



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



Análise dos Estromatólitos e sedimentos associados – Lagoa Salgada/RJ

Discente: Rafael Amaral Cataldo

Orientador (a): Profa. Dra. Fresia Ricardi-Branco

Campinas, 2011

Autor: Rafael Amaral Cataldo

Análise dos Estromatólitos e sedimentos associados – Lagoa Salgada/RJ

Orientador (a): Frésia Ricardi-Branco

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alessandro Batezelli

Prof. Dr. Giorgio Basilici

Campinas, Julho de 2011

*Aos meus pais, familiares e amigos,
pelo apoio e paciência imprescindíveis.
E a minha companheira e melhor amiga,
de longa data, Flávia Callefo,
sem a qual jamais teria sequer sonhado.*

“A maior batalha que eu travo é contra
mim mesmo.” (Napoleão Bonaparte)

“Nobody knows it but you got a secret smile,
And you use it only for me.” (Semisonics)

“There were birds in the sky
But I never saw them winging
No I never saw them at all
'Til there was you.” (The Beatles)

“Slide away and give it all you got.” (Noel Gallagher)

AGRADECIMENTOS

Neste momento em que consigo atingir mais um objetivo de vida, gostaria de agradecer às pessoas que de alguma forma contribuíram para que eu tivesse não somente a oportunidade, mas também, a força para correr atrás dos meus sonhos.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Gláucia e Dionísio, que entenderam num momento crucial da minha vida o porquê a mudança de área, que parecia repentina, mas não era. O ensino de valores como a educação e o respeito para com o próximo, seja qual for a posição social, raça, credo, etc. Isto simplesmente não tem preço!!! Isso não se aprende na escola e sim, é um valor que deve partir da família. Por isso me orgulho imensamente, apesar de nossas inúmeras divergências, de ser seu filho!!!

Gostaria também de agradecer as minhas avós (Carmelita e dona Doca), pela simplicidade e maneira de encarar problemas sempre com um olhar otimista, entre muitos outros ensinamentos e suporte. A minha tia Regina pelo amor e carinho sempre demonstrado para comigo e minha irmã. A minha irmã apesar de ausente por motivos diversos pelo seu amor, preguiçoso, mas sincero. As minhas tias e aos meus primos pela alegria demonstrada ao simplesmente viver.

Aos meus amigos paulistanos e itatibenses que entenderam os motivos que me levaram a me afastar um pouco durante esta longa jornada acadêmica. Aos meus companheiros de várias bandas do bom e velho rock'n'roll e futebol que mantiveram minha sanidade mental em dia.

Aos meus colegas de classe, especialmente, aos amigos Eliane, Larissa, Pedro, Pamela, Paola e Rogério pelas conversas jogadas ao ar, pelas risadas em momentos tristes e pelas discussões acerca deste abrangente universo geológico. Obrigado por todo apoio que vocês me deram durante estes cinco anos !

Aos técnicos de laboratório Cristiano e Érica, e funcionários do Ige, pela disposição e tempo imprescindíveis para a confecção deste trabalho.

Agradeço de forma especial a professora Fresia Ricardi-Branco pelo apoio, paciência e auxílio nas dúvidas e questionamentos surgidos ao longo deste trabalho. Gostaria de agradecê-la por exercer um papel cada vez mais escasso que é o de realmente orientar o aluno.

Ao professor Alexandre Vidal pela oportunidade em fazer iniciação científica. Também agradeço a alguns docentes do curso de Geologia pela influência no aprendizado teórico e prático das Geociências, em especial: Frésia Ricardi-Branco, Giorgio Basilici, Jacinta Enzweiler, Lena Monteiro, Pedro Wagner Gonçalves, Roberto Perez Xavier e Wanilson Silva.

Por último e não menos importante, a minha querida namorada Flávia Callefo que ao longo de oito anos divide alegrias, tristezas, esperanças e sonhos comigo. Obrigado por todo apoio e carinho demonstrado ao longo destes anos !

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	iv
Índice de Figuras.....	vi
Índice de Tabelas	viii
Resumo.....	ix
Abstract.....	x
1. Introdução	1
1.1 Objetivos e Justificativas.....	2
1.2 Área de Estudo	3
2. Materiais e Métodos.....	4
2.1 Atividades de Campo.....	4
2.2 Atividades de laboratório	5
3. Contexto Geológico.....	11
3.1 Bacia de Campos.....	12
3.2 Evolução da planície do rio Paraíba do Sul e formação da Lagoa Salgada.....	14
4. Estromatólitos.....	16
4.1 Ocorrências no Brasil.....	19
5. Resultados.....	21
5.1 Descrição Macroscópica dos Estromatólitos	21
5.2 Análise e Comparação dos sedimentos	23
5.3 Petrografia	29
5.3.1 Descrição Geral das Lâminas.....	29
5.3.2 Descrição das Lâminas: Porção inferior, intermediária e superior	30
5.3.2.1 Porção Inferior.....	30
5.3.2.2 Porção Intermediária.....	32
5.3.2.3 Porção Superior.....	32
5.3.3 Análises por Microscopia de Varredura Eletrônica (MEV).....	34
5.3.3.1 Análise com elétrons retroespalhados.....	34
5.3.3.2 Análise com elétrons secundários.....	37
6. Discussão dos Resultados	40
7. Conclusões	44
Referências Bibliográficas.....	45
Anexo.....	50

Índice de Figuras

Figura 1	pág. 3
Comparação visual entre amostra proveniente da Lagoa Salgada com amostra de sondagem do poço 3-RJS-646 (bloco BM-S-11), na região de águas ultraprofundas na bacia de Santos. (fonte: Papaterra, 2010).	
Figura 2	pág. 3
Mapa de localização da Lagoa Salgada/RJ.	
Figura 3	pág. 5
Local da primeira coleta de amostras estromatolíticas na Lagoa Salgada/RJ.	
Figura 4	pág 8
Localização dos níveis de retirada dos sedimentos incrustados junto às amostras de estromatólitos.	
Figura 5	pág 9
Metodologia utilizada no estudo dos sedimentos associados aos estromatólitos.	
Figura 6	pág 10
Desenho esquemático da coluna do MEV.	
Figura 7	pág 11
Espectro gerado pelo detector EDS.	
Figura 8	pág 13
Mapas Geológicos da região nordeste do Rio de Janeiro e Lagoa Salgada/RJ. (Modificados de Martin <i>et al.</i> , 1993 e Srivastava, 1999, respectivamente).	
Figura 9	pág 14
Carta Estratigráfica da Bacia de Campos (Fonte: Winter <i>et al</i> , 2007. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 511-529, maio/Nov).	
Figura 10	pág 17
Processos primários de mineralização envolvidos na deposição (gênese) de microbialitos. Processos secundários de cimentação podem ser superimpostos nestes (adaptado de Burne & Moore, 1997).	
Figura 11	pág 19
Alguns atributos necessários para o crescimento de estromatólitos. Notar episódios distintos de preenchimento entre as colunas (Sallun Filho <i>et al.</i> , 2008).	
Figura 12	pág 21
Mapa com a localização de exemplares de estromatólitos no Brasil. Destaque para os exemplares holocênicos da Lagoa Salgada/RJ, aqui indicados pelo número 1 (Sallun Filho, 2008).	
Figura 13	pág 23
Amostras de estromatólitos encontrados na Lagoa Salgada/RJ.	
Figura 14	pág 27
Gráficos denotando as porcentagens de inorgânicos, biogênicos e gastrópodes na borda Nordeste da Lagoa Salgada/RJ.	
Figura 15	pág 28

Gráficos denotando as porcentagens de inorgânicos, biogênicos e gastrópodes na borda Sudoeste da Lagoa Salgada/RJ.

Figura 16.....pág 31

Fotomicrografias de lâminas dos estromatólitos da Lagoa Salgada/RJ.

Figura 17.....pág 33

Fotomicrografias de lâminas dos estromatólitos da Lagoa Salgada/RJ.

Figura 18.....pág 38

Fotomicrografias eletrônicas de alguns elementos biogênicos encontrados na Lagoa Salgada/RJ.

Figura 19.....pág 39

Fotomicrografias eletrônicas de alguns elementos biogênicos encontrados na Lagoa Salgada/RJ.

Figura 20.....pág 43

Tipos de porosidade propostos por Choquette & Pray (1970) para rochas carbonáticas.

Índice de Tabelas

Tabela 1	pág 4
Parâmetros físico-químicos obtidos por alguns trabalhos realizados na Lagoa Salgada/RJ.	
Tabela 2	pág 25
Elementos Biogênicos encontrados nas cavidades dos estromatólitos da borda NE da Lagoa Salgada/RJ.	
Tabela 3	pág 25
Elementos Biogênicos encontrados nas cavidades dos estromatólitos da borda SW da Lagoa Salgada/RJ.	
Tabela 4	pág 35
Principais elementos encontrados utilizando EDS, expressados, em porcentagem. CP6/ 5A - Porção Inferior.	
Tabela 5	pág 35
Principais elementos encontrados utilizando EDS, expressados, em porcentagem. CP6/ 5A - Porção Intermediária.	
Tabela 6	pág 36
Principais elementos encontrados utilizando EDS, expressados, em porcentagem. CP6/ 5A - Porção Superior.	
Tabela 7	pág 36
Principais elementos encontrados utilizando EDS, expressados, em porcentagem. CP6/17B – Porção Inferior.	
Tabela 8	pág 37
Principais elementos encontrados utilizando EDS, expressados, em porcentagem. CP6/17B – Porção Intermediária.	
Tabela 9	pág 37
Principais elementos encontrados utilizando EDS, expressados, em porcentagem. CP6/17B – Porção Superior.	
Tabela 10	pág 41
Mineralogia de organismos encontrados na Lagoa Salgada/RJ. (modificado de Tucker, 2001).	

Resumo

O presente trabalho de conclusão de curso teve como objetivo o estudo e caracterização dos estromatólitos carbonáticos holocênicos e sedimentos associados localizados na Lagoa Salgada, RJ. Assim, foram obtidos dados macroscópicos, petrográficos e composicionais, além de caracteres morfológicos junto aos elementos biogênicos encontrados nos sedimentos.

O método utilizado baseia-se na serragem dos estromatólitos para visualização das estruturas internas e obtenção dos sedimentos encontrados nas cavidades e interstícios nas fases de crescimento destas estruturas. Após este procedimento realizou-se o peneiramento para separação dos sedimentos em três frações: maior que 1 mm; entre 1 mm e 0,5 mm e; menor 0,5 mm. As frações resultantes apresentam diferentes grupos biológicos, dos quais foram obtidas micrografias eletrônicas visando à classificação ao menor nível taxonômico possível. Também foram confeccionadas lâminas petrográficas com intuito de auxiliar no estudo mineralógico e dos elementos biogênicos presentes nos estromatólitos. Com a utilização destas lâminas petrográficas também foram realizados estudos composicionais por EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) ao longo das amostras estromatolíticas.

Os resultados mostraram que os sedimentos associados aos estromatólitos são representados por quartzo, calcita e micas, além de microgastrópodes da espécie *Heleobia australis d'Orbigny, 1835*, crustáceos das ordens Tanaidacea (família Apseudidae) e Amphipoda (famílias Talitridae e Sphaeromatidae), ostracodes, foraminíferos dos gêneros *Quinqueloculina sp.*, *?Elphidium* e *Globorotalia sp.*, colônias de briozoários, girogonites de carófitas, caules diminutos e sementes, entre outros. Através dos estudos petrográficos concluiu-se que os estromatólitos são constituídos principalmente por quartzo, variando de sub-angulares a sub-arredondados, com rara presença de feldspatos (microclínio e plagioclásio) e micas. A matriz, além dos minerais, geralmente é composta por pelóides e material orgânico. Os processos diagenéticos presentes são representados por cimentação e autigênese (calcita magnésiana), além de dissolução (denotada pela porosidade intrapartícula). Os tipos de porosidade encontrados são: intraparticular, interparticular, fenestral, formada por perfurações e vugular. Os elementos biogênicos são representados por *Heleobia australis*, ostracodes, foraminíferos e bivalves (família Verenidae). Em termos composicionais não foram encontradas variações significativas ao longo do desenvolvimento dos estromatólitos, tendo como elementos principais: oxigênio, carbono e cálcio com magnésio subordinado.

A ausência de colônias de briozoários, somados à maior ocorrência de foraminíferos na porção superior dos estromatólitos, indica que a lagoa teve uma mudança paulatina nos índices de salinidade.

Abstract

The present completion work aim the study and characterization of holocenic carbonate stromatolites and associated sediments located in Lagoa Salgada, RJ. Thus, we obtained macroscopic, petrographic, compositional as well morphological data among the biogenic elements found within the sediments.

The method was based on the sawdust of stromatolites for the visualization of internal structures and achievement of sediments found in the cavities and interstices of the growth stages of these structures. After this procedure the sediments were separated in three fractions: greater than 1 mm; between 1 mm and 0.5 mm and; less than 0.5 mm. The resultant fractions exhibited several biologic groups from which were obtained electronic micrographs aiming the classification to the possible minor taxonomic level. Petrographic laminas were also made to help the characterization of minerals and biogenic elements present in the stromatolites. These laminas were also used for compositional studies by EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) surveys along the stromatolite samples.

The results show that sediments are represented by quartz, calcite and micas. The biogenic elements are represented by microgastropods (*Heleobia australis* d'Orbigny, 1835) crustaceans of orders Tanaidacea (*Aapseudes* family) and Amphipoda (*Talitridae* and *Sphaeromatidae* families), ostracods, foraminifera (*Quinqueloculina* sp, ?*Elphidium* and *Globorotalia* sp), bryozoans colonies, girogonites of carophytas, tiny stems and seeds, among others. Through petrographic studies we concluded that the stromatolites are mainly composed by quartz, ranging from sub-angular to sub-rounded, with rare presence of feldspars (plagioclase and microcline) and micas. The matrix besides minerals is typically composed by organic material and peloids. The diagenetic processes are represented by cementation, autigenesis (magnesian calcite) in addition to dissolution (denoted by intraparticle porosity). The porosity types are: intraparticle, interparticle, fenestral, vugular and formed by drilling. The biogenic elements are represented by *Heleobia australis*, ostracods, foraminifera and bivalves (*Verenidae* family). In terms of composition we found no evidence of significant changes during the stromatolites development in Lagoa Salgada, having as its main elements: oxygen, carbon and calcium with magnesium subordinated. The absence of bryozoans colonies added to a greater occurrence of foraminifera in the upper portion of the stromatolites, indicates that Lagoa Salgada had a gradual change in salinity levels.

1. Introdução

Estromatólitos são definidos como estruturas biossedimentares laminadas atribuídas a união e aprisionamento de sedimentos pela ação química microbiana (cianobactérias, algas e fungos) em ambientes aquáticos rasos, principalmente marinhos, estando presentes desde o Arqueano até os dias atuais (Hofmann, 1973). Atualmente, existem duas vertentes sobre a definição exata de estromatólitos, pois estes também são considerados como icnofósseis, sendo produtos de atividades de microorganismos. Segundo Srivastava (2004), a primeira vertente definida por Walter (1976) e Awramik (1979), aponta que estromatólitos são estruturas biossedimentares produzidas pelo trapeamento ou pela captação e precipitação de sedimentos, sendo que a segunda, de acordo com Semikhatov *et al* (1979), considera que estromatólitos são estruturas litificadas, crescentes, laminadas e fixas, mas afastando-se de um ponto ou de uma superfície inicial, embora principalmente de origem microbiana e de composição carbonática. Geralmente ocorrem em carbonatos, sendo menos comuns em rochas siliciclásticas, silicosas, fosfatos, gipsita e em camadas associadas a depósitos de ferro e manganês. A maior parte ocorre em águas marginais rasas de bacias marinhas, lagos salinos/hipersalinos, além de mananciais termais. Ocorrem também em águas profundas, porém, não apresentam grande importância em termos volumétricos (Srivastava, 2004).

O estudo de estromatólitos no Brasil, de acordo com Silva e Silva (2002), teve o primeiro trabalho publicado através de Almeida (1944), no Grupo Açungui, no estado de São Paulo. A partir desta data foram realizados diversos trabalhos no país desde o Paleoproterozóico com Dardenne & Campos Neto (1975) e Souza & Muller (1984), em estudo realizado no Supergrupo Minas, até o Holoceno, com trabalhos recentes como os realizados por Lemos (1996), Srivastava (1999) e Silva e Silva (op.cit.). Esta autora ainda destaca que apenas pouco mais de 70 ocorrências de estromatólitos foram registradas no Brasil, tendo um grupo restrito junto à comunidade científica. Por exemplo, pode-se citar os trabalhos realizados por Rohn & Fairchild (1986), Fairchild (1989) e, recentemente, Sallun Filho & Fairchild (2004).

Estromatólitos holocênicos foram descritos na Lagoa Vermelha (RJ) por Silva e Silva *et al.* (2007), Spadafora *et al.* (2010), Vasconcelos *et al.* (2006), entre outros. O primeiro tem enfoque nas comunidades de cianobactérias presentes nos estromatólitos *biscuit*, enquanto o segundo foca na biomineralização microbiana que formam os estromatólitos carbonáticos. O terceiro estudo tem enfoque na gênese das laminações nas estruturas estromatolíticas. Segundo Silva e Silva *et al.* (2004), esta lagoa possui estromatólitos calcários do tipo *biscuit* e estratiformes.

Neste contexto os estromatólitos encontrados na Lagoa Salgada, localizada no nordeste do estado do Rio de Janeiro, são os únicos exemplares conhecidos no Brasil de idade holocênica tardia com variações colunares, domais e estratiformes, além de apresentar trombólitos e oncólitos

(Srivastava, 1999). Alguns trabalhos foram desenvolvidos na lagoa com enfoques distintos: estruturas estromatolíticas domais e estratiformes (Silva e Silva, 2007; Silva e Silva, 2008); estratigrafia através do estudo de testemunhos de sondagem (Lemos, 1996) e; na microestratigrafia através de estudos petrográficos (Iespa *et al.*, 2008), entre outros.

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) consiste no levantamento e análise de dados referentes aos estromatólitos e sedimentos associados encontrados na Lagoa Salgada/RJ, tanto nas cavidades entre as estruturas, como nos sedimentos incrustados na rocha, tendo, portanto, informações de caráter atemporal e temporal à formação destas estruturas.

1.1 Objetivos e Justificativas

A morfogênese das estruturas estromatolíticas é função de diversos fatores como: influência ambiental, biológica e ecológica (Burne & Moore, 1987). Desta maneira, com o estudo dos estromatólitos e sedimentos associados (minerais e elementos biogênicos), pretende-se levantar dados complementares à evolução da lagoa, visando o melhor entendimento de sua evolução e dos exemplares de estromatólitos holocênicos. Os processos de trapeamento e aglutinação destes sedimentos e/ou precipitação mineral são resultantes do crescimento e atividade metabólica de microorganismos (Awramick & Margulis, 1974). Assim, estes sedimentos podem fornecer dados referentes ao desenvolvimento destas camadas laminadas.

Portanto, estes dados, somados a análises petrográficas (mineralogia, tipos de porosidade e processos diagenéticos), quantificação de elementos e verificação de microestruturas por MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura), são de grande importância no entendimento desta rocha. De acordo com Estrella (2008 *apud* Papaterra, 2010 e Formigli, 2008), os reservatórios petrolíferos constituídos por microbialitos apresentam relevância exploratória e são ilustrados com os análogos recentes encontrados na Lagoa Salgada (Figura 1), assim justificando o interesse no estudo deste litotipo.

