

BIOESTRATIGRAFIA DO LIMITE CRETÁCEO-PALEÓGENO DA BACIA DA PARAÍBA COM BASE NA PALINOLOGIA

Marcella Andrade de Oliveira Alves¹
Paulo Roberto Silva Santos²
Mário de Lima Filho³

10.51359/1980-8208/estudosgeologicos.v29n1p3-24

¹ PETROBRAS, EXP-SEAL, marcella_bio2002@yahoo.com.br

² PETROBRAS, CENPES-PDEP-BPA, proberto@petrobras.com.br

³ UFPE, LAGESE, mflf@ufpe.br

RESUMO

Esse trabalho apresenta os resultados dos estudos palinoestratigráficos, com ênfase nos miósporos e cistos de dinoflagelados. Foram avaliados oito afloramentos de uma seção carbonática (pedreiras Nassau, Poty, Cipasa, Zebu, Cimepa, Cigra, Engenho Garapu e São Clemente), localizados entre as cidades de Recife e João Pessoa, na bacia da Paraíba, nordeste do Brasil. A pedreira Poty é considerada a seção de referência da passagem K-Pg, em baixas latitudes do hemisfério sul, expondo um registro relativamente completo desse evento. Esses afloramentos são representantes das formações Gramame (Maastrichtiano) e Maria Farinha (Paleoceno), essa última caracterizada na pedreira Poty. Foram identificadas a superzonoza *Crassitricolporites brasiliensis* e Zona *Gabonispuris vigourouxii*, de miósporos, além das zonas *Dinogymnium* spp. e *Yolkinigymnium lanceolatum*, de cistos de dinoflagelados, datando a seção maastrichtiana, na área de estudo. Representando o Paleógeno, foram reconhecidas a superzona *Proxapertites operculatus*, zona *Echitricolpites communis*, de miósporos, e zona *Cerodinium diebelii*, de cistos de dinoflagelados. A passagem Cretáceo-Paleógeno foi delimitada, na pedreira Poty, entre 16,2 e 17,1 m, no intervalo que corresponde às camadas C a F.

Palavras-chave: Limite Cretáceo-Paleógeno (K-Pg), Bacia da Paraíba, Bioestratigrafia, Palinologia

ABSTRACT

This paper presents the results from palynostratigraphic studies, with emphasis in myospores and dinoflagellate cysts. Eight outcrops of a carbonate section (Nassau, Poty, Cipasa, Zebu Cimepar, Cimepar-CD, Cigra, Engenho Garapu and São Clemente quarries) were evaluated, located between the cities of Recife and João Pessoa, in the Paraíba basin, northeastern Brazil. The Poty outcrop is a reference section in the Southern Hemisphere low latitudes, exposing a relatively complete record of this event. These outcrops are representative of the Gramame (Maastrichtian) and Maria Farinha (Paleocene) formations, the last one characterized in the Poty quarry. There were indentified the *Crassitricolporites brasiliensis* superzone and *Gabonispuris vigourouxii* zone, of myospores, *Dinogymnium* spp. and *Yolkinigymnium lanceolatum* zones, of dinoflagellate cysts, dating the Maastrichtian section in the studied area. Representing the Paleogene, the *Proxapertites operculatus* superzone, *Echitricolpites communis* zone, of myospores, and *Cerodinium diebelii* zone, of dinoflagellate cysts, were recognized. The Cretaceous-Paleogene boundary was delimited, in the Poty quarry, between 16,2 and 17,1 m, in the range that corresponds to C to F beds.

Keywords: Cretaceous-Paleogene boundary (K-Pg), Paraíba Basin, Biostratigraphy, Palynology

INTRODUÇÃO

Os palinórfos possuem um grande valor estratigráfico para a datação e correlação de sedimentos continentais e marinhos. Esses microfósseis podem fornecer indícios importantes para a interpretação da origem dos sedimentos e do tempo de sedimentação em ambientes sedimentares antigos.

Os palinórfos apresentam comportamento hidrodinâmico semelhante às partículas sedimentares, e, da mesma forma, são transportados pelas descargas fluviais e correntes oceânicas até a plataforma continental, alcançando, episodicamente, a bacia oceânica (Lana, 1997). Nesse contexto, diversos trabalhos vêm sendo publicados demonstrando a importância, especialmente dos miósporos e cistos de dinoflagelados, na correlação de sedimentos continentais e marinhos, do mesozoico e cenozoico, das bacias sedimentares brasileiras (e.g. Regali *et al.*, 1974ab; Dino, 1992; Arai, 1992, 1994; Arai & Botelho-Neto, 1996; Lana, 1997; Carvalho, 2001; Lana & Roesner, 2002; Sarkis *et al.*, 2002; Ferreira, 2004; Premaor, 2011; Fauth *et al.*, 2012;; Fischer *et al.*, 2013).

Com ênfase nos palinórfos marinhos, especificamente os cistos de dinoflagelados, que são os elementos mais representativos na seção em análise, a rápida evolução morfológica do grupo, aliada à vida planctônica de maioria de seus produtores e a existência de espécies com ampla distribuição geográfica, além de eventos de surgimento e extinção bem estabelecidos, conferem a esses microfósseis considerável potencial bioestratigráfico.

Na Bacia da Paraíba, a seção K-Pg é bem representada por vários afloramentos de uma seção carbonática explorados economicamente pelas pedreiras Nassau, Poty, Cipasa, Zebu, Cimepar, Cigra, Engenho Garapu e São Clemente, na maior parte, ainda não avaliados pelo método da palinologia. Assim, o presente estudo teve como objetivo principal caracterizar palinologicamente esses afloramentos para a datação

e correlação da seção avaliada. A palinoestratigrafia constitui-se em uma ferramenta relevante aplicada à exploração de petróleo e gás, contribuindo para o conhecimento dos eventos geológicos que ocorreram na história de evolução sedimentar da bacia da Paraíba.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia da Paraíba ocupa uma estreita faixa ao longo do litoral de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, possuindo uma abrangência de aproximadamente 9000 km², na sua porção emersa, e 24000 km², na plataforma continental (Feijó, 1994).

Geologicamente é limitada, ao sul, pela Zona de Cisalhamento Pernambuco (ZCPE) e, ao norte, pela Falha de Manguape, que é uma ramificação da Zona de Cisalhamento de Patos (ZCPA) (Fig.1), conforme Barbosa (2004, 2007). A Bacia da Paraíba é constituída por cinco unidades litológicas: formações Beberibe, Itamaracá, Gramame, Maria Farinha e Barreiras (Fig.2), consoante Barbosa *et al.* (2006), sendo que as unidades estratigráficas Gramame e Maria Farinha constituem a seção em análise no presente estudo, com seções aflorantes representativas distribuídas de norte a sul ao longo da bacia (Fig.3).

MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado nesta pesquisa advém de amostras de afloramento coletadas em uma expedição de caráter bioestratigráfico, paleontológico e sedimentológico, desenvolvida pela Petrobrás em conjunto com o Museu Nacional do Rio de Janeiro, em 1994.

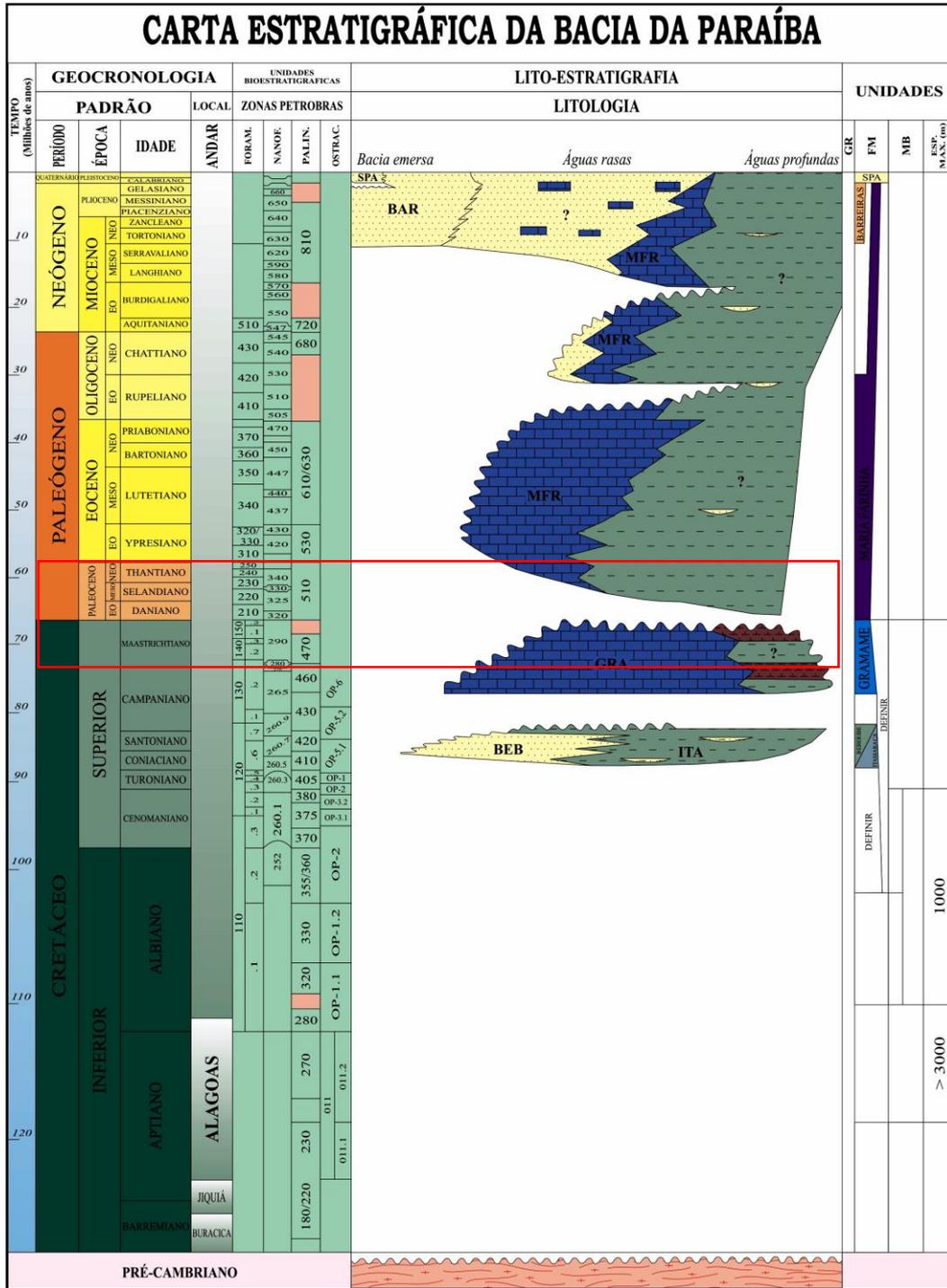
Foi feita coleta para preparação palinológica, da base para o topo de cada afloramento, em camadas que constituem ciclos bem individualizados, representados pelas litofácies *Mudstone/Wackestone* e *Mudstone/Wackestone* argiloso, detentoras de um maior conteúdo orgânico, favorável à recuperação dos palinórfos.



