

Bioestratigrafia integrada do Cretáceo Superior da Bacia de Santos: ostracodes, carófitas e palinomorfos

Integrated biostratigraphy of the Upper Cretaceous in Santos Basin: ostracodes, charophytes and palynomorphs

Gerson Fauth | Alessandra da Silva dos Santos | Carlos Eduardo Lucas Vieira | Cristianini Trescastro Bergue | Eduardo Aldo Musacchio | Elizabete Pedrão Ferreira | Javier Helenes Escamilla | Marcelo de Araújo Carvalho | Marta Cláudia Viviers | Simone Baecker Fauth

resumo

O estudo bioestratigráfico integrado do intervalo Santoniano-Maastrichtiano na Bacia de Santos foi realizado a partir dos resultados da ocorrência de ostracodes, carófitas e palinomorfos. Nos 14 poços estudados, foram identificados 119 táxons de ostracodes e 24 de carófitas. Com base na distribuição geográfica e estratigráfica desses microfósseis, foram propostas quatro biozonas de ostracodes para os ambientes marinhos, três biozonas de ostracodes e duas de carófitas para os ambientes parálícos. A Bacia de Santos possui intervalos dominados por

ambientes parálícos, onde a ocorrência de microfósseis marinhos não fornece boa resolução bioestratigráfica. Assim, este estudo é fundamental para a composição de um arcabouço bioestratigráfico mais completo para as seções mais proximais. Destaca-se a potencialidade do uso de ostracodes marinhos do Cretáceo para correlações entre diferentes bacias sedimentares e a viabilidade do uso de ostracodes parálícos e carófitas para zoneamentos bioestratigráficos em ambientes marginais.

Palavras-chave: ostracodes | carófitas | palinomorfos | bioestratigrafia | neocretáceo

abstract

An integrated biostratigraphic study of the middle Santonian-upper Maastrichtian interval in the Santos Basin was carried out based on ostracode, charophyte and palynomorph occurrences. Hundred nineteen species of ostracodes and 24 of charophytes were registered in the 14 wells studied. Based on the distribution in time and space of those microfossils, four zones of marine ostracodes, three zones of ostracodes and two zones of charophytes were proposed to paralic paleoenvironment. The Santos Basin has paralic sedimentary intervals where the marine microfossils do not offer good biostratigraphic resolution. The present study, therefore, brings a contribution to more complete zonation for that section. The potential of the cretaceous shelf marine ostracodes for correlation of sedimentary basins and the viability of paralic ostracodes and charophytes in coastal environments is highlighted.

(Expanded abstract available at the end of the paper).

Keywords: *ostracoda | charophytes | palynomorphs | biostratigraphy | late Cretaceous*

introdução

Após anos de pesquisa geológica empreendida pela Petrobras na margem continental brasileira, acurados biozoneamentos foram elaborados, contribuindo para o melhor entendimento da evolução tectonoestratigráfica das bacias envolvidas e, por conseguinte, do Atlântico Sul (Milani *et al.*, 2007). Nas bacias brasileiras, os principais grupos de microfósseis utilizados como marcadores bioestratigráficos são foraminíferos planctônicos, palinórmofos e nanofósseis calcários.

Com as novas demandas exploratórias, observou-se a necessidade de um maior detalhamento bioestratigráfico e paleoecológico para as seções proximais do Cretáceo Superior. Na Bacia de Santos, em particular no intervalo Santoniano-Campaniano, os foraminíferos planctônicos e nanofósseis calcários são escassos e possuem baixa resolução bioestratigráfica nos ambientes neríticos rasos e transicionais.

Plataformas terrígenas são mais dinâmicas e oxigenadas que plataformas carbonáticas. Seu elevado suprimento de material continental e movimentação sedimentar intrínseca são acompanhados também por considerável aporte e mobilização de matéria orgânica continental, o que torna a água saturada em nutrientes e sílica e subsaturada em carbonato de cálcio. Estas condições favorecem o desenvolvimento de abundante e diversa comunidade fito e zooplânctônica, cujo resultado conjunto é uma expressiva biomassa planctônica (Cullen e MacIntyre, 1998; Antunes e Melo, 2001; Kudela *et al.*, 2010).

Os ostracodes e carófitas não só são sensíveis aos parâmetros hidrológicos (principalmente temperatura e salinidade), mas também aos sedimentos que compõem o fundo, influenciando na comunidade bentônica. Outro fator importante é a produtividade orgânica, que afeta positivamente estas comunidades permitindo o desenvolvimento de ricas associações de ambientes parálicos (Smith e Horne, 2002; Feist *et al.*, 2005).

A fim de estudar e propor soluções para as limitações bioestratigráficas encontradas nos intervalos depositados em ambientes marginais na Bacia de Santos, firmou-se um convênio entre a Petrobras, através da Rede de Micropaleontologia, e o Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (ITT Fossil) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). O objetivo deste artigo é tratar a elaboração de arcabouços bioestratigráficos fundamentados em ostracodes e carófitas para seções

marinhas de ambiente rasos e proximais parálcos do Santoniano-Maastrichtiano da Bacia de Santos, ajustados com as biozonas de palinologia.

microfósseis

Os ostracodes constituem um grupo de crustáceos originado no Ordoviciano e amplamente diversificado em todos os ambientes aquáticos, especialmente a partir do Jurássico. No caso dos podocópideos, grupo que reúne a maior parte dos ostracodes fósseis e recentes, a principal característica diagnóstica – e também a mais importante em termos paleontológicos – é a presença de uma carapaça quitino-calcítica rígida, que envolve completamente o corpo (Coimbra e Bergue, 2011).

Ostracodes são abundantes em depósitos continentais, parálcos e marinhos e apresentam potencial paleoecológico e bioestratigráfico. Assembleias continentais e parálcas apresentam, usualmente, grande abundância (número de espécimes) e baixa riqueza (número de espécies), enquanto nas marinhas a riqueza é maior e as populações menores. Esta diferença resulta da maior estabilidade dos ambientes marinhos frente aos parálcos, os quais são mais suscetíveis às variações sazonais, especialmente quanto à salinidade.

Informações provenientes dos ostracodes são valiosas para identificar e caracterizar paleoambientes. No domínio marinho, por exemplo, há distintas assembleias em depósitos costeiros, neríticos e batiais/abissais. Tomando-se como exemplo estudos realizados em bacias brasileiras, algumas características das assembleias e dos fósseis nelas contidos (diversidade, riqueza, abundância, variações intraespecíficas) forneceram dados valiosos para o estudo dos paleoambientes continentais (Purper e Pinto, 1985; Ramos *et al.*, 2006; Nogueira *et al.*, 2011), parálcos (Piovesan *et al.*, 2010; Bergue *et al.*, 2011) e marinhos (Fauth, 2002; Piovesan *et al.*, 2012; Ceolin *et al.*, 2011). Além da reconhecida aplicabilidade dos ostracodes continentais em estudos paleoecológicos e bioestratigráficos, destaca-se, neste artigo, o potencial para o estudo de ambientes parálcos.

Carófitas são plantas verdes (Viridiplantae *sensu* Cavalier-Smith, 1981) que crescem completamente submersas em ambientes subaquáticos continentais como lagos, rios, estuários, pântanos, entre outros (Fauth *et al.*, 2011). São principalmente dulciaquícolas, mas algumas espécies colonizam lagunas mixoalinas,

habitando preferencialmente águas calmas, pouco turvas e oligotróficas (Feist e Guerlesquin, 2005). Além disso, carófitas vivem na zona fótica dos corpos d'água, não sendo encontradas em grande profundidade (Musacchio, 1989). Em assembleias de ambiente parálco, as carófitas podem ocorrer associadas a ostracodes continentais como *Ilyocypris* (Musacchio, 1973).

Depois de fecundadas, muitas carófitas secretam carbonato de cálcio ao redor dos oósporos (gameta feminino fertilizado) e passam, então, a serem chamadas de girogonites (Feist e Guerlesquin, 2005). Assim, tanto girogonites quanto fragmentos de talos calcificados podem ser encontrados preservados em rochas e sedimentos (Guerlesquin e Feist, 2005). Seu registro fóssil mais antigo data do Siluriano e são consideradas um grupo relictual, pois eram muito mais diversificadas no passado que atualmente (Feist *et al.*, 2005).

Palinomorfo é um termo utilizado para os componentes encontrados no resíduo orgânico, obtido a partir da maceração e ataque da rocha sedimentar por ácidos corrosivos, que objetiva a concentração da matéria orgânica particulada. Estão inclusos, sob esta designação, representantes de vários grupos biológicos como: esporos, grãos de pólen, cistos de dinoflagelados, acritarcas, palinoforaminíferos, escolocodontes, algas coloniais, quitinozoários e etc. (Traverse, 2007). Esses microfósseis são constituídos de compostos orgânicos como, por exemplo, esporopolenina, quitina e dinosporina, capazes de resistir ao ataque ácido utilizado no processamento palinológico (Traverse, 2007). O esporo é uma célula haploide resultante da meiose de células reprodutivas (esporângios) do indivíduo pós-zigótico (=esporófitos) de algas, fungos e vegetais inferiores. Os grãos de pólen são microgametófitos adaptados à dispersão e produzidos por vegetais superiores (Traverse, 2007). Dinoflagelados são seres unicelulares eucariontes viventes em quase todos os ambientes aquáticos e proliferam preferencialmente em áreas de ambientes neríticos. Muitos dinoflagelados produzem cistos durante seu ciclo de vida e são essas estruturas orgânicas de repouso (cisto de dinoflagelados ou dinocistos) que são fossilizadas (Fensome *et al.*, 1996).

A grande quantidade, variabilidade morfológica e distribuição em praticamente toda a coluna geológica e em diversos tipos de ambientes tornam os palinomorfos excelentes para a elaboração de arcabouços bioestratigráficos, reconstruções paleoambientais e paleoclimáticas (Traverse, 2007).

