

A espécie *Apectodinium homomorphum* (Dinophyceae, Wetzelielloideae) no contexto biocronoestratigráfico da seção marinha paleógena no Atlântico Sul (Brasil)

Species Apectodinium homomorphum (Dinophyceae, Wetzelielloideae) in the biochronostratigraphic context of the Paleogene marine section in the South Atlantic (Brazil)

¹Eduardo Premaor , ²Elizabete Pedrão Ferreira , ³Paulo Alves de Souza , ⁴Mitsuru Arai 

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, eduardopremaor@gmail.com (Autor correspondente)

²Petrobras/Cenpes, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

³Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

⁴Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Brasil

RESUMO

Ricas e diversificadas assembleias de cistos de dinoflagelados foram recuperadas durante estudos bioestratigráficos da seção paleógena perfurada por poços exploratórios nas bacias de Pelotas e Sergipe-Alagoas, incluindo, particularmente, espécimes de *Apectodinium homomorphum*. Esta pesquisa conduziu a uma nova interpretação da distribuição estratigráfica de *A. homomorphum*, abrangendo do Thane-tiano ao Ypresiano, divergindo de estudos anteriores que a restringiam ao Paleoceno. Esta descoberta implica em revisões nos limites das biozonas epônimas de arcabouços palinoestratigráficos preparados com base em miósporos e cistos de dinoflagelados na margem continental brasileira. Nas seções analisadas, a abundância relativa de *A. homomorphum* é significativa, variando de 30 a 70% em depósitos paleocenos na Formação Calumbi, enquanto na Formação Imbé apresenta percentuais entre 7 e 36% nas rochas do Eoceno inferior. Esses bioeventos de *A. homomorphum*, documentados em ambas as bacias, refletem eventos de aquecimento térmico que ocorreram entre o Paleoceno e o Eoceno em regiões tropicais e subtropicais do Hemisfério Sul.

Palavras-chave: palinologia, cistos de dinoflagelados, palinoestratigrafia, Paleoceno, Eoceno.

ABSTRACT

Rich and diverse assemblages of dinoflagellate cysts were recovered during biostratigraphic studies of the Paleocene-Eocene section drilled by exploratory wells in the Pelotas and Sergipe-Alagoas basins, including, in particular, specimens of *Apectodinium homomorphum*. This research led to a new interpretation of *A. homomorphum*'s stratigraphic distribution of (Thanetian to Ypresian), diverging from previous studies that restricted it to the Paleocene. This conclusion implies revisions to the limits of the eponymous biozones of palynostratigraphic frameworks based on dinoflagellate cysts and miospores from the Brazilian continental margin. In the analyzed sections, *A. homomorphum*'s relative abundance is significant, ranging from 30 to 70% in Paleocene deposits in the Calumbi Formation; while in the Imbé Formation, it displays percentages between 7 and 36% in the lower Eocene rocks. These *A. homomorphum* bioevents, recorded in both basins, reflect thermal warming events that occurred between the Paleocene and Eocene in tropical and subtropical regions of the Southern Hemisphere.

Keywords: palynology, dinoflagellate cysts, palynostratigraphy, Paleocene, Eocene.

1. INTRODUÇÃO

Os representantes do plâncton marinho, particularmente cistos de dinoflagelados preservados no registro sedimentar, são de suma importância por possuírem uma variação morfológica complexa, associados a bioeventos reconhecidos globalmente para estudos bioestratigráficos e paleoceanográficos (Williams e Bujak, 1985; Fensome et al., 1993). O gênero *Apectodinium* corresponde a um cisto de dinoflagelado cosmopolita, cuja distribuição paleobiogeográfica foi controlada pelas condições climáticas e ambientais vigentes no Paleógeno. Sua expressão estratigráfica vem contribuindo para o entendimento da variação das condições físico-químicas das águas superficiais de determinados intervalos do Paleógeno (Bujak e Brinkhuis, 1998; Crouch et al., 2003). Estes microfósseis são encontrados com relativa frequência nas sucessões marinhas do Paleoceno superior e do Eoceno (inferior e médio) em diferentes paleolatitudes (Bujak e Brinkhuis, 1998). A abundância relativa de *Apectodinium* é uma resposta aos eventos termais de aquecimento, Máximo Termal do Paleoceno-Eoceno (*Paleocene-Eocene Thermal Maximum – PETM*), Máximo Termal do Eoceno (*Eocene Thermal Maximum – ETM*) e Ótimo Climático do Eoceno inferior (*Early Eocene Climatic Optimum – EECO*), que constituem episódios relevantes para as correlações estratigráficas globais (Crouch et al., 2003; Sluijs et al., 2007; Röhl et al., 2007; Speijer et al., 2020).

Os bioeventos de aparecimento e desaparecimento de espécies do gênero foram usados para marcar limites de biozonas em zoneamentos biocronoestratigráficos internacionais e correlacionados com aqueles de nanofósseis calcários e foraminíferos planctônicos (Partridge, 1976; Williams, 1977; Costa e Manum, 1988; Powell, 1992; Bujak e Mudge, 1994; Mudge e Bujak, 1996). No Brasil, espécies de *Apectodinium* vêm sendo recuperadas de rochas sedimentares paleógenas, particularmente *A. homomorphum*, espécie epônima da biozona PP-10, posicionada no Paleoceno no arcabouço palinoestratigráfico de Regali et al. (1974a, 1974b). Esta pesquisa discute as ocorrências biocronoestratigráficas de *A. homomorphum* documentadas nas bacias de Pelotas e de Sergipe-Alagoas, localizadas nas margens sul e nordeste do Brasil. Uma análise comparativa das informações relativas às amplitudes estratigráficas observadas em ambas as bacias é apresentada em relação aos demais registros no Brasil, avaliando *A. homomorphum* como espécie guia na definição de limites de biozonas.

2. MÉTODO

Para as discussões de cunho bioestratigráfico foram utilizados dados prévios de poços exploratórios perfurados em seções marinhas paleógenas das bacias de Sergipe-Alagoas (SE-2 = 3-GA-54-SES; SE-5 = 1-SES-106; SE-7 = 1-SES-8; SE-8 = 4-SES-87; SE-11 = 7-DO-19-SES, SE-13 = 1-SES-33) (Ferreira, 2004) e de Pelotas (BP-01 = 2-RSS-1; BP-02 = 1-RSS-2) (Premaor, 2016; Premaor et al., 2023) (Figura 1). Nesta contribuição, os registros de *Apectodinium homomorphum*, documentados em diversas bacias sedimentares marginais brasileiras, foram considerados. O nível de última ocorrência estratigráfica de *A. homomorphum* foi confrontado com os dados biocronoestratigráficos disponíveis de outros grupos de microfósseis: nanofósseis calcários (Gomide, 1989; Antunes, 1997) e foraminíferos planctônicos (Noguti e Santos, 1972; Beurlen, 1982; Feijó, 1994). Foram realizadas correlações com o arcabouço internacional de nanofósseis calcários de Martini (1971) e, no âmbito geocronológico, com a escala de tempo geológico de Gradstein et al. (2020).

Para um panorama global da distribuição estratigráfica de *A. homomorphum*, realizou-se uma síntese dos seus eventos de aparecimento e de desaparecimento a partir das pesquisas de Williams (1977), Châteauneuf e Gruas-Cavagnetto (1978), Wilson (1988), Costa e Manum (1988), Powell (1992), Monteil (2006), Köthe e Piesker (2007) e Bijl et al. (2013) para fins comparativos com as amplitudes estratigráficas registradas no Brasil. Os bioeventos de *A. homomorphum* no Brasil foram confrontados com os arcabouços internacionais e são apresentados na Tabela 1 e nas figuras 2 e 4, servindo como base para as comparações e discussões subsequentes. A lista taxonômica das espécies citadas ao longo do texto é apresentada no Apêndice.

3. *Apectodinium homomorphum*: BIOCROESTRATIGRAFIA GLOBAL

De natureza cosmopolita, as espécies de *Apectodinium* se distribuíram diferenciadamente nas paleolatitudes durante o Paleoceno-Eoceno. Os bioeventos de aparecimento e desaparecimento das espécies, registrados tanto em rochas marinhas aflorantes como em seções de subsuperfície, vêm sendo empregados nas definições de limites de biozonas nos arcabouços de âmbito global ou especificamente em sucessões de bacias sedimentares de ambos os hemisférios.

No zoneamento global proposto para o Mesozoico e Cenozoico por Williams (1977), o aparecimento de *Apectodinium* foi usado para caracterizar a Zona *Ceratiopsis speciosum-Apectodinium*, do Paleoceno

superior. Na síntese dos dados de cistos de dinoflagelados recuperados de sucessões sedimentares, particularmente de altas e médias latitudes, Williams e Bujak (1985) incluíram as amplitudes estratigráficas de *A. homomorphum*, *A. hyperacanthum* e *A. quinquelatum* e as correlacionaram com as zonas internacionais de nanofósseis calcários e foraminíferos planctônicos. As espécies têm o primeiro aparecimento na base Zona NP-9 (Martini, 1971) e dentro da Zona P-4 (Blow, 1969) do Paleoceno superior. As últimas ocorrências das três espécies ocorrem no Eoceno inferior, porém, em níveis de extinção diferentes, não concomitantes, com *A. hyperacanthum*, desaparecendo dentro das zonas NP-10 e P-6, *A. quinquelatum* nas zonas NP-12 e P-7, e *A. homomorphum* dentro das zonas NP-17 e P-14. Stover et al. (1996) sintetizaram os bioeventos de dinoflagelados provenientes de regiões temperadas e ressaltaram a pouca disponibilização de informações de regiões polares e tropicais. Os autores apresentam a amplitude estratigráfica de *A. homomorphum* abrangendo do Thanetiano ao Bartoniano, enquanto *Apectodinium augustum* (atual *Axiodinium augustum*, Williams et al., 2015) se restringe ao Thanetiano.

