



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

**ANÁLISE DE PALINOFÁCIES EM
TESTEMUNHOS DE ÁGUAS PROFUNDAS NA
BACIA DO CEARÁ, BRASIL**

THÉO ALVES CERQUEIRA

Orientador: Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho

Rio de Janeiro
Outubro de 2016

Sumário

LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE TABELAS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
1 INTRODUÇÃO	6
1.1 Considerações iniciais	6
1.2 Objetivos	6
1.3 Palinofácies	6
1.4 Carbono Orgânico Total (COT)	11
2 ÁREA DE ESTUDO	12
3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	13
3.1 Província Borborema e sua fragmentação.....	13
3.2 Coberturas Fanerozóicas	15
3.3 Bacia do Ceará	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Análise de palinofácies.....	23
4.2 Análise do Carbono Orgânico Total (COT%), Enxofre Total (ST%) e Resíduo Insolúvel (RI%).....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 Análise palinofaciológica do testemunho SIS 133.....	28
5.2 Análise palinofaciológica do testemunho ANP 1171.....	33
5.3 Análise palinofaciológica do testemunho SBY 1512.....	36
5.4 Análise palinofaciológica do testemunho SBY 1514.....	39
5.5 Análise palinofaciológica do testemunho SIS 112.....	42
5.6 Análise palinofaciológica do testemunho SIS 108	45
5.7 Análise palinofaciológica do testemunho SAT 999	48
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6.1 Palinifácies	51
6.2 COT% (Carbono Orgânico Total), S% (Enxofre Total) e RI% (Resíduo Insolúvel).....	54
6.3 Caracterização paleoambiental	56
7 CONCLUSÃO	57
8 AGRADECIMENTOS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de relação proximal-distal para diferentes tipos de fitoclastos (Mendonça Filho *et al.*, 2010, 2010b).

Figura 2: Localização da área de estudo com os pontos de amostragem (mapa do Brasil: Arai & Lana, 2004 - B. Geoci. Petrobras; área de piston core: ANP, 2009).

Figura 3: Sistema orogênico Borborema (Neves *et al.*, 2014).

Figura 4: Bacias sedimentares da margem continental e do interior da província Borborema. Limite da província Borborema corresponde a definição clássica de Almeida *et al.* (1977). Domínios tectônicos: DMC-Médio Coreaú; DCC- Ceará Central; DRGN- Rio Grande do Norte; DZT- Zona Transversal; DM- Meridional; ZCSPII- Sobral-Pedro II; ZCPJC- Picuí-João Câmara; ZCSP- Senador Pompeu; ZCPAtoS- Patos; e ZCPe- Pernambuco (Bizzi *et al.*, 2003).

Figura 5: Localização e contexto tectonoestrutural da Bacia do Ceará. (a) Mapa tectonoestrutural da parte do Nordeste brasileiro com a localização da margem Equatorial Atlântico brasileiro e a Bacia do Ceará (Davison, 1998); (b) arcabouço estrutural da Bacia do Ceará, incluindo suas sub-bacias.

Figura 6: Carta estratigráfica da Bacia do Ceará, onde as siglas TIB, GUA e UBA referem-se às formações Tibau, Guamaré e Ubarana respectivamente (Condé *et al.*, 2007).

Figura 7: Ilustração da contagem de Palinofácies em modo fluorescência (A) e luz branca transmitida (B), na qual, somente são contadas partículas que estão sobre o retículo graduado, como mostrado em (C). (Mendonça Filho *et al.*, 2010a; 2011; 2012; 2014).

Figura 8: Diagrama ternário dos principais grupos da Matéria orgânica particulada, com divisões em campos de Palinofácies e seus respectivos ambientes deposicionais (Tyson, 1989; 1993 e 1995; Mendonça Filho *et al.* 2011).

Figura 9: Desenho esquemático da distribuição dos testemunhos, bem como o distanciamento entre eles e a abundância relativa de materiais, de acordo com perfil proposto.

Figura 10: Diagrama binário com os valores percentuais dos grupos dos Fitoclastos, da MOA, e dos Palinomorfos e COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SIS 133

Figura 11: Gráfico do grupo dos Palinomorfos e seus subgrupos, Palino Cont. (Palinomorfos Continentais) e Palino Mar. (Palinomorfos Marinhos), com relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SIS 133

Figura 12: Diagrama binário com os valores percentuais dos grupos dos Fitoclastos, da MOA, e dos Palinomorfos e COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho ANP 1171

Figura 13: Gráfico do grupo dos Palinomorfos e seus subgrupos, Palino Cont. (Palinomorfos Continentais) e Palino Mar. (Palinomorfos Marinhos), com relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho ANP 1171

Figura 14: Diagrama binário com os valores percentuais dos grupos dos Fitoclastos, da MOA, e dos Palinomorfos e COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SBY 1512

Figura 15: Gráfico do grupo dos Palinomorfos e seus subgrupos, Palino Cont. (Palinomorfos Continentais) e Palino Mar. (Palinomorfos Marinhos), com relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SBY 1512

Figura 16: Diagrama binário com os valores percentuais dos grupos dos Fitoclastos, da MOA, e dos Palinomorfos e COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SBY 1514

Figura 17: Gráfico do grupo dos Palinomorfos e seus subgrupos, Palino Cont. (Palinomorfos Continentais) e Palino Mar. (Palinomorfos Marinhos), com relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SBY 1514

Figura 18: Diagrama binário dos percentuais grupos dos Fitoclastos, da MOA, dos palinomorfos e do COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SIS 112

Figura 19: Gráfico do grupo dos Palinomorfos e seus subgrupos, Palino Cont. (Palinomorfos Continentais) e Palino Mar. (Palinomorfos Marinhos), com relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SIS 112.

Figura 20: Diagrama binário dos percentuais grupos dos Fitoclastos, da MOA, dos palinomorfos e do COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SIS 108

Figura 21: Gráfico do grupo dos Palinomorfos e seus subgrupos, Palino Cont. (Palinomorfos Continentais) e Palino Mar. (Palinomorfos Marinhos), com relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SIS 108

Figura 22: Diagrama binário dos percentuais grupos dos Fitoclastos, da MOA, dos palinomorfos e do COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SAT 999

Figura 23: Gráfico do grupo dos Palinomorfos e seus subgrupos, Palino Cont. (Palinomorfos Continentais) e Palino Mar. (Palinomorfos Marinhos), com relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SAT 999

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da matéria orgânica particulada - GRUPO FITOCLASTO - (Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2010; 2011; 2012; 2014).

Tabela 2: Classificação da matéria orgânica particulada - GRUPO PALINOMORFO - Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2010; 2011; 2012; 2014).

Tabela 3: Classificação da matéria orgânica particulada - GRUPO MOA - (Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2010; 2011; 2012; 2014).

Tabela 4. Relação das amostras

Tabela 5. Valores percentuais dos principais grupos da matéria orgânica em relação ao total de Matéria orgânica, bem como seus respectivos valores de COT (%), S (%) e RI (%) dos testemunhos SIS 133, ANP 1171, SBY 1512, SBY 1514, SIS 112, SIS 108 e SAT 999

ANÁLISE DE PALINOFÁCIES EM TESTEMUNHOS DE ÁGUAS PROFUNDAS NA BACIA DO CEARÁ, BRASIL

Theó Alves Cerqueira, Dr. João Graciano Mendonça Filho

Resumo

O material estudado foi retirado de uma área de assoalho oceânico, localizada na Bacia do Ceará, nas extensões das sub-bacias de Piauí, Acaraú e Icaraiá. A coleta do material foi realizada através de um testemunhador do tipo piston core, pelo qual foram retiradas 21 amostras para análise de geoquímica orgânica. Este trabalho tem como objetivo caracterizar a matéria orgânica particulada em 7 pontos de coleta da área do piston core. Tais pontos formam uma área losângular com cerca de 132 Km² de uma área total de aproximadamente 9.449,54 Km², onde cada ponto contém amostras de topo, meio e base (intervaladas aproximadamente de 0,7m a 1 m), através das técnicas de geoquímica orgânica e palinofácies para uma possível caracterização do ambiente deposicional. A análise de Carbono Orgânico Total (COT) revelou valores de Carbono (C%) e Enxofre (S%) relativamente baixos, já o resíduo insolúvel (RI%) apresentou valores variando de 6% a 86%, indicando mudança de um ambiente siliciclástico para carbonático, da base ao topo dos testemunhos. Quanto à análise organocomposicional, as amostras exibiram certa diversidade em seus componentes. De um modo geral, o grupo de maior predomínio está representado por matéria orgânica amorfa (MOA), seguido de fitoclasto, sendo este último constituído, em sua maioria, pelos tipos perfurados e opacos, os quais possuindo alto grau de fluatibilidade. O predomínio do grupo amorfo sugere um ambiente de baixa energia e baixa concentração de O₂, porém, quando esta tendência muda, passando a predominar o grupo fitoclasto, tais condições indicam um ambiente de maior energia e maior concentração de O₂. Os palinomorfos, representados pelos marinhos (com ocorrências consideráveis de dinocistos, palinoforaminíferos, escolocodontes e ovos de copépoda) e pelos continentais (subgrupo esporomorfo e ocorrência do subgrupo microplâncton de parede orgânica de água doce do gênero *Botryococcus*) foram observados na maior parte dos pontos analisados. A ocorrência de fitoclastos opacos, cutículas, esporomorfos e *Botryococcus* (este último em menor escala) em pontos mais distais, pode-se sugerir que foram transportados por correntes turbidíticas através de cânions submarinos. Através da análise palinológica, foram observados quantidades significativas de zooclastos e ovos de copépoda, nos pontos mais proximais, apresentando palinofácies de caráter plataformal, sugerindo poder haver uma plataforma carbonática na área em questão. Além disso, foi possível identificar algumas espécies de Dinocistos de idades diferentes, sendo estas o Neógeno, com a ocorrência das espécies *Areolégera* sp., *Wetzeliella symmetrica* sp, *Spiniferites splendidus* e o Quaternário, com as espécies *Operculodinium israelianum*, *Nematosphaeropsis labyrinthus*, *Pentapharsodinium* sp., *Operculodinium centrocarpum* e *Spiniferites ramosus*, *Impagidinium striolatum* e dinocistos heterotróficos. De um modo geral, as análises realizadas nos pontos coletados forneceram informações relevantes acerca do ambiente deposicional, fornecendo dados valiosos para trabalhos futuros.

ANALYSIS OF PALYFACIES IN DEEP WATER TESTIMONIES IN THE CEARÁ BASIN, BRAZIL

Theo Alves Cerqueira, Dr. João Graciano Mendonça Filho

Abstract

The studied material was obtained from an ocean floor area, located at Bacia do Ceará, on extensions of Piauí, Acaraú and Icarai sub-basins. Material collection was realized through a piston core sampling, which 21 samples were acquired to organic geochemistry analysis. This work aims to characterize the particulate organic matter in 7 collection points of the piston core. These points form a lozenge around of 132 km² in a total area of approximately 9.449,54 Km², where each point contains samples from top, middle and base (spaced approximately from 0,7 m to 1 m), through organic geochemistry techniques, palynofacies and palynology for a possible depositional environment characterization. The Total Organic Carbon (TOC) showed carbon (C%) and sulfur (S%) contents relatively low, while insoluble residue (IR%) showed values ranging from 6% to 86%, indicating changing from siliciclastic to carbonatic environment, over the base to the top of testimonies. Concerning the organocompositional analysis, samples exhibit some diversity in components. In a general way, the major predominant group is represented by amorphous organic matter (AOM), followed by phytoclast, the latter consisting, mostly, by perforated and opaque, with a high degree of buoyancy. The dominance of amorphous group suggests a low energy and low concentration of O₂ environment, however, when this trend changes, dominating the phytoclast group, such conditions indicate a higher energy environment and higher concentration of O₂. Palynomorphs represented by marine (with considerable occurrence dinocysts, foraminiferal test-linings, scolecodonts and Copepoda eggs) and by continentals (sporomorphs subgroup and occurrence of freshwater organic wall microplankton subgroup of *Botryococcus* gender) were observed in most of the analyzed points. The occurrence of opaque phytoclasts, cuticles, sporomorphs and *Botryococcus* (in lesser extent) at most distal points, may suggest that they were transported by currents turbidite through submarine canyons. Through palynological analysis, amounts of zooclasts and copepod eggs were observed in most proximal points, showing platform character palynofacies, suggesting that there may be a carbonatic platform in question area. In addition, was possible to identify some dinocysts species with different ages, being this the Neogene, with occurrence *Areolégera* sp., *Wetzeliella symmetrica* sp, *Spiniferites splendidos* species, and the Quaternary, with *Operculodinium israelianum*, *Nematosphaeropsis labyrinthus*, *Pentapharsodinium* sp., *Operculodinium centrocarpum* and *Spiniferites ramosus*, *Impagidinium strialatum* species and heterotrophic dinocysts. In a general, the realized analyses on collected points supplied relevant information about depositional environment, providing valuable data for future work.

INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

A importância da área de combustíveis fósseis, no cenário mundial, estimula investimentos milionários no setor de óleo e gás. Com o intuito de maximizar o aproveitamento dos trabalhos relacionados à exploração de hidrocarbonetos, torna-se indispensável o entendimento prévio da evolução tectono-sedimentar das bacias sedimentares e o conhecimento de seu sistema petrolífero, adquiridos com o auxílio de técnicas e ferramentas geológicas.

Apesar de ser produtora de petróleo e gás na sua porção de águas rasas, a Bacia do Ceará ainda é considerada uma bacia de nova fronteira, não havendo, ainda, descobertas comerciais em águas profundas, apenas notificações de descobertas em reservatórios de suas seções pré-rifte (Queiroz Galvão exploração e produção, 2015).

O presente trabalho propõe-se a utilizar as ferramentas de interpretação palinofaciológicas e dados de Carbono Orgânico Total (COT) para ampliar o conhecimento nos campos geoquímico e sedimentar presentes na Bacia do Ceará.

1.2 Objetivo

Esse estudo tem como objetivo a caracterização da matéria orgânica particulada presente nos sedimentos do assoalho oceânico da Bacia do Ceará e a interpretação das condições deposicionais através da análise de palinofácies associada à geoquímica orgânica (COT e S).

1.3 Palinofácies

É o estudo da fração particulada da matéria orgânica sedimentar, que é dividida em duas frações: querogênio e betume, sendo o querogênio o termo mais comumente utilizado para descrever a matéria orgânica particulada em valor sedimentar, ou seja, querogênio é a fração da matéria orgânica insolúvel em solvente orgânico (Mendonça Filho *et al.*, 2010; 2011; 2012; 2014).

Atualmente é considerada a técnica mais confiável para o estudo da matéria orgânica particulada (MOP), uma vez que permite determinar variações ocorridas no ambiente de sedimentação e na área fonte da Matéria Orgânica (MO), bem como o estado de preservação das partículas por observação direta (Tyson, 1995).

O objetivo da palinofácies consiste em integrar todos os aspectos da assembleia de componentes orgânicos particulados, reconhecendo 3 (três) grupos morfológicos principais: Fitoclastos, M.O.A e Palinomorfos. Para isso, é importante utilizar um sistema de classificação dos grupos e subgrupos de querogênio que forneça o máximo de informação sobre a matéria orgânica (Mendonça Filho *et al.*, 1999, 2010, 2010a, 2011, 2012; 2014).

A classificação geral proposta por Tyson (1993, 1995) e Mendonça filho (1999), Mendonça Filho *et al.* (2010, 2011, 2012; 2014) foi utilizada para a identificação da matéria orgânica particulada, com o uso apropriado da nomenclatura para observação do querogênio sob luz branca transmitida e o auxílio da observação empregando luz azul/UV incidente (fluorescência) (Tabelas 1, 2 e 3).

O grupo fitoclasto abrange todas as partículas de tamanho argila a areia fina do querogênio derivadas de vegetais superiores. Sua dominância em assembleia de querogênio é devido à combinação de natureza proximal das fácies, apresentando condições geralmente óxicas e resistência relativamente elevada de tecidos lignificados (Tyson, 1993). Essas partículas costumam ter elevada resistência à degradação devido à alta estabilidade, resistência e natureza hidrofóbica da lignina. O grupo se divide em fitoclastos do tipo opaco, não opaco e tecidos cuticulares. Os opacos são fragmentos de cor preta, considerados resultado de alteração pré e pós deposicional, devido flutuação na coluna d'água que permite exposição subaérea, ou de oxidação durante o transporte. Já os não opacos são translúcidos, podem apresentar coloração de amarela a marrom escuro e estão divididos em não bioestruturados e bioestruturados, estes últimos podendo ser do tipo listrados, estriados, perfurados ou bandados. Os tecidos cuticulares representam a camada mais externa da epiderme das folhas de vegetais (Tyson, 1995; Mendonça Filho *et al.*, 2010, 2011, 2012; 2014) (Tabela1).

Tabela 1: Classificação da matéria orgânica particulada - GRUPO FITOCLASTO - (Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2010; 2011; 2012; 2014).

PHYTOCLAST		GROUPS & SUBGROUPS		DESCRIPTION	
		Fragments of Tissues Derived from Higher Plants or Fungi			
PHYTOCLAST	Opaque	Equidimensional (Equant) length: width ratio < 2		Black or opaque in colour even at grain boundary. Sharp outline; mostly no internal structure.	
		Lath length: width ratio > 2		Black or opaque in colour even at grain boundary. Sharp outline; it may shows pits.	
		Corroded		Black in colour. More diffuse outline; irregular.	
	Non-Opaque (Translucent)			Fungal Hyphae	Fragments of hyphae. Brown in colour. Individual filaments of the mycelium of the vegetative phase of eumycote (higher) fungi.
		<i>Undegraded</i> Sharp outline (may be slightly irregular). May be splintered. or <i>Degraded</i> Irregular and diffuse outline or <i>Pseudoamorphous/ "Amorphous"</i> Diffuse outline, it may light brown, brown and dark brown in colour. Starting to show some features of AOM, but homogenous in appearance, not pyrite specked, no inclusions. It may exhibits fluorescence. or <i>In decomposition (gelified)</i> <i>"Highly preserved"</i> Irregular outline in transmitted white light, it exhibits coloration of fluorescence. The characteristics indicate a highly degree of chemistry preservation due to specific conditions.		Non-biostructured	No botanical structure. Translucent, generally brown in colour. Lath or equant in shape.
				Cuticle	Epidermal tissue of higher plants. Pale yellow-green, yellow, reddish-yellow in colour particle. Regular cell outlines; sheet-like, in some cases with visible stomata. It may occurs thick translucent phytoclasts that under fluorescence, present a yellow fluorescing cuticle overlaying ("coating") on these phytoclasts. This particular feature (cuticular layer fragments associated with innermost part of epiderms) could be indicating that the land plants fragments derived from leaves.
				Membrane	Pale yellow in colour; thin; sheet-like; irregular. They often fluorescent; highly translucent. Lack of diagnostic internal structure.
				Biostructured	Generally brown in colour; lath to equant in shape; clearly visible internal structure. Striate: shown thin (regular fibrous lineation). Striped: Irregular or unequal stripes (may be thickenings). Banded: Regular and equal parallel sided thickenings. Pitted: Bordered or scalariform pits.
	Sclereids	Generally opaque, but may be translucent (dark brown). Sclerenchymatic tissue cells, with thickened secondary wall and impregnated with lignin. Found in different parts of the plant (root, stem and leaf) with the sustentation function and mechanical resistance.			

Segundo Tyson (1995), quanto maior a distância da área fonte, maior a tendência em se acumular os opacos, uma vez que, são partículas muito resistentes e apresentam equivalência hidrodinâmica com sedimentos de tamanho silte - areia fina, levados por flutuação a ambientes mais distais. A figura 1 mostra uma relação dos tipos de fitoclastos e seu grau de preservação à medida que são transportados para regiões cada vez mais distante da sua área fonte (Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2011;2014).



Figura 1: Esquema de relação proximal-distal para diferentes tipos de fitoclastos (Mendonça Filho *et al.*, 2011, 2014).

O grupo palinomorfo corresponde a todo componente de parede orgânica resistente ao ataque com ácido clorídrico (HCl) e ácido fluorídrico (HF). Esse grupo é dividido em continentais e marinhos. O primeiro integra o microplâncton de parede orgânica (algas de água doce) e o subgrupo esporomorfo, que estão representados pelos esporos de Briófitas e Pteridófitas e pelos grãos de pólen de Gimnospermas e Angiospermas. Já os marinhos estão representados pelo microplâncton de parede orgânica (algas prasinófitas, acritarcos e cistos de dinoflagelados-dinocistos) e por zoomorfos (palinoforaminíferos, quitinozoários e escolecodontes) (Tyson, 1995; Mendonça Filho *et al.*, 1999, 2010, 2011, 2012; 2014) (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação da matéria orgânica particulada - GRUPO PALINOMORFO - Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2010; 2011; 2012; 2014).

GROUP	SUBGROUPS		DESCRIPTION	
PALYNOMORPH	Sporomorph	Spores	Terrestrial Palynomorph produced by Pteridophyte, Briophyte and Fungi. Triangular or circular form palynomorph, trilete mark ("Y") or monolete (scar). They can occur as massulae of the freshwater fern (<i>Azolla</i>), agglomerates and tetrad. "First spores" (Cambrian): Cryptospores (spore-like bodies) and Embryophyte Spores: Upper Ordovician-Recent.	
		Pollen Grain	Terrestrial Palynomorph produced by Gymnosperms and Angiosperms Palynomorph with varied ornamentation, most with circular or oval outline; could present opening or not. They can occur as agglomerates or tetrads. Devonian-Recent.	
	Freshwater Microplankton	<i>Botryococcus</i>	Green Algae Chlorophyta (Chlorococcales)	Irregular globular colonies; size 30 to 2000 µm, sometimes with several lobes (like miniature cauliflower); Ordovician-Recent.
		<i>Pediastrum</i>		Colonial green algae (coenobia). Rounded colonies with 30-200 µm diameter. In polygonal form the cells have a concentric arrangement; cells present two horns in the side external. Jurassic (?) - Recent.
		<i>Scenedesmus</i>		<i>Scenedesmus</i> genus of colonial (coenobia) green algae with 4, 8, or 16 cells arranged in a row and non-motile. Different forms of coenobia are found including linear, costuloid, irregular, alternating, or dactylococoid patterns.
		Zinematocae	Chlorophyta (Zinematocales)	They are hydro-terrestrial, filamentous or unicellular, uniseriate (unbranched) green algae which produce acid-resistant spores. The filaments are septated and they present diversely shaped chloroplasts, such as stellate in <i>Zygnema</i> , helical in <i>Spirogyra</i> , and flat in <i>Mougeotia</i> . Only the filamentous algae spores are preserved. The majority of species have spores of constant form, only a very few are polymorphic. The forms are of four primary types (globose, obovoid, ellipsoid and quadrangular) of which a number of variation are known (Grenfell, 1995).
		<i>Gloeocapsomorpha prisca</i>	Green Algae (?) Blue-Green Algae (?)	Chlorophyta Cyanophyta
	Marine Microplankton	Dinoflagellate Cysts	Cell produced during the sexual phase of the dinoflagellate life cycle	The fossil record of dinocysts is almost entirely confined to forms that have a meroplanktonic life cycle. Major dinoflagellate cyst morphotypes: Proximate, Cavate and Chorate. Triassic-Recent.
		Prasinophyte	Fossilized structure produced by small quadri-flagellate motile phase.	Majority, like <i>Tasmanites</i> , are spherical; diameter 50 to 2000 µm. Modern species include freshwater. Precambrian-Recent.
		Acritarchs	Unicellular fossilized cysts with organic cell walls. They have no formal taxonomic status.	The acritarchs are a polyphyletic group of palynomorphs whose name means "of uncertain origin". Acritarcha (<i>akritos</i> = uncertain, mixed and <i>arche</i> = origin). Small dimension organism (5 a 150 µm). Symmetrically shaped with varied ornamentation. They first appeared in the late Precambrian, attained their acme during the Ordovician-Devonian.
	Zoomorph	Foraminiferal Test-Linings	Chitinous organic linings to calcareous shells of foraminifera.	The linings are typically dark brown colour, although their outer chambers are often more thin-walled and translucent. Good indicator of marine conditions.
		Scolecodonts	Elements of the jaw of benthic polychaete annelid worms.	They are the part-calcified and scleroproteinaceous ("chitinous") mouth parts ("pharyngeal jaws") of benthic polychaete annelid worms. Ordovician - Recent.
		Chitinozoa	Vesicles in format of flasks or small hollow bottles (30 to 2000 µm). Uncertain affinity.	They constitute an extinct group of organic-walled microfossils found in Palaeozoic marine sediments. Early Ordovician - Late Devonian.
	Others	Zooecasts (Graptolite, Crustacean eggs); <i>Spongiophyton</i>.		