Figura 1 - Localização da Bacia da Paraíba ao longo do litoral dos estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, com as representações das sub-bacias Olinda, Alhandra e Miriri, limitadas por grandes falhas do embasamento Pré-Cambriano. Modificado de Souza (2006).

Dessa forma, o espaçamento vertical de amostragem variou, normalmente, entre 0,2 e 6,0 m, conforme a litologia, grau de intemperismo e condições de acesso aos afloramentos. Eventualmente, espaçamentos mais expressivos foram registrados em seções pouco favoráveis à recuperação dos microfósseis. Já nas camadas limites do evento K-Pg a coleta foi efetuada com espaços de 0,01 cm.

As lâminas foram preparadas no Laboratório de Geologia da Petrobras e fazem parte do acervo paleontológico da Fundação Paleontológica Phoenix. Na preparação das lâminas foi adotado o procedimento padrão utilizado pela Petrobrás, e descrito em Uesugui (1979) e Lima & Araujo (1993). Foram analisadas 85 amostras.



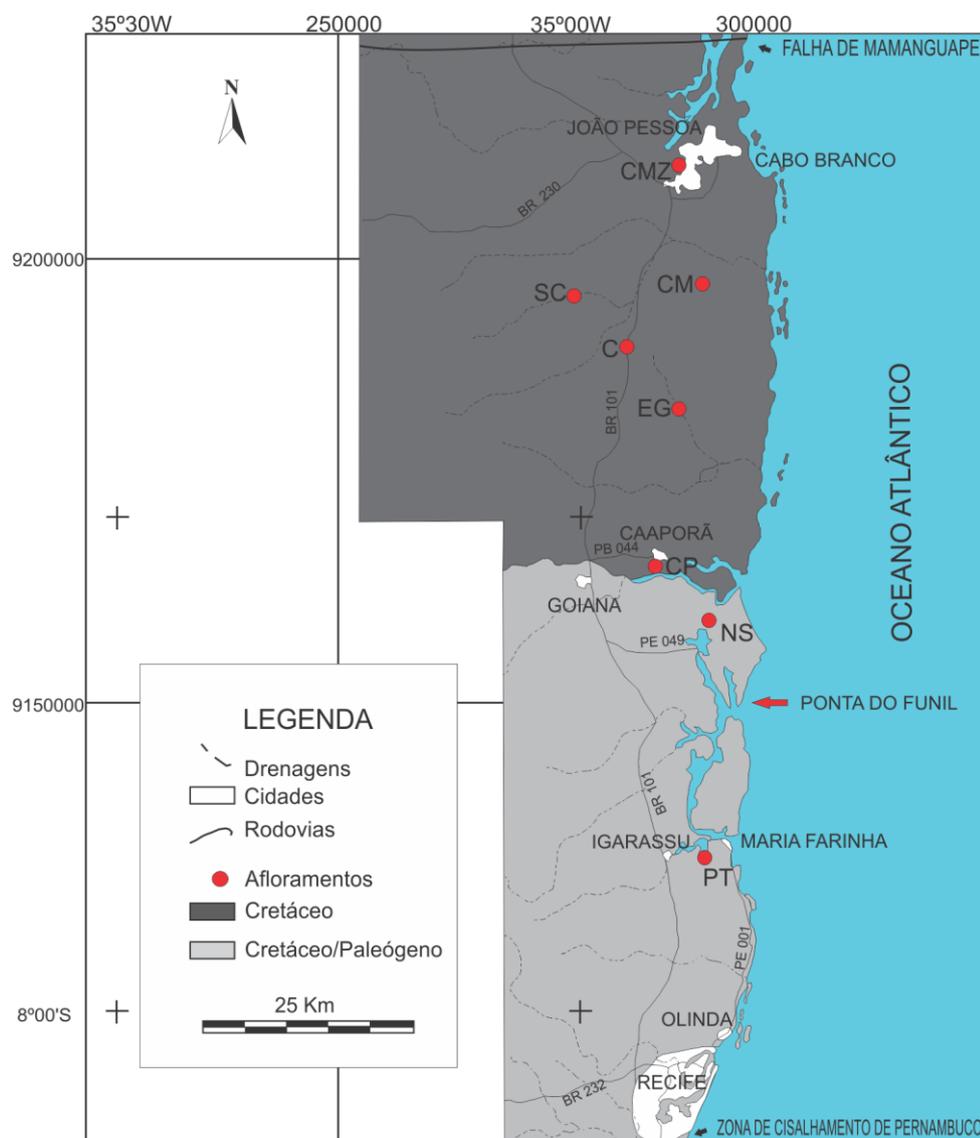


Figura 3 – Localização dos afloramentos estudados, representantes das formações Gramame e Maria Farinha (seção Maastrichtiano - Paleoceno). Estão distribuídos de norte a sul ao longo da bacia da Paraíba: CMZ – Zebu, CM – Cimepar, SC – São Clemente, C – Cigra, EG – Engenho Garapu, CP – Cipasa, NS – Nassau, PT– Poty. Passagem K-Pg observada, apenas, na porção sul da bacia, na pedreira Poty e na área da Ponta do Funil. Modificado de Lima (2002).

Os arcabouços bioestratigráficos utilizados como referência foram os propostos para as bacias sedimentares brasileiras, de Regali *et al.* (1974ab), além dos zoneamentos locais realizados para o cretáceo marinho das bacias da margem sul-sudeste brasileira, de Arai & Botelho Neto (1996), e bacia do Ceará, de Lana & Roesner (2002), para a seção paleocênica-eocênica da sub-bacia de Sergipe, de Ferreira (2004), e para o Cretáceo superior da bacia

de Santos (Fauth *et al.*, 2012), além dos biozoneamentos elaborados para o limite K-Pg, na pedreira Poty, de Sarkis *et al.* (2002) e Albertão *et al.* (1994c).

São citados também como relevantes os arcabouços internacionais com base nos cistos de dinoflagelados (Hansen, 1977; Jan du Chêne, 1977; Williams & Bujak, 1985; Powell, 1992; Williams *et al.*, 1993; Stover *et al.*, 1996; Hardenbol *et al.*, 1998; Williams *et al.*, 2004).

A MICROPALAEONTOLOGIA NA SEÇÃO ESTUDADA

A Pedreira Poty é o afloramento mais estudado quanto à paleontologia por apresentar uma seção aflorante onde está bem representada a passagem K-Pg. Mais recentemente, a micropaleontologia das pedreiras Cipasa, Cimepar e Nassau foi abordada em estudos realizados por Lima (2002), nos quais o autor fez uma análise de cunho bioestratigráfico, petrográfico e geoquímico.

Outros autores também estudaram a seção, com enfoque em sedimentologia, geoquímica e bioestratigrafia (e.g. Ashraf & Stinnesbeck, 1988; Albertão, 1993; Albertão et al. 1994 a, b, c, Keller et al. 1997; Koutsoukos, 1998; Grassi, 2002; Sarkis, 2002; Sarkis et al., 2002; Fauth et al., 2005; Oliveira et al., 2010; Andrade et al., 2013) com a geração de informações importantes para o posicionamento do limite K-Pg e para a promoção de inferências paleoecológicas, paleogeográficas e paleoambientais. No que concerne à palinologia, destacam-se alguns trabalhos (Lima, 1985; Ashraf & Stinnesbeck, 1988; Stinnesbeck et al. 1991; Albertão, 1993; Albertão et al. 1994c; Santos et al., 1994; Sarkis, 2002; Sarkis et al., 2002).

BIOESTRATIGRAFIA

São apresentados os resultados qualitativos das análises palinológicas realizadas nos afloramentos objetos deste estudo. Dentre os palinomorfos observados (Figs. 4 a 9), os dinoflagelados foram os mais abundantes e diversificados, contando no total com 48 espécies e 24 gêneros. Dentre os miósporos e dinoflagelados identificados, alguns são considerados de grande valor como ferramenta bioestratigráfica.

A maior parte dos afloramentos avaliados foi datada como Maastrichtiano superior, inseridos no contexto das zonas *Crassitricolporites brasiliensis* (P-450), *Tricornites elongatus* (P-470), *Proteacidites longispinosus* (P-480), conforme Regali

et al. (1974a), da zona *Gabonispuris vigourouxii* (Fauth et al., 2012), de miósporos, e das zonas *Dinogymnium* spp. e *Yolkinigymnium lanceolatum* (Prancha 3), de cistos de dinoflagelados (Arai & Botelho Neto, 1996; Lana & Roesner, 2002; Fauth et al., 2012), conforme a figura 10.