Nos depósitos de latitudes média e alta, foram identificados *A. homomorphum* e outras espécies do gênero como nos estudos realizados na América do Norte (Fensome et al., 2008; Sluijs e Brinkhuis, 2009; McNeil e Parsons, 2013), na Europa (Caro, 1973; Powell, 1992; Williams e Bujak, 1985; King et al., 2016; Aleksandrova e Shcherbinina, 2011) e na Ásia (Köthe, 1988; Iakovleva et al., 2001; Mehrotra e Singh, 2003; Prasad et al., 2006). Bowman et al. (2016) registrou a ocorrência de *Apectodinium* spp. e *A. homomorphum* na Formação Sobral, Ilha Seymour, Antártica nas zonas NZDP8/NZDP7 que, conforme o arcabouço bioestratigráfico proposto por Crouch et al. (2014), permitiu posicionar aqueles depósitos no Paleoceno superior. No estudo magnetoestratigráfico conduzido no Planalto da Tasmânia por Bijl et al. (2013), a última ocorrência de *A. homomorphum* foi documentada em depósitos da Zona SPDZ7, considerada de idade ipresiana (Figura 2). Em regiões de baixa latitude, *A. homomorphum* foi documentado em estratos do Norte da África (Jan Du Chêne e Adediran, 1984; Bankole et al., 2017) e em rochas depositadas em regiões da Oceania (Partridge, 1976; Brinkhuis et al., 2003; Frieling et al., 2018).

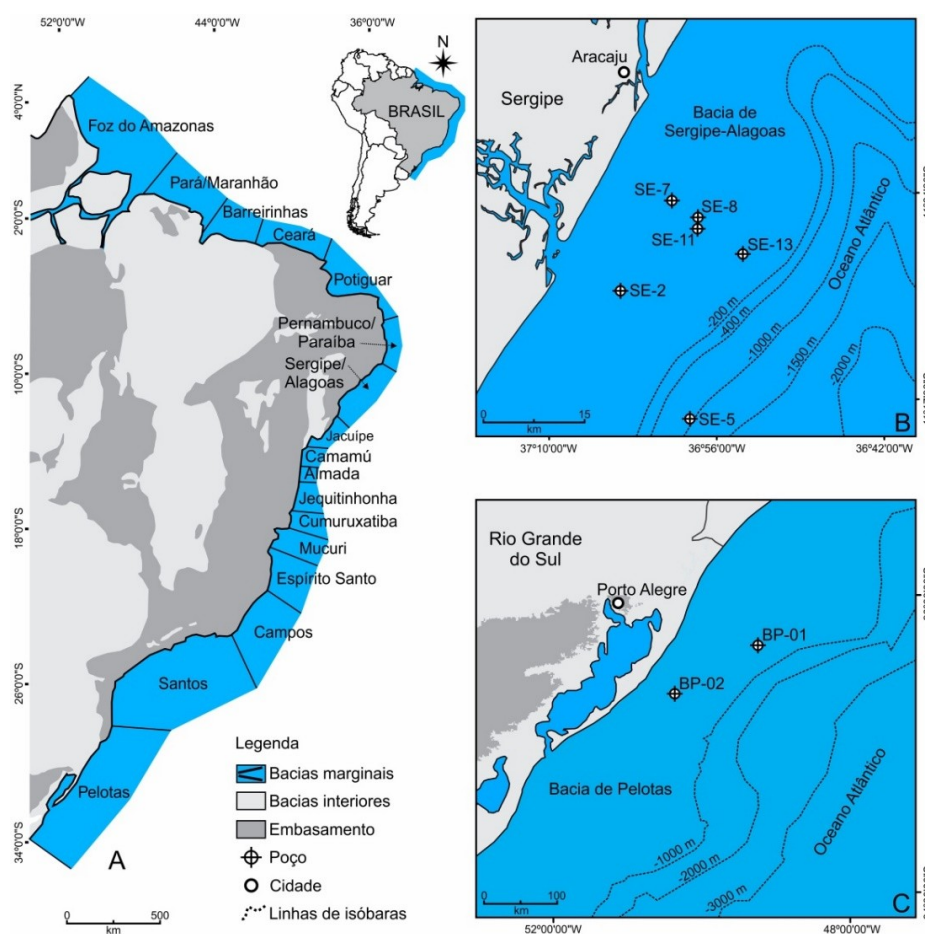


Figura 1. A. Mapa de localização das bacias sedimentares marginais brasileiras (modificado de Milani et al., 2007). B. Mapa de localização dos poços mencionados da Bacia de Sergipe-Alagoas (modificado de Ferreira, 2004). C. Mapa de localização dos poços mencionados da Bacia de Pelotas (modificado de Gomide, 1989).

Sucessões de bioeventos de *Apectodinium* foram usadas para definir limites de zonas como a Zona *Apectodinium hyperacanthum* (Iakovleva e Kulkova, 2003). A Zona D5 proposta por Costa e Manum (1988) tem seu limite inferior marcado pelo aparecimento de *A. augustum*, *A. parvum* e *A. summissum*. A sucessão de bioeventos de aparecimento de *A. homomorphum* e *A. augustum* foi usada, respectivamente, para definir o limite inferior das biozonas de mesmo nome por Powell (1992). Nos estudos de Mudge e Bujak (1996), a última ocorrência de *A. augustum* marca o limite superior da subzona P6a. Köthe (1990) introduziu subdivisões nas zonas D4, D5 e D6 definidas por Costa e Manum (1988).

O aparecimento das espécies *A. augustum*, *A. parvum* e *A. summissum* define o topo da Zona D4 e a Zona D5a contem acmes dessas últimas três espécies e seu limite superior é marcado pelo desaparecimento de *A. augustum*. Köthe (1990) também assinalou um nível de abundância de *Apectodinium* no intervalo compreendido pelas zonas D5 e D6a, Thanetiano-Ypresiano. O bioevento de desaparecimento de *A. homomorphum* nos zoneamentos mencionados ocorre de forma diferenciada dentro do Ypresiano (Châteauneuf e Gruas-Cavagneto, 1978), Lutetiano (Köthe e Piesker, 2007) e Bartoniano (Iakovleva e Kulkova, 2003; Powell, 1992; Costa e Manum, 1988) (Figura 2).

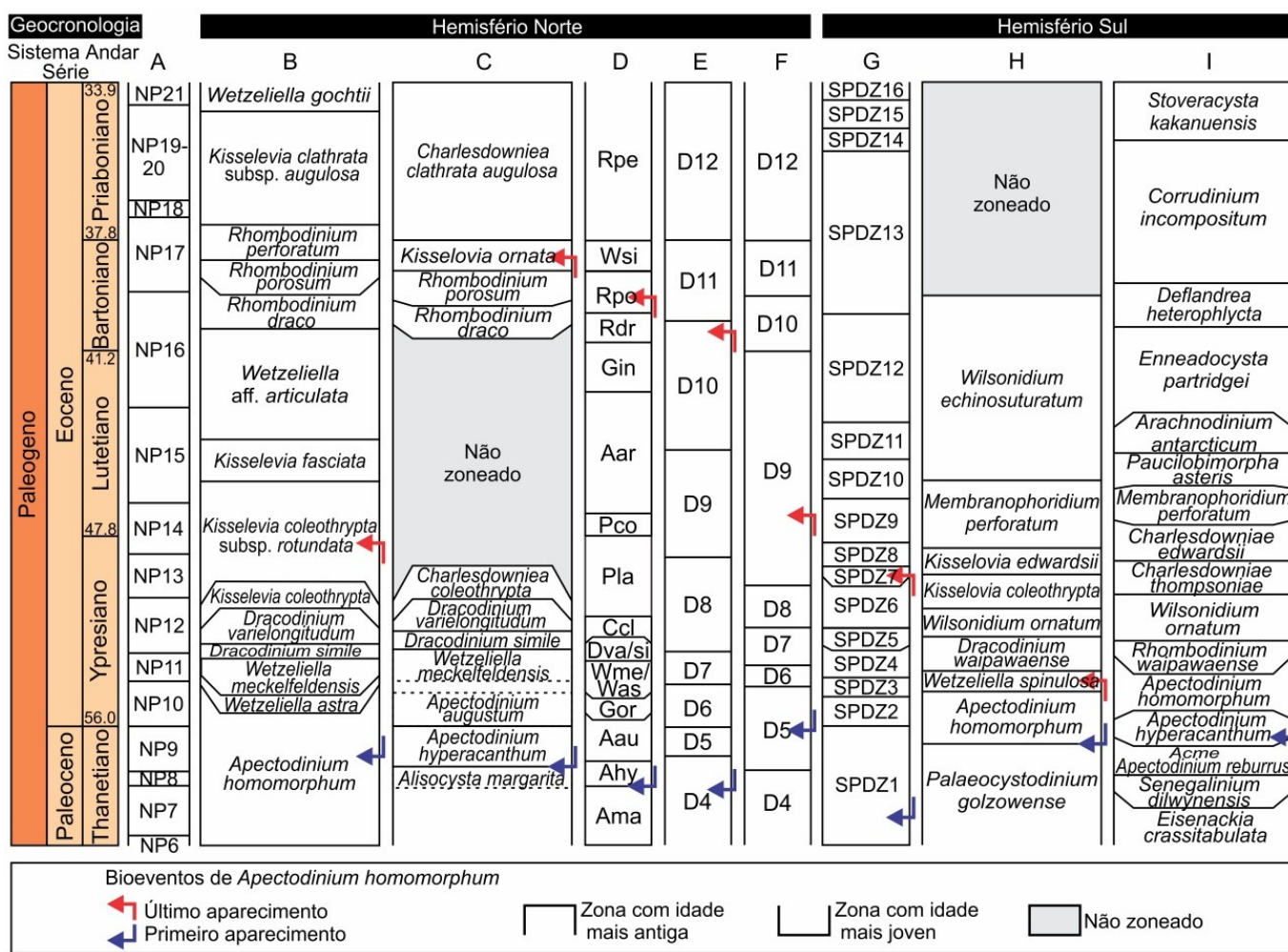


Figura 2. Arcabouços bioestratigráficos internacionais com indicação dos bioeventos de *Apectodinium homomorphum*. **A.** Nanofósseis calcários (Martini, 1971). **B-I.** Dinoflagelados: **B.** Châteauneuf e Gruas-Cavagneto (1978); **C.** Iakovleva e Kulkova (2003); **D.** Powell (1992); **E.** Costa e Manum (1988), **F.** Köthe e Piesker (2007); **G.** Bijl et al. (2013); **H.** Wilson (1988); **I.** Monteil (2006). Geocronologia conforme Gradstein et al. (2020).