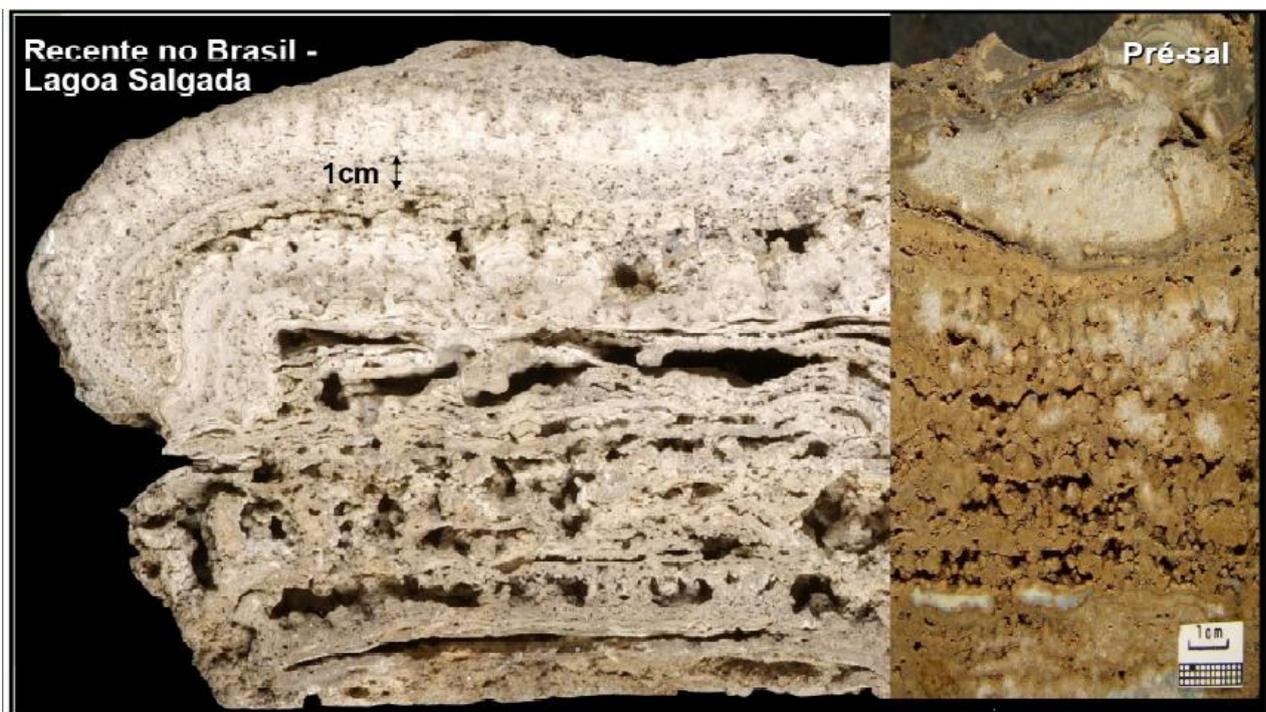


Figura 1. Comparação visual entre amostra proveniente da Lagoa Salgada/RJ com amostra de sondagem do poço 3-RJS-646 (bloco BM-S-11), na região de águas ultraprofundas na bacia de Santos. (fonte: Papaterra, 2010).

1.2 Área de Estudo

A Lagoa Salgada localiza-se entre os municípios de Campo dos Goytacazes e São João da Barra, no nordeste do estado do Rio de Janeiro (Figura 2), limitada às coordenadas 290.000 – 294.000 E e 7.577.660 – 7.573.252 N, aproximadamente. Segundo Srivastava (1999), a lagoa abriga as únicas ocorrências de estromatólitos carbonáticos colunares, domais, estratiformes, além de trombólitos e oncólitos, todos de idade holocênica tardia do Brasil e, provavelmente, de toda a América Latina.

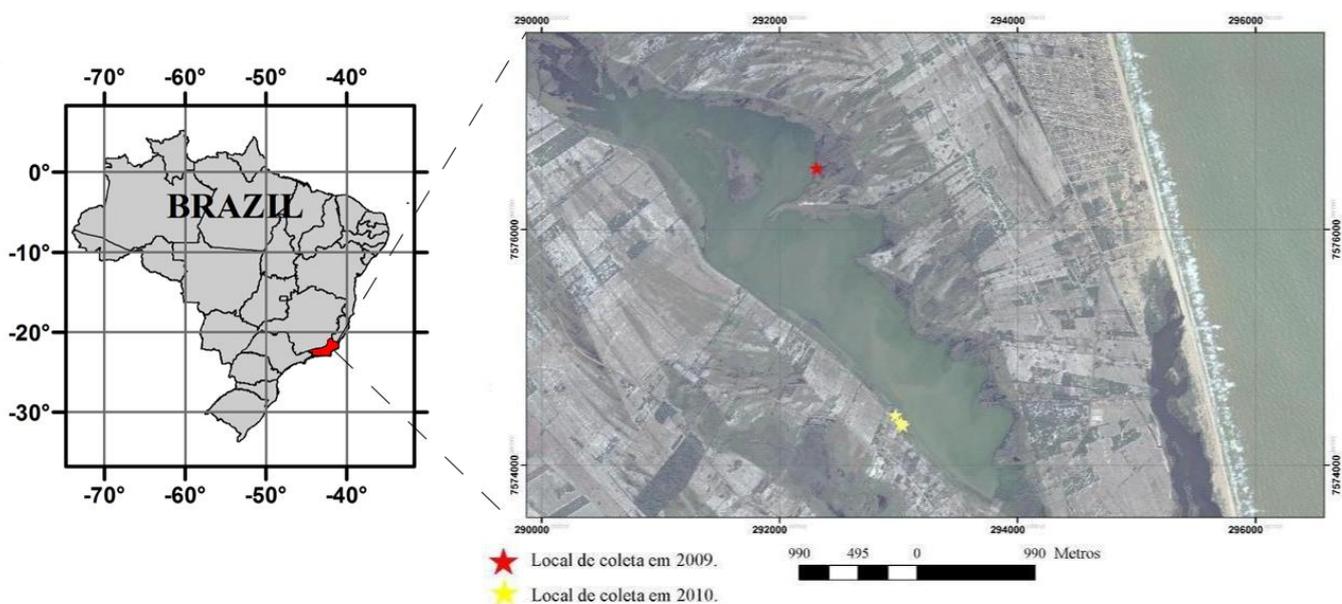


Figura 2: Mapa de localização da Lagoa Salgada/RJ.

Esta lagoa encontra-se junto à porção terrestre da bacia de Campos, sendo integrante do complexo deltáico do rio Paraíba do Sul (Dias & Gorini, 1980).

A gênese da lagoa está relacionada a oscilações do nível do mar entre 3.900 e 3.600 anos A.P., numa fase de erosão costeira (Martin *et al.*, 1993). De acordo com Rodrigues *et al.* (1981), pela análise dos foraminíferos em testemunhos, confirmou-se que a lagoa sofreu passagem de ambiente marinho a lagunar.

Os parâmetros físico-químicos da lagoa indicam que esta possui altos valores de salinidade, pH levemente alcalino, além de valores de condutividade e oxigênio dissolvido variáveis (tabela 1).

Autor	Parâmetros Físico-Químicos				
	Temperatura (°C)	Salinidade (‰)	Oxigênio (mg/L)	pH	Condutividade (µS/cm)
Lemos (1996)	27 - 32	----	0,5 – 7,0 (borda) 9,0 – 14,0 (meio)	8,0 – 9,1	----
Srivastava (1999)	28 - 31	63,5	3,2 – 3,6	8,7 – 9,7	52.000 – 86.200
Silva e Silva <i>et al.</i> (2007)	26,91	64,7	3,7	8,74	50.000

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos obtidos por alguns trabalhos realizados na Lagoa Salgada/RJ.

2. Materiais e Métodos

2.1 Atividades de Campo

As amostras de estromatólitos estudadas neste trabalho foram coletadas em duas visitas de campo realizadas no dia 14/08/09 e entre os dias 10 e 13/09/2010 (Figura 2). No total foram coletadas 22 amostras, sendo 13 na primeira coleta e nove na segunda visita à lagoa. Destas nove, duas são referentes aos sedimentos coletados em torno dos estromatólitos e no meio da lagoa.

Inicialmente foi realizada, entre os dias 13 e 15 de agosto de 2009, uma viagem de campo às lagoas Salgada e Vermelha, como parte de um projeto do convênio Unicamp – Petrobrás, denominado Rede Temática em Caracterização e Modelagem Geológica de Reservatórios (CARMOD). No campo foram coletados estromatólitos domais e foram observadas esteiras microbiais com lâminas de cores escuras e aspecto gelatinoso, localizando-se junto às bordas da lagoa, como descrito por Srivastava (1999). Nesta primeira viagem, todas as amostras foram coletadas junto a uma porção emersa acessível somente por meio de embarcação, localizada na porção central da lagoa junto à margem nordeste (Figura 3). Estas amostras possuem tamanhos variando de 11,5 centímetros até, aproximadamente, 56 centímetros de comprimento por 8,5 até 30 centímetros de largura. A altura das estruturas varia pouco entre, aproximadamente, 14 centímetros

até 16,5 cm.

Na segunda viagem a campo foram coletados estromatólitos e esteiras algálicas da margem sudoeste da lagoa. Também foram coletados sedimentos que rodeavam os estromatólitos e sedimentos localizados no meio da lagoa. Estes estromatólitos possuem comprimento de 23 a 37 centímetros e largura de 13,5 a 29,5 centímetros. A altura das estruturas estromatolíticas varia entre oito e 16,5 centímetros. Também foram coletados exemplares vivos para a classificação de microgastrópodes da espécie *Heleobia australis d'Orbigny*, 1835, crustáceos da ordem Tanaidacea, crustáceos da subordem Gammaridae e crustáceos da ordem Isopoda, animais que habitam as margens da lagoa.



Figura 3: Local da primeira coleta de amostras estromatolíticas na Lagoa Salgada/RJ.

2.2 Atividades de laboratório

Todas as amostras de estromatólitos coletadas em campo foram devidamente numeradas e incluídas no Acervo de Paleontologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) dentro da Coleção de Pesquisa 6 - Icnofósseis (CP6).

Após esta fase, a primeira etapa do trabalho consistiu na retirada dos sedimentos encontrados junto aos estromatólitos. Cada amostra destes sedimentos foi alocada em uma sacola plástica para coleta e conservação. Todos os sedimentos, tanto os encontrados nos estromatólitos como aqueles coletados nos arredores da lagoa, com exceção feita aos incrustados, foram estudados em um volume de 10cm³. Este volume representa um padrão em estudos realizados em microfósseis. Cada sub-amostra gerada foi fracionada por peneiramento em três porções de areia referentes à escala de Wentworth: maior que 1 milímetro; entre 1 mm e 0,50 mm e; menor que 0,50

mm. Assim, no decorrer deste procedimento, foram geradas 66 frações que foram pesadas na balança CG ZIBROR EZ 600 e, posteriormente, estudadas (ver tabela 1 em anexo).

A seguir as amostras CP6/5, CP6/6, CP6/10, CP6/11, CP6/12, CP6/13, CP6/14, CP6/15, CP6/16 CP6/17, CP6/20, CP6/21 e CP6/25 foram serradas, o que permitiu melhor visualização das estruturas internas como, por exemplo, as laminações. Assim, foram geradas sub-amostras denominadas CP6/A, CP6/B e assim por diante. Desta maneira, foram coletados sedimentos junto aos interstícios das sub-amostras CP6/5A, CP6/6A, CP6/14B (borda nordeste da lagoa), CP6/17A, CP6/21A e CP6/25A (borda sudoeste da lagoa). O procedimento consistiu em coletar sedimentos incrustados bem delimitados nas sub-amostras com auxílio de uma pequena espátula nos intervalos definidos como inferior, intermediário e superior, com intuito de compará-los e verificar se haviam distintas fases durante a evolução das estruturas estromatolíticas (Figura 4). Assim, foram geradas 18 amostras de sedimentos incrustados nas porções intersticiais.

O método consistiu na triagem dos sedimentos em grupos, através da utilização de quadrículas desenhadas em papel escuro, subdivididas em quadrados de 1 x 1 cm e colocada por baixo de uma placa de Petri. Assim, os sedimentos foram separados por cela num método equivalente a contagem modal realizada em lâminas petrográficas.

Após os procedimentos de triagem e colagem dos elementos encontrados, foi realizada uma separação em dois grupos: Orgânicos e Inorgânicos. O primeiro grupo foi subdividido entre microgastrópode e o restante dos elementos biogênicos. Esta subdivisão deveu-se à importância qualitativa e quantitativa, ou seja, além dos microgástrópodes serem organismos pastadores de esteiras microbianas influenciando diretamente no crescimento das mesmas e, conseqüente evolução das estruturas estromatolíticas, são extremamente abundantes quando comparados a outros grupos biológicos presentes nos sedimentos coletados. No grupo dos Inorgânicos foram também considerados fragmentos da rocha, mesmo que contendo elementos biogênicos, devido ao fato de já estarem litificados, além da clara diferença de peso entre minerais (maior) e fragmentos orgânicos (menor).

Após este processo os sedimentos de cada amostra foram alocados em repositórios identificados com número, granulometria e grupo pertencente e, posteriormente, foram pesados para confecção de gráficos, para melhor visualização da participação de cada grupo junto aos sedimentos coletados (Figura 5). Logo após esse procedimento foram confeccionados gráficos das porcentagens mediante a utilização dos softwares EXCEL e INKSCAPE.

Para análise dos sedimentos (minerais e elementos biogênicos) foi utilizado microscópio estereoscópico ZEISS Stemi DV4 (aumento de 8 a 32 x). Os elementos biogênicos foram separados e agrupados de acordo com sua classificação biológica, colados com goma arábica em celas numeradas (lâminas de Franke), identificadas com número e granulometria correspondente a cada

amostra, totalizando 23 lâminas. Posteriormente, estas foram fotografadas pela câmera AXIO CAM acoplada ao microscópio Stemi SV6 – Zeiss para estudo dos elementos biogênicos junto ao software AXIO VISION 4.6.

Ainda com relação aos elementos biogênicos, foi realizada uma estimativa da frequência junto aos sedimentos estudados. A quantificação precisa não foi possível devido ao fato de alguns organismos estarem fragmentados como, por exemplo, os crustáceos da ordem Tanaidacea e os ostracodes (Cyprideis), estes encontrados, por vezes, com somente uma de suas valvas preservada.

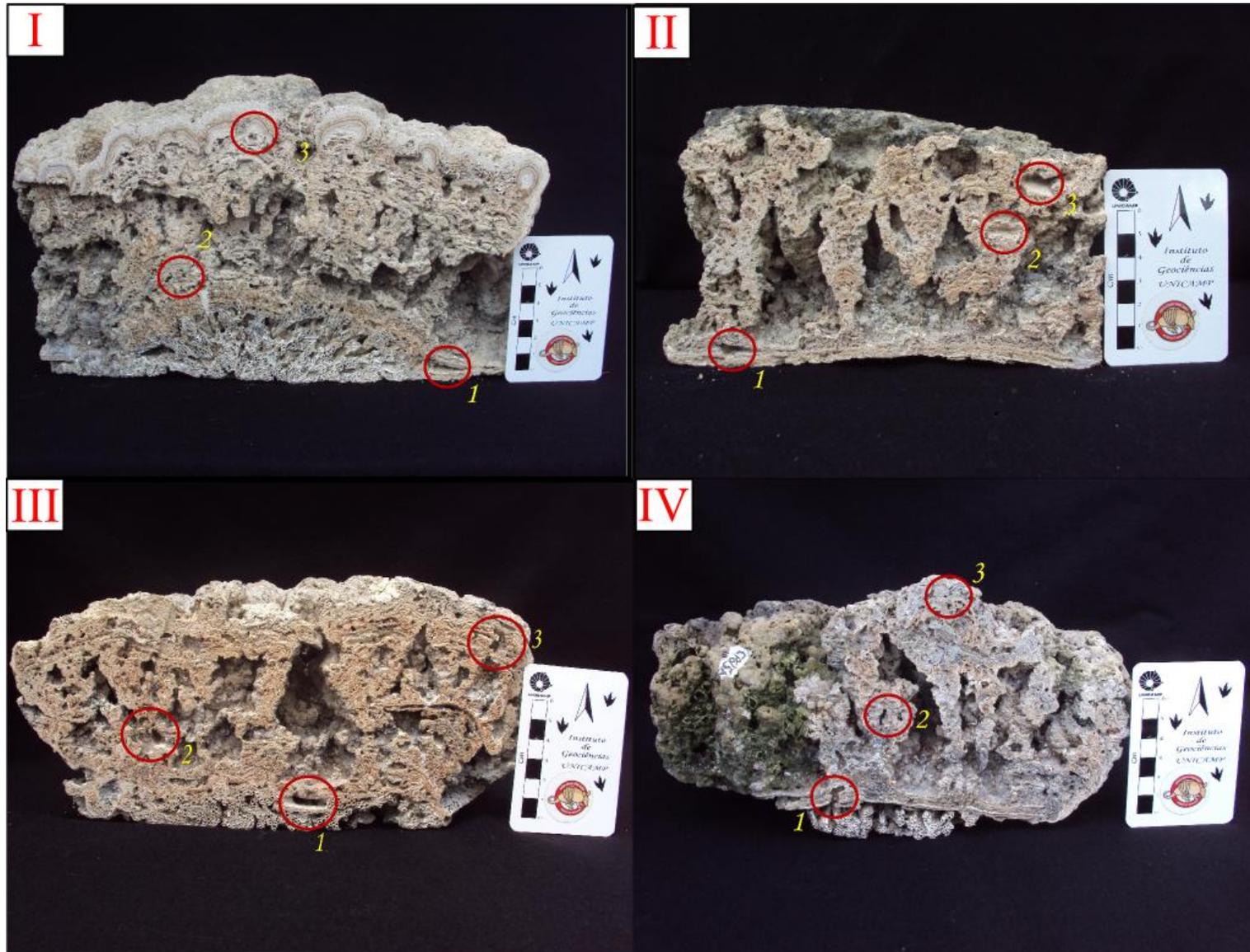


Figura 4: Localização dos níveis de retirada dos sedimentos incrustados junto às amostras de estromatólitos.

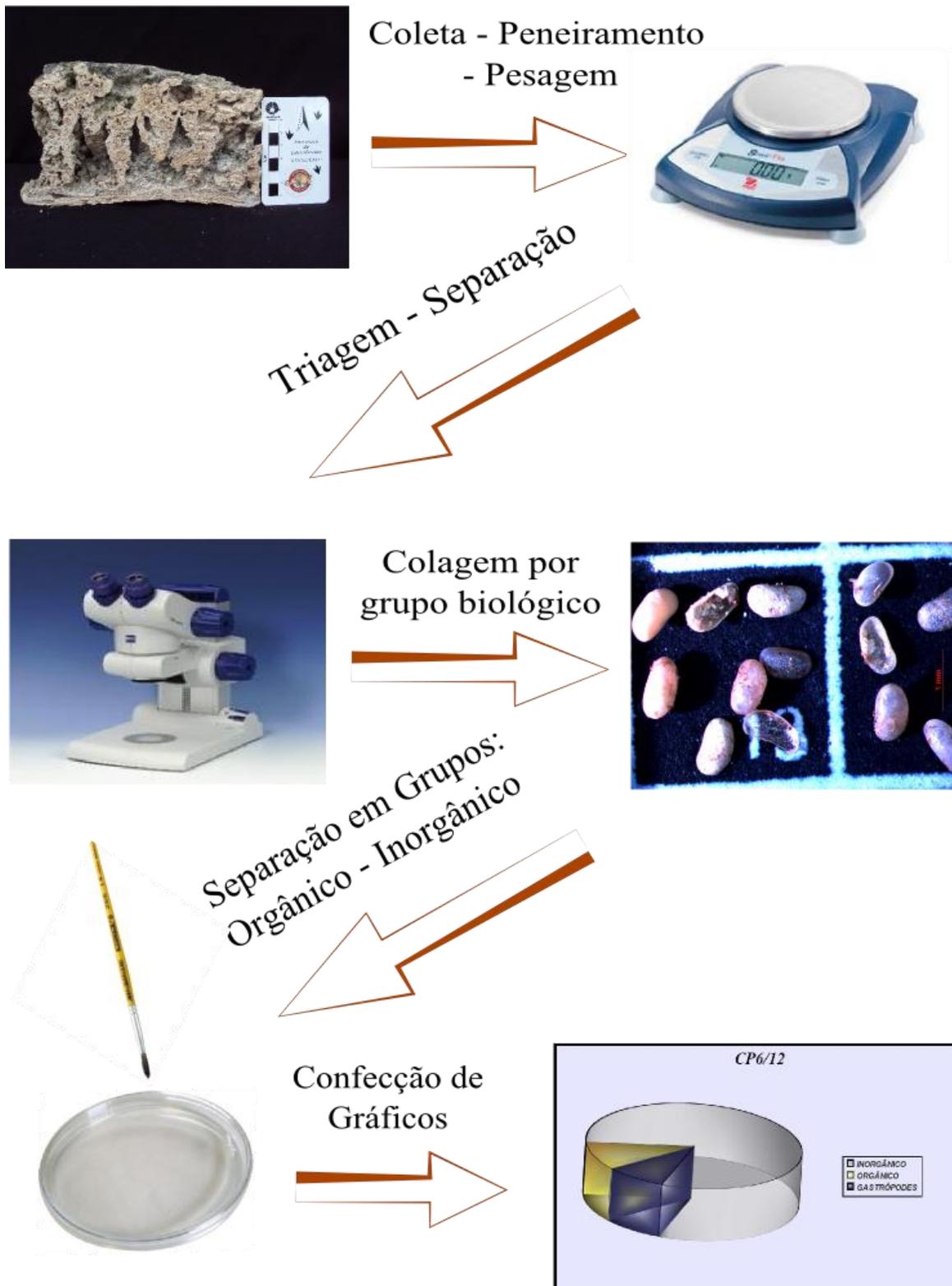


Figura 5: Metodologia utilizada no estudo dos sedimentos associados aos estromatólitos.

