



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza  
Instituto de Geociências  
Departamento de Geologia

**CARACTERIZAÇÃO PALINOFACIOLÓGICA E  
ORGANOGEOQUÍMICA DE TESTEMUNHOS  
CURTOS DA LAGOA VERMELHA**

FERNANDA MACHADO PEREIRA CARDIA

Orientador: Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho  
Coorientadora: Dra. Sinda Beatriz Vianna Carvalhal Gomes

Rio de Janeiro  
Março de 2013

# Caracterização Palinofaciológica e Organogeoquímica de testemunhos curtos da Lagoa Vermelha

Fernanda Machado Pereira Cardia, João Graciano Mendonça Filho & Sinda Beatriz Vianna Carvalhal Gomes

## Resumo

Rochas carbonáticas estão presentes em uma grande variedade de ambientes deposicionais, e sua importância econômica está diretamente ligada às suas propriedades físicas e à sua composição química. Com o reconhecimento desse tipo de ambiente como tendo provável valor econômico e exploratório (pré-sal), foi promovido um interesse em estudar análogos modernos no aspecto sedimentar, diagenético e geoquímico. Nesse trabalho foram realizadas análises de palinofácies associadas a técnicas de geoquímica orgânica, tendo como objetivo principal o estudo dos sedimentos e a interpretação das condições deposicionais durante a evolução holocênica de amostras de dois testemunhos curtos retirados da Lagoa Vermelha, localizada a leste da cidade do Rio de Janeiro e caracterizada por possuir um ambiente de sedimentação hipersalino-carbonático. Verificou-se que o início da deposição sedimentar da Lagoa Vermelha apresenta regime oxidante e reflete uma transição de um ambiente siliciclástico para um ambiente carbonático. De uma maneira geral há predomínio de matéria orgânica amorfa ao longo dos testemunhos (91%), aparecendo na base microalgas do gênero *Botryococcus* (13,1%) associados à dinocistos (0,3%) e no topo um tipo de MOA provavelmente ainda em estágios precoces da degradação (MOA Pelicular) (41,3%).

**Palavras-chave:** Ambiente Hipersalino, Palinofácies, Lagoa Vermelha, Matéria Orgânica Particulada

## **Abstract**

Carbonate rocks are present in a wide variety of depositional environments, and its economic importance is directly related to physical properties and chemical composition. The recognition of this type of environment as having probable economic importance (sub-salt) was promoted an interest in studying modern analogs in sedimentary, geochemical and diagenetic aspects. In this study, palynofacies analyzes associated with organic geochemical techniques were performed, having as main objective the study and interpretation of depositional sedimentary conditions during the Holocene evolution of two short piston cores taken from Lagoa Vermelha, located east of the city of Rio de Janeiro and characterized as an environment of carbonate sedimentation. It was found that the beginning of the sedimentary deposition presented oxidant system and reflected a transition from a siliciclastic to a carbonate environment. Generally, there is a predominance of amorphous organic material (AOM) all over the piston cores (91%), appearing in the base the microalgae of the *Botryococcus* genus (13,1%) associated with dinocysts (0,3%) and at the top one type of AOM (41,3%), probably still in the early stages of degradation.

**Keywords:** Hypersaline Environment, Palynofacies, Lagoa Vermelha, Particulate Organic Matter

## 1. INTRODUÇÃO

Rochas carbonáticas estão presentes em uma grande variedade de ambientes deposicionais, alcançando aproximadamente 10% de toda a área continental do planeta. Sua importância econômica está diretamente ligada às suas propriedades físicas (porosidade, permeabilidade, força compressiva e resistência à abrasão) e à sua composição química (cálcio, magnésio, sódio, ouro, urânio, alumínio e hidrocarbonetos). Especial atenção é dada aos carbonatos lacustres e seus depósitos, que estão relacionados às rochas geradoras e reservatórios (Herrero & Escavy, 2010).

Assim sendo, com o reconhecimento desse tipo de ambiente como tendo provável valor econômico na exploração de petróleo (pré-sal), foi promovido um interesse em estudar análogos modernos no aspecto sedimentar, diagenético e geoquímico (Estrella, 2008). Além disso, a gênese de rochas carbonáticas envolve principalmente os ciclos do carbono, cálcio e magnésio que possuem forte relação com a matéria orgânica, pois as condições físicas, químicas e microbiológicas que operam nos sedimentos inconsolidados podem levar à preservação e/ou à degradação dessa matéria orgânica (Vasconcelos, 1988).

A análise de palinofácies se baseia na caracterização qualitativa e quantitativa da matéria orgânica particulada que está contida nos sedimentos e nas rochas sedimentares. Assim sendo, ao analisar a palinofácies, define-se uma assembleia total de componentes da matéria orgânica particulada que por sua vez, reflete condições ambientais específicas e pode ser associada com um potencial de geração de hidrocarbonetos específico (Combaz, 1964; Tyson 1995). Para isso, aplicam-se técnicas de microscopia como principal ferramenta para aquisição de dados e métodos estatísticos para sua interpretação (Mendonça Filho *et al.*, 2009; 2010; 2011a).

Numa abordagem geral, considerando os trabalhos de definição conceitual (Traverse, 1994; Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.* 2010; 2011a; 2012), a matéria orgânica particulada que resta após o processamento padrão não-oxidativo (Ácido Fluorídrico – HF – e Ácido Clorídrico – HCl) é referente a três grupos: palinomorfos (esporos, grãos de pólen, zoomorfos e algas de água doce e marinha), fitoclastos (fragmentos lenhosos de vegetais superiores) e matéria orgânica amorfa (MOA).

Nesse trabalho foram realizadas análises de palinofácies associadas a técnicas de geoquímica orgânica, tendo como objetivo principal o estudo dos sedimentos e a

interpretação das condições deposicionais durante a evolução holocênica de dois testemunhos curtos retirados da Lagoa Vermelha, localizada a leste da cidade do Rio de Janeiro. É interessante ressaltar que a Lagoa Vermelha possui ambiente de sedimentação carbonática (Santelli, 1988; Santelli *et al.*, 2005; Silva e Silva *et al.*, 2004) apresentando características relevantes para o estudo da formação e diagênese de carbonatos, tais como grande variedade de minerais carbonáticos, processos atuantes de dolomitização e presença de estruturas organo-sedimentares (Vasconcelos *et al.*, 2006), como esteiras microbianas e estromatólitos: estruturas litificadas ou não, formadas da interação entre cianobactérias e sedimentos (Sheehan & Harris, 2004; Brehm *et al.*, 2004).

## 2. ASPECTOS FÍSICOS E SEDIMENTOLÓGICOS

Os sedimentos utilizados nesse estudo são oriundos da Lagoa Vermelha, a qual faz parte do Complexo Lagunar de Araruama situado na planície costeira entre os municípios de Araruama e Saquarema (Figura 1). A Lagoa localiza-se 100 km à leste do Rio de Janeiro (22°55'39" e 22°56'06" Sul e 42°21'29" e 42°24'13" Oeste), possui cerca de 4400 m de comprimento e 250-850 m de largura com uma área média de 2400 m<sup>2</sup> e uma profundidade variando de 0,2 a 1,7 m (Silva e Silva & Carvalho, 2005).

Na região, a forte influência de ventos somada a pouca profundidade da lagoa resultam em uma coluna d'água não estratificada (Höhn *et al.*, 1986). Não há drenagem superficial de rios na lagoa, no entanto, para fins comerciais, a laguna foi artificialmente dividida em três compartimentos pela indústria salineira, o que promoveu uma ligação com a Lagoa de Araruama através dos tanques de evaporação das salinas (Primo & Bizerril, 2002). O balanço hídrico é, então, controlado principalmente pela precipitação, evaporação e fluxo das águas subterrâneas de origem marinha e continental (Höhn *et al.*, 1986; Santelli, 1998).

O lado continental da lagoa é plano e coberto por dunas, salinas e vegetação típica de restinga (Höhn *et al.*, 1986) e está separada do Oceano Atlântico por uma restinga de aproximadamente 350 m de largura e 4 m acima do nível do mar (Silva e Silva & Carvalho, 2005).

Microalgas são capazes de crescer no ambiente hipersalino da lagoa (Cl<sup>-</sup> até 1300 mmol/l), formando esteiras microbianas laminadas e gelatinosas, predominantemente, compostas por cianobactérias (2-8 cm de espessura) no fundo da

lagoa (Elias *et al.*, 1997). Quando a massa de água diminui, em épocas de seca, devido a grande evaporação, há um recuo de até 6 m em relação à época chuvosa, expondo estas esteiras (Santelli, 1988). Elas, por sua vez, se desidratam e uma fina crosta de carbonato é formada (Höhn *et al.*, 1986). Dessa forma o sedimento da lagoa torna-se rico em carbonatos, sendo formado por intercalações laminadas de camadas cinza claras contendo os carbonatos e camadas escuras contendo matéria orgânica (Santelli, 1988).