O grupo amorfo corresponde a todo componente orgânico particulado derivado de bactérias, fitoplâncton e agregados orgânicos degradados (Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, (2010, 2011, 2012; 2014) caracterizados pela ausência de estruturação, contorno irregular e matriz granular heterogênea. Ocorre sob a forma de grumos ou dispersa, com diferentes tonalidades de marrom, quando analisada sob microscopia de luz branca transmitida (Tabela 3).

Tabela 3: Classificação da matéria orgânica particulada - GRUPO MOA - (Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.*, 2010; 2011; 2012; 2014).

GROUP	SUBGROUP	DESCRIPTION
A M O R P H O U S G R O U P	“AOM” AOM derived from microbiological reworking of phytoplankton.	Structureless material with no morphology or form; color: yellow-orange-red; orange-brown or grey; often has palynomorphs and pyrite inclusions, may sometimes exhibit fluorescence.
	Products of macrophyte tissues (<i>Pseudoamorphous/ “Amorphous”</i>) AOM derived from microbiological reworking of macrophyte tissues (higher plants).	Diffuse outline, light brown, brown and dark brown in colour. Starting to show some features of AOM, but homogenous in appearance (<i>flat fluorescence</i>), not pyrite specked, no inclusions. It may exhibit fluorescence.
	Microbial mats AOM derived from primary productivity of bacterias (photosynthesis).	They consist predominantly of the maceral lamalginite when examined in reflected white light. They form rather uniformly and strongly fluorescent cohesive particles which show relatively sharp and distinct (sometimes quite angular) outlines after maceration.
	Products from bacteria Bacterial Extracellular Polymeric Substance (EPS).	Mucilagenous sheet. Diffuse outline, thin, pale yellow, yellow, orange, ash in colour. Not pyrite specked, no inclusions. Exhibits intense fluorescence.
	Resin Mostly produced by terrestrial higher plants in tropical climates.	Structureless particle (glassy shards), hyaline, usually round, homogeneous, strongly fluorescent.

O estudo do querogênio obtido da palinologia pode ser correlacionável com os resultados geoquímicos que complementa a pesquisa, como por exemplo, a análise de carbono orgânico total (COT).

1.4 Carbono Orgânico Total (COT)

A abundância de matéria orgânica em sedimento é expressa com o percentual em peso relativo do carbono orgânico.

A análise de COT é uma técnica comum e rotineira, entretanto o resultado gerado fornece dados sobre a quantidade e as condições de preservação da matéria orgânica autóctone e/ou alóctone presentes no sistema. O teor de COT de uma determinada seção sedimentar é importante, pois as proporções de %S determinam tipos

de matéria orgânica que refletem o controle de um determinado grupo do querogênio alterando no decréscimo ou no incremento do teor de COT (Mendonça filho 2010; 2011; 2012; 2014).

A análise de COT consiste em um critério inicial para caracterização de rochas potencialmente geradoras de hidrocarbonetos. Além disso, esses dados são utilizados para auxiliar na interpretação paleoambiental (Tyson, 1995; Tissot & Welte, 1984). Através desta análise também é possível obter o teor total de enxofre (ST%) da amostra e do resíduo insolúvel (RI%), que é determinado através da descarbonatação.

1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na porção *offshore* da Bacia do Ceará, mais precisamente nas extensões das sub-bacias de Piauí, Acaraú e Icarai apresentando dois principais rios relativamente próximos à mesma, sendo o rio Jaguaribe na porção mais a leste e o rio Acaraú a oeste. A sub-bacia de Mundaú não foi contemplada nesta proposta uma vez que concentram em sua área diversos estudos geológicos, além de ser a única com produção comercial de hidrocarbonetos. A Bacia do Ceará está situada na costa do nordeste brasileiro e corresponde à porção das margens continentais adjacentes aos litorais dos Estados do Ceará e Piauí. Está limitada a oeste pela Bacia de Barreirinhas e a leste pela Bacia Potiguar. A extensão geográfica do projeto está definida pela área delimitada como é mostrado na figura 2, totalizando 9.449,54 Km², com os limites de amostragem estabelecidos entre as lâminas d'água de cinquenta metros a três mil metros (ANP, 2009). As amostras em questão, foram retiradas próximas da região do talude, totalizando 7 (sete) testemunhos, formando uma área losângular de aproximadamente 132km².

As pesquisas na bacia foram iniciadas em janeiro de 2011 pelo consórcio contratado por meio de licitação, que é formado pelas empresas Ipex e Fugro (a Ipex realizou o estudo na Bacia do Araripe, que envolve a região do Cariri, também incluído no plano plurianual da ANP - Diário do Nordeste - 12.03.2012 - Sérgio de Sousa).

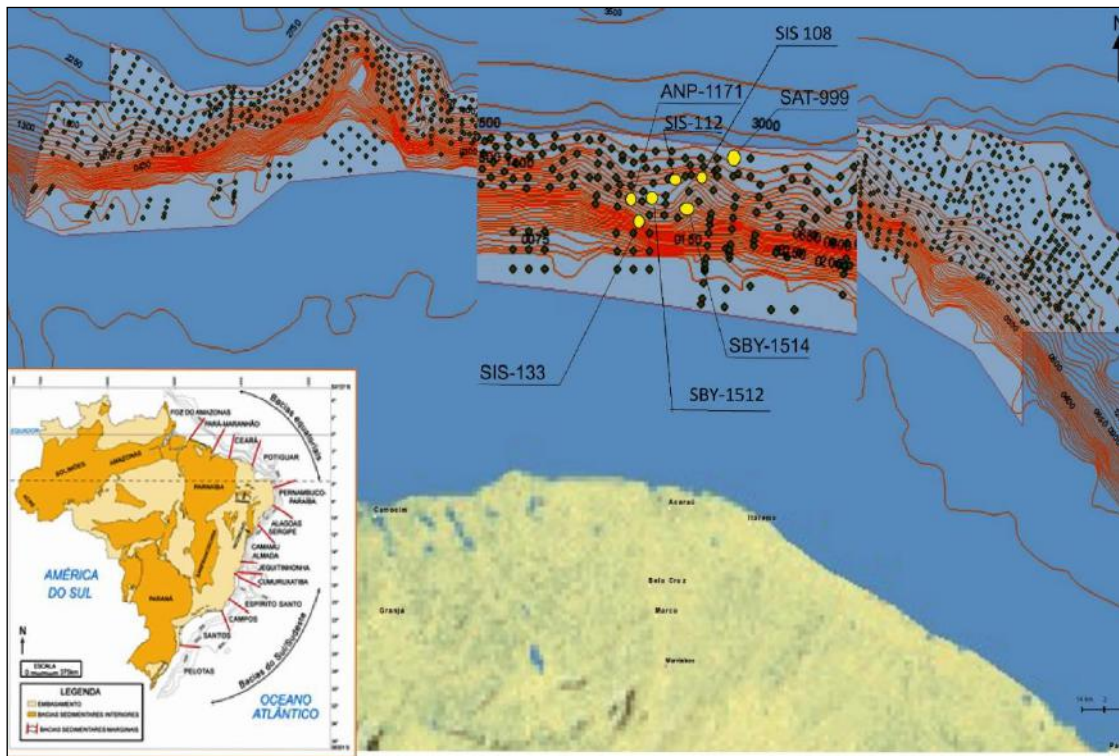


Figura 2: Localização da área de estudo com os pontos de amostragem (mapa do Brasil: Arai & Lana, 2004 - B. Geoci. Petrobras; área de piston core: ANP, 2009).

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

3.1 Província Borborema e sua Fragmentação

A Província Borborema situa-se no Nordeste brasileiro, sendo limitada pela a Bacia do Parnaíba a oeste, o Cráton São Francisco ao sul, a Província da Margem Continental Leste a leste e Equatorial ao norte (Hasui, 2013).

É caracterizada por zonas de cisalhamento transcorrente e de empurrão que separam porções de embasamento, microcontinentes e faixas orogênicas do Arqueano ao Neoproterozóico, como pode ser observado na figura 3. Na rede de zonas de cisalhamento, destacam-se os lineamentos Patos e Pernambuco, gerados por movimentação transcorrente de direção geral em torno de E-W. Delimitam um setor chamado Transversal (Ebert, 1970), separando dois outros designados Norte ou Setentrional e Sul ou Meridional. Cada um deles tem domínios na maior parte de

formatos sigmoides também demarcados por zonas de cisalhamento de direção em torno de NE (Hasui, 2013).

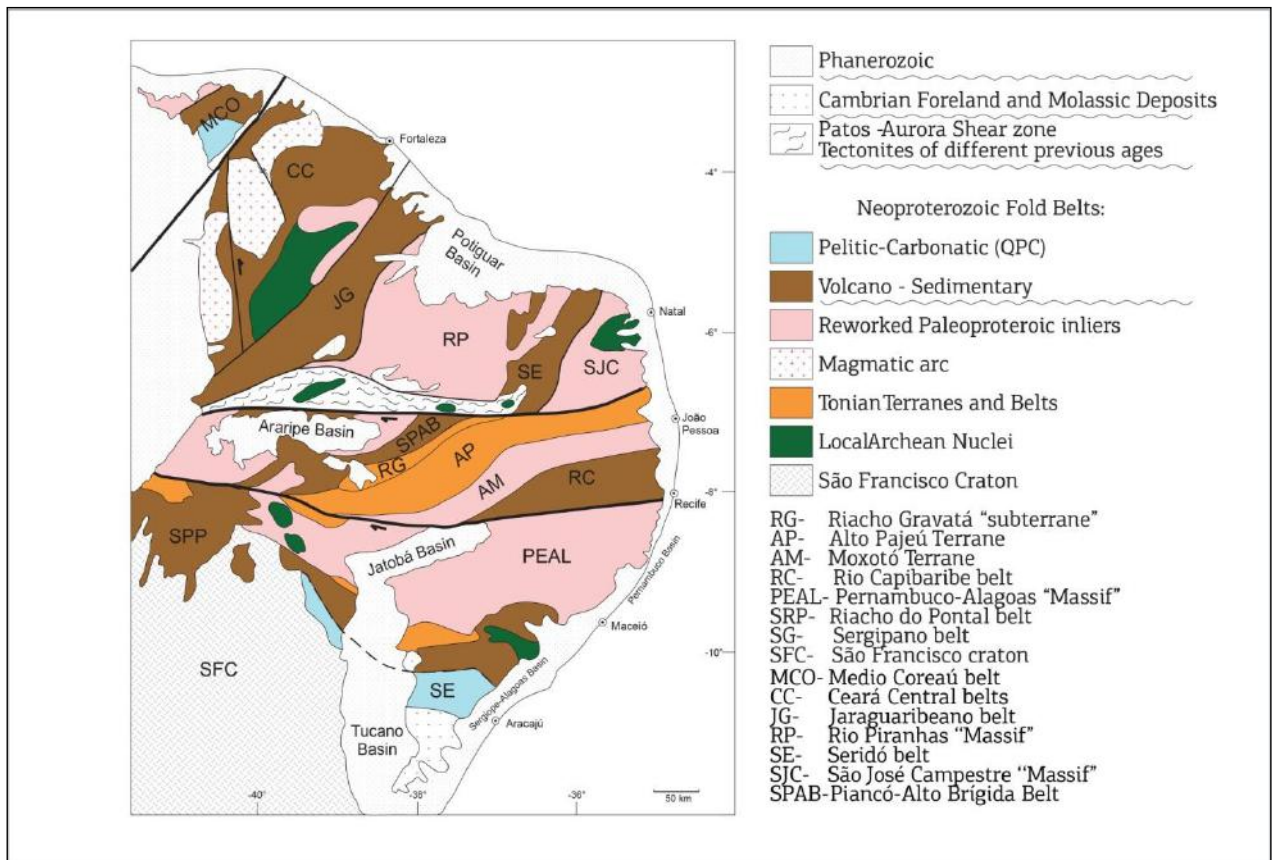


Figura 3: Sistema orogênico Borborema (Neves *et al.*, 2014).

Cabe destacar que a subdivisão em domínios considera porções separadas por zonas de cisalhamento geradas em diferentes etapas do Evento Brasileiro: uma delas, a Zona de Cavalgamento Serra de Jabitacá, formou-se na fase de tectônica tangencial que foi acompanhada de metamorfismo regional e intrusão de granitoides sin-tectônicos (630-600 Ma), e as demais, que são zonas de cisalhamento direcionais, formaram-se na fase da tectônica transcorrente, tardia a posterior em relação à anterior. Assim a compartimentação não tem significado geotectônico ou evolutivo, mas simplesmente geométrico (Hasui, 2013).

A ruptura do Gondwana é caracterizada por alguns riftes abortados na região emersa intracontinental (e.g., no norte do Brasil, destacam-se os riftes de Tacutu e Marajó; na margem equatorial, ocorrem também pequenos riftes na plataforma continental do Ceará, e.g., Jacaúna); no nordeste, destaca-se o sistema de riftes Recôncavo-Tucano-Jatobá; e na região sudeste registra-se vários pequenos grábens

localizados entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Os riftes ao longo da margem continental, que evoluíram até formar as bacias sedimentares da margem passiva, formam um conjunto de bacias sedimentares que se estende desde o limite com a Guiana até o limite com as águas territoriais do Uruguai (CPRM, 2003).

O modelo geral adotado para a formação das bacias da margem continental e do Oceano Atlântico baseia-se em conceitos tectonofísicos propostos por McKenzie (1978), que admite um estiramento litosférico e afinamento da crosta e litosfera, durante a fase rifte e, posteriormente, uma fase de subsidência termal associada ao resfriamento da anomalia térmica da astenosfera. O estiramento litosférico que resultou no afinamento crustal e subida do manto é caracterizado por refletores profundos imageados na base da crosta, como por exemplo, na região oeste da Bacia de Campos (Mohriak *et al.* 1990b).

3.2 Coberturas Fanerozoicas

Existem três estágios de rifteamento, denominados sin-rifte I, II e III, segundo informações baseada no estilo estrutural, na associação de fácies e na duração da subsidência (Chang *et al.*, 1988; Matos, 1992; 1999) (figura 4).

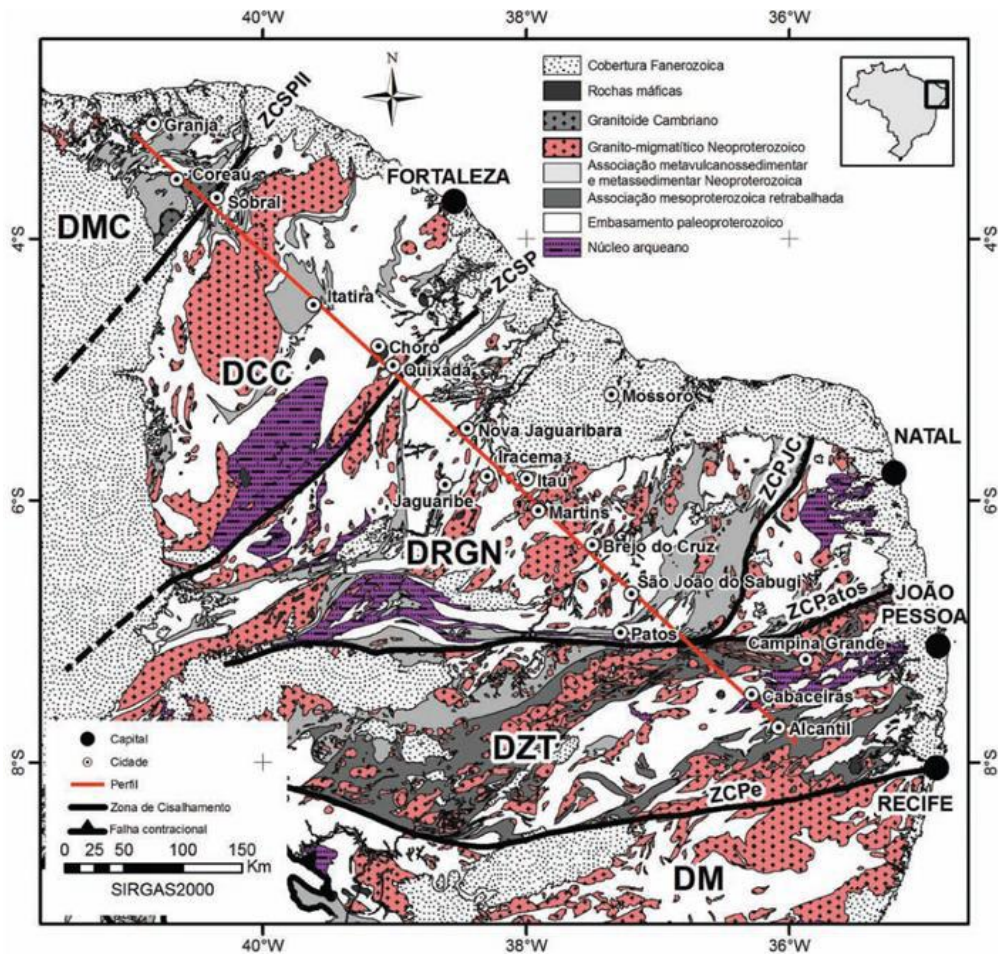


Figura 4: Bacias sedimentares da margem continental e do interior da província Borborema. Limite da província Borborema corresponde a definição clássica de Almeida *et al.* (1977). Domínios tectônicos: DMC-Médio Coreaú; DCC- Ceará Central; DRGN- Rio Grande do Norte; DZT- Zona Transversal; DM- Meridional; ZCSPII- Sobral-Pedro II; ZCPJC- Picuí-João Câmara; ZCSP- Senador Pompeu; ZCPatos- Patos; e ZCPe- Pernambuco (Bizzi *et al.*, 2003).

A sequência sin-rifte I, genericamente atribuída ao Neocomiano-Barremiano e mais velhos que o Aptiano, foi depositado em grábens desta época (Hasui, 2013). Essa fase foi marcada por intensos falhamentos extensionais (Schobbenhauns & Brito Neves, 2003).

A sequência sin-rifte II caracteriza-se por propagações de rifte sintracontinentais durante o aptiano (Eo- e Mesoaptiano) por toda parte marítima atual das Bacias da Foz do Amazonas e Potiguar e também Marajó (Hasui, 2013). Inicialmente, a deformação se concentrou nos trends Gabão-Sergipe-Alagoas e Recôncavo-Tucano-Jatobá, deslocando-se para leste ao longo do Trend Cariri- Potiguar (Matos, 1999).

Segundo Hasui (2013) a sequência sin-rifte III pode ser considerada como representante de estiramento crustal arrefecido sob forma dúctil, sem falhamentos associados. Ainda de acordo com esse autor, a distensão mais importante da margem equatorial ocorreu praticamente durante todo o Albiano, quando toda a margem leste brasileira já se encontrava na fase drift.

Durante o aptiano, os trends Gabão-Sergipe-Alagoas e Recôncavo-Tucano-Jatobá, entram em fase de transição termal, enquanto o espalhamento oceânico que estava em compressão, levou a propagação do rifteamento para o norte (Szatanari *et al.* 1987). Após a ruptura dos crátons São Luís- Oeste Africano, houve o aborto do trend Recôncavo-Tucano-Jatobá e o trend Gabão- Sergipe-alagoas evoluiu para uma fase de Deriva Continental.

2.3 Bacia do Ceará

Situada na costa do estado do Ceará, na porção leste da margem equatorial brasileira, a Bacia do Ceará (como pode ser observado na figura 5), apesar de ser produtora de óleo e gás na sua porção de água rasa, ainda é considerada uma bacia de nova fronteira. Possui uma área *offshore* de aproximadamente 61.000 km², sendo 30.950 km² até a batimetria de 400m e 30.230 km² entre 400m e 3.000m, e é limitada pelo Alto de Fortaleza com a Bacia Potiguar ao sul e pelo Alto de Tutoia com a Bacia de Barreirinhas ao norte (Zalán *et al.*, 2003).

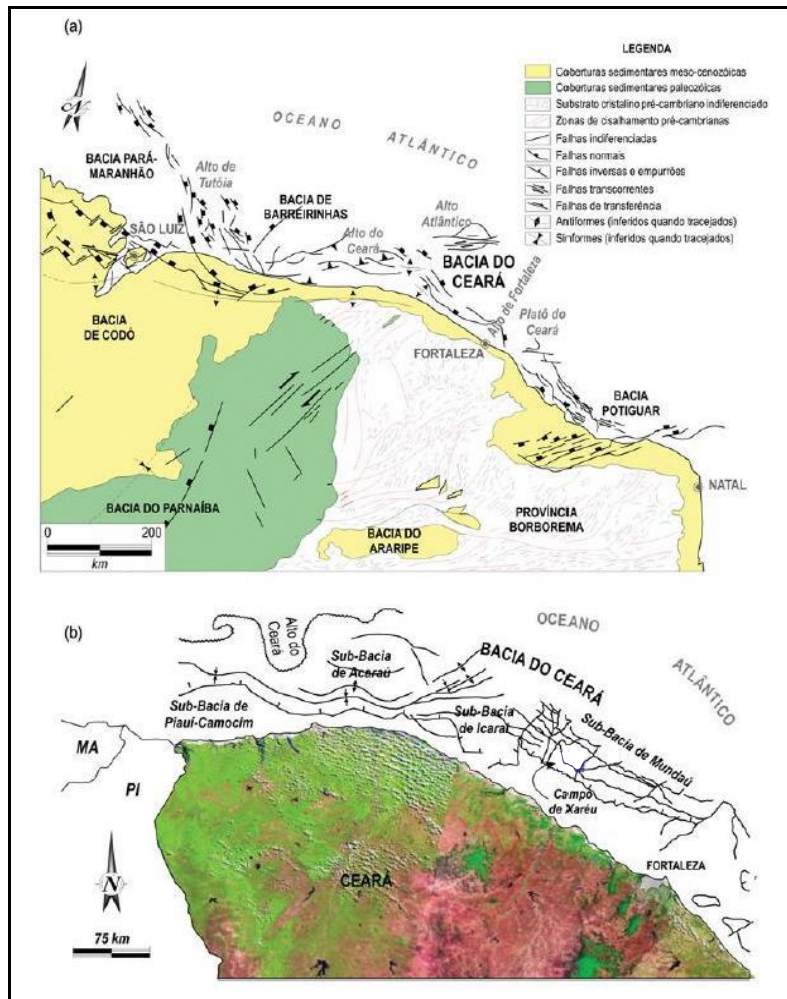


Figura 5: Localização e contexto tectonoestrutural da Bacia do Ceará. (a) Mapa tectonoestrutural da parte do Nordeste brasileiro com a localização da margem Equatorial Atlântico brasileiro e a Bacia do Ceará (Davison, 1998); (b) arcabouço estrutural da Bacia do Ceará, incluindo suas sub-bacias.