Posteriormente à coleta dos sedimentos junto aos estromatólitos, as amostras CP6/5A, CP6/6A, CP6/14B, CP6/17, CP6/21 e CP6/25 foram levadas ao Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências da Unicamp. Foi confeccionado o total de 18 lâminas, sob supervisão, referentes às porções inferior, intermediária e superior, como explicado anteriormente. Assim, foram

obtidas três lâminas por amostra, fornecendo o total de nove lâminas para cada borda da lagoa.

A confecção das lâminas teve como intuito verificar quais minerais e elementos biogênicos se encontravam nas amostras. Também teve como objetivo verificar quais processos diagenéticos foram atuantes nos estromatólitos ao longo de sua evolução. Para a elaboração das lâminas delgadas obtidas a partir das amostras dos estromatólitos CP6/5A, CP6/14B e CP6/21 aplicou-se epoxy azul a fim de se obter uma melhor visualização da geometria dos espaços porosos, facilitando a análise e classificação dos mesmos.

As lâminas foram analisadas junto aos microscópios petrográficos Zeiss e Leica, pertencentes ao Departamento de Geologia e Recursos Naturais do Instituto de Geociências da Unicamp. Foram retiradas micrografias com a câmera Leica EC 3 junto ao software LAS EZ versão 1.7, das porções mais significativas para o presente estudo.

O último método do projeto consistiu na realização de análises por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), para quantificação de elementos químicos presentes nas possíveis fases de evolução dos estromatólitos (Figura 6). Nesta etapa, foram utilizadas as lâminas delgadas confeccionadas para os estudos petrográficos.

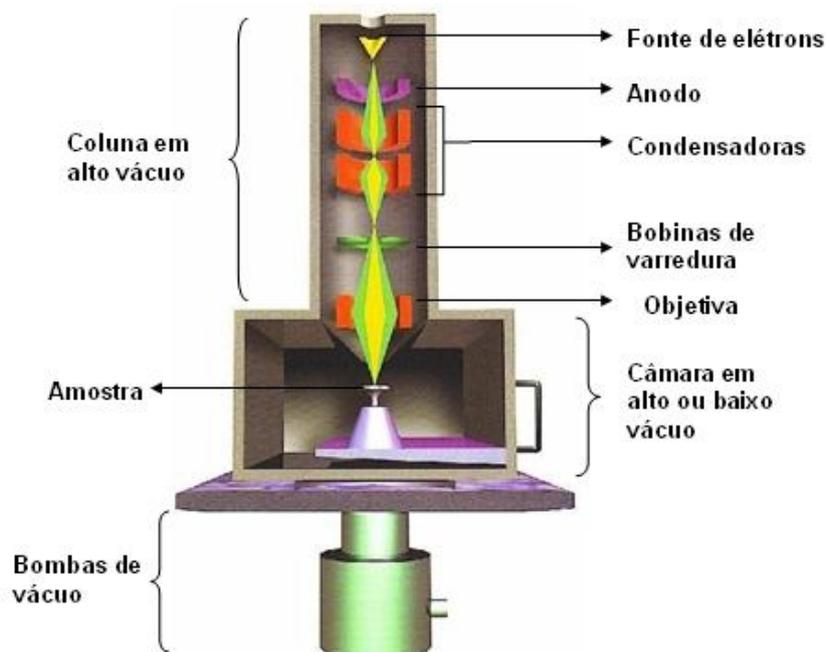


Figura 6: Desenho esquemático da coluna do MEV (disponível em: <http://fap.if.usp.br/~lff/mev.html>. Consultado em: 13/06/11 às 10 horas).

Primeiramente, foram removidas marcas de digitais, gordura e poeira das lâminas, utilizando-se acetona. Na sequência, foi realizado o processo de metalização devido às amostras em questão não serem condutoras de elétrons. Este procedimento consistiu na aplicação de uma fina camada de carbono (C), de modo que os elétrons podiam ser conduzidos através da superfície para

seu aterramento, assim não prejudicando a visualização da lâmina. O equipamento utilizado foi o metalizador QUORUM QISOTES, que vaporiza uma película de grafite na superfície das lâminas. Ao final deste processo, as lâminas ficaram prontas para serem analisadas pela varredura digital, controlada por meio do software Labbok, desenvolvido pela Carl Zeiss.

Neste trabalho foi utilizado o detector de elétrons retroespalhados, que deu ênfase nas diferenças composicionais para adquirir as imagens, e o detector EDS (Energy Dispersive Spectroscopy), para caracterizar e quantificar os elementos presentes nas amostras. O método se baseia na incidência de um feixe de elétrons sobre um mineral, excitando os elétrons mais externos dos átomos, os quais mudam de níveis energéticos. Ao retornarem ao estado fundamental, liberam a energia adquirida, que é emitida em comprimento de onda no espectro de raios-X. Um detector instalado na câmara de vácuo do MEV mede a energia associada a esse elétron. Os fótons são assim identificados e quantificados pelo detector de raios-X, localizado dentro da câmara de vácuo. Assim, através do software Labbok, gerou-se o espectro de um determinado tiro relacionando o número de contagens por segundo em função da energia (keV), identificando os elementos químicos presentes na amostra (Figura 7). Os elétrons de um determinado átomo possuem energias distintas e, assim, é possível, no ponto de incidência do feixe, determinar quais elementos químicos estão presentes naquele local, sendo então possível identificar quais minerais ou materiais estão sendo observados.

Também foi utilizado o detector de elétrons secundários, cujo sinal reflete melhor o relevo superficial fornecendo imagens para estudos de caracterização morfológica dos elementos biogênicos encontrados.

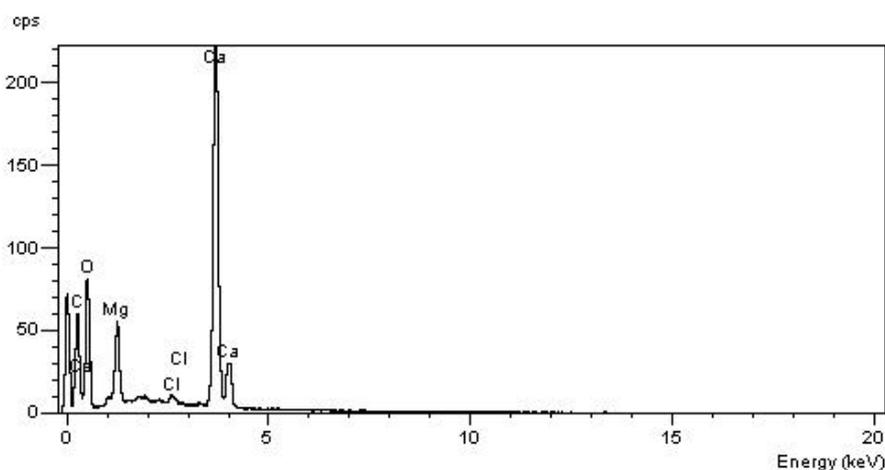


Figura 7: Espectro gerado pelo detector EDS.

3. Contexto Geológico

O estado do Rio de Janeiro possui contexto geológico abrangendo rochas desde o Arqueano (Complexo Mantiqueira – Gnaisses do tipo TTG intercalados por anfibolitos) até depósitos

quaternários representados por terraços arenosos pleistocênicos e holocênicos (Figura 8). A Lagoa Salgada encontra-se na porção emersa da Bacia de Campos junto a estes terraços, localizada ao nordeste do estado, tendo sua formação associada ao desenvolvimento do complexo deltáico do rio Paraíba do Sul (Raja Gabaglia & Milani, 1990).

Assim, neste tópico será apresentado um breve resumo sobre a origem e evolução tectono-sedimentar da Bacia de Campos, o desenvolvimento da planície do rio Paraíba do Sul e, conseqüentemente, a formação da Lagoa Salgada.

3.1 Bacia de Campos

A Bacia de Campos possui área de cerca de 100.000 km² e localiza-se entre o litoral norte do Rio de Janeiro e litoral sul de Espírito Santo. Esta bacia é limitada a norte pelo Arco de Vitória e a sul pelo Arco de Cabo Frio, possuindo mais de 90% das reservas petrolíferas atuais (Winter *et al.*, 2007). A origem da Bacia de Campos está relacionada à ruptura crustal do continente Gondwana, sendo característica de margem distensiva (Dias *et al.*, 1990) com evolução dividida dentro das seqüências Continental, Transicional e Megaseqüência Marinha (Figura 9). De acordo com os mesmos autores pode-se, individualizar três unidades segundo suas características tectono-sedimentares descritas sucintamente abaixo:

a-) Seqüência Continental (Fase Rifte) – Neocomiano: Possui rochas vulcânicas (basaltos da Formação Cabiúnas) e rochas clásticas (associadas à deposição dos sedimentos terrígenos e carbonáticos que originaram as rochas da Formação Lagoa Feia) afetadas pelo tectonismo distensional durante a fase de rifteamento. Há presença de um sistema de *rift valleys* alongados na direção SO-NE com *horsts*, grabens e meio-grabens, limitados por falhas sintéticas e antitéticas. A Falha-Charneira de Campos separa a área de ocorrência das rochas sedimentares cretáceas da área de embasamento raso.

b-) Seqüência Transicional (Andar Alagoas): O ambiente tectônico foi pouco atuante com reativação de falhas somente em caráter local. Ocorre expressiva sedimentação aluvial de conglomerados e lamitos que gradam lateralmente à sedimentação carbonática, representada por carbonatos nodulares e estromatolíticos. O topo é caracterizado pela deposição de rochas evaporíticas (halitas e anidritas da Formação Lagoa Feia) que recobrem espessa seção clástica, marcando a passagem de ambiente continental a marinho.

c-) Megaseqüência Marinha – Albiano ao Recente: Esta megaseqüência é subdividida em três seqüências – Carbonática Nerítica Rasa; Oceânica Hemipelágica; Oceânica Progradante – sendo caracterizada por uma fase inicial de mar raso com seqüências carbonáticas que gradam para rochas siliciclásticas de águas profundas ao final do Cretáceo. Nesse período houve intensa atividade halocinética, além da formação de estruturas adiastróficas.

Mapa Geológico da Região Nordeste do Rio de Janeiro

Mapa Geológico - Lagoa Salgada/ RJ

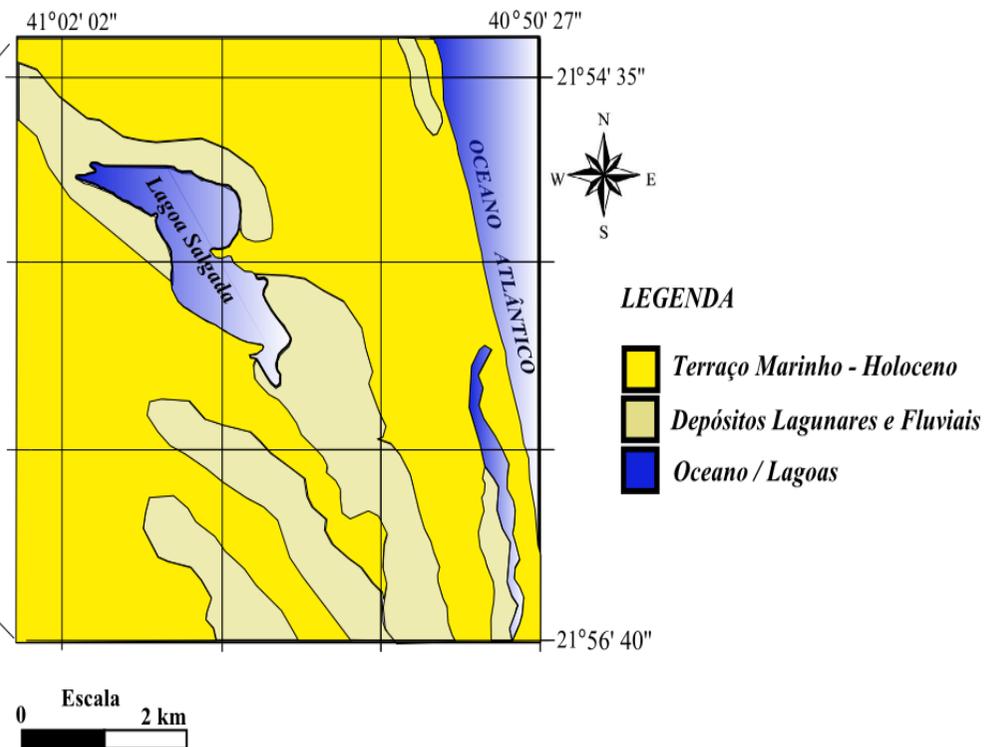
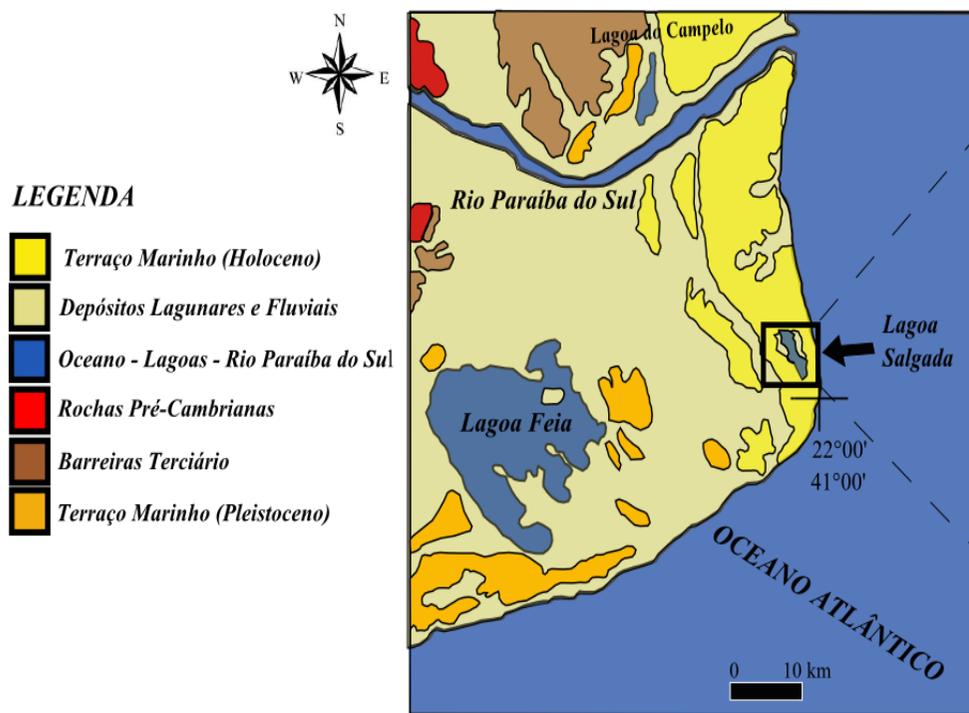


Figura 8: Mapas Geológicos da região nordeste do Rio de Janeiro e Lagoa Salgada/RJ. (modificados de Martin *et al.*, 1993 e Srivastava, 1999, respectivamente).

km (E-W). Segundo os mesmos autores é possível o reconhecimento de quatro fases evolutivas da planície, descritas a seguir:

a) 1ª Fase: O nível do mar relativo seria superior ao atual, cerca de $8m \pm 2m$, há 120.000 anos A.P., correspondente ao último nível de transgressão. Nesta fase seriam desenvolvidos numerosos corpos lagunares.

b) 2ª Fase: O nível do mar relativo desceu, criando condições para a construção de terraços arenosos recobertos por cordões litorâneos encostados na Formação Barreiras.

c) 3ª Fase: Em 18.000 anos A.P. houve rápida ascensão do nível relativo do mar, coincidente com o alcance máximo da última glaciação que atingiu o hemisfério norte, causando erosão de grande parte da porção de cordões litorâneos pleistocênicos. Assim, a partir de 7.000 anos A.P., iniciou-se a gênese da planície costeira Holocênica. As áreas mais baixas da Formação Barreiras e vales escavados nos terraços pleistocênicos foram invadidos formando-se lagunas alongadas junto à costa.

d) 4ª Fase: Após 5.100 anos A.P., houve novo abaixamento relativo do nível marítimo, onde ocorreu transferência de areias da plataforma continental interna para a praia. Estas areias foram retrabalhadas pelas correntes de deriva litorânea, contribuindo para a construção dos terraços holocênicos.

Em contrapartida aos resultados apresentados nesta última fase, os dados obtidos através de datações em detritos de madeira, conchas e vermitídeos, indicam aumento de três a quatro metros do nível relativo do mar (NRM) entre 5.800 e 5.000 anos A.P, com decréscimo contínuo até os níveis atuais (Angulo *et al.*, 2006 *apud* Dias & Kjerfve, 2008).

A Lagoa Salgada encontra-se na planície costeira formada pelos terraços arenosos de idade Holocênica, a sul da foz do rio Paraíba do Sul (Raja Gabaglia & Milani, 1990). De acordo com Dias & Kjerfve (2008), vários autores (Dias 1981, 1984a, b; Maia *et al.* 1984, Silva 1987; Turcq *et al.*, 1999; Muehe, 2006) estudaram estes terraços, atribuindo sua formação a períodos regressivos do NRM. Contudo, segundo estes autores, existem controvérsias e discordâncias quanto às idades, pleistocênica ou holocênica, das características geomorfológicas da área.

Martin *et al.* (1997) definem 13 estágios de construção e erosão ocorridas durante a evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul. A formação da Lagoa Salgada estaria ligada a segunda fase de erosão (6º estágio) na qual, através de uma inversão hidrodinâmica de ondas eficazes provenientes do setor nordeste pelo setor sul somadas à elevação do nível do mar, teriam provocado um deslocamento de ilhas-barreiras e, conseqüentemente, a formação das lagunas do Cabo São Tomé.

A análise de sedimentos retirados de testemunhos de sondagens confirma a presença de foraminíferos junto a areias marinhas de textura média a grossa, indicando transição de ambiente

marinho a lagunar. Acima deste pacote arenoso encontram-se os estromatólitos carbonáticos (Rodrigues *et al.*, 1981 *apud* Srivastava, 1999 e Lemos, 1995). Segundo Lemos (1996) a sequência lagunar é formada pela fácies de lama plástica cinza clara com níveis carbonáticos, lama orgânica e lama com microgastrópodes. Estas lentes carbonáticas teriam sido depositadas devido à associação da redução da pluviosidade e aumento da evaporação. O mesmo autor, através de datação em conchas coletadas junto aos sedimentos marinhos, indica idades no Holoceno tardio entre 3060-2930 anos A.P. para a formação da lagoa.

Dias & Kjerfve (2008) concluíram que as barreiras das planícies costeiras localizadas a nordeste do estado do Rio de Janeiro são relacionadas a delta dominado por ondas. Ao sul do Cabo de São Tomé estas feições são relacionadas a um sistema de paleocanais pleistocênicos formados pela evolução do rio Paraíba do Sul, enquanto as barreiras ativas a norte são constituídas pelo curso moderno do rio. Os autores completam que através de diversos dados foi possível a confirmação da continuidade de um ambiente prodelta lamoso sobreposto por areias provenientes de frente deltáica.