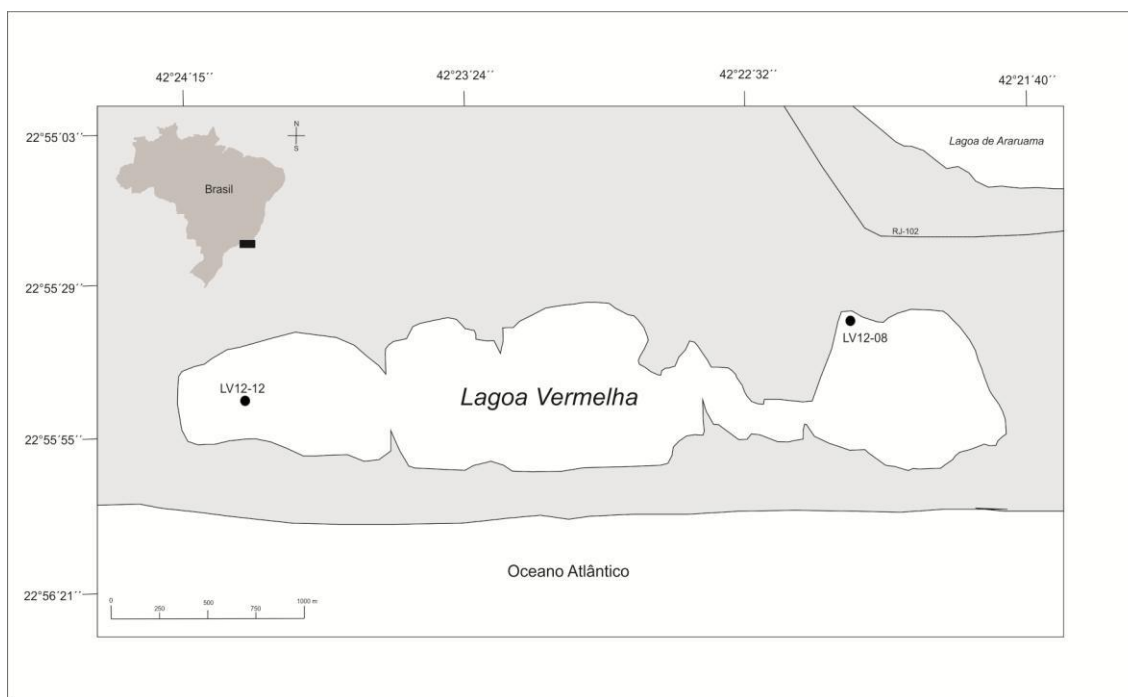


Figura 1: Mapa de localização da Lagoa Vermelha e localização da coleta dos testemunhos (LV12-08 e LV12-12) (Modificado de Google Earth, 07/02/2013).

### 3. CONTEXTO GEOLÓGICO

O setor da planície costeira brasileira onde está localizada a Lagoa Vermelha tem um *trend* regional leste-oeste, diferentemente do que ocorre com o restante da costa (norte-sul); e as características regionais de relevo são atribuídas às atividades tectônicas do Cenozóico. As principais estruturas são faixas costeiras como a Serra do Mar, o Gráben da Guanabara, os maciços costeiros e a Bacia Sedimentar de Santos (Turcq *et al.*, 1999).

Dentro do Gráben da Guanabara, a planície costeira e a plataforma interna formam uma unidade morfológica contínua coberta pelas transgressões e regressões do Quaternário. A característica marcante dessa planície costeira é a presença de dois

sistemas de lagoas. O sistema interno, caracterizado por grandes lagoas arredondadas e o sistema externo, representado por uma “grinalda” de pequenas lagoas, incluindo a Lagoa Vermelha, localizado ao longo de uma estreita planície entre duas barreiras arenosas (Turcq *et al.*, 1999).

A evolução desses sistemas de lagoas e barreiras arenosas durante o Quaternário foi fundamentalmente afetada pelas flutuações do nível relativo do mar no litoral do Estado do Rio de Janeiro (Vasconcelos, 1988). A Lagoa Vermelha tem sua formação relacionada ao último episódio de transgressão holocênica, iniciado há 7.000 anos (Anjos, 1999).

Primeiramente, o mar, durante a transgressão Flandriana, retrabalhou os sedimentos depositados no Plioceno e Pleistoceno até chegar ao seu clímax, onde atingiu de 4 a 6 m acima do nível atual. Após este evento o mar desceu gradativamente abandonando a restinga interna e iniciando a constituição da restinga externa, através de outra transgressão (pós-flandriana) (Lamego, 1945). Essas duas transgressões marinhas sucessivas ocasionaram o aparecimento das duas séries de cordões litorâneos de idades diferentes, que, por sua vez, ocasionaram o aparecimento e o fechamento desse sistema de pequenas lagoas existentes na região, no qual a Lagoa Vermelha está inserida (Silva e Silva *et al.*, 2003).

As areias das barreiras são quartzosas, com grãos variando de muito finos a grossos, e de subangulosos à subarredondados (Silva e Silva *et al.*, 2003). Elas se encontram cimentadas, por resíduos de conchas na faixa banhada pelo mar (Silva e Silva *et al.*, 2002). A datação por  $^{14}\text{C}$  das conchas e sambaquis da barreira arenosa e as condições paleogeográficas indicam uma idade entre 4.200 a 3.800 anos A.P. (Lopes, 1988).

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para esse trabalho foram utilizados dois testemunhos curtos retirados da Lagoa Vermelha: Testemunho LV12-08 (22°55'34" S e 42°22'13" O) e Testemunho LV12-12 (22°55'49" S e 42°24'04" O) (Figura 1). Os dois testemunhos foram coletados manualmente em tubos PVC, refrigerados em *coolers* portáteis e levados ao laboratório, onde foram mantidos congelados.

Imediatamente após a abertura dos testemunhos foi realizada a descrição dos sedimentos e, em seguida realizada a amostragem em uma malha de dez centímetros. O

testemunho LV12-08 com 73 cm foi dividido em 9 seções, e o testemunho LV12-12 com 70 cm foi dividido em 7 seções conforme figura 2. Um total de 16 amostras foi estudado através dos métodos geoquímicos descritos a seguir.

#### **4.1 Análise de Carbono Orgânico Total**

A análise de carbono orgânico total (COT%) expressa o teor da matéria orgânica através da percentagem em peso relativo de carbono orgânico (Jarvie, 1991). Através deste método também é possível determinar o teor de enxofre total (S%) da amostra, bem como o seu resíduo insolúvel (RI%), obtido através da retirada de carbonato.

A determinação elementar do carbono (COT%) foi realizada no aparelho SC 144 da LECO, após acidificação para remoção de carbonatos. O método usado segue as normas de referência da ASTM D 4239 (ASTM, 2008) com algumas adaptações.

A descarbonatação foi o primeiro passo do processo de preparação das amostras. Para isso, foram pesados 0,3 g da amostra, previamente pulverizada, em um recipiente de porcelana filtrante (de massa conhecida) e então, as amostras foram acidificadas com HCl 1:1 a frio, permanecendo assim por 24 horas para eliminação de todo carbonato.

Em seguida, iniciou-se a lavagem com água destilada quente por 1 hora para eliminar os cloretos. O processo de lavagem continuou dessa vez com água destilada em temperatura ambiente, até que o pH ficasse próximo a 6.

As amostras foram secas em estufa a 65°C por 3 horas. Após o resfriamento, elas foram levadas para uma nova pesagem, para que fossem calculados a quantidade de de resíduo insolúvel (RI) e conseqüentemente o teor de CaCO<sub>3</sub>. Após a acidificação para retirada da fração carbonática, considerou-se que o restante equivaleria à fração siliciclástica, uma vez que os silicatos são os minerais existentes em maiores quantidades na Terra. Dessa forma, diminui-se o valor do RI da quantidade inicial e pode-se obter o teor de CaCO<sub>3</sub>. Os cálculos foram feitos da seguinte forma:

$$RI (\%) = \frac{\text{Peso do insolúvel} \times 100}{\text{Peso inicial da amostra}}$$

$$\text{Teor de CaCO}_3 (\%) = 100 - RI$$

Logo após, as amostras foram colocadas no equipamento (SC 144 - LECO) e a massa inicial antes da acidificação foi inserida no seu programa. No aparelho, as amostras foram levadas a um forno numa atmosfera de oxigênio à temperatura de 1350°C. A combinação da temperatura com o fluxo de oxigênio levou a amostra à combustão total. Todo o carbono e enxofre contido na amostra sofreram oxi-redução



nesse processo, formando CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>. A leitura dos gases formados foi feita pela célula de infravermelho e as concentrações foram obtidas em porcentagem.

#### **4.2 Análise de palinofácies**

A preparação do material para análise de palinofácies foi realizada utilizando-se o procedimento padrão não-oxidativo descrito por Tyson (1995), Mendonça Filho *et al.* (2010; 2011a).

Inicialmente, as amostras foram secas em estufa a 50°C e, em seguida, aproximadamente, 30g de material foram colocados em béqueres de plástico identificados (1000ml). Os recipientes foram então para a capela e passaram por três processos de acidificação.

A primeira etapa desse processamento consistiu na acidificação das amostras com ácido clorídrico (37%) para a eliminação da fração carbonática. Após um repouso de 18 horas foi feita a neutralização com água filtrada. A segunda etapa, usada para a eliminação da fração silicosa, utilizou ácido fluorídrico (40%). Novamente, após um repouso, dessa vez de 24 horas, a amostra foi neutralizada. A terceira etapa serviu para a eliminação de possíveis fluorsilicatos formados durante as etapas anteriores e para isso utilizou-se ácido clorídrico a 37%, permanecendo em repouso por 3 horas, seguindo para nova neutralização.

Após a neutralização, as amostras foram colocadas em tubos de centrífuga e foi adicionado cloreto de zinco para separação por flotação da fração orgânica. O resultado desse processo foi o restante da fração inorgânica depositado no fundo e a fração orgânica suspensa. Após esse processamento, foram confeccionadas lâminas organopalinológicas com o resíduo orgânico.

A análise de palinofácies envolveu o exame quantitativo e qualitativo dos grupos e subgrupos de componentes da matéria orgânica particulada. As técnicas de microscopia sob luz branca transmitida e microscopia sob luz azul/ultravioleta incidente (fluorescência) foram utilizadas para a identificação e contagem de 300 partículas em cada lâmina, obedecendo a classificação geral dos componentes da matéria orgânica que os divide em três grupos principais: matéria orgânica amorfa, fitoclasto e palinomorfo (Tyson, 1995; Mendonça Filho *et al.*, 2010; 2011a). Na objetiva de 20X foram contadas as partículas maiores que 50µm, já na objetiva de 40X contou-se as partículas maiores que 25 µm. Após a contagem, os valores absolutos foram recalculados para valores

percentuais e normalizados a 100%. Dessa forma, diagramas binários foram confeccionados para uma melhor visualização dos resultados (Figuras 3, 4, 9 e 11).

### **4.3 Tratamento estatístico**

A partir da análise quantitativa dos componentes da matéria orgânica, os dados passaram ainda por um tratamento estatístico visando reuni-los em agrupamentos (análise *cluster*). Tais agrupamentos são formados buscando reconhecer o grau de similaridade entre os grupos e subgrupos, de componentes da matéria orgânica para reuni-los em conjuntos e, desta forma, estabelecer relações entre as associações palinofaciológicas (Valentin, 2000).