Devido às características tectônicas distintas, a Bacia do Ceará foi compartimentada em quatro sub-bacias: Piauí-Camocim, Acaraú, Icarai e Mundaú, as quais apresentam histórias deposicionais e deformacionais ligeiramente distintas. As sub-bacias de Icarai e Acaraú estão separadas pelo prolongamento norte do Lineamento Sobral-Pedro II (Lineamento Transbrasiliiano), sendo que a última está separada da sub-bacia de Piauí-Camocim pelo Alto do Ceará, feição positiva de provável origem magmática. A sub-bacia de Mundaú, por sua vez, limita-se com a sub-bacia de Icarai por uma importante inflexão da falha de borda, no prolongamento nordeste da falha de Forquilha. Tais limites indicam controle das estruturas pretéritas do embasamento cristalino na nucleação e no traçado das inflexões presentes nas falhas de borda das sub-bacias (Zalán *et al.*, 2003).

Na sub-bacia de Mundaú, a porção mais estudada em função da densa malha sísmica e por concentrar mais de 90% dos quase cem poços exploratórios da bacia, foram reconhecidas feições anômalas em relação a um típico rift de ambiente puramente divergente. A ausência de variações laterais no seu preenchimento sedimentar, de espessas cunhas de conglomerados na borda do rift, mudanças significativas no estilo e na geometria da falha de borda, o adelgaçamento dos pacotes sedimentares em direção à falha de borda e a presença de incursões marinhas precoces, levaram-na a ser interpretada como um rift "não-convencional", caracterizado por arquiteturas diferenciadas, responsável pela geração de domínios de deformação transpressiva e/ou transtrativa ao longo da evolução da bacia. Nessa sub-bacia, o padrão de falhamentos é predominantemente NW-SE, responsável pela sua estruturação em blocos basculados e escalonados por falhas sintéticas de mesma direção (Figura 3). Lineamentos de direção NE-SW cortam obliquamente o principal trend estrutural, podendo representar zonas de transferência de natureza transcorrente que teriam ajudado a compartimentá-la, acomodando diferentes taxas de deformação durante a sua formação e posterior deformação (Zalán *et al.*, 2003).

Nas sub-bacias de Icaraí, Acaraú e Piauí-Camocim, por sua vez situadas no domínio transpressivo, os principais traços estruturais alinham-se na direção E-W e NE-SW, claramente influenciados pela movimentação direcional associada à tectônica transcorrente ao longo daquele mega-corredor de cisalhamento dextral. Tal deformação foi responsável pela geração de uma notável gama de estruturas, como falhas de cavalgamento, falhas reversas, falhas normais e oblíquas, estruturas-em-flor positivas e negativas, enxames de falhas direcionais e dobras gigantes, além da inversão de depocentros (Zalán *et al.*, 2003).

Na Sequência Continental (supersequência pós-rifte), o primeiro registro sedimentar na Bacia do Ceará é datado como Aptiano e corresponde aos sedimentos da Formação Mundaú, originalmente definida por Costa *et al.* (1989). Até o momento não foram amostrados sedimentos mais antigos que o Eoaptiano, datados através de palinomorfos continentais. No entanto, acredita-se que depósitos mais antigos possam estar presentes nas porções mais profundas da bacia, como indicado pelo espesso pacote imageado por dados sísmicos, que sugere a possibilidade de seção sin-rifte de idade barremiana, correlacionável à Formação Pendência na Bacia Potiguar, ou de um substrato sedimentar pré-rifte Jurássico/Paleozóico (Morais Neto *et al.*, 2003). Os sedimentos da Formação Mundaú foram depositados numa grande fossa tectônica,

caracterizados por conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos intercalados por depósitos de fluxo gravitacionais. Ambientes tipicamente continentais são reconhecidos: leques aluviais, rios entrelaçados e lagos proveniente tanto da margem flexural norte quanto da borda falhada a sul (Beltrami *et al.*, 1994).

A Sequência Transicional (supersequência pós-rifte) é representada na Bacia do Ceará pela Formação Paracuru, originalmente definida por Costa *et al.* (1984) e representa a transição da sedimentação tipicamente continental para condições marinhas marginais, que passam a prevalecer no final da sedimentação do Andar Alagoas (Regali, 1980; 1989), analogamente ao verificado na Bacia Potiguar (Condé *et al.* 2007).

A Formação Paracuru apresenta fácies sísmica plano-paralela e é constituída por três unidades litológicas distintas, onde predominam arenitos de granulação variável, separados por níveis de folhelhos que representam afloramentos regionais de boa continuidade lateral (Beltrami *et al.*, 1994; Morais Neto *et al.*, 2003). Na porção inferior, dominam arenitos e folhelhos bioturbados de origem fluvial, deltaica e lacustre. Na porção mediana da Formação Paracuru, distingue-se uma camada carbonática rica em calcilutito, ostracodes e folhelhos carbonosos (Membro Trairi), cronocorrelata às “Camadas Ponta do Tubarão” da Bacia Potiguar, aos folhelhos betuminosos das “Camadas Batateira” da Bacia do Araripe e aos folhelhos betuminosos da Formação Codó no Maranhão (Hashimoto *et al.*, 1987). Foram depositados em ambientes de natureza continental (fluviodeltaico a lacustre), passando para marinho restrito ou *Sabkha* marginal (quando localmente associados à precipitação de evaporitos) (Condé *et al.*, 2007).

A Supersequência Drifte compreende toda a sedimentação marinha na bacia, representada pelas formações Ubarana, Tibau e Guamaré. Estas formações foram originalmente definidas para a Bacia Potiguar (Souza, 1982) e, posteriormente, estendidas para a Bacia do Ceará devido às semelhanças litoestratigráficas (Beltrami, 1985). Como pode ser observado na carta estratigráfica da figura 6.

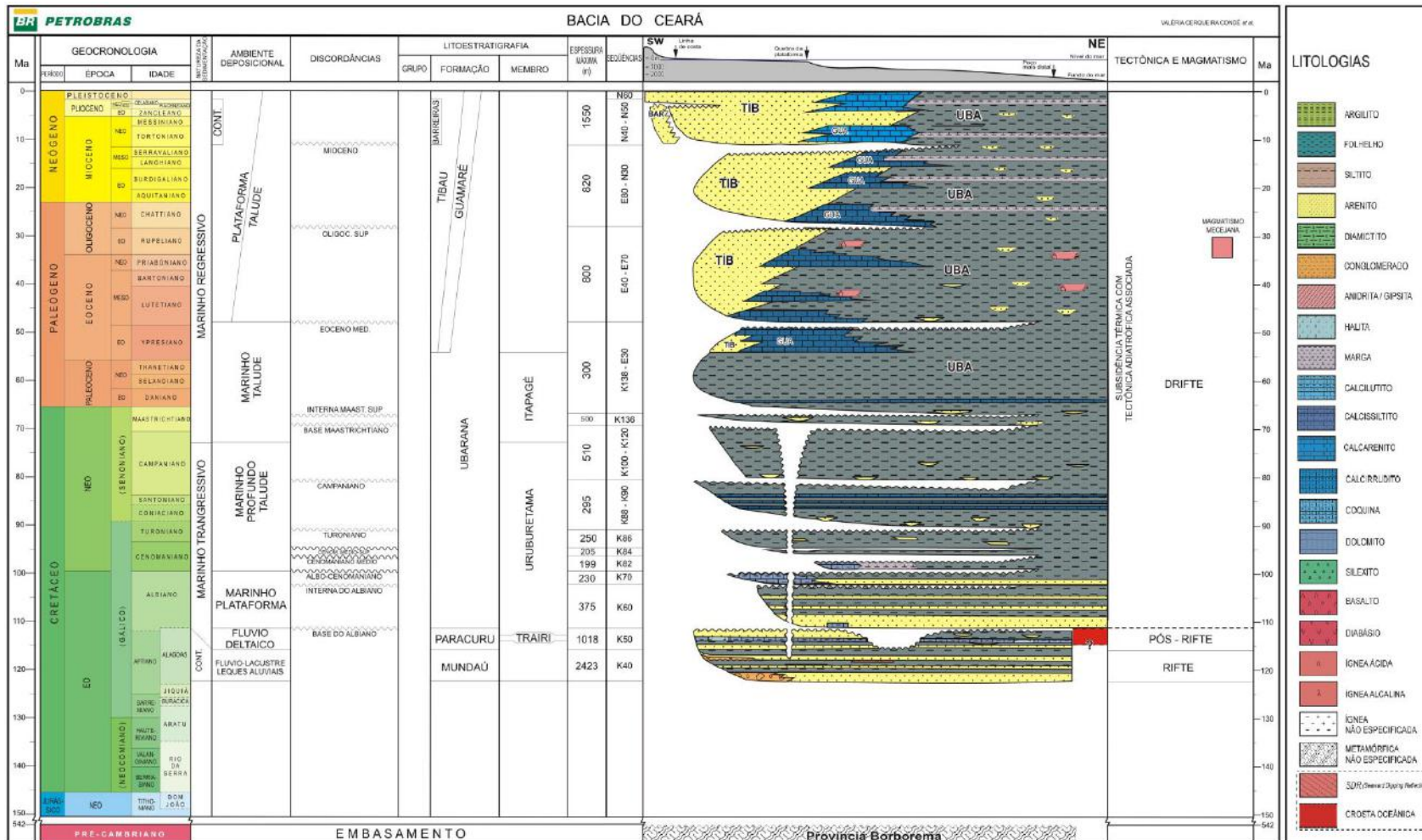


Figura 6: Carta estratigráfica da Bacia do Ceará (TIB, GUA e UBA, formações Tibau, Guamaré e Ubarana respectivamente, Condé et al., 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras utilizadas nesse trabalho foram cedidas pela ANP e pertencem a um projeto de aquisição de dados geoquímicos em amostras de assoalho oceânico da Bacia do Ceará. E visa identificar e caracterizar a presença de sistema(s) petrolífero(s) nessa bacia.

Foram analisadas 21 (vinte e uma) amostras coletadas em 7 (sete) pontos (topo, meio e base), com lâmina d'água variando de 675m (SBY 1514) a 2630m (SAT 999).

Tabela 4. Relação das amostras

Amostras	Prof. (m)
SAT 999 (T)	0
SAT 999 (M)	1
SAT 999 (B)	2
ANP 1171(T)	0
ANP 1171(M)	1
ANP 1171(B)	2
SBY 1512(T)	0
SBY 1512(M)	0,8
SBY 1512(B)	1,6
SBY 1514(T)	0
SBY 1514(M)	0,8
SBY 1514(B)	1,6
SIS 112(T)	0
SIS 112(M)	0,7
SIS 112(B)	1,4
SIS 108(T)	0
SIS 108(M)	0,7
SIS 108(B)	1,4
SIS 133(T)	0
SIS 133(M)	0,7
SIS 133(B)	1,4

Os testemunhos foram coletados por um amostrador de fundo, do tipo piston core, que permite o resgate de sedimentos do fundo marinho mantendo a integridade dos fluidos presentes nos interstícios desses sedimentos, com cerca de seis metros de comprimento, oito centímetros de diâmetro e aproximadamente uma tonelada, portador de tubos de resina transparente (liner). Esses liners permitem a observação direta dos sedimentos sem necessidade de desembalá-los. O conjunto de amostragem foi

manipulado através de Aframe acoplado a guincho oceanográfico, possibilitando a visualização instantânea dos pontos através de vídeos de alta resolução, capacitando coletar, de forma segura e eficiente, amostras em lâmina d'água de até 3.000m de profundidade. Em cada ponto de amostragem foi extraído um testemunho de seis metros de comprimento, do qual foram retiradas, as amostras. A recuperação mínima dos testemunhos foi de 90 cm (três seções de 30 cm) para atender às necessidades de amostragem, sendo uma seção correspondendo a uma porção mais superior, outra na porção central e uma porção mais basal (ANP, 2009).

4.1 Preparação para análise palinofácies

A preparação do material para análise de palinofácies foi realizada utilizando os procedimentos palinológicos não oxidativos, descritos por Tyson (1995), Mendonça Filho (1999), Mendonça Filho *et al.* (2010, 2011, 2012, 2014) e Oliveira *et al.* (2006).

Cerca de 30 gramas de cada amostra foram submetidas a três etapas de acidificação: na primeira, foi utilizado ácido clorídrico (HCl 37%), por 18 horas, para eliminação da fração carbonática; a segunda consistiu no ataque com ácido fluorídrico (HF 40%), durante 24 horas, para eliminação dos silicatos e na terceira foi adicionado ácido clorídrico (HCl 37%), por 3 horas, para eliminar possíveis fluorsilicatos que possam ter sido formados nas etapas anteriores. Após cada etapa de acidificação as amostras foram lavadas, sucessivamente, com água filtrada, até a sua neutralização. O líquido sobrenadante foi passado para uma peneira com malha de 10 μ m e o material retido na peneira retornou ao béquer.

Em seguida, com o material já neutralizado e eliminado o excesso de água, transferiu-se o material mais fino para o tubo de centrífuga, foi adicionado cloreto de zinco ($ZnCl_2$ – densidade = 1,9 a 2 g/cm³), que possui densidade intermediária entre o material orgânico e o inorgânico, por cerca de 12 horas, com o objetivo de recuperar a fração orgânica em suspensão. Essa fração orgânica foi transferida para outro tubo para a lavagem do $ZnCl_2$. Iniciou-se esta lavagem com água filtrada e ácido clorídrico (10%), em seguida, o tubo foi levado à centrífuga por 3 minutos a 1500 rpm. Após a centrifugação, descartou-se o sobrenadante e adicionou-se água filtrada e, novamente, o tubo foi levado à centrífuga. Este procedimento foi realizado até que o material estivesse completamente neutralizado (pH por volta de 6).

Após a eliminação do $ZnCl_2$ e neutralização, o resíduo orgânico foi transferido para um frasco com tampa. Para a montagem das lâminas, colocaram-se duas lamínulas (24x24 mm) sobre uma chapa aquecedora (50°C), uma lamínula recebeu uma gota de resíduo orgânico, não peneirado, juntamente com algumas gotas de água filtrada e a outra lamínula recebeu o resíduo previamente peneirado, em malha de poliéster de 10 μ m e algumas gotas de água filtrada e após a secagem, as duas lamínulas foram coladas em uma mesma lâmina de vidro (24x76 mm) com resina Entellan-Merck (resina a base de xileno).

Análise de Palinofácies

A análise de palinofácies foi realizada em microscópio Zeiss, modelo Axioskop 2-plus no LAFO utilizando-se técnicas de microscopia de luz branca transmitida (MLBT) e luz azul/UV incidente (fluorescência) para a identificação e contagem (entre 300 a 400 componentes) da matéria orgânica particulada em cada lâmina. A contagem foi realizada com a objetiva de 20x, através de seções transversais verticais, devidamente espaçadas, de modo a abranger toda a área da lâmina, utilizando-se uma ocular (10x) com retículo cruzado graduado, onde somente foram contadas as partículas localizadas sobre esse retículo (Figura 7). É válido ressaltar que, eventualmente, foram utilizadas as objetivas com os aumentos de 40x e 100x para melhor visualização das partículas, bem como para a captura de imagens. Paralelamente à convencional, foi realizada uma contagem associada, a qual consistiu em considerar as partículas deste grupo que se localizavam fora do retículo.

Para ser considerada na contagem, a partícula deve ter tamanho igual ou superior ao intervalo de 0 a 1 no retículo graduado (10 μ m). Logo, as partículas de tamanho inferior não deverão ser consideradas na contagem, exceto para palinomorfos, pois para estes independe o tamanho. Os dados da contagem são registrados manualmente em fichas apropriadas, obedecendo às classificações propostas. Após a contagem, os dados absolutos são recalculados para valores percentuais e normalizados a 100% para confecção de diagramas binários e ternários para uma melhor visualização dos dados.

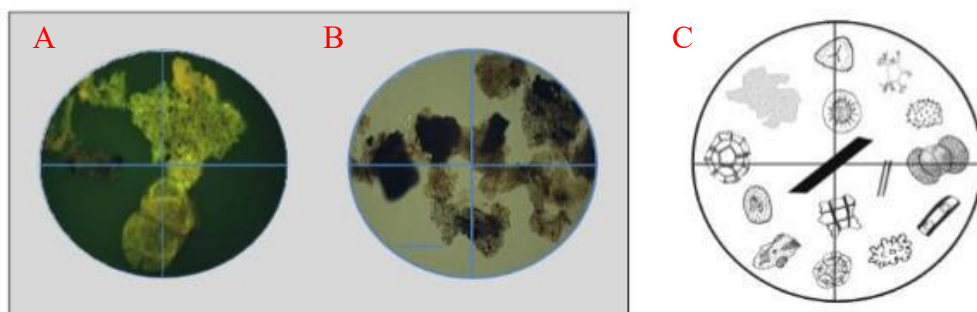


Figura 7: Ilustração da contagem de Palinofácies em modo fluorescência (A) e luz branca transmitida (B), na qual, somente são contadas partículas que estão sobre o retículo graduado, como mostrado em (C). (Mendonça Filho *et al.*, 2010; 2011; 2012; 2014).

4.2 Análise do Carbono Orgânico Total (COT%), Enxofre Total (ST%) e Resíduo Insolúvel (RI%)

A análise de geoquímica orgânica (COT e S) foi realizada no Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânica – LAFO (Departamento de Geologia – UFRJ).

A determinação elementar do carbono (COT%) foi realizada no aparelho SC 144 da LECO. E o método aplicado segue as normas de referências da ASTM 4239 (American Society for Testing and Materials - ASTM, 2008) e NCEA-C-1282 (United States Environmental Protection Agency-US EPA, 2002).

São separados aproximadamente 3g de cada amostra, previamente pulverizadas, em um recipiente de porcelana filtrante de massa conhecida. Após a pesagem, inicia-se o processo de acidificação com HCl 1:1 a frio, permanecendo por 24 horas para eliminação da porção carbonática.

Em seguida inicia-se a lavagem com água destilada quente (a aproximadamente 100°C) durante 1 hora para eliminação dos cloretos, e após esse período, continua-se a lavagem com água destilada em temperatura ambiente, até que o pH fique próximo de seis (6).

As amostras são secas em estufa a 65°C por aproximadamente 3 horas. Após esse resfriamento os cadinhos são novamente pesados, para o cálculo da quantidade de resíduo insolúvel e conseqüentemente de CaCO₃ (carbonato de cálcio). Uma vez que o RI corresponde à fração da amostra não eliminada pelo processo de acidificação, pressupondo-se ter ocorrido total eliminação dos carbonatos durante o processo,

considera-se que aquele equivaleria à fração siliciclástica. Desta forma, ao subtrair-se o valor do RI da quantidade inicial obtêm-se o teor de carbonato (CaCO_3).

A relação matemática aplicada foi:

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

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve uma recuperação da matéria orgânica particulada, revelando os três grupos principais e subgrupos que ocorrem com uma considerável representatividade, equilibrados e se alternando nos sete testemunhos estudados (tabela 6).

Os testemunhos analisados formam uma área aproximadamente losângular com entorno de 132 km^2 e podem ser subdivididos em três grupos, sendo eles proximais, intermediários e distais. Para o grupo dos proximais tem os poços SIS 133 e ANP 1171, onde o primeiro apresenta-se a 81400m da costa e uma lâmina d'água de 910m , o ANP 1171 encontra-se por volta de 81765m da costa com uma lâmina d'água de 1210m . Já o grupo dos intermediários, apresenta os poços SBY 1512 e SBY 1514, sendo o SBY 1512 distante cerca de 85615m da costa e com uma lâmina d'água de 1195m e o SBY 1514, estando a 91115m da costa, com uma lâmina d'água 615m . E por fim, o grupo dos distais, que apresentam os testemunhos SIS 112, SIS 108 e SAT 999, onde o SIS 112 está distante 94785m da costa com lâmina d'água de 1860m , o SIS 108 distante 99185m e lâmina d'água de 2350m e o SAT 999 a aproximadamente 103400m da costa com uma lâmina d'água de 2630m .

O esquema da figura 9 mostra um esboço, em uma escala em exagero, da disposição dos testemunhos estudados ao longo do perfil, bem como os grupos da matéria orgânica em maiores abundâncias em cada porção dos poços (topo, meio e base) indicando também as ocorrências de dinocistos distinguidos pela idade.

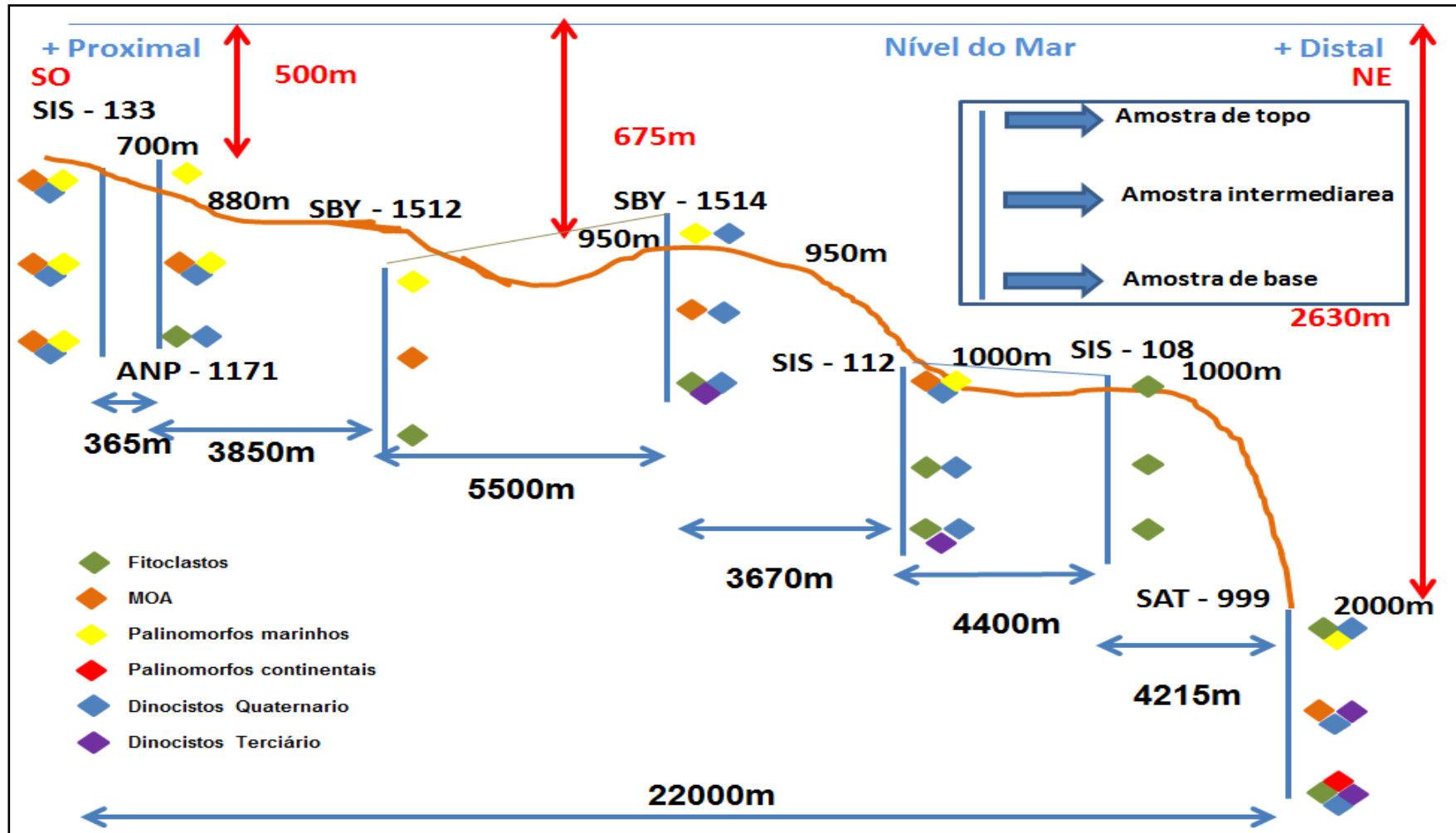


Figura 9: Desenho esquemático da distribuição dos testemunhos, bem como o distanciamento entre eles e a abundância relativa da matéria orgânica, de acordo com perfil proposto.