As zonas de miósporos foram determinadas a partir dos eventos de última ocorrência na associação composta pelos táxons *Aquilapollenites magnus*, *Gabonispuris vigourouxii*, *Ariadnaesporites spinosus*, *Crassitricolporites brasiliensis* (Figs. 4 e 5), que ocorrem nas zonas *Tricornites elongatus/Proteacidites longispinosus*, em conformidade com Regali et al. (1974ab). Ressalta-se a ausência, na seção avaliada, das formas guias *T. elongatus* e *P.longispinosus*, evidenciada da mesma forma por Ferreira (2004), para a área do Baixo de Mosqueiro, na sub-bacia de Sergipe. A autora atribuiu tal fenômeno a alguns fatores, como a atuação de eventos erosivos, o provincialismo e/ou áreas fontes com vegetação subdesenvolvida. Regali et al. (op.cit.) citam a distribuição da espécie *P.longispinosus* como restrita à plataforma continental do Maranhão, já a espécie *T. elongatus* distribuiu-se nas plataformas continentais do Maranhão e de Sergipe e nas bacias de Sergipe-Alagoas, Almada e Espírito Santo.

Quanto aos cistos de dinoflagelados foram apontadas as extinções do gênero *Dinogymnium* (e.g. Williams & Bujak, 1985; Brinkhuis & Zachariasse, 1988; Williams et al. 1993; Lana & Roesner, 2002; Williams et al., 2004; Fensome et al., 2008; Fauth et al., 2012) e da espécie *Yolkinigymnium lanceolatum* (e.g. Arai & Botelho Neto, 1996; Lana & Roesner, 2002; Fauth et al., 2012). Como táxons auxiliares citam-se a última ocorrência da espécie *Alisogymnium euclaense* (e.g. Williams & Bujak, 1985; Williams et al., 2004; Fensome et al., 2008) e a primeira ocorrência da espécie *Disphaerogena carposphaeropsis* (e.g. Brinkhuis & Zachariasse, 1988; Slimani et al., 2010; Tabara et al., 2017). Como formas associadas desta-

cam-se as espécies *Hafniasphaera fluens*, *Cordosphaeridium inodes*, *Cordosphaeridium exilimurum*, *Palaeocystodinium* spp. e *Cerodinium diebelii* (Figs. 6,7,8 e 9).

As unidades bioestratigráficas reconhecidas na seção maastrichtiana correlacionam-se às zonas internacionais de nanofósseis calcários CC25/CC26 de Sissingh (1977), e às biozonas locais *Cytherella* cf. *ovoidea*, de ostracodes (Fauth, 2000), *P.hantkeninoides*, de foraminíferos planctônicos (Koutsoukos, 1998) e *Micula murus/Micula prinsii* (Grassi, 2000), de nanofósseis calcários, propostas para o limite K-Pg da Pedreira Poty (Fig. 10).

O Paleógeno somente foi reconhecido na porção superior da pedreira Poty, seção essa relacionada às zonas *Proxapertites operculatus* (P-500) e *Apectodinium homomorphum* (P-510) (Regali *et al.*, 1974a), *Echitricolpites communis* (Ferreira, 2004), de miósporos, e Zona *Cerodinium diebelii* (Ferreira, 2004), de cistos de dinoflagelados (Fig.10), delimitadas, respectivamente, pelas ocorrências de grãos de pólen *Proxapertites operculatus*, *Echitricolpites communis* (Figs. 4 e 5), e da espécie de dinoflagelado *C.diebelii* (Fig. 8). São citados também os eventos de primeira e última ocorrência, respectivamente, dos táxons *Damassadinium californicum* e *Disphaerogena carposphaeropsis* (Fig. 6), que são considerados relevantes na determinação do Paleoceno (Powell, 1992; Hardenbol *et al.*, 1998; Williams *et al.*, 2004; Fensome *et al.*, 2008). O táxon *A. homomorphum* não foi registrado no

presente estudo. A espécie possui ocorrências documentadas nas plataformas continentais do Amapá e Sergipe e bacias de Sergipe-Alagoas (Regali *et al.*, 1974b), Pará-Maranhão (Abreu *et al.*, 1986) e Santos (Lana & Botelho-Neto, 1989). As zonas, acima destacadas, correlacionam-se às zonas locais *Cytherella piaçabucuensis/Soudanella laciniosa*, *Paracypris jonesi/Cytheropteron* sp. 1, *Paracosta recifensis*, de ostracodes (Fauth, 2000), Pa superior, P1a/P1b, P1c e P2, de foraminíferos planctônicos (Koutsoukos, 1998) e ND4, ND5, de nanofósseis calcários (Grassi, 2000), e, em parte, às zonas internacionais de nanofósseis calcários, Np1/Cp1a (Sissingh, 1977), conforme a figura 10.

A ausência do Paleógeno nos afloramentos localizados mais a norte da bacia em estudo sugere, em consonância com os estudos de Barbosa (2004), que os mesmos estavam localizados em um compartimento estrutural mais alto, durante o Paleoceno. Assim, a não preservação de tais depósitos é resultado da exposição e erosão diferenciada da plataforma carbonática em decorrência das características estruturais inerentes às porções norte e sul da bacia da Paraíba. Na porção sul, a bacia demonstra uma subsidência mais efetiva, o que favoreceu a preservação de rochas do Paleógeno nos baixos estruturais da sub-bacia Olinda (Barbosa, 2004.), conforme foi constatado na pedreira Poty, assim como na área da Ponta do Funil, de acordo com Albertão & Martins Jr.(2006) (Fig.3).

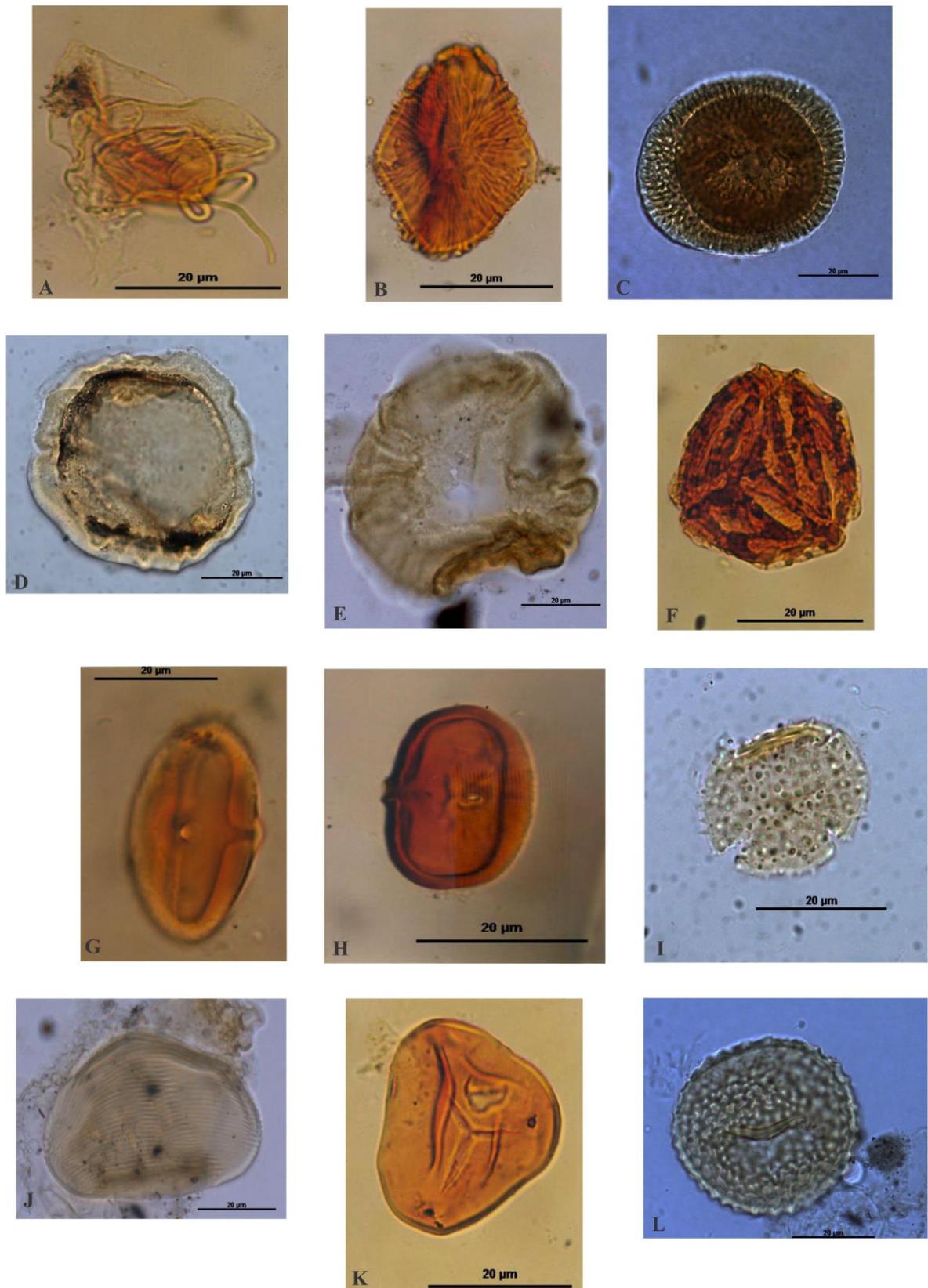


Figura 4 – Grãos de pólen e esporos observados na seção em estudo. (A) *Ariadnaesporites spinosus*, (B) *Aquilapollenites magnus*, (C) *Gabonisporis* aff. *vigourouxii*, (D) - *Callialasporites* sp. 2, (E) *Callialasporites* sp. cf. *Perotrilites* sp. sensu Herengreen (1975), (F) *Cicatricosisporites* sp., (G) *Crassitricolporites brasiliensis*, (H) *Crassitriapertites uesugui*, (I) *Echitricolpites communis*, (J) *Cicatricosisporites* spp., (K) Esporo trilete laevigado, (L) Esporo trilete reticulado. Escala 20 µm.