No presente estudo, foi utilizada uma matriz com 16 amostras e 30 variáveis (percentuais relativos dos componentes da matéria orgânica particulada). Tanto nas análises cluster modo-R e modo-Q, optou-se pelo uso do algoritmo do método Ward com distância de r-Pearson (Valentin, 1995), no programa Statistica 7.0.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1 Descrição dos testemunhos**

A primeira testemunhagem (LV12-08) foi realizada mais próximo da margem e no bolsão mais a leste da lagoa. Este bolsão é caracterizado pela ocorrência de esteiras microbianas e estromatólitos. O bolsão onde foi recuperado o testemunho LV12-12 está localizado no bolsão mais a oeste e o testemunho foi retirado num local mais afastado da margem. Neste, há presença de biofilmes e estruturas carbonáticas, como concreções e estromatólitos pequenos e quebrados. As sequências sedimentares recuperadas foram divididas conforme os perfis da figura 2 e descritas conforme a tabela 1.

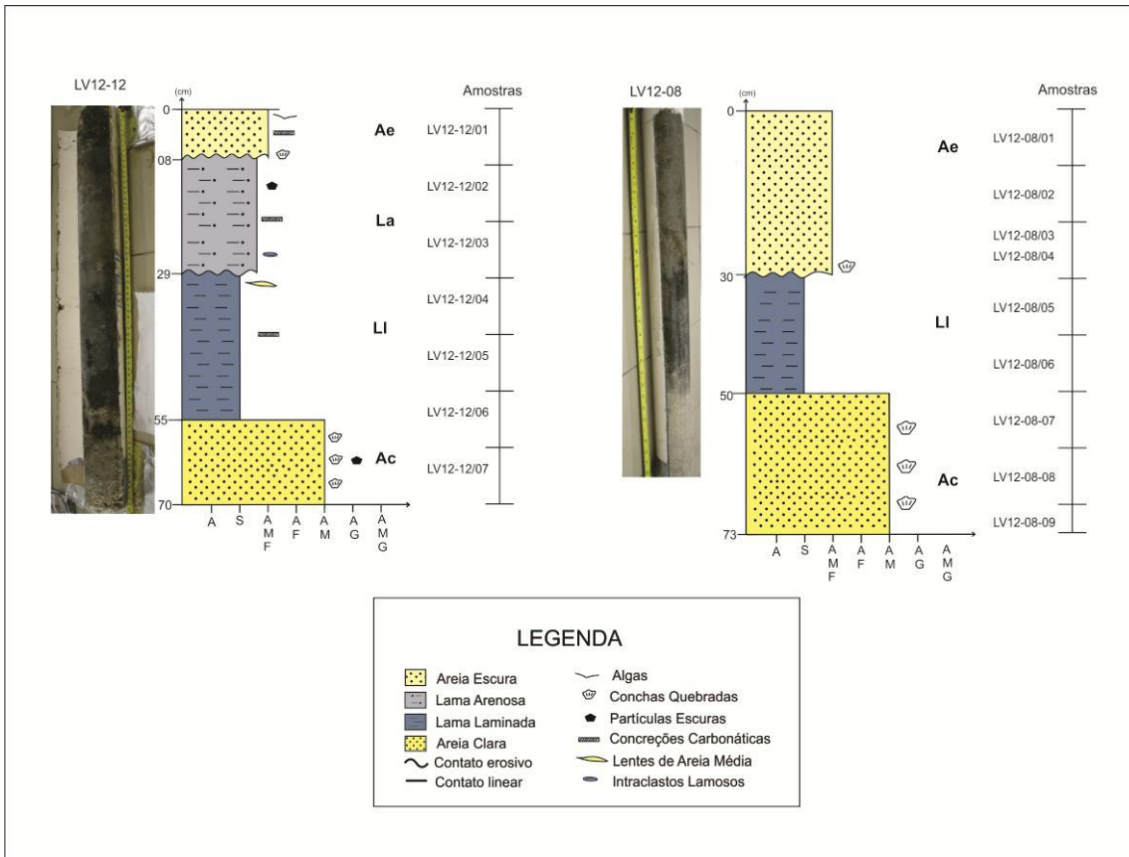


Figura 2: Perfil de fácies sedimentares dos testemunhos com a localização dos cortes das amostras.

<b>CÓDIGO</b>	<b>DIAGNOSE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Ac	Areia clara	Sedimento arenoso médio a grosso, mal selecionado, com grãos subangulosos de composição quartzosa; possui pequena proporção de silte e argila; coloração esbranquiçada e grande quantidade de conchas de bivalves quebradas (50%). Pode apresentar pequenas partículas escuras (óxido?/pirita?/matéria orgânica?)
Ae	Areia escura	Sedimento arenoso muito fino, mal selecionado; possui pequena proporção de silte e argila; coloração esverdeada (escura), apresentando conchas de bivalves quebradas na base. Pode apresentar grande quantidade de algas e/ou concreções carbonáticas.
Li	Lama laminada	Sedimento de granulometria entre silte e argila; coloração bem escura; pequena quantidade de conchas de bivalves; textura muito plástica e com fissilidade. Presença de muita matéria orgânica. Pode apresentar finas lentes de areia média quartzosa no topo e concreções carbonáticas.
La	Lama arenosa	Sedimento de granulometria mal selecionada entre argila e areia muito fina; coloração escura; pequena quantidade de conchas de bivalves; bastante laminada. Apresenta intraclastos lamosos bem evidentes, concreções carbonáticas e fragmentos de esteira microbiana (?). Pode apresentar pequenas partículas escuras (óxido?/pirita?/matéria orgânica?)

Tabela 1: Descrição das fácies sedimentares encontradas nos testemunhos

## 5.2 Distribuição dos grupos da matéria orgânica particulada

Na análise das lâminas organopalinológicas foram encontrados os três principais grupos da matéria orgânica: Fitoclastos, Matéria Orgânica Amorfa (MOA) e Palinomorfos, com predominância do Grupo MOA (Figura 5).

Os fitoclastos encontrados nas amostras são, em sua maioria, opacos do tipo alongado (1,4%) (Figura 5 L) e do tipo corroído (1,0%) (Figura 5 M). Ocorrem também, em menores proporções, fitoclastos não-opacos (0,9%), principalmente não bio-estruturados degradados (0,9%) com coloração marrom escuro, fluorescência muito fraca e cutículas não degradadas (0,5%) (Figura 5 I e J).

Há dois tipos de Matéria Orgânica Amorfa: a do tipo Homogênea Densa e a do tipo Homogênea Pelicular. A Matéria Orgânica Amorfa Homogênea densa (MOA Densa) apresenta-se como grumos espessos, de coloração castanho escuro e com presença de pequenas inclusões que podem ser de pirita e/ou fragmentos de fitoclastos; com fluorescência amarelo esverdeada intensa (78%) (Figura 5 A e B). A Matéria Orgânica Amorfa Homogênea Pelicular (MOA Pelicular) encontra-se bem dispersa, castanho claro, ainda com presença das pequenas inclusões, porém lamelada e com fluorescência esverdeada baixa (41,3%) (Figura 5 C e D).

O grupo dos palinomorfos está representado por microalgas de água doce do gênero *Botryococcus* com coloração variando de amarelo a castanho médio e fluorescência amarela elevada (13,1%) (Figura 5 E e F). Em pequenas proporções também foram encontrados grãos de pólen e esporos (1,8%) (Figura 5 N, O, P e Q) e alguns poucos representantes dos dinocistos (0,3%).

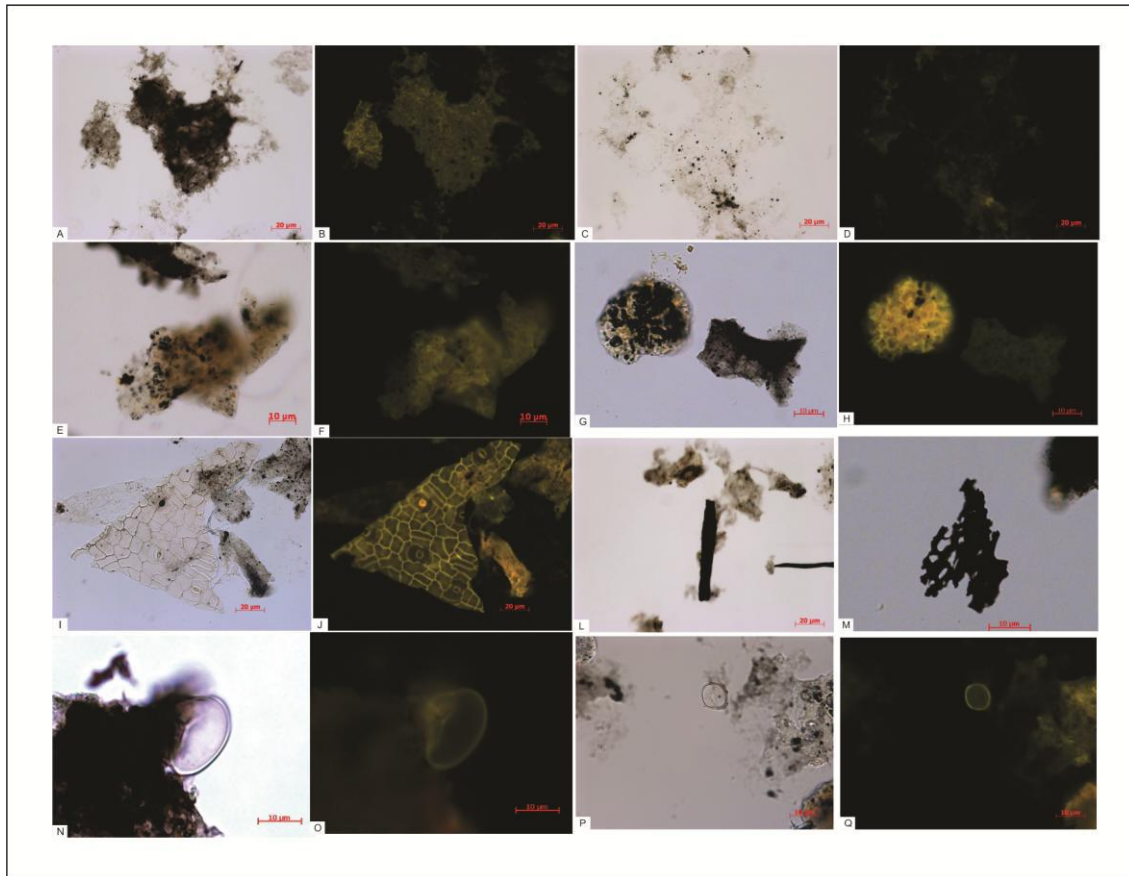


Figura 5: A-B: MOA Homogêna Densa; C-D: MOA Homogêna Pelicular; E-F: *Botryococcus*; G-H: Comparação entre *Botryococcus* e MOA Homogêna Densa; I-J: Cutícula não degradada; L: Fitoclasto opaco alongado; M: Fitoclasto opaco corroído; N-O: Esporo; P-Q: Grão de Pólen. Fotomicrografias em A, C, E, G, I, L, M, N e P sob luz branca transmitida; em B, D, F, H, J, O e Q sob luz azul/UV incidente (fluorescência).