4. *Apectodinium homomorphum*: HISTÓRICO BIOCRONOESTRATIGRÁFICO NO BRASIL

Com base em bioeventos de última ocorrência de palinómorfs terrestres e marinhos recuperados de depósitos do Cretáceo ao Plioceno da margem continental brasileira, desde o estado do Paraná até o estado do Amapá, Regali et al. (1974a, 1974b) elaboraram um arcabouço palinoestratigráfico aplicável em todas as bacias costeiras do país. Para o referido arcabouço, que sintetizou o conhecimento palinológico do território brasileiro produzido até 1973, foi eleito um conjunto de fósseis guia, entre eles o cisto de dinoflagelado *Hystrichosphaeridium caiobensis*, cujo epíteto foi derivado do poço 3-CB-1-SE (Campo de Caioba, Sergipe offshore), perfurado na plataforma continental de Sergipe. O bioevento de desaparecimento de *H. caiobensis* definiu o topo da zona epônima, do tipo intervalo diferencial superior, tratada sob o código PP-10. A biozona, restrita ao Paleoceno e integrante da Superzona *Proxapertites operculatus*, teve seu limite inferior definido pelo nível de desaparecimento do grão de pólen *Proteacidites longispinosus* (Biozona PC-66), posicionado estratigraficamente no topo do Maastrichtiano.

Com o uso do arcabouço palinoestratigráfico de Regali et al. (1974a, 1974b) como referência na análise palinológica, as biozonas de arcabouços específicos de cada bacia da margem brasileira vêm sendo ajustadas e redefinidas. Nos estudos palinológicos realizados nas bacias da Foz do Amazonas e de Cassiporé por Regali (1982), a Subzona *H. caiobensis* definida por Regali (1971) foi elevada à categoria de biozona e posicionada no Paleoceno. A substituição do código operacional PP-10 da Zona *H. caiobensis* para código P-510 foi apresentada em Beurlen (1982), que denotou a correlação entre as biozonas brasileiras (palinologia, nanofósseis calcários e foraminíferos planctônicos) com as unidades geocronológicas, biozonas internacionais e os ciclos globais de variações relativas do nível do mar. Na definição das cartas estratigráficas das bacias brasileiras elaboradas em Feijó (1994), o registro de *A. homomorphum* como definidor de biozona (Zona P-510) é mencionado nos arcabouços palinológicos de seções marinhas de cada bacia.

A partir da revisão taxonômica do Plexo *Wetzeliiella* (*Apectodinium*) *homomorpha* realizada por Harland (1979), verificou-se que morfologia do holótipo de *H. caiobensis* detinha os caracteres descritos para *Apectodinium homomorphum*. Assim, o holótipo de *H.*

caiobensis foi tratado sob a nomenclatura *Wetzeliiella homomorpha* na definição da Zona P-510 do estudo palinológico realizado na Bacia de Barreirinhas (Regali et al., 1985). Os dados de poços exploratórios terrestres e marinhos da Bacia de Barreirinhas, que atravessaram sedimentos depositados em mar aberto do Grupo Humberto de Campos, foram integrados em Regali et al. (1985). No esquema zonal proposto para a Bacia Potiguar por Regali e Gonzaga (1985), foi usado o termo *Wetzeliiella homomorpha*, que caracterizou a Zona P-510 em seções cenozoicas da Formação Ubarana.

A nomenclatura *A. homomorphum* foi adotada nos estudos bioestratigráficos de outras bacias brasileiras como da seção cenozoica da Bacia de Santos (Griggs, 1981) e na caracterização de provincialismo entre associações dos cistos de dinoflagelados peridinioides da seção do Cretáceo Superior e Paleoceno das bacias de Potiguar e Santos (Lana e Botelho Neto, 1989). Nos arcabouços palinoestratigráficos das bacias do Espírito Santo, Almada e Plataforma Continental do Maranhão, Regali (1990, 1994) empregou o termo *A. homomorphum* para a Zona P-510. Esse critério foi adotado por Botelho Neto (1996) na caracterização do topo da Palizona G, do Paleoceno, na Bacia do Espírito Santo (Tabela 1). Recentemente, as morfologias dos cistos dos dinoflagelados eleitos para compor o arcabouço palinoestratigráfico de Regali et al. (1974a, 1974b) foram reexaminadas e os espécimes reclassificados por Arai et al. (2024), validando a espécie *A. homomorphum*.

Nos estudos palinológicos executados em intervalos pós-paleocênicos nas bacias de Santos (Griggs, 1981), Sergipe-Alagoas (Ferreira, 2004) e Pelotas (Premaor, 2016; Premaor et al., 2023), *A. homomorphum* foi identificado em intervalos estratigráficos mais novos do que encontrado em pesquisas prévias (Tabela 1). Diante dessa constatação, uma revisão sobre o uso da última ocorrência estratigráfica de *A. homomorphum* na definição do topo da Zona *A. homomorphum* (Zona P-510) de Regali et al. (1974a, 1974b) é aqui questionada. Nos itens subsequentes 4.1 a 4.3 serão apresentadas discussões sobre o comportamento estratigráfico de *A. homomorphum* e outras espécies do gênero a partir das pesquisas mais recentes realizadas nas bacias de Pelotas e Sergipe-Alagoas.

Tabela 1. Síntese das informações de *Apectodinium homomorphum* no Brasil. *Atribuído aqui a *A. homomorphum*.

Táxon	Proveniência	Idade, zona	Referência
<i>*Hystrichosphaeridium caiobensis</i>	Plataforma continental do Amapá e Sergipe, Bacia de Sergipe/Alagoas	Paleoceno, <i>H. caiobensis</i> (PP-10)	Regali et al. (1974a, 1974b)
<i>*Hystrichosphaeridium caiobensis</i>	Bacia do Ceará	Paleoceno, <i>H. caiobensis</i>	Regali (1980)
<i>Apectodinium homomorphum</i>	Bacia de Santos	Eoceno médio	Griggs (1981)
<i>*Wetzeliella homomorpha</i>	Bacia Potiguar	Paleoceno, <i>W. homomorpha</i> (P-510)	Regali e Gonzaga (1985)
<i>*Wetzeliella homomorpha</i>	Bacia de Barreirinhas	Paleoceno, <i>W. homomorpha</i> (P-510)	Regali et al. (1985)
<i>Apectodinium homomorphum</i>	Bacias Potiguar e Santos	Paleoceno, <i>A. homomorphum</i>	Lana e Botelho Neto (1989)
<i>Apectodinium homomorphum</i>	Plataforma continental do Maranhão, bacias de Almada e Espírito Santo	Paleoceno, <i>A. homomorphum</i>	Regali (1990)
<i>Apectodinium homomorphum</i>	Plataforma continental do Maranhão	Paleoceno, <i>A. homomorphum</i>	Regali (1994)
<i>Apectodinium homomorphum</i>	Bacia do Espírito Santo	Paleoceno, G	Botelho Neto (1996)
<i>Apectodinium homomorphum</i>	Bacia de Sergipe	Eoceno inferior, <i>M. fimbriatum</i> ; Paleoceno superior, <i>A. hyperacanthum</i>	Ferreira (2004)
cf. <i>Apectodinium homomorphum</i>	Bacia de Pelotas	Paleoceno-Eoceno?	Fischer et al. (2013)
<i>Apectodinium homomorphum</i>	Bacia de Pelotas	Eoceno inferior, ZBl	Premaor (2016)
<i>Apectodinium homomorphum</i>	Bacia de Pelotas	Eoceno inferior, ZBl	Premaor et al. (2023)

4.1. *Apectodinium homomorphum* na Bacia de Pelotas

As informações de *A. homomorphum* são provenientes da análise palinológica realizada em poços exploratórios na Bacia de Pelotas (Premaor, 2016; Premaor et al., 2023), localizada na porção mais meridional do Brasil, entre os paralelos 28°S e 34°S, com extensão de 210.000 km² (Figura 1). Durante o Paleoceno-Eoceno, a bacia estava localizada em paleolatitudes médias, sob paleoclima subtropical e com sedimentação em mar aberto influenciada por intenso fluxo de terrígenos e águas frias do Oceano Sul. A sedimentação foi controlada pela evolução geodinâmica envolvendo a abertura da Passagem Oceânica Drake, separação da Austrália da Antártica e deslocamento da Austrália em direção oeste (Golonka et al., 1994; Ford e Golonka, 2003).

Exemplares de *A. homomorphum* foram identificados em depósitos do Eoceno inferior caracterizados pela Zona *Biconidinium longissimum* (ZBl)

nos dois poços analisados (Figura 3), enquanto no intervalo Paleoceno, até o momento, espécimes do gênero não foram recuperados. Essa ausência pode ser explicada pela presença de discordâncias na região dos poços estudados, como por exemplo, no poço 1-SCS-2, porção norte da Bacia de Pelotas (Gomide, 1989; Bueno et al., 2007; Premaor et al., 2023). Na seção do referido poço, a discordância é evidenciada pelo posicionamento dos estratos do Eoceno sobre rochas cretáceas. No poço BP-02, inserida em arenitos finos a grossos e argila cinza-escura da Formação Cidreira, depositados em sistemas de leques costeiros que progradam sobre a plataforma em ambiente nerítico (Dias et al., 1994), a ocorrência de *A. homomorphum* é pouco frequente. Situação oposta foi verificada na Formação Cidreira, unidade interdigitada com os depósitos da Formação Imbé presente no poço BP-01. Esta formação é composta por folhelhos, siltitos e argilitos cinza esverdeados com camadas de arenito turbidítico depositadas em ambiente marinho profundo

(batial) (Dias et al., 1994). Os estratos do Paleoceno-Eoceno inferior fazem parte da Sequência Depositional Transgressiva, que engloba alternância de fases transgressivas e regressivas com erosões associadas. *A. homomorphum*, em ambos os poços, ocorre na Sequência Estratigráfica E30-E40, do Ypresiano, caracterizada por Bueno et al. (2007).

