à ressurgência das águas frias da Corrente das Malvinas, há formação de ventos de quadrante NE, produzindo um microclima semi-árido, onde a distribuição e intensidade das chuvas fazem com que haja lagunas hipersalinas com deposição de carbonatos produzidos por esteiras microbianas, chegando à formação de estromatólitos (Silva e Silva et al., 2004 e 2005).

Muehe & Corrêa (1989) também identificaram dois cordões litorâneos de idades bem distintas em Massambaba e verificaram que houve uma migração desses cordões em direção ao continente até sua posição atual, como resposta às variações no nível do mar e ao transporte de sedimentos por correntes marinhas. O cordão mais próximo à Lagoa de Araruama foi associado à elevação do nível do mar que ocorreu há cerca de 120 mil anos A.P. O cordão mais próximo ao mar iniciou sua formação há 7.000 anos A.P. e seu processo de formação ainda está em curso.

8. Tipologia do Patrimônio

Tipo de Conteúdo	História da Geologia Mineração, Paleontologia, Mineiro, Mineralógico
Inclui vestígios arqueológicos?	Não
Interesse Histórico/Cultural?	Sim

9. Utilização comunitária do sítio (moradores, escolas, outros)

Descrição	As lagunas são visitadas por escolas, mas não pela sua importância geoambiental. A presença de fauna e flora endêmicas no entorno dos corpos d água são os aspectos mais salientados.
-----------	---

10. Descrição para Museus, coleções e edifícios singulares pela rocha ornamental utilizada:

Descrição para Museus, coleções e edifícios singulares pela rocha ornamental utilizada
--

11. Dados sobre roteiros científicos, didáticos e da história da ciência

Dados sobre roteiros científicos, didáticos e da história da ciência	A ocorrência de estromatólitos e esteiras microbianas (microbialitos) nas Lagoas Vermelha, Pitanguinha, Pernambuco, Brejo do Espinho, Salina Julieta e Araruama, vem sendo descrita desde a década de 1990. O metabolismo de dolomita pelas cianobactérias nestes ambientes hipersalinos do sistema lagunar de Araruama e a presença dos estromatólitos transformaram esta área num importante laboratório natural de importância internacional para estudo da evolução do planeta (Vasconcelos, 1994; Vasconcelos & McKenzie, 1997; Burns et al, 2000). O modelo microbial de formação de dolomita (Vasconcelos & McKenzie, 1997) foi concebido na Lagoa Vermelha e tem sido usado para desvendar o problema da dolomita, como ficou conhecida a impossibilidade de explicar a formação deste mineral a baixas temperaturas desde sua descoberta em 1791 (Burns et al. 2000; MacKenzie e Vasconcelos, 2009). A formação é creditada a ação de uma bactéria redutora de sulfato (<i>Desulfovibrio brasiliensis</i>) que consegue metabolizar dolomita em ambiente anóxico, hipersalino.
--	---

12. Dados complementares para a programação de visitas, se houver:

Dados complementares para a programação de visitas
--

13. Referências bibliográficas

Referências bibliográficas

ALVES, S.A.P.M.N. Estudo geomicrobiológico dos estromatólitos biscoit da lagoa Vermelha (Estado do Rio de Janeiro).. 2007. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BONTOGNALI, T. R.R. VASCONCELOS, C., WARTHMAN, R.J., DUPRAZ, C.; BERNASCONI, S.M., MCKENZIE, J.A. (2008) Microbes produce nanobacteria-like structures, avoiding cell entombment. *Geology*, v. 36; no. 8; p. 663666; doi: 10.1130/G24755A

BURNS, J.B.; MCKENZIE, J.A., VASCONCELOS, C. (2000) Dolomite formation and biochemical cycles in the Phanerozoic. *Sedimentology*, v. 47 supl. 1, 49-61.