Na Bacia de Santos, os esporos/grãos de pólen (palinómorfs continentais) e cistos de dinoflagelados (palinómorfs marinhos) são particularmente importantes para a elaboração de esquemas bioestratigráficos (Arai e Botelho Neto, 1996; Arai, 2007a).

estudos bioestratigráficos de referência

ostracodes

Devido às suas particularidades ecológicas, arcabouços bioestratigráficos de ostracodes não apresentam a mesma resolução se comparados àqueles de outros grupos fósseis. Apesar disso, os ostracodes propiciaram bons resultados, mesmo em seções marinhas (Bertels, 1968, 1969; Rosenfeld e Raab, 1984; Viviers *et al.*, 2000; Babinot *et al.*, 2007; Morsi e Wendler, 2010).

É amplamente reconhecido o potencial bioestratigráfico dos ostracodes em seções continentais (Colin e Lethiers, 1988). Bons exemplos da aplicação bioestratigráfica dos ostracodes continentais podem ser observados no intervalo pré-sal das bacias atlânticas, tanto nas bacias do oeste africano como nas bacias brasileiras (Poropat e Colin, 2012).

Os primeiros estudos bioestratigráficos com ostracodes realizados no Brasil em depósitos continentais da Bacia do Recôncavo são os de Krömmelbein (1962, 1965, 1966). Estes estudos foram subsequentemente aprimorados, entre outros, por Viana (1966), Viana *et al.* (1971), Cunha e Moura (1979) e Silva-Teles (1992) para várias bacias brasileiras. Estes trabalhos serviram de base para a elaboração de arcabouços para o Cretáceo Inferior em bacias interiores como, por exemplo, Coimbra *et al.* (2002) na Bacia do Araripe e Do Carmo *et al.* (2004) na Bacia Sanfranciscana.

Os primeiros estudos bioestratigráficos com ostracodes marinhos foram publicados durante a década de 1980 no Mioceno (Sanguinetti, 1980) e Neógeno-Quaternário (Carreño *et al.*, 1997) da Bacia de Pelotas. Em seções cretáceas, estes estudos começaram a ser desenvolvidos nas bacias da margem continental brasileira: Potiguar (Delicio *et al.*, 2000; Viviers *et al.*, 2000), Sergipe (Viviers *et al.*, 2000), Pernambuco-Paraíba (Fauth, 2000; Fauth *et al.*, 2005) e Pelotas (Ceolin *et al.*, 2011).

carófitas

De acordo com Musacchio (2000), os padrões de distribuição das carófitas no Cretáceo da América do Sul apresentam uma alta taxa de endemismo no Cretáceo Inferior. Condições de livre intercâmbio da flora ocorrem a partir do Aptiano e, no Cretáceo Superior, verifica-se o delineamento de duas províncias paleobiogeográficas: a província andina e a província atlântica.

Musacchio (1989) propôs um zoneamento para o Cretáceo-Paleógeno da América do Sul baseado em carófitas e ostracodes não marinhos, estabelecendo sete zonas: Zona *Gomphocythere dorsoacuminata* (ostracode, Hauteriviano inicial), Zona *Atopochara trivolis tiquetra* (carófitas, Hauteriviano final-Barremiano inicial), Zona *Flabellochara harrisi* (carófitas, Aptiano), Zona *Ilyocypris wichmanni* (ostracode, Campaniano-Maastrichtiano inicial?), Zona *Tolypella grambasti* (carófitas, Maastrichtiano) e Zona *Peckickara cf. varians meridionalis* (carófitas; Paleoceno).

Em relação à ocorrência dessas carófitas em bacias sedimentares brasileiras, Musacchio (2000) menciona a presença de clavatoráceas do Cretáceo Inferior na Bacia da Foz do Amazonas. Uma associação de *Atopochara trivolis/Flabellochara harrisi*, de idade aptiana, foi registrada na Formação Guarujá, Bacia de Santos (Musacchio e Viviers, 1993). *Flabellochara harrisi* foi encontrada também na Formação Alagamar, Aptiano da Bacia Potiguar (Musacchio, 2000). *Mesochara stantoni* (Knowlton) associada ao ostracode não marinho *Hourcya symmetrica* Krömmelbein e Weber foi encontrada em rochas do Albiano na Bacia do Maranhão (Musacchio, 2000). *Lychnothamnus barbosa* (ex-*Chara barbosa*) associada a ostracodes não marinhos foi recuperada em rochas da Formação Adamantina, Grupo Bauru, datadas como Turoniano-Santoniano (Dias-Brito *et al.*, 1998). Espécies de *Pseudoharrisichara* e *Platychara* ocorrem associadas ao ostracode dulciaquícola *Ilyocypris wichmanni*, na Bacia de Campos (Musacchio, 2000). A associação de *Amblyochara* sp. e *Feistiella cf. globosa* Musacchio encontrada no Grupo Bauru, Formação Marília, Membro Ponte Alta é atribuída ao Maastrichtiano (Dias-Brito *et al.*, 2001).

palinologia

Os palinómorfs têm sido amplamente aplicados nos estudos bioestratigráficos das seções continentais e marinhas das bacias brasileiras. Como marco

para a palinoestratigrafia brasileira, pode-se destacar o trabalho de Regali *et al.* (1974 a, b), que propôs biozoneamentos para as bacias mesocenoicas da margem continental brasileira. A partir de então, inúmeros trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de refinar as palinozonas existentes ou estabelecer novos esquemas zonais. Devido à diversidade taxonômica dos palinomorfos, foi possível estabelecer arcabouços bioestratigráficos distintos para palinomorfos continentais (esporos/grãos de pólen) e palinomorfos marinhos (cistos de dinoflagelados) para as bacias das margens equatorial e leste (Lana e Roesner, 2002; Arai e Uesugui, 1989; Arai, 1992; Arai, 1994; Arai, 2007a; Arai e Botelho Neto, 1996).

De particular importância na Bacia de Santos e para o intervalo cronoestratigráfico aqui estudado destacam-se os trabalhos de: Regali *et al.* (1974 a,b), que utilizaram palinomorfos continentais e marinhos na definição das palinozonas; Vallati (2010), pelo posicionamento cronoestratigráfico de grãos de pólen da Bacia de Neuquén (Argentina), análogos àqueles registrados nas bacias brasileiras; Arai e Botelho Neto (1996), que propuseram 16 biozonas de dinocistos para as bacias das margens sul e sudeste; Lana e Roesner (2002), por apresentar um arcabouço bioestratigráfico para seções marinhas das bacias Potiguar e Ceará e Arai (2007a), onde é fornecida uma revisão dos biozoneamentos cretáceos com base em dinoflagelados.

Igualmente, os biozoneamentos com base em dinoflagelados de alcance global foram de fundamental importância para a calibração dos marcadores bioestratigráficos no presente estudo (Powell, 1992; Williams e Bujack, 1985), bem como os biozoneamentos propostos por Helby *et al.* (1987) para seções cretáceas continentais e marinhas das bacias australianas, onde foram usados tanto palinomorfos continentais quanto marinhos.

geologia da área

A Bacia de Santos abrange uma área alongada de aproximadamente 350.000km², cujo maior eixo dispõe-se paralelamente às costas dos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, entre os paralelos 23° e 28°S e cujo eixo menor estende-se mar adentro até cotas de aproximadamente 3.000m de profundidade (Moreira *et al.*, 2007). Seu limite norte

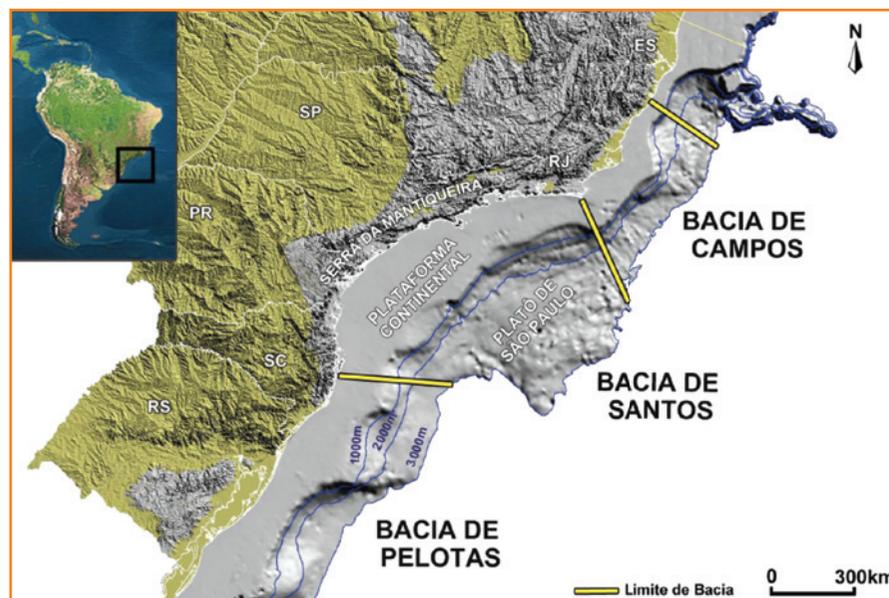


Figura 1
Mapa de localização da Bacia de Campos.

Figure 1
Situation map of the Santos Basin.

dá-se com a Bacia de Campos pelo Alto de Cabo Frio e seu limite sul dá-se com a Bacia de Pelotas pela Zona de Fratura de Florianópolis (Assine *et al.*, 2008; Mohriak e Fainstein, 2012).

Com relação à evolução da Margem Atlântica Sul, quatro fases tectonossedimentares são distinguidas: pré-rifte, rifte, pós-rifte e drifte (Mohriak, 2003; Mohriak e Fainstein, 2012). As sucessões sedimentares aqui abordadas pertencem à fase drifte, mais especificamente aos estratos depositados durante o Neocretáceo (Santoniano-Maastrichtiano). Em termos litoestratigráficos, esta sucessão engloba as formações Santos, Jureia e Itajaí-Açu, todas do Grupo Frade. O início destes depósitos ocorre no Cenomaniano e finda no limite Cretáceo/Paleógeno. Caracterizam-se por sedimentos marinhos e siliciclásticos assentados durante expressiva fase de progradação continental, que culminou no avanço de até 200km da linha de costa no Maastrichtiano (Moreira *et al.*, 2007; Modica e Brush, 2004).