### 5.3 COT % (carbono orgânico total), S% (enxofre) e RI% (resíduo insolúvel)

A razão entre os valores de COT e S apresentou valores médios entre 7,08 e 11,89. Além disso, ocorre um pico nos valores de COT (10,7%) nos dois testemunhos à profundidade semelhante (aproximadamente 30 cm) e os valores de RI apresentam uma diminuição gradual da base para o topo (de 85,5% a 4,8% em média). A quantidade total de matéria orgânica relativa aos principais grupos mostra claramente um predomínio da MOA em relação aos outros grupos (Fitoclastos e Palinomorfos) (tabela 2 e 3 e figuras 3 e 4).

Amostra	Prof. (cm)	COT	S	COT/S	RI	Fito*	MOA*	Palino*
LV12-08/01	5	2,32	0,24	9,64	6,4	2,6	95,4	2,0
LV12-08/02	15	1,68	0,18	9,56	6,1	5,1	92,6	2,3
LV12-08/03	25	1,56	0,16	9,66	6,7	5,0	93,0	2,0
LV12-08/04	30	8,13	0,68	11,89	48	2,7	96,0	1,3
LV12-08/05	35	1,77	0,19	9,27	63	1,4	98,6	0,0
LV12-08/06	45	0,77	0,10	7,67	55	0,3	99,7	0,0
LV12-08/07	55	0,14	0,02	8,74	45	1,0	87,9	11,1
LV12-08/08	65	0,12	0,02	7,26	86	1,0	67,2	31,8
LV12-08/09	71	0,15	0,02	8,60	96	0,7	69,1	30,3

Tabela 2: Valores percentuais de COT, S, COT/S, RI e dos principais grupos da matéria orgânica total no testemunho LV12-08 (\*).

Abreviaturas: Fito: Fitoclasto; MOA: Matéria Orgânica Amorfa; Palino: Palinomorfo

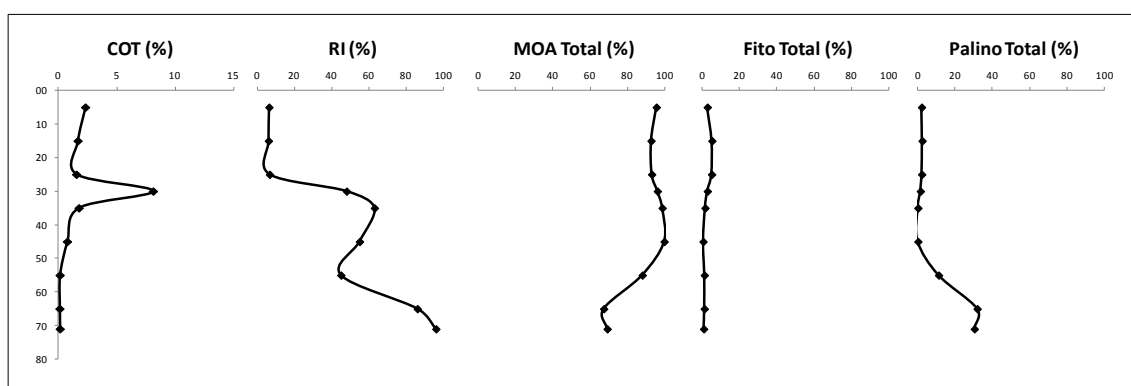


Figura 3: Variação percentual dos parâmetros palinofaciológicos e organogeoquímicos dos principais grupos da matéria orgânica do testemunho LV12-08. Abreviaturas: COT: Carbono Orgânico Total; RI: Resíduo Insolúvel; Fito: Fitoclasto; MOA: Matéria Orgânica Amorfa; Palino: Palinomorfo.

Amostra	Prof. (cm)	COT	S	COT/S	RI	Fito*	MOA*	Palino*
LV12-12/01	5	1,21	0,13	9,08	3,6	4,4	93,2	2,4
LV12-12/02	15	1,63	0,21	7,60	3,4	3,0	93,3	3,7
LV12-12/03	25	3,54	0,42	8,35	24	6,3	93,4	0,3
LV12-12/04	35	13,25	1,30	10,22	35	3,1	95,2	1,7
LV12-12/05	45	6,17	0,55	11,12	68	2,9	96,0	1,1
LV12-12/06	55	3,39	0,45	7,61	59	5,7	90,7	3,7
LV12-12/07	65	0,14	0,02	7,08	75	3,9	90,1	5,9

Tabela 3: Valores percentuais de COT, S, COT/S, RI e dos principais grupos da matéria orgânica total no testemunho LV12-12 (\*).

Abreviaturas: Fito: Fitoclasto; MOA: Matéria Orgânica Amorfa; Palino: Palinomorfo

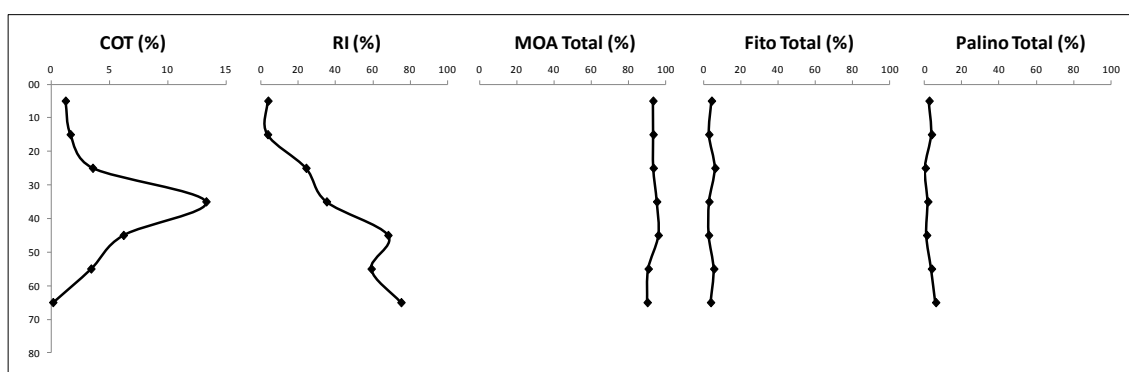


Figura 4: Variação percentual dos parâmetros palinofaciológicos e organogeoquímicos dos principais grupos da matéria orgânica do testemunho LV12-12.

Abreviaturas: COT: Carbono Orgânico Total; RI: Resíduo Insolúvel; Fito: Fitoclasto; MOA: Matéria Orgânica Amorfa; Palino: Palinomorfo

## 5.4 Análises de agrupamento

De acordo com a análise Modo-R, os principais subgrupos de matéria orgânica (Tabela 4) no testemunho LV12-08 foram organizados em associações de palinofácies segundo o grau de similaridade entre as frequências de ocorrência dos componentes (Figura 6). A associação A agrega o subgrupo de microalgas de água doce do gênero *Botryococcus*, cutículas e dinocistos; a associação B corresponde a MOA Homogênea Densa e a associação C agrupa MOA Homogênea Pelicular, fitoclastos e esporomorfos.

Da mesma forma, os principais subgrupos da matéria orgânica do testemunho LV12-12 (Tabela 5) também foram divididos em 3 associações de palinofácies (Figura 7). A associação A está representada pelo subgrupo de microalgas de água doce do gênero *Botryococcus* e cutículas; a associação B corresponde a MOA Homogênea Densa e aos fitoclastos não bioestruturados; e a associação C agrupa MOA Homogênea Pelicular, esporomorfos, fitoclastos bioestruturados e fitoclastos opacos.



Amostra	Prof. (cm)	NOP Total**	OP Total**	Cut Total**	MOA Densa**	MOA Pelicular**	Espom Total**	Dinocistos**	Botryococcus**
LV12-08/01	5	2,3	0,0	0,3	46,1	49,3	2,0	0,0	0,0
LV12-08/02	15	4,2	0,6	0,3	49,3	43,3	2,3	0,0	0,0
LV12-08/03	25	1,8	3,2	0,0	38,6	54,4	2,0	0,0	0,0
LV12-08/04	30	2,7	0,0	0,0	96,0	0,0	1,3	0,0	0,0
LV12-08/05	35	1,1	0,4	0,0	98,6	0,0	0,0	0,0	0,0
LV12-08/06	45	0,0	0,3	0,0	99,7	0,0	0,0	0,0	0,0
LV12-08/07	55	0,0	1,0	0,0	87,9	0,0	0,0	0,0	11,1
LV12-08/08	65	0,0	1,0	0,0	67,2	0,0	0,7	0,0	31,1
LV12-08/09	71	0,0	0,3	0,3	69,1	0,0	0,0	0,3	29,9

Tabela 4: Valores percentuais dos subgrupos da matéria orgânica total no testemunho LV12-08 (\*\*).  
 Abreviaturas: NOP: Fitoclasto não-opaco; OP: Fitoclasto opaco; Cut: Cutícula; MOA Densa: Matéria Orgânica Amorfa Homogênea Densa; MOA Pelicular: Matéria Orgânica Amorfa Homogênea Pelicular; Espom: Esporomorfo.