Figura 5 - Grãos de pólen e esporos observados na seção em estudo. (A) *Sincolporado* sp. , (B) Esporo trilete foveolado-reticulado, (C) Esporo trilete verrugoso, (D) *Gabonispuris vigourouxii*, (E) *Gnetaceapollenites* sp., (F) Grão de pólen triporado, (G) *Longapertites proxapertitoides*, (H) Esporo trilete com perispório, (I) *Proxapertites operculatus*, (J) Grão de pólen tricolpado reticulado, (K) Grão de pólen tricolporado-reticulado, (L) Esporo trilete reticulado. Escala 20 µm.

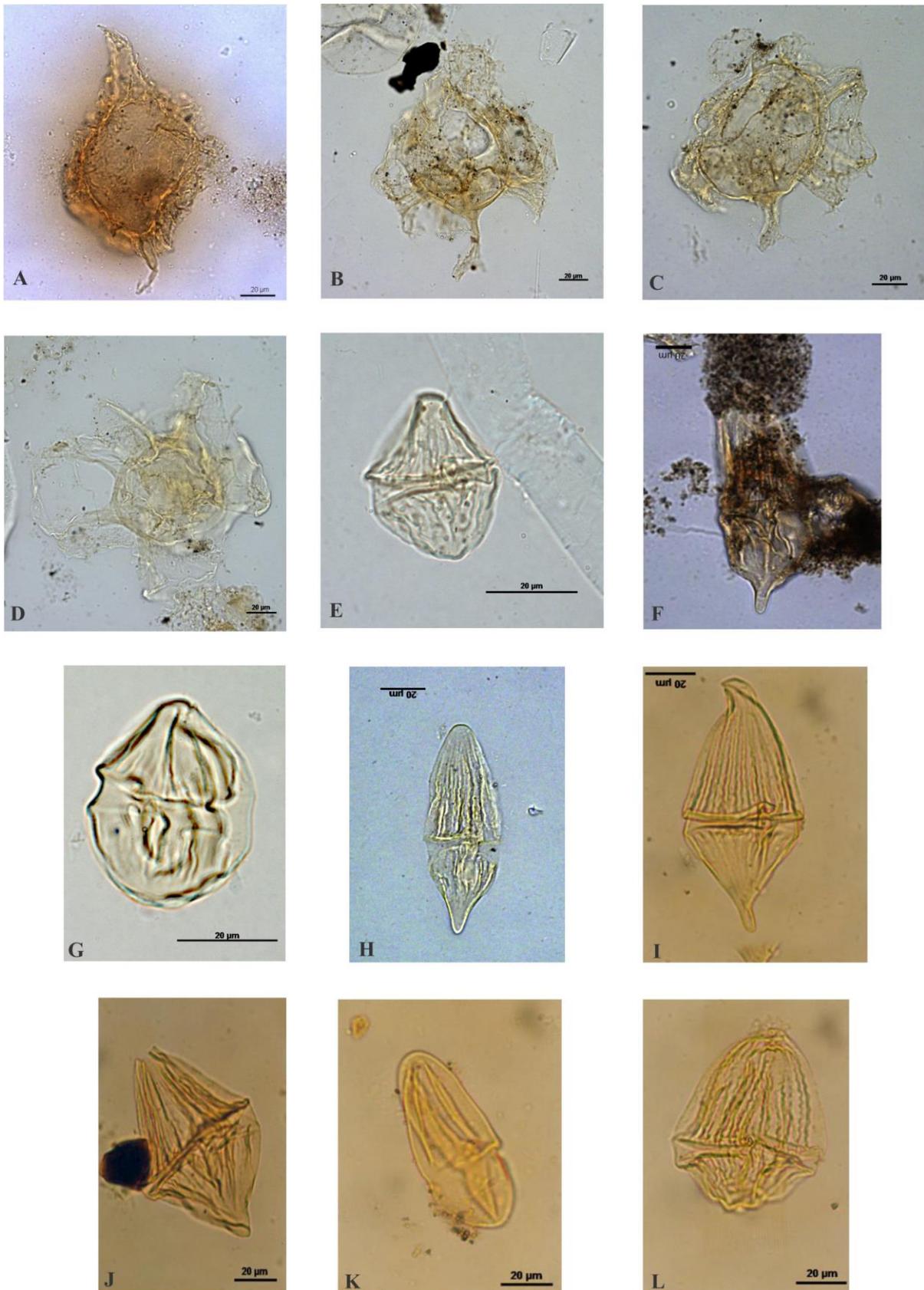


Figura 6 – Cistos de dinoflagelados observados na seção em estudo. (A) *Damassadinium californicum*, (B-C) *Disphaerogena carposphaeropsis*, (D) *Disphaerogena lemniscata*, (E) *Dinogymnium* sp. 1, (F) *Dinogymnium* sp. 2, (G) *Dinogymnium* sp. 3, (H) *Dinogymnium* sp. 4, (I) *Dinogymnium* sp.5, (J) *Dinogymnium acuminatum*, (K) *Dinogymnium digitus*, (L) *Dinogymnium undulosum*. Escala 20 µm.

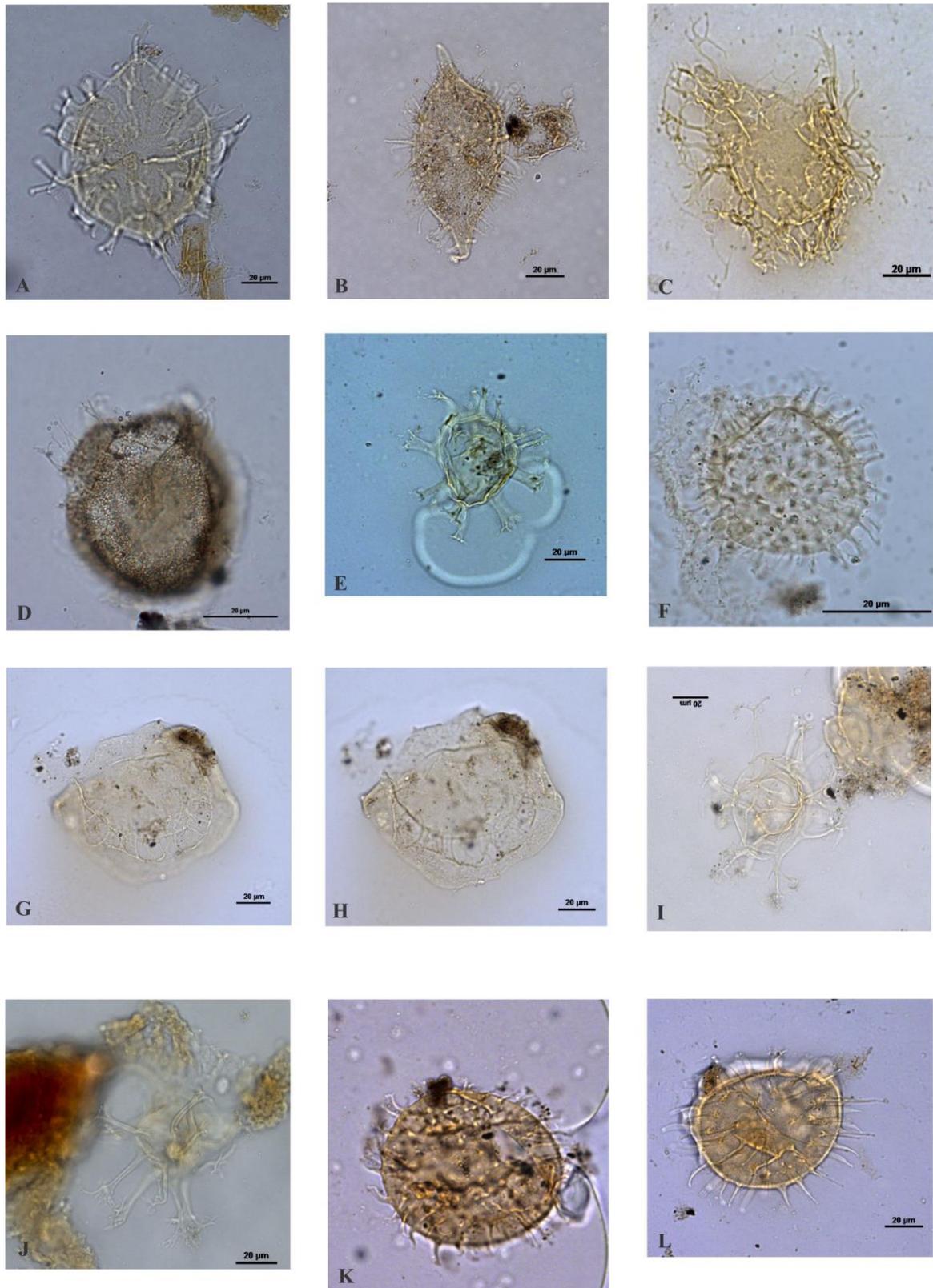


Figura 7 – Cistos de dinoflagelados observados na seção em estudo. (A) *Fibrocysta* sp. 1, (B) *Fibrocysta* sp. 2, (C) *Glaphyrocysta retiintexta*, (D) *Hafniasphaera fluens*, (E) *Hystrichosphaeridium* spp., (F) *Impletosphaeridium* spp., (G-H) *Glaphyrocysta semitecta*, (I) *Achomosphaera* spp., (J) *Oligosphaeridium complex* subsp. *complex*, (K) *Operculodinium centrocarpum*, (L) *Operculodinium centrocarpum*. Escala 20 µm.