A Formação Santos caracteriza-se por litofácies conglomeráticas avermelhadas dos leques aluviais proximais, enquanto a Formação Jureia se caracteriza por litofácies areno-pelíticas correspondentes aos sistemas fluviais continentais. A Formação Itajaí-Açu congrega litofácies siltico-argilosas das porções distais da plataforma, do talude e da bacia. Nas porções distais da bacia são também encontradas fácies turbidíticas geradas por fluxos hiperpicnais, correspondentes ao Membro Ilha-Bela da Formação Itajaí-Açu (Moreira *et al.*, 2007).

Importantes eventos tectonossedimentares influenciaram a evolução estratigráfica da bacia e, conseqüentemente, o desenvolvimento de diversos

contextos ambientais, dentre eles os ambientes marinhos rasos. No âmbito específico da bacia, é registrado o soerguimento das serras do Mar e da Mantiqueira paralelamente à costa, a estrutura de impacto Praia Grande, existência de um grande incêndio florestal durante o Santoniano e a intensa atividade magmática do Santoniano ao Campaniano inferior (Almeida *et al.*, 1996; Almeida e Carneiro, 1998; Correia *et al.*, 2005; Arai *et al.*, 2006; Moreira *et al.*, 2007).

Em termos globais, os biomas passaram a experimentar mudanças florísticas importantes à medida que as angiospermas diversificavam-se e passavam a assumir lentamente o domínio da vegetação (Soltis e Soltis, 2004; Taylor *et al.*, 2008). Por fim, cabe ressaltar que os depósitos do Grupo Frade foram assentados em plena fase de auge da halocinese da Bacia de Santos (Moreira *et al.*, 2007).

material e métodos

Neste artigo foram estudadas 2.054 amostras de calha provenientes de 14 poços (tabela 1) perfurados na Bacia de Santos (fig. 2). Em média, foram processadas entre 30g e 60g de material para o estudo de ostracodes, carófitas e palinologia.

| SAN 1 | SAN 2 | SAN 3 | SAN 4 | SAN 5 | SAN 6 | SAN 7 | SAN 8 | SAN 9 | SAN 10 | SAN 11 | SAN 12 | SAN 13 | SAN 15 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 105 | 18 | 149 | 234 | 242 | 104 | 110 | 233 | 228 | 174 | 167 | 124 | 98 | 68 |

Tabela 1 - Poços e amostras analisadas.

Table 1 - The wells and sample studied.

Para a recuperação de ostracodes e carófitas, as amostras foram processadas quimicamente em solução de peróxido de hidrogênio a 10%, separadas em três frações (250µm, 180µm e 63µm) durante a lavagem e posteriormente secas em estufa a 60°C. Todos os espécimes de ostracodes e carófitas foram triados. Os espécimes selecionados para microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram limpos em ultrassom e metalizados com uma liga de Au-Pd. As imagens de ostracodes e carófitas foram realizadas na Bioestratigrafia e Paeloecologia Aplicada do Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes) utilizando o microscópio Carl Zeiss EVO 40.

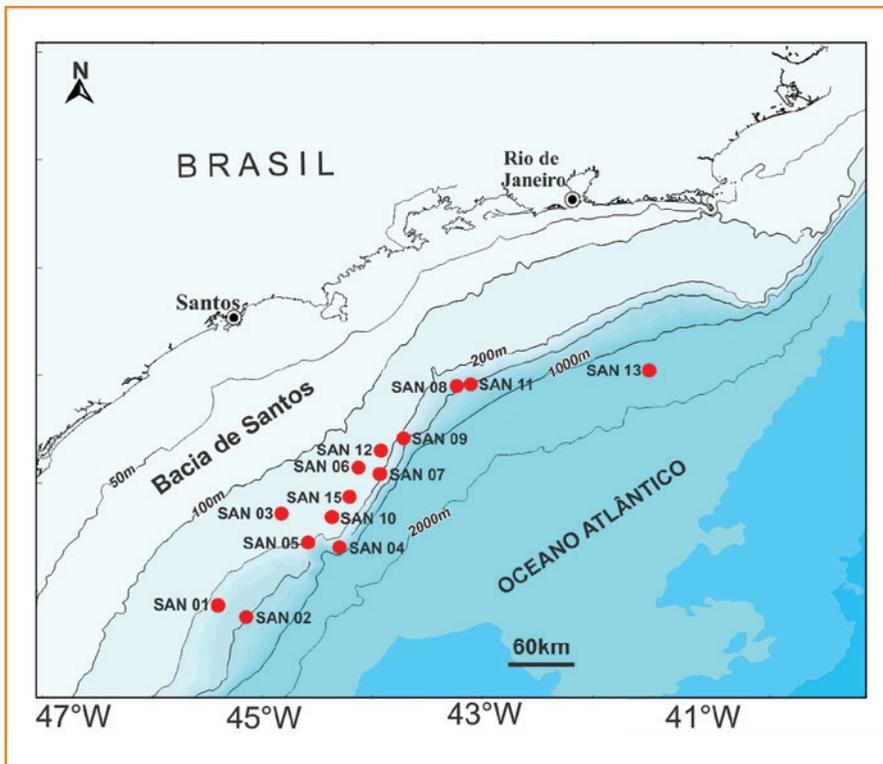
Para o estudo palinológico, as amostras foram submetidas ao processamento palinológico usado para rochas cretáceas (Uesugui, 1979), excluindo-se a fase do ácido nítrico por apresentarem evidências de oxidação incipiente. Os estudos palinológicos e o registro fotográfico de algumas espécies foram realizados sob luz branca transmitida e luz azul/ultravioleta incidente (fluorescência) em microscópio ZEISS, com aumento variável de 200 a 1.000 vezes.

O termo assembleia é aqui utilizado para se referir ao conjunto de fósseis presente em uma determinada amostra (Simões *et al.*, 2010), enquanto o termo associação é empregado para um grupo de espécies que, ocorrendo simultaneamente, caracterizam um determinado contexto ambiental. A ocorrência das espécies é definida da seguinte forma: até 10 espécimes: raro; 11-99: comum; acima de 100 espécimes: abundante. O esquema cronoestratigráfico adotado neste trabalho segue Gradstein *et al.* (2004) e Arai (2007a).

A execução das tarefas de preparação e análise das amostras foi desenvolvida integralmente no Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (ITT Fossil) da Unisinos.

Figura 2
Mapa de localização dos poços estudados.

Figure 2
Situation maps.



resultados

A partir dos espécimes observados em cada poço, foi possível identificar 119 táxons de ostracodes e 24 táxons de carófitas. Dentre os ostracodes, as famílias com maior representatividade foram *Cytherideidae* (4 gêneros) e *Trachyleberididae* (21 gêneros). A composição de suas assembleias

varia em termos de abundância, diversidade, riqueza e preservação. Foi possível reconhecer associações relativas a ambientes parálicos (29 espécies) e marinhos (90 espécies). Os intervalos de ambientes parálicos se caracterizaram pela baixa diversidade, alta riqueza de espécies (em especial no gênero *Fossocytheridea*) e pela grande abundância de espécimes. Os intervalos marinhos, por outro lado, registram maior diversidade de famílias e gêneros.