4. Estromatólitos

Os termos estromatólito e oólito foram introduzidos por Ernst Louis Kalkowsky em 1908, no trabalho intitulado “*Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein*”, publicado no jornal da sociedade alemã de geologia “*Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*” (Reitner *et al.*, 2008). No trabalho, desenvolvido na Bacia Subhercynian de idade triássica, Kalkowsky sugeriu que estas estruturas seriam depósitos organosedimentares, tendo contribuído para pesquisas posteriores sobre estruturas estromatolíticas (Gehler & Reich, 2008). Ao contrário de trabalhos anteriores, cujos autores acreditavam que estromatólitos tinham origem animal, Kalkowsky acreditava que estes tinham origem vegetal, apesar de não identificar os organismos (Riding, 1999). Até a década de 1950, o termo estromatólito não era muito utilizado no meio científico. O interesse maior surgiu nos anos 60 e 70, onde diversos autores revisaram os conceitos envolvidos no desenvolvimento dos estromatólitos (Riding, *op. cit.*).

Burne & Moore (1987) criaram o termo “Microbialito” e definiram como sendo depósitos organosedimentares formados pela interação entre comunidades microbianas bênticas e sedimentos detríticos ou químicos (Figura 10). Os microbialitos contrastam com outros sedimentos de origem biológica por não serem formados por fragmentos orgânicos (*skeletal remains*). Assim, os autores propuseram que, para descrever as estruturas internas dos microbialitos seria necessário utilizar termos como estromatolítico, trombolítico, oncolítico (laminações concêntricas), esferulítico e críptico.

As esteiras microbianas que originam os estromatólitos marinhos representam um ecossistema com três bilhões de anos tendo persistido e se adaptado as mudanças ambientais ao

longo do tempo geológico (Decho *et al.*, 2008). Assim, os estromatólitos ocorrem através do registro geológico, mas são particularmente importantes durante o transcurso do Pré-Cambriano, onde têm sido utilizados para correlação estratigráfica (Tucker, 2001).

Em termos de distribuição estratigráfica, os estromatólitos são conhecidos desde o Arqueano até o Holoceno tendo maior distribuição no Proterozóico. No final do Proterozóico houve declínio generalizado de abundância e diversificação dos estromatólitos, dando maior espaço para os trombólitos e organismos metazoários a partir do registro da fauna Ediacara (Srivastava, 2004).

Contudo, o papel de ecossistemas microbiais ao longo do tempo geológico não acabou com este declínio. De acordo com Pratt (1982), a proporção de estromatólitos foi diluída devido à ascensão dos metazoários, os quais competiam pelo espaço junto ao substrato em ambientes de sub-maré fornecendo altas quantidades de sedimentos bioclásticos e peloidais, menos favoráveis à formação de estromatólitos.

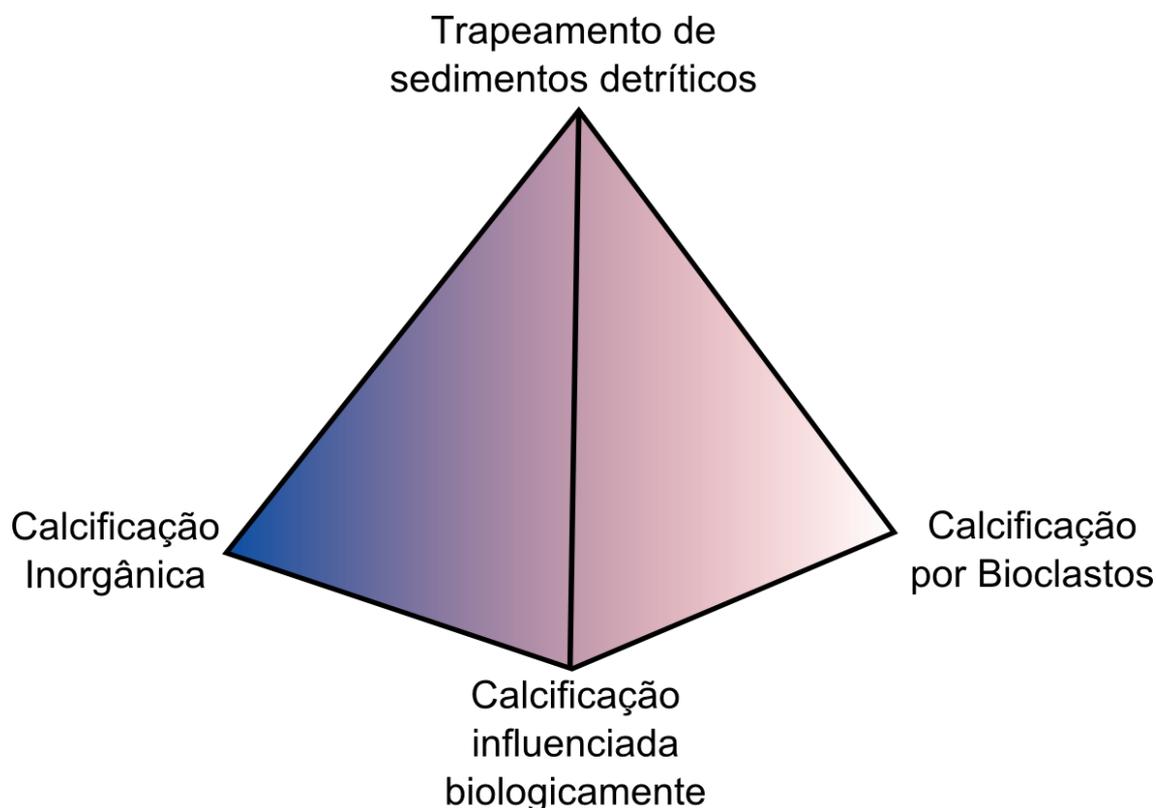


Figura 10: Processos primários de mineralização envolvidos na gênese de microbialitos. Processos secundários de cimentação podem ser superimpostos nestes (adaptado de Burne & Moore, 1997).

Estromatólitos são conhecidos em todos continentes, inclusive na Antártida. Os estromatólitos de origem holocênica, foco do presente trabalho, são observados principalmente em locais como Austrália, Golfo do México, Bahamas, Golfo Pérsico, Índia e Brasil (Srivastava, 2004).

Hoffman (1973) cita que mudanças relacionadas aos aspectos morfológicos e as

microestruturas ao longo do tempo geológico refletem alterações na biota e no ambiente, responsáveis pela construção dos estromatólitos. De acordo com este mesmo autor há oito atributos necessários para o desenvolvimento destas estruturas (Figura 11), citados abaixo:

- i) Presença de um substrato no qual os estromatólitos possam desenvolver-se;
- ii) Sistema aberto contendo água, servindo como um meio de crescimento;
- iii) Presença de componentes químicos que satisfaçam requisitos metabólicos da microbiota;
- iv) Fonte de energia para o desenvolvimento e manutenção da atividade metabólica (por exemplo, a luz solar);
- v) População de algas ou outros microorganismos bentônicos que colonizem o substrato e permitam que os minerais se acumulem seletivamente.
- vi) Minerais de determinado tamanho que possam ser trapeados e/ou ligados ou precipitados junto aos plexos, os quais permitam que as estruturas sejam preservadas;
- vii) Episódios rítmicos, que possibilitem o desenvolvimento de estruturas laminadas, ou seja, descontinuidade nos processos de acreção de materiais; esta ritmicidade pode ser astronômica, climática, geológica ou biológica;
- viii) Litificação e soterramento, que permitam a preservação das estruturas.

De acordo com Srivastava (2004), as principais feições morfológicas encontradas nos estromatólitos são:

- a. Cilíndrica (subcilíndrica): a base do cilindro é arredondada, elipsoidal ou irregular;
- b. Forma de xícara: estreita na base e o diâmetro aumentando gradativamente para o topo; existem inúmeras variações;
- c. Pseudocilíndricas: forma cilíndrica, mas estreita na base e alargada no topo. Inclui a ramificação tipo “escova”;
- d. Estratiformes: mostram laminações irregulares ou com pequenos “domos”, dando uma aparência de “domos e bacias” interligadas.

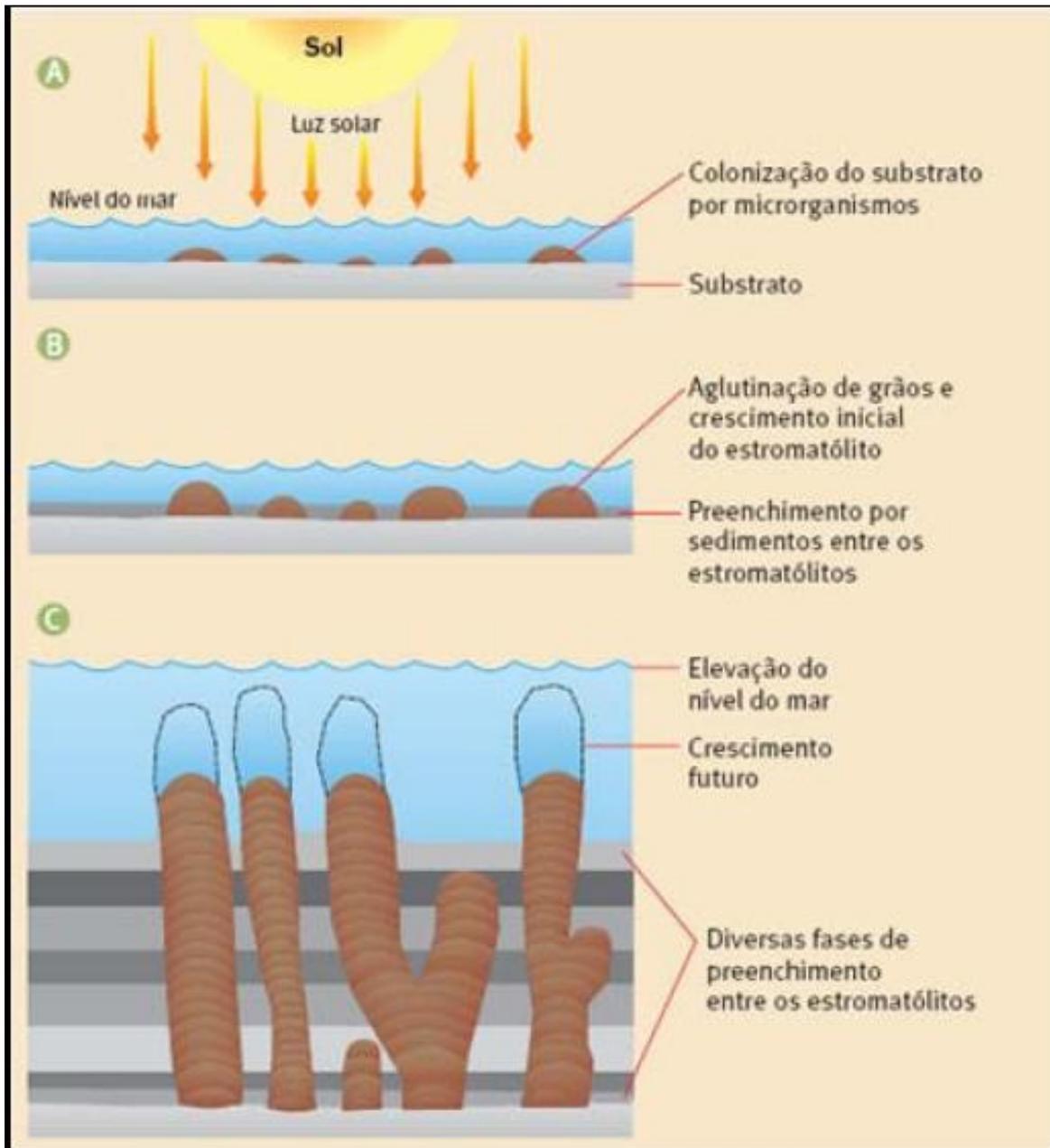


Figura 11: Alguns atributos necessários para o crescimento de estromatólitos. Notar episódios distintos de preenchimento entre as colunas (Sallun Filho *et al.*, 2008).

4.1 Ocorrências no Brasil

No Brasil os estromatólitos ocorrem, principalmente, em rochas de idades proterozóicas (Figura 12), principalmente no Cráton São Francisco e nas faixas Paraguai e Ribeira (Sallun Filho *et al.*, 2010). No ano de 1944 foram descritos por Almeida os primeiros estromatólitos do Brasil e América do Sul, no Grupo Itaiacoca (Faixa Ribeira), na região de Itapeva, localizada no sul do estado de São Paulo (Sallun Filho *et al.*, 2005).

Cloud & Dardenne (1973) publicaram artigo a respeito das ocorrências de estruturas estromatolíticas nas vizinhanças do município de Cabeludo, localizado no estado de Minas Gerais. Neste trabalho os autores afirmam que estas rochas, pertencentes à Formação Paraopeba (Grupo

Bambuí), seriam datadas do Ripheano médio (1350 – 950 Ma).

Os estromatólitos mais antigos encontrados no Brasil têm idade entre 2,1 – 2,4 Ga (Paleoproterozóico) e ocorrem no Supergrupo Minas (Dardenne & Campos Neto, 1975).

Fairchild (1977) descreve que a classificação *Collenia itapeven* proposta originalmente por Almeida (1944), para os estromatólitos da Formação Itaiacoca (Grupo Açungui), são na realidade duas formas de estromatólitos colunares, sendo a primeira denominada *Conophyton cf. C. garganicum* e a segunda sem classificação na época.

São conhecidos estromatólitos gigantes permianos na Bacia do Paraná, no Subgrupo Irati, localizado numa pedreira de exploração de calcário dolomítico na região de Santa Rosa do Viterbo (Ricardi-Branco *et al.*, 2006). Também há ocorrências na Formação Estrada Nova (Grupo Passa Dois), próximo a Anhembi, no estado de São Paulo, (Rohn & Fairchild, 1986). Carvalho (1988) descreve carbonatos lacustres na Bacia de Campos com estruturas estromatolíticas dômicas e tabulares de idades cretáceas. Estes estromatólitos estão associados com extensos depósitos de leques aluviais e sedimentos evaporíticos, sob clima quente, árido/semi-árido.

Estromatólitos recentes calcários do tipo estratiforme e “biscuit” são descritos na Lagoa Vermelha, localizada no estado do Rio de Janeiro (Silva e Silva *et al.*, 2004). Estas estruturas também são descritas em alguns trabalhos realizados na Lagoa Salgada, também localizada no estado do Rio de Janeiro, porém estes apresentam enfoques distintos: análise das estruturas estromatolíticas domais e estratiformes (Silva e Silva, 2007, 2008); estratigrafia (Lemos, 1994); microestratigrafia através de estudos petrográficos (Iespa, 2008); microbioerosão de conchas *Heleobia australis* (Silva e Silva *et al.*, 2006), entre outros.

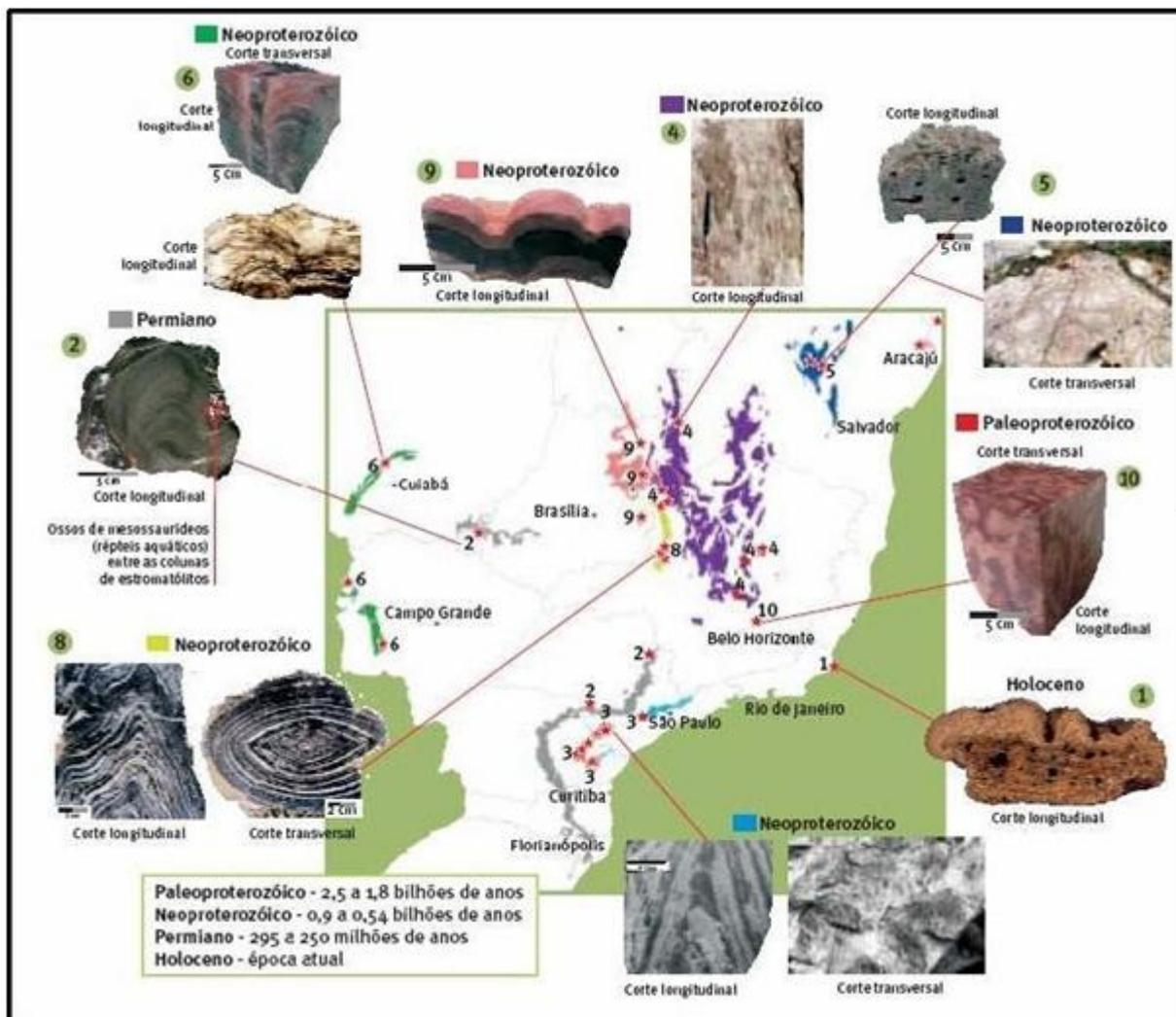


Figura 12: Mapa com a localização de exemplares de estromatólitos no Brasil. Destaque para os exemplares holocênicos da Lagoa Salgada/RJ, aqui indicados pelo número 1 (Sallun Filho, 2008).

5. Resultados

Este capítulo visa somente apresentar os dados e resultados obtidos junto aos estudos relacionados aos estromatólitos e sedimentos associados. Assim, as discussões acerca destes resultados serão realizadas no capítulo 6.

5.1 Descrição Macroscópica dos Estromatólitos

Os estromatólitos da Lagoa Salgada possuem características macroscópicas comuns para quase todas as amostras coletadas. Estas estruturas biosedimentares possuem grandes cavidades entre as colunas, são friáveis na porção interna e apresentam poros com formatos distintos: circulares, elipsoidais e irregulares. As cavidades apresentam, principalmente, conchas de microgastrópodes da espécie *Heleobia australis*, conchas de bivalves, além de fragmentos de vegetais e artrópodes, entre outros elementos biogênicos, os quais estão descritos de maneira mais

detalhada no item 6.

A porção basal pode ser dividida entre as amostras que apresentam o substrato associado a camadas com conchas de bivalves ou a tubos calcificados de poliquetas densamente empacotados da família Serpulidae (Filo Annelida – Classe Polychaeta). Geralmente, esta porção inferior apresenta laminações contínuas e onduladas, com um ou mais estágios de desenvolvimento separados por cavidades. Esta porção forma o substrato necessário ao desenvolvimento e evolução das colunas e cabeços dos estromatólitos e possui nítida interface na maior parte dos casos (Figura 13 - I). Em poucos casos as laminações basais apresentam-se abauladas pelo relevo pré-existente dos pacotes de tubos de serpulídeos (Figura 13 - II).

A porção intermediária dos estromatólitos muda muito entre as amostras, contudo, geralmente há colunas que variam de espessura. Normalmente, estas colunas espessam-se em direção ao topo formando cabeços que se unem, ora com a presença de laminações, ora com laminações ausentes ou difusas. As colunas podem ser individuais com o formato de xícara, ou alongadas (apresentando pouca variação de espessura). Todavia, apresentam-se com formas complexas e ramificadas, de difícil caracterização. A porção intermediária é a mais friável, sendo que em alguns casos encontra-se mal preservada (Figura 13 - III).