CARVALHAL, S.B.V. Estudo da composição cianobacteriana em esteiras microbianas da Lagoa Vermelha, Neóquaternário, Rio de Janeiro, Brasil.. 2007. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DAMAZIO, C.M.; SILVA E SILVA, L.H., IESPA, A.A.C. & SENRA, M.C.E. Correlações entre Cianobactérias Endolíticas e Esteiras Microbianas Hipersalinas da Lagoa Pitanguiha, Neóquaternário do Rio de Janeiro, Brasil. 2005. *Geociências*, X (6): 11-16, dezembro.

DELFINO, D.O. Caracterização sedimentológica, química, cianobacteriana e interpretação paleoecológica dos tapetes microbianos do brejo do Espinho, Rio de Janeiro, Brasil. 2008. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

IESPA, A.A.C. Estudo sedimentológico e geomicrobiológico das esteiras algais da lagoa Pernambuco, Região dos Lagos (Estado do Rio de Janeiro).. 2005. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

IESPA, A.A.C. & SILVA E SILVA, L.H. Laminitos Microbianos e Cianobactérias na Lagoa Pernambuco, Neógeno do Rio de Janeiro, Brasil. 2005. *Revista da Universidade de Guarulhos - Geociências*, X (6): 5-10, dezembro de 2005 p. 5-10

IESPA DAMAZIO, C.M.. Estudo sedimentológico e geomicrobiológico das esteiras microbianas da lagoa Pitanguiha, Região dos Lagos, estado do Rio de Janeiro, Brasil. 2008. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós Graduação em Geologia) - Instituto de Geociências da UFRJ.

IESPA DAMAZIO, C. M. ; SILVA E SILVA, L.H. . Cianobactérias em esteiras microbianas coloformes da lagoa Pitanguiha, Rio de Janeiro, Brasil.. *Revista Brasileira de Paleontologia*, Rio Grande do Sul, v. 9, n. 1, p. 165-170, 2006.

FEDER, F. Caracterização sedimentológica e ecológica das esteiras microbiana da Salina Julieta, Araruama, RJ. 2010. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós Graduação em Geologia) - Instituto de Geociências da UFRJ.

LOPES, F.A.S. Estudo químico, geomicrobiológico e paleoecológico das esteiras microbianas do brejo do Pau Fincado, Rio de Janeiro, Brasil. 2007. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MCKENZIE, J.A. AND VASCONCELOS, C., 2009, Dolomite Mountains and the origin of the dolomite rock of which they mainly consist: historical developments and new perspectives: *Sedimentology*, v. 56, p. 205-219.

MOREIRA, N.F., WALTER, L.M., VASCONCELOS, C., MCKENZIE, J.A. AND MCCALL, P.J., 2004. Role of sulfide oxidation in dolomitization: Sediment and pore-water geochemistry of a modern hypersaline lagoon system, *Geology*, 32: 701-704.

SÁNCHEZ-ROMÁN, M., VASCONCELOS, C., WARTHMAN, R., RIVADENEYRA, M. AND MCKENZIE, J.A., 2007. Microbial dolomite precipitation under aerobic conditions: Results from Brejo do Espinho Lagoon (Brazil) and culture experiments, In: Swart, P.K., Eberli, G.P. and McKenzie, J.A., *Perspectives in Sedimentary Geology: A Tribute to the Career of Robert Nathan Ginsburg*, IAS Special Publication, in press.

SÁNCHEZ-ROMÁN, M., RIVADENEYRA, M., VASCONCELOS, C. AND MCKENZIE, J.A., 2007. Biomineralization of carbonate and phosphate by halophilic bacteria: Influence of Ca²⁺ and Mg²⁺ ions, *FEMS Microbiology Ecology*, 61: 273-284.

SANCHEZ-ROMAN, M., VASCONCELOS, C., SCHMID, T., DITTRICH, M., MCKENZIE, J.A., ZENOBI, R., AND RIVADENEYRA, M.A., 2008, Aerobic microbial dolomite at the nanometer scale: Implications for the geologic record: *Geology*, v. 36, p. 879-882.