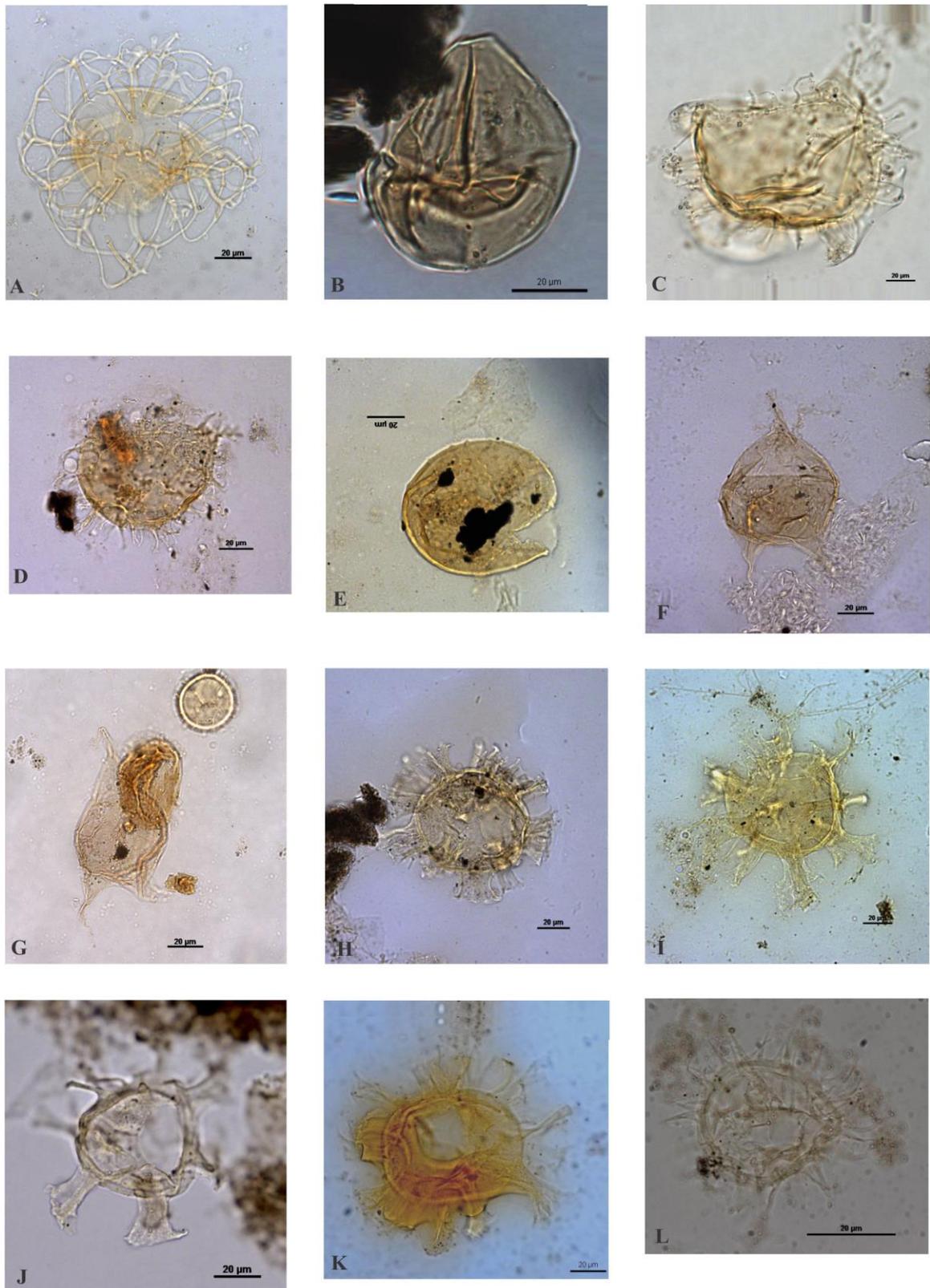


Figura 8 – Cistos de dinoflagelados observados na seção em estudo. (A) *Adnatosphaeridium buccinum*, (B) *Alisogymnium euclaense*, (C- D) Cisto de dinoflagelado próximo-corado, (E) *Batiacasphaera* sp., (F) *Cerodinium* sp., (G) *Cerodinium diebelii*, (H) *Cordosphaeridium exilimurum* sp1, (I) *Cordosphaeridium inodes*, (J) *Cordosphaeridium* sp. 2, (K) *Cordosphaeridium exilimurum*, (L) *Impletosphaeridium* spp. Escala 20 µm.

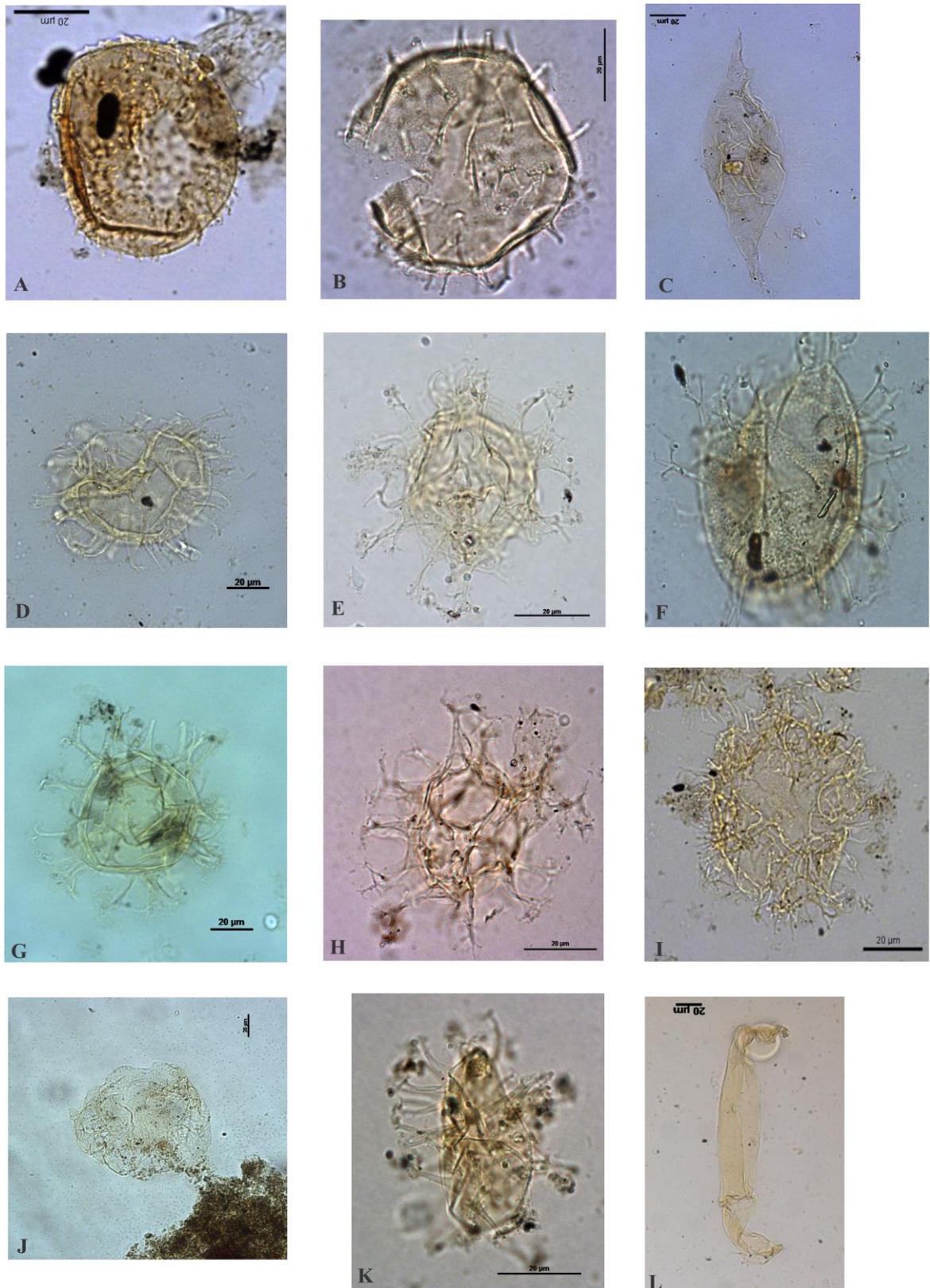


Figura 9 - Cistos de dinoflagelados observados na seção em estudo. (A) *Operculodinium israelianum*, (B) *Operculodinium centrocarpum*, (C) *Paleocystodinium* spp., (D) *Polysphaeridium* spp., (E) *Spiniferites* spp., (F) *Hafniasphaera fluens*, (G) *Spiniferites* sp., (H) *Spiniferites* spp., (I) *Cleistosphaeridium placacanthum*, (J) *Membranophoridium* spp., (K) *Tanyosphaeridium* spp., (L) *Yolkinigymnium lanceolatum*. Escala 20 µm.