5.1 Análise Palinofaciológica dos Testemunho SIS 133 (proximal, lâmina d'água 910m)

O grupo dos fitoclastos, cujos valores percentuais variam de 4,7% a 12%, está representado pelo subgrupo dos fitoclastos não opacos predominando os do tipo bioestruturados perfurados e estriados, com coloração variando desde marrom claro até marrom escuro, fluorescência fraca. Já o subgrupo dos opacos apresenta todos os tipos (alongados, equidimensionais, pseudoamorfos e corroídos), sendo os alongados os mais comumente encontrados, com coloração negra, sem fluorescência, e foi registrado a ocorrência de cutículas e membranas (Tabela 6; Figura 10; Estampa 1).

A Matéria Orgânica Amorfa (MOA) ocorre ao longo do testemunho variando entre (51,2 – 67,2%) e apresenta-se basicamente homogênea, de cor marrom clara, com fluorescência de cor acastanhada, ocorre também MOA heterogênea de cor marrom clara com inclusões, com uma fluorescência mais baixa de cor acastanhada. Também foi observada ocorrências de Resina (Tabela 6; Figura 10; Estampa 1).

Já para o grupo dos palinomorfos foram encontrados valores percentuais totais variando entre (28,2 – 36,8%), apresentando baixas percentuais de palinomorfos continentais (4 – 9%) enquanto os marinhos apresentam percentuais mais expressivos (22 – 32,8%) (Tabela 6; Figuras 10 e 11).

Os palinomorfos terrestres estão representados basicamente por esporomorfos, sendo eles: grãos de pólen e esporos. Ambos, na maioria das vezes, quase translúcidos sob luz branca transmitida e sob fluorescência apresentam cor esverdeada (Tabela 6; Estampa 2).

Já os palinomorfos marinhos, estão representados por palinoforaminífero, escolecodontes, ovos de copépoda e cistos de dinoflagelados. Os dinocistos ocorrem com percentuais entre 1,7% - 2,9% com alta fluorescência de cor esverdeada, ocorrendo alguns sem fluorescência (heterotróficos). Foi possível identificar o gênero de alguns dinocistos do período Quaternário, *Pentapharsodinium sp.*, *Impagidinium striatum* (Tabela 6, Estampas 2 e 3).

Este ponto apresenta valores percentuais de COT variando de 0,7% a 0,64%. Os valores de S apresentam uma variação de 0,14% a 0,1%. E os valores de RI variam de 12% a 8% (tabela 6; figura 10).

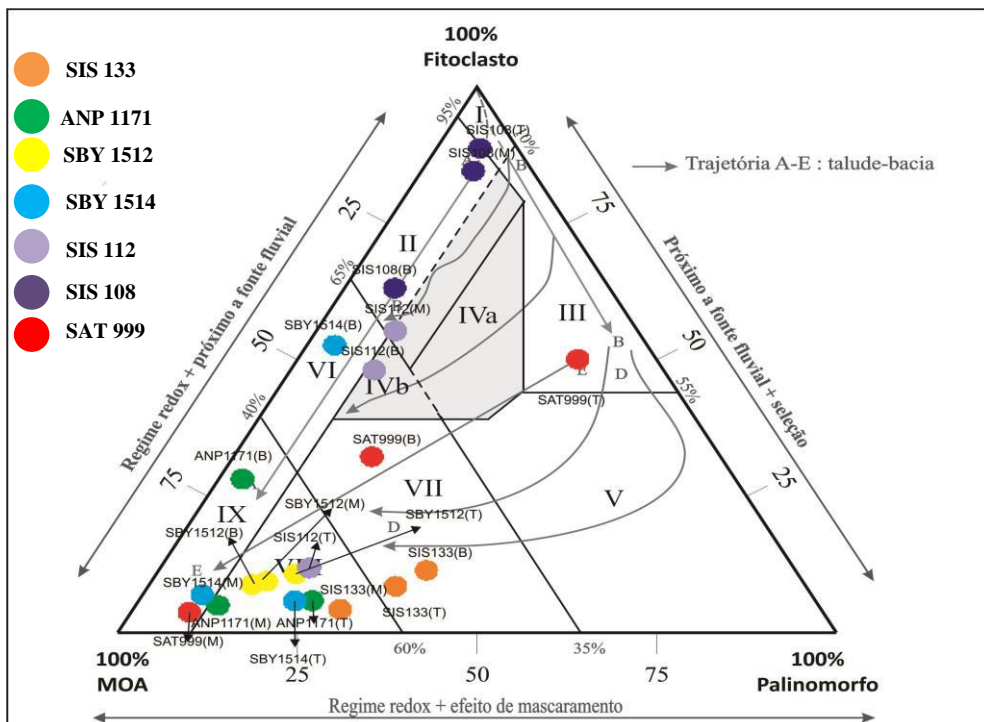
De acordo com o diagrama ternário (figura 8) é possível verificar os possíveis ambientes deposicionais à qual as amostras pertencem. As amostras SIS 133 (B) e SIS 133 (T) atingiram o campo VII de palinofácies que se refere a um ambiente plataformar

disóxico- anóxico. Já a amostra SIS 133 (M) encontra-se no campo VIII, representando uma plataforma distal disóxica-óxica.

As três amostras apresentam alta quantidade de MOA com uma boa preservação da mesma, além de possuírem quantidades moderadas de palinomorfos condizendo com as características deposicionais proposta por Tyson (1995). Além disso, tais informações sugerem que esse testemunho tem características de um ambiente plataformal, e de acordo com os valores de RI (menores que 15%), pode-se inferir que tais amostras pertencem a uma plataforma carbonática.

Tabela 6. Valores percentuais dos subgrupos da matéria orgânica em relação ao total de Matéria Orgânica, %C, %S e %RI

Amostras	Profundidade (m)	FITOCLASTOS (%)									MOA (%)				PALINOMORFOS (%)										(%) C	(%) S	(%) RI
		Opaco					Bioestruturado não opaco		Cutículas	Membranas	Total	Resina	Homogêneo	Heterogêneo	Total	Palinómorfs Continentais			Palinómorfs Marinhos				Palinómorfs totais				
		Alongado	Equidimensional	Pseudomorfo	Corroído	Total	Perfurado	Estrado								Grãos de pólen	Esporos	Total	Dinocistos	Escolocodonte	Palinoforaminíferos	Ovos de Copepoda		Total			
SIS 133(T)	0,00	0,97	1,29	0,65	0,65	3,50	0,97	0,32	2,90	0,00	9,00	0,00	54,00	3,10	57,10	4,90	4,10	9,00	2,90	5,80	16,10	0,00	24,80	33,90	0,64	0,10	8,00
SIS 133(M)	0,70	0,00	0,98	1,31	0,33	2,60	0,00	0,66	1,00	0,00	4,60	1,97	63,50	3,70	67,20	4,30	1,90	6,20	2,60	4,60	14,80	0,00	22,00	28,20	0,70	0,12	13,00
SIS 133(B)	1,40	0,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,67	0,00	5,00	4,00	12,00	2,01	48,60	2,60	51,20	1,70	1,30	4,00	1,70	10,70	19,10	1,30	32,80	36,80	0,69	0,14	12,00
ANP 1171(T)	0,00	0,33	1,31	0,98	0,65	3,30	0,00	0,00	2,60	0,00	6,20	0,33	64,60	2,10	66,70	1,90	0,90	2,90	0,70	1,00	21,20	1,30	24,20	27,10	0,48	0,05	6,00
ANP 1171(M)	1,00	0,31	1,26	0,00	1,26	2,80	0,00	0,00	1,60	0,90	5,30	0,00	78,20	4,70	83,00	0,90	0,00	0,90	0,30	1,30	7,90	1,30	10,70	11,60	0,67	0,12	22,00
ANP 1171(B)	2,00	5,79	4,82	0,00	3,22	13,80	1,93	7,07	3,50	1,00	28,60	1,93	64,31	3,20	67,50	1,70	0,20	1,90	0,00	0,60	0,60	0,60	1,90	3,90	1,08	0,54	55,00
SBY 1512(T)	0,00	0,90	0,60	0,60	1,79	3,90	0,60	0,30	2,40	0,90	11,90	0,60	64,18	4,50	68,70	1,10	0,30	1,50	0,60	2,70	14,30	0,30	17,90	19,40	0,52	0,10	12,00
SBY 1512(M)	0,80	1,13	0,57	0,28	1,13	3,10	0,85	0,00	2,00	0,30	9,90	0,57	73,00	2,10	75,10	0,80	0,00	0,80	0,60	3,10	10,20	0,30	14,20	15,00	0,51	0,13	14,00
SBY 1512(B)	1,60	2,71	1,20	0,60	0,30	4,80	0,30	0,00	2,40	0,90	9,30	0,30	75,10	2,30	77,40	1,50	0,20	1,80	0,60	0,90	9,30	0,60	11,40	13,30	0,79	0,24	26,00
SBY 1514(T)	0,00	0,34	0,34	0,34	0,34	1,40	0,34	0,00	3,10	1,40	6,20	0,00	69,50	3,40	72,90	1,40	1,00	2,40	0,30	2,40	15,80	0,00	18,50	20,90	0,56	0,24	26,00
SBY 1514(M)	0,80	0,31	0,00	0,00	2,15	2,50	0,00	0,00	4,60	0,00	7,40	0,00	80,30	5,20	85,50	0,00	1,20	1,20	0,00	0,30	5,50	0,00	5,80	7,10	0,57	0,12	12,00
SBY 1514(B)	1,60	3,44	4,06	0,00	6,25	13,80	1,25	21,56	14,70	0,90	54,40	0,31	41,56	1,50	43,10	1,70	0,50	2,20	0,00	0,30	0,00	0,30	2,50	2,50	1,07	0,14	27,00
SIS 112(T)	0,00	0,89	0,59	0,59	1,78	3,80	1,48	1,48	0,90	2,10	10,70	0,30	70,20	0,80	71,00	1,20	2,10	3,30	7,40	0,90	4,40	2,40	15,10	18,30	0,29	0,02	16,00
SIS 112(M)	0,70	11,96	9,51	1,23	9,82	32,50	5,83	1,84	8,60	1,80	57,10	0,00	29,75	3,30	33,10	1,70	1,00	2,80	0,60	1,20	3,40	1,80	7,10	9,80	0,78	0,23	53,00
SIS 112(B)	1,40	3,50	1,59	0,32	5,73	11,10	25,16	2,87	6,70	1,60	49,70	1,27	37,20	2,60	39,80	4,00	2,10	6,10	0,00	0,60	2,20	1,60	4,50	10,50	0,56	0,39	51,00
SIS 108(T)	0,00	0,63	0,31	0,00	0,31	1,30	2,20	1,26	83,60	2,20	91,50	0,63	3,80	0,00	3,80	2,10	2,00	4,10	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60	4,70	1,82	0,83	80,00
SIS 108(M)	0,70	2,29	0,98	0,65	6,54	10,50	14,71	8,17	50,70	2,60	87,30	0,33	6,54	0,40	6,90	4,30	1,60	5,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,90	0,96	0,36	84,00
SIS 108(B)	1,40	0,28	1,42	1,98	0,28	4,00	6,80	27,20	24,90	2,30	65,20	1,42	27,76	1,30	29,20	3,00	2,70	5,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	0,84	0,27	86,00
SAT 999 (T)	0,00	2,01	25,75	1,34	8,03	37,10	6,02	1,00	2,70	1,00	51,20	0,33	8,36	2,00	10,40	2,10	0,60	2,70	29,40	0,00	5,00	1,30	35,80	38,50	0,35	0,03	23,00
SAT 999 (M)	1,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,60	1,26	0,00	1,60	0,30	4,10	0,00	84,60	5,40	89,00	1,80	21,90	3,80	0,90	0,00	1,30	0,90	3,20	6,90	0,52	0,18	67,00
SAT 999 (B)	2,00	0,95	8,20	0,63	7,89	17,70	0,95	0,95	10,10	2,20	33,40	3,47	46,80	1,50	48,30	10,80	5,60	16,40	1,30	0,00	0,30	0,30	1,90	18,30	0,15	0,05	81,00



CAMPOS DE PALINOFÁCIES	CARACTERÍSTICAS DEPOSICIONAIS DA MATÉRIA ORGÂNICA
I	Bacia ou plataforma altamente proximal Alto suprimento de fitoclastos dilui todos os outros componentes.
II	Bacia marginal disóxica-anóxica MOA diluída pelo alto suprimento de fitoclastos, mas com moderada a boa preservação. Quantidade de COT marinho depende do estado redox da bacia.
III	Plataforma óxica heterolítica (plataforma proximal) Geralmente baixa taxa de preservação de MOA, abundância absoluta de fitoclastos depende da proximidade de fontes flúvio-deltaicas. Oxidação e retrabalhamento comuns.
IV	Transição plataforma-bacia Transição plataforma-bacia no tempo (e.g. aumento da subsidência/profundidade da lâmina d'água) ou espaço (talude). Abundância absoluta de fitoclastos depende da proximidade da fonte fluvial e do grau de redeposição. Quantidade de COT marinho depende do estado redox da bacia. IVa: disóxico. IVb: subóxico-anóxico.
V	Plataforma óxica dominada por lama ("plataforma distal") Baixa a moderada MOA (geralmente degradada). Palinomorfos abundantes. Margas de coloração clara, bioturbadas são comuns.
VI	Plataforma proximal subóxica-anóxica Boa taxa de preservação de MOA, bacia apresenta condições redutoras. Conteúdo absoluto de fitoclastos deve ser moderado a alto, devido ao input de turbiditos e/ou proximidade da fonte flúvio-deltaica.
VII	"Plataforma" distal disóxica-anóxica Moderada a boa taxa de preservação de MOA, baixo a moderado conteúdo de palinomorfos. Lamitos escuros bioturbados são comuns.
VIII	Plataforma distal disóxica-óxica MOA dominante, excelente taxa de preservação. Baixo a moderado conteúdo de palinomorfos. Folhelhos ricos em matéria orgânica são depositados sob condições de coluna d'água estratificada.
IX	Bacia distal subóxica-anóxica/Plataforma carbonática/Marinho Restrito MOA dominante. Baixo conteúdo de palinomorfos. Frequentemente rico em alginitas. Depósitos de águas profundas ou depósitos de condições de coluna d'água estratificada ou sedimentos de bacia faminta.

Figura 8: Diagrama ternário dos principais grupos da Matéria orgânica particulada, com divisões em campos de Palinofácies e seus respectivos ambientes deposicionais (Tyson, 1989; 1993 e 1995; Mendonça Filho *et al.*, 2011).

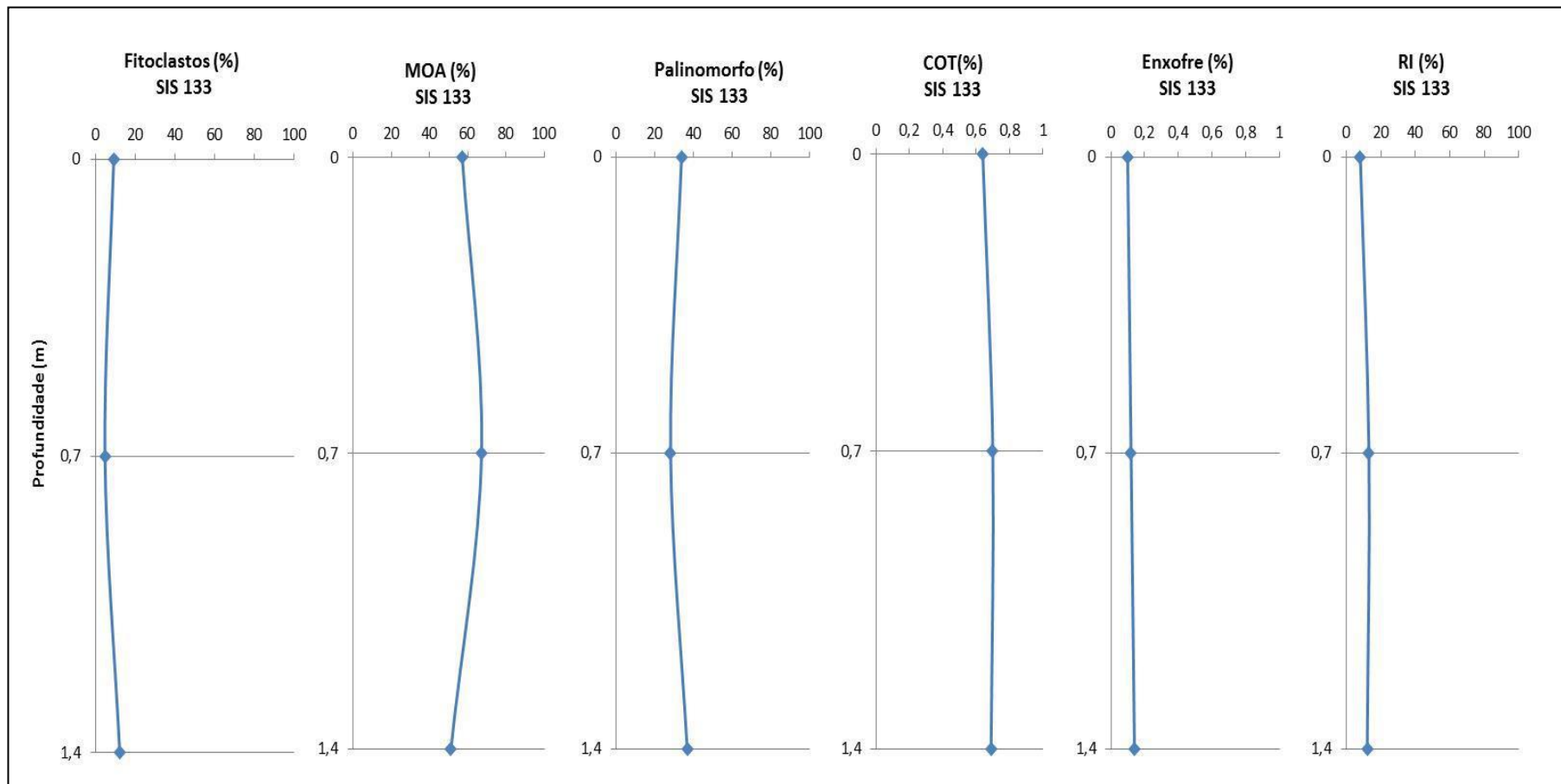


Figura 10: Diagrama binário com os valores percentuais dos principais grupos da matéria orgânica e COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SIS 133

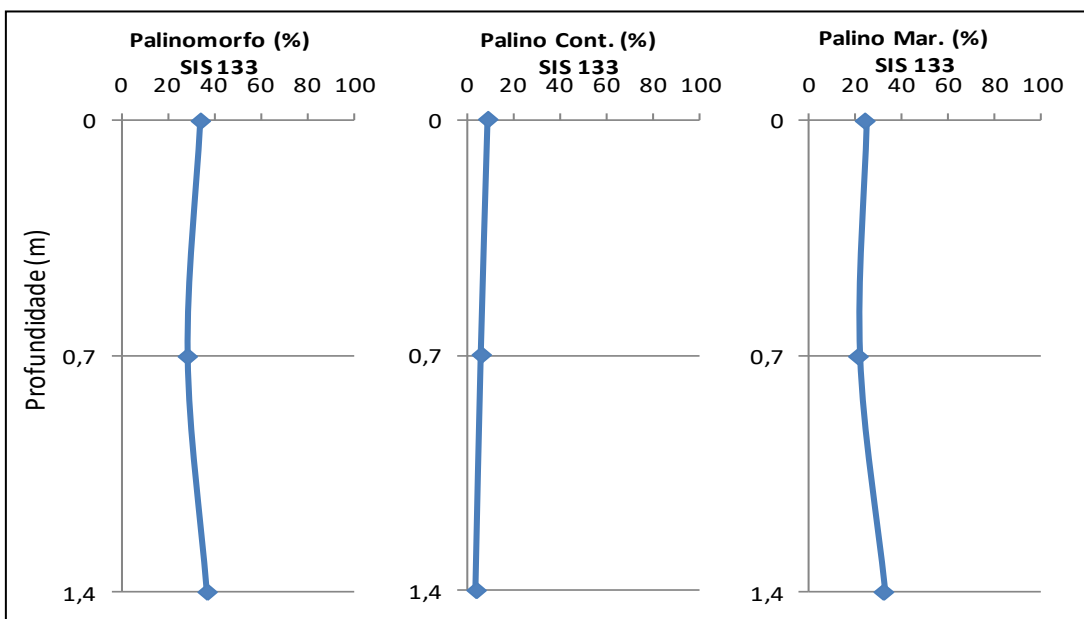


Figura 11: Diagrama binário dos subgrupos dos Palinomorfos (Palinomorfos Continentais e Palinomorfos Marinhos), em relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SIS 133

5.2 Análise Palinofaciológica do Testemunho ANP 1171 (proximal, lâmina d'água 1210m)

O grupo dos fitoclastos ocorre com valores percentuais entre 5,3% e 28,6%, representado pelo subgrupo dos fitoclastos opacos (2,8% - 13,8%) seguido do subgrupo dos fitoclastos não opacos (0,3- 10,3%). Foi registrada também a ocorrência de cutículas e membranas (Tabela 6; Figura 12; Estampa 1).

A Matéria Orgânica Amorfa (MOA) ocorre com maior percentual ao longo do testemunho (66,7 – 83%) e apresenta-se basicamente homogênea, sendo registradas também ocorrências de MOAs heterogêneas. Também foi observada a presença de resina (Tabela 6; Figura 12; Estampa 1).

Para o grupo dos palinomorfos foram encontrados valores percentuais entre (3,9 – 27,1%), apresentando baixas quantidades de palinomorfos continentais (basicamente esporomorfos) (0,9 – 2,9%) enquanto que os palinomorfos marinhos (compostos por palinoforaminífero, escolecodontes, ovos de copépoda e dinocistos) apresentam percentuais mais expressivos (1,9 – 24,2%) (Tabela 6; Figuras 12 e 13).