SILVA E SILVA, L. H.; DAMAZIO, C.M.; IESPA, A.A.C. Composição cianobacteriana em trombólitos da lagoa Pitanguiha (Holoceno), Estado do Rio de Janeiro, Brasil. 2005 a. *GAEA*, 1(2):75-81, jul/dez. Unisinos.

SILVA E SILVA, L. H.; SENRA, M. C. E.; FARUOLO, T. C. L. M.; CARVALHAL, B. V.; ALVES, 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* 7(2): 193-198. Julho/Agosto

SILVA E SILVA, L.H.; IESPA, A.A.C.; DAMAZIO, C.M.; CARVALHAL, S.B.V. & ALVES, S.A.P.M.N. Confronto entre estruturas estromatolíticas domais (composição cianobacteriana) das lagoas Pernambuco e Salgada, Brasil. 2005, *Revista de Geologia*, Vol. 18, nº 2, 159-49, www.revistadegeologia.ufc.br

SILVA E SILVA, L.H.; ALVES, S.A.P.M.N. , IESPA, A.A.C.; IESPA, C. M. D. Incidência de cianobactérias em estruturas estromatolíticas *biscuit* na Lagoa Vermelha, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. 2007. *Revista de Geologia*, Vol. 20, nº 1, 31-36.

SILVA E SILVA, L.H.; DAMAZIO, C.M.; IESPA, A.A.C. Identificação de Cianobactérias em Sedimentos da Lagoa Pitanguiha, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. 2005 b. *Anuário do Instituto de Geociências UFRJ - ISSN 0101-9759* Vol. 28-1 / p. 92-100

SILVA E SILVA, L.H.; IESPA, A.A.C.; DAMAZIO, C. M. 2006 -Trombólitos e cianobactérias da Lagoa Pernambuco, Holoceno do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* ISSN 1519-5228. Volume 6- Número 2 - 2º Semestre.

SILVA E SILVA, L.H. ; LOPES, F. A. S. ; IESPA, A.A.C. ; IESPA DAMAZIO, C. M. ; DELFINO, D. O. . Cianobactérias em esteiras microbianas lisas do brejo do Pau Fincado, Rio de Janeiro, Brasil.. *Revista Universidade Guarulhos*, Guarulhos, v. 10, p. 111-121, 2006.

SILVA E SILVA, L.H. ; DELFINO, D. O. ; LOPES, F. A. S. ; IESPA, A.A.C. ; IESPA DAMAZIO, C. M. . Esteiras microbianas poligonais do brejo do Espinho,

RJ.. Revista de Geologia (Fortaleza), v. 19, p. 155-161, 2006.

SILVA E SILVA, L.H. ; IESPA, A.A.C. ; IESPA DAMAZIO, C. M. . Caracterização e composição cianobacteriana das esteiras microbianas lisas da lagoa de Araruama, Rio de Janeiro, Brasil. Gaea (Unisinos), v. 2, p. 74-79, 2006.

SILVA E SILVA, L.H. ; CARVALHAL GOMES, S. B. V. . Biolaminóides calcários holocênicos: o caso da lagoa Vermelha, Brasil.. Anuário do Instituto de Geociências (Rio de Janeiro), Rio de Janeiro, v. 28, p. 63-75, 2005.

SILVA E SILVA, L.H. ; IESPA DAMAZIO, C. M. ; IESPA, A.A.C. . Registro de biolaminóides poligonais na lagoa de Araruama, estado do Rio de Janeiro, Brasil.. Revista de Geologia (Fortaleza), Fortaleza, v. 18, n. 2, p. 153-158, 2005.

SILVA E SILVA, L.H. ; IESPA DAMAZIO, C. M. ; IESPA, A.A.C. . Identificação de cianobactérias em sedimentos da lagoa Pitanguiha, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências (Rio de Janeiro), Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 92-100, 2005.