Cronoestratigrafia	Botelho Neto (1996) / Arai & Botelho Neto (1996, margem sul-sudeste / Lana & Roesner (2002), margem equatorial/ Ferreira (2004), sub-bacia de Sergipe/Fauth et al. (2012), bacia de Santos	Ferreira (2004), sub-bacia de Sergipe/Fauth et al. (2012), bacia de Santos	Regali et al. (1974a), bacias sedimentares brasileiras		Albertão et al. (1994c)/ Regali et al. (1974a), bacia da Paraíba	Sarkis (2002) Sarkis et al. (2002), bacia da Paraíba	Fauth (2000), bacia da Paraíba	Koutsoukos (1998), bacia da Paraíba	Grassi (2000), bacia da Paraíba	
	ZONAS DE CISTOS DE DINOFLAGELADOS	ZONAS DE MIÓSPOROS	ZONAS DE MIÓSPOROS E CISTOS DE DINOFLAGELADOS		ZONAS DE MIÓSPOROS E CISTOS DE DINOFLAGELADOS	ZONAS DE CISTOS DE DINOFLAGELADOS	ZONAS DE OSTRACODES	ZONAS DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS	ZONAS DE NANOFÓSSEIS CALCÁRIOS	
Paleoceno	<i>Cerodinium diebelii</i>	<i>Echitricolpites communis</i>	<i>Proxapertites operculatus</i>	<i>Apectodinium homomorphum</i>	<i>Apectodinium homomorphum</i>	Intervalo II	<i>Paracosta recifensis</i>	P2	ND5	
							<i>Paracypris jonesi</i> <i>Cytheropteron</i> sp. 1	P1c	?	
								<i>C. piacabucensis</i> <i>S. laciniosa</i>	P1a/P1b	Estéril
									Pa superior	
Maastrichtiano superior	<i>Dinogymnium</i> spp. <i>Yolkinigymnium lanceolatum</i>	<i>Gabonisoris vigourouxii</i>	<i>Crassitricolporites brasiliensis</i>	<i>Proteacidites longispinosus</i>	<i>Tricornites elongatus</i>	Indeterminado	<i>Cytherella</i> cf. <i>ovoidea</i>	<i>P. hantkeninoides</i>	<i>Micula murus/ Micula prinsii</i>	
								Intervalo I		

Figura 10 – Zonas de palinomorfos, em destaque, reconhecidas para a seção Maastrichtiano superior-Paleoceno da bacia da Paraíba e a integração destas com o zoneamento de Regali et al. (1974a), proposto para as bacias sedimentares brasileiras, e zoneamentos locais propostos para a Pedreira Poty.

O LIMITE CRETÁCEO-PALEÓGENO (K-Pg)

A localização do limite K-Pg, na pedreira Poty, ainda é um tema bastante discutido e controverso, e foi foco de estudo de diversos trabalhos (Albertão 1993; Albertão *et al.*, 1994c; Koutsoukos, 1996ab; Koutsoukos, 1998; Fauth 2000; Grassi, 2000; Sarkis 2002; Sarkis *et al.*, 2002; Lima *et al.*, 2002; Andrade *et al.*, 2010). A primeira localização do limite K-Pg foi apontada por Albertão (1993), em uma fina e contínua camada de margas, a camada I, a partir de evidências micropaleontológicas e geoquímicas. Em consideração à relevância do contato entre as formações Gramame e Maria Farinha, o autor detalhou uma sequência de 14 camadas, identificadas com as letras de A a N, nas proximidades do mesmo (Fig.11). Dentre as evidências paleontológicas são mencionadas as extinções de táxons representantes dos grupos dos foraminíferos e palinórfos (Albertão, 1993; Albertão *et al.*, 1994c). São significativas, também nessa definição as ocorrências de anomalias geoquímicas, particularmente, de Irídio (Albertão, 1993; Albertão & Martins Jr., 1996a), além de COT (Albertão, 1993; Albertão & Martins Jr., 1996a) e Flúor (Marini *et al.*, 2000). Menciona-se, ainda, a presença de esférulas, algumas englobando fluorita (Albertão *et al.*, 1994b; Albertão & Martins Jr., 1996a; Marini *et al.*, 2000), e fragmentos de quartzo com lamelas retilíneas (Albertão *et al.*, 1994b; Albertão & Martins Jr., 1996a), interpretadas como feições de impacto (Alvarez *et al.*, 1995; Schulte *et al.*, 2010).

Outro ponto para a passagem K-Pg foi determinado no topo da camada B, com o registro das primeiras ocorrências de foraminíferos planctônicos danianos (Albertão *et al.*, 1994c; Koutsoukos, 1996ab;

Koutsoukos, 1998). Subsequentemente, análises bioestratigráficas com base em ostracodes e dinoflagelados (Fauth, 2000; Sarkis, 2002) sugeriram, da mesma forma, no topo da camada B, a localização da passagem Cretáceo-Paleógeno (Fig.11).

Novas contribuições de análises geoquímicas e bioestratigráficas com base em palinórfos, foraminíferos e nanofósseis calcários, assim como o aprofundamento dos debates, apresentam a posição da passagem K-Pg no topo da camada C, no contato entre as formações Gramame e Maria Farinha (Lima *et al.*, 2002; Albertão & Martins Jr., 2006; Andrade *et al.*, 2010).

Neste trabalho, o limite K-Pg foi observado entre 16,2 e 17,1 m, no intervalo equivalente às camadas C a F, estéril, resultado, possivelmente, dos eventos catastróficos que marcaram essa passagem. Em 16,2 m foram registradas as últimas ocorrências dos táxons típicos do Cretáceo, com destaque para os dinoflagelados do gênero *Dinogymnium* (Fig.6). A partir de 17,1m foram identificadas as primeiras ocorrências de palinórfos característicos do Paleoceno, com destaque para a espécie de cisto de dinoflagelado *Damassadinium californicum* (Fig. 6). Outros táxons são citados nessa seção, como os grãos de pólen *Echitricolpites communis* e *Proxapertites operculatus* (Figs. 4 e 5). As últimas ocorrências dos cistos de dinoflagelados do gênero *Yolkinigymnium* e da espécie *Alisogymnium euclaense* (Figs. 8 e 9), assim como dos grãos de pólen *Crassitricolporites brasiliensis*, *Aquilapollenites magnus*, *Gabonispuris* spp., *Ariadnaesporites spinosus*, *Crassitriapertites uesugui* (Figs. 4 e 5), palinórfos representativos do Maastrichtiano, também são bioeventos considerados interessantes na determinação da passagem K-Pg, na pedreira Poty.

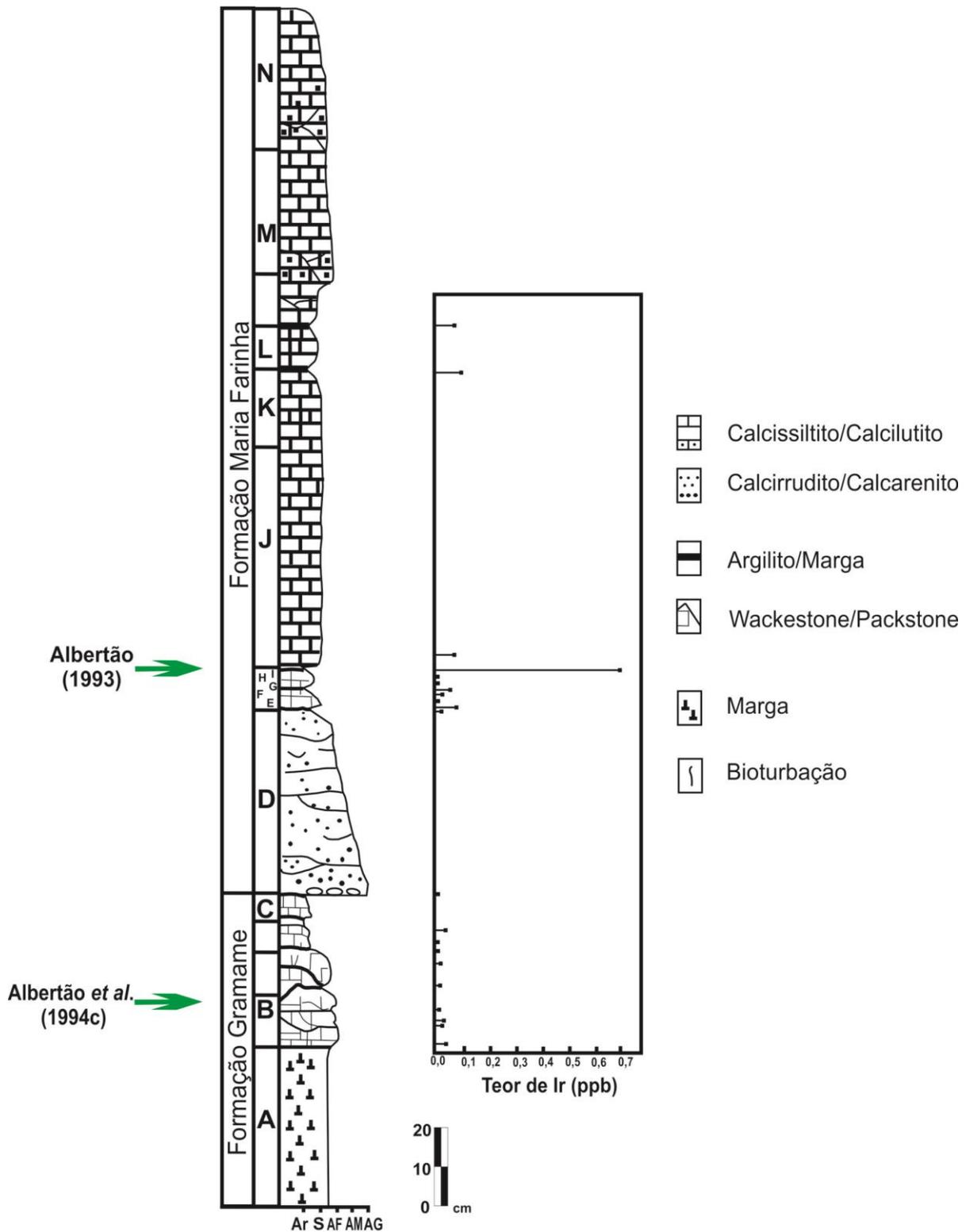


Figura 11 – Perfil das camadas limites da passagem K-Pg, mostrando as propostas de localização desse limite conforme os trabalhos de Albertão (1993) e Albertão *et al.* (1994c). No presente trabalho, a transição K-Pg está entre as camadas **D e F**. Modificado de Albertão (1993); Albertão *et al.* (1994).

CONCLUSÕES

Foram reconhecidas as zonas *Crassitricolporites brasiliensis*, *Gabonispuris vigourouxii*, de miósporos, e *Dinogymnium acuminatum*, *Yolkinigymnium lanceolatum*, de cistos de dinoflagelados, datando, como Maastrichtiano superior, a maior parte dos afloramentos avaliados. Na porção superior da pedreira Poty, apenas, foi reconhecido o Paleógeno, com base na identificação das zonas *Proxapertites operculatus* e *Echitricolpites communis*, de miósporos, e *Cerodinium diebelii*, de cistos de dinoflagelados.