De acordo com Premaor (2016), a última ocorrência de *A. homomorphum* ocorre no topo da Zona *Biconidinium longissimum* (ZBI), do Eoceno inferior. Associado à *A. homomorphum* sucedem bioeventos relevantes para bioestratigrafia como aqueles de desaparecimento das espécies de *Biconidinium longissimum*, *Cerodinium dartmoorium*, *Hafniasphaera septata* e *Muratodinium fimbriatum* (Premaor, 2016; Premaor et al., 2023). A correlação dos bioeventos palinológicos com os intervalos caracterizados pelas zonas de nanofósseis

calcários mostrou que *A. homomorphum* tem sua última ocorrência em depósitos marcados pela Zona *Discoaster diastypus* (N-410) no poço BP-01 (testemunho, prof. 3.056,75 m), enquanto no poço BP-02 (intervalo 2.715,00-2.730,00 m), correspondente a Zona *Marthasterites tribrachiatatus* (corr. nom. *Tribrachiatatus orthostylus*) (N-420), ambas as zonas de nanofósseis calcários do Ypresiano (Figura 4). Este andar é confirmado quando se confronta as zonas de nanofósseis calcários N-410 e N-420 com o empilhamento zonal proposto por Martini (1971), onde o nível de desaparecimento de *D. diastypus* ocorre no topo da Zona NP10 (Agnini et al., 2007) e a última ocorrência de *T. orthostylus* no limite das zonas NP12/NP13, zonas do Ypresiano (Agnini et al., 2014). Até o presente estudo apenas outra espécie do gênero, *Apectodinium quinquelatum*, foi documentada nos estratos do Ypresiano marcado pela Zona N-420 na Bacia de Pelotas.

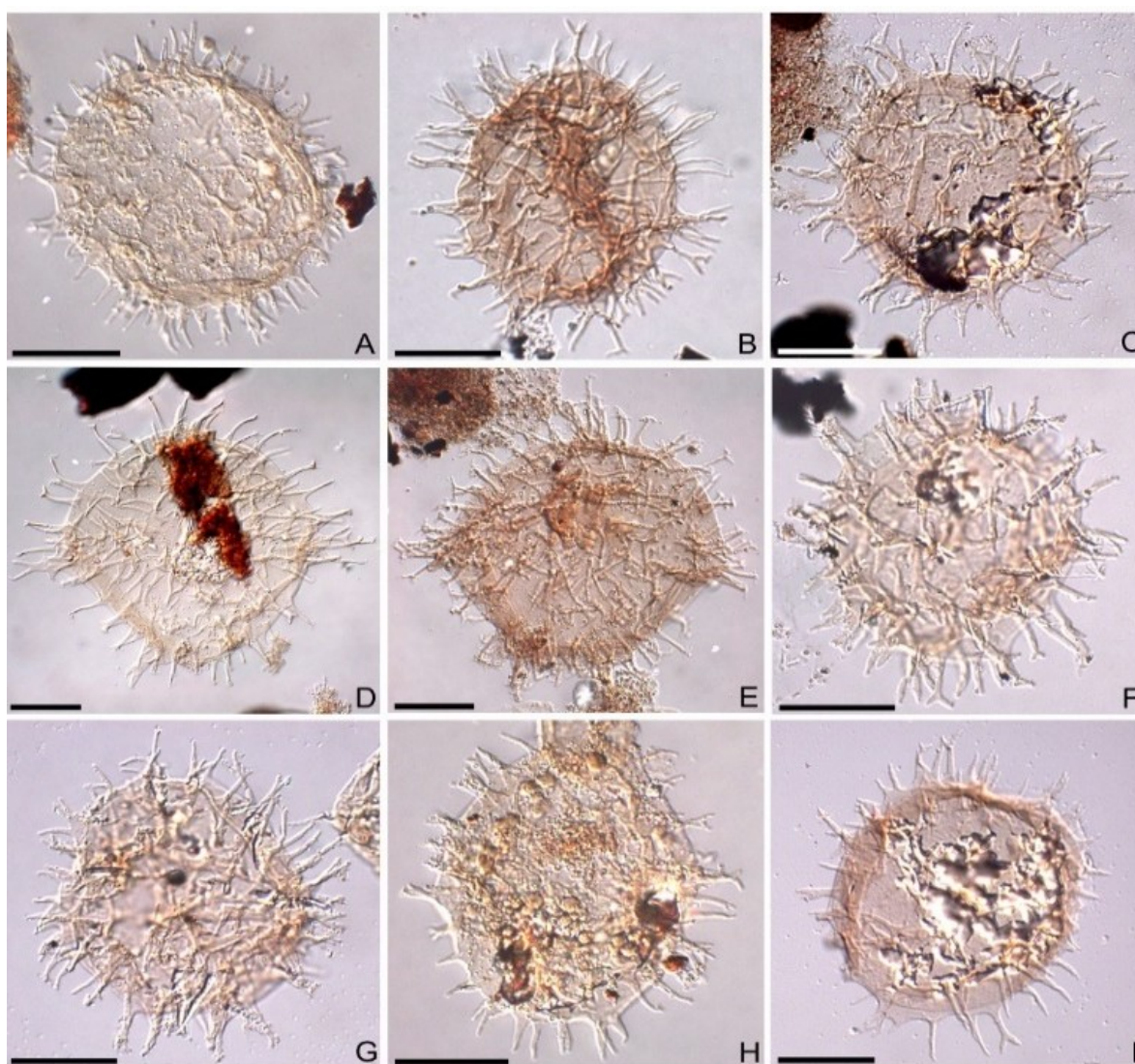


Figura 3. Fotomicrografias de espécimes selecionados de *Apectodinium homomorphum*, Bacia de Pelotas. **A.** Poço BP-02, profundidade 2.745,00-2.760,00 m, coordenada England Finder N34/4. **B.** BP-01, 3.058,65 m, D61/1. **C.** BP-01, 3.058,65 m, C58. **D.** BP-02, 3.000,00-3.015,00 m, H37/1. **E.** BP-02, 2.985,00-3.000,00 m, R36/2; **F.** BP-01, 3.059,60 m, W50. **G.** BP-01, 3.059,60 m, K55/4. **H.** BP-01, 3.058,54 m, L39/3. **I.** BP-01, 3.058,65 m, B32. Escala gráfica = 20 μ m.

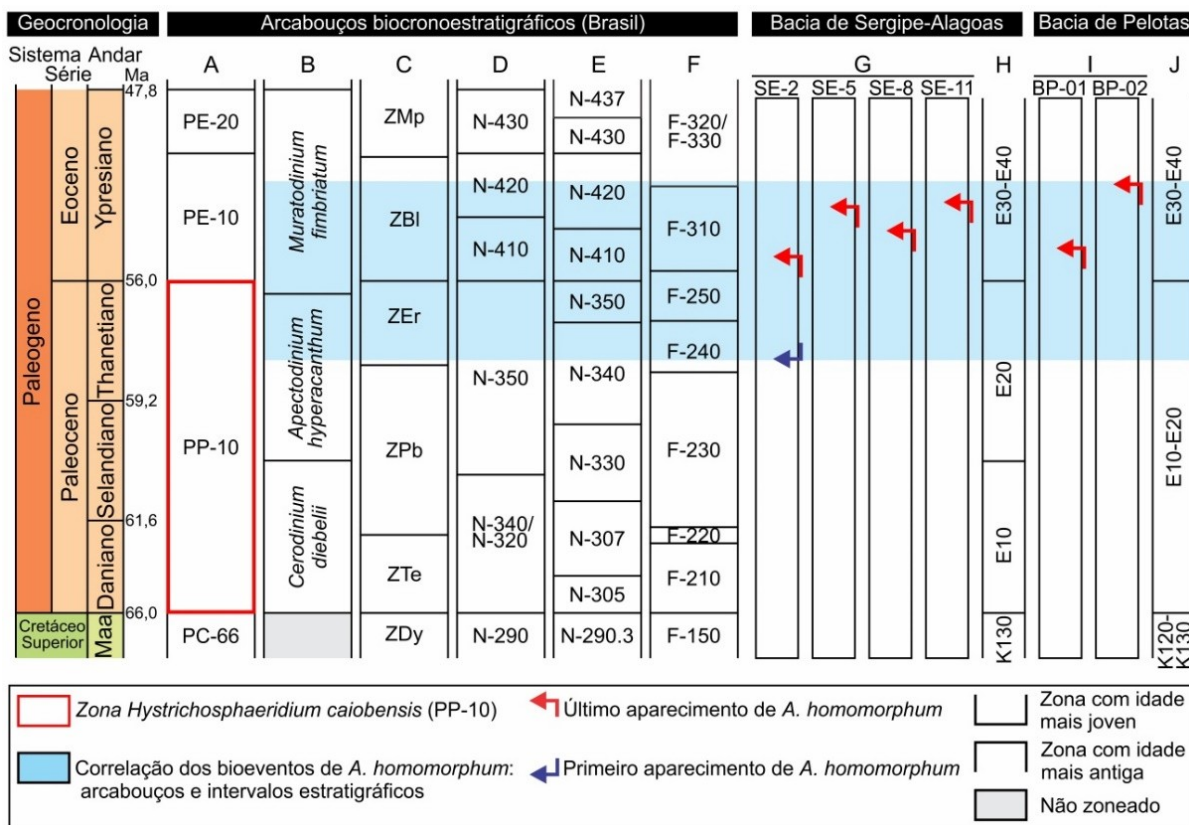


Figura 4. Arcabouços micropaleontológicos elaborados para a margem continental brasileira, correlação e indicação dos bioeventos de *Apectodinium homomorphum*. **A-C.** Palinologia: **A.** Regali et al. (1974a, 1974b); **B.** Ferreira (2004); **C.** Premaor (2016). **D, E.** Nanofósseis calcários: **D.** Gomide (1989); **E.** Antunes (1997). **F.** Foraminíferos (Noguti e Santos, 1972). **G.** Bioeventos de *A. homomorphum* em poços selecionados (Ferreira, 2004). **H.** Sequências estratigráficas (Campos Neto et al., 2007). **I.** Bioeventos de *A. homomorphum* em poços selecionados (Premaor, 2016; Premaor et al., 2023). **J.** Sequências estratigráficas (Bueno et al., 2007). Geocronologia conforme Gradstein et al. (2020).