SILVA E SILVA, L.H. ; CARVALHAL GOMES, S. B. V. ; ALVES, S. A. P. M. N. ; SHIMIZU, V.T. ; Santos, R.C. ; IESPA, A.A.C. ; SENRA, M.C E. . Composição microbiana das estruturas estromatolíticas da lagoa Vermelha (Rio de Janeiro) Brasil. Revista Brasileira de Paleontologia, Rio Grande do Sul, v. 7, n. 2, p. 189-192, 2004.

SILVA E SILVA, L.H. ; CARVALHAL GOMES, S. B. V. ; ALVES, S. A. P. M. N. ; SHIMIZU, V. T. ; Santos, R.C. ; IESPA, A.A.C. ; SENRA, M.C E. . Estruturas microbianas recentes da lagoa Pernambuco, estado do Rio de Janeiro, Brasil.. Revista Brasileira de Paleontologia, Rio Grande do Sul., v. 7, n. 2, p. 189-194, 2004.

SILVA E SILVA, L.H. ; SENRA, M.C E. . Novo registro de estromatólitos recentes no estado do Rio de Janeiro (Brasil): exemplo da Lagoa Pernambuco.. Revista Española de Paleontología, Espanha, v. 2, p. 183-188, 2001.

SILVA E SILVA, L.H. ; SENRA, M.C E. . Estudo comparativo de esteiras microbianas presentes em duas lagoas hipersalinas. Revista Universidade Guarulhos, Guarulhos -São Paulo., v. 2, n. Especial, p. 225-227, 2000.

SILVA E SILVA, L.H. ; IESPA, A.A.C. ; IESPA DAMAZIO, C. M. ; L.M.FARUOLO, T. C. . Levantamento das cianobactérias psâmicas em sedimentos superficiais marginais da lagoa Azul, Arraial do Cabo, Rio de Janeiro. Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ. Impresso), v. 31, p. 24-29, 2008.

SILVA E SILVA, L.H. ; FEDER, F. ; IESPA, A.A.C. ; IESPA DAMAZIO, C. M. ; DELFINO, D. O. ; LOPES, F. A. S. . Caracterização e levantamento cianobacteriano das esteiras microbianas coloformes em ambiente artificial (salina Julieta) Araruama, Brasil.. Revista de Geologia (Fortaleza), v. 21, p. 21-26, 2008.

SILVA E SILVA, L.H. ; SHIMIZU, V. T. ; IESPA, A.A.C. ; IESPA DAMAZIO, C. M. . Cianobactérias em esteiras microbianas coloformes da salina Praia Seca, Rio de Janeiro, Brasil. Revista Universidade Rural. Série Ciências da Vida, v. 28, p. 44-52, 2008.

SILVA E SILVA, L.H. ; LOPES, F. A. S. ; DELFINO, D. O. ; FEDER, F. . Chroococcales em esteiras microbianas em bolha do brejo do Pau Fincado, Rio de Janeiro, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ. Impresso), v. 30, p. 182-187, 2007.

SILVA E SILVA, L.H.; IESPA DAMAZIO, C. M.; IESPA, A.A.C. Estudo sedimentológico e geomicrobiológico das esteiras microbianas tipo filme da lagoa Pitanguiha, região dos lagos, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências (Rio de Janeiro), v. 31, p. 61-66, 2007.

SILVA E SILVA, L.H. ; Santos, R.C. ; IESPA, A.A.C. ; IESPA DAMAZIO, C. M. ; DELFINO, D. O. ; LOPES, F. A. S. . Cianobactérias planctônicas da lagoa Pitanguiha, RJ, Brasil. Revista Biociências (Taubaté), v. 13, p. 63-70, 2007.

SILVA E SILVA, L.H. ; IESPA, A.A.C. ; IESPA DAMAZIO, C. M. . Estromatólitos estratiformes da lagoa Pernambuco, Rio de Janeiro, Brasil.. Gaea (São Leopoldo. Impresso) (Cessou em 2007. Cont. 1983-3628 Gaea (São Leopoldo. Online)), v. 3, p. 87-92, 2007.