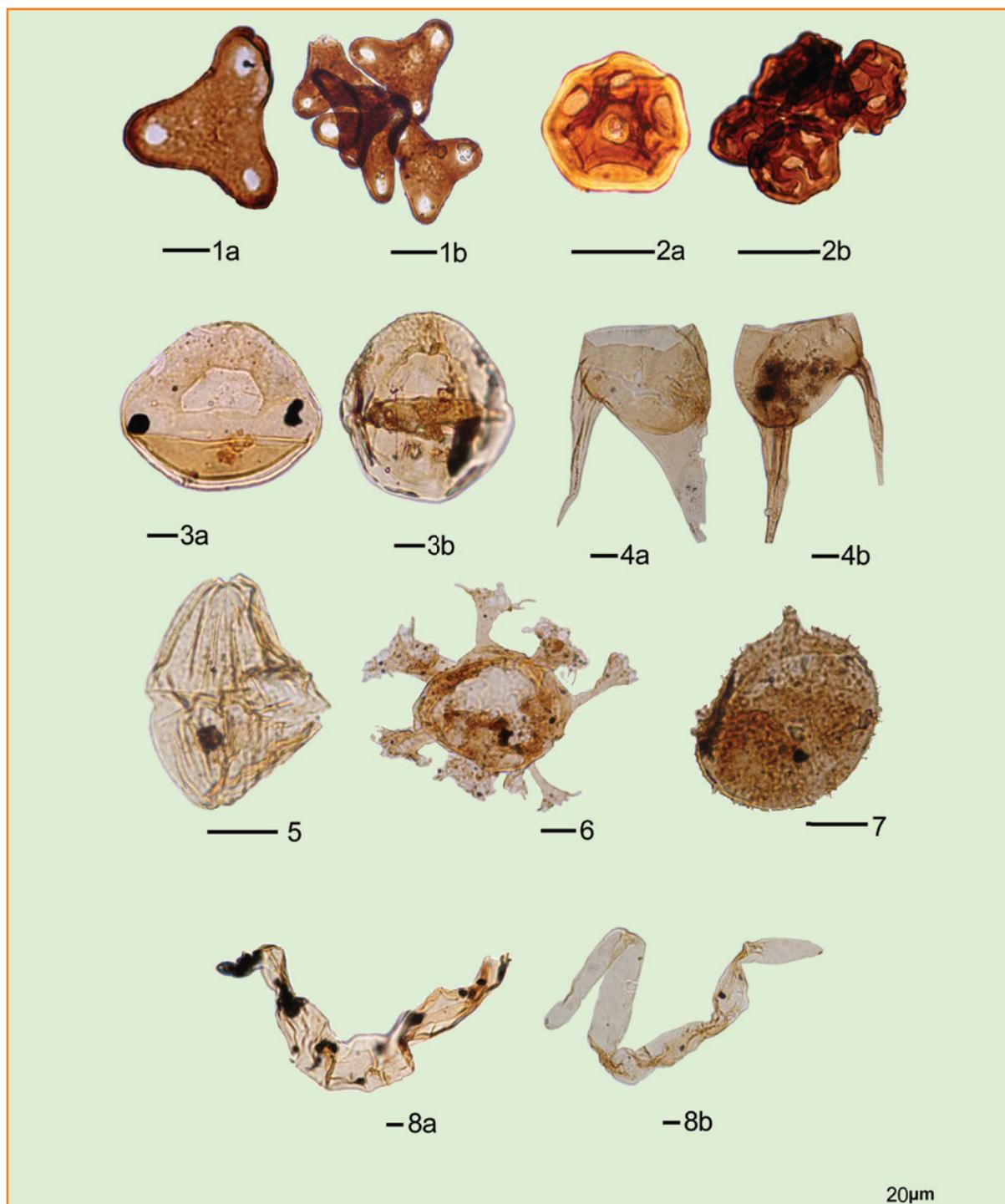


Figura 3

Fotomicrografias das formas guia de palinórmofos. 1: *Anacolosidites* sp. (a: SAN 3, prof. 4.155m; SAN 5, prof. 3.809m); 2: *Confossia vulgaris* (a: SAN 5, prof. 3.149m; b: SAN 5, prof. 3.156m); 3: *Nelsoniella aceras* (a: SAN 5, prof. 3.513m; b: SAN 4, prof. 3.349m); 4: *Odontochitina costata* (a: SAN 5, prof. 3.350m; b: SAN 5, prof. 3.340m); 5: *Dinogymnium* sp. (SAN 1, prof. 2.408m); 6: *Oligosphaeridium pulcherrimum* (SAN 4, prof. 4.299m); 7: *Trichodinium castanea* (SAN 1, prof. 2.770m); 8: *Yolkinigymnium* sp. (a: SAN 9, prof. 2.511m; b: SAN 9, prof. 2.501m). Escala gráfica = 20µm.

Figure 3

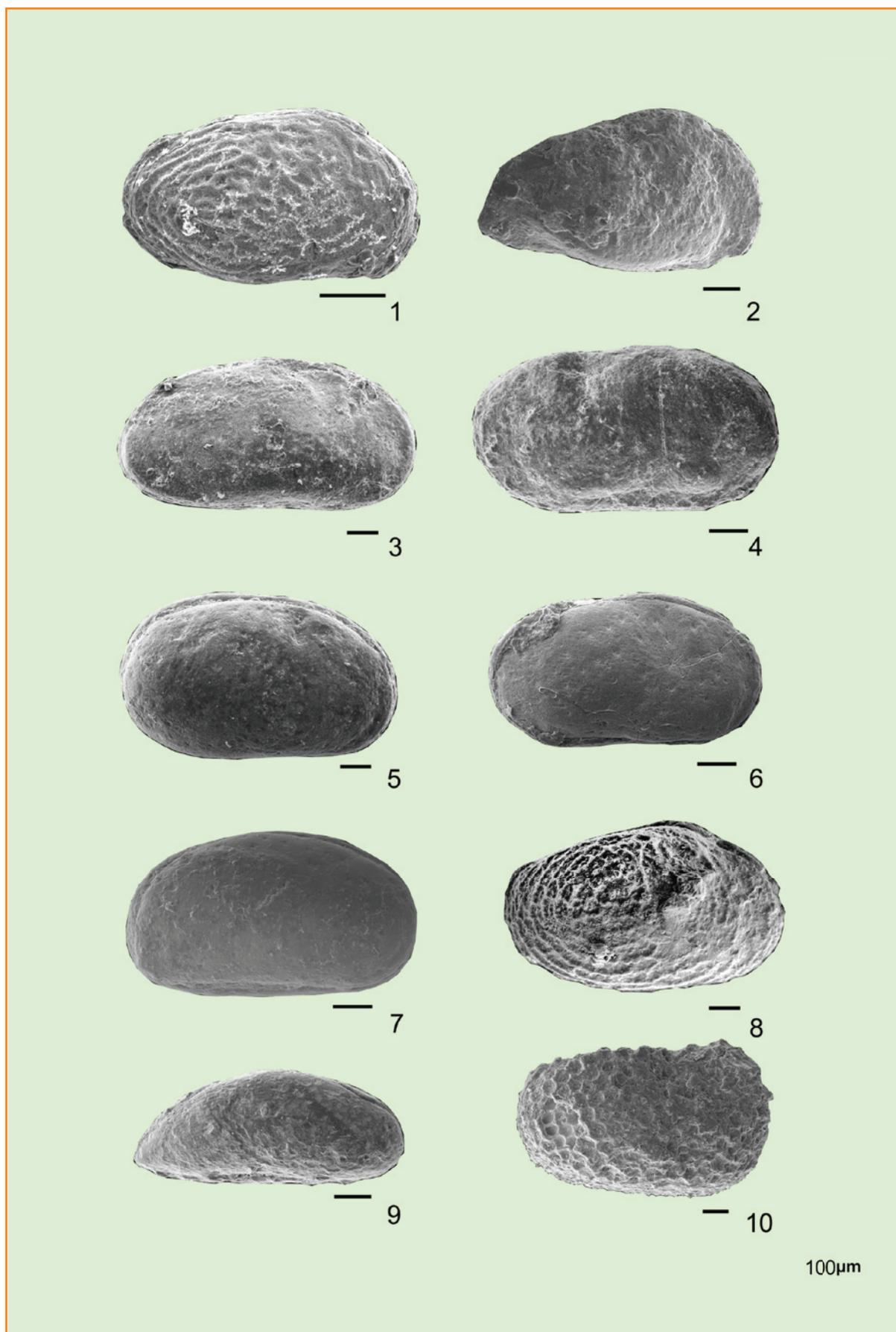
Photomicrographs of the palynomorph index fossils. 1: *Anacolosidites* sp. (a: SAN 3, depth 4.155m; SAN 5, depth 3.809m); 2: *Confossia vulgaris* (a: SAN 5, depth 3.149m; b: SAN 5, depth 3.156m); 3: *Nelsoniella aceras* (a: SAN 5, depth 3.513m; b: SAN 4, depth 3.349m); 4: *Odontochitina costata* (a: SAN 5, depth 3.350m; b: SAN 5, depth 3.340m); 5: *Dinogymnium* sp. (SAN 1, depth 2.408m); 6: *Oligosphaeridium pulcherrimum* (SAN 4, depth 4.299m); 7: *Trichodinium castanea* (SAN 1, depth 2.770m); 8: *Yolkinigymnium* sp. (a: SAN 9, depth 2.511m; b: SAN 9, depth 2.501m). Barr scale = 20µm.

Figura 4

Fotomicrografias dos ostra-codes propostos como fósseis guia. 1: *Afrocytheridea? cretacea* Piovesan et al. (SAN 2, prof. 3.470m); 2: *Brachycythere* sp. (SAN 4, prof. 4.689m); 3: *Fossocytheridea santosensis* Bergue et al. (SAN 12, prof. 3.646m); 4: *Fossocytheridea ventrotuberculata* Bergue et al. (SAN 15, prof. 4.329m); 5: *Fossocytheridea* sp. 1 (SAN 12, prof. 3.070m); 6: *Fossocytheridea amphisulcata* Bergue et al. (SAN 2, prof. 3.320m); 7: *Fossocytheridea posterodentata* Bergue et al. (SAN 9, prof. 2.784m); 8: *Majungaella santosensis* Piovesan et al. (SAN 4, prof. 3.267m); 9: *Paracypris* sp. (SAN 4, prof. 4.851m); 10: *Wichmanella meridionalis* Bertels (SAN 4, prof. 3.159m). Escala gráfica = 100µm.

Figure 4

Photomicrographs of ostracodes proposed as index fossils. 1: *Afrocytheridea? cretacea* Piovesan et al. (SAN 2, depth 3.470m); 2: *Brachycythere* sp. (SAN 4, depth 4.689m); 3: *Fossocytheridea santosensis* Bergue et al. (SAN 12, depth 3.646m); 4: *Fossocytheridea ventrotuberculata* Bergue et al. (SAN 15, depth 4.329m); 5: *Fossocytheridea* sp. 1 (SAN 12, depth 3.070m); 6: *Fossocytheridea amphisulcata* Bergue et al. (SAN 2, depth 3.320m); 7: *Fossocytheridea posterodentata* Bergue et al. (SAN 9, depth 2.784m); 8: *Majungaella santosensis* Piovesan et al. (SAN 4, depth 3.267m); 9: *Paracypris* sp. (SAN 4, depth 4.851m); 10: *Wichmanella meridionalis* Bertels (SAN 4, depth 3.159m). Barr scale = 100µm.