No poço BP-01, o nível de abundância de *Apectodinium homomorphum* (36%) foi documentado nos depósitos da Formação Imbé na Zona ZBI (Premaor et al., 2023) (Figura 5). A Zona ZBI é cronoequivalente a N-410 e sobrepõe os depósitos paleocênicos. Os registros de *A. homomorphum* estão associados a formas gonyalacoides do gênero *Spiniferites* e da espécie *Hystrichosphaeridium salpingophorum*. Subordinadamente, encontram-se *Kallosphaeridium biornatum* e formas dos gêneros *Adnatosphaeridium* e *Cordosphaeridium*. Outros palinóforos foram registrados, tais como frequentes palinoforaminíferos, além de raros e pouco diversificados esporóforos.

As rochas da Formação Cidreira presentes na Zona ZBI no poço BP-02 são cronoequivalentes à parte da Zona N-420, que recobrem os estratos paleocênicos, denotando uma inconformidade evidenciada pela ausência da Zona-410. Associadas à *Apectodinium*, ocorrem gonyalacoides *Areoligera* spp., *Kallosphaeridium brevisbarbatum*, *Glaphyrocysta retiintexta* e peridinóides *Senegalium dilwynense* e *Deflandrea oebisfeldensis*.

4.2. *Apectodinium homomorphum* na Bacia de Sergipe-Alagoas

Nas associações de cistos de dinoflagelados recuperadas da seção paleógena marinha do sul da Bacia de Sergipe-Alagoas, *A. homomorphum* foi registrado em seis poços perfurados no Baixo de Mosqueiro (SE-2, SE-5, SE-7, SE-8, SE-11, SE-13) (Figura 6). A bacia, localizada entre as latitudes 9°S e 11°S e longitudes 37°W e 35°W, tem 350 km de extensão e 35 km de largura, totalizando 42.400 km², ocupando uma posição paleogeográfica de baixa latitude durante o Paleogeno (Feijó, 1995) (Figura 1).

O registro mais antigo de *A. homomorphum* foi observado no testemunho 3 do poço SE-2, composto por folhelhos e arenitos turbidíticos do Campo de Guaricema depositados em ambiente batial superior/nerítico profundo. Esses depósitos foram posicionados no neopaleoceno com base na caracterização da Zona *Apectodinium hyperacanthum*, cronocorrelata às zonas de nanofóssil calcário N-340 e de foraminífero planctônico F-240 (Ferreira, 2004) (Figura 4). Outras espécies do gênero, *A. paniculatum*, *A. summissum*, *A.*

parvum e *A. quinquelatum*, foram identificadas nos testemunhos 1, 2 e 3 desse poço, consistindo os registros mais antigos. As espécies *A. cornufruticosum*, *A. hyperacanthum* e exemplares mal preservados, atribuídos tentativamente à *Apectodinium*, foram identificados em amostras de calha no intervalo compreendido pelas zonas N-330 e F-230, interpretado como desmoronados (Figura 7).

A ocorrência mais nova de *A. homomorphum* foi recuperada nos estratos da Zona *Muratodinium fimbriatum*, do Ypresiano, nos poços SE-5 e SE-11, intervalo correlacionável à Zona N-420 (Figura 4). Os depósitos contendo esses bioeventos de última ocorrência integram a Sequência Estratigráfica E30-E40 (Figura 4).

O maior número de espécies do gênero *Apectodinium* foi observado nos estratos paleocênicos do poço SE-5, localizado mais distalmente da costa e faz parte da Sequência Estratigráfica E20 (Paleoceno superior) (Figura 7). Entre as espécies de *Apectodinium*, apenas *A. homomorphum* apresenta-se abundante, perfazendo 30-60% da associação nos poços SE-2 (Figura 5) e SE-5, e alcançando mais 70% da associação nos poços SE-7 e SE-8, documentadas em amostras de calha. Essas abundâncias foram registradas nos estratos do intervalo correspondente das zonas F-250, N-350 e parte superior da Zona *A. hyperacanthum* do Paleoceno superior, dentro da Sequência Estratigráfica E20, como ilustrado no poço SE-2 (figuras 4 e 5).

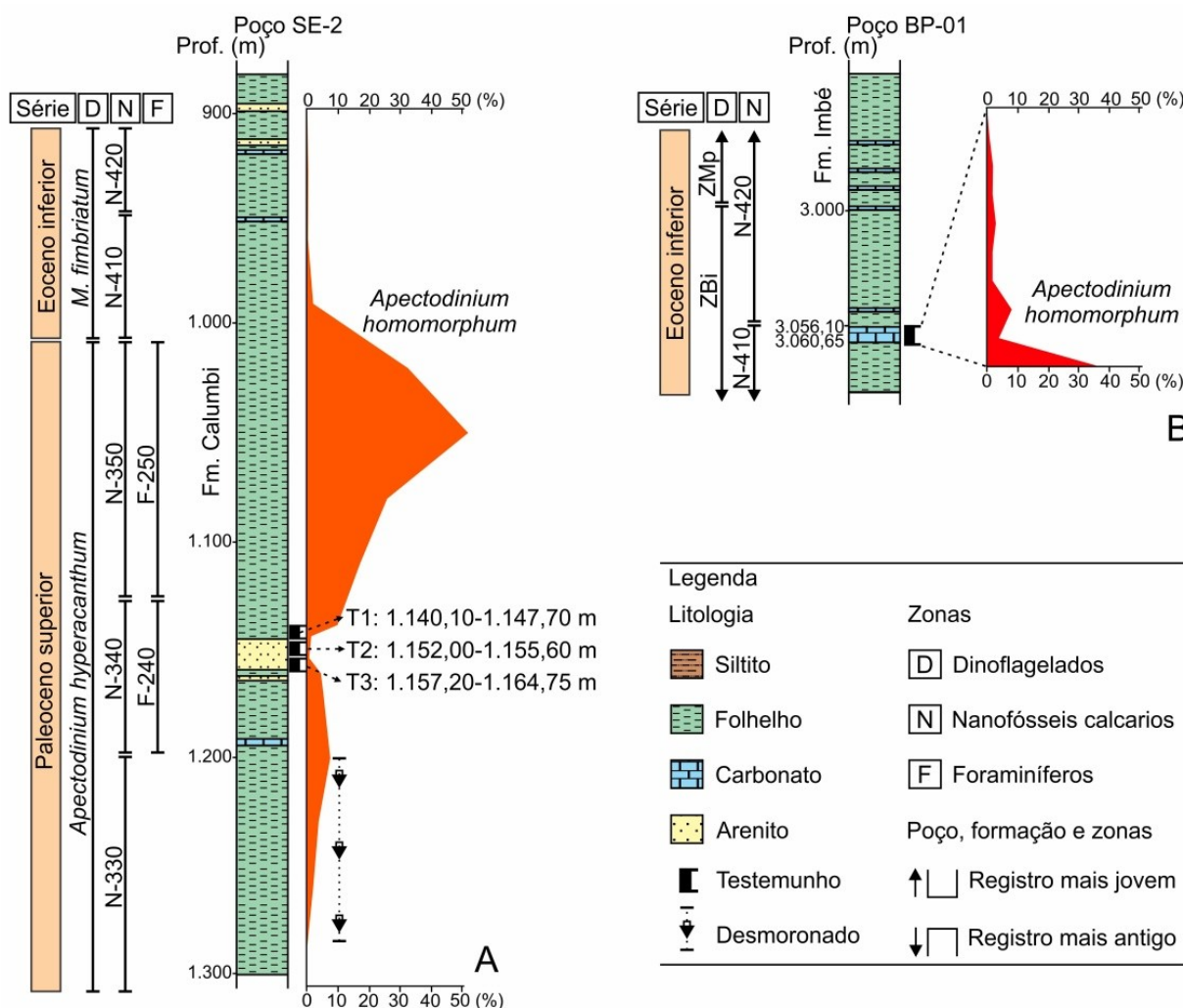


Figura 5. Registros da abundância relativa de *Apectodinium homomorphum*, seções de poços selecionados. **A.** Bacia de Sergipe-Alagoas. **B.** Bacia de Pelotas.