A amostra CP6/10A possui a porção intermediária com um segundo nível de laminação interrompida, provavelmente pelo aparecimento de outra coluna. Neste segundo nível desenvolvem-se novas colunas, porém muito fragmentadas (Figura 13 - IV).

A porção superior dos estromatólitos tem duas morfologias básicas, estas descritas abaixo:

i-) Na primeira, as colunas se juntam formando cabeços com laminações onduladas contínuas, com aspecto geral convexo. Em alguns casos, estas laminações são bem nítidas, sendo que em outros aparecem de maneira difusa e de difícil visualização. Em ambos os casos apresentam poros entre as laminações (Figura 4 – I).

ii-) Na segunda não há laminações evidentes e o aspecto geral é maciço. Geralmente, ocorre a presença de elementos biogênicos como microgastrópodes, entre outros, que podem ter provocado bioturbação, deixando o aspecto maciço (Figura 4 – II).

O topo das amostras apresenta cabeços, ora com aspecto coagulado, ora formados por montículos. De acordo com Iespa *et al.* (2008) a composição do topo dos estromatólitos possui fosfato de cálcio.

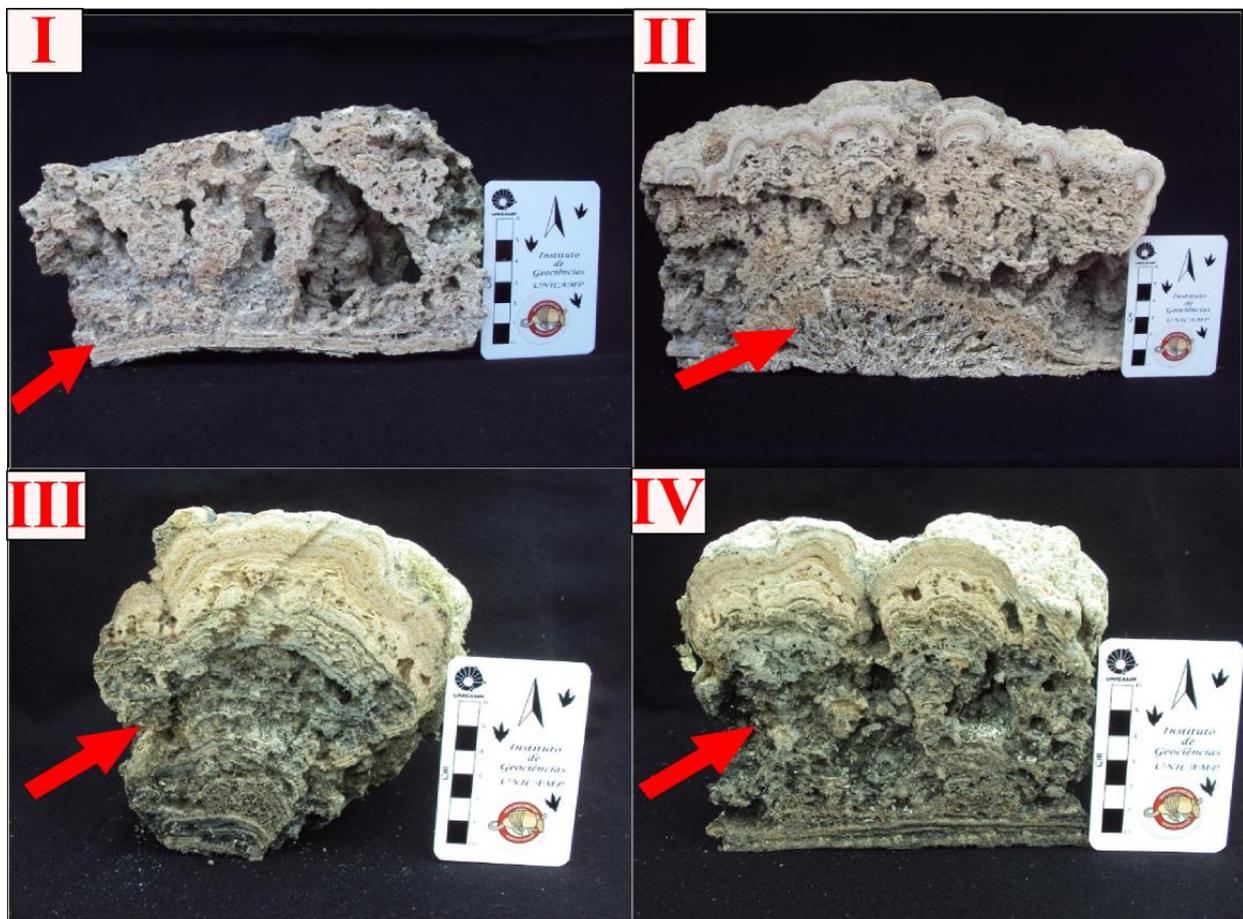


Figura 13: I-) A seta vermelha indica a interface entre a base laminada e as colunas. II-) A seta indica a ação dos serpulídeos tornando a laminação abaulada. III-) Porção intermediária fragmentada de estromatólito dômico. IV-) Colunas muito fragmentadas de difícil visualização.

5.2 Análise e Comparação dos sedimentos

Segundo a classificação de Wentworth, os sedimentos (inorgânicos e biogênicos) ocorrem num intervalo entre areais finas (< 0.25 mm) e muito grossas (até 2mm). A predominância destes sedimentos, todavia, ocorre num intervalo granulométrico que compreende as faixas média-grossa (0.25mm – 1mm).

A análise dos sedimentos encontrados junto aos estromatólitos revelou que os minerais são representados basicamente por quartzo, micas (muscovita e, principalmente, biotita) e calcita, como descrito por Silva e Silva *et al* (2008). Não foram reconhecidos feldspatos nesta escala de análise.

Os grãos de quartzo possuem, por vezes, inclusões, e variam de sub-arredondados a sub-angulosos. A minoria desses grãos apresenta-se bem arredondada, contudo, não o suficiente para indicar moda distinta. Os sedimentos das amostras denominadas CP6/14 (frações > 1mm e 1 mm) e CP6/16 (fração > 1mm) representam uma exceção, pois apresentam grau de arredondamento dos grãos, variando de muito arredondados a sub-arredondados, principalmente.

Os minerais micáceos ocorrem de maneira rara, não tendo importância no volume total dos sedimentos estudados. A presença de calcita foi verificada pela reação das amostras com ácido clorídrico (HCl) diluído a 10%, já que este mineral ocorre numa escala diminuta, não podendo ser

verificado em lupa.

Os elementos biogênicos são variados, originados a partir de:

- 1-) Animais pluricelulares como conchas de microgastrópodes (*H. australis*), conchas de bivalves (família Verenidae), crustáceos da ordem Tanaidaceae e suas respectivas secreções tubulares semi-circulares, crustáceos da classe Ostracoda (gênero *Cyprideis*), crustáceos da ordem Amphipoda (Subordem Gammaridae), carapaças e apêndices de artrópodes, colônias de briozoários, espinhos de ouriços-do-mar e escamas de peixes, além de fragmentos de origem animal inderterminada;
- 2-) Animais unicelulares como foraminíferos dos gêneros *Quinqueloculina*, *Elphidium* e *Globorotalia* sp, e;
- 3-) Vegetais como girogonites de carófitas, caules e sementes.

As conchas dos microgastrópodes (*H. australis*) apresentam-se majoritariamente com coloração branca, contudo, há variações translúcidas (quase transparentes), pretas e com graduação em tons de cinza, desde mais claros até escuros, sendo a alimentação destes animais o fator determinante para a coloração de suas conchas (Ruppert *et al*, 2004). Este elemento biogênico foi encontrado em todos os sedimentos analisados, em todas as faixas granulométricas. Os ostracodes, contudo, são encontrados principalmente nas faixas granulométricas menores que 0,5mm, possuindo geralmente coloração em tons de cinza, alguns com superfícies rugosas e outros com superfícies lisas. Alguns ostracodes e microgastrópodes apresentam sinais de predação e muitas destas conchas encontram-se bioerodidas, resultado, principalmente, da ação de cianobactérias (Senra *et al.*, 2006).

As areias coletadas em torno dos estromatólitos e na porção central da lagoa apresentam resultados semelhantes aos encontrados junto às cavidades. Os elementos biogênicos mais representativos são compostos pelos microgastrópodes comuns a todas as frações destas areias. A amostra CP6/P.26 (em torno dos estromatólitos da borda sudoeste) na fração menor que 0.5 milímetro apresenta também uma quantidade elevada de ostracodes. No geral encontram-se conchas de bivalves, briozoários, fragmentos e apêndices de artrópodes e caules além de quartzo. Os crustáceos da subordem Gammaridae foram encontrada somente na fração de um milímetro da amostra CP6/26.

As tabelas abaixo resumem os principais elementos biogênicos encontrados nas cavidades e arredores dos estromatólitos, bem como na porção central da lagoa (amostra P.26 A). As amostras, como descrito anteriormente, foram denominadas pela sigla CP6.

	AMOSTRA - BORDA NORDESTE																																									
	CP6/3			CP6/4			CP6/5			CP6/6			CP6/7			CP6/8			CP6/10			CP6/11			CP6/12			CP6/13			CP6/14			CP6/15			CP6/16					
BIOGÊNICOS	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G
<i>H. australis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
OSTRACODES	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
TANAIDÁCEOS																																										
TUBOS TANAIDÁCEOS				■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
BRIOZOÁRIOS																																										
FRAG. ARTRÓPODES		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
GAMARÍDEOS																																										
BIVALVES			■			■			■			■			■			■			■			■			■			■			■			■			■			
FORAMINÍFEROS	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																					
FRAG. VEGETAIS	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																											

Tabella 2: Elementos Biogênicos encontrados nas cavidades dos estromatólitos da borda NE da lagoa. As cores vermelho, amarelo e azul representam, respectivamente, a ocorrência de determinado elemento nas frações menor que 0,5mm (F), entre 0.5 mm e 1mm (M) e maior que 1mm (G). A cor branca representa a ausência do elemento.

	AMOSTRAS - BORDA SUDOESTE																													
	CP6/17			CP6/18			CP6/19			CP6/20			CP6/21			CP6/25			CP6/26			CP6/P26			CP6/P26-A					
BIOGÊNICOS	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	F	M	G
<i>H. australis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
OSTRACODES	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
TANAIDÁCEOS																														
BIVALVES			■			■			■			■			■			■			■			■			■			■
BRIOZOÁRIOS	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■				■	■	■	■	■	■			
FRAG. ARTRÓPODES	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■				■	■	■	■	■	■			
ESFEROMATÍDEOS																														
TUBOS TANAIDÁCEOS	■	■	■				■	■	■	■	■	■				■	■	■				■	■	■	■	■	■			
FORAMINÍFEROS																														
FRAG. VEGETAIS	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabella 3: Elementos Biogênicos encontrados nas cavidades dos estromatólitos da borda SW da lagoa. As cores vermelho, amarelo e azul representam, respectivamente, a ocorrência de determinado elemento nas frações menor que 0,5mm (F), entre 0.5 mm e 1mm (M) e maior que 1mm (G). A cor branca representa a ausência do elemento.

Nota-se que os elementos mais abundantes são os microgastrópodes (*H. australis*), ostracodes, tubos de crustáceos da ordem Tanaidacea, além de fragmentos de artrópodes e de vegetais. Elementos como briozoários, crustáceos da família Sphaeromatidae, foraminíferos, conchas de bivalves e partes constituintes do exoesqueleto dos tanaidáceos, são restritos, não ocorrendo em todas as amostras. Destes organoclastos, os mais importantes quantitativamente, são os microgastrópodes, seguidos de tubos de tanaidáceos e ostracodes.

Como explicado no item 2.2, algumas amostras dos sedimentos retirados junto às cavidades dos estromatólitos foram separadas com o intuito de verificar a participação, em porcentagem, dos elementos biogênicos e minerais. Com isso, foram confeccionados gráficos para facilitar a visualização, comparação e análise dos resultados (Figuras 14 e 15).

Os sedimentos coletados nos interstícios das amostras (Figura 4) apresentaram resultados semelhantes aos encontrados nas cavidades, mas com menor abrangência de elementos biogênicos. Neste procedimento, foram analisadas três amostras de cada borda da lagoa sendo as amostras CP6/5A, CP6/6A e CP6/14B do lado nordeste e as amostras CP6/17, CP6/21 e CP6/25 do lado sudoeste.

Em ambos os lados da lagoa, os minerais são representados basicamente por quartzo, com rara ocorrência de micas, além de cimento calcítico. Também para ambos os lados da lagoa observa-se que os resultados relacionados à composição dos organoclastos são similares. Os elementos mais comumente encontrados nas porções inferior, intermediária e superior são representados por microgastrópodes, ostracodes, além de fragmentos vegetais e apêndices de artrópodes. Colônias de briozoários ocorrem de forma restrita nas porções inferior e intermediária, estando ausentes na porção superior das amostras estudadas. Outros elementos menos comuns são representados por parte dos exoesqueletos dos tanaidáceos, fragmentos de conchas de bivalves e microgastrópodes, além de sementes.

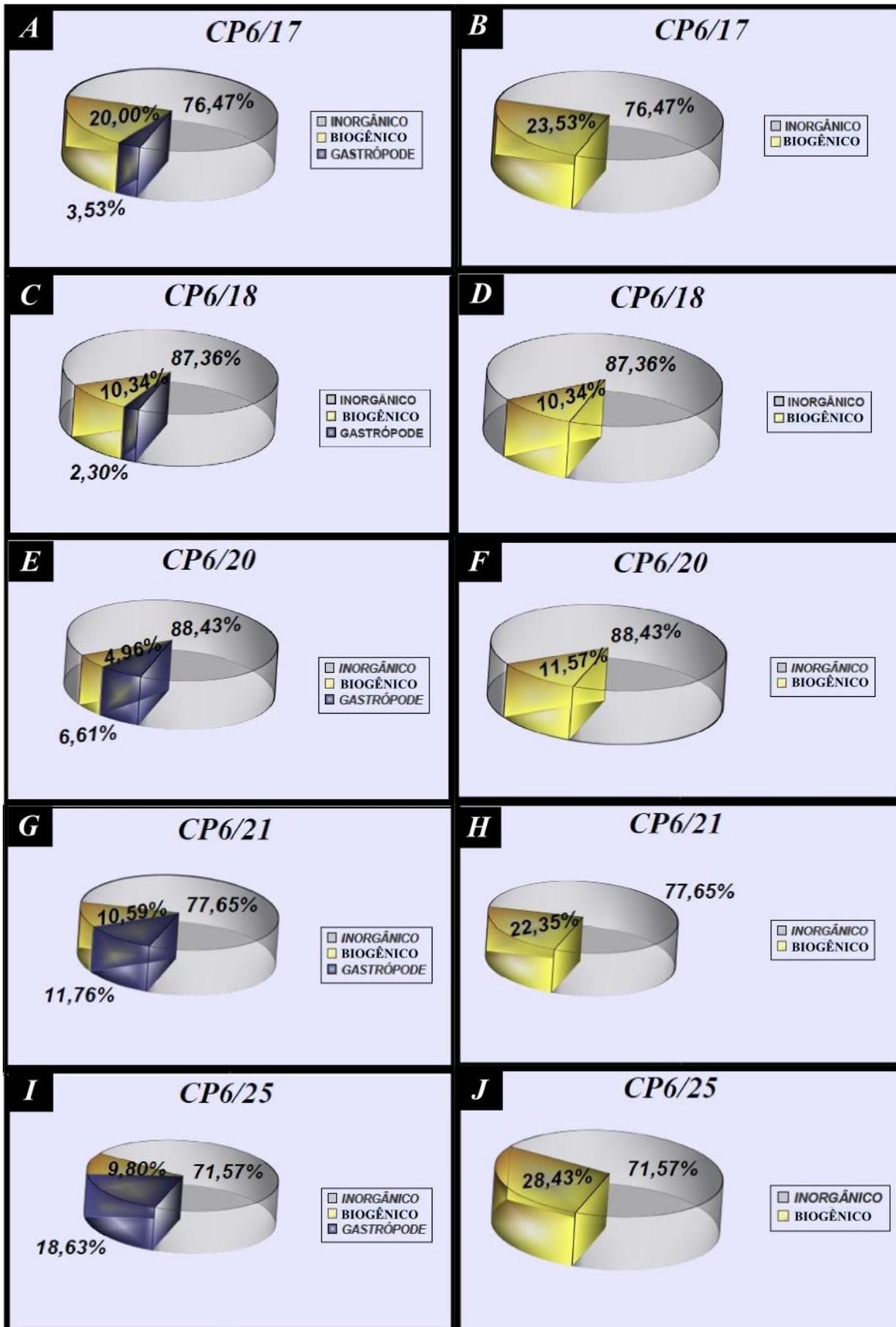


Figura 14: Gráficos denotando as porcentagens de inorgânicos, orgânicos e gastrópodes na borda nordeste da Lagoa Salgada/RJ.

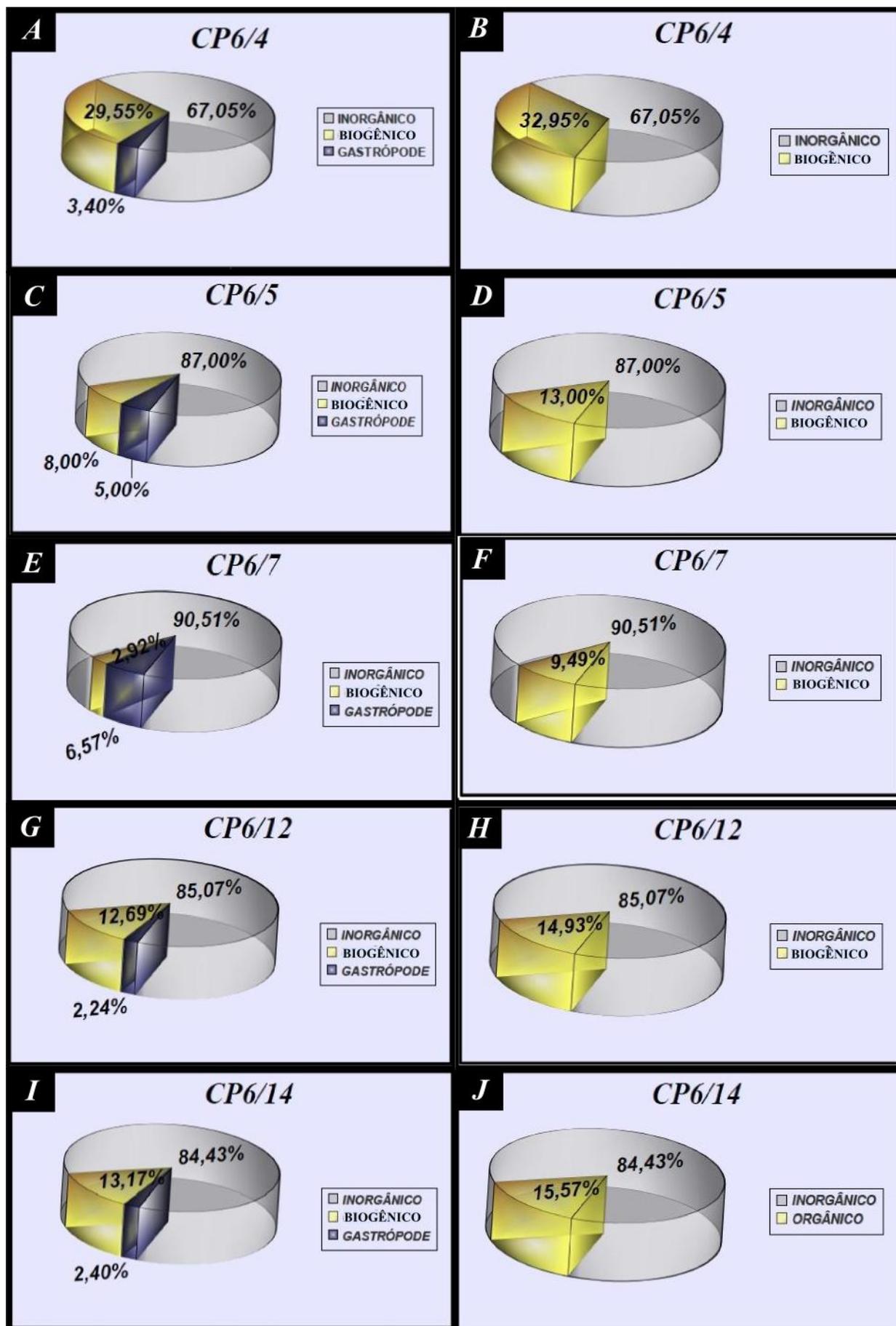


Figura 15: Gráficos denotando as porcentagens de inorgânicos, orgânicos e gastrópodes na borda sudoeste da Lagoa Salgada/RJ.