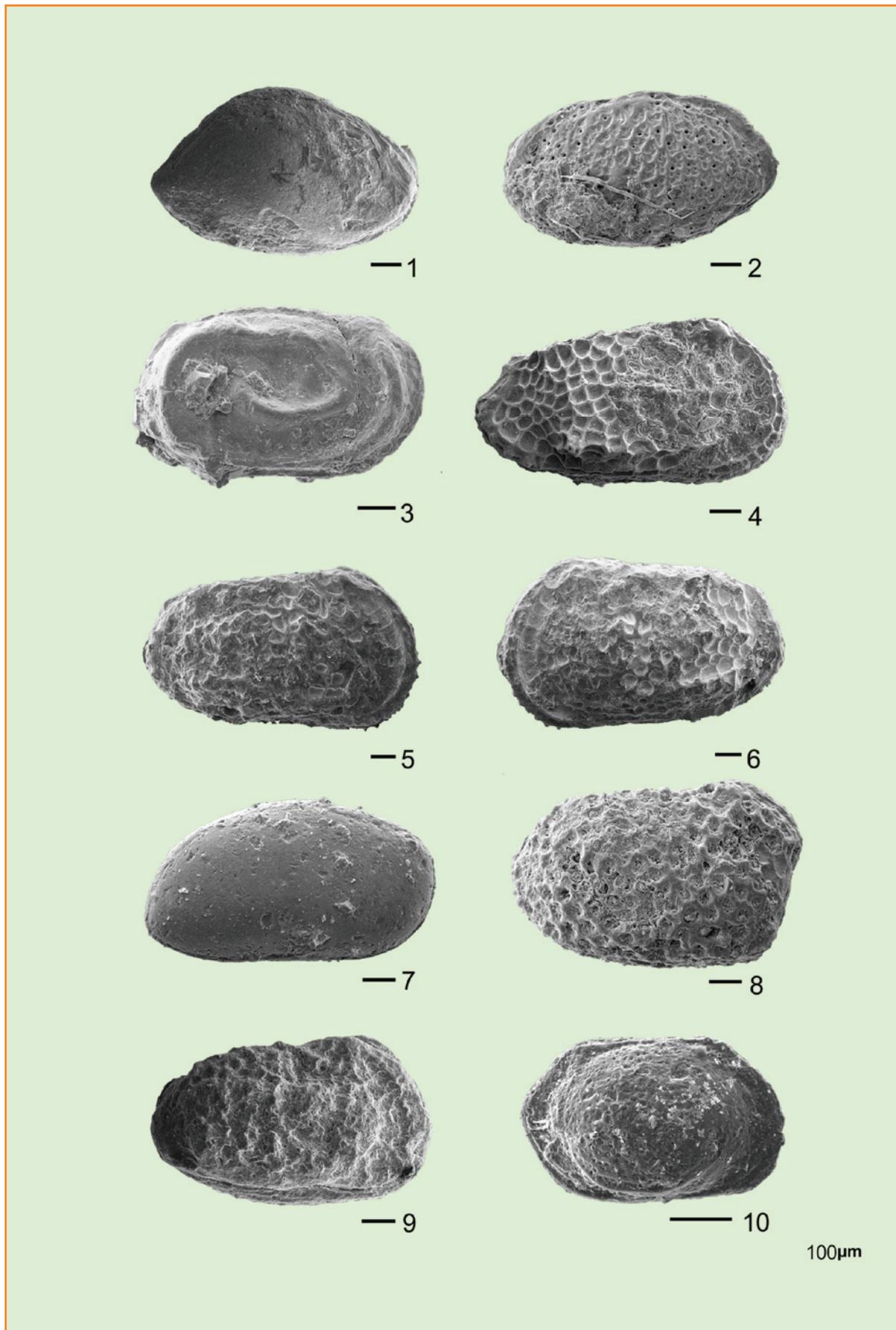


Figura 5

Fotomicrografias dos ostra-codes propostos como fósseis guia. 1: *Bairdoppilata comanchensis?* Alexander (SAN 12, prof. 3.210m); 2: *Pelecocythere dinglei* Piovesan et al. (SAN 4, prof. 4.140m); 3: *Cytherelloidea spirocostata* Bertels (SAN 4, prof. 2.925m); 4: *Protocosta spinosa* Bertels (SAN 2, prof. 3.470m); 5: *Reticulocosta* sp. (Valva Direita; SAN 13, prof. 3.348m); 6: *Reticulocosta* sp. (Valva Esquerda; SAN 13, prof. 3.348m); 7: *Bythocypris* sp. (SAN 1, prof. 2.440m); 8: *Anticythereis schilleri?* Bertels (SAN 4, prof. 2.898m); 9: *Veenia* sp. 1 (SAN 12, prof. 3.210m); 10: *Loxoconcha* sp. 2 (SAN 1, prof. 2.450m). Escala gráfica = 100µm.

Figure 5

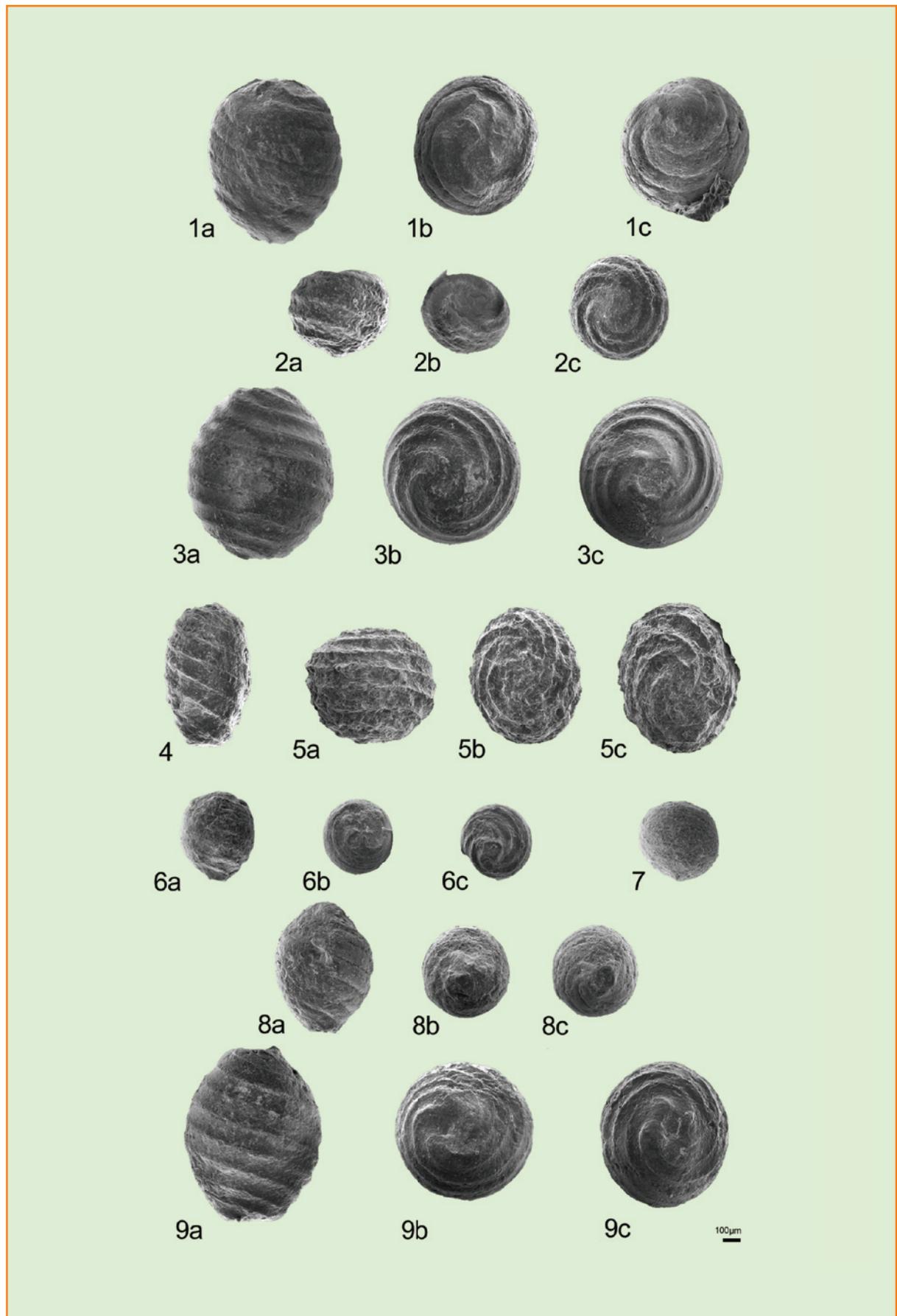
Photomicrographs of ostracodes proposed as index fossils. 1: *Bairdoppilata comanchensis?* Alexander (SAN 12, depth 3.210m); 2: *Pelecocythere dinglei* Piovesan et al. (SAN 4, depth 4.140m); 3: *Cytherelloidea spirocostata* Bertels (SAN 4, depth 2.925m); 4: *Protocosta spinosa* Bertels (SAN 2, depth 3.470m); 5: *Reticulocosta* sp. (Right Valva; SAN 13, depth 3.348m); 6: *Reticulocosta* sp. (Left Valva; SAN 13, depth 3.348m); 7: *Bythocypris* sp. (SAN 1, depth 2.440m); 8: *Anticythereis schilleri?* Bertels (SAN 4, depth 2.898m); 9: *Veenia* sp. 1 (SAN 12, depth 3.210m); 10: *Loxoconcha* sp. 2 (SAN 1, depth 2.450m). Barr scale = 100µm.

Figura 6

Fotomicrografias das carófitas da Bacia de Santos. 1: *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) sp. 1* (SAN 09; prof. 2.793m); 2: *Platychara sp. A* (vistas lateral e apical; SAN 01, prof. 2.700m; vista basal, SAN 01, prof. 2.810m); 3: *Feistiella sp. B* (SAN 01, prof. 2.720m); 4: *Lamprothamnium sp.* (SAN 09, prof. 2.811m); 5: *Nitella sp.* (SAN 01, prof. 2.820m); 6: *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) tenuis* Musacchio (SAN 12, prof. 2.950m); 7: *Mesochara sp.* (SAN 12, prof. 2.920m); 8: *Feistiella sp. C* (SAN 12, prof. 2.910m); 9: *Feistiella sp. A* (SAN 12, prof. 2.880m); Vistas lateral (a), apical (b) e basal (c).

Figure 6

Photomicrographs of the charophytes from Santos Basin. 1: *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) sp. 1* (SAN 09; depth 2.793m); 2: *Platychara sp. A* (lateral and apical view, SAN 01; depth 2.700m; basal view, SAN 01; depth 2.810m); 3: *Feistiella sp. B* (SAN 01; depth 2.720m); 4: *Lamprothamnium sp.* (SAN 09; depth 2.811m); 5: *Nitella sp.* (SAN 01; depth 2.820m); 6: *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) tenuis* Musacchio (SAN 12; depth 2.950m); 7: *Mesochara sp.* (SAN 12; depth 2.920m); 8: *Feistiella sp. C* (SAN 12; depth 2.910m); 9: *Feistiella sp. A* (SAN 12; depth 2.880m). Lateral (a), apical (b) and basal (c) views.