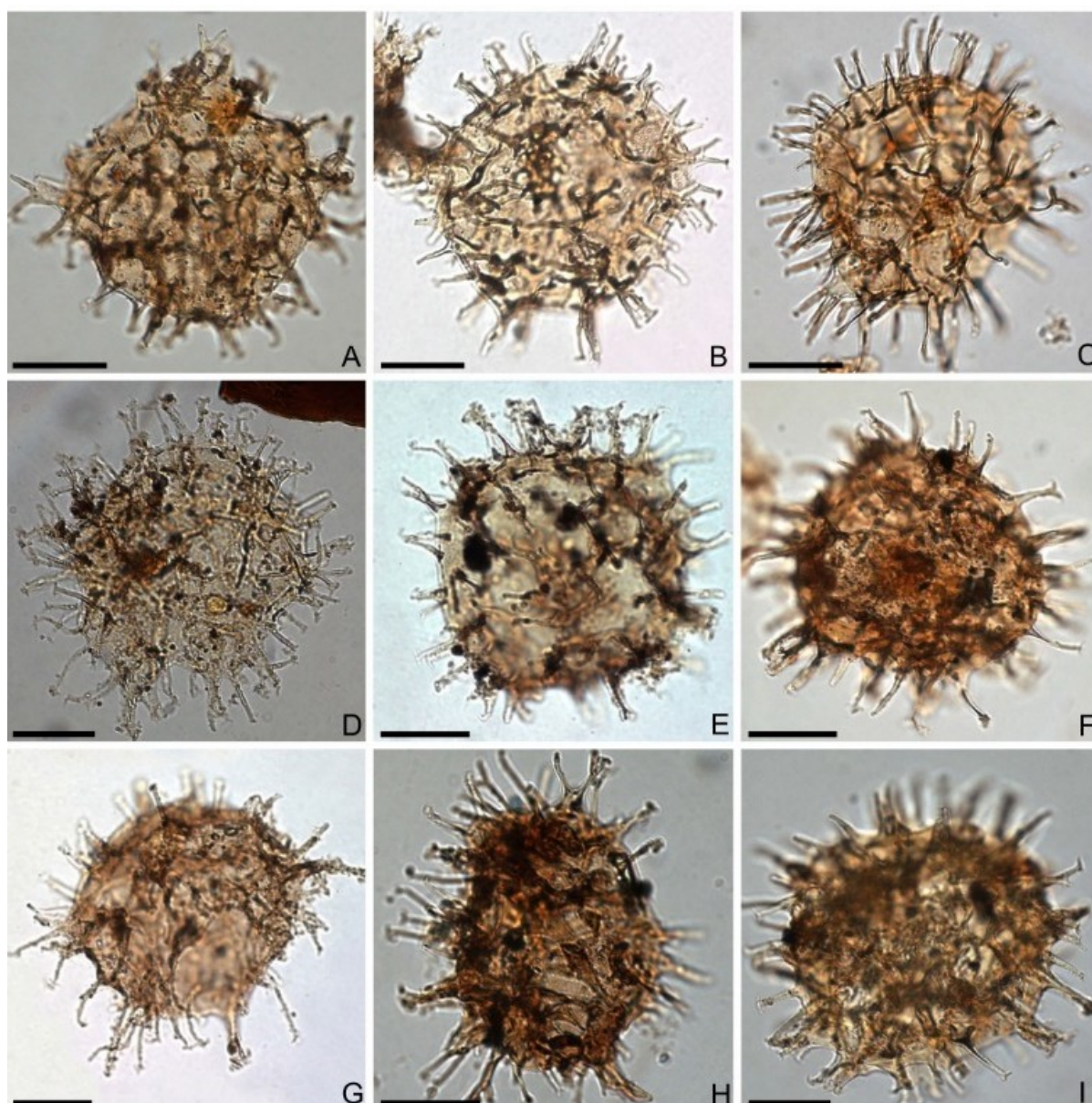


Figura 6. Fotomicrografias de espécimes selecionados de *Apectodinium homomorphum*, Bacia de Sergipe-Alagoas. **A.** Poço SE-2, profundidade 1.080,00-1.092,00 m, coordenada England Finder Q47. **B.** SE-2, 1.050,00-1.062,00 m, U42/1. **C.** SE-7, 1.179,00 m, K55. **D.** SE-2, 1.050,00-1.062,00 m, N43/4. **E.** SE-2, 1.020,00-1.032,00 m, N49/1. **F.** SE-2, 1.139,00-1.140,00 m, L46/1. **G.** SE-2, 1.020,00-1.032,00 m, Q62/4. **H.** SE-2, 1.050,00-1.062,00 m, K44/2. **I.** SE-2, 1.050,00-1.062,00 m, X40/4. Escala gráfica = 20 μ m.

4.3. Implicações biocronoestratigráficas no Brasil

Até o presente estudo, a ocorrência mais antiga de *A. homomorphum* foi registrada na Bacia de Sergipe-Alagoas, nos sedimentos do Paleoceno superior (Thanetiano) da Formação Calumbi. Este bioevento é cronoestratigraficamente correlacionável aos intervalos das zonas de nanofóssil calcário N-340 e foraminífero planctônico F-240 do Thanetiano. Os registros de *Apectodinium* em intervalos mais antigos (Selandiano e Daniano) em amostras de calha foram interpretados como desmoronados na bacia. O registro mais novo de *A. homomorphum* foi observado em depósitos siliciclásticos do Eoceno inferior (Ypresiano) dentro das zonas de

dinoflagelados *Muratodinium fimbriatum* (Bacia de Sergipe-Alagoas) e *Biconidinium longissimum* (Bacia de Pelotas), sendo correlacionáveis à biozona de nanofóssil calcário N-420 em ambas as bacias.

O impacto do registro de *A. homomorphum* em seções do Thanetiano ao Ypresiano implica em futuras reavaliações dos limites de biozonas em outras bacias do Brasil, que utilizam o bioevento de última ocorrência estratigráfica deste dinoflagelado. Nesse cenário, apontam-se os bioeventos das demais espécies do gênero como potenciais formas acessórias ou mesmo na formulação de novas proposições de zoneamentos biocronoestratigraficos para as bacias sedimentares brasileiras. Entretanto, ainda subsistem

questionamentos sobre a amplitude estratigráfica de *A. homomorphum*, uma vez que a espécie foi registrada por

Griggs (1981) em depósitos do Eoceno médio na Bacia de Santos.

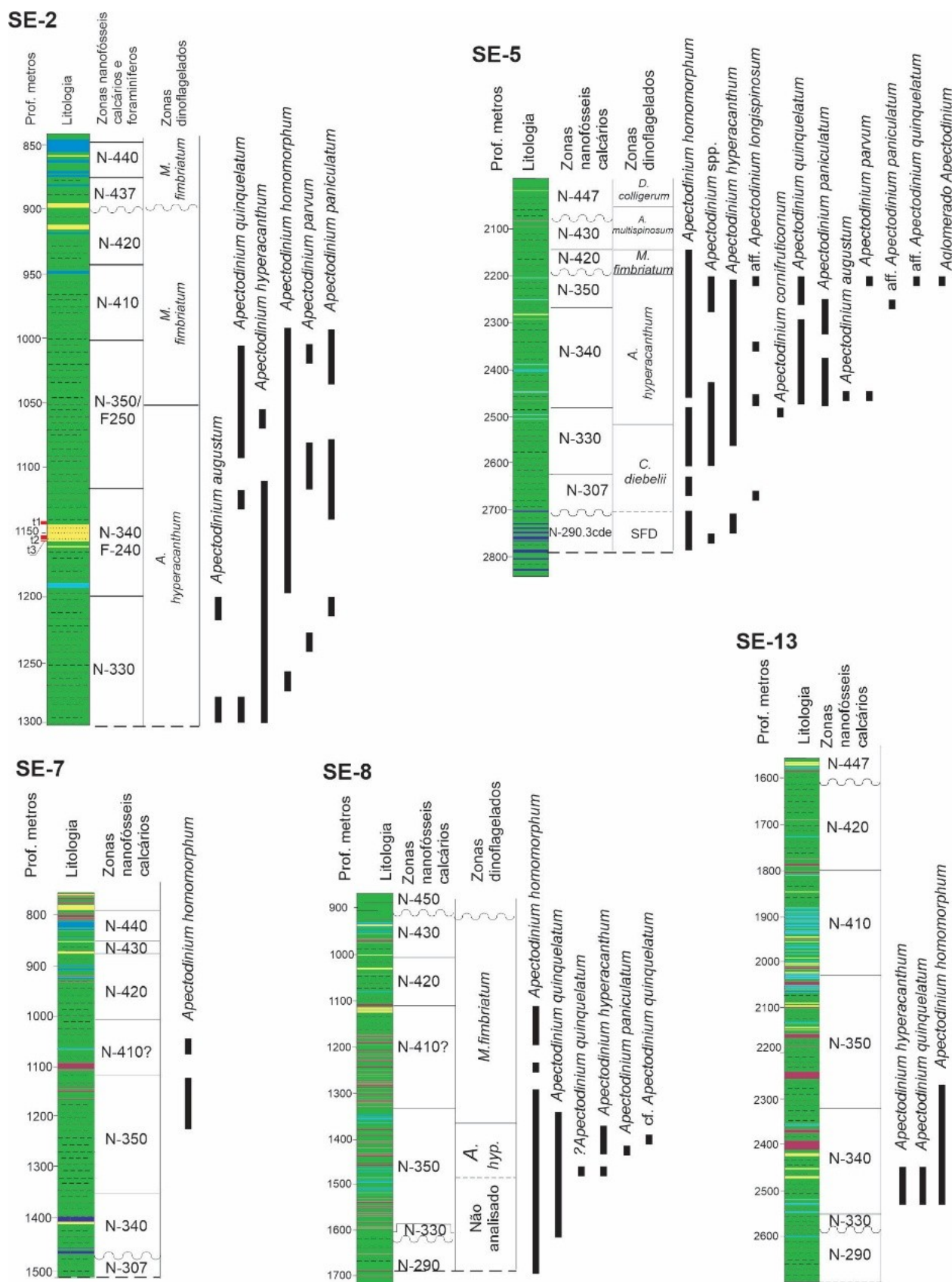


Figura 7. Amplitude estratigráfica de espécies do gênero *Apectodinium* documentadas nos poços SE-2, SE-5, SE-7, SE-8 e SE-13 perfurados na Bacia de Sergipe-Alagoas, conforme Ferreira (2004).

5. CONCLUSÃO

Os dados palinológicos registrados na seção paleógena das bacias de Pelotas e Sergipe-Alagoas impactam no dimensionamento da amplitude estratigráfica do gênero *Apectodinium*, em particular a de *A. homomorphum*, consequentemente na definição do limite superior da Zona P-510, que usou o bioevento de desaparecimento de *A. homomorphum*. No presente estudo verificou-se que a ocorrência estratigráfica mais antiga da espécie encontra-se em testemunho no Thanetiano na Bacia de Sergipe-Alagoas. O bioevento de aparecimento de *A. homomorphum* ocorre em nível cronocorrelato com os intervalos das zonas de nanofóssil calcário N-340 e foraminífero planctônico F-240, sendo o bioevento de aparecimento compatível com aqueles dos arcabouços palinológicos internacionais. O bioevento de desaparecimento de *A. homomorphum* em ambas as bacias foi documentado em depósitos do Ypresiano, no intervalo estratigráfico correspondente à Zona N-420. Com base nos resultados confrontados de ambas as bacias em discussão, no cenário conformado de um diacronismo, evidenciado pelo desaparecimento de *A. homomorphum*, não seria indicado o uso da Zona P-510 conforme definida na década de 70. Estas constatações implicam em futuras revisões das definições de biozonas caracterizadas no intervalo Paleógeno do Brasil.

Apêndice:

Lista de táxons citados: Cistos de dinoflagelados (D), grão de pólen (P), nanofósseis calcários (N).