Na pedreira Poty, o limite Cretáceo-Paleógeno foi observado entre 16,2 e 17,1 m, intervalo estéril e equivalente às camadas C a F.

Agradecimentos

Ao PRH ANP/FINEP/UFPE pela bolsa de estudo e apoio logístico concedido através do PRH-26. Ao Programa de Pós-Graduação da UFPE e LAGESE pela disponibilização dos laboratórios e materiais utilizados no decorrer das análises. À PETROBRAS/UO-SEAL/EXP/SE, por ter proporcionado as condições necessárias para o desenvolvimento deste trabalho. Ao Museu Nacional do Rio de Janeiro, em nome do Dr. Marcelo Carvalho, pelas discussões acerca dos cistos de dinoflagelados. À Fundação Paleontológica Phoenix, em particular ao Dr. Wagner Souza Lima, pela cessão das amostras para a realização do presente estudo. Os agradecimentos estendem-se aos orientadores Dr. Mário Ferreira de Lima Filho e Me. Paulo Roberto Silva Santos.

REFERÊNCIAS

- Abreu, W.S.; Regali, M.S.P. & Shimabukuro, S. 1986. O Terciário da plataforma continental do Maranhão e Pará, Brasil: bioestratigrafia e evolução paleoambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiania, Anais, SBG, 1,131-144.
- Albertão, G.A. 1993. Abordagem interdisciplinar e epistemológica sobre as evidências do limite Cretáceo-Terciário, com base em leituras efetuadas no registro sedimentar das bacias da costa leste brasileira. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, 2 Volumes, 251p.
- Albertão, G.A.; Koutsoukos, E.A.M. & Regali, M.P.S.; Attrep Jr., M.; Martins Jr., P.P. 1994a. The Cretaceous-Tertiary boundary in Southern low-latitude regions: preliminary study in Pernambuco, northeastern Brazil. *Terra Research*, 6: 366-375.
- Albertão, G.A.; Martins Jr.; P.P. Koutsoukos, E.A.M. 1994b. O limite Cretáceo-Terciário na bacia de Pernambuco/Paraíba: característica que define um marco estratigráfico relacionado com um evento catastrófico de proporções globais. *Acta Geológica Leopoldensia*, 17 (39/1): 203-219.
- Albertão, G.A.; Regali, M.P.S.; Koutsoukos, E.A.M.; Martins Jr., P.P. 1994c. O registro micropaleontológico, com base em foraminíferos e palinórfos, no limite Cretáceo-Terciário (K-T), bacia de Pernambuco/Paraíba (PE/PB), nordeste do Brasil – Inferências Paleambientais. *Acta Geológica Leopoldensia*, 17 (39/1): 131-145.
- Albertão, G.A. & Martins Jr. 1996a. Stratigraphic record and geochemistry of the Cretaceous-Tertiary (K-T) boundary in the Pernambuco-Paraíba (PE/PB) basin northeastern Brazil. In: Jardiné, S.; Klsasz, I. & Debenay, J.P. (Eds.), *Géologie de l'Afrique et de*

- L'Atlantique Sud*. Actes colloques Angers, 1: 403-411.
- Albertão, G.A. & Martins Jr., P.P. 2006. Estratos Calcários da Pedreira Poty (Paulista), PE: Evidências de Evento Catastrófico no primeiro Registro do Limite K-T descrito na América do Sul. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, 102: 1-14.
- Albertão, G. A., Regali, M. S. P., Koutsoukos, E. A. M. & Martins Jr., P. P., 1994a. O registro micropaleontológico, com base em foraminíferos e palinómorfos, no limite Cretáceo-Terciário na Bacia Pernambuco/Paraíba, Nordeste do Brasil – inferências paleoambientais. *Acta Geológica Leopoldensia*, 17(39/1): 131-145.
- Albertão, G.A.; Martins Jr., P.P. Koutsoukos, E.A.M. 1994b. O limite Cretáceo-Terciário na bacia de Pernambuco/Paraíba: característica que define um marco estratigráfico relacionado com um evento catastrófico de proporções globais. *Acta Geológica Leopoldensia*, 17(39/1): 203-219.
- Albertão, G.A., Regali, M.P.S.; Koutsoukos, E.A.M.; Martins Jr., P.P. 1994c. O registro micropaleontológico, com base em foraminíferos e palinómorfos, no limite Cretáceo-Terciário (K-T), bacia de Pernambuco/Paraíba (PE/PB), nordeste do Brasil – Inferências Paleambientais. *Acta Geológica Leopoldensia*, 17 (39/1): 131-145.
- Alvarez, W. Claeys, P., Kieffer. S.W. 1995. Emplacement of Cretaceous–Tertiary boundary shocked quartz from Chicxulub crater. *Science*, 269: 930-935.
- Andrade, G.C.C.A. 2010. Nanofósseis Calcários do Maastrichtiano Superior ao Daniano do Poço Poty, Bacia da Paraíba, Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado,
- Pós-Graduação em Geociências, UFPE, 92 p.
- Andrade, G.C.C, Galm, P.C., Lima Filho, M. F. 2010. Nanofósseis Calcários do Maastrichtiano Superior ao Daniano do Poço Poty, Bacia da Paraíba, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*. 20(2): 65-80.
- Andrade, G,C,C & Oliveira, M.A. 2013. Bioestratigrafia e paleoecologia dos nanofósseis calcários e palinómorfos do Maastrichtiano superior ao Daniano da bacia da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, Gramado, RS, Anais, 36p.
- Arai, M. 1992. Dinoflagellates from the middle Cretaceous in the offshore Campos Basin, southeastern Brazil. In: Simpósio Sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras, 2, Rio Claro, resumos expandidos, 27-29.
- Arai, M. 1994. Dinoflagelados do Cretáceo Superior (Turoniano – Maastrichtiano) da Bacia de Campos, plataforma continental do Sudeste Brasileiro. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 3, Rio Claro, *Boletim de Resumos*, 59-61.
- Arai, M. & Botelho Neto, J. 1996. Biostratigraphy of the marine Cretaceous of the southern and southeastern Brazilian marginal basins, based on dinoflagellates. *Sam News*, 6: 15-16.
- Ashraf, A.R. & Stinnesbeck, W. 1988. Pollen and spores an der Kreide-Tertiar grenze in staate Pernambuco, NE Brasil. *Palaeont. ABT. b*, 208 (1-3): 39-51.
- Barbosa, J.A. 2004. Evolução da Bacia da Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 230p.
- Barbosa, J.A. 2007. A deposição carbonática na faixa costeira Recife-

- Natal: aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos. Tese de Doutorado, Centro de tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 107-114.
- Barbosa, J.A., Sales Viana, M.S., Neumann, V.H. 2006. Paleoambientes e Icnofácies da Sequência Carbonática da Bacia da Paraíba (Cretáceo-Paleogeno), Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 36: 73-90.
- Brinkhuis, H. & Zachariasse, W.J. 1988. Dinoflagellate cysts, sea level changes and planktonic foraminifers across the Cretaceous-Tertiary boundary at El Haria, Northwest Tunisia. *Mar. Micropaleontol.* 13 (2): 153-191.
- Carvalho, M. A. 2001. Paleoambiental reconstruction based on palynological and palynofacies analyses of the Aptian – Albian succession in the Sergipe Basin, northeastern Brazil. 150f. Tese de Doutorado - Universidade de Heidelberg, Heidelberg, (Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Naturwissenschaftlich-thematischen Gesamtfakultät der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg).
- Dino, R.1992. Palinologia, Bioestratigrafia e Paleoecologia da Formação Alagamar-Cretáceo da Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da USP, 299p.
- Fauth, G. 2000. The Cretaceous-Tertiary (K-T) boundary ostracodes from the Poty Quarry, Pernambuco-Paraíba Basin, northeastern Brazil: systematics biostratigraphy, palaeoecology and palaeobiogeography. Tese de Doutorado, Ruprecht-Karls-Universität, 157p.
- Fauth, F.; Colin, J.; Koutsoukos, E.A.M.; Bengtson, P. 2005. Cretaceous–Tertiary boundary ostracodes from the Poty quarry, Pernambuco, northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 19: 285–305.
- Fauth, G.; Santos, A. S.; Vieira, C. E. L.; Bergue, C. T.; Musacchio, E.A.; Ferreira, E. P.; Helenes, J.; Carvalho, M.A; Viviers, M.C.; Fauth, S. B. 2012. Bioestratigrafia integrada do Cretáceo Superior da Bacia de Santos: ostracodes, carófitas e palinomorfos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 20 (1/2): 229-258.
- Feijó, F. P.1994. Bacia Pernambuco-Paraíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8 (1): 143 – 148.
- Fensome R.A.; MacRae R.A.; Williams G.L. 2008. DINOFLAJ2, Version 1. American Association of Stratigraphic Palynologists, Data Series no.1. Disponível em <http://dinoflaj.smu.ca> > Acesso em 23.09.2016.
- Fensome, R.A.; Williams, G.L.; MacRae, R.A. 2009. Late Cretaceous and Cenozoic fossil dinoflagellates and other palynomorphs from the Scotian Margin, offshore eastern Canada. *Journal of Systematic Palaeontology*, 1-79.
- Ferreira, E.P. 2004. Palinostratigrafia e Caracterização de paleoambientes da seção Paleocênica-Eocênica da Bacia de Sergipe. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 68-69 p.
- Fischer, T.V.; Souza, P. A.; Helenes, J.; Arai, M. 2013. Associações palinológicas do Paleógeno da Bacia de Pelotas (Poço BP-1, Brasil) e seu significado estratigráfico. São Paulo, UNESP, *Geociências*, 32 (4): 677-695.
- Grassi, A.A. 2000. O limite Cretáceo-Terciário nas bacias de Pernambuco-Paraíba e Campos: um estudo multidisciplinar com ênfase na