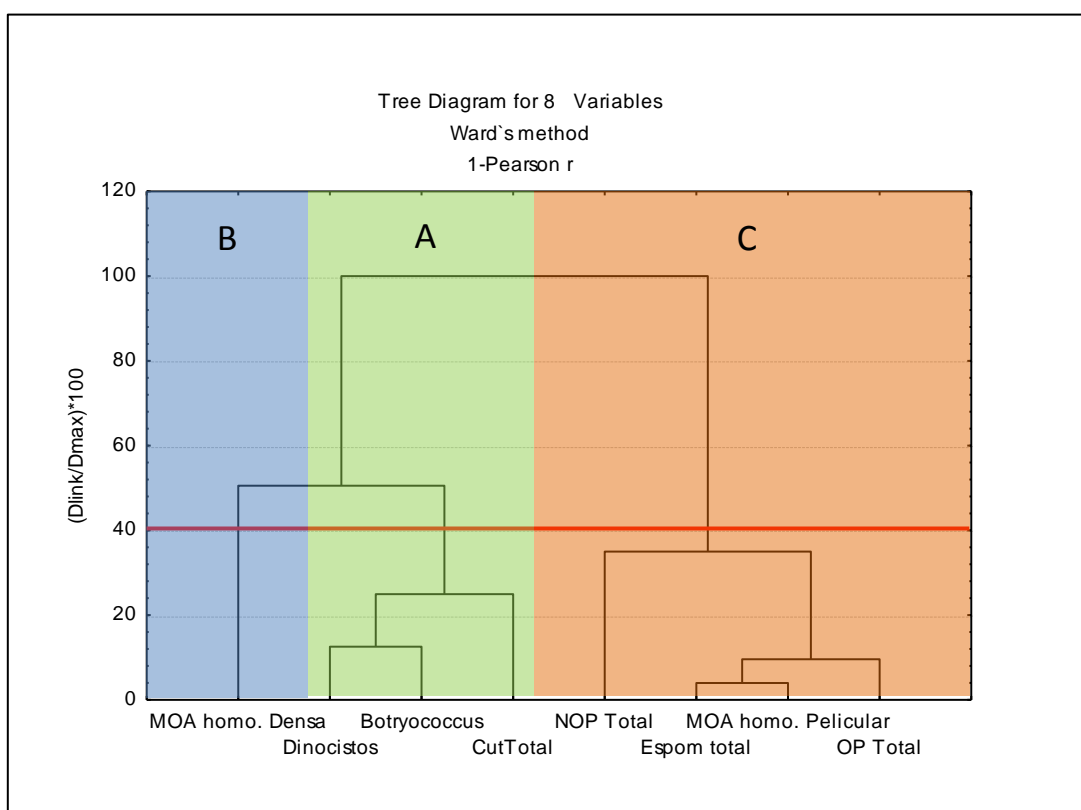


Figura 6: Dendrograma produzido pela análise de agrupamento Modo-R para os grupos e subgrupos do componentes da matéria orgânica do testemunho LV12-08.

Amostra	Prof. (cm)	OP Total**	FNB Total**	BIO Total**	Cut Total**	MOA Densa**	MOA Pelicular**	Espom Total**	Botryococcus**
LV12-12/01	5	3,4	0,0	0,7	0,0	58,8	34,4	2,4	0,0
LV12-12/02	15	1,7	0,0	1,0	0,3	60,4	32,9	3,7	0,0
LV12-12/03	25	3,1	0,7	1,4	0,7	93,4	0,0	0,3	0,0
LV12-12/04	35	2,1	0,7	0,0	0,0	95,2	0,0	1,7	0,0
LV12-12/05	45	1,8	0,0	0,0	1,1	96,0	0,0	1,1	0,0
LV12-12/06	55	2,3	0,0	0,7	2,3	90,7	0,0	2,7	1,0
LV12-12/07	65	1,3	0,0	0,3	1,6	90,1	0,0	0,0	5,9

Tabela 5: Valores percentuais dos subgrupos da matéria orgânica total no testemunho LV12-12 (\*\*).  
 Abreviaturas: OP: Fitoclasto opaco; FNB: Fitoclasto não-opaco não-bioestruturado; BIO: Fitoclasto não-opaco bioestruturado; Cut: Cutícula; MOA Densa: Matéria Orgânica Amorfa Homogênea Densa; MOA Pelicular: Matéria Orgânica Amorfa Homogênea Pelicular; Espom: Esporomorfo.

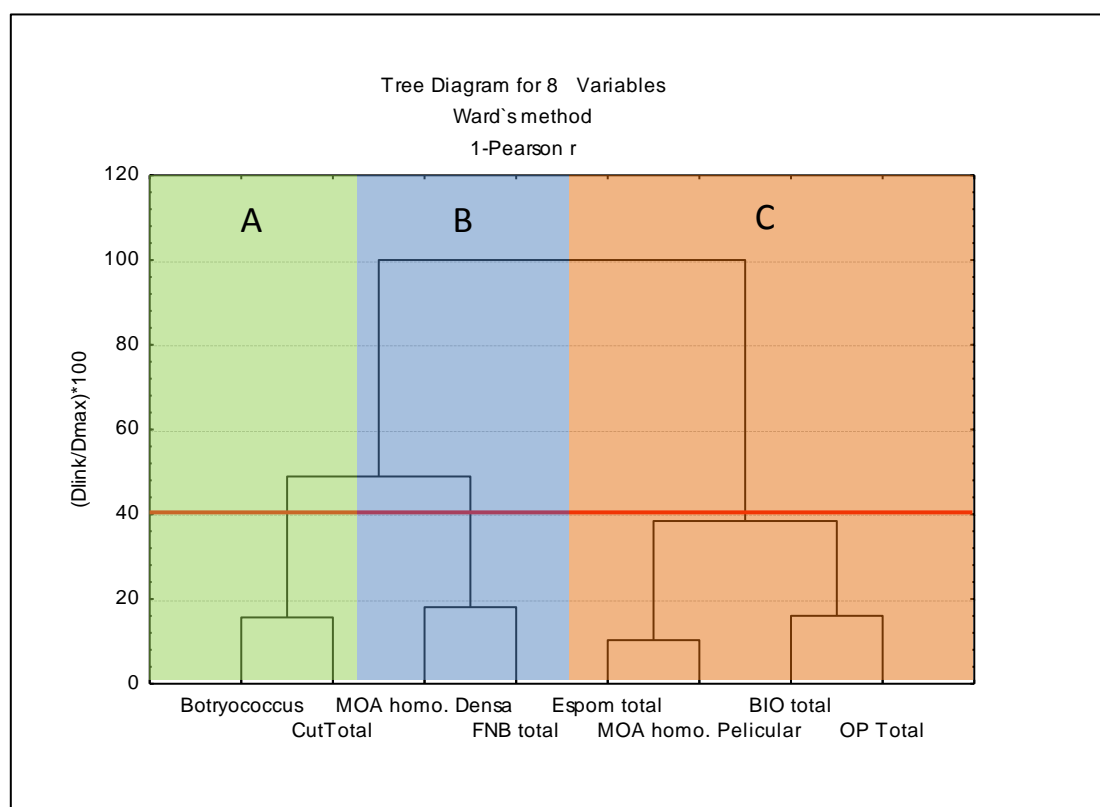


Figura 7: Dendrograma produzido pela análise de agrupamento Modo-R para os grupos e subgrupos do componentes da matéria orgânica do testemunho LV12-12.

## 5.5 Associação de Palinofácies

A análise de agrupamento Modo-Q agrupou as amostras em intervalos de acordo com a profundidade e composição (quantidade/qualidade) dos grupos da matéria orgânica.

### 5.5.1 LV12-08

O intervalo I (Figura 8 e 9) representando a base do testemunho (amostras LV12-08/08 e LV12-08/09) apresenta a associação de palinofácies A e B, dominada pelo Grupo Palinomorfo, principalmente pelo gênero *Botryococcus* (30,5%) e com grande contribuição de MOA Densa (68,1%). Dinocistos e cutículas também são registrados em um total de 0,3% cada. O valor do COT neste intervalo apresenta média de 0,13% e o resíduo insolúvel varia entre 86 e 96% (Tabela 2 e Figura 3).

O intervalo II (Figura 8 e 9) abriga as amostras do meio do testemunho (LV12-08/04, LV12-08/05, LV12-08/06 e LV12-08/07) e está representado pela associação de palinofácies B onde domina a MOA Densa, tendo em média 95,5% do total da matéria orgânica. O COT apresenta valores entre 0,14 e 1,77 e um pico de 8,13. O resíduo insolúvel variou entre 45 e 63% (Tabela 2 e Figura 3).

O intervalo III (Figura 8 e 9) abrange as amostras do topo do testemunho (LV12-08/01, LV12-08/02 e LV12-08/03) e mostra a associação de palinofácies C e B demonstrando a predominância do subgrupo MOA Pelicular (49%) sobre o subgrupo MOA Densa (44,6%). Nesse intervalo também são encontrados os maiores percentuais dos subgrupos dos fitoclastos opacos (2,8%) e não-opacos (1,3%), embora ocorrendo com baixos percentuais. Grãos de pólen (0,4%) e esporos (1,7%) também são encontrados. O COT apresenta valores entre 1,56 a 2,32% e o resíduo insolúvel mostra média de 6,4% (Tabela 2 e Figura 3).