Os cistos de dinoflagelados ocorrem com baixo percentual (0,3 – 0,7%) sendo possível identificar alguns gêneros do período Quaternário, *Operculodinium centrocarpum* (ocorrência ampla, de nerítica interna a oceânica) e *Spiniferites ramosus*, *Impagidinium strialatum* (dinocisto de regiões oceânicas) (Tabela 6, Estampas 2 e 3).

Este ponto apresenta valores percentuais de COT variando de 0,48% a 1,08%. Os valores de S apresentam uma variação de 0,05% a 0,54%. E os valores de RI variam de 6% a 55% (tabela 6; figura 10).

De acordo com o diagrama ternário (figura 8), as amostras ANP 1171 (M) e ANP 1171 (T) pertencem ao campo VIII, representando uma plataforma distal disóxica-óxica. A amostra ANP 1171 (B) encontra-se no campo IX de painofácies, indicando Bacia distal subóxica-anóxica/ Plataforma Carbonática/ Marinho Restrito.

As três amostras apresentam características de um ambiente plataformal, e juntamente com as informações de RI (tabela 6), onde a amostra de base apresenta o maior percentual (55%) apresentando uma margem de teor mais intermediário (carbonático/siliciclástica) e os demais menores que 25%, sendo um caráter mais carbonático. Pode-se inferir que esse testemunho também pode representar um ambiente plataformal carbonático, sendo a parte mais basal mostrando uma transição silico-carbonática.

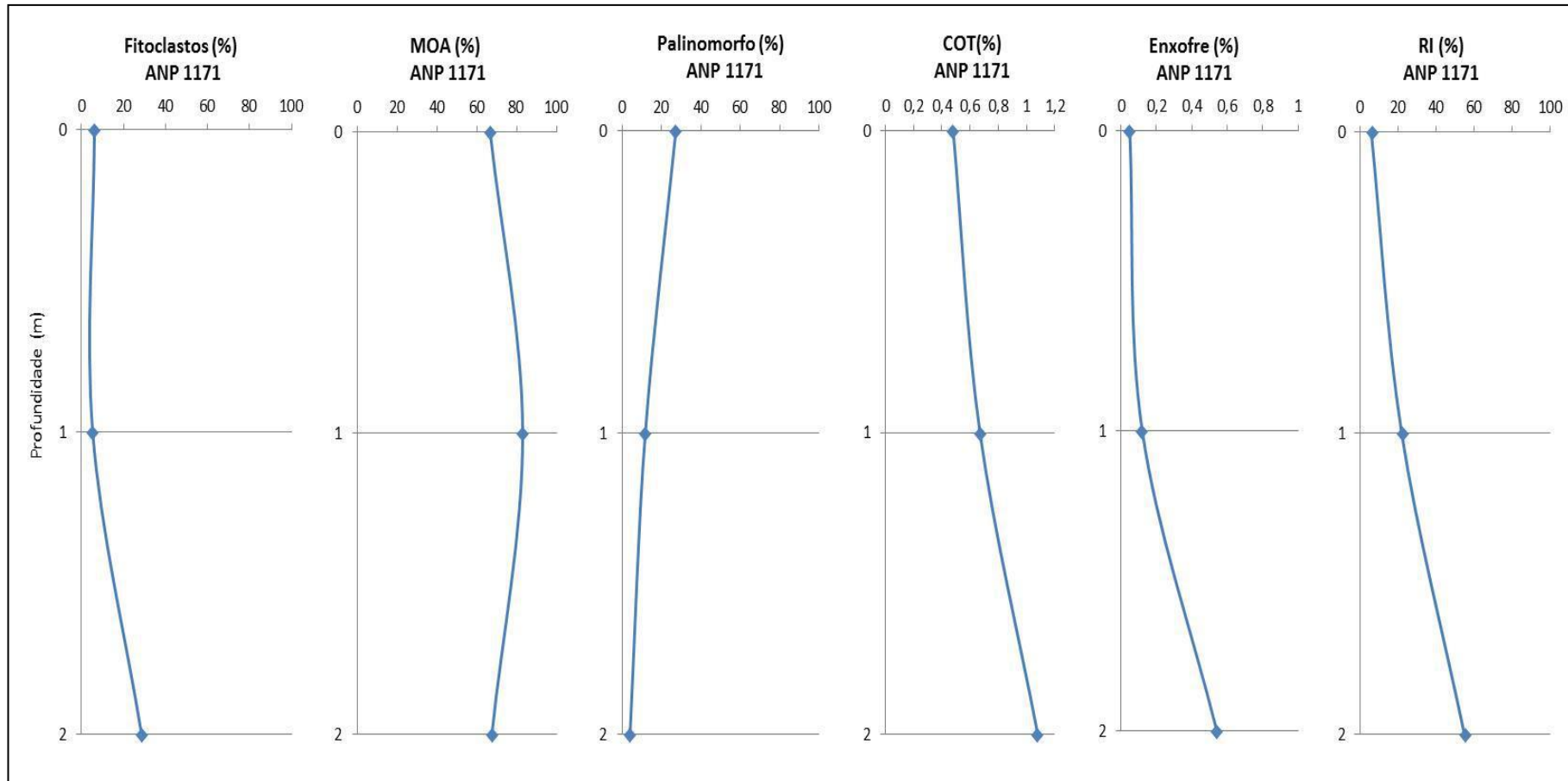


Figura 12: Diagrama binário com os valores percentuais dos principais grupos da matéria orgânica e COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho ANP 1171

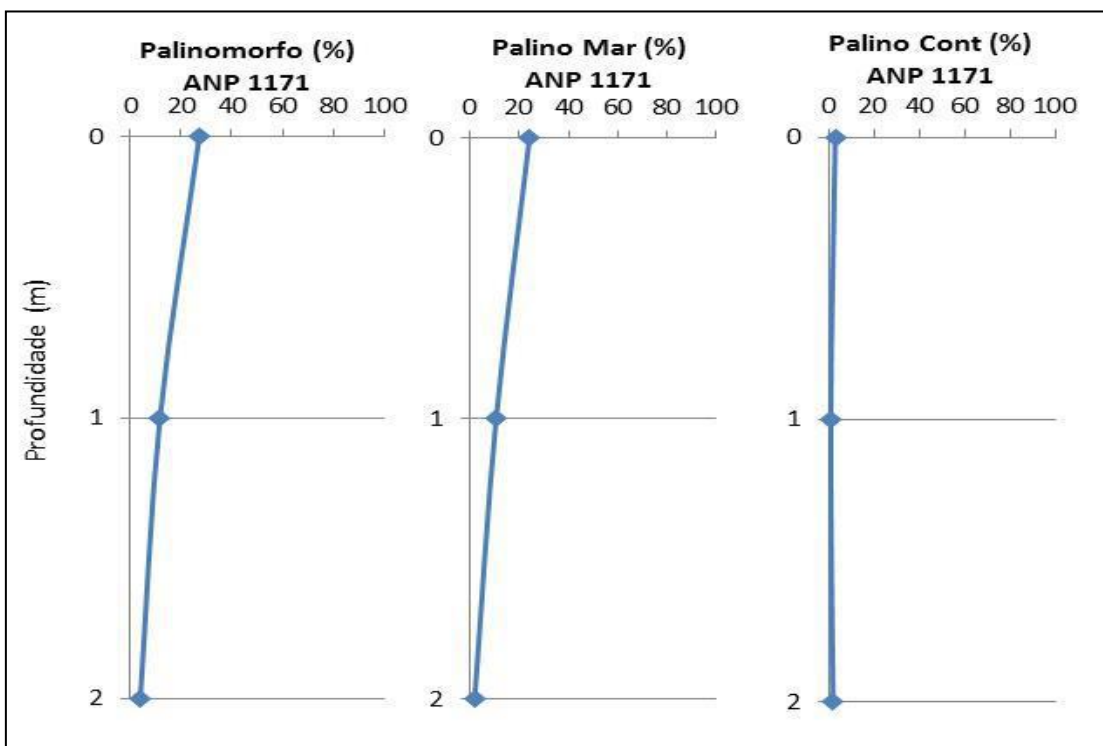


Figura 13: Diagrama binário dos subgrupos dos Palinomorfos (Palinomorfos Continentais e Palinomorfos Marinhos), em relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho ANP 1171

5.3 Análise Palinofaciológica do Testemunho SBY 1512 (intermediário; lâmina d'água 1195m)

Os componentes do grupo fitoclasto possuem valores percentuais variando entre 9,3% e 11,9%, representado pelo subgrupo dos fitoclastos opacos (3,1 – 4,8%), seguidos dos fitoclastos não opacos (0,6 – 2,4%), foi registrado também a ocorrência de cutículas e membranas (Tabela 6; Figura 14; Estampa 1).

A Matéria Orgânica Amorfa (MOA) predomina com o maior percentual ao longo do testemunho (68,7 - 77,4%) e apresenta-se basicamente homogênea, sendo registrada também a ocorrência de MOA heterogênea. Também foi observada ocorrência de Resina (Tabela 6; Figura 14; Estampa 1).

Para o grupo dos palinomorfos, os valores percentuais totais variam entre (13,3 – 19,4%), com baixos percentuais de palinomorfos continentais (basicamente esporomorfos) (1,8 – 0,8%) em relação aos marinhos (palinoforaminífero, escolecodontes, ovos de copépoda e dinocistos) (11,4 – 17,9%) (Tabela 6; Figuras 14 e 15).

Os dinocistos apresentam-se com valores percentuais de 0,6%, nos três setores do testemunho. Foi possível identificar alguns gêneros de dinocistos do período

Quaternário; *Operculodinium centrocarpum* (M,N) (ocorrência ampla, de nerítica interna a oceânica) e *Spiniferites ramosus* (O,P) (Tabela 6, Estampas 2 e 3).

Este ponto apresenta valores percentuais de COT variando de 0,51% a 0,79%. Os valores de S apresentam uma variação de 0,1% a 0,24%. E os valores de RI variam de 12% a 26% (tabela 6; figura 14).

As três amostras do testemunho SBY 1512 localizaram-se no campo VIII do diagrama ternário (figura 8) representando uma plataforma distal disóxica-óxica. Ocorrem quantidades altas de MOA e quantidades moderadas de palinomorfos condizendo com as características deposicionais proposta por Tyson (1995).

Nota-se que tal testemunho apresenta características de ambiente plataformal, e juntamente com as informações do RI (tabela 6), onde apresenta valores para amostras de topo, meio e base respectivamente, 12%, 14% e 26 %, apresentando um caráter mais carbonático nas três porções, indicando que tais amostras podem pertencer a uma plataforma carbonática.

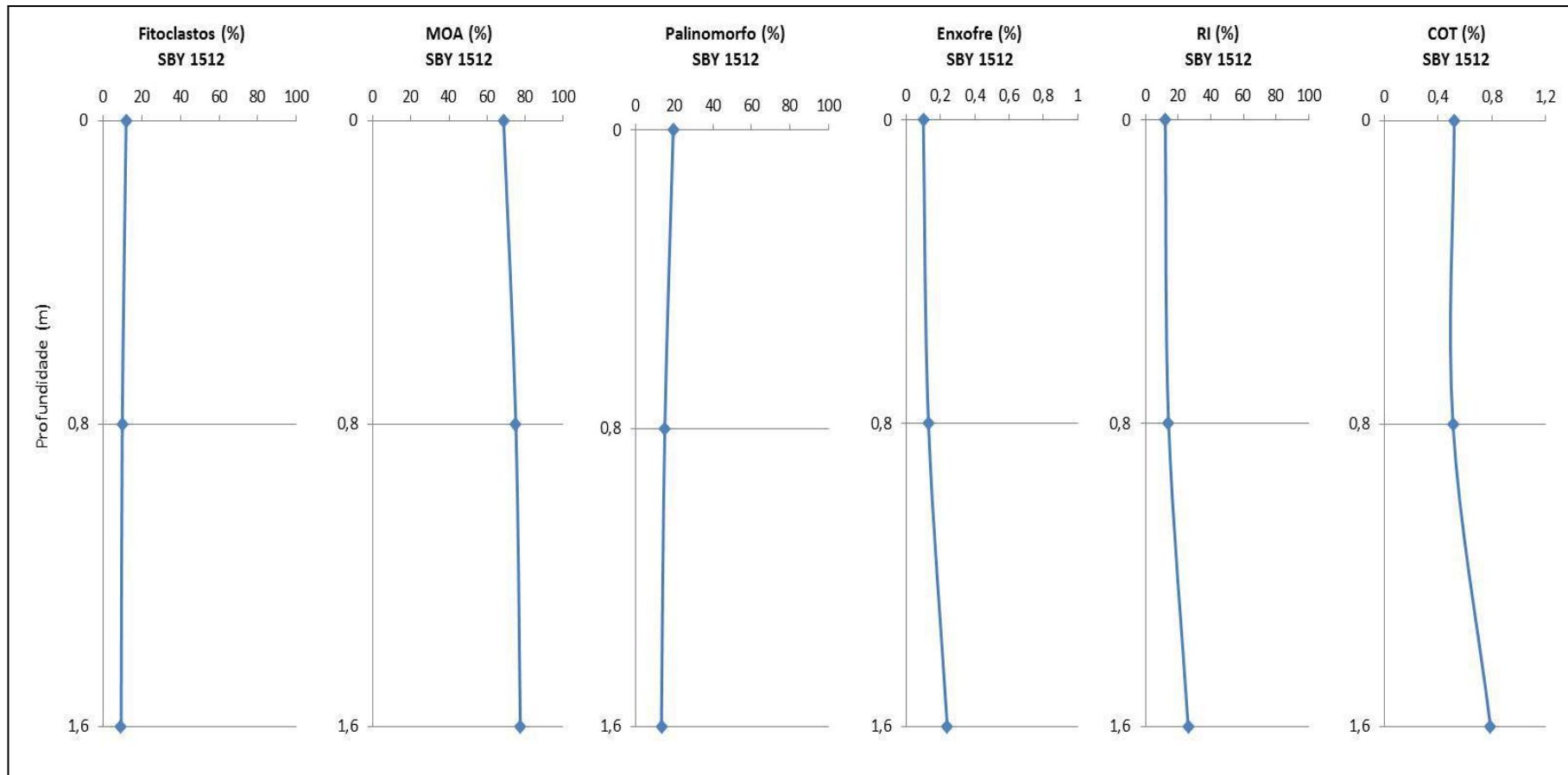


Figura 14: Diagrama binário com os valores percentuais dos principais grupos da matéria orgânica e COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SBY 1512

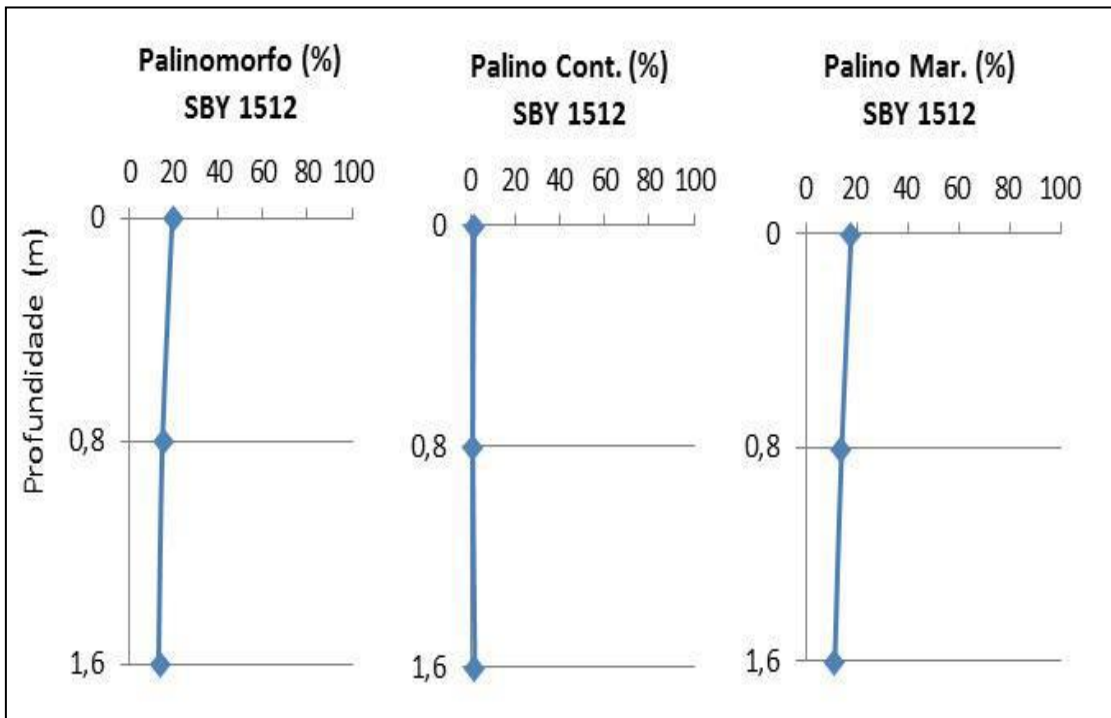


Figura 15: Diagrama binário dos subgrupos dos Palinomorfos (Palinomorfos Continentais e Palinomorfos Marinhos), em relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SBY 1512

5.4 Análise Palinofaciológica do Testemunho SBY 1514 (intermediário; lâmina d'água 615m)

Os valores percentuais do grupo dos fitoclastos variam entre 6,2% e 54,4% e está representado pelo subgrupo dos fitoclastos não opacos (0,3 – 25%) seguido dos fitoclastos opacos (1,4 – 13,8%). Foi registrado ocorrência de cutículas e membranas (Tabela 6; Figura 16; Estampa 1).

A Matéria Orgânica Amorfa (MOA) ocorre com o maior percentual ao longo do testemunho (43,1 – 85,5%) e apresenta-se basicamente homogênea. Também foi observada ocorrências de Resina (Tabela 6; Figura 16; Estampa 1).

Os valores percentuais totais de palinomorfos variam entre 2,5% e 20,9%, apresentando baixos percentuais de palinomorfos continentais (esporomorfos) (1,2 – 2,4%) enquanto que os marinhos (compostos por palinoforaminífero, escolocodontes, ovos de copépoda e dinocistos) ocorrem com percentuais mais expressivos (0,3 – 18,5%) (Tabela 6; Figuras 16 e 17).

Os cistos de dinoflagelados apresentam-se com baixos percentuais (0 – 0,3%) com e sem fluorescência. Foi possível identificar uma espécie, do período Neógeno, *Spiniferites splendidus* na amostra da base, e nas demais porções, ocorrem cistos do período Quaternário, sendo basicamente os *Spiniferites sp.* (Tabela 6, Estampas 2 e 3).

Este ponto apresenta valores percentuais de COT variando de 0,56% a 1,07%. Os valores de S apresentam uma variação de 0,12% a 0,24%. E os valores de RI variam de 12% a 27% (tabela 6; figura 16).

A amostra SBY 1514(T) localiza-se no campo VIII do diagrama ternário (figura 8) representando uma plataforma distal disóxica-óxica, apresentando alta quantidade de MOA, com boa taxa de preservação, e quantidades moderadas de palinormorfos. E a amostra SBY 1514 (M) abrange o campo IX, indicando Bacia distal subóxica-anóxica/ Plataforma Carbonática/ Marinho Restrito, com alta quantidade de MOA e baixo percentual de palinormorfos, condizendo com as características deposicionais proposta por Tyson (1995). Já a amostra de base do SBY 1514 atingiu o campo VI, indicando um ambiente plataformal subóxico-anóxico o que pode sugerir existências de cânions carregando o material terrestre por influência de correntes de turbidez devido às altas concentrações de fitoclastos opacos, perfurados, cutículas, provavelmente influenciados pelos principais rios da região, como os Rios Jaguaribe e Icaraú.

De acordo com as informações obtidas no gráfico da figura 8, é observado que as três amostras apresentam feições plataformais e, com base nos valores percentuais de RI, onde as amostras de topo, meio e base, apresentam respectivamente 26%, 12% e 27%, pode-se sugerir que tal testemunho pode pertencer a uma plataforma carbonática.

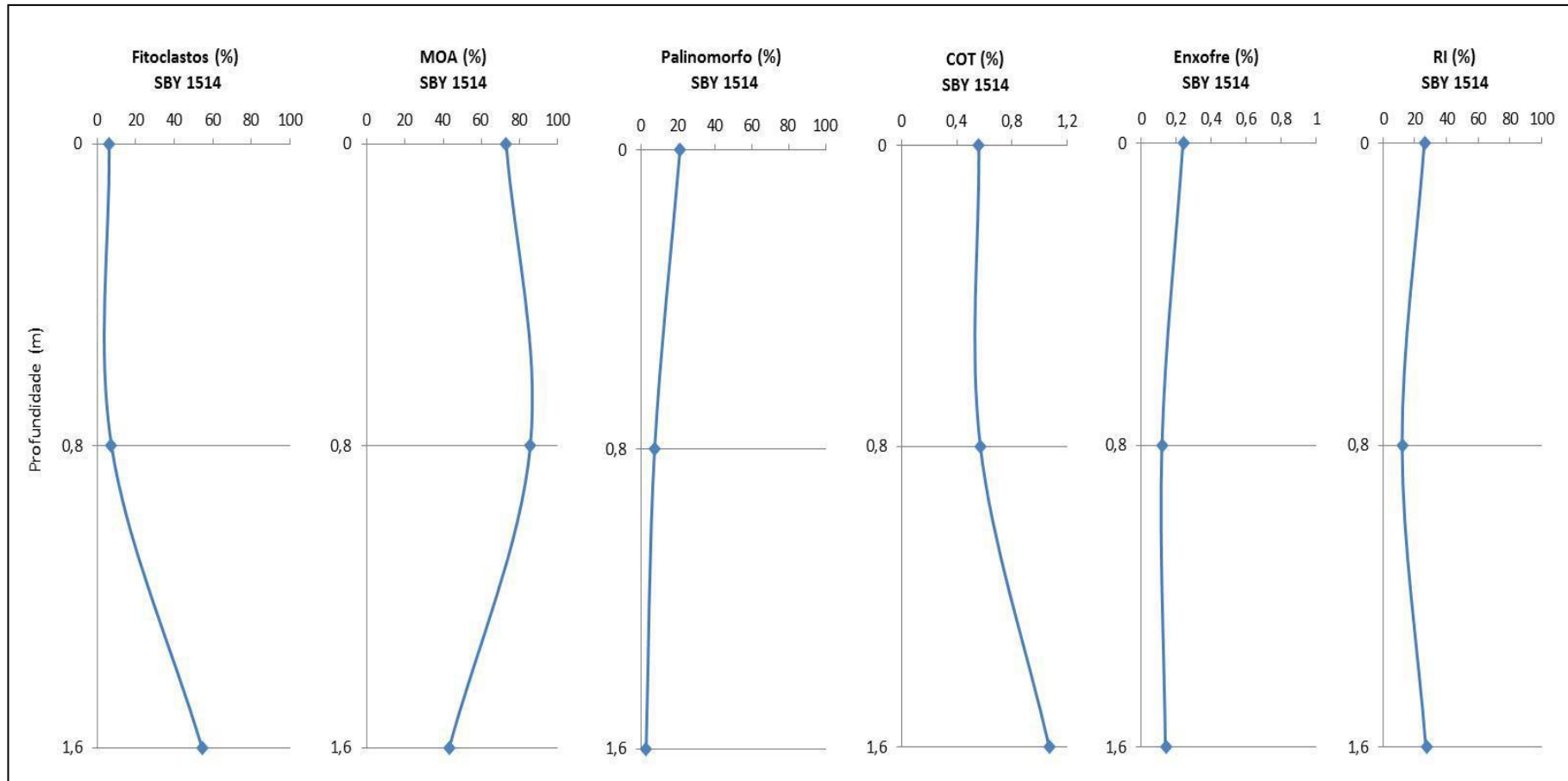


Figura 16: Diagrama binário com os valores percentuais dos principais grupos da matéria orgânica e COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SBY 1514

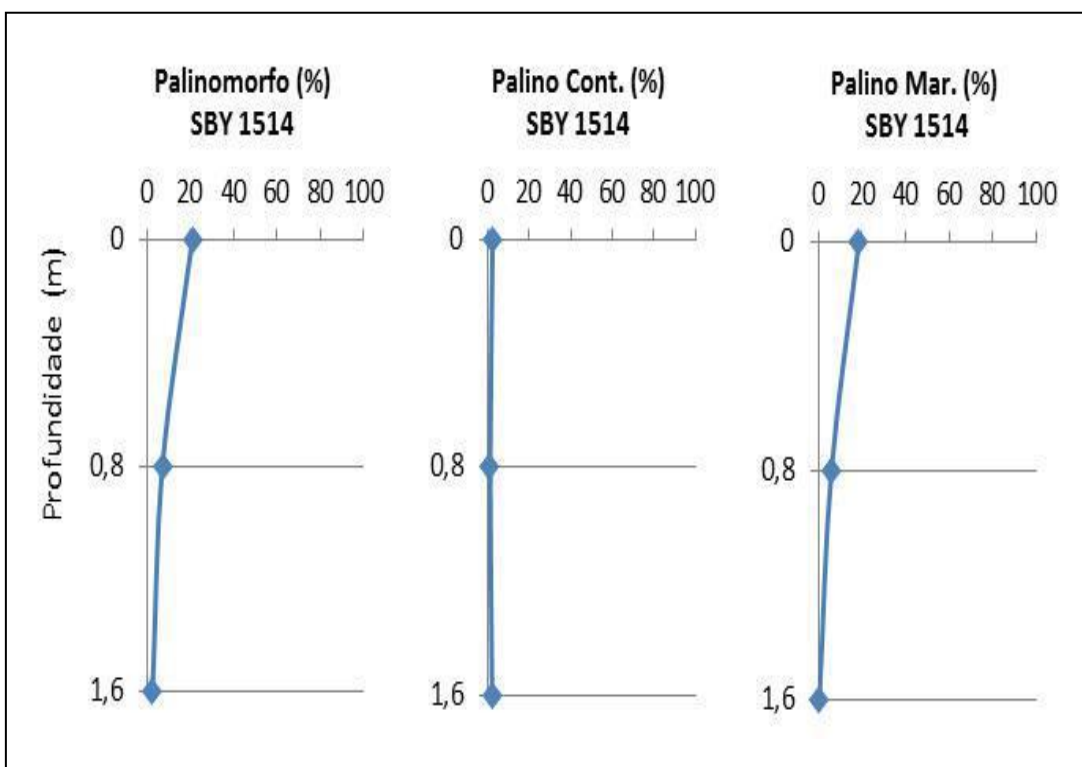


Figura 17: Diagrama binário dos subgrupos dos Palinomorfos (Palinomorfos Continentais e Palinomorfos Marinhos), em relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SBY 1514.