Apectodinium cornufruticosum Islam, 1983 (D)
Apectodinium homomorphum (Deflandre e Cookson, 1955) Lentin e Williams, 1977 emend. Harland, 1979 (D)
Apectodinium hyperacanthum (Cookson e Eisenack, 1965) Lentin e Williams, 1977 (D)
Apectodinium paniculatum (Costa e Downie, 1976) Lentin e Williams, 1977 (D)
Apectodinium parvum (Alberti, 1961) Lentin e Williams, 1977 emend. Harland, 1979 (D)
Apectodinium quinquelatum (Williams e Downie, 1966) Costa e Downie, 1979 (D)
Apectodinium summissum (Harland, 1979) Lentin e Williams, 1981 (D)
Axioidinium augustum (Harland, 1979) Williams et al., 2015 (D)
Biconidinium longissimum Islam, 1983 (D)
Cerodinium dartmoorium (Cookson e Eisenack, 1965) Lentin e Williams, 1987 (D)
Deflandrea oebisfeldensis Alberti, 1959 (D)

Glaphyrocysta retiintexta (Cookson, 1965) Stover e Evitt, 1978 (D)
Hafniasphaera septata (Cookson e Eisenack, 1967) Hansen, 1977 (D)
Hystrichosphaeridium salpingophorum Deflandre, 1935 (D)
Kallosphaeridium biornatum Stover, 1977 emend. Jan du Chêne et al., 1985 (D)
Kallosphaeridium brevibarbatum Coninck, 1969 emend. Jan du Chêne et al., 1985 (D)
Muratodinium fimbriatum (Cookson e Eisenack, 1967) Drugg, 1970 (D)
Senegalinium? dilwynense (Cookson e Eisenack, 1965) Stover e Evitt, 1978 (D)
Proteacidites longispinosus Jardiné e Magloire, 1965 (P)
Discoaster diastypus Bramlette e Sullivan, 1961 (N)
Tibrachiatus orthostylus Shamrai, 1963 (N)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agnini, C., Fornaciari, E., Raffi, I., Catanzariti, R., Pälike, H., Backman, J., e Rio, D., 2014, Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes: Newsletters on Stratigraphy, v. 47, n. 2, p. 131-181, doi: <https://doi.org/10.1127/0078-0421/2014/0042>.
- Agnini, C., Fornaciari, E., Raffi, I., Rio, D., Röhl, U., e Westerhold, T., 2007, High-resolution nannofossil biochronology of middle Paleocene to early Eocene at ODP Site 1262: implications for calcareous nannoplankton evolution: Marine Micropaleontology, v. 64, p. 215-248, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2007.05.003>.
- Aleksandrova, G.N., e Shcherbinina, E.A., 2011, Stratigraphy and Paleoenvironmental Interpretation of the Paleocene-Eocene Transition in the Eastern Crimea: Stratigraphy and Geological Correlation, v. 19, n. 4, p. 424-449, doi: <https://doi.org/10.1134/s0869593811040022>.
- Antunes, R.L., 1997, Introdução ao estudo dos nanofósseis: Série Didática, Rio de Janeiro, p. 1-115.
- Arai, M., Premaor, E., Lana, C.C., e Ferreira, E.P., 2024, Revisão taxonômica das espécies de cistos mencionadas por Regali, Uesugui e Santos (1974): Revista Brasileira de Paleontologia, v.27, n. 4, p. 1-16, doi: <https://doi.org/10.4072/rbp.2024.4.0492>.
- Bankole, S., Schrank, E., Erdtmann, B.D., Akande, S., Adekeye, O., Olobaniyi, S., Dublin-Green, O., e Akintola, A., 2017, Palynological evidence (*Apectodinium*) of the Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM) event in the sediments of the Oshosun Formation, Eastern Dahomey Basin, Southwest Nigeria, in Runge, J., 2017: The African Neogene - Climate, Environments and People, p. 53-60.

- Beurlen, G., 1982, Bioestratigrafia e geostória da seção marinha da margem continental brasileira: Boletim Técnico da Petrobras, v. 25, n. 2, p. 77-83.
- Bijl, P.K., Guerstein, G.R., Sanmiguel Jaimés, E.A., Sluijs, A., Casadio, S.A., Valencia, V., Amenábar, C.R., e Encinas, A., 2021, Campanian-Eocene dinoflagellate cyst biostratigraphy in the Southern Andean foreland basin: Implications for Drake Passage throughflow: *Andean Geology*, v. 48, n. 2, p. 185-218, doi: <http://dx.doi.org/10.5027/andgeoV48n2-3339>.
- Bijl, P.K., Sluijs, A., e Brinkhuis, H., 2013. A magneto- and chemostratigraphically calibrated dinoflagellate cyst zonation of the early Palaeogene South Pacific Ocean: *Earth-Science Reviews*, v. 124, p. 1-31, doi: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.04.010>.
- Blow, W.H., 1969, Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal Biostratigraphy, in *Proceedings, International Conference on Planktonic Microfossils*, 1st, v. 1, p. 199-422.
- Botelho Neto, J., 1996, Porção Norte da plataforma de Regência, Bacia do Espírito Santo: caracterização palinoestratigráfica e evolução paleoambiental. [Dissertação de Mestrado]: Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 163 p.
- Bowman, V., Ineson, J., Riding, J., Crame, J., Francis, J., Condon, D., Whittle, R., e Ferraccioli, F., 2016, The Paleocene of Antarctica: Dinoflagellate cyst biostratigraphy, chronostratigraphy and implications for the palaeo-Pacific margin of Gondwana: *Gondwana Research*, v.38, p. 132-148, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gr.2015.10.018>.
- Brinkhuis, H., Sengers, S., Sluijs, A., Warnaar, J., e Williams, G.L., 2003, Latest Cretaceous-earliest Oligocene and Quaternary dinoflagellate cysts, ODP site 1172, East Tasman Plateau: *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, v. 189, p. 1-48, doi: <http://dx.doi.org/10.2973/odp.proc.sr.189.106.2003>.
- Bujak, J.P., e Mudge, D.C., 1994, A high-resolution North Sea Eocene dinocyst zonation: *Journal of the Geological Society*, v. 151, p. 449-462, doi: <https://doi.org/10.1144/gsjgs.151.3.0449>.
- Bujak, J.P., e Brinkhuis, H., 1998, Global warming and dinocyst changes across the Paleocene/Eocene Epoch boundary, in Aubry, M.P., Lucas, S.G. e Berggren, W.A., 1998: Late Paleocene-early Eocene climatic and biotic events in the marine and terrestrial records, p. 277-295.
- Campos Neto, O.P.A., Souza Lima, W., e Cruz, F.E.G., 2007, Bacia de Sergipe-Alagoas: Boletim de Geociências da Petrobras, v. 15, n. 2, 405-415.
- Châteauneuf, J.J., e Gruas-Cavagnetto, C., 1978, Les zones de Wetzeliellaceae (Dinophyceae) du bassin de Paris. Comparaison et corrélations avec les zones du Paléogène des bassins du nord-ouest de l'Europe: *Bulletin du Bureau des recherches géologiques et minières (Deuxième série)*, n. 2, p. 59-93.
- Costa, L.I., e Manum, S.B., 1988, The description of the interregional zonation of the Paleogene (D1-D15) and the Miocene (D16-D20): *Geol. Geologisches Jahrbuch, Reihe A*, n. 100, p. 321-330.
- Crouch, E.M, Brinkhuis, H., Visscher, H., Adatte, T., e Bolle, M.P., 2003, Late Paleocene-Early Eocene dinoflagellate cyst records from the Thetys: further observations on the global distribution of *Apectodinium*: *The Geological Society of America Special Paper*, v. 369, 113-131, doi: <https://doi.org/10.1130/0-8137-2369-8.113>.
- Crouch, E.M., Willumsen, P.S., Kulhanek, D., e Gibbs, S. 2014. A revised Paleocene (Teurian) dinoflagellate cyst zonation for eastern New Zealand: Review of Palaeobotany and Palynology, v. 202, p. 47-79.
- Feijó, F.J., 1994, Introdução: Boletim de Geociências da Petrobras, v. 8, n. 1, p. 5-8.
- Feijó, F.J., 1995, Bacias de Sergipe e Alagoas: Boletim de Geociências da Petrobras, v. 8, n. 1, p. 149-162.
- Fensome, R.A., Crux, J.A., Gard, I.G., MacRae, R.A., Williams, G.L., Thomas, F.C., Fiorini, F., e Wach, G., 2008, The last 100 million years on the Scotian Margin, offshore eastern Canada: an event-stratigraphic scheme emphasizing biostratigraphic data: *Atlantic Geology*, v. 44, p. 93-126, doi: <https://doi.org/10.4138/6506>.
- Ferreira, E.P., 2004, Palinoestratigrafia e caracterização de paleoambientes da seção paleocênica-eocênica da bacia de Sergipe. [Tese Doutorado]: Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 1-253.
- Fischer, T.V, Souza, P.A, Helenes, J., e Arai, M., 2013, Associações palinológicas do Paleógeno da Bacia de Pelotas (Poço BP-1, Brasil) e seu significado estratigráfico: *Geociências*, v. 32, n. 4, p. 677-695.
- Ford, D., e Golonka, J., 2003, Phanerozoic paleogeography, paleoenvironment and lithofacies maps of the circum-Atlantic margins: *Marine and Petroleum Geology*, v. 20, n. 3-4, p. 249-285, doi: [https://doi.org/10.1016/S0264-8172\(03\)00041-2](https://doi.org/10.1016/S0264-8172(03)00041-2).