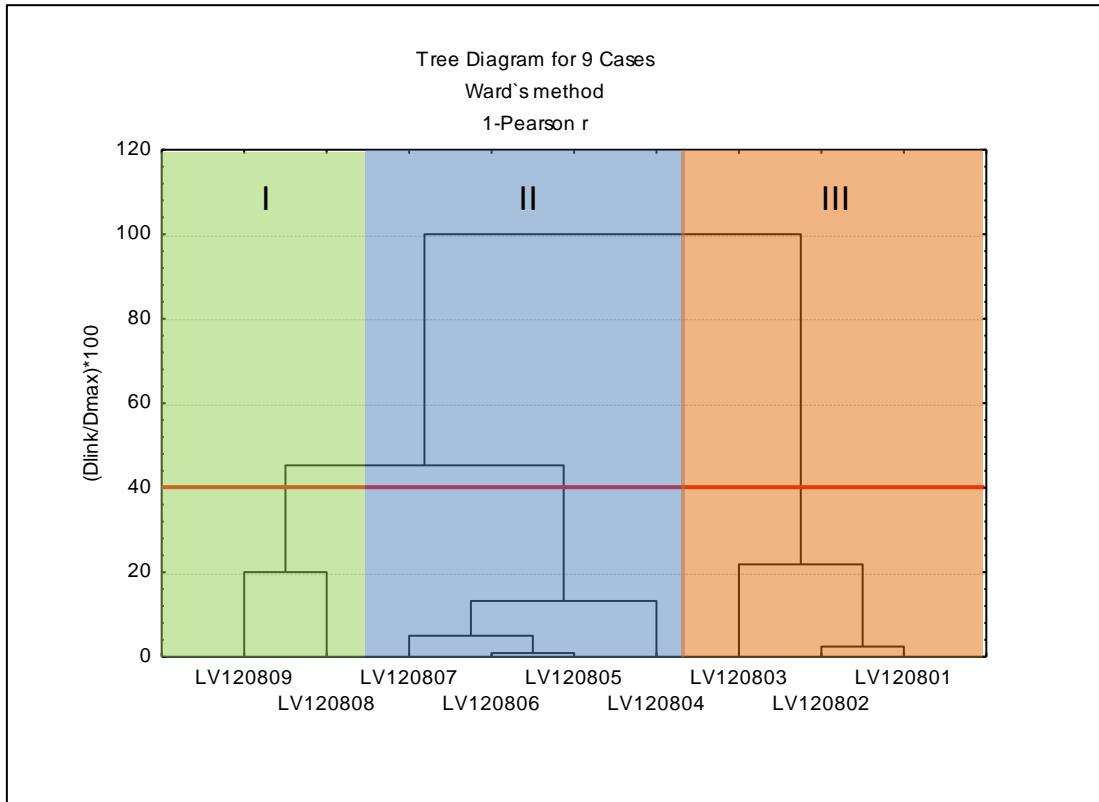


Figura 8: Dendrograma produzido pela análise de agrupamento Modo-Q para os grupos e subgrupos dos componentes da matéria orgânica do testemunho LV12-08.

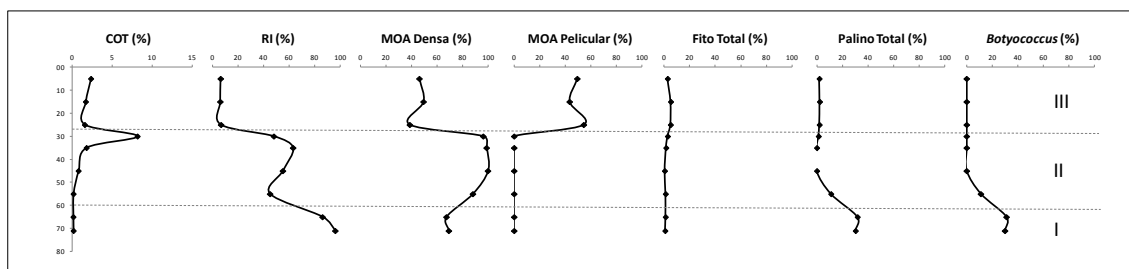


Figura 9: Variação percentual dos parâmetros palinofaciológicos e organoquímicos dos principais grupos e subgrupos da matéria orgânica do testemunho LV12-08.

### 5.5.2 LV12-12

O intervalo I (Figura 10 e 11) abrange três amostras da base do testemunho (LV12-08/05, LV12-08/06 e LV12-08/07) e está representado pela associação de palinofácies A e B. Essa associação apresenta predominância da MOA Densa (92,2%) e ocorrência de *Botryococcus* (2,3%). Cutículas também ocorrem, porém com baixos percentuais (1,7%). O valor do COT variou entre 0,14 e 6,17% e o resíduo insolúvel entre 59 e 75% (Tabela 3 e Figura 4).

O intervalo II (Figura 10 e 11) agrupa duas amostras do meio do testemunho (LV12-08/03 e LV12-08/04) e está representada pela associação de palinofácies B composta principalmente pelo subgrupo MOA Densa tendo em média 94,3% do total da matéria orgânica. Ocorre ainda presença do subgrupo dos fitoclastos não-opacos não-bioestruturados (0,7%), porém com baixa representatividade. O teor de COT apresenta valores entre 3,54% a 13,25%. O resíduo insolúvel variou entre 24 e 35% (Tabela 3 e Figura 4).

O intervalo III (Figura 10 e 11) agrega duas amostras do topo do testemunho (LV12-08/01 e LV12-08/02) e está caracterizado pela associação de palinofácies C e B. Esta associação apresenta a predominância do subgrupo MOA densa (59,6%) e a ocorrência da MOA Pelicular (33,6%). O subgrupo dos esporomorfos são representados por grãos de pólen (1,2%) e esporos (1,9%), porém com baixos percentuais. Ainda ocorrem os subgrupos dos fitoclastos opacos (2,5%) e não-opacos bioestruturados (0,8%). O COT apresentou média de 1,42% e o resíduo insolúvel média de 3,5% (Tabela 3 e Figura 4).

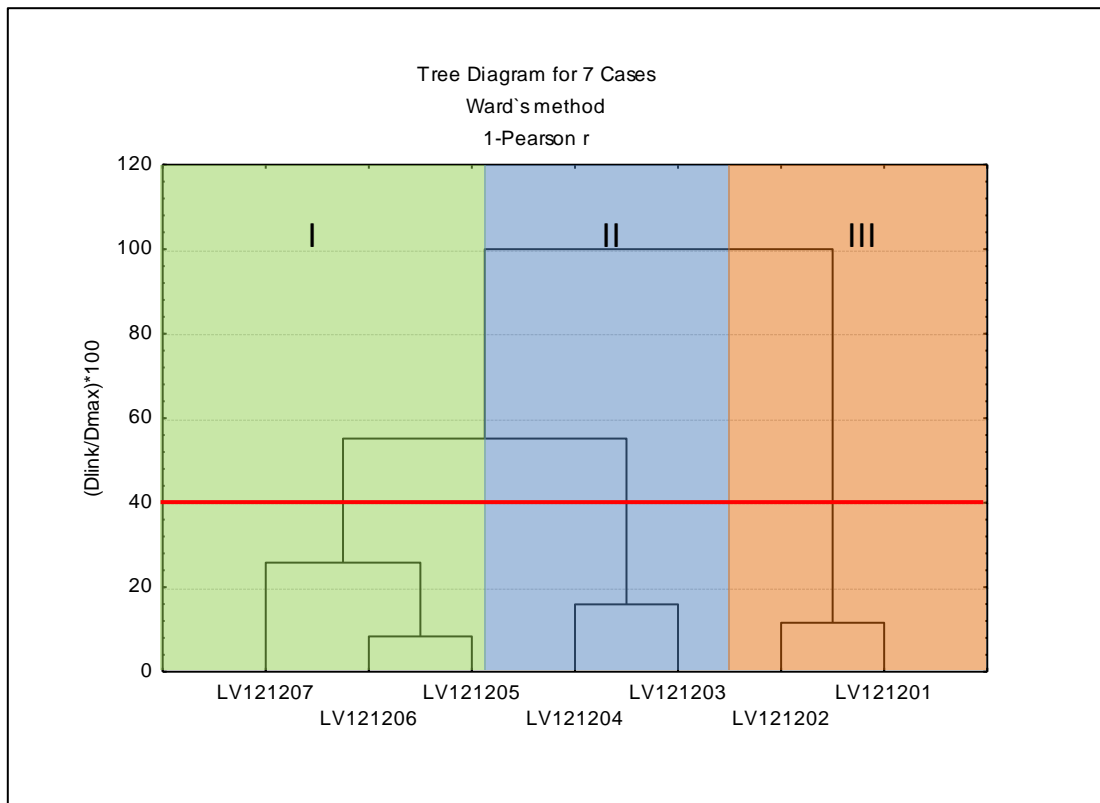


Figura 10: Dendrograma produzido pela análise de agrupamento Modo-Q para os grupos e subgrupos dos componentes da matéria orgânica do testemunho LV12-12.

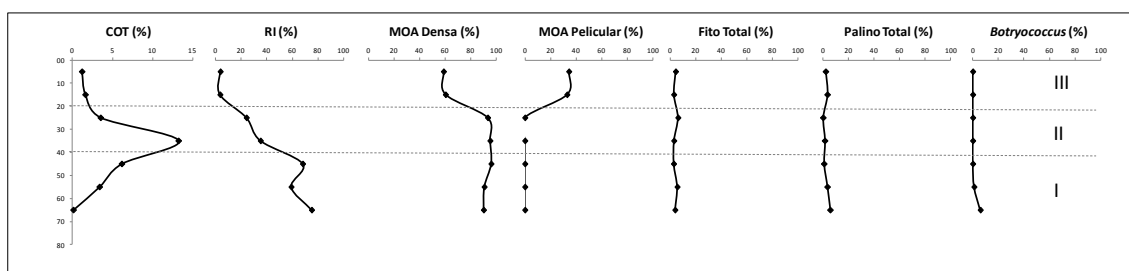


Figura 11: Variação percentual dos parâmetros palinofaciológicos e organoquímicos dos principais grupos e subgrupos da matéria orgânica do testemunho LV12-12.

## 6. DISCUSSÃO

O grupo de matéria orgânica predominantemente encontrado nos testemunhos estudados foi a Matéria Orgânica Amorfa. Nesse trabalho, A MOA foi dividida entre MOA Densa e MOA Pelicular. Isso foi feito, pois trabalhos anteriores já haviam considerado classificar a MOA em grupos com características diferentes sob a escala da luz do microscópio (Chagas, 2009; Mendonça Filho *et al.*, 2010; Pacton, 2011). E ainda, segundo Mendonça Filho e colaboradores (2010) a MOA pode ser derivada da atividade bacteriana através das bactérias autotróficas e fotossintéticas que produzem mucilagem (EPS – Substância Polimérica Extracelular) e esse material pode aparecer apresentando “crateras” devido à remoção de minerais carbonáticos pela dissolução por HCl (MOA Pelicular) ou pode sofrer um retrabalhamento por bactérias heterotróficas e apresentar-se mais densa e com alta fluorescência (MOA Densa), o que claramente ocorre nesse estudo. Além disso, esse tipo de MOA está predominantemente associada a sedimentos carbonáticos (Mendonça Filho *et al.*, 2011b), o que mais uma vez corrobora para essa divisão, uma vez que a Lagoa Vermelha é tipicamente um ambiente dessa natureza (Santelli, 1988; Santelli *et al.*, 2005; Silva e Silva *et al.*, 2004).