5.5 Análise Palinofaciológica do Testemunho SIS 112 (distal; lâmina d'água 1860m) (tabela 6; figura 8)

Os componentes do grupo do fitoclasto ocorrem com valores percentuais variando de 10,7% a 57,1% e está representado pelo subgrupo dos fitoclastos opacos (3,8 – 32,5%), seguido dos fitoclastos não opacos (3,8 – 30,3%). Também foi registrado a ocorrência de cutículas e membranas (Tabela 6; Figura 18; Estampa 1).

A Matéria Orgânica Amorfa (MOA) apresenta valores percentuais variando entre 33,1% e 71,0% e apresenta-se basicamente homogênea, e apresenta maior ocorrência na amostra de topo. Também foi observada ocorrências de resina (Tabela 6; Figura 18; Estampa 1).

Para o grupo do palinomorfo, foram encontrados valores percentuais totais variando entre 9,8% e 18,3%, apresentando baixas quantidades de palinomorfos continentais (esporomorfos) (2,8 - 6,1%) enquanto que os marinhos (compostos por palinoforaminífero, escolocodontes, ovos de copépoda e dinocistos) apresentam percentuais mais expressivos (4,5 – 15,1%) (Tabela 6; Figuras 18 e 19).

Os dinocistos apresentam valores percentuais variando entre 0% e 7,4%, com maiores ocorrências na amostra de topo. Analogamente ao testemunho SBY 1514 (anterior), apresenta cistos de dinoflagelados do período Neógeno, *Spiniferites splendidos* na amostra da base, e nas demais porções, ocorrem cistos do período Quaternário, sendo basicamente os *Spiniferites sp.* (Tabela 6, Estampas 2 e 3).

Este testemunho apresenta valores percentuais de COT variando de 0,78% a 0,29%. Os valores de S apresentam uma variação de 0,39% a 0,02%. E os valores de RI variam de 53% a 16% (tabela 6; figura 18).

A amostra de topo atingiu o campo VIII do diagrama ternário (figura 8), representando uma plataforma distal disóxica-óxica, apresentando quantidades significativas de MOA e moderada quantidades de palinomorfos, (concordando com as descrições de Tyson para este campo). As amostras de meio e base do testemunho SIS 112, encontram-se no campo IV, transição plataforma bacia, estando a amostra do meio no campo IVa com um caráter mais disóxico e a da base contido no campo IVb, subóxico-anóxico, ambas apresentando abundância de fitoclastos, condizendo com as características descritas para esse campo. De acordo com o que foi analisado no diagrama, pode-se sugerir que esse ponto apresenta uma transição, da base ao meio, de um ambiente subóxico-anóxico para um caráter mais disóxico.

De acordo com as características do gráfico da figura 8, e tomando como base os valores percentuais de RI (tabela 6), onde as amostras de topo, meio e base, apresentam respectivamente 16%, 53% e 51%, pode-se sugerir uma transição de uma bacia silico-carbonática para um ambiente mais plataformal carbonático.

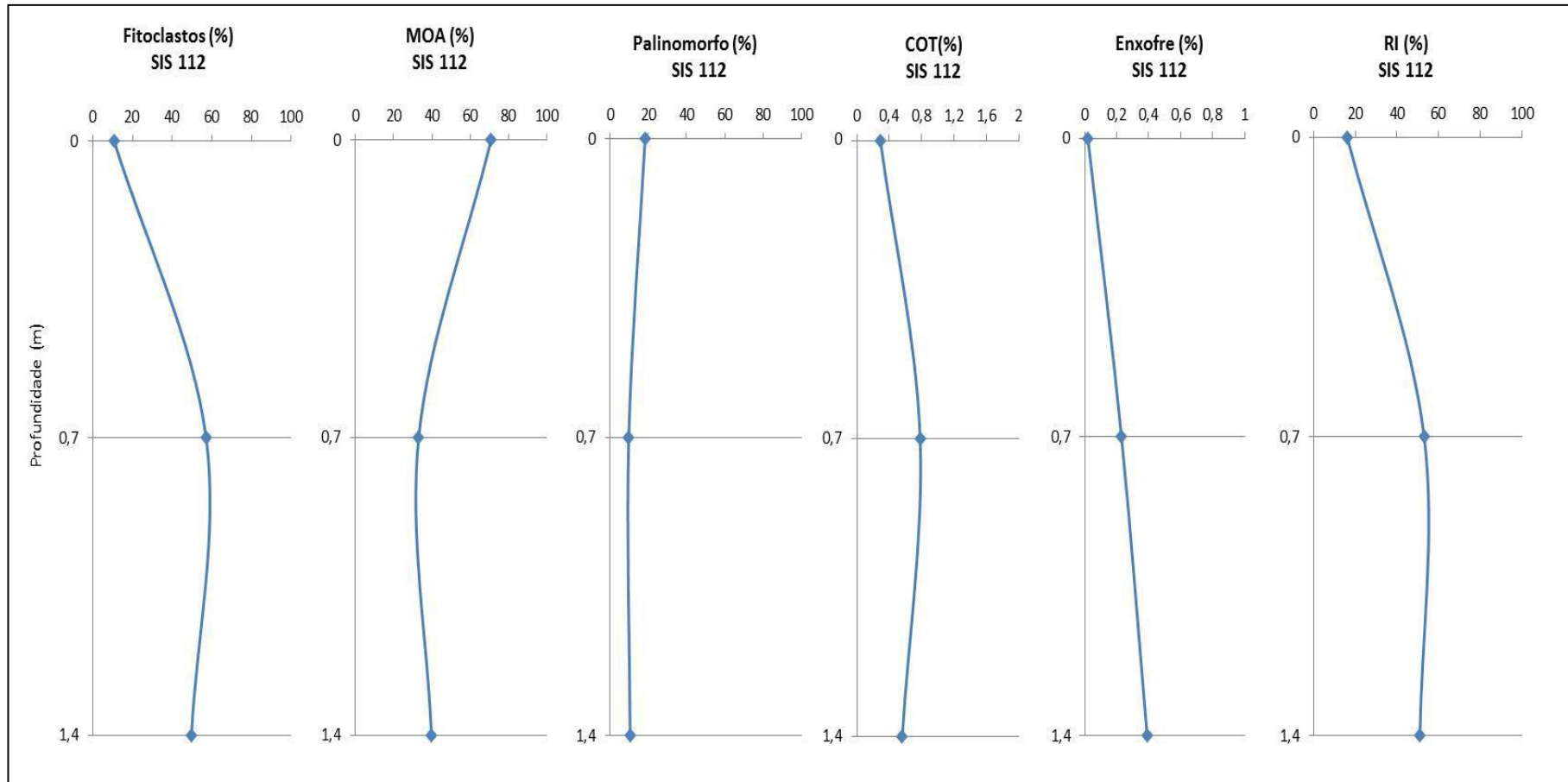


Figura 18: Diagrama binário com os valores percentuais dos principais grupos da matéria orgânica e COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SIS 112

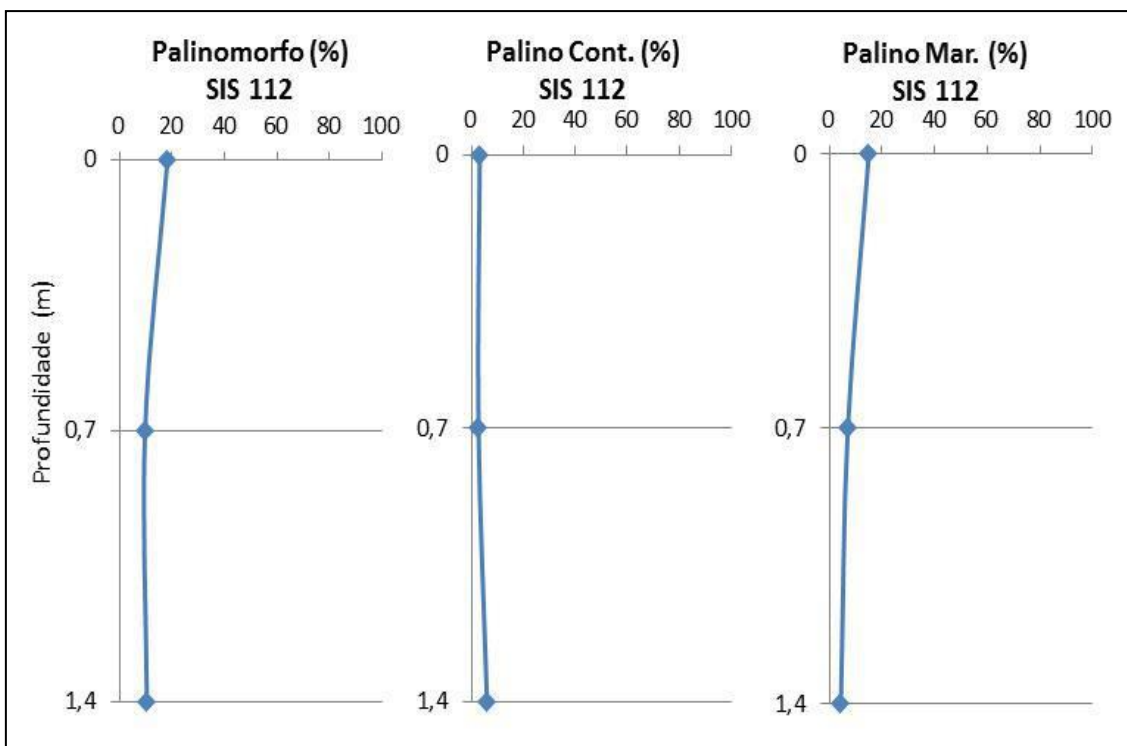


Figura 19: Diagrama binário dos subgrupos dos Palinomorfos (Palinomorfos Continentais e Palinomorfos Marinhos), em relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SIS 112

5.6 Análise Palinofaciológica do Testemunho SIS 108 (distal; lâmina d'água 2350m) (tabela 6; figura 8)

O grupo fitoclasto apresenta valores percentuais variando entre 65,2% e 91,5% e está representado basicamente por cutículas, de coloração marrom clara com estômatos visíveis apresentando forte fluorescência e com percentuais variando entre 24,9% e 83,9%. Ocorrem também os subgrupos dos fitoclastos não opacos (4,4 – 34,0%) e fitoclastos opacos (1,3 – 10,5%). Foi registrado a ocorrência de membranas (Tabela 6; Figura 20; Estampa 1).

A Matéria Orgânica Amorfa (MOA) ocorre com valores percentuais variando entre 3,8% e 29,2% e apresentando-se basicamente homogênea com maior ocorrência na amostra de base. Também foi registrado ocorrências de Resina (Tabela 6; Figura 20; Estampa 1).

O grupo dos palinomorfos apresentou-se basicamente de origens terrígenas, sendo encontrados valores percentuais totais de 5,9% a 4,7%, apresentando quantidades de palinomorfos continentais (5,9 – 4,1%) enquanto que os marinhos (0 – 0,6%) apresentam percentuais mais baixos. (Tabela 6; Figuras 20 e 21).

Os palinomorfos estão representados basicamente por esporomorfos, sendo eles: grãos polén e esporos. Ambas exibindo uma coloração branca, e na maioria das vezes quase translúcidas sob a luz branca transmitida e sob fluorescência apresenta uma cor esverdeada, onde os esporos apresentam sua marca trilete bem marcada (Tabela 6; Estampa 2).

O testemunho SIS 108 não apresenta registros de dinocistos. Devido a alta concentração de fitoclastos (caráter mais proximal) sugere um ambiente de alta energia, o que pode explicar a ausência de dinocistos nessa deposição.

Este ponto apresenta valores percentuais de COT variando de 0,84% a 1,82%. Os valores de S apresentam uma variação de 0,27% a 0,83%. E os valores de RI variam de 86% a 80% (tabela 6; figura 20).

Todas as amostras do testemunho SIS 108 abrangeram o campo II no gráfico da figura 8, que se refere à bacia marginal disóxica- anóxica, apresentando abundância absoluta de fitoclastos, mais especificamente cutículas, que é um material típico de margem, fato esse que reforça a ideia de influências fluviais, visto que são sedimentos continentais em um ponto distal com relação à margem, os quais provavelmente foram carregados através de cânions submarinos devido à presença de correntes de turbidez.

O testemunho SIS 108 também apresenta os maiores valores percentuais de carbono (C), o que pode ser explicado devido aos altos valores encontrados de fitoclastos. Além disso, apresenta os maiores valores percentuais de RI (superiores a 80% nas três porções) (tabela 6), o que difere dos anteriormente citados, por não apresentar características de um ambiente plataformal carbonático.

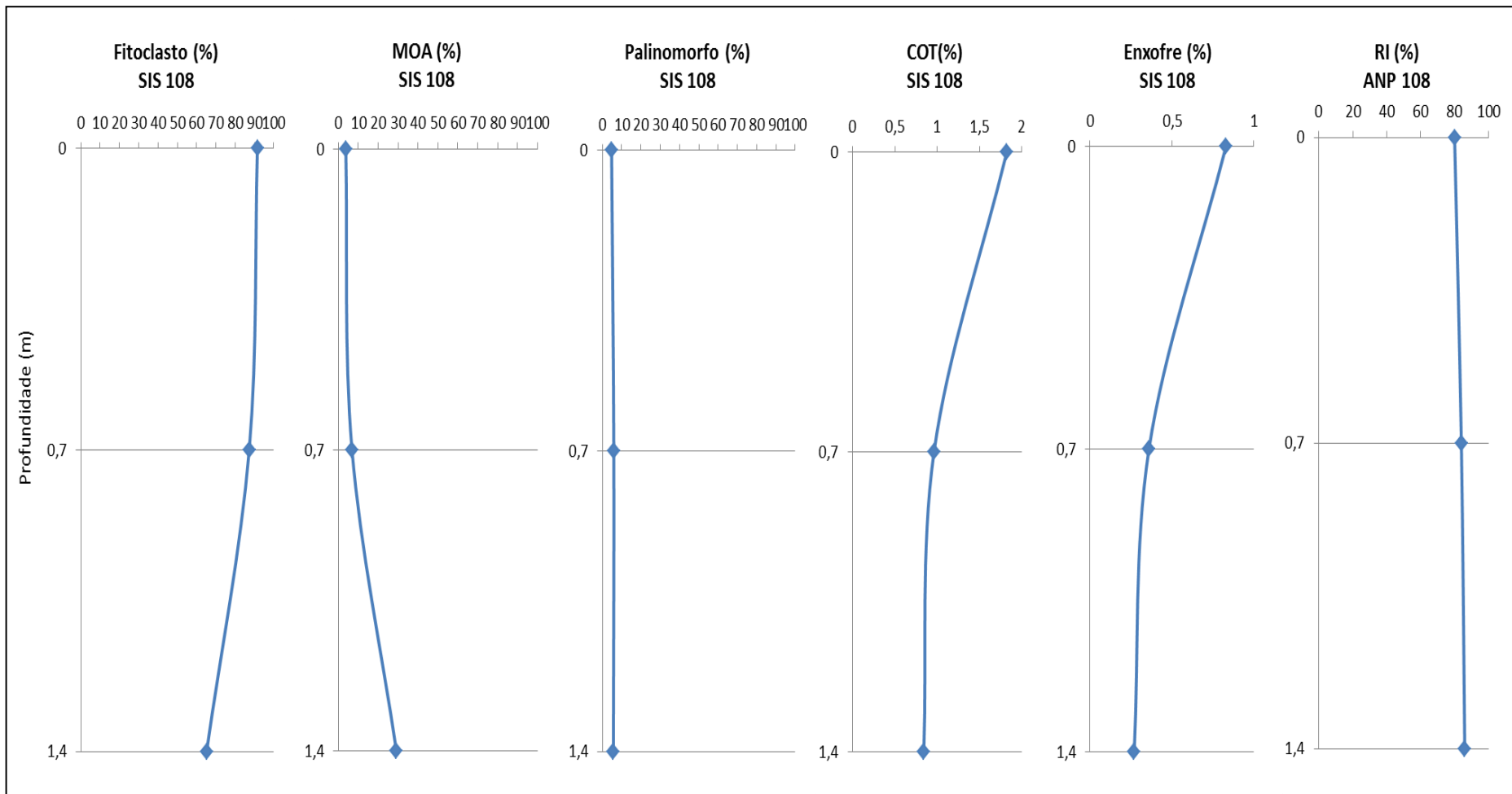


Figura 20: Diagrama binário com os valores percentuais dos principais grupos da matéria orgânica e COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SIS 108

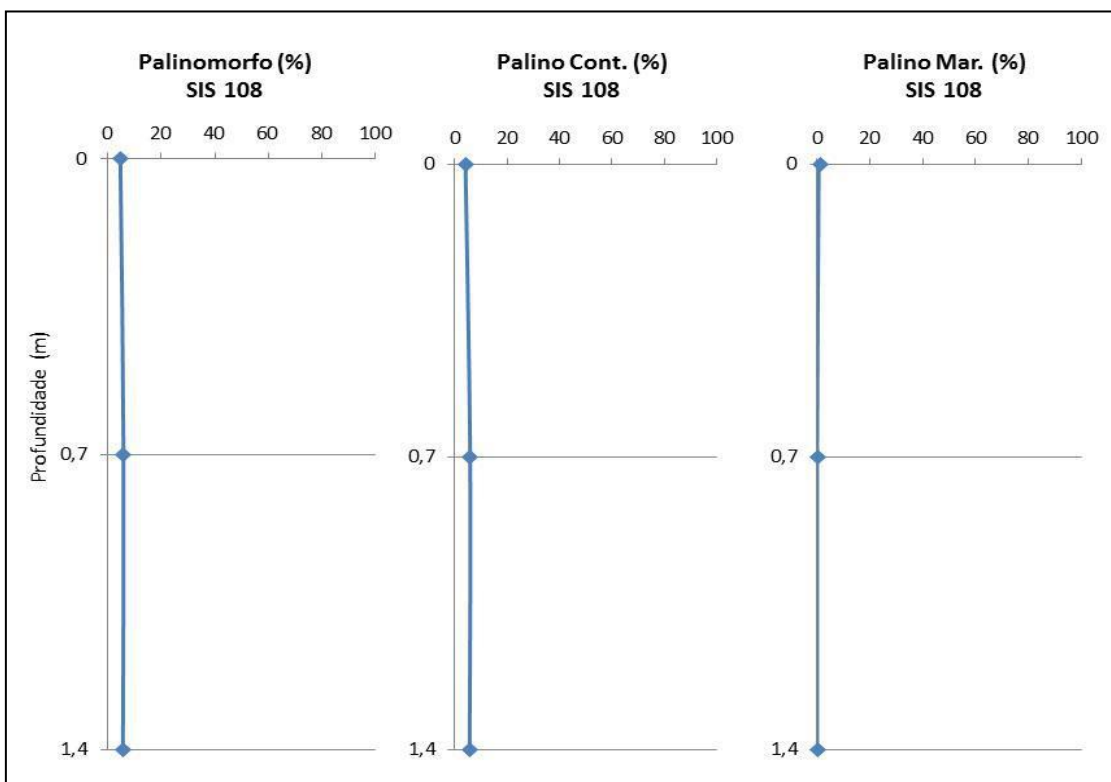


Figura 21: Diagrama binário dos subgrupos dos Palinomorfos (Palinomorfos Continentais e Palinomorfos Marinhos), em relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SIS 108

5.7 Análise Palinofaciológica do Testemunho SAT 999 (distal; lâmina d'água 2630m) (tabela 6; figura 8)

O valor percentual do grupo dos fitoclastos apresenta valores percentuais variando entre 4,1% e 51,2% e está representado pelo subgrupo dos fitoclastos opacos (0,6 – 37,1%) pelo subgrupo dos fitoclastos não opacos (1,6 – 10,4%). Também foi registrado a ocorrência de cutículas e membranas (Tabela 6; Figura 22; Estampa 1).

A Matéria Orgânica Amorfa (MOA) ocorre com o maior percentual ao longo do testemunho (10,4 – 89,0%) apresentando-se basicamente homogênea com maiores ocorrências nas amostras de topo e base. Também foi observada ocorrências de Resina (Tabela 6; Figura 22; Estampa 1).

Os componentes do grupo dos palinórfos ocorrem com valores percentuais variando entre 6,9% e 38,5%, apresentando baixos percentuais de palinórfos continentais (esporórfos) (2,7 - 16,4%) enquanto que os marinhos (compostos por palinórfos foraminífero, escolocodontes, ovos de copépoda e dinocistos) apresentam percentuais mais expressivos (1,9 – 35,8%) (Tabela 6; Figuras 22 e 23).