SILVA E SILVA, L.H. ; DELFINO, D. O. ; FEDER, F. ; LOPES, F. A. S. ; GUIMARAES, T. B. . Tapetes microbianos lisos estratificados do brejo do Espinho, RJ, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ. Impresso), v. 30, p. 175-181, 2007.

SILVA E SILVA, L.H. ; FEDER, F. ; DELFINO, D. O. ; LOPES, F. A. S. . Análise da composição cianobacteriana das esteiras pustulares em salina, Araruama, Rio de Janeiro.. Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ. Impresso), v. 31, p. 169-174, 2007.

SPADAFORA, A., PERRI, E., MCKENZIE, J.A., AND VASCONCELOS, C., 2010, Microbial biomineralization processes forming modern Ca:Mg carbonate stromatolites: Sedimentology, v. 57, p. 27-40.

VAN LITH, Y., VASCONCELOS, C., WARTHMAN, R., MARTINS, J.C.F. AND MCKENZIE, J.A. (2002) Bacterial sulfate reduction and salinity: two controls on dolomite precipitation in Lagoa Vermelha and Brejo do Espinho (Brazil). Hydrobiologia, 485, 2549.

VAN LITH, Y., WARTHMAN, R., VASCONCELOS, C. AND MCKENZIE, J.A. (2003a) Sulphate-reducing bacteria induce low temperature Ca-dolomite and high Mg-calcite formation. Geobiology, 1, 7179.

VAN LITH, Y., VASCONCELOS, C., WARTHMAN, R. AND MCKENZIE, J.A. (2003b) Microbial fossilization in carbonate sediments; a result of the bacterial surface involvement in carbonate precipitation. Sedimentology, 50, 237245.

VASCONCELOS, C.O., 1988, Sedimentologia e geoquímica da Lagoa Vermelha um exemplo de formação e diagênese de carbonatos. Dissertação de Mestrado, UFF, 87p.

VASCONCELOS, C.O. (1994) Modern Dolomite Precipitation and Diagenesis in a Coastal Mixed Water System (Lagoa Vermelha, Brazil): A Microbial Model for Dolomite Formation under Anoxic Conditions. PhD Thesis, Eidgenössische Technische Hochschule, Zurich.

VASCONCELOS, C., AND MCKENZIE, J.A., 2009, The Descent of Minerals, Science Perspectives, v. 323, p. 218-219.

VASCONCELOS, C.; MCKENZIE, J.A. (1997) Microbial Mediation of Modern Dolomite Precipitation and Diagenesis under Anoxic Conditions (Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brazil). Journal of Sedimentary Research, v. 67, n. 3, may 1997, 378-290.

VASCONCELOS, C. AND MCKENZIE, J.A., 2000, Sulfate reducers Dominant players in a low-oxygen world?, Science, 290: 1711-1712

VASCONCELOS, C., MCKENZIE, J.A., BERNASCONI, S.; GRUJIC, D.; TIENS, A.J. (1995) Microbial mediation as a possible mechanism for natural dolomite formation at low temperatures. Nature, v. 377, n. 21 september, 221-222.

VASCONCELOS, C., MCKENZIE, J.A., WARTHMAN, R. AND BERNASCONI, S., 2005. Calibration of the d18O paleo-thermometer with dolomite formed in microbial cultures and natural environments, Geology, 33: 317-320.

VASCONCELOS, C., WARTHMAN, R., MCKENZIE, J.A., VISSCHER, P.T., BITTERMANN, A.G. AND VAN LITH, Y. (2006) Lithifying microbial mats in Lagoa Vermelha, Brazil: modern Precambrian relics? Sediment. Geol., 185, 175183.

WARTHMAN, R., VAN LITH, Y., VASCONCELOS, C., MCKENZIE, J.A. AND KARPOFF, A.M, 2000, Bacterially induced dolomite precipitation in anoxic culture experiments, Geology, 28: 1091-1094.