5.3 Petrografia

A análise das lâminas delgadas petrográficas foi realizada com o objetivo de fornecer dados complementares ao entendimento dos processos que levaram à evolução dos estromatólitos da Lagoa Salgada.

No total, foram analisadas 18 lâminas petrográficas, sendo nove delas provenientes das amostras CP6/5A, CP6/6B e CP6/14B, localizadas na borda sudoeste, e outras nove correspondentes as amostras CP6/17, CP6/ e CP6/25, localizadas na borda nordeste da lagoa. Foram confeccionadas três lâminas por amostra, sendo as porções inferior, intermediária e superior, correspondentes aos locais de coleta dos sedimentos incrustados. Este procedimento visou fornecer resultados mais precisos, além da possibilidade de comparação com os resultados obtidos junto aos sedimentos retirados das mesmas porções.

Esta etapa consistiu na determinação dos minerais presentes e evidências de elementos biogênicos, na verificação e classificação dos tipos de porosidade, dos agentes diagenéticos atuantes, além das relações texturais (seletiva e não-seletiva) presentes nas amostras.

Primeiramente, os resultados serão apresentados de maneira generalizada e, posteriormente, de forma separada em termos de porções inferior, intermediária e superior, como explicado no item 2.2 (Atividades de Gabinete).

5.3.1 Descrição Geral das Lâminas

De forma geral, as análises das lâminas petrográficas apresentaram minerais e evidências de elementos biogênicos semelhantes aos encontrados nos sedimentos. Os minerais são compostos, principalmente, por quartzo, calcita, micas (muscovita e biotita), microclínio e plagioclásio. Contudo, somente quartzo e calcita são encontrados em todas as lâminas com abundância.

Nas lâminas analisadas o quartzo ocorre predominantemente como grãos monocristalinos, com extinção variando entre reta e ondulante. Os grãos mostram-se, em muitos casos, variando de sub-angulares a sub-arredondados, este último sendo mais comum. Também ocorrem grãos de quartzo bem arredondados, contudo, estes são mais raros.

Há também grãos de quartzo que apresentam cimento microespático e micrítico (envelope), além de pequenas inclusões. Segundo Scholle (1979), esta variação com inclusões representa a variedade mais comum de quartzo, proveniente dos mais variados tipos litológicos.

Tanto os microclínios quanto os plagioclásios são raros, ocorrendo em algumas lâminas somente. Geralmente, são anédricos e não possuem representatividade modal. Ocorrem, geralmente, apresentando cimentação por microsparita e micrita.

As micas também são de ocorrência rara e geralmente apresentam-se de forma euédrica.

Porém, em alguns casos, como na lâmina CP6/25B (base), estes minerais encontram-se muito deformados.

Os elementos biogênicos são representados por microgastrópodes (*Heleobia australis*) e ostracodes, ambos reconhecidos pelas estruturas preservadas de suas conchas e disposição das valvas, respectivamente (Figuras 16 – 1 e 2). Também ocorrem conchas de bivalves reconhecidas pelo típico formato do umbo (Figura 16 - 3).

A matriz, geralmente, é composta por pelóides identificados pela ausência de estrutura interna com presença de material orgânico indicado pelos tons de bege e opacidade.

5.3.2 Descrição das Lâminas: Porção inferior, intermediária e superior

5.3.2.1 Porção Inferior

As lâminas delgadas da porção inferior das amostras possuem textura heterogênea, apesar de serem fortemente cimentadas por calcita microespática. Esta cimentação dificulta a visualização dos organoclastos como microgastrópodes e, principalmente, ostracodes. Com exceção das lâminas CP6/17B e CP6/21B a maior parte apresenta elementos peloidais com envelopes micríticos (Figura 16 – 4). Estas duas lâminas também apresentam laminações incipientes e/ou interrompidas lateralmente dificultando sua visualização.

As lâminas CP6/6A, CP6/14B, CP6/17B e CP6/25B apresentam poucos microgastrópodes, sendo muitas vezes, reconhecidas apenas partes das conchas destes moluscos.

A única lâmina a apresentar vestígios de perfuração na porção basal é a CP6/5A. Esta textura evidencia altos índices de porosidade, formadas provavelmente pela ação de cianobactérias filamentosas (Figura 16 – 5).

A lâmina CP6/A é formada basicamente por vestígios de serpulídeos (Figura 16 – 6), que denotam altos índices de porosidade intrapartícula, além de elementos peloidais e poucos quartzos que variam de sub-arredondados a sub-angulares.

A lâmina CP6/14B apresenta maior representatividade das estruturas descritas macroscopicamente. As laminações são sustentadas por três níveis: o primeiro é constituído por elementos peloidais; o segundo por uma mistura entre pelóides e grãos de quartzo; e o terceiro apresenta pelóides fortemente cimentados. As laminações contornam tanto elementos peloidais quanto minerais. Sobre estas lâminas desenvolvem-se pequenas colunas estromatolíticas com pouco mais de um centímetro de altura.

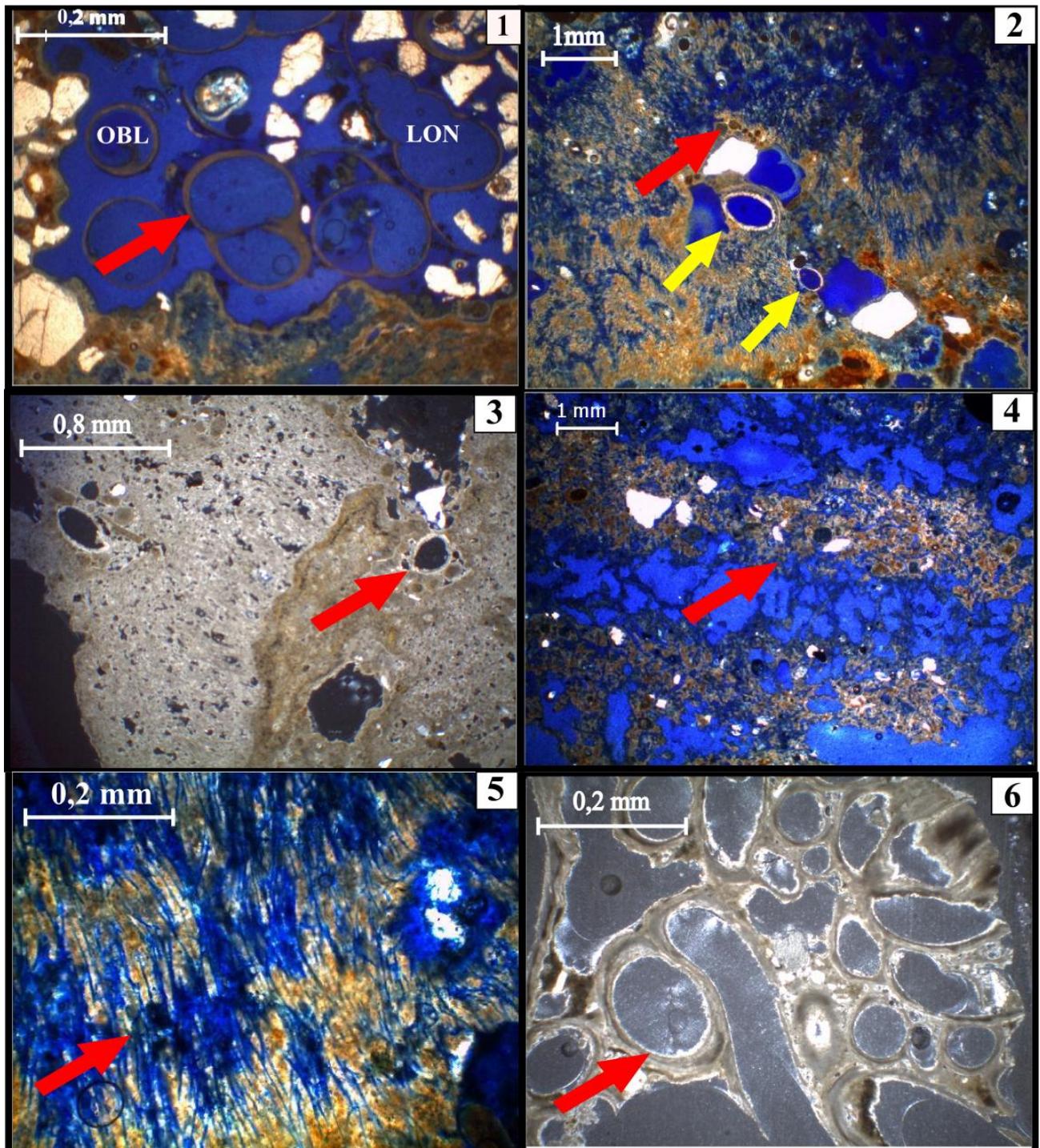


Figura 16: Fotomicrografias de lâminas dos estromatólitos da Lagoa Salgada/RJ. 1-) conchas de *Heleobia australis* em cortes Oblíquo (OBL) e Longitudinal (LON). Notar que as conchas foram dissolvidas na porção interna. 2-) A seta vermelha indica elementos peloidais enquanto a seta amarela indica a presença de

ostracodes. **3-)** A seta vermelha indica concha de bivalve em meio a matriz. Notar formato do umbo. **4-)** Elementos peloidais em meio a laminação. Notar que havia um nível laminado abaixo da seta. **5-)** A seta vermelha indica porosidades geradas pela ação perfurante, provavelmente, por cianobactérias filamentosas. **6-)** A seta vermelha indica vestígios da ação de serpulídeos (anelídeos) com a preservação de tubos em cortes transversais e longitudinais.

A lâmina CP6/25B apresenta várias micas deformadas em um lado sendo representativas modalmente (Figura 17 – 1). Também parece haver a presença de bivalves, devido à relação da articulação e de suas conchas simétricas (Figura 17 – 2).

5.3.2.2 Porção Intermediária

O nível intermediário representa a porção mais friável dos estromatólitos assim, as lâminas apresentam texturas mais heterogêneas, com a presença de muitas cavidades. Estas lâminas geralmente apresentam microgastrópodes e cimentação concentrada em algumas porções isoladas além de envelopes micríticos e microesparíticos em torno de organoclastos, pelóides e minerais. Neste nível ocorre a presença de foraminíferos (*Quinqueloculina* sp., e provavelmente espécies do gênero *Elphidium*, entre outros), não encontrados na porção inferior (Figura 17 -2). Ostracodes são encontrados apenas nas lâminas CP6/5A e CP6/25 (Figura 17 – 3).

Somente a lâmina CP6/17 apresenta laminações contínuas, sendo que nas outras amostras estas encontram-se ausentes ou pouco desenvolvidas. Esta lâmina apresenta estruturas de carga ocasionadas pelo peso de sedimentos organoclasticos e minerais (Figura 17 - 4).

A lâmina CP6/14B apresenta porosidades ocasionadas por perfurações, provavelmente por cianobactérias filamentosas, gerando altos valores de porosidade. Esta atividade pode ter provocado bioturbação, destruindo as laminações neste nível.

5.3.2.3 Porção Superior

A porção superior apresenta-se mais coerente e menos friável do que as anteriores, sendo possível distinguir elementos biogênicos e textura com maior facilidade. As lâminas são onduladas, bem definidas e geralmente possuem continuidade lateral (Figura 17 – 5). Os organoclastos como microgastrópodes e ostracodes são, na maioria dos casos observados, bem preservados e de fácil caracterização. Os pelóides ora se concentram entre as laminações, ora encontram-se concentrados em porções locais isoladas. Contudo, parecem ser mais escassos se comparados aos níveis inferior e intermediário. Neste nível há forte cimentação e parece haver maior frequência de foraminíferos, não encontrados na porção inferior (Figura 17 – 6).

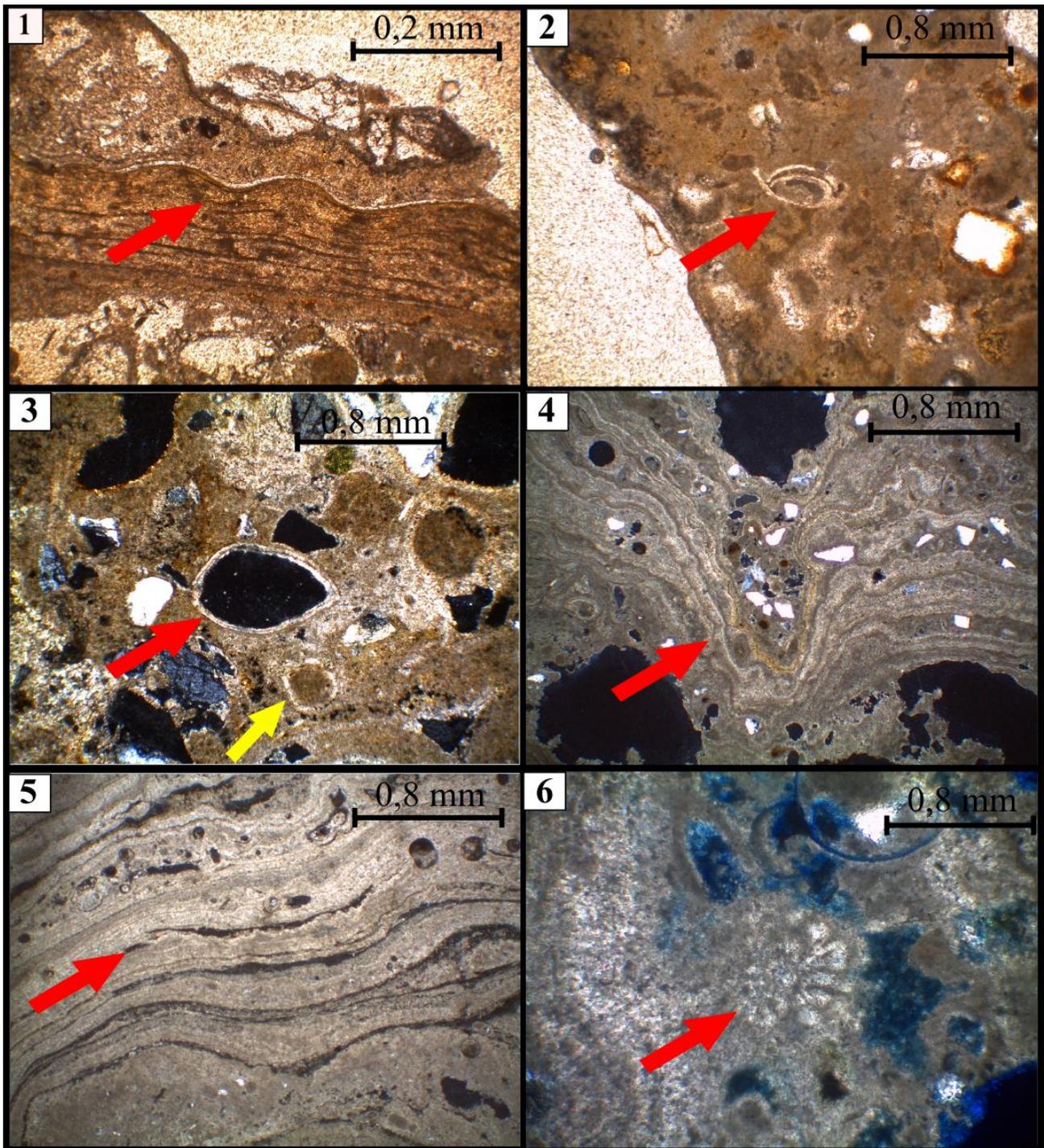


Figura 17: 1-) A seta vermelha indica mica com deformação ondulada. 2-) A seta vermelha mostra foraminífero *Quinqueloculina* sp. encontrado na porção intermediária dos estromatólitos. 3-) A seta vermelha mostra concha de bivalve. A seta amarela mostra pelóide com envelope microesparítico. 4-) A seta vermelha mostra que o peso dos sedimentos causou uma sobrecarga na esteira ainda inconsolidada. 5-) A seta vermelha indica laminações contínuas lateralmente. 6-) A seta vermelha aponta provável concha de foraminífero do gênero *Elphidium* cimentado.

5.3.3 Análises por Microscopia de Varredura Eletrônica (MEV)

5.3.3.1 Análise com elétrons retroespalhados

Nas análises composicionais com EDS, foram realizados 90 tiros ao longo de seis lâminas petrográficas provenientes de duas amostras, sendo uma proveniente de cada borda da lagoa (CP6/5A da borda nordeste e CP6/17B da borda sudoeste). Assim, foram gerados 90 espectros com os elementos encontrados junto às amostras. Aqui serão apresentados, em forma de tabelas, apenas parte destes resultados devido ao grande número de dados gerados. As análises pontuais foram realizadas em porções de interesse da amostra como matriz, conchas de microgastrópodes e ostracodes, matéria orgânica, pelóides e minerais. As cores verde, vermelho e azul indicam, respectivamente, os níveis inferior, intermediário e superior das amostras.

De uma maneira geral as lâminas apresentaram valores altos de oxigênio (O), carbono (C) e cálcio (Ca). Estes dois últimos se alternam como segundo elemento com maior porcentagem nas amostras. O magnésio (Mg) aparece com valores variando entre 0% e 17% sendo, quase sempre, subordinado ao cálcio. Somente na lâmina CP6/17B, no nível intermediário, o magnésio alterna valores mais altos com o cálcio. Isto se deve a alternância entre laminações calcíticas e dolomíticas.

A matriz das lâminas contém altos valores de oxigênio, carbono, cálcio com magnésio, sílica e ferro de forma subordinada. Os valores de cloro em pelóides das lâminas CP6/5A, no nível inferior, provavelmente deve-se à composição do azul de metileno ($C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot 3H_2O$) aplicado nesta amostra com o intuito de facilitar a visualização dos espaços porosos.

As conchas de microgastrópodes e ostracodes apresentam altos valores de oxigênio, cálcio e carbono. Neste caso, os valores de cálcio são sempre superiores aos de carbono. A calcita, neste caso, sempre possui baixo teor de magnésio (< 5%), enquanto na matriz encontra-se calcita, também com altos teores de magnésio.

Os pelóides apresentam composição variada contendo, além dos elementos mais comuns (O, C, Ca e Mg), valores variados de ferro, sílica, sódio, potássio e cloro.

Os envelopes micríticos/microesparíticos são compostos basicamente por calcita magnesiânica.

CP6/5A – Porção inferior

Localização do Tiro	C	O	Ca	Mg	Na	Fe	Si	K	Cl
1-) Envelope micrítico/microesparítico	11.83%	51.02%	29.21%	7.95%	0%	0%	0%	0%	0%
2-) Espheromatidae (?)	13.52%	52.98%	28.22%	4.51%	0%	0%	0.24%	0%	0.31%
3-) Espheromatidae (?) Porção externa	13.86%	49.84%	35.56%	0.74%	0%	0%	0%	0%	0%
4-) Espheromatidae (?) Porção interna	33.68%	34.52%	25.93%	4.41%	0%	0.44%	0.38%	0%	0.63%
5-) Matriz	11.58%	52.39%	29.63%	5.62%	0%	0.78%	0%	0%	0%
6-) Microgastrópode	14.11%	58.11%	26.88%	0%	0.64%	0%	0.27%	0%	0%
7-) Silvita	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	53.02%	46.98%
8-) Pelóide	51.86%	30.23%	4.89%	0%	6.38%	0.60%	0.45%	2.29%	2.62%
9-) Pelóide	48.92%	20.26%	4.21%	0%	5.14%	0.29%	0.44%	0%	11.69%

Tabela 4: Principais elementos encontrados, expressados, em porcentagem.

CP6/5A – Porção intermediário

Localização do Tiro	C	O	Ca	Mg	K	Fe	Si	S	Cl
1-) Ostracode	11.41%	51.87%	36.10%	0.62%	0%	0%	0%	0%	0%
2-) Matriz	14.48%	48.49%	30.32%	5.85%	0%	0.85%	0%	0%	0%
3-) Matriz	14.39%	54.47%	23.48%	7%	0%	0.43%	0.23%	0%	0%
4-) Matriz	26.54%	44.52%	23.76%	3.88%	0%	0.82%	0%	0%	0.47%

Tabela 5: Principais elementos encontrados, expressados, em porcentagem.