- bioestratigrafia de nanofósseis calcários Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 246p.
- Hansen, J. M. 1977. Dinoflagellate stratigraphy and echinoid distribution in Upper Maastrichtian and Danian deposits from Denmark. *Bull. Geol. Soc. Den.* 26:1-26.
- Hardenbol, J.; Thierru, J.; Farley, M. B.; Jacquin, T.; Graciansky, P. C. de & Vail, P.R. 1998. Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Framework of European Basins. In: Graciansky, P. C.de; Hardenbol, J.; Jacquin, T. & Vail, P. R. (eds.), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. Tulsa, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 3-13 (SEPM. Special Publication 60).
- Heusser, L. & Balsam, W.L. 1977. Pollen distribution in the Northeast Pacific Ocean. *Quaternary Research*, 7: 4 5-62.
- Jan du Chêne, R. 1977. Palynostratigraphie (Maastrichtian-Eocène inférieur) des Flyschs du Schlieren (Canton d'Obwald, Suisse centrale). *Revue de Micropaléontologie*, 20: 147-156.
- Keller, G., Adatte, T., Hollis, C., Ordóñez, M., Zambrano, I., Jiménez, N., Stinnesbeck, W., Aleman, A., Hale-Erlich, W. 1997b. The Cretaceous-Tertiary boundary event in Equador reduced biotic effects due to eastern boundary current setting. *Marine Micropaleontology*, 31: 97-133.
- Koutsoukos, E.A.M. 1996a. The Cretaceous-Tertiary boundary at Poty, NE Brazil – Event stratigraphy and palaeoenvironments. 1994. In: Jardiné, S.; Klasz, I. & Debenay, J.-P. (eds.) *Géologie de l'Afrique et de l'Atlantique Sud*, 16, Angers, Actes, 1, 413- 431.
- Koutsoukos, E.A.M. 1996b. Phenotypic experiments into new pelagic niches in early Danian planktonic foraminifera: aftermath of the K/T boundary event. In: Hart, M.B. (ed.) *Biotic Recovery from Mass Extinctions Events*. Geological Society, Special Publication, 102, 319-335.
- Koutsoukos, E.A.M. 1998. An extraterrestrial impact in the early Daniano: a secondary K/T boundary event? *Terra Nova*, 10: 68-63.
- Lana, C.C.1997. Palinologia e Estratigrafia Integrada da Seção Cenomaniano MédioTuroniano Inferior da Porção Centro-Leste da Bacia Potiguar, NE do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 39p.
- Lana, C.C. & Botelho Neto. 1989. Evidências de provincialismo entre os dinoflagelados peridinóides do Cretáceo Superior – Paleoceno das bacias de Santos e Potiguar, Brasil. In: Congr. Bra. Paleo, 11, Curitiba, Anais, 353-371.
- Lana, C.C.& Roesner, E. H. 2002. Bio-cronoestratigrafia de dinoflagelados da seção cretácea marinha das bacias do Ceará e Potiguar, Margem Equatorial Brasileira. In: Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil, 6, São Pedro, *Boletim de Resumos*, 239-245.
- Lima, M.R. 1985. Primeiros Resultados Palinológicos de Sedimentos da Bacia Costeira Pernambuco-Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 9, Fortaleza, *Anais*, 10p.
- Lima, F.H.O. 2002. Análise Estratigráfica Integrada do Maastrichtiano (Formação Gramame) da Bacia de Pernambuco-Paraíba – NE do Brasil: Caracterização Faciológica e Evolução Paleambiental. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, xxip.

- Lima, M.C.F. & Araújo, M.P. 1993. Preparação de amostras para análises palinológicas. Petrobras/Cenpes, Rio de Janeiro, 13p. (comunicação técnica, SEBIPE, n.34/96).
- Marini, F., Albertão, G.A., Oliveira, A.D., Delício, M.P. 2000. Preliminary SEM and EPMA investigations on KTB spherules from Pernambuco area (NE Brazil): diagenetic apatite and fluorite concretions, suspected fluorine anomalies. In: Detre, C.H. (ed.). *Proc Annual Meet TECOS, 1998*, Budapest, Hungarian Academy of Science, pp 109-117.
- Powell, A. J. 1992. Dinoflagellate cysts of the Tertiary System. In: Powell, A.J. (Ed.). *A Stratigraphic Index of Dinoflagellate Cysts*. Chapman & Hall, London, 155-229.
- Premaor, E. 2011. Palinologia da seção albiana-campaniana da Bacia de Pelotas (RS): implicações bioestratigráficas e paleoambientais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 38-47.
- Regali, M.S.P., Uesugui, N., Santos, A.S. 1974a. Palinologia dos sedimentos MesoCenozóicos do Brasil (I). *Boletim técnico da Petrobras*, 17 (3): 177-191.
- Regali, M.S.P., Uesugui, N., Santos, A.S. 1974b. Palinologia dos sedimentos MesoCenozóicos do Brasil (II). *Boletim técnico da Petrobras*, 17 (4): 263-301.
- Santos, M.E.M; Cassab, R.T; Fernandes, A.C.S.; Campos, D.A.; Brito, I.M.; Carvalho, I.S.; Tinoco, I.M.; Duarte, L.; Carvalho, M.S & Lima, M.R. 1994. The Pernambuco-Paraíba Basin. In: Beurlen, G.; Campos, D.A. & Viviers, M.C. (eds.). *Stratigraphic range of Cretaceous of mega and macrofossils of Brazil*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, 245-272.
- Sarkis, M.F.R.de. 2002. Palinoestratigrafia com Base em Dinoflagelados do Limite Cretáceo-Terciário, Pedreira Poty, Bacia de Pernambuco-Paraíba, Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 32 p.
- Sarkis, M.F.R.; Arai, M. & Koutsoukos, E.A.M. 2002. Dinoflagelados do limite Cretáceo-Terciário (K-T), Pedreira Poty, Bacia de Pernambuco-Paraíba, nordeste do Brasil, Boletim do VI Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil (São Pedro-SP, 28- 1/07/02), UNESP-Rio Claro, 271-277.
- Schulte, P.; Alegret, L.; Arenillas, I.; Arz, J.A.; Barton, P.J.; Bown, P.R.; Bralower, T.J.; Christeson, G.L.; Claeys, P.; Cockell, C.S.; Collins, G.S.; Deutsch, A.; Goldin, T.J.; Goto, K.; Grajales-Nishimura, J.M.; Grieve, R.A.F.; Gulick, S.P.S.; Johnson, K.R.; Kessling, W.; Koeberl, C.; Kring, D.A.; MacLeod, K.G.; Matsui, T.; Melosh, J.; Montanari, J.V. Morgan, C.R. Neal, D.J. Nichols, R.D. Norris, E. Pierazzo, G. Ravizza, Rebolledo-Vieyra, A. M.; Reimold, W.U.; Robin, E.; Salge, T.; Speijer, R.P.; Sweet, A.R.; Urrutia-Fucugauchi, J.; Vajda, V.; Whalen, M.T.; Willumsen, P.S. 2010. The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous–Paleogene boundary *Science*, 327: 1214-1218.
- Sissingh, W. 1977. Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en Mijnbouw*, 56: 37-65.
- Slimani, H.; Louwyeb, S.; Toufiq, A. 2010. Dinoflagellate cysts from the Cretaceous–Paleogene boundary at Ouled Haddou, southeastern Rif, Morocco: bio-

- stratigraphy, paleoenvironments and paleobiogeograph. *Palynology*, 34 (1): 90 –124.
- Souza, E.M. 2006. Estratigrafia da sequência clástica inferior (andares Coniaciano-Maastrichtiano inferior) Bacia da Paraíba, e suas implicações paleogeográficas. Tese de Doutorado, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 350p.
- Stinnesbeck, W., Ashraf, A.R., Perch-Nielsen, K. 1991. Estudos Paleontológicos no Limite Cretáceo-Terciário no Estado de Pernambuco. In: Mabesoone, J.M. (Coord.). Revisão Geológica da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. *Estudos e Pesquisas – Série B*, 10: 141-151.
- Stover, L.E.; Brinkhuis, H.; Damassa, S.P.; De Verteuil, L.; Helby, R.J.; Monteil, E.; Partridge, A.D.; Powell, A.J.; Riding, J.B.; Smelron, M.; Williams, G.L. 1996. Mesozoic Tertiary dinoflagellates, acritarchs and prasinophytes. In: Jansonius, J. & McGregor, D.C. (eds.). *Palynology: Principles and Applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 2, 641-750.
- Țabără, D., Slimani, H., Mare, S., Chira, C.M. 2017. Integrated biostratigraphy and palaeoenvironmental interpretation of the Upper Cretaceous to Paleocene succession in the northern Moldavidian Domain (Eastern Carpathians, Romania), *Cretaceous Research*, doi: 10.1016/j.cretres.2017.04.021.
- Uesugui, N. 1979. Palinologia: técnica de tratamento de amostras. *Boletim técnico da Petrobras*, 22 (4), 229-240.
- Williams, G.L.; Brinkhuis, H.; Pearce, M.A.; Fensome, R.A.; Weegink, J.W. 2004. Southern Ocean and global dinoflagellate cyst events compared: index events for the Late Cretaceous-Neogene. In: EXON, N.F.; KENNETT, J.P.; MALONE, M.J. (eds.). *Proceedings of the Ocean Drilling Program*, Scientific Results, 189, 1-98.
- Williams, G. L. & Bujak, J. P.1985. Mesozoic and Cenozoic dinoflagellates. In: Bolli, H.M, Saunders, J.B. & Perch-Nielsen, K. (Eds.). *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, 847-964.
- Williams, G.L.; Stover, L.E.; Kidson, E.J.1993. Morphology and stratigraphic ranges of selected Mesozoic-Cenozoic dinoflagellate taxa in the Northern Hemisphere. *Geological Survey of Canada Paper*, 92 (10): 137p.