Esses gêneros, por sua vez, apresentam baixa riqueza específica, sendo os gêneros *Brachyocythere*, *Paracypris* e *Actinocythereis* (com três espécies cada) exceções a esse padrão.

Quanto à preservação, os ostracodes recuperados ocorrem como carapaças ou moldes. As carapaças são mais comuns e seu aspecto pode ser translúcido, opaco ou com elevado grau de dissolução. Importante observar ainda o predomínio de espécimes juvenis e remobilizados (poço SAN 01) e a má preservação e escassez (poço SAN 11), que, por vezes, dificultaram a identificação taxonômica.

A preservação das carófitas apresenta-se relativamente boa, embora possam ser observados sinais de desgaste nas cristas intercelulares, falta da placa apical e girogonites fragmentados, que podem ser decorrentes de transporte das áreas continentais onde as carófitas viviam para o ambiente em que foram depositadas (Fauth e Fauth, 2008). A abundância das carófitas pode ser considerada baixa (máximo de 136 girogonites em uma amostra do poço SAN 09), o que reforça a interpretação de que foram depositadas afastadas de seu local de vida (Villalba-Breva e Martín-Closas, 2011).

As espécies-guia de palinórfos utilizadas nos arcabouços palinoestratigráficos estão ilustradas na figura 3. As espécies de ostracodes e carófitas utilizadas nos respectivos arcabouços bioestratigráficos estão representadas nas figuras 4, 5 e 6 e suas diagnoses constam em Bergue *et al.* (2011) e Piovesan *et al.* (2012) ou estão em preparação para posterior publicação.

biozonas

biozonas de palinórfos

Com base nos palinórfos identificados, biozonas de dois arcabouços palinoestratigráficos foram reconhecidas: uma para esporórfos e outra para cistos de dinoflagelados (fig. 7). O reconhecimento destas biozonas teve como base os estudos palinoestratigráficos elaborados por Regali *et al.* (1974a), Arai e Botelho Neto (1996), Lana e Roesner (2002) e Arai (2007a). Assim, um total de dez palinozonas do tipo intervalo diferencial superior foram identificadas no intervalo Santoniano-Maastrichtiano, utilizando bioeventos de última ocorrência dos palinórfos.

Foram caracterizadas quatro palinozonas de esporórfos: *Anacolosidites* sp., *Confossia vulgaris*, *Tricesticillus* sp. e *Gabonispuris vigourouxii* (fig. 7). Algumas formas-guias ou acessórias do Cretáceo Superior mencionadas nos trabalhos de referência também foram registradas como, por exemplo, *Gameroites psilasacus* (Archangelsky e Romero 1974) Archangelsky (1988), *Crassitricolporites brasiliensis* Hergreen (1972) e *Crassitriapertites* spp.

Com base em cistos de dinoflagelados foram caracterizadas seis dinozonas: *Oligosphaeridium pulcherrimum*, *Nelsoniella aceras*, *Trichodinium castanea*, *Andalusiella rhomboides*, *Yolkinigymnium lanceolatum* e *Dinogymnium* spp. (fig. 7). Além das espécies-guia principais das biozonas em questão, foram também observadas algumas espécies

Figura 7

Correlação entre os zoneamentos bioestratigráficos de palinórfos, ostracodes e carófitas propostos para o intervalo Santoniano-Maastrichtiano da Bacia de Santos.

Figure 7

Correlation among palynomorphs, ostracodes and charophytes biostratigraphic frameworks proposed to Santonian-Maastrichtian section of the Santos Basin.

| CRONOESTRATIGRAFIA | | | | PALINOZONAS | | BIOZONAS OSTRACODES MARINHOS | BIOZONAS OSTRACODES PARÁLICOS | BIOZONAS CARÓFITAS | BIOEVENTOS extinções ostracodes/carófitas |
|--------------------|----------------|------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| | | | | Esporórfos | Dinoflagelados | | | | |
| CRETÁCEO SUPERIOR | MAASTRICHTIANO | SUP. | <i>Gabonispuris vigourouxii</i> | <i>Dinogymnium</i> spp. | <i>W. meridionalis</i> | | | ← <i>Wichmanella meridionalis</i> | |
| | | INF. | | <i>Yolkinigymnium lanceolatum</i> | OSM-4 | | | | |
| | CAMPANIANO | SUP. | <i>Tricesticillus</i> sp. | <i>Andalusiella rhomboides</i> | <i>M. santosensis</i> | OSM-3 | <i>F. posterodentata</i> | <i>Lychnothamnus</i> (P.) sp. 1 | ← <i>Mejungaella santosensis</i> ← <i>Fossocytheridea posterodentata</i> / ← <i>Lychnothamnus</i> (<i>Pseudoharrisichara</i>) sp. 1 |
| | | MED. | | <i>Trichodinium castanea</i> | <i>Paracypris</i> sp. 1 | OSM-2 | <i>Fossocytheridea</i> sp. 1 | | ← <i>Paracypris</i> sp. 1 ← <i>Fossocytheridea</i> sp. 1 |
| | | INF. | <i>Confossia vulgaris</i> | <i>Nelsoniella aceras</i> | | | | | |
| | | SANTONIANO | SUP. | <i>Anacolosidites</i> sp. | <i>Oligosphaeridium pulcherrimum</i> | <i>Erachyocythere</i> sp. 3 | OSM-1 | <i>F. amphisulcata</i> | <i>Lychnothamnus</i> (P.) <i>tenuis</i> |
| | | MED. | | | | | | | |

Cronoestratigrafia: Topo da biozona associada ao Santoniano Médio (fig. 7).

Seção tipo: Poço SAN 04.

Outra Ocorrência: Poço SAN 05.

Observações: A zona OSM-1 está relacionada à Zona *Oligosphaeridium pulcherrimum* (fig. 7). Viviers *et al.* (2000) haviam apontado a potencialidade bioestratigráfica do gênero *Brachycythere* no Cretáceo Superior das bacias brasileiras. No presente trabalho, três espécies de *Brachycythere* (*Brachycythere* sp. 1, *Brachycythere* sp. 2 e *Brachycythere* sp. 3) foram identificadas, sendo *Brachycythere* sp. 3, espécie-guia da zona OSM-1, uma das mais características dos ambientes marinhos do Santoniano.

Zona *Paracypris* sp. 1 (OSM-2)

Autor: Fauth *et al.* (neste artigo).

Tipo de zona: intervalo diferencial superior.

Definição: O limite superior é definido pela última ocorrência estratigráfica de *Paracypris* sp. 1 (fig. 4.9) e o limite inferior é definido pela última ocorrência estratigráfica de *Brachycythere* sp. 3.

Caracterização: Os eventos incluídos nesta zona são a última ocorrência de *Brachycythere* sp. 2, *Buntonia* sp., *Veenia* sp. 1, *Paracypris* sp. 1 e *Rostrocytheridea* sp. Registra-se a primeira ocorrência de *Wichmanella meridionalis* Bertels (1969), *Argilloecia* spp., *Krithe* sp., *Bairdopillata* sp.1, *Cytherella* spp., *Soudanella* sp., *Pelecocythere dinglei* Piovesan *et al.* (2010), *Protobuntonia* sp., *Leguminocythereis* sp. 2, *Majungaella santosensis* Piovesan *et al.* (2010), *Bairdopillata* sp. 2, *Majungaella* sp. e *Bythocypris* sp. As amplitudes estratigráficas de *Krithe* sp. 2, *Cytherella* sp. 2, *Paracypris* sp. 4, *Loxococoncha* sp., *Veenia* sp. 2 e *Reticulocosta* sp. estão restritas à zona. Registram-se também ocorrências pontuais de *Bairdopillata* sp. 2, *Cytheropteron* sp. 2, *Cytherella* sp. 3, *Krithe* sp. 3, *Acanthocythereis* sp., *Nigeroloxococoncha* sp., *Aversovalva* sp., *Krithe* sp. 1, *Paracypris* sp. 3, *Cytheropteron* sp. 3, *Archicythereis* sp., *Costa* sp. e *Veenia* spp.

Cronoestratigrafia: Santoniano Médio a Campaniano Médio.

Seção tipo: Poço SAN 04.

Outras ocorrências: Poços SAN 02, SAN 08, SAN 09, SAN 12 e SAN 13.

Observações: O topo da zona OSM-2 está relacionado à Zona *Trichodinium castanea* e à porção inferior da Zona *Tricesticillus* sp.

Zona *Majungaella santosensis* (OSM-3)

Autor: Fauth *et al.* (neste artigo).

Tipo de zona: intervalo diferencial superior.

Definição: O limite superior é definido pela última ocorrência estratigráfica de *Majungaella santosensis* Piovesan *et al.* (2010, fig. 4.8) e o limite inferior é marcado pela última ocorrência estratigráfica de *Paracypris* sp. 1.

Caracterização: Os eventos incluídos nesta zona são a última ocorrência estratigráfica de *Murrayina* sp. e *Majungaella santosensis* Piovesan *et al.* (2010) e as aparentes primeiras ocorrências de *Neonesidea* sp., *Bairdopillata* sp. e *Legitimocythere* sp. A amplitude estratigráfica de *Murrayina* sp., *Manteliana?* sp., *Cytherelloidea spirocostata* Bertels (1973) está restrita à zona e inclui a ocorrência pontual de *Jonesia* sp.

Cronoestratigrafia: Campaniano Médio a Maastrichtiano Inferior (fig. 7).

Seção tipo: Poço SAN 09.

Outra Ocorrência: SAN 09.