WARTHMAN, R.J., VASCONCELOS, C. AND MCKENZIE, J. A., 2005. Desulfovibrio brasiliensis, sp. nov., a halotolerant sulfate-reducing bacterium mediating dolomite formation, Extremophiles, 9: 255-261

14. **Dados inseridos por:**

Responsável	Kátia L. Mansur
Função	
E-mail	
Telefones	
Created	17/08/2010
Modified	20/09/2010

Valoração

Valoração do Patrimônio Geológico

García-Cortés e Carcavilla (2009) apresentaram uma proposta para atualização do modelo de inventário espanhol e um esquema para valoração, o qual utiliza 4 classes em 2 grandes grupos para enquadramento dos geossítios: (a) **Interesse:** Científico, Didático e Turístico/Recreativo; e (b) **Proteção:** Vulnerabilidade. As tabelas abaixo mostram o esquema dos autores, o qual está sendo adotado para enquadramento do Patrimônio geológico fluminense, após avaliação de outros modelos publicados na literatura científica sobre o tema.

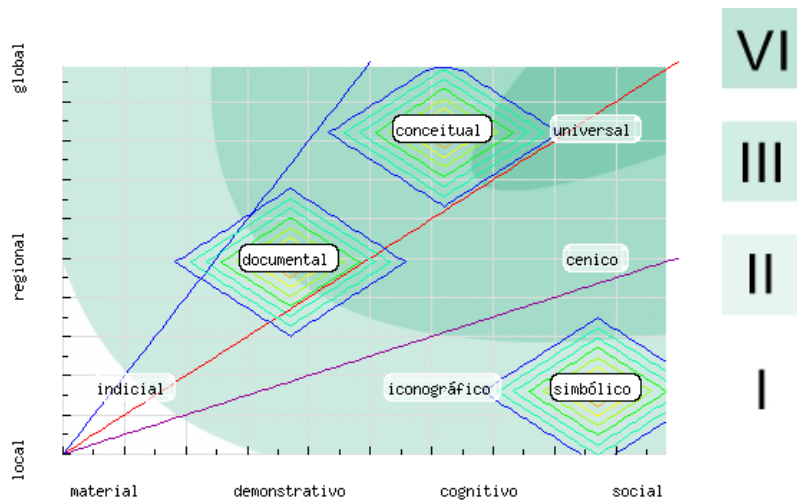
Classificação da Proteção => Necessária a médio prazo		
Figura de proteção específica	Símbolo e Valor	
Desnecessária	PPc, PPd, PPt ou PPG < 200	
Necessária a médio prazo	201 < PPc, PPd, PPt ou PPG < 500	
Urgente	PPc, PPd, PPt ou PPG > 501	

Interesse	Símbolo e Valor	
Científico	Ic = 360	(90%)
Didático	Id = 310	(77.5%)
Turístico-recreativo	It = 270	(67.5%)
Vunerabilidade	V = 125	(31.25%)

Propriedade de Proteção	Símbolo	Fórmula e Valor
Prioridade de Proteção pelo Interesse Científico	PPc	Ic + V = 485
Prioridade de Proteção pelo Interesse Didático	PPd	Id + V = 435
Prioridade de Proteção pelo Interesse Turístico-Recreativo	PPt	It + V = 395
Prioridade de proteção global	PPG	[(Ic+Id+It) / 3] + V = 438.33

Classificação segundo Reis e Henriques (2009):

Legenda Rank



Reis RP, Henriques MH (2009) Approaching an Integrated Qualification and Evaluation System for Geological Heritage. *Geoheritage*. Doi 10.1007/s12371-009-0002-0

Valoração

1. Representatividade

Melhor exemplo conhecido, no domínio geológico considerado, para representar, em sua totalidade, um processo

2. Carater de Localidade Tipo

Localidade de referência utilizada internacionalmente ou localidade tipo de fósseis ou biozonas de amplo uso científico