- Frieling, J., e Sluijs, A., 2018, Towards quantitative environmental reconstructions from ancient non-analogue microfossil assemblages: Ecological preferences of Paleocene - Eocene dinoflagellates: *Earth-Science Reviews*, v. 185, p. 956-973, doi: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.08.014>.
- Golonka, J., Ross, M.I., e Scotese, C.R., 1994, Phanerozoic paleogeographic and paleoclimatic modeling maps, *in* Embry, A.F., Beauchamp, B. e Glass, D.J., 1994: Pangea: global environments and resources Canadian Society of Petroleum Geology, p. 1-47.
- Gomide, J., 1989, Bacia de Pelotas: Biocronoestratigrafia baseada em nanofósseis calcários, *in* Congresso Brasileiro de Paleontologia, 11: Curitiba, p. 338-351.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D., e Ogg, G.M., 2020, *Geologic Time Scale 2020*: Elsevier, 1357 p.
- Griggs, P.H., 1981, Tertiary dinoflagellate morphologies Santos Basin, Brazil, *in* "Hexrose" Conference on Modern and Fossil Dinoflagellates, Tubingen.
- Harland, R., 1979, The *Wetzelialla (Apectodinium) homomorpha* plexus from the Palaeogene/earliest Eocene of north-west Europe, *In* International Palynology Conference, 4: Lucknow, v. 2, p. 59-70.
- Iakovleva, A.I., Brinkhuis, H., e Cavagnetto, C., 2001, Late Paleocene-early eocene dinoflagellate cysts from the Turgay Strait, Kazakhstan: correlations across ancient seaways: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 172, p. 243-268, doi: [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00300-5](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00300-5).
- Iakovleva, A.I., e Kulkova, I.A., 2003, Paleocene-Eocene dinoflagellate zonation of Western Siberia: Review of Palaeobotany and Palynology, v. 123, n. 3-4, p. 185-197, doi: [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(02\)00117-3](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(02)00117-3).
- Jan du Chêne, R.E., e Adediran, S.A., 1984, Late Paleocene to early Eocene dinoflagellates from Nigeria: *Cahiers de Micropaléontologie*, Centre National de la Recherche Scientifique, n. 3, p. 5-38.
- King, C., 2016, A revised correlation of Tertiary rocks in the British Isles and adjacent areas of NW Europe: *Geological Society Special Reports*, London, p. 1-719.
- Köthe, A., 1988, Biostratigraphy of the Surghar range, Salt Range, Sulaiman Range and the Kohat area, Pakistan, according to Jurassic through Paleogene calcareous nannofossils and Palaeogene dinoflagellates: *Geologisches Jahrbuch*, Reihe B, n. 71, p. 3-87.
- Köthe, A., 1990, Paleogene dinoflagellates from northwest Germany - biostratigraphy and paleoenvironment: *Geologisches Jahrbuch*. Reihe A, n. 118, p. 3-118.
- Köthe, A., e Piesker, B., 2007, Stratigraphic distribution of Paleogene and Miocene dinocysts in Germany: *Revue Paléobiologie*, v. 26, n. 1, p. 1-39.
- Lana, C.C., e Botelho Neto, J., 1989, Evidências de provincialismo entre os dinoflagelados peridinióides do Cretáceo Superior - Paleoceno das bacias de Santos e Potiguar, Brasil, *in* Congresso Brasileiro de Paleontologia, 11: Curitiba, v. 1, p. 353-371.
- Martini, E., 1971, Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation, *in* Proceedings, International Conference on Planktonic Microfossils, 2nd, Rome, v. 2., p. 739-785.
- McNeil, D.H., e Parsons, M.G., 2013, The Paleocene-Eocene thermal maximum in the Arctic Beaufort-Mackenzie Basin - palynomorphs, carbon isotopes and benthic foraminiferal turnover: *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 61, n. 2, p. 157-186, doi: <https://doi.org/10.2113/gscpgbull.61.2.157>.
- Mehrotra, N.C., e Singh, K., 2003, Atlas of dinoflagellate cysts from Mesozoic-Tertiary Sediments of Krishna-Godavari Basin: *Geoscience Research Super Group*, v. 2, n. 8, 135 p.
- Milani, E.J., Rangel, H.D., Bueno, G.V., Stica, J.M., Winter, W.R., Caixeta, J.M., e Neto, O.C.P., 2007, Bacias Sedimentares Brasileiras: Cartas estratigráficas: *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 15, n. 2, p. 183-205.
- Monteil, E., 2006, Australian Mesozoic and Cenozoic palynology zonations updated to the 2004 Geologic Time Scale: *Geoscience Australia Record.*, v. 23, p. 1-7.
- Mudge, D.C., e Bujak, J.P., 1996, Paleocene biostratigraphy and sequence stratigraphy of the UK central North Sea: *Marine and Petroleum Geology*, v. 13, n. 3, p. 295-312, doi: [https://doi.org/10.1016/0264-8172\(95\)00066-6](https://doi.org/10.1016/0264-8172(95)00066-6).
- Noguti, I., e Santos, J.F., 1972, Zoneamento preliminar por foraminíferos planctônicos do Aptiano ao Mioceno na plataforma continental do Brasil: *Boletim Técnico da Petrobras*, v. 15, n. 3, p. 264-283.
- Partridge, A.D., 1976, The geological expression of eustasy in the early Tertiary of the Gippsland Basin, Victoria: *The APEA Journal*, v. 16, n. 1, p. 1-7.
- Powell, A.J., 1992, *A Stratigraphic Index of Dinoflagellate Cysts*. London: Chapman, Hall, 290 p.

- Prasad, V., e Garg, R., Khowaja-Ateequzaman, Singh, I.B. e Joachimski, M., 2006, *Apectodinium* acme and the palynofacies characteristics in the latest Palaeocene-earliest Eocene of north eastern India: biotic response to Palaeocene-Eocene Thermal Maxima (PETM) in low latitude: *Journal of The Palaeontological Society of India*, v. 51, n. 1, p. 75-91.
- Premaor, E., 2016, Bioestratigrafia das associações de cistos de dinoflagelados do Cretáceo Inferior (Albiano) ao Neogeno (Plioceno) da Bacia de Pelotas, Brasil. [Tese Doutorado]: Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 203 p.
- Premaor, E., Ferreira, E.P., Guerstein, R.G., e Souza, P.A., 2023, Eocene paleoceanographic and paleoclimatic events recognized by assemblages of dinoflagellate cysts in the Southwest Atlantic Ocean: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 130, p. 1-20, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104587>.
- Premaor, E., Ferreira, E.P., Souza, P.A., Guerstein, G.R., e Arai, M., 2021, Mid-latitude Paleogene dinoflagellate cysts from offshore Santa Catarina (Pelotas Basin, Southern Brazil): Taxonomy and biostratigraphy: *Marine and Petroleum Geology*, v. 132, p. 1-16, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2021.105167>.
- Regali, M.S.P., 1971, Palinologia dos sedimentos cenozóicos da Foz do Rio Amazonas. [Tese Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 96 p.
- Regali, M.S.P., 1980, Palinoestratigrafia da bacia do Ceará, *in* Congresso Brasileiro de Geologia, 31: Balneário de Camboriú, v. 5., p. 3118-3128.
- Regali, M.S.P., 1982, Palinoestratigrafia das bacias da Foz do Amazonas e de Cassiporé, *in* Congresso Brasileiro de Petróleo, 2: Rio de Janeiro, v. 1, p. 1-17.
- Regali, M.S.P., 1990, Limite KT no Brasil/Evolução de um gênero oportunista: *Revista da Escola de Minas*, v. 44, n. 1, p. 36-41.
- Regali, M.S.P., 1994, O limite do KT no Brasil: *Acta Geológica Leopoldensia*, v. 17, n. 39, p. 473-484.
- Regali, M.S.P., Uesugui, N., e Santos, A.S., 1974a, Palinologia dos sedimentos Meso-cenozoicos do Brasil (I): *Boletim Técnico Petrobras*, v. 17, n. 3, p. 177-190.
- Regali, M.S.P., Uesugui, N., e Santos, A.S., 1974b, Palinologia dos sedimentos Mesocenozoicos do Brasil (II): *Boletim Técnico Petrobras*, v. 17, n. 4, p. 263-301.
- Regali, M.S.P., e Gonzaga, S.M., 1985, Palinoestratigrafia da bacia Potiguar: *Coletânea de trabalhos Paleontológicos*, v. 27, n. 2, p. 443-460.
- Regali, M.S.P., Uesugui, N., e Lima, E.C., 1985, Palinoestratigrafia e paleoambiente da Bacia de Barreirinhas, Maranhão, Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos*, Brasília. p. 461-470.
- Röhl, U., Westerhold, T., Bralower, T.J., e Zachos, J.C., 2007, On the duration of the Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM): *Geochemistry Geophysics Geosystems*, v. 8. n. 12, p. 1-13, doi: <https://doi.org/10.1029/2007GC001784>.
- Sluijs, A., e Brinkhuis, H., 2009, A dynamic climate and ecosystem state during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum: inferences from dinoflagellate cyst assemblages on the New Jersey Shelf: *Biogeosciences*, v. 6, p. 1755-1781, doi: <http://dx.doi.org/10.5194/bgd-6-5163-2009>.
- Sluijs, A., Bowen, G.J., Brinkhuis, H., Lourens, L.J., e Thomas, E., 2007, The Palaeocene-Eocene thermal maximum super greenhouse: biotic and geochemical signatures, age models and mechanisms of global change, *in* Williams, M., Haywood, A.M., Gregory, F.J. e Schmidt D.N., 2007: Deep time perspectives on Climate Change: Marrying the Signal from Computer Models and Biological Proxies. The Geological Society, London, p. 323-349.
- Speijer, R.P., Pälike, H., Hollis, C.J., Hooker, J.J., e Ogg, J.G., 2020, The Paleogene Period, *in* Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D. e Ogg, G.M., 2020: *Geologic Time Scale 2020*, p. 1087-1140.
- 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., Smelton, M., e Williams, G.L., 1996. Mesozoic-Tertiary dinoflagellates, acritarchs and prasinophytes, *in* Jansonius, J. e McGregor, D.C., 1996: *Palynology: Principles and Applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Texas, v. 2, p. 641-750.
- Williams, G.L., 1977, Dinocysts: their paleontology biostratigraphy and paleoecology, *in* Ramsay, A.T.S.: *Oceanic Micropaleontology*, Academic Press, London, p. 1231-1325.
- Williams, G.L., e Bujak, J.P., 1985, Mesozoic and Cenozoic dinoflagellates, *in* Bolli, H.M, Saunders, J.B. e Perch-nielsen, K.; *Plankton Stratigraphie*, Cambridge University Press, p. 847-1032.
- Williams, G.L., Damassa, S.P., Fensome, R.A., e Guestein, G.R., 2015, Wetzeliella and its allies - the "hole story": a taxonomic revision of the Paleogene dinoflagellate subfamily Wetzelielloideae: *Palynology*, v. 39, n. 3, p. 289-344, doi: <https://doi.org/10.1080/01916122.2014.993888>.

Wilson, G.J., 1988, Paleocene and Eocene dinoflagellate cysts from Waipawa, Hawkes Bay, New Zealand: New Zealand Geological Survey Paleontological Bulletin, v. 57, p. 1-96.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Eduardo Premaor: Conceituação, Curadoria de dados, Análise formal, Investigação, Redação – rascunho original. Elizabete P. Ferreira: Conceituação, Investigação, Supervisão, Validação, Visualização, Redação – revisão e edição. Paulo A. Souza: Conceituação, Investigação, Supervisão, Redação – revisão e edição. Mitsuru Arai: Conceituação, Investigação, Supervisão, Redação – revisão e edição.

FINANCIAMENTO

Esta pesquisa não recebeu nenhum financiamento específico de agências públicas, comerciais ou sem fins lucrativos.