As microalgas de água doce do gênero *Botryococcus* aparecem com significante percentual na base dos testemunhos e foram reconhecidas por apresentarem uma coloração amarelada e uma típica fluorescência muito elevada (Mendonça Filho *et al.*, 2012). Essas algas normalmente apresentam-se como colônias globulares irregulares de tamanhos variados e uma textura vugular radial (Jansonius & McGregor, 1996) além de ocorrerem principalmente em fácies lagunares e lacustres e nesses ambientes podem tolerar elevadas salinidades (Mendonça Filho *et al.*, 2012).

Para a interpretação ambiental e deposicional, cada testemunho analisado foi subdividido em três intervalos. Isso foi feito a partir das associações geradas de acordo com os agrupamentos, tendo em vista a variação dos grupos e subgrupos da matéria orgânica resultando assim, em uma possível interpretação para o ambiente deposicional, da base para o topo.

O intervalo I, representando a base de ambos os testemunhos (Figura 9 e 11), apresentou o resíduo insolúvel com um percentual alto (Tabelas 2 e 3) apontando para um ambiente siliciclástico, como visto nas descrições (Figura 2 e Tabela 1). Trata-se de uma sedimentação arenosa, quartzosa e com grande quantidade de conchas de bivalves quebradas, indicando um momento de maior energia no sistema. Essa fácies de

sedimentação pode estar associada à ‘camada coquinóide’ descrita por Vasconcelos (1988) em testemunhos curtos retirados do bolsão central da Lagoa Vermelha. A alta abundância de conchas de bivalves sugere que a lagoa apresentasse salinidade menor, próxima a do mar, pois os organismos que deram origem a essas carapaças não resistiriam às condições atuais de hipersalinidade (Vasconcelos, 1988).

A matéria orgânica neste intervalo mostrou-se composta pelas associações de palinofácies A e B (Figura 6 e 7). Dinocistos, representantes dos palinomorfos marinhos, foram encontrados no testemunho LV12-08 e podem corroborar com essa ideia de incursão marinha. Tal ligação pode ter sido através de maré de sizígia ou “washed over”, que são canais escavados durante ressacas, que podem permanecer por algum tempo alimentando a lagoa e com isso afetando a salinidade (Vasconcelos, 1988). Embora os dinocistos tenham apresentado percentuais baixos, é válido não desconsiderá-los, pois a sedimentação arenosa (Figura 2) pode não tê-los preservado, já que ela, em geral, não é eficiente para preservar a matéria orgânica (Brooks *et al.*, 1987).

Outro ponto que chama atenção é a ocorrência da microalga de água doce do gênero *Botryococcus*. A presença desses organismos indica que mesmo a lagoa sendo de origem marinha (Anjos, 1999), houve chegada de água doce ou através de rios ou através da variação do lençol freático que propiciou o desenvolvimento dessas microalgas. Contudo, os *Botryococcus*, apesar de serem tipicamente de água doce, são capazes de tolerar níveis de salinidade marinhos, podendo sobreviver nesse ambiente junto com os dinocistos (Del Papa *et al.*, 2002; Oliveira, 2011). A ocorrência de *Botryococcus* e dinocistos autotróficos já é conhecida na literatura e indica um ambiente deposicional de alta luminosidade e uma condição de nível baixo de lâmina d’água, para a realização da fotossíntese (Dale, 2001, Chagas, 2009). Entretanto, de uma maneira geral, a predominância nesse intervalo é de MOA densa na composição da matéria orgânica total.

O intervalo II, correspondendo à porção central dos testemunhos (Figura 9 e 11), apresentou uma diminuição do resíduo insolúvel, provavelmente apontando uma transição de um ambiente siliciclástico para um ambiente mais carbonático (Tabelas 2 e 3). Contudo, a redução do resíduo insolúvel no intervalo II, aparece de forma mais suave no testemunho LV12-12 (Figura 11), mostrando que há também uma transição de ambiente, porém de maneira mais lenta. Sugere-se que isso se deva ao maior tamanho do bolsão de onde foi retirado o testemunho, pois as lagoas costeiras do complexo de



lagoas de Araruama, principalmente as menores, formam um sistema raso, que responde rapidamente às mudanças meteorológicas, oscilações de temperatura, mistura de massas d'água, ressuspensão de sedimentos, gradientes de turbidez e regimes de luz (Kjerfve & Knoppers, 1999). Entretanto, não é possível afirmar tal fato por faltar informações de datação desses testemunhos.

A qualidade do sedimento, nesse intervalo, passa a apresentar características muito diferentes corroborando com a possível transição do ambiente. Ele apresenta granulometria bem mais fina (silte e argila), coloração escura, muita matéria orgânica, textura plástica e bastante fissilidade; indicando ambiente mais estável e de menor energia (Figura 2 e Tabela 1). Sugere-se relacionar essa fácies a 'camada laminada' descrita por Vasconcelos (1988), que se trata de um material escuro laminado, onde as lâminas se intercalam entre claras (vários tipos de minerais carbonáticos) e escuras (matéria orgânica amorfa).

De uma maneira geral, como as razões entre os percentuais de COT e S estão todas acima de 3,00, considera-se que em ambos os testemunhos a sedimentação tenha ocorrido sob condições óxicas. É importante ressaltar que neste intervalo (Figuras 9 e 11 e Tabelas 2 e 3), ocorre um gradual aumento nos teores de COT com pico em torno de 30 cm de profundidade. Este aumento no quantitativo do carbono não está associado a mudanças no qualitativo da matéria orgânica, sugerindo uma condição de aumento na produtividade do sistema e/ou de maior preservação da matéria orgânica influenciado por um sistema com maior lâmina d'água, possível anoxia no fundo e sedimentação de material fino (Mendonça Filho *et al.*, 2011b).

Pode-se inferir então que o gradual estado de estabilização do sistema devido ao aumento do confinamento da lagoa e/ou uma interrupção das incursões marinhas resultam na mudança no ambiente, visualizada na descrição dos sedimentos e nos valores de RI. Desse modo, com a capacidade de responder rapidamente à mudanças, houve salinização do ambiente o que propiciou maior produção de carbonato e acúmulo de carbono (Kjerfve & Knoppers, 1999). Ou então a implantação da sedimentação carbonática diminuiu a taxa de preservação. De qualquer forma, como esse pico no valor do COT ocorre nos dois testemunhos à profundidade semelhante, infere-se que o aumento de produtividade e/ou de preservação possa ter ocorrido em toda a lagoa, visto que esses testemunhos foram coletados a mais ou menos 3 km de distância.

A matéria orgânica neste intervalo mostrou-se composta pelas associações de palinofácies B (Figura 6 e 7). Em relação ao intervalo anterior, há o desaparecimento

das microalgas de água doce do gênero *Botryococcus*, provavelmente pelo aumento de salinidade, tornando inviável sua sobrevivência (Oliveira, 2011) e predominância da MOA Densa.

O intervalo III, representando o topo dos testemunhos (Figura 9 e 11), apresentou resíduo insolúvel com valores muito baixos: em torno de 6% no testemunho LV12-08 e 3% no LV12-12 (Tabelas 2 e 3). Sugere-se com isso, a implantação de um ambiente carbonático que provavelmente seguiu aumentando a salinidade até níveis restritivos e fez baixar a produtividade, pois o COT volta a possuir valores mais baixos depois do pico de produtividade máxima (Figura 9 e 11). As características sedimentares desse intervalo também ficam diferentes do intervalo subjacente, apresentando sedimento arenoso muito fino, com pequena proporção de lama e conchas de bivalves quebradas na base (Figura 2 e Tabela 1). Mais uma vez, é sugerido relacionar essa fácies a ‘camada peloidal’ de Vasconcelos (1988), composta por sedimento de granulometria tipo areia fina de aspecto peloidal (grão carbonático) com alta quantidade de carbonato.

A matéria orgânica neste intervalo mostrou-se composta pelas associações de palinofácies C e B (Figura 6 e 7), onde predomina a MOA Homogênea Pelicular. Nota-se que ao longo dos dois testemunhos há grande predomínio da MOA Densa, porém nesse intervalo, a frequência fica dividida entre os dois tipos de MOA. Pode-se então sugerir que a MOA Pelicular é um estado de degradação anterior a MOA Densa, significando que esta durante o processo de preservação poderá se tornar uma MOA Densa ou então será totalmente degradada. (Mendonça Filho *et al.*, 2012).

## 7. CONCLUSÃO

A partir das análises organofaciológica e organoquímica, pode-se concluir que o topo da deposição sedimentar da Lagoa Vermelha apresenta regime oxidante e reflete uma transição de um ambiente siliciclástico para um ambiente carbonático.

A forma como variou o resíduo insolúvel nos dois testemunhos sugere essa mudança no ambiente de sedimentação. Ela, por sua vez, acontece de forma mais suave no bolsão de onde foi retirado o testemunho LV12-12 e de forma mais brusca no bolsão do testemunho LV12-08.

Os picos anômalos nos valores de COT, nos dois testemunhos, indicam um possível aumento na produtividade do sistema e sugere alguma mudança na lagoa como um todo visto que os testemunhos estão a aproximadamente 3 km de distância. Infere-se

que essa mudança seja devido ao confinamento da lagoa, o que aumentaria as condições para a precipitação de carbonato e corroboraria com a diminuição do resíduo insolúvel.

De uma maneira geral há predomínio de matéria orgânica amorfa ao longo dos testemunhos, aparecendo na base microalgas do gênero *Botryococcus* associados a dinocistos, provavelmente devido a alguma entrada marinha e no topo um tipo de MOA provavelmente ainda em estágios precoces da degradação (MOA Pelicular).