3. Raridade

Único exemplo conhecido a nível nacional (ou internacional)

4. Grau de Conhecimento científico do lugar

Investigado por equipes científicas, objeto de teses de doutorado e trabalhos em revistas científicas internacionais

5. Estado de Conservação

O lugar se encontra bem conservado, praticamente íntegro

6. Condições de observação

Perfeitamente observável em sua integridade com facilidade

7. Diversidade

Apresenta 3 ou mais tipos de interesse, além do principal, ou só dois, embora ambos relevantes

8. INFRAESTRUTURA LOGÍSTICA

Alojamento e restaurante para grupos de 40 pessoas a menos de 5 km

9. DENSIDADE POPULACIONAL (DEMANDA POTENCIAL IMEDIATA)

Entre 200.000 e 1.000.000 habitantes em um raio de 50 km

10. ACESSIBILIDADE

Acesso direto por rodovia asfaltada com estacionamento para ônibus

11. FRAGILIDADE INTRÍNSECA

Exposições quilométricas, dificilmente degradadas por atividades humanas

12. ASSOCIAÇÃO COM OUTROS ELEMENTOS DO PATRIMÔNIO NATURAL E/OU CULTURAL

Presença de vários elementos tanto do patrimônio natural quanto do cultural num raio de 5 km

13. ESPETACULARIDADE OU BELEZA

Utilizado ocasionalmente na iconografia turística a nível nacional ou internacional

14. CONTEÚDO DIVULGATIVO / USO DIVULGATIVO DETECTADO

Ilustra de maneira clara e expressiva a grupos de qualquer nível cultural sobre a importância ou utilidade da Geologia

15. POTENCIALIDADE PARA REALIZAR ATIVIDADES TURÍSTICAS E RECREATIVAS

É possível realizar duas destas atividades

16. PROXIMIDADE DE ÁREAS RECREATIVAS (DEMANDA POTENCIAL IMEDIATA)

Lugar situado a menos de 500 m de uma área recreativa

17. ENTORNO SOCIOECONÓMICO

Não se enquadra.

18. CONTEÚDO DIDÁTICO / USO DIDÁTICO DETECTADO

Ilustra conteúdos curriculares universitários

Parametros de valoração da vulnerabilidade do património geológico

1. AMEAÇAS ANTRÓPICAS

Lugar situado a menos de 100 m de uma estrada, a menos de 1 km de uma atividade industrial ou mineral, a menos de 2 km de solo urbano em cidades com menos de 100.000 habitantes ou a menos de 5 km de populações maiores

2. INTERESSE PARA EXPLOTAÇÃO MINERAL

Substância de pequeno ou moderado interesse e que já é explorada na região

3. AMEAÇAS NATURAIS

Não se enquadra.

4. FRAGILIDADE INTRÍNSECA

Exposições decamétricas não vulneráveis a visitas, porém sensíveis a outras atividades antrópicas mais agressivas

5. REGIME DE PROTEÇÃO DO LUGAR

Lugar com figura de proteção, porém não sujeita a plano de ordenamento e sem cuidados. Possui bens de interesse cultural por seu conteúdo paleontológico / arqueológico

6. PROTEÇÃO INDIRETA

Lugar facilmente acessível, mas distante de caminhos e camuflado pela vegetação

7. ACESSIBILIDADE (AGRESSÃO POTENCIAL)

Acesso direto por rodovia asfaltada com estacionamento para ônibus

8. DENSIDADE POPULACIONAL (AGRESSÃO POTENCIAL)

Mais de 100.000, porém menos de 200.000 habitantes num raio de 50 km

9. PROXIMIDADE DE ZONAS RECREATIVAS (AGRESSÃO POTENCIAL)

Lugar situado a menos de 5 km de área recreativa (campings, praias frequentadas etc)

10. REGIME DE PROPRIEDADE DO LUGAR

Lugar situado em áreas de propriedade pública e acesso restrito