CP6/5A – Porção superior									
Localização do tiro	C	O	Ca	Mg	K	Fe	Si	S	Cl
1-) Concha de Ostracode	13.75%	56.36%	24.78%	3.40%	0.66%	0.50%	0%	0%	0.54%
2-) Matriz	14.21%	54.96%	24.22%	4.96%	0.51%	0.33%	0.29%	0%	0.52%
3-) Matriz	27.03%	40.47%	13.09%	4.84%	2.45%	1.91%	7.71%	0.33%	2.18%
4-) Matriz	37.25%	36.20%	11.26%	3.34%	1.90%	2.36%	5.06%	0.69%	1.93%
5-) Matéria Orgânica (?)	73.34%	21.41%	0.31%	0%	1.15%	0%	1.04%	0%	1.97%
6-) Matriz	14.81%	37.27%	14.66%	4.53%	0%	25.90%	0.86%	0%	0%
7-) Matriz	17.59%	51.19%	24.61%	5.81%	0%	0.44%	0%	0%	0.34%

Tabela 6: Principais elementos encontrados, expressados, em porcentagem.

CP6/17B – Porção inferior									
Localização do Tiro	C	O	Ca	Mg	K	Fe	Si	S	Cl
1-) Matriz	18.35%	52.98%	23.46%	4.79%	0%	0%	0%	0%	0.42%
2-) Matriz	13.55%	54.62%	24.22%	7.40%	0%	0%	0%	0%	0.21%
3-) Matriz	44.56%	25.23%	22.69%	4.24%	0.47%	0%	0.68%	0%	2.13%
4-) Microgastrópode	14.17%	54.22%	27.56%	3.58%	0%	0%	0%	0%	0.47%
5-) Envelope calcítico	29.82%	34.67%	26.03%	4.58%	0%	0%	4.31%	0%	0.58%

Tabela 7: Principais elementos encontrados, expressados, em porcentagem.

CP6/17B – Porção intermediário

Localização do Tiro	C	O	Ca	Mg	K	Fe	Si	S	Cl
1-) Matriz	16.08%	48.06%	18.47%	7.78%	0.75%	0.45%	7.71%	0%	0.70%
2-) Matriz	15.10%	51.53%	29.43%	2.74%	0.45%	0%	0.34%	0%	0.40%
3-) Matriz (lâmina)	21.06%	47.83%	17.89%	6.54%	0.38%	0.28%	5.57%	0%	0.45%
4-) Pelóide	14.82%	40.63%	24.94%	4.61%	0.76%	9.25%	4.69	0%	0.29%
5-) Matriz (lâmina)	14.90%	49.71%	32.62%	2.52%	0%	0%	0.25%	0%	0%
6-) Matriz (lâmina)	38.21%	27.24%	0.55%	6.77%	0.26%	0%	26.57%	0%	0.41%
7-) Matriz (lâmina)	15.98%	46.84%	1.25%	17.01%	0.81%	0%	17.01%	0%	0.87%
8-) Matriz (lâmina)	22.45%	43.59%	1.74%	15.56%	0.60%	0%	15.21%	0%	0.86%
9-) Matriz (lâmina)	17.35%	48.57%	11.33%	11.28%	0.61%	0.30%	9.94%	0%	0.63%
10-) Matéria Orgânica preenchendo concha de microgastrópode	44.38%	35.05%	7.68%	5.35%	0.31%	0%	6.71%	0%	0.51%

Tabela 8: Principais elementos encontrados, expressados, em porcentagem.

CP6/17B – Porção superior

Localização do Tiro	C	O	Ca	Mg	K	Fe	Si	Na	Cl
1-) Microgastrópode	11.82%	51.20%	36.35%	0%	0%	0%	0%	0.38%	0.25%
2-) Matriz	14.90%	51.74%	26.03%	4.12%	0%	0%	3.09%	0%	0.22%
3-) Matriz	26.42%	43.78%	22.99%	3.44%	0%	0.58%	2.51%	0%	0.29%

Tabela 9: Principais elementos encontrados, expressados, em porcentagem.

5.3.3.2 Análise com elétrons secundários

As análises realizadas com o detector de elétrons secundários foram utilizadas para o estudo dos elementos biogênicos visando à classificação destes no menor nível taxonômico possível. Esta classificação foi baseada na observação detalhada de apêndices e outros caracteres morfológicos pela aluna Flávia Callefo, do 5º ano do curso de Biologia, com auxílio da professora Dra. Fosca Pedini Pereira Leite, do Departamento de Biologia Animal do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas.

Foram tiradas fotomicrografias eletrônicas dos elementos biogênicos encontrados junto aos sedimentos das cavidades dos estromatólitos (Figuras 18 e 19). Assim, com auxílio da literatura e chaves de identificação específicas, foi possível a identificação dos microgastrópodes *Heleobia australis*, crustáceos das ordens Tanaidacea (família Apseudidade) e Amphipoda (famílias Talitridae e Sphaeromatidae). A análise dos ostracodes e foraminíferos continua em andamento.

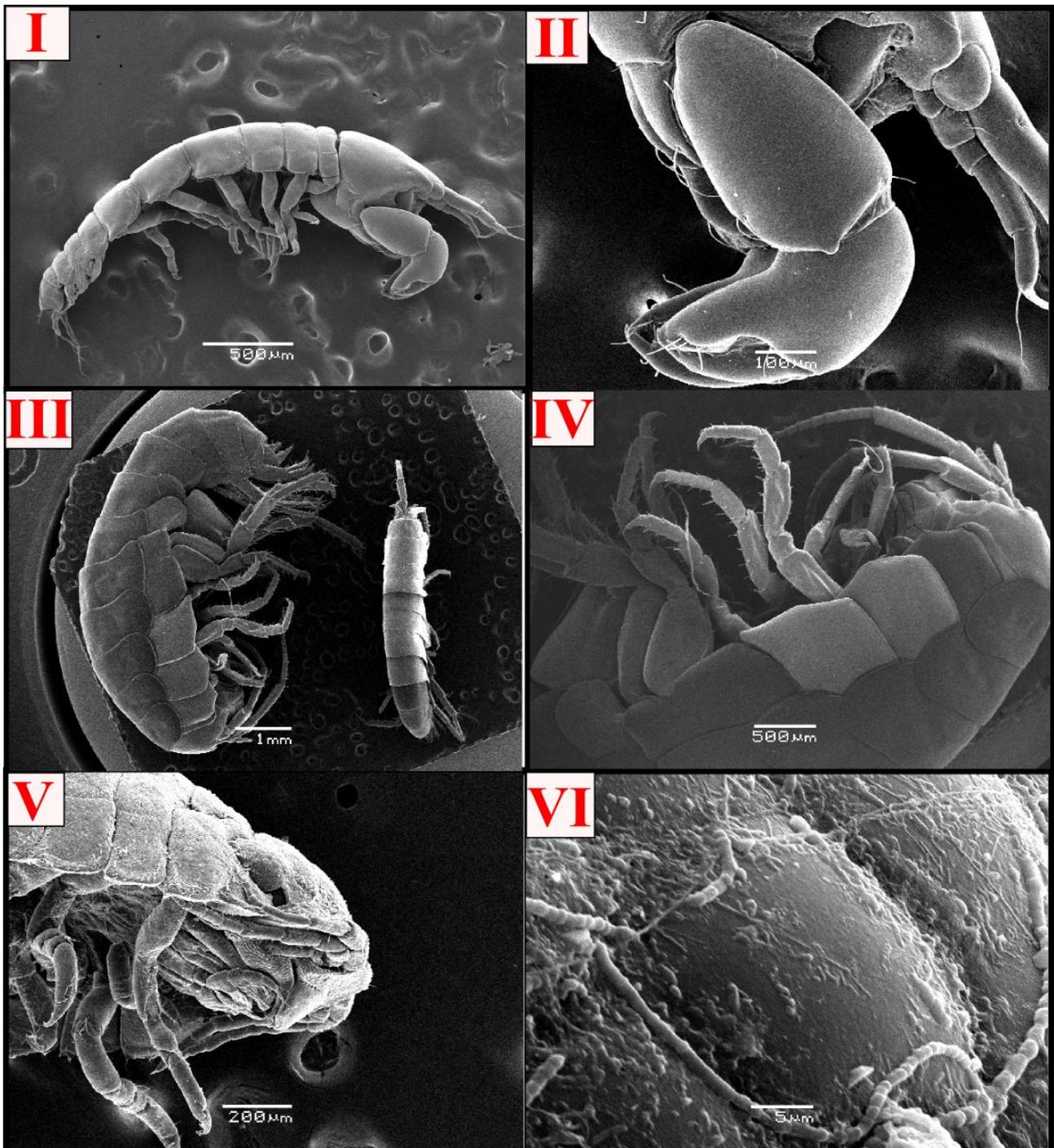


Figura 18: Fotomicrografias eletrônicas de alguns elementos biogênicos encontrados na Lagoa Salgada/RJ. I-) Exoesqueleto de tanaidáceo. II-) Zoom da imagem anterior em apêndice de tanaidáceo. III-) crustáceos da ordem Amphipoda (família Gammaridae). IV-) Zoom da imagem anterior. V-) crustáceo da Ordem Isopoda (família Sphaeromatidae). VI-) Zoom da imagem anterior. Notar a presença de cianobactérias nos

olhos compostos do esferomatídeo.

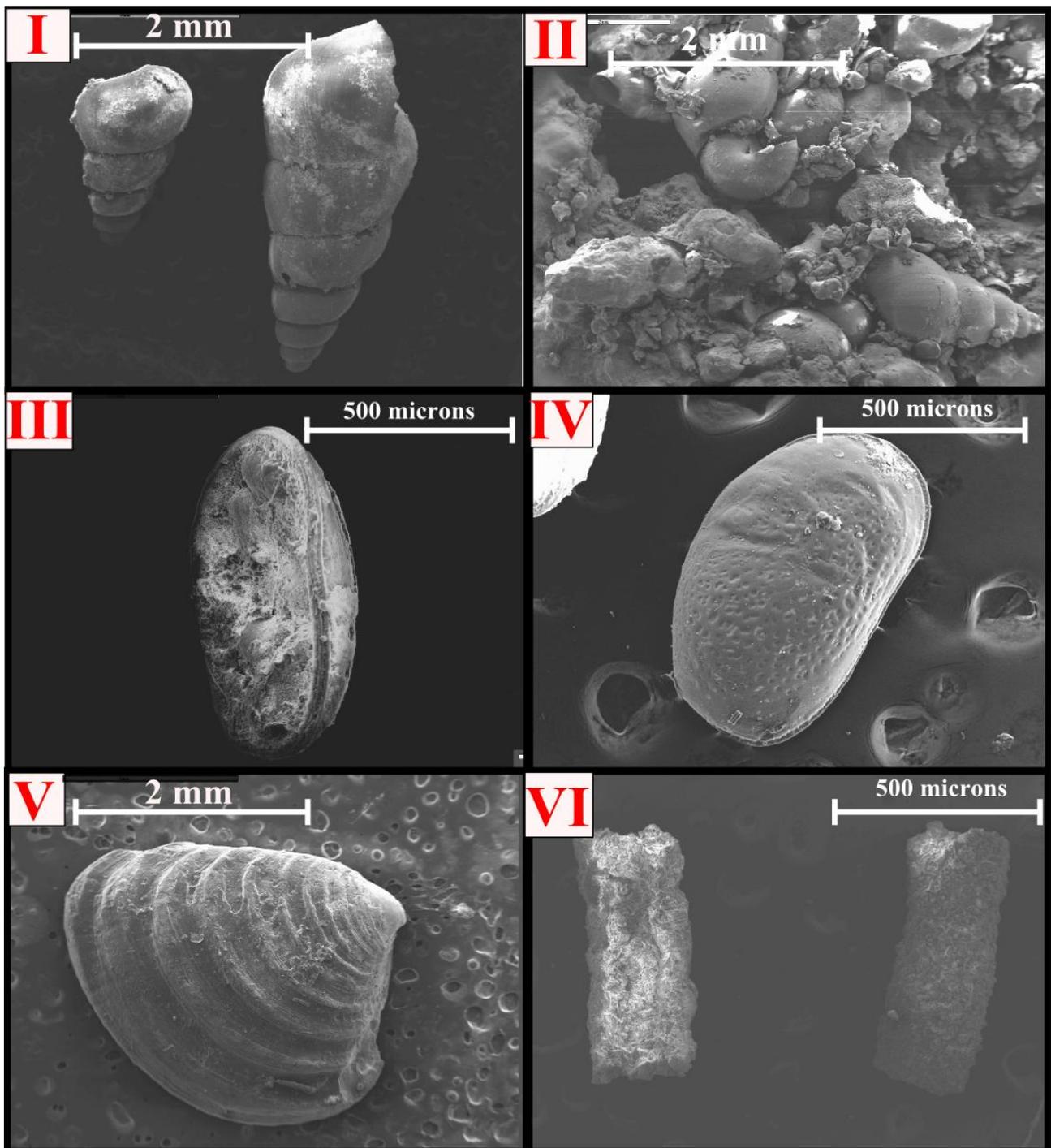


Figura 19: Fotomicrografias eletrônicas de alguns elementos biogênicos encontrados na Lagoa Salgada/RJ. **I-**) concha de *Heleobia australis*. **II-**) *Heleobia australis* incrustado em sedimentos. **III-**) e **IV-**) Notar a diferença nas características da carapaça entre dois ostracodes. **V-**) concha de bivalve (família Verenidae). **VI-**) tubos de tanaidáceos.

6. Discussão dos Resultados

O ambiente da Lagoa Salgada anterior ao aparecimento dos estromatólitos foi propício à ocorrência de anelídeos da família Serpulidae (classe Polychaeta) devido às condições geoquímicas que forneceram carbonato de cálcio necessário à secreção de tubos construídos por estes poliquetas. Os serpulídeos são filtradores, retirando seu alimento de partículas em suspensão, inclusive o carbonato de cálcio. A ocorrência de seus tubos calcários é comum em substratos rochosos, assim não parece haver relação direta entre estes e as camadas contendo conchas.

Após a instalação das colônias de microorganismos que deram origem às camadas basais dos estromatólitos, notou-se que, na passagem de laminações da porção inferior para o desenvolvimento de colunas da porção intermediária, houve menor aporte de sedimentos, denotado pelos espaços vazios entre estas estruturas. Além disso, possivelmente ocorreu competição entre as comunidades de organismos presentes nas esteiras a procura de luz solar para possibilitar a atividade metabólica. Assim, pode-se interpretar que, quando há aporte menor de sedimentos, apenas porções da esteira são encobertas, fazendo com que as comunidades abaixo destas migrem em direção a luz solar para dar continuidade aos processos de trapeamento, captação e precipitação dos minerais.

A porção superior, ora apresenta laminações onduladas, ora apresenta-se com aspecto maciço. Um fator que pode explicar o aspecto maciço é o processo de bioturbação provocado pela presença e atividade da espécie *Heleobia australis*. Este animal é pastador e depositívoro, alimentando-se diretamente de microalgas e material orgânico depositado em águas mais calmas. Tem alta frequência em ambientes com sedimento lamoso e com grande deposição de matéria orgânica (Neves *et al.*, 2009). De acordo com Tucker (2001), a decadência de estromatólitos colunares e domais no Fanerozóico, especialmente em águas rasas, é atribuída a atividades de pastagem de metazoários, especialmente, gastrópodes. A ausência destes organismos no Pré-cambriano e no início do Fanerozóico foi um dos fatores que favoreceram a diversidade e ampla distribuição dos estromatólitos.

A disponibilidade de carbonato de cálcio para o crescimento dos estromatólitos, além de outros elementos essenciais para o desenvolvimento das esteiras microbianas da Lagoa Salgada, tem uma contribuição da dissolução das conchas de *Heleobia australis*. Segundo Hutchings, P.A. (1986, *apud* Senra, *et al.*, 2006) o mecanismo básico de destruição de estruturas carbonáticas é a dissolução bioquímica pela atividade microbiana, resultado da interação de moluscos e cianobactérias. Este carbonato dissolvido pode ser utilizado para novas bioconstruções, como os estromatólitos. Um experimento realizado por Hecth (1933, *apud* Morse, 2005) mostra que a dissolução em conchas de gastrópodes pode começar imediatamente após a morte do animal.

Estudos realizados em laboratório mostraram que podem ocorrer perdas de até 25% no peso total de uma concha num período de duas semanas. Outros organismos como bivalves, ostracodes, briozoários e foraminíferos, encontrados nas amostras, também devem contribuir com o fornecimento dos íons necessários para a geração de cimento microesparítico em torno de minerais, pelóides e elementos biogênicos (Tabela 10).

Contudo, as esteiras microbianas modernas, ocorrendo basicamente em ambientes hipersalinos, podem apresentar cimentação tanto através da precipitação biogeoquímica quanto por processos físico-químicos (Tucker, 2001).

Mineralogia				
Organismos	Aragonita	Calcita – Baixo magnésio	Calcita – Alto magnésio	Aragonita + Calcita
Gastrópodes	X	-----	-----	X
Bivalves	X	X	-----	X
Briozoários	X	-----	X	X
Ostracodes	-----	X	X	-----
Foraminíferos Bentônicos	O	-----	X	-----

Tabela 10: Mineralogia de organismos encontrados na Lagoa Salgada/RJ. A letra “X” indica a mineralogia dominante. A letra “O” indica mineralogia encontrada com menor frequência. Os traços indicam ausência (modificado de Tucker, 2001).

Outros organismos que podem exercer tal interferência sobre as esteiras e o crescimento dos estromatólitos da Lagoa Salgada são os crustáceos do gênero *Orchestia* (ordem Amphipoda, subordem Gammaridae), encontrados em grande quantidade no local de origem das amostras estromatolíticas. Estes crustáceos são herbívoros e detritívoros, e são encontrados sempre associados a algas e detritos, tendo preferência alimentar por material recém depositado, como a matéria orgânica essencial para o crescimento das esteiras microbianas. Estes crustáceos também foram encontrados em grande abundância nos sedimentos ao redor da lagoa, especialmente na borda, onde havia esteiras microbianas.

Os ostracodes possuem ampla variedade em hábitos alimentares, sendo que a maioria é suspensívora, mas há carnívoros, herbívoros ou saprófagos (Ruppert *et al.*, 2004). Também podem ser filtradores ou depositívoros, alimentando-se de sedimentos sem nenhuma seleção. A salinidade

representa o fator fundamental na distribuição destes crustáceos, sendo determinante também na sua fisiologia. O decréscimo na salinidade aumenta a proporção de ostracodes em relação a outros organismos como foraminíferos (Pokorný, 1998).

As colônias de briozoários não toleram condições com altos índices de salinidade (Ruppert *et al.*, 2004). Assim, a ausência destas colônias na porção superior dos estromatólitos somados a maior presença de foraminíferos (interpretado em lâminas petrográficas) pode indicar que ao longo da evolução da lagoa, houve aumento paulatino nos índices de salinidade.

A análise dos gráficos de porcentagens gerados junto aos sedimentos amostrados (Figuras 14 e 15) mostra que, de uma maneira geral, os microgastrópodes têm participação com maior representatividade junto aos sedimentos encontrados nos estromatólitos coletados na borda nordeste da lagoa, que corresponde ao lado mais próximo ao oceano. Contudo, há variação considerável entre as amostras com um valor mínimo de 2,30% para a amostra CP6/18 e um valor máximo de 18,63% para a amostra CP6/25. Por outro lado, a diferença entre elementos inorgânicos e orgânicos é menor se comparada aos resultados obtidos junto às amostras coletadas no lado sudoeste, onde os minerais e fragmentos de rocha, com exceção da amostra CP6/4, ultrapassam 80% do peso total. Um processo que pode explicar estes resultados refere-se ao aporte de sedimentos carreados ao longo da evolução da planície do rio Paraíba do Sul no lado leste da lagoa (continente).

De acordo com Scholle & Scholle (2003), os processos diagenéticos envolvem uma série de processos físico-químicos sendo os mais comuns:

1. cimentação;
2. dissolução;
3. substituição/autigênese de um mineral por outro (polimorfos ou de fases distintas);
4. compactação física;
5. compactação química;
6. fraturamento.