Os dinocistos ocorrem com percentuais entre 0,9% a 29,4% com maior ocorrência na amostra de topo, apresentando forte fluorescência e ocorrendo também

dinocistos heterotróficos. Foi possível identificar alguns dinocistos do período Neógeno, como a *Areoligera* e *Wetzeliellasya métrica*, com ocorrências nas amostras de meio e base e também do período Quaternário, que foram os *Nematosphaeropsis labyrinthus*, *Operculodinium israelianum* e *Spiniferites* sp, *Pentapharsodinium* sp. (Tabela 6, Estampas 2 e 3).

Foi observado também ocorrência de algas de água doce do gênero *Botryococcus* na amostra de base que, juntamente com outros materiais de origem terrestre, tais como esporomorfos, fitoclastos não opacos bioestruturados perfurados e opacos os quais apresentam maiores graus de fluutuabilidade.

De acordo com Tyson (1993), a ocorrência de *Botryococcus* em sedimentos marinhos pode ser interpretada como indicadora da proximidade relativa das áreas fonte flúvio-deltaicas e redeposição a partir dessas áreas, eles aumentam sua flutuação, sendo transportadas de áreas deltaicas para plataformas, onde são componentes minoritários de assembleias de componentes de matéria orgânica.

Para o testemunho SAT 999, a amostra de topo apresentou características de um ambiente plataformal óxico heterolítico, onde a abundância de fitoclastos depende de proximidades de fontes flúvio-deltaicas, também reforçando a hipótese sugerida anteriormente, referente a influências fluviais. Além disso, esse poço é o mais distal dentre os estudados e apresenta a maior concentração de fitoclastos, sendo essencialmente dos tipos opacos e os bioestruturados perfurados, apresentando alta capacidade de fluutuabilidade, permitindo que sejam depositados em locais mais distais. Com base em tais resultados e baseado na teoria de Tyson (1995), pode-se reforçar a hipótese de ocorrências de cânions submarinos possibilitando o transporte desses fitoclastos para zonas mais distais. Nessa amostra também ocorre dinocistos tanto do Neógeno quanto do Quaternário, que são indicativos de ambiente marinho profundo.

A amostra de meio do SAT 999 abrange o campo IX de painofácies, indicando Bacia distal subóxica-anóxica/ Plataforma Carbonática/ Marinho Restrito (figura 8). Já a amostra de base SAT 999 encontra-se no campo VII de palinofácies que se refere a um ambiente plataformal disóxico- anóxico. Ambas apresentam características plataformais, além dos valores de RI (tabela 6) dessas amostras em questão, com valores percentuais maiores que 55%, o que indica um caráter mais siliciclástico. Enquanto que a amostra de topo do SAT 999 (testemunho mais distal) apresenta materiais terrestres e de alta fluutuabilidade, reforçando a hipótese de influências fluviais.

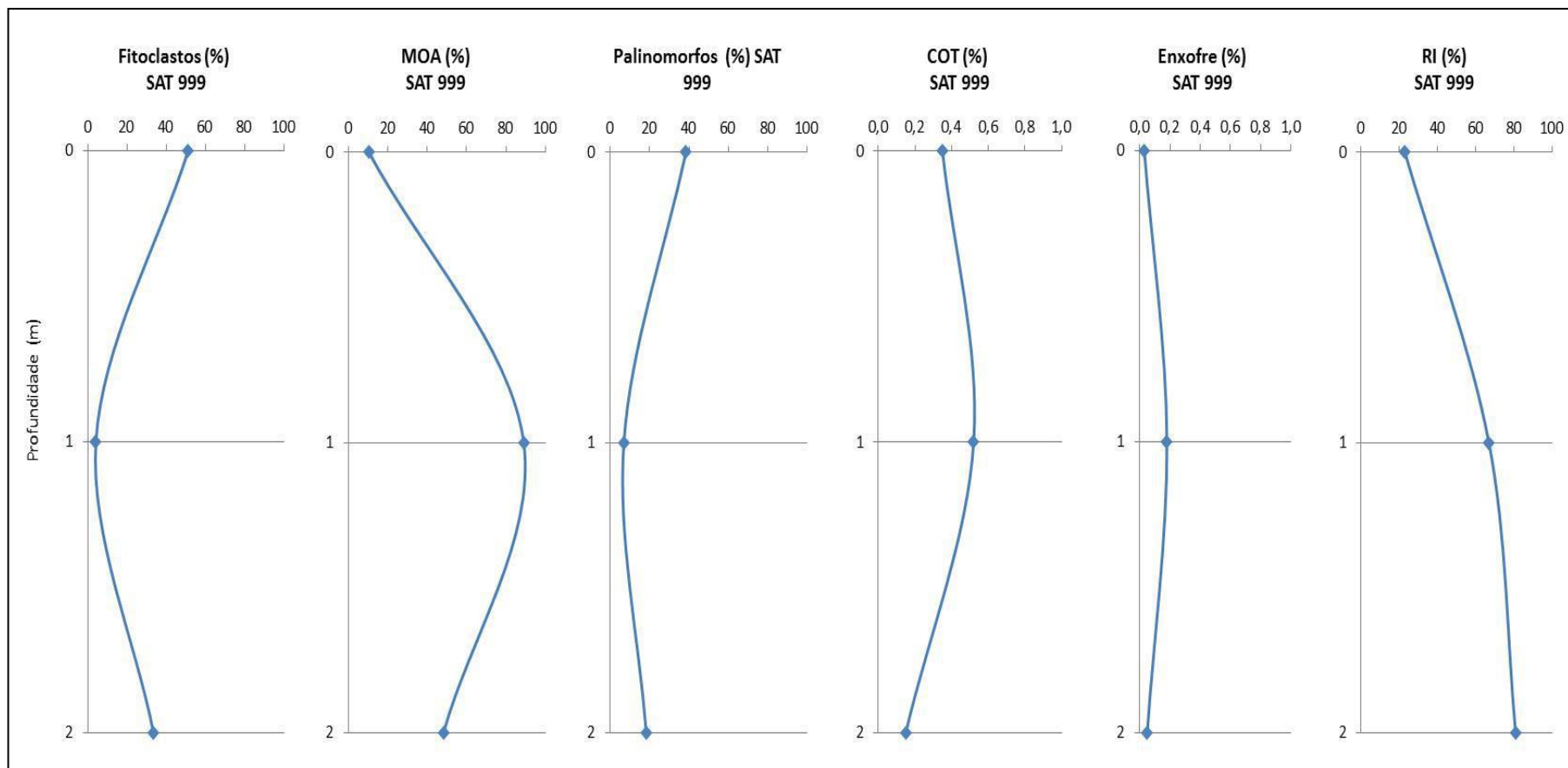


Figura 22: Diagrama binário com os valores percentuais dos principais grupos da matéria orgânica e COT, Enxofre e RI de acordo com a profundidade – Testemunho SAT 999

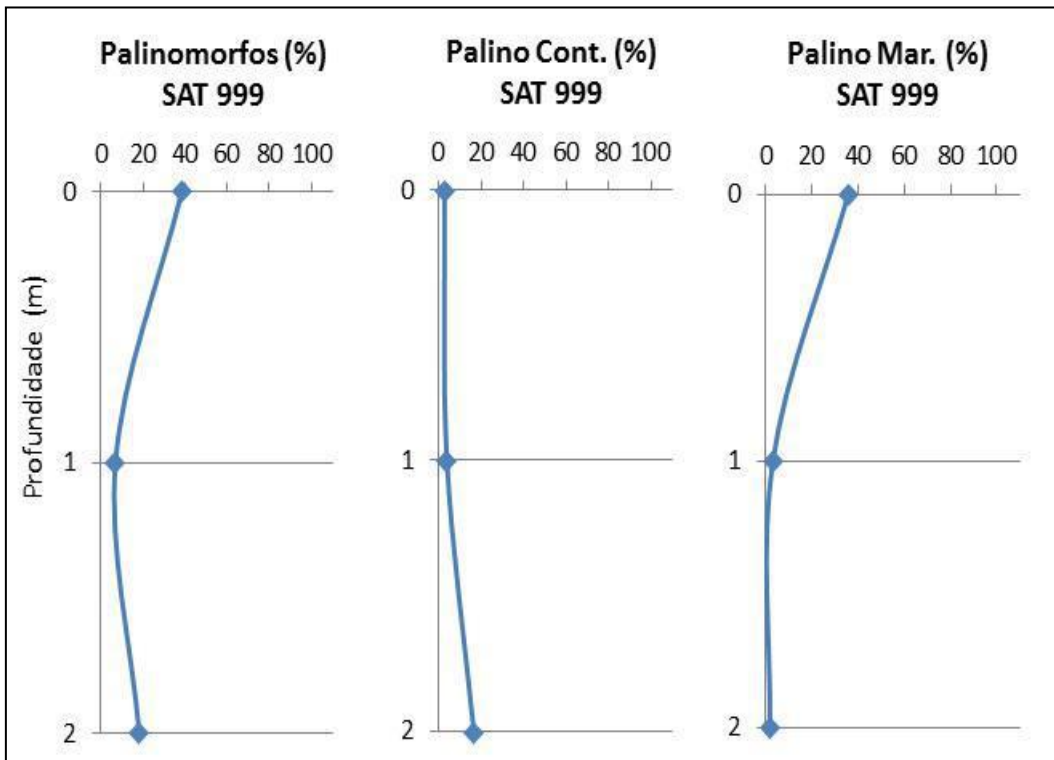


Figura 23: Diagrama binário dos subgrupos dos Palinomorfos (Palinomorfos Continentais e Palinomorfos Marinhos), em relação ao total de Matéria Orgânica - Testemunho SAT 999

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Palinofácies

Embora os testemunhos estejam distantes entre si, foi observado semelhanças nas características da matéria orgânica encontrada, mostrando algumas variações de tendências quanto aos valores percentuais de cada grupo ao longo da área estudada.

Com a análise dos valores percentuais de fitoclastos, foi visto que este grupo marca presença em todas as amostras, onde os tipos mais comuns foram do subgrupo opaco e dos não opacos, sendo os do tipo bioestruturados perfurados e estriados os mais comumente encontrados. Comparando com o esquema da figura 1, para uma melhor compreensão da relação distal-proximal destes tipos, nota-se que tais tipos de fitoclastos dão uma ideia mais distal, devido ao alto grau de flutuabilidade dos mesmos. O testemunho SIS 108 apresentou quase que totalmente composto por cutículas, que tem uma relação mais proximal, comparado aos demais encontrados nas outras amostras.

Também se notam duas tendências nas análises de fitoclastos, testemunhos mais proximais (SIS 133, SBY 1514, SBY 1512 e ANP 1171) apresentando quantidades baixas a moderadas destes (4,6 – 54,4%), e os mais distais (SIS 108, SIS 112 e SAT 999) apresentando quantidades mais expressivas (4,1 – 91,5%).

Observa-se um domínio do grupo MOA ao longo dos testemunhos (SIS 133, ANP 1171, SBY 1512, SBY 1514, SIS 112 e SAT 999), sendo o SIS 108 o único que apresenta os fitoclastos como seu grupo dominante

Conforme já foi mencionado, a MOA encontrada é do tipo homogênea também ocorrendo do tipo heterogênea, sendo a primeira mais abundante nas amostras estudadas. A característica fluorescente da MOA estudada é mais um fator que atesta a interpretação de um ambiente deposicional, com certas características redutoras para esta área de estudo. Dado que, condições anóxicas permitem a preservação dos componentes ricos em hidrogênio da MOA, e estes têm relação diretamente proporcional à intensidade de fluorescência da mesma partícula (Tyson, 1995). Segundo Living Stone & Melack (1984), oxidação prolongada diminui o conteúdo de hidrogênio (consequentemente a fluorescência).

Ao longo das amostras estabelecidas para o perfil, a MOA apresenta uma fluorescência moderada, com base nos estudos de Tyson (1995) e Living Stone & Melack (1984), pode-se sugerir que devido os efeitos de oxidação (evidenciado pelo aporte de fitoclastos), ocorreu uma diminuição da fluorescência, como foi explicado anteriormente, isso significa que a matéria orgânica chegou a ser depositada em um ambiente propenso à sua preservação porém, pode ter sido submetida a uma maior exposição na coluna d'água ou uma taxa de sedimentação baixa o que pode levar a sua degradação pela atuação do oxigênio.

Como já mencionado anteriormente, os palinórfos encontrados nas amostras estudadas são oriundos de fontes continentais e marinhas. Os palinórfos continentais estão representados basicamente por esporórfos (grãos de pólen e esporos).

Como estes esporórfos ocorrem praticamente em todas as amostras, é possível dizer que esses tipos de vegetação eram comuns na região continental mais próxima da área de deposição. De onde partiram e foram depositados por ação do vento ou fluxo hidrodinâmico, em ambientes mais distais, juntamente com partículas finas (Tyson, 1995; Mendonça Filho *et al.*, 2002).

No modo geral, as ocorrências de Palinórfos continentais apresentam-se com um valor baixo (0,8 – 2,9%) nas amostras mais intermediárias (ANP1171, SBY 1512 e

SBY 1514) e nas demais, que são as mais proximais (SIS 133) e as mais distais (SIS 112, SIS 108 e SAT 999), apresentam-se em quantidades um pouco mais altas (2,8 – 16,4%). A amostra de base do core SAT 999 (a mais distal) é a que apresenta o maior percentual de palinomorfos terrestres, chegando a 16,4%, sendo praticamente composto por esporomorfos.

Os sedimentos continentais são transportados pelos rios, tendendo a se mover para zonas marinhas mais distais, até onde a influência das ondas é baixa, permitindo suas deposições. Essa zona determina o final da plataforma e o início do talude continental. Na região do talude continental, a camada mais espessa de sedimentos oriundos da plataforma se move para as regiões abissais. Os sedimentos são carregados principalmente por correntes de turbidez, que seguem pelos cânions submarinos (Tyson, 1995).

Souza (2014) estudando os palinomorfos e identificando os dinocistos dos testemunhos SIS 133, ANP 1171, SBY1514 e SAT 999, e os demais analisados nesse projeto foi possível identificar o gênero de alguns, como os do período Neógeno, sendo eles *Areolégera* sp. (A,B), *Wetziellasymmetrica* sp (C,D), *Spiniferites splendidos* (E,F) e os do período Quaternário, *Operculodinium israelianum* (G,H), *Nematosphaeropsis labyrinthus* (I,J), *Pentapharsodinium* sp. (K,L), *Operculodinium centrocarpum* (M,N) e *Spiniferites ramosus* (O,P), *Impagidinium strialatum* (Q,R) e dinocistos heterotróficos (S,T) (Estampa 3). Os dinocistos sugerem ambiente marinho de alta produção primária, sazonal, instável e com salinidade normal. A presença de matéria orgânica marinha em sedimentos é influenciada pela produtividade primária, índices de oxigenação, processos diagenéticos e taxas de acúmulo de sedimentação (Tyson, 1993; 1995).

Os zoomorfos (escolecodontes, ovos de copépoda e palinoforaminíferos) ocorrem nas amostras (SIS 133, ANP 1171, SBY 1512, SBY 1514 e SIS 112) com a exceção das amostras dos pontos mais distais (SAT 999 e SIS 108). A preservação dos zoomorfos é indicativo de elevada presença de consumidores (zooplâncton) e fornece conseqüentemente, indício de uma elevada produtividade primária. A sobrevivência destes organismos só foi possível em ambientes que apresentam oxigênio (Mendonça Filho *et al.*, 2014).

Os palinoforaminíferos ocorrem em todas as amostras estudadas com exceção do SIS 108. Tyson (1995) sugere que a maior parte dos palinoforaminíferos, representaria formas bentônica de foraminíferos. Remanescentes orgânicos de foraminíferos são mais abundantes em domínios marinhos (plataformais) do que em

ambientes estuarianos e litorâneos sob forte influência de sedimentação deltaica, onde os mesmos estão praticamente ausentes (Muller, 1959; Traverse, 1988).

Segundo os autores Phadtare e Thakur (1992), após realizarem estudos dos sedimentos quaternários do talude da costa de Vishakhapatnam (Índia), eles interpretam o trend de enriquecimento relativo em palinoforaminíferos, culminando no intervalo citado, como uma resposta climática, de progressivo resfriamento e aumento da salinidade (pela diminuição da pluviosidade e do aporte fluvial). Diminuições das abundâncias de palinoforaminíferos representariam fases de aquecimento, ou períodos interglaciais.

E segundo Menezes *et al.*, 2004, nos períodos glaciais, com o conseqüente rebaixamento do nível relativo do mar, ocorrem condições mais proximais de deposição dos componentes orgânicos, o que pode estar relacionado com a exposição da plataforma e conseqüente deposição de vários sistemas sedimentares que trazem um maior suprimento de material orgânico continental. Nos períodos interglaciais com o aumento do nível relativo do mar / temperatura, ocorre uma diminuição no suprimento de material orgânico de origem continental, uma vez que o aumento da coluna d'água / temperatura auxilia tanto no desenvolvimento da bioprodutividade do fitoplâncton marinho, como no processo de produção de material orgânico amorfo (atividade microbológica).

Com base no que foi mencionado, os testemunhos SAT 999, SIS 112 e SBY 1514 mostram uma transição do Neógeno para o Quaternário, período que foi marcado pelos últimos eventos de glaciações, onde as calotas polares se estendem até as regiões próximas dos trópicos, intercalados por períodos mais quentes. Tais fenômenos podem interferir nas variações do nível do mar, bem como refletir flutuações climáticas as quais influenciaram o suprimento de material orgânico, uma vez que interferiram principalmente na paleoceanografia da região analisada (Menezes *et al.*, 2004).

6.2 COT% (Carbono Orgânico Total), S% (Enxofre Total) e RI% (Resíduo Insolúvel)

De acordo com Emerson (1985), as variações das taxas, tanto de bioturbações como de acúmulo de sedimentos, parecem ter pouco impacto sobre o depósito de matéria orgânica típico de mar profundo, portanto, os valores do COT normalmente variam entre 0,2 a 2% em sedimentos do oceano profundo.

Ainda seguindo a teoria de Emerson (1985) as taxas de degradação observada e calculada da matéria orgânica nos sedimentos recentes do mar profundo, dificilmente seria possível que uma rápida acumulação seja o principal mecanismo de preservação em longo prazo do carbono orgânico. A grande massa da matéria orgânica depositada simplesmente degrada muito rápido quando comparada aos intervalos normais que ocorrem das taxas de acumulação, tendo qualquer efeito significativo conservante. Até 50-80% de matéria orgânica planctônica depositada nos sedimentos do fundo do mar pode ser degradada dentro de um ano.

Os valores do COT encontrados nas amostras dos 7 (sete) testemunhos foram baixos (menos de 2%). Segundo Tyson (1995) o carbono orgânico, se tratando de sedimentos marinhos, normalmente compreende a menor porção do total e somente uma pequena fração da produção primária é preservada. No mesmo trabalho desse autor referido, são citados alguns resultados encontrados por Emerson (1985) onde mostra os valores do COT aproximados aos encontrados neste trabalho, sugerindo que podem ser amostras de mar profundo. O testemunho que apresentou o maior percentual de COT foi o SIS 108, justamente onde ocorre maiores percentuais de fitoclastos. Com tal análise, pode-se propor um elevado aporte de partículas de vegetais superiores terrestres nesse testemunho, bem como uma grande energia relacionada a esse intervalo deposicional.

Sob condições óxicas, bactérias aeróbicas e metazoários degradam a biomassa. Já sob condições disóxicas/anóxicas, a ação desses organismos é restringida e as bactérias anaeróbicas, que empregam sulfatos e nitratos como agentes oxidantes, passam a ser as responsáveis pela alteração da matéria orgânica (Katz, 1990; 1995). Diversos autores (Demaison & Moore, 1980; Pederson & Calvert, 1990; Canfield 1994; Harvey *et al.*, 1995) mostram que a taxa de decomposição parece ser significativamente menor sob condições anóxicas. O suprimento de agentes oxidantes parece ser fator chave e tais agentes parecem ser supridos principalmente pela ação dos organismos bentônicos que escavam os sedimentos. Como em ambientes anóxicos tais organismos estão ausentes, não há uma renovação dos oxidantes, o que acaba resultando em menores taxas de decomposição e num produto final mais rico em hidrogênio (Peters & Moldowan, 1993).

De acordo com Jorgensen *et al.* (1982), sedimentos litorâneos, onde há uma alta oferta de matéria orgânica metabolizável, apresentam baixa penetração de oxigênio e redução de sulfato, podendo ocasionar tanto processos de oxidação quanto anoxia da matéria orgânica. Segundo Ivanov *et al.* (1989) a porcentagem da produção oxidada

pela redução de sulfato varia de 11 a 100% (dados de uma ampla gama de ambientes, abrangendo uma variedade de fontes de matéria orgânica). Normalmente, pensa-se que a redução de sulfato seja responsável por cerca de 90 a 95% da perda total de carbono anaeróbico em sedimentos marinhos.

Segundo os valores encontrados de RI, foi observado que os testemunhos SIS 133, SBY 1512 e SBY 1514 se encontram mais carbonáticos, ou seja, apresentam valores inferiores a 35% nas três porções (topo, meio e base). Também foi apresentado o SIS 108 como o testemunho mais siliciclástico (devido seus valores superiores a 65%). E os demais (ANP 1171, SIS 112 e SAT 999) exibem uma transição, ou seja, contêm amostras tanto com um caráter mais carbonático quanto com um caráter mais siliciclástico, gerando diferentes tipos de margas.

5.3 Caracterização Paleoambiental

Após as análises das três porções de cada testemunho, a plotagem no diagrama ternário (Tyson, 1995) (figura 8), revelou que todas as amostras, com as exceções das amostras do SIS 108 e da amostra de topo do SAT 999, apresentam características plataformais, além dos valores de RI dessas amostras em questão, que se encontraram menores que 55%, valor próximo da transição carbonático-siliciclastico, o que nos permite sugerir uma plataforma carbonática. Já as amostras do core SIS 108 e a amostra de topo do SAT 999, podem indicar ocorrências de cânions submarinos, visto que tais amostras apresentaram características continentais, mesmo sendo as mais distais, onde o core SIS 108 apresentam materiais terrígenos e de baixo grau de fluatibilidade e a amostra de topo do SAT 999 (a mais distal) apresentam materiais terrígenos e de alta fluatibilidade, também ocorrendo dinocistos tanto do Neógeno quanto do Quaternário, que são indicativos de ambiente marinho profundo.

6. CONCLUSÃO

A análise dos testemunhos sugere, em sua grande maioria, características de um ambiente marinho pertencente a uma plataforma carbonática, devido aos baixos valores de RI e quantidades consideráveis de componentes marinhos bem como ocorrência de dinocistos e zoomorfos.

Em contrapartida, os pontos mais distais apresentaram uma maior influência de material terrígeno, ocorrendo uma relação proximal-distal diretamente proporcional ao grau de flutuabilidade dos subgrupos dos fitoclastos, que pode sugerir ocorrências de cânions submarinos gerados por influências fluviais, os quais seriam responsáveis pelo transporte desse material continental até as zonas mais distais.