Seria importante promover estudos de datação nesses sedimentos para melhor compreensão dos dados a fim de justificar os resultados obtidos. Além disso, a pouca ou quase nenhuma variação nos dados de palinofácies poderia ser sanada com estudos de biomarcadores que são estruturas básicas de moléculas biológicas preservadas e podem dar maiores informações sobre as condições ambientais.

## **8. AGRADECIMENTOS**

Ao Projeto Lagoas pela concessão das amostras, aos orientadores e aos pesquisadores, técnicos e alunos do Laboratório de Palinofácie & Fácies Orgânica (LAFO).

## **9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008. Standard test methods for Sulfur in the analysis sample of coal and coke using high-temperature tube furnace combustion methods. ASTM D 4239. Publicado on-line em 01 Fev 2008. (<http://engineers.ihs.com/document/abstract/NWETIBA>).

Anjos, A.P.A. 1999. *Caracterização da sedimentação atual de lagoas costeiras do litoral do Estado do Rio de Janeiro para fins de calibração de acordo com as variações paleoambientais e paleoclimáticas*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado, 133 p.

- Brehm, U.; Palinska, K.A. & Krumbein, W.E. 2004. Laboratory cultures of calcifying biomicrospheres generate ooids – A contribution to the origin of oolites. *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology*, Maintenon, Letter 3:6.
- Brooks, J.; Cornford, C. & Archer, R. 1987. The hole of hydrocarbon source rocks in petroleum exploration. *In: Brooks.J.& Fleet,A. (eds.). Marine Petroleum Source Rocks. Geological Society Special Publication, 26: 17-46.*
- Chagas, R. B. A.; Mendonça Filho, J.G. & Mendonça, J.O. 2009. Caracterização Palinofaciológica de uma Sucessão Sedimentar Oligocênica da Formação Tremembé, Bacia de Taubaté. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 12(3): 257-266.
- Combaz, A. 1964. Les palynofaciès. *Revue de Micropaléontologie*, 7: 205-218.
- Dale, B. 2001. The sedimentary record of dinoflagellate cysts: looking back into the future of phytoplankton blooms. *Scientia Marina* , 65: 257-272.
- Del Papa, C.; García, V.; Quattrocchio, M. 2002. Sedimentary facies and palynofacies assemblage in Eocene perennial lake, Lumbrera Formation, northwest Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* , 15: 553-569.
- Elias, V. O.; Barros, A. M. A.; Barros, A. B.; Simoneit, B. R. T. & Cardoso, J.N. 1997. Sesquiterpenoids in sediments of a hypersaline lagoon: A possible algal origin. *Pergamon*, 26: 721-730.
- Herrero, M. J. & Escavy, J. I. 2010. Economic Aspects of Continental Carbonates and Carbonates Transformed under Continental Conditions. *Developments in Sedimentology*,62:275-296.

- Hönn, A., Tobschal, H. J. & Maddock, J. E. L. 1986. Biogeochemistry of a hipersaline lagoon east of Rio de Janeiro, Brazil. *The Science of the total environment*. Amsterdam Elsevier Science, 58: 175-185.
- Jansonius, J. & McGregor, D.C. 1996. Palynology: Principles and Applications. Dallas, AASP Foundation. 462 p.
- Jarvie, D. M. 1991. Total Organic Carbon (TOC) Analysis. *In*: MERRIL, R. K. (Ed.), Source and Migration Processes and Evaluation techniques, Tulsa, Treatise of Petroleum Geology. American Association of Petroleum Geologists, p. 113 – 118.
- Kjerfve, B. & Knoppers, B. 1999. Physical Characteristics og Lagoons of the East Fluminense Coast, State of Rio de Janeiro, Brazil. *In*: Environmental Geochemistry os Coastal Lagoon Systems, Rio de Janeiro, Brazil, p. 57-67.
- Lamego, A.R. 1945. *Ciclo evolutivo das lagunas fluminenses*. Departamento Nacional de Produção Mineral, 480 p. (Boletim 118).
- Lopes, C.E.A. 1988. *Estudo em laboratório de absorção do metal cobre pelo tapete de algas bênticas da lagoa Vermelha- Município de Araruama- Rio de Janeiro*. Programa de Pós-graduação em Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado, 56 p.
- Mendonça Filho, J.G. 1999. *Aplicação de estudos de palinofácies e fácies orgânica em rochas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Sul do Brasil*. Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Tese de Doutorado, 242 p.
- Mendonça Filho, J.G.; Menezes, T.R. & Mendonça, J.O. 2009. Palynofacies na Organic Facies: Principles, Methods and Applications. *In*: Symposium on Advances in

Organic Petrology and Organic Geochemistry. Gramado: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências. Curso de curta duração.

Mendonça Filho, J.G.; Menezes, T.R.; Mendonça, J.O. 2011b. Organic Composition (Palynofacies Analysis). In: ICCP Training Course on Dispersed Organic Matter. Editora ICCP, p. 33-81.

Mendonça Filho, J.G.; Menezes, T.R.; Mendonça, J.O.; Oliveira, A.D.; Carvalho, M.A.; Santana, A.J. & Souza, J.T. 2010. Palinofácies. In: I.S. Carvalho (Ed.) *Paleontologia*, Editora Interciência, p. 289-323.

Mendonça Filho, J.G.; Menezes, T.R.; Mendonça, J.O.; Oliveira, A.D.; & Santana, A.J.. 2011a. Kerogen: Composition and classification. In: Flores, D.; Marques (Eds.), M. ICCP Training Course on Dispersed Organic Matter. (ISBN no 978-989-8265-67-8) ed. Plenimagem, 2011, p. 17-23.

Mendonça Filho, J.G.; Menezes, T.R.; Mendonça, J.O.; Oliveira, A.D.; Silva, T.F.; Rondon, N.F.; Silva, F.S. 2012. Organic Facies: Palynofacies and Organic Geochemistry Approaches. In: *Geochemistry: Earth's System Process*. Editora Dionisios Panagiotaras, p. 211-248.

Oliveira, A.D. 2011. *Estudo integrado de palinofácies com cistos de dinoflagelados fósseis (dinocistos) de zona climática tropical em sedimentos quaternários de águas profundas da Bacia de Campos, RJ, Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 230p.

Pacton, M.; Gorin, G. E. & Vasconcelos, C. O. 2011. Amorphous Organic Matter – Experimental Data on Formation and the Role of Microbes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 166: 253-267.

- Primo, P. B. S. & Bizerril, C. R. S. F. 2002. Lagoa de Araruama: perfil ambiental do maior ecossistema lagunar do mundo. SEMADS, Rio de Janeiro, 160 p. (Série Projeto Planágua).
- Santelli, R. C. L. 1988. *Estudos de isótopos estáveis em sedimentos carbonáticos da Lagoa Vermelha – RJ*. Programa de Pós-graduação em Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 95 p.
- Santelli, R. C. L.; Wagener, A. L. R.; Wagener, K. & Patchineelamb, S. 2005. Assessing Past Environmental Changes through Sediment Records in a Hypersaline Lagoon. *Croatia Chemica Acta*, 79 (1): 129-141.
- Sheehan, P.M. & Harris, M.T. 2004. Microbialite resurgence after the Late Ordovician extinction. *Nature*, 430: 75-78.
- Silva e Silva, L. H & Carvalho, S. B. V. 2005. Biolaminóides Calcários Holocênicos da Lagoa Vermelha, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 28: 59-70.
- Silva e Silva, L. H.; Senra, T.C.L.M.; Faruolo T.C.L.M; Carvalho, S. B. V.; Alves, S. A. P. M. N.; Damazio, C. M.; Shimizu, V. T. A.; Santos, R.C. & Iespa, A.A.C. 2004. Composição paleobiológica das construções estromatolíticas da Lagoa Vermelha RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7 (2): 193-198.
- Silva e Silva, L.H.; Senra, M.C.E.; Faruolo, T.C.L.M.; Carvalho, S.B.V.; Alves, S.A.P.M.N.; Damazio, C.M.; Shimizu, V.T.A. & Iespa, A.A.C. 2003. Distinção entre as esteiras microbianas da lagoa Pitanguinha, Quaternário do Rio de Janeiro, Brasil. *In: Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 18, 2003. Anais, Brasília, SBP, p. 271.

- Silva e Silva, L.H.; Srivastava, N.K.; Carvalhal, S.B.V.; Alves, S.A.P.M.N.; Faruolo, T.C.L M; Damazio, C.M.; Shimizu, V.T.A. 2002. Distinção entre as estruturas calcárias e estágios de desenvolvimento de construções estromatolíticas na lagoa Salgada, Rio de Janeiro, Brasil. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 41, 2002. Resumos, Recife, SBG, p. 367.
- Traverse, A. 1994. Sedimentation of Organic Particles. *Cambridge University Press*. 647 p.
- Turcq, B.; Martin, L.; Flexor, J. M.; Suguio, K.; Pierre, C. & Tasayaco-ortega, L. 1999. Origin and Evolution of the Quaternary Coastal Plain between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. *In: Environmental Geochemistry os Coastal Lagoon Systems*, Rio de Janeiro, Brazil, p. 25-46.
- Tyson, R.V.1995. Sedimentay organic matter. *Organic facies and palynofacies*. Londres, Chapman & Hall. 615 p.
- Valentin, J.L. 2000. Ecologia numérica. 1ª edição. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 117 p.
- Valentin, J.L. 1995. Agrupamento e Ordenação. In: Peres-Neto, P.R., Valentin, J.L. & Fernandes, F.A.S. (eds). Tópicos em tratamento de dados biológicos. *Oecologia Brasiliensis*,2:27-55.
- Vasconcelos, C. O.; Warthmann, R.; McKenzie, J. A.; Visscher, P. T.; Bittermann, A. G. & Lith, Y. 2006. Lithifying microbial mats in Lagoa Vermelha, Brazil: Modern Precambrian relics? *Sedimentary Geology*, 185: 175-183.



Vasconcelos, C.O. 1988. *Sedimentologia e Geoquímica da Lagoa Vermelha – Um exemplo de Formação e Diagênese de Carbonatos*. Programa de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Dissertação de Mestrado, 63p.