Observações: O topo da zona OSM-3 está relacionado à porção inferior da Zona *Yolkinigymnium lanceolatum* e a porção média da Zona *Tricesticillus* sp. *Cytherelloidea spirocostata* Bertels (1973) foi descrita para o Daniano da Formação Roca, Argentina (Bertels, 1973). *Majungaella santosensis* foi registrada por Piovesan *et al.* (2012) no intervalo Campaniano-Maastrichtiano da Bacia do Espírito Santo. A ocorrência desta espécie na Bacia do Espírito Santo sustenta a proposição da zona OSM-3.

Zona *Wichmanella meridionalis* (OSM-4)

Autor: Fauth *et al.* (neste artigo).

Tipo de zona: zona de intervalo diferencial superior.

Definição: O limite superior é definido pela última ocorrência estratigráfica de *Wichmanella meridionalis* Bertels (1969, fig. 4.10) e o limite inferior pela última ocorrência estratigráfica de *Majungaella santosensis* Piovesan *et al.* (2010).

Caracterização: Os eventos incluídos nesta zona são a última ocorrência estratigráfica de *Actinocythereis* spp., *Wichmanella meridionalis* Bertels (1969), *Argilloecia* spp., *Neonesidea* sp., *Krithe* sp., *Protocosta spinosa* Bertels (1975), *Bairdopillata* sp. 1, *B.* sp. 2, *Bythocypris* sp., *Cytherella* spp., *Soudanella* sp., *Pelecocythere dinglei* Piovesan *et al.* (2010), *Majungaella* sp., *Legitimocythere* sp., *Protobuntonia* sp. e *Leguminocythereis* sp. 2. Registra-se também ocorrências pontuais de *Cytheropteron* sp. 1, *Anticythereis schilleri* Bertels (1973), *Isocythereis* sp., *Cytherelloidea* sp. e *Eucytherura* sp. As amplitudes estratigráficas de *Leguminocythereis* sp. 1 e *Brachycythere* sp. 1 estão limitadas à zona.

Cronoestratigrafia: Maastrichtiano (fig. 7).

Seção tipo: Poço SAN 01.

Outras ocorrências: Poços SAN 04, SAN 09 e SAN 13.

Observações: O topo da zona OSM-4 é concorrente com o topo das zonas *Dinogymnium* spp. e *Gabonispuris vigourouxii*.

Wichmanella meridionalis foi registrada no Campaniano da Bacia de Pelotas (Ceolin *et al.*, 2011), sendo registrada do Campaniano ao Maastrichtiano no presente trabalho (fig. 8).

biozonas de ostracodes parálisos (OSP)

Zona *Fossocytheridea amphisulcata* (OSP-1)

Autor: Fauth *et al.* (neste artigo)

Tipo de zona: intervalo diferencial superior.

Definição: O limite superior é definido pela última ocorrência estratigráfica de *Fossocytheridea amphisulcata* Bergue *et al.* (2011; fig. 4.6). A base da zona OSP-1 não foi caracterizada no presente estudo.

Caracterização: Picos de abundância de *Afrocytheridea? cretacea* Piovesan *et al.* (2010) e *Fossocytheridea ventrotuberculata* Bergue *et al.* (2011), associados à ocorrência de *F. amphisulcata* Bergue *et al.* (2011), são eventos significativos nessa zona.

Outros eventos incluídos nesta zona são a aparente primeira ocorrência estratigráfica de *Afrocytheridea? cretacea* Piovesan *et al.* (2010), *Fossocytheridea* sp. 2, *Fossocytheridea* sp., Cytherideidae sp. 12-1 G, *Fossocytheridea* sp. 1, Cytherideidae sp. C, *Fossocytheridea posterodentata* Bergue *et al.* (2011) e *Perissocytheridea? sp.* As amplitudes estratigráficas de Cytherideidae sp. 12-1, Cytherideidae sp. F e *Fossocytheridea amphisulcata* Bergue *et al.* (2001) ocorrem nesta biozona. Registram-se, também, ocorrências pontuais de *Ilyocypris* sp. 2 e Cytherideidae sp. 13-2.

Cronoestratigrafia: Santoniano Superior (fig. 7).

Seção tipo: Poço SAN 05.

Outras ocorrências: Poços SAN 01, SAN 02, SAN 04 e SAN 10.

Observações: O topo da zona OSP-1 está relacionada à porção inferior da Zona *Nelsoniella aceras* e à porção superior da Zona *Anacolosidites* sp.

Zona *Fossocytheridea* sp. 1 (OSP-2)

Autor: Fauth *et al.* (neste artigo).

Tipo de zona: intervalo diferencial superior.

Definição: O limite superior é definido pela última ocorrência estratigráfica de *Fossocytheridea* sp. 1 (fig. 4.5) e o limite inferior pela última ocorrência

estratigráfica de *Fossocytheridea amphisulcata* Bergue *et al.* (2011).

Caracterização: Picos de abundância de *Fossocytheridea santosensis* Bergue *et al.* 2011 e *Afrocytheridea? cretacea* Piovesan *et al.* (2010), associados à ocorrência de *Fossocytheridea* sp. 1, destacam-se dentro dessa zona.

Outros eventos incluídos nesta zona são a última ocorrência estratigráfica de Cytherideidae sp. C., Cytherideidae sp. G, Cytherideidae sp. Q, *Fossocytheridea* sp. 1 e *Fossocytheridea* sp. 2. A amplitude estratigráfica de Cytherideidae sp. 13-1 encontra-se nesta zona. Registra-se, também, ocorrências pontuais de *Ilyocypris* sp. 1, *Bronsteiniana* sp.1, *Fossocytheridea* sp. 3 e Cytherideidae sp. 13-3.

Cronoestratigrafia: Santoniano Superior a Campaniano Médio (fig. 7).

Seção tipo: Poço SAN 06.

Outras ocorrências: Poços SAN 04, SAN 07, SAN 12 e SAN 15.

Observações: O topo da zona OSP-2 está relacionado à Zona *Trichodinium castanea* e ao topo da Zona de *Confossia vulgaris*.

Zona *Fossocytheridea posterodentata* (OSP-3)

Autor: Fauth *et al.* (neste artigo).

Tipo de zona: intervalo diferencial superior.

Definição: O limite superior é definido pela última ocorrência estratigráfica de *Fossocytheridea posterodentata* Bergue *et al.* (2011; fig. 4.7) e a base, pela última ocorrência estratigráfica de *Fossocytheridea* sp. 1.

Caracterização: Picos de abundância de *Fossocytheridea posterodentata* Bergue *et al.* (2011) e carófitas são eventos conspícuos dessa zona.

Além da última ocorrência estratigráfica de *Fossocytheridea posterodentata* Bergue *et al.* (2011) *Afrocytheridea? cretacea* Piovesan *et al.* (2011) e *Perissocytheridea? sp.*, outros eventos incluídos na zona são: a aparente primeira ocorrência estratigráfica de *Cyprideis* spp. e as amplitudes estratigráficas de *Ilyocypris* sp. 3, *Cyprois* sp. 1 e *Mantelliana? sp.* Registram-se, também, ocorrências pontuais de *Cyprois* sp. 2.

Cronoestratigrafia: Campaniano Médio a Campaniano Superior (fig. 7).

Seção tipo: Poço SAN 09.

Outras ocorrências: SAN 01, SAN 07 e SAN 10.

Observações: O topo da zona OSP-3 está relacionado ao topo da Zona *Andalusiella rhomboides* e à porção média da Zona *Tricesticillus* sp.

A ausência de biozonas de ostracodes parálisos e carófitas nos depósitos do Maastrichtiano pode estar relacionada à elevação global do nível relativo

do mar ocorrida neste tempo, conforme indicado por Gradstein *et al.* (2004) e evidenciado pelo predomínio de ostracodes marinhos neríticos no material aqui estudado (fig. 7).

biozonas de carófitas

Em relação às carófitas foram propostas duas biozonas (identificadas pela sigla CAR):

Zona *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) tenuis* (CAR-01)

Autor: Fauth *et al.* (neste artigo).

Tipo de zona: intervalo diferencial superior.

Definição: O limite superior é definido pela última ocorrência estratigráfica de *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) tenuis* Musacchio (1973; fig. 6.6). Limite inferior não definido.

Caracterização: Os eventos incluídos nessa zona são a última ocorrência estratigráfica de *Mesochara* sp., *Feistiella* sp. A e *Feistiella* sp. C. e a aparente primeira ocorrência estratigráfica de *Gen. et sp. indet 2-1* e *Gen. et sp. indet 1-6*.

Cronoestratigrafia: Santoniano Médio a Santoniano Superior (fig. 7).

Seção tipo: Poço SAN 12.

Outras ocorrências: SAN 02, SAN 04, SAN 05, SAN 07, SAN 10 e SAN 15.

Observações: O topo da zona CAR-1 está relacionado à porção superior da Zona *Anacolosidites* sp. e a porção inferior da Zona *Nelsoniella aceras*. *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) tenuis* Musacchio foi registrada anteriormente por Musacchio (1973) em rochas do Santoniano-Campaniano da Formação Anacleto, Grupo Neuquén, onde ocorre associada à *Gobichara (Pseudoharrisichara) walpurgica* Musacchio e à espécie de ostracode continental *Ilyocypris wichmanni* Musacchio.

Zona *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) sp. 1* (CAR-02)

Autor: Fauth *et al.* (neste artigo).

Tipo de zona: intervalo diferencial superior.

Definição: O limite superior é definido pela última ocorrência estratigráfica de *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) sp. 1* (fig. 7) e o limite inferior é definido pela última ocorrência estratigráfica de *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) tenuis* Musacchio (1973).

Caracterização: Os eventos incluídos nessa zona são a última ocorrência estratigráfica de *Gen. et sp. indet*

2-1, a aparente primeira ocorrência estratigráfica de *Amblyochara* sp. Também observam-se as amplitudes estratigráficas de *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) sp. 1*, *Platychara* sp. A, *Feistiella* sp. B, *Lamprothamnium* sp., *Nitella* sp., *Peckisphaera* sp., *Gen. et sp. indet 3-9*, *Gen. et sp. indet 1-1*, *Gen. et sp. indet 2-7*, *Gen. et sp. indet 2-9*, *Gen. et sp. indet 1-9* na biozona. Registram-se, ainda, as ocorrências pontuais de *Gen. et sp. indet 1-4* e *Peckisphaera* sp. 1-2.