Afirma-se que as interpretações para palinofácies foram baseadas em testemunhos de diferentes posições contidos na área, cada uma contendo apenas 3 (três) amostras. Os resultados seriam mais precisos, se houvessem mais amostras de cada testemunho, diminuindo os intervalos entre as porções. Porém, integrando diferentes metodologias na análise de sedimentos recentes da Bacia do Ceará, mostram que a aplicação dessas técnicas, constitui uma valiosa e eficaz ferramenta na caracterização, ou até mesmo para uma possível interpretação de paleoambientes.

Para a obtenção de uma caracterização paleoambiental mais refinada, sugere-se estudar outros testemunhos mais próximos aos que foram estudados, juntamente com os testemunhos mais a leste e a oeste, tornando assim, os resultados finais mais amplos e precisos.

7. Agradecimentos

Aos meus orientadores prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho, Dr. Antonio Donizeti de Oliveira e a M. Sc. Jaqueline Torres de Souza por toda paciência, me auxiliando em todos os momentos da melhor forma possível;

A toda a equipe do LAFO por todo apoio e amizade que me proporcionaram por toda minha estadia no laboratório;

Ao meu pai por todo suporte em todas as fases da minha vida;

A toda minha turma (Geologia 2010) por todo carinho e amizade ao longo desses últimos anos, e em especial a Josiane Plantz, por toda amizade e companheirismo, me ajudando sempre ao longo de todo curso.

Referências Bibliográficas

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL (ANP). 2009. Termo de Referência Aquisição de Dados Geoquímicos em Amostras de Assoalho Oceânico (piston core) na Bacia do Ceará. 27P.
- ALMEIDA, F. F. M. 1977. O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira De Geociências*, v.7, n.2, p.349-364.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). 2 Standard test method in the analysis sample of coal and coke using high-temperature tube furnace combustion Methods ASTM 4239. Available on <http://engineers.ihs.com/documents/abstract/NWETIBA>. 2008.
- ARAI, M.; LANA, C.C. 2004. Histórico do estudo de dinoflagelados fósseis no Brasil: sua relação com a evolução da exploração petrolífera no Cretáceo das bacias da margem continental.
- BELTRAMI, C. V.; ALVES, L. E. M.; FEIJÓ, F. J. 1994. Bacia do Ceará. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 117-125, jan./mar. 1994.
- BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUNS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J. H. 2003. (Eds.) *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas e SIG*. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 692 p.
- CANFIELD, D. E. 1994. Factors Influencing organic carbon preservation in marine sediments. *Chemical Geology*, v. 114, p. 315-329.
- CHAGAS, R. B. A ; MENDONÇA FILHO, J. G.; MENEZES, T. R.; MENDONÇA, J. O.; DA SILVA, F. S.; SABADINI-SANTOS, E. 2010. Organic facies of the Oligocene lacustrine system in the Cenozoic Taubaté Basin, Southern Brazil. *International Journal of Coal Geology*, v. 84, 166-178.
- CHANG, H.K.; KOWSMANN, R.O. & FIGUEIREDO, A.M.F. 1988. New Concepts on the Development of East Brazilian Marginal Basins. *Episodes*, v. 11, p. 194-202.
- CONDÉ, V.; LANA, C.; NETO, O.; ROESNER, E.; MORAES NETO, J.; DUTRA, D. B. 2007. *Geoci. Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, maio/nov.
- COSTA, I.G., BELTRAMI, C.V., ALVES, L.E.M. 1989. A evolução tectonosedimentar e o habitat do óleo da Bacia do Ceará. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, 4(1):65-74.
- DAVISON, I. 1998. Tectonic and hydrocarbon distribution along the Brazilian South Atlantic margin. In: Cameron N.R., Bate R.H. & Clure V.S. (eds.) *Oil and gas habitats of the South Atlantic*. Special Publication of the Geological Society of London 153.

- Delgado I.M., Souza J.D., Silva L.C., Silveira Filho N.C., Santos R.A., Pedreira A.J., Guimarães J.T., Angelim L.A.A., Vasconcelos A.M., Gomes I.P., Lacerda Filho J.V., Valente C.R., Perrotta M.P., Heineck C.A. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: L.A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R.M. Vidotti, J.H. 2003. Gonçalves. eds. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. Brasília, CPRM. p. 227-334.
- DEMAISON, G. J.; MOORE G. T. 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. AAPG Bulletin, v. 64, n. 8, p. 1179 – 1209.
- EBERT, H. 1970. The Precambrian geology of the Borborema belt (state of Paraíba and Rio Grande do Norte, northeastern Brazil) and the origin of its mineral resources. Geol. Rundsch., 59:1299-1326.
- EMERSON, S. 1985. Organic carbon preservation in marine sediments, in CO₂: Natural Variations Archean to Present (eds E.T. Sundquist and W.S. Broecker), Geophysical Monographs, 32, 78-87. 1985.
- HASHIMOTO, A. T.; APPI, C. J.; SOLDAN, A. L.; CERQUEIRA, J. R. 1987. O Neó-Alagoas nas bacias do Ceará, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 116-121.
- HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R., ALMEIDA, F.F.M., BARTORELLI, A. 2003. Geologia do Brasil. 1ª Ed. Brasil, Beca.Brasil, 900p.
- HARVEY, H. R.; TUTTLE, J. H.; BELL, J. T. 1995. Kinetics of phytoplankton decay during simulated sedimentation: changes in biochemical composition and microbial activity under oxic and anoxic conditions. Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 59, n. 16, p. 3367-3377.
- IVANOV, M.V., LEIN, Y.U., REEBURGH, M.S. and SKYRING, G.W. 1989. Interaction of sulphur and carbon cycles in marine sediments, in Evolution of the Global Biogeochemical Sulphur Cycle (eds P. Brimblecombe and Y.A. Lein), Wiley, Chichester, pp. 125-79.
- JORGENSEN, B.B. 1982. Ecology of the bacteria of the sulphur cycle with special reference to anoxic-oxic interface environments. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B298, 543-62.
- KATZ, B.J. 1990. Controls on distribution of lacustrine source rocks through time and space. In: KATZ B.J. (ed.). Lacustrine Basin Exploration: Case Studies and Modern Analogs. AAPG, Memoir, n. 50, p.61-76.
- KATZ, B. J. 1995. Factors controlling the development of lacustrine petroleum source rocks – an update. In: HUC, A.Y. (ed.). Paleogeography, Paleoclimate and Source Rocks. AAPG, Studies in Geology, n.40, p.61-80.

- LIVINGSTONE, D. A., MELACK, J. M. 1984. Some lakes of sub-Saharan Africa, in: Lakes and Reservoirs (F. B. Taub, ed.), Elsevier, Amsterdam, pp. 467- 497.
- MATOS, R. M. 1992. The northeast Brazilian rift system. *Tectonics*, v.11, n.2, p.766-791.
- MATOS, R. M. D. 1999. History of the Northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. *In: CAMERON, N. R.; BATE, R. H.; CLURE, V. S. (Eds.). The oil and gas habitats of the South Atlantic. London: Geological Society of London. p. 55-73.*
- MCKENZIE, D. 1978. Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth Planet. Sci. Letters*, 40:25-32.
- 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 em Geociências, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 338p.
- MENDONÇA FILHO, J. G.; CARVALHO, M. A.; MENEZES, T. R. 2002. Palinofácies. *In: DUTRA, T. (Org.). Técnicas e procedimentos de trabalho com fósseis e formas modernas comparativas. São Leopoldo: Unisinos. p. 20-24.*
- MENDONÇA FILHO, J. G.; MENEZES, T. R.; MENDONÇA, J. O.; OLIVEIRA, A. D.; CARVALHO, M. A.; SANT'ANNA, A. J.; SOUZA, J. T. 2010. Palinofácies. *In: CARVALHO, I. S. (Ed.). Paleontologia, Editora Interciência, Rio de Janeiro, v. 1, p. 289-323.*
- MENDONÇA FILHO, J. G.; MENEZES, T. R.; MENDONÇA, J. O.; OLIVEIRA, A. D.; CARVALHO, M. A.; SANT'ANNA, A. J.; SOUZA, J. T. (2010a). Palinofácies. *In: CARVALHO, I. S. (Ed.). Paleontologia, Editora Interciência, Rio de Janeiro, v. 2, p. 379-413.*
- MENDONÇA FILHO, J. G.; MENEZES, T. R.; MENDONÇA, J. O. 2011. Organic Composition (Palynofacies Analysis), Chapter 5. *In: FLORES, D.; MARQUES, M. (Ed.). International Committee for Coal and Organic Petrology Training Course on Dispersed Organic Matter. Porto: Universidade do Porto, p. 33-81.*
- MENDONÇA FILHO, J. G.; MENEZES, T. R.; MENDONÇA, J. O.; OLIVEIRA, A. D.; SANTANA, A. J. 2011. Kerogen: Composition and Classification. Chapter 3. *In: FLORES, D.; MARQUES, M. (Ed.). International Committee for Coal and Organic Petrology Training Course on Dispersed Organic Matter. Porto: Universidade do Porto, p. 17-23.*
- MENDONÇA FILHO, J.G.; MENEZES, T.R.; MENDONÇA, J.O. 2014. *Kerogen: Composition and Classification. In: 7th ICCP Training Course on Dispersed Organic Matter, GFZ (Deutsches GeoForschungsZentrum), Potsdam, Germany. 3: p. 17-89.*

- MENEZES, T. R ; MENDONÇA FILHO, J. G. 2004. Aplicação de fácies orgânicas na análise paleoceanográfica do talude continental superior recente da Bacia de Campos, RJ, Brasil.
- MOHRIAK, W.U., HOBBS, R., DEWEY, J.F. 1990. Basin-forming processes and the deep structure of the Campos Basin, offshore Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 7(2):94-122.
- MORAIS NETO, J. M.; PESSOA NETO, O. C.; LANA. C. C.; ZALÁN. P. V. 2003. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia do Ceará. *Phoenix*, Aracaju, v. 57, p. 1-6.
- MULLER, J. 1959. Palynology of recent Orinoco delta and shelf sediments: Reports of the Orinoco Shelf Expedition. *Micropaleontology*, 5(1):1-32.
- NEVES, S.P. 2014. Constraints from zircon geochronology on the tectonic evolution of the Borborema Province (NE Brazil): Widespread intracontinental Neoproterozoic reworking of a Paleoproterozoic Accretionary orogen. *Journal of South American Earth Sciences* (no prelo).
- OLIVEIRA, A. D.; MENDONÇA FILHO, J. G.; SANT'ANNA, A. J.; SOUZA, J. T.; FREITAS, A. G.; MENEZES, T. R. 2006. Inovação no processamento químico para isolamento da matéria orgânica sedimentar. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 43°. Aracajú, SE. Anais...Aracajú: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Bahia-Sergipe, p. 324.
- PEDERSON, T. F.; CALVERT, S. E. 1990. Anoxia *versus* productivity: what controls the formation of organic-carbon rich sediments and sedimentary rocks? *AAPG Bulletin*, v. 74, n. 4, p.454-466.
- PETERS, K. E.; MOLDOWAN, J. M. 1993. *The Biomarker Guide: Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments*: Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 363 p.
- PHADTARE, N.R. and THAKUR, D. 1982. Distribution and palaeological efficacy of microforaminiferal organic linings from deep sea Quaternary sediments off Vishakhapatnan coast. *Indian Journal of Marine Sciences*, 21, 246-50.
- QUEIROZ GALVÃO EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO. 2015. Bacia do Ceará. URL: <http://www.qgep.com.br/static/ptb/bacia-de-ceara.asp?idioma=ptb>. Acesso 22.01.2016.
- REGALI, M. S. P. 1980. Palinoestratigrafia da Bacia do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú. Anais do... São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980. v. 5, p. 2161-2172.
- REGALI, M. S. P. 1989. Primeiros registros da transgressão neoptiana na margem equatorial brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11., Curitiba, Anais do... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Paleontologia. v. 1, p. 275-293.

- SCHOBENHAUS, C.; BRITO NEVES, B. B. 2003. A Geologia do Brasil no Contexto da Plataforma Sul-Americana *In*: L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Goncalves (eds.) Geologia, Tectonica e Recursos Minerais do Brasil. p. 5 – 33.
- SOUZA, S. M. 1982. Atualização da litoestratigrafia da Bacia Potiguar. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador, Anais do... São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia. v. 5, p. 2392-2406.
- SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J. B. L.; ZANOTTO, O.; WOLFF, S. 1987. Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 180-188.
- TISSOT, B.P. and WELTE, D.H. 1984. *Petroleum Formation and Occurrence*, 2nd edn, Springer-Verlag, Berlin, 699 p.
- TRAVERSE, A. 1988. *Palinology*. Unwin Hyman, Boston, 600p.
- TYSON, R.V. 1989. Late Jurassic palynofacies Piper and Kimmeridge Clay Formations, UK onshore and offshore, in Northwest European Micropalaeontology and Palynology (eds D.J. Batter and M.C. Keen), British Micropalaentological Society Series, Ellis Horwood, Chichester, pp. 135-72.
- TYSON, R. V. 1993. Sedimentary Organic Matter Palynofacies Analysis. *In*: JENKINS, D. J. (Ed.). *Applied Micropaleontology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 153-191.
- TYSON, R. V. 1995. *Sedimentary Organic Matter. Organic facies and palynofacies*. Chapman & Hall. Londres. 615 p.
- Zalán P.V. 2003. Evolução fanerozóica das bacias sedimentares brasileiras. *In*: V. Mantesso Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B.de Brito-Neves. orgs. 2003. *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Ed. Beca. p. 595-612. (Cap. 33).

ANEXOS
PALINOFÁCIES

LEGENDA DA ESTAMPA 1

A, B – Fitoclasto Opaco Alongado. Luz branca transmitida (A) e fluorescência (B).

Objetiva de 20x.

C, D – Fitoclasto Não Opaco Perfurado. Luz branca transmitida (C) e fluorescência (D).

Objetiva de 10x.

E, F – Fitoclasto Não Opaco Estriado. Luz branca transmitida (E) e fluorescência (F).

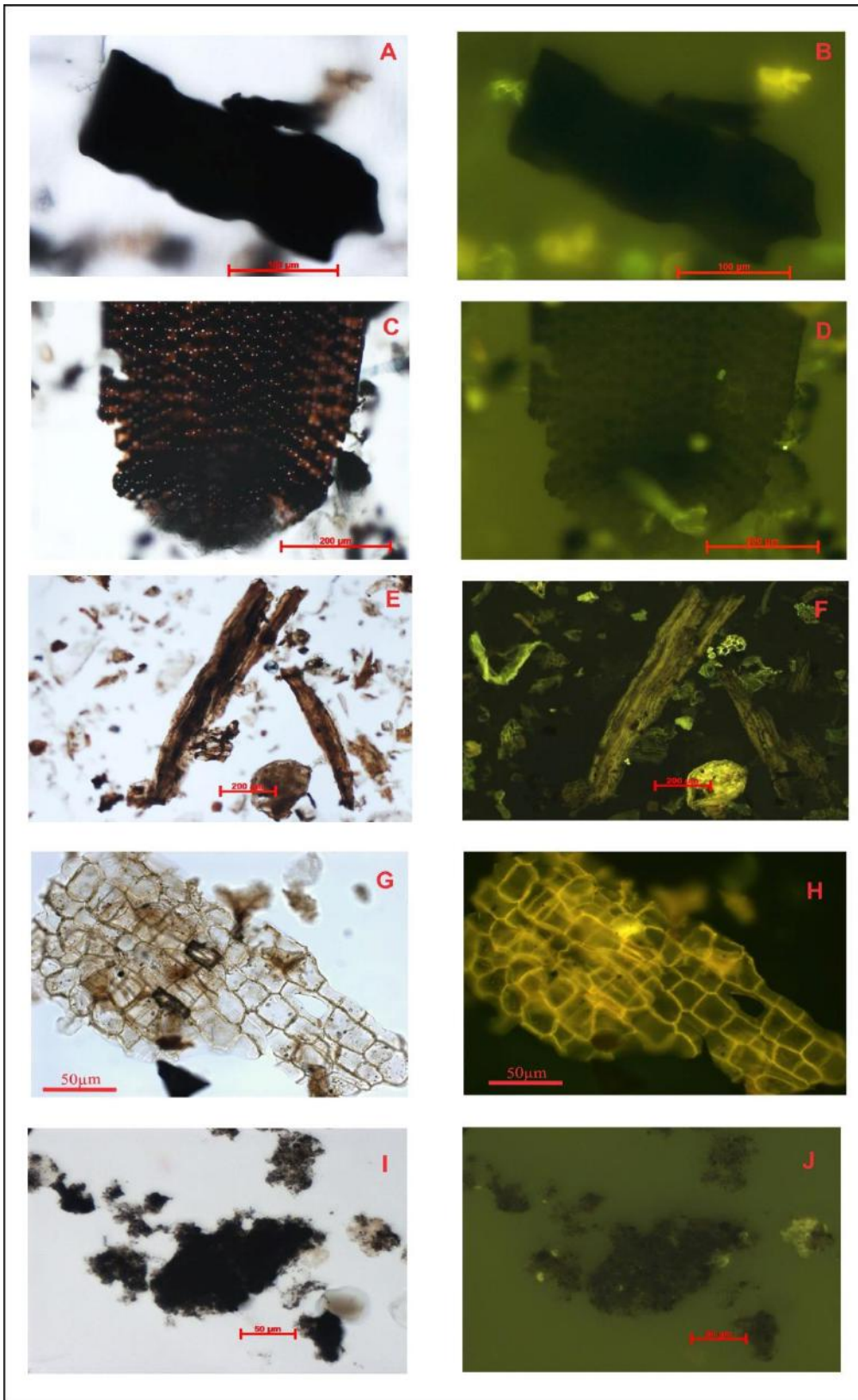
Objetiva de 10x.

G, H – Cutícula. Luz branca transmitida (G) e fluorescência (H). Objetiva de 40x.

I, J – Matéria Orgânica Amorfa (MOA). Luz branca transmitida (A) e fluorescência (B).

Objetiva de 20x.

ESTAMPA 1



LEGENDA DA ESTAMPA 2

A, B – Grão de Pólen. Luz branca transmitida (A) e fluorescência (B). Objetiva de 40x.

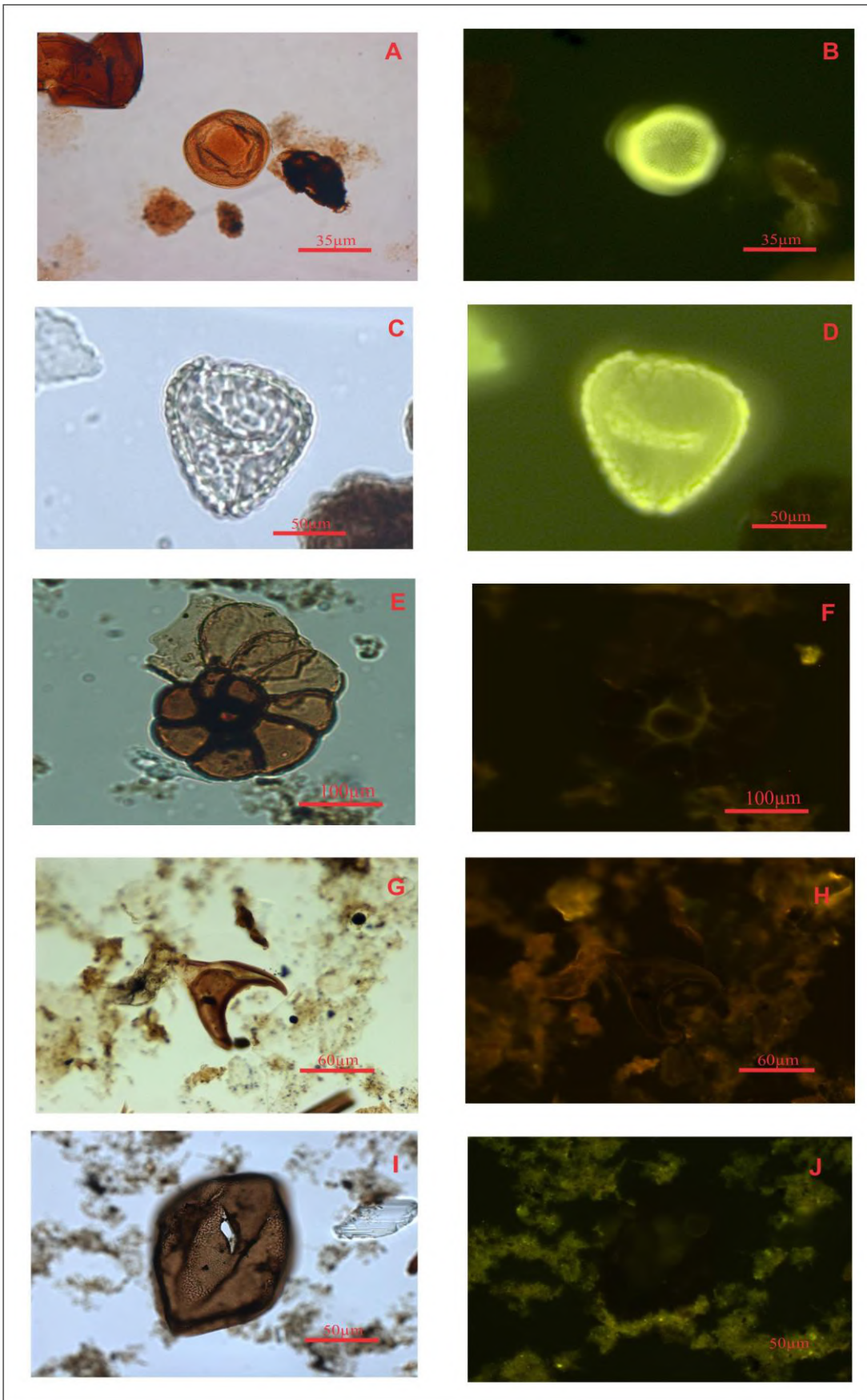
C, D – Esporo. Luz branca transmitida (C) e fluorescência (D). Objetiva de 40x.

E, F – Palinoforaminífero. Luz branca transmitida (E) e fluorescência (F). Objetiva de 20x.

G, H – Escolecodonte. Luz branca transmitida (G) e fluorescência (H). Objetiva de 40x.

I, J – Ovo de copépoda. Luz branca transmitida (E) e fluorescência (F). Objetiva de 40x.

ESTAMPA 2



LEGENDA DA ESTAMPA 3

A, B – *Areolégera* sp. Luz branca transmitida (A) e fluorescência (B). Objetiva de 40x.

C, D – *Wetziellasymmetrica* sp. Luz branca transmitida (C) e fluorescência (D).

Objetiva de 40 x.

E, F – *Spiniferites splendidos*. Luz branca transmitida (E) e fluorescência (F). Objetiva de 40x.

G, H – *Operculodinium israelianum*. Luz branca transmitida (G, H). Objetiva de 100 x.

I, J – *Nematosphaeropsis labyrinthus*. Fluorescência (I, J). Objetiva de 100 x.

K, L – *Pentapharsodinium* sp. Fluorescência . Objetivas de 40 x (K) E 20x (L).

M, N – *Operculodinium centrocarpum*. Luz branca transmitida (M) e fluorescência (N).
Objetiva de 40x.

O, P – *Spiniferites ramosus* . Luz branca transmitida (O) e fluorescência (P). Objetiva de 100x.

Q, R – *Impagidinium striatum* . Luz branca transmitida (Q) e fluorescência (R).

Objetiva de 100x.

S, T – Dinocistos heterotróficos. Luz branca transmitida (S) e fluorescência (T).

Objetiva de 100x.

ESTAMPA 3