Destes sete processos, três são encontrados ao longo dos níveis estudados junto às lâminas delgadas: dissolução, cimentação e autigênese.

A dissolução é evidenciada pela lixiviação das porções internas de microgastrópodes e ostracodes, e pela preservação das conchas e valvas, gerando porosidades do tipo intrapartícula. Além disso, notam-se porosidades com geometria variando entre semi-circular a oval, muito semelhantes aos elementos peloidais encontrados comumente nos níveis inferior, intermediário e superior.

A autigênese e cimentação são interpretadas como complementares, sendo que as calcitas microespáticas apresentam bordas angulosas cimentando minerais como quartzo, plagioclásio e

microclínio, além de pelóides e elementos biogênicos. O fornecimento dos íons necessários a estes processos, além da contribuição inorgânica, provavelmente deve-se a dissolução de conchas, valvas e exoesqueletos de elementos biogênicos como explicado anteriormente.

Os tipos de porosidade foram classificados (Figura 20) de acordo com os termos propostos por Choquette & Pray (1970). Estes tipos de porosidades foram classificados dentro de tramas seletivas e não-seletivas. No primeiro grupo foram verificadas porosidades do tipo intrapartícula, interpartícula, fenestral, “shelter” e formada por perfuradores (‘boring’). No segundo grupo foram verificadas porosidades do tipo vugular (maiores que 1/16 milímetros segundo Tucker, 2001).

A porosidade do tipo intrapartícula é denotada pela dissolução de conchas de bivalves, valvas de ostracodes e principalmente, conchas de microgastrópodes. As porosidades do tipo interpartícula e fenestral ocorrem em porções locais não sendo amplamente encontrada devido a alta ocorrência de matéria orgânica e cimentação em torno dos grãos. A porosidade do tipo “shelter” é restrita a porção superior das amostras tendo pouca representatividade modal. O tipo formado por perfuradores é restrito a algumas lâminas como explicado no item 5.

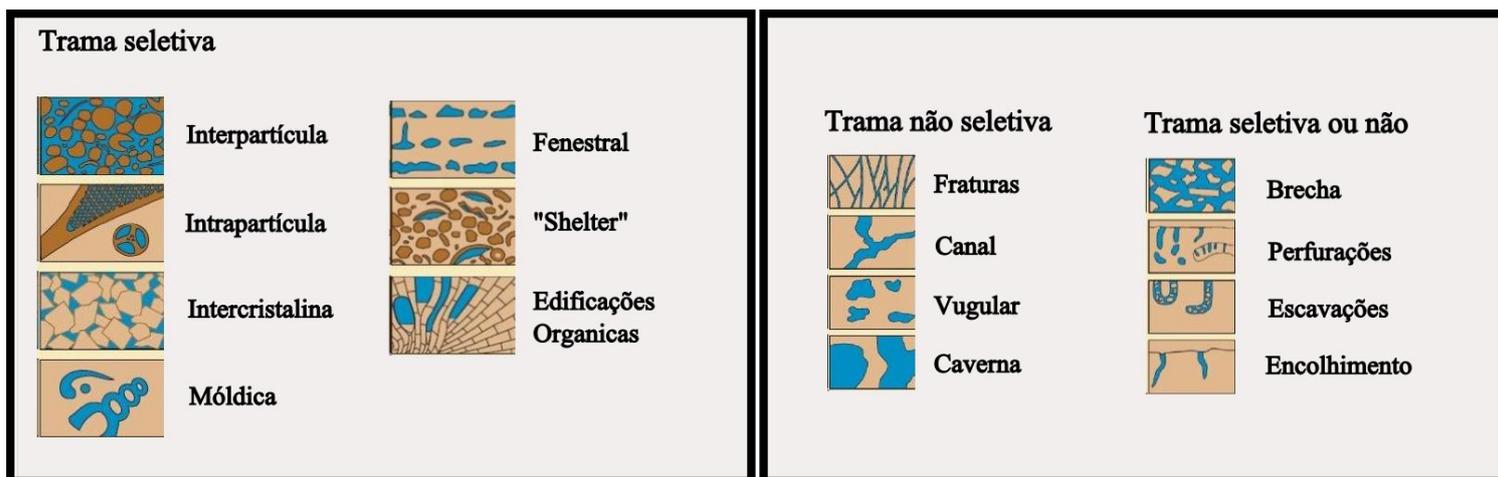


Figura 20: Tipos de porosidade propostos por Choquette & Pray (1970) para rochas carbonáticas.

Por último as análises realizadas através do microscópio eletrônico de varredura com elétrons retroespalhados (EDS) mostram que não há variações composicionais significativas ao longo da evolução dos estromatólitos. Os elementos com maior presença em todas as fases são: oxigênio, carbono e cálcio com magnésio de forma subordinada. As conchas de microgastrópodes e ostracodes apresentam altos valores destes elementos, com exceção ao magnésio. O mineral predominante é a calcita magnesiana, seguida por quartzo, micas (biotita e muscovita) e feldspatos (microclínio e plagioclásio). Em uma amostra há presença de silvita (cloreto de potássio - KCl), com hábito anédrico e tamanho de cerca de 50 micrômetros.

As análises envolvendo elétrons secundários tiveram como finalidade a visualização de caracteres morfológicos não visíveis em lupa. Assim, estas micrografias eletrônicas foram de

fundamental importância para a classificação dos elementos biogênicos encontrados na Lagoa Salgada e descritos no item 5.3.3.2.

7. Conclusões

Os resultados obtidos em diversas escalas de análise mostram que não há grandes variações macroscópicas ao longo da evolução dos estromatólitos da Lagoa Salgada/RJ.

Os elementos biogênicos comumente encontrados como os microgastrópodes e ostracodes, aparecem incrustados à rocha desde a fase inicial de crescimento com o desenvolvimento de laminações. Este fato foi comprovado pelas análises dos sedimentos incrustados e/ou pelos estudos petrográficos.

A ausência de colônias de briozoários na parte superior das amostras, somado a presença de foraminíferos, indica que houve aumento nos índices de salinidade da lagoa durante a fase final de desenvolvimento dos estromatólitos.

O quartzo apresenta variações, predominantemente, de sub-arredondados a sub-angulares, contudo a presença de borda arredondada é comum. Isto pode indicar dois fatores: retrabalhamento no oceano dos sedimentos carregados à lagoa ao longo da evolução da planície do rio Paraíba do Sul; e sedimentos provenientes do oceano através de elevações relativas do nível do mar.

O carbonato de cálcio, além de processos inorgânicos, envolve a secreção por parte de diversos organismos como serpulídeos, foraminíferos, microgastrópodes, briozoários e ostracodes em forma de tubos e conchas. Experimentos realizados em laboratório mostram que pode haver uma diminuição de até 25% no peso da concha de um gastrópode. Assim, pode haver rápida contribuição com o fornecimento de íons necessários a precipitação de carbonato de cálcio.

Os dados obtidos pelo EDS mostram que não houve grandes variações no fornecimento de elementos ao longo da evolução dos estromatólitos. Os elementos principais são representados por oxigênio, carbono e cálcio com magnésio de forma subordinada.

Referências Bibliográficas

- Awramick, S. M.; Margulis, L. 1974. Definition of stromatolites. *Stromatolite Newsletter*, n.2, p.5.
- Awramik, S.M. 1979. Stromatolite Morphogenesis – Progress and Problems. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 16: 992 –1015.
- Burne, R.V. & Moore, L.S. 1987. Microbialites: organosedimentary deposits of benthic communities. *Palaios*, v.2, p. 241-254.
- Carvalho, M.D de 1988. Carbonatos lacustres das bacias da margem continental brasileira. XXXV Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, PA, Anais, v. 2, p. 801-808.
- Choquette, P. W.; Pray, L. C. 1970. Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*, v. 54, n. 2, p. 207-250.
- Cloud, P. E.; Dardenne, M. A. 1973. Proterozoic age of Bambuí Group in Brazil. *Bulletin of the Geological Society of America*, v. 84, n. 5, p. 1673-1676.
- Dardenne, M.A. & Campos Neto, M.C. 1975. Estromatólitos colunares na Série Minas (MG). *Revista Brasileira de Geociências*, v.5, p.99 – 105.
- Decho, A.W.; Visscher, P.T.; Braissant, O.; Dupraz, C.; Norman, R.S.; Reid, P.R.; Stolz, J.F. 2008. An Emerging Framework for Understanding Marine Stromatolite Formation [keynote]. In: Joachim Reitner, Nadia-Valérie Quéric, Mike Reich (Eds.). *Geobiology of Stromatolites. International Kalkowsky-Symposium, Göttingen*, 206 p.
- Dias, G.T.M. & Gorini, M.A. 1980. A baixada campista. Estudo morfológico dos ambientes litorâneos. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 31, Santa Catarina, 1980. Resumos, Santa Catarina, SBG, p.588-602.
- Dias, J. L., Carminatti, M., Scarton, J. C., Guardado, L. R., Esteves, F. R., 1990. Aspectos da evolução tectono-sedimentar e a ocorrência de hidrocarbonetos na Bacia de Campos. In: *Origem e evolução de bacias sedimentares*, Raja gabaglia, G. P., Milani, E. J. (coords.), Petrobrás, p.:333-360.
- Dias, G.T.M. & Kjerfve, B. 2008. Barrier and Beach Ridge Systems of Rio de Janeiro Coast. In: S. R. Dillenburg & P. Hesp (eds.). *Geology of the Brazilian coastal barriers. Lect. Notes in Earth Sciences*, 107, Springer-Verlag Berlin, p.:225-252.
- Fairchild, T.R. 1977. Conophyton and other columnar stromatolites from the Upper Precambrian Açungui Group near Itapeva, SP, Brazil. *I Simpósio Regional de Geologia*, São Paulo, SP, Atas, p. 179-198.
- Fairchild, T. R. Estromatólitos. 1989. In: *11º Congresso Brasileiro de Paleontologia, Curitiba. Anais Curitiba: Sociedade Brasileira de Paleontologia*, 1989. v. 5. p. 128-130.

- Gehler, A. & Reich, M. 2008. Ernst Louis Kalkowsky (1851-1938) and the term 'stromatolite'. In: Joachim Reitner, Nadia-Valérie Quéric, Mike Reich (Eds.). *Geobiology of Stromatolites. International Kalkowsky-Symposium, Göttingen*, 206 p.
- Hofmann, H.J. 1973. Stromatolites: Characteristics and Utility. *Earth Science Reviews*. (9): 339 – 373, Amsterdam.
- Iespa, A.A.C.; Silva e Silva, L.H.; Damazio-Iespa, C.M. 2007. Estruturas biogênicas na Lagoa Salgada. In: *XX Congresso Brasileiro de Paleontologia*. Roteiro de Campo. Buzios, RJ, SBP, 17p.
- Iespa, A.A.C.; Damazio-iespa, C.M.; Almeida, L. B. F de. 2008. Microestratigrafia do Complexo Estromatólito, Trombólito e Oncoide Holocênico da Lagoa Salgada, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: *Revista de Geologia*, v. 22, n°1, p.7-14.
- Lemos, R.M.T., Silva, C.G. & Spadini, A. R. 1994. Estratigrafia e estromatólitos recentes da Lagoa Salgada - RJ. *XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia*, 258-260p.
- Lemos, R.M.T. 1996. Estudo das fácies deposicionais e das estruturas estromatolíticas da lagoa Salgada, Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Geofísica Marinha Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado, 126 p.
- Martin, L., Suguio, K.E. & Flexor, J.M., 1993, As flutuações de nível do mar durante o quaternário Superior e a evolução geológica de deltas brasileiros. Instituto de Geociências, São Paulo, 1-186.
- 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 do Janeiro, 1984, SBG. Anais, 1: 84 - 97.
- Martin, L.; Suguio, K. & Dominguez, J.M.L. 1997. Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Belo Horizonte, CPRM, 112p.
- Morse, J.W. 2005. Formation and Diagenesis of Carbonate Sediments. In: *Sediments, Diagenesis, and Sedimentary Rocks* (Ed. F.T. Mackenzie). *Treatise on Geochemistry* (eds. H.D. Holland and K.K. Turekian), Elsevier-Pergamon, Oxford, vol 7, p 67-85.
- Neves, R. Almeida de.; Valentim, J.L.; Pessoa, L.A.; Echeverría, C.A. 2009. Distribuição de moluscos dominantes no sedimento da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia*, São Lourenço, Minas Gerais.
- Papaterra, G.E.Z. 2010. Pré-Sal: Conceituação Geológica sobre uma nova fronteira exploratória no Brasil. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ), Dissertação de Mestrado, 81p.
- Pokorný, V. 1998. Ostracodes. In: *Introduction to Marine Micropaleontology*. Edited by Bilal V. H.A.Q & Anne Boersma (eds). Elsevier, Netherlands, 4: 109-147.

- Pratt, B. R. (1982) Stromatolitic framework of carbonate mud-mounds. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 52, n. 4, p. 1203-1227.
- Raja Gabaglia, G.P. & Milani, E.J., 1990. Origem e evolução de Bacias sedimentares. *Petrobrás*, Rio de Janeiro, 115-126.
- Reitner, J.; Quéric, N.V. 2008. Geobiology of Stromatolites. In: Joachim Reitner, Nadia-Valérie Quéric, Mike Reich (Eds.). *Geobiology of Stromatolites*. International Kalkowsky-Symposium, Göttingen, 206 p.
- Ricardi-Branco, F.; Caires, E.T.; Silva, A.M.. 2006. Campo de Estromatólitos Gigantes de Santa Rosa de Viterbo, SP - Excelente registro do litoral do mar permiano Irati, Bacia do Paraná, Brasil. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 24/11/2006 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio125/sitio125.pdf>.
- Riding, R.E. (1999): The term stromatolites: towards an essential definition. *Lethaia*, 32, 321-330.
- Rodrigues, M.A.; Carvalho, M.G.P. & Dias, G.T.M. 1981. Interpretação paleoambiental das lagoas Salgadas e das Ostras (RJ) Brasil, com base em foraminíferos. In: *Congresso Latino-Americano de Paleontologia*, 2. Porto Alegre, 1981. Artigo, Porto Alegre, UFRGS, p.893-906.
- Rohn, R.; Fairchild, T. R. 1986. Estromatólitos permianos em calcário coquinóide do Grupo Passa Dois, nordeste do Paraná. In: *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v. 58. p. 435-446.
- Ruppert, E.E.; Fox, R.S.; Barnes, R.D. 2005. Zoologia dos Invertebrados – Uma abordagem funcional-evolutiva, 7ª ed, Editora Roca LTDA, São Paulo, p.p.1123.
- Sallun Filho, W.; Fairchild, T. R. 2004. Os estromatólitos do Grupo Itaiacoca ao sul de Itapeva, São Paulo. *Revista Brasileira de Paleontologia*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 359-370.
- Sallun Filho, W.; Fairchild, T.R. 2005. Estudo comparativo entre estromatólitos do tipo Conophyton das faixas Ribeira (Grupo Itaiacoca, SP-PR) e Brasília (grupos Vazante, MG e Paranoá, GO). *Revista do Instituto Geológico*, v. 26, p. 1-18.
- Sallun Filho, W.; Fairchild, T.R.; FRANÇA, D.R. de. Disponível em: <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/palestras/estromatolito_2008.pdf>. Data de Acesso: visitado em 16/06/2011 às 11 horas.
- Sallun Filho, W. ; Fairchild, T.R. ; Almeida, F. F. M. ; França, D. R. 2010. Estromatólitos de Nova Campina e Itapeva, SP - Primeiros estromatólitos descritos na América do Sul. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S.; Berbert-Born, M.; Sallun Filho, W.; Queiroz, E.T.. (Org.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, v. 3, p. 1-16.

- Scholle, P. A. 1979. A Color Illustrated Guide to Constituents, Textures, Cements, and Porosities of Sandstones and Associated Rocks: Tulsa, OK, *American Association of Petroleum Geologists Memoir* 28, 201 p.
- Scholle, P., Ulmer-Scholle, D. 2004. A color guide to the petrography of carbonate rocks, grains, textures, porosity, diagenesis- *American Association of Petroleum Geologists, Mem.*, 460 pp.
- Semikhatov, M. A. Gebelein, C. D.; Cloud, P. Awramik, S. M. & Bemore, W. C. 1979. Stromatolite Morphogenesis – Progress and Problems. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 16: 992 – 1015.
- Senra, M.C.E.; Silva e Silva, L.H.; Conde, J.N.; Silva e Silva, L.H. 2006. Microbioerosion on shells of *Heleobia australis* (Gastropoda; Rissooidea) from lagoa Salgada, Rio de Janeiro State, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 29: 199-209.
- Silva e Silva, L.H. 2002. Contribuição ao conhecimento da composição microbiana e química das estruturas estromatolíticas da Lagoa Salgada, Quaternário do Rio de Janeiro, Brasil. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Silva e Silva, L.H.; Senra, M.C.E.; Faruolo, T.C.L.M.; Carvalhal, S.B.V.; Alves, S.A.P.M.N.; Damazio, C.M.; Shimizu, V. T.; Santos, R.C.; Iespa, A.A.C. 2004. Composição paleobiológica e tipos morfológicos das construções estromatolíticas da Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7 (2): 193-198.
- 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*, 6 (2): 243-250.
- Silva e Silva, L. H.; Iespa, A.A.C; Iespa, C. M. D. 2007. Considerações sobre Estromatólito do Tipo Domal da Lagoa Salgada, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *In: Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. Vol. 30, 50-57p.
- Silva e Silva, L.H; Iespa, A.A.C; Damazio-iespa, C.M. 2008. Composição dos Estromatólitos Estratiformes da Lagoa Salgada, Rio de Janeiro, Brasil. *In: Anuário do Instituto de Geociências (Rio de Janeiro)*, v. 2, p 42-49.
- Souza, P.C. & Muller, G. 1984. Primeiras estruturas algais comprovadas na Formação Gandarela, Quadrilátero Ferrífero. *Revista da Escola de Minas*, v. 37, n.2, p.13 -21.
- Srivastava, N.K. 1999. Estromatólitos Recentes, Lagoa Salgada, RJ. SIGEP 41.
- Srivastava, N. K. Estromatolito. *In: Ismar de Sousa Carvalho Edt. (Org.). Paleontologia. 2 ed.* Rio de Janeiro: Interciências, 2004, v. 1, p. 171-190

- Vasconcelos, C., Visscher, P.T., Warthmann, R., and McKenzie, J.A. 2006. Formation of lamination in modern stromatolites from Lagoa Vermelha, Brazil: An example for precambrian relics?: *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, v. 70, p. A669-A669.
- Tucker, M.E., 2001. *Sedimentary Petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks*. Editor Blackwell Science, London, 260p.
- Walter, M. R. 1976. *Stromatolites*. Elsevier, Amsterdam. 790p.
- Winter, W.R.; Jahnert, R. J.; França, A. B. 2007. Bacia de Campos. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p. 511-529.

ANEXO

Nome da Amostra	Peso > 1mm (gr)	Peso – 1mm (gr)	Peso – 0.50 mm (gr)	Peso Total (gr)
CP6/3	4,5	5,1	5,2	14,8
CP6/4	7,0	0,8	1,1	8,9
CP6/5	4,5	2,1	3,5	10,1
CP6/6	6,2	3,3	4,6	14,1
CP6/7	10,1	1,8	2,0	13,9
CP6/8	7,9	2,4	3,6	13,9
CP6/10	4,2	4,5	6,7	15,4
CP6/11	5,5	2,8	4,9	13,2
CP6/12	8,0	2,6	4,0	14,6
CP6/13	8,1	4,5	5,0	17,6
CP6/14	18,7	1,1	2,3	22,1
CP6/15	9,3	3,2	4,5	17,0
CP6/16	7,3	2,8	4,9	15,0
CP6/17	4,6	0,6	3,3	8,5
CP6/18	1,7	1,0	6,1	8,8
CP6/19	8,1	1,2	3,8	13,1
CP6/20	5,4	0,7	6,0	12,1
CP6/21	5,5	1,0	3,2	9,7
CP6/25	6,2	1,0	3,3	10,5
CP6/26	6,8	1,5	4,7	13,0
CP6/P26	5,2	2,9	0,9	9,0
P26-A	1,2	1,1	8,5	10,8

Tabela 1: Peso das amostras para as diferentes granulometrias.