Cronoestratigrafia: Campaniano (fig. 7).

Seção-tipo: Poço SAN 09.

Outras ocorrências: SAN 01, SAN 07, SAN 08 e SAN 11.

Observações: O topo da zona CAR-2 está relacionado ao topo da Zona *Andalusiella rhomboides* e à porção média da Zona *Tricesticillus* sp.

bioeventos

As associações de ostracodes parálisos caracterizam-se por apresentar picos de abundância de algumas espécies como *Afrocytheridea cretacea*, *Fossocytheridea ventrotuberculata* e *Fossocytheridea amphisulcata* na zona OSP-1 (poços SAN 05 e SAN 10). Na zona OSP-2, esses picos de abundância são caracterizados pelo predomínio de *Afrocytheridea? cretacea*, *Fossocytheridea santosensis* e *Fossocytheridea* sp.1 (poços SAN 04, SAN 06, SAN 07, SAN 12 e SAN 15). Um acme da espécie *Afrocytheridea cretacea* foi registrado no poço SAN 02 (cerca de 900 espécimes). Picos de abundância de *Fossocytheridea posterodentata* associados a carófitas, principalmente à *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) sp. 1*, foram registrados nas zonas OSP-3 e CAR-2 (poços SAN 01, SAN 07 e SAN 09).

O poço SAN 4 apresenta significativa riqueza de espécies e transições faunísticas pronunciadas. A porção basal registra uma associação marinha a características peculiares em termos de composição e preservação, na qual predominam trachyleberídeos como *Veenia* e *Brachycythere*. Esta associação é seguida por outra tipicamente parálisa, onde predominam cytherideídeos e *Afrocytheridea? cretacea*. Sucede-se a esta uma nova associação marinha mais diversificada. Estas características são similares àquelas encontradas no poço SAN 9, especialmente quanto à sucessão das associações parálisas e marinhas. Esses dois poços sumarizam o registro de todos os bioeventos (última ocorrência) das espécies-guia das biozonas aqui propostas (fig. 9).

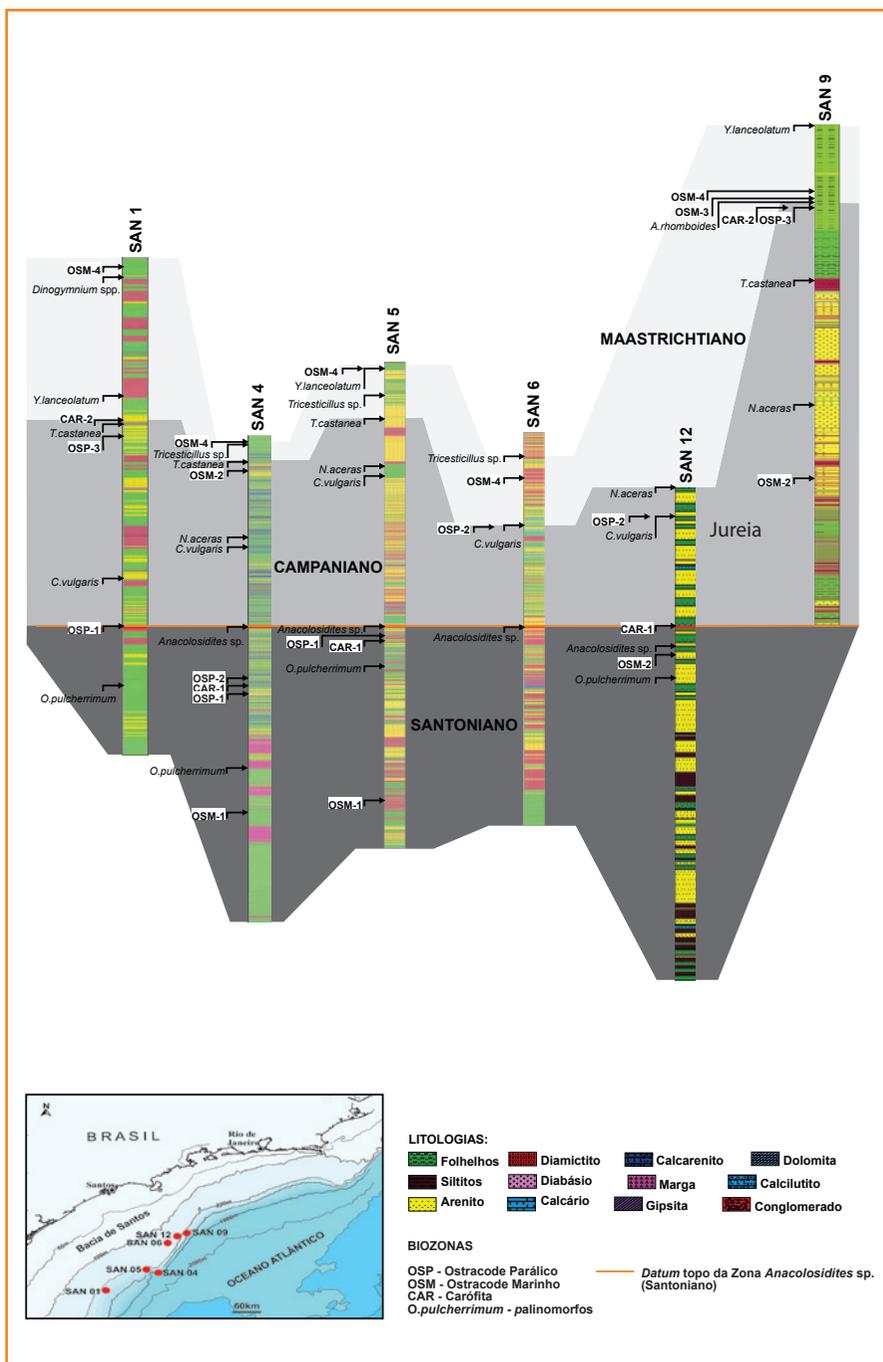


Figura 9
Correlação bioestratigráfica entre os poços SAN 1, 4, 5, 6, 9 e 12 a partir dos principais bioeventos de ostracodes, carófitas e palinómorfo.

Figure 9
Biostratigraphic correlation between the wells SAN 1, 4, 5, 6, 9 and 12 based on the main ostracode, charophyte and palynomorph bioevents.

As zonas de ostracodes marinhos (OSM) são constituídas por ostracodes neríticos tais como *Wichmanella*, *Majungaella*, *Paracypris* e *Brachythere*. Espécies destes gêneros, característicos do Cretáceo do Atlântico Sul, apresentam potencial para correlações regionais (Viviers *et al.*, 2000; Dingle, 2009; Piovesan *et al.*, 2012).

Em todo o intervalo estudado, o poço SAN 13 é caracterizado por uma associação de ostracodes marinhos diversificada, escassez de ostracodes parálicos e não recuperação de carófitas, sugerindo uma localização relativamente mais distal em

relação ao poço SAN 04 e com menor influência do continente. Nesse poço, é possível distinguir duas associações: uma na zona OSM-2, caracterizada por *Brachythere* sp. 2, *Majungaella* sp., *Bairdoppilata* sp., *Loxococoncha* sp., Cytherideidae 13-3, *Paracypris* sp. 1 e *Krithe* sp. 2 e outra na zona OSM-4, composta por *Reticulocosta* sp., *Cytherella* sp. 2 e *Krithe* sp. 1 e *Krithe* sp. 3 (figs. 4 e 5).

discussão

Afora Piovesan *et al.* (2010) e Bergue *et al.* (2011), estudos publicados sobre ostracodes de ambientes parálicos cretáceos nas bacias da margem brasileira são escassos, o que valoriza os resultados obtidos neste trabalho. Os ostracodes parálicos do Santoniano-Campaniano da Bacia de Santos apresentam boa riqueza genérica, representatividade específica e abundância de espécimes. As assembleias marinhas, por outro lado, apresentam baixa abundância de espécimes, porém, quando comparados aos ostracodes de outras bacias cretáceas (Viviers *et al.*, 2000; Fauth *et al.*, 2005; Piovesan *et al.*, 2009, 2010 e Nicolaidis *et al.*, 2011), a riqueza das assembleias marinhas como um todo pode ser relativamente alta. A família *Trachyleberididae* destaca-se pela maior diversidade genérica.

Devido ao hábito bentônico dos ostracodes, os arcabouços bioestratigráficos elaborados costumam ser de aplicação essencialmente local. Porém, os resultados aqui apresentados demonstram que esta premissa pode não ser totalmente válida. Existem táxons que, além do potencial bioestratigráfico, permitem o estabelecimento de correlações entre diferentes bacias sedimentares como, por exemplo, as espécies dos gêneros *Brachythere*, *Wichmanella* e *Majungaella* (Viviers *et al.*, 2000; Puckett, 2002; Piovesan *et al.*, 2012).

Em relação às seções cretáceas das bacias brasileiras, o gênero *Brachythere* apresenta boa representatividade (Sergipe, Potiguar: Viviers *et al.*, 2000; Delicio *et al.*, 2000; Pelotas: Ceolin *et al.*, 2011). A primeira ocorrência do gênero *Brachythere* na Bacia Potiguar encontra-se na base da zona de intervalo de ostracode *Nigeria glabella*, de idade mesoecenomaniana, estando representado pela espécie *B. sapucariensis* (Viviers *et al.*, 2000). Na Bacia de Sergipe, a primeira ocorrência desse

gênero, representado pela espécie *B. sapucariensis*, encontra-se na Zona de ostracode *Rehacythereis?* aff. *R. dentonensis* (OSE-2) do Cenomaniano (Viviers et al., 2000) e sua última ocorrência foi utilizada para definir topo de biozona homônima, de idade turoniana-coniaciana. Puckett (2002), em sua revisão sobre o gênero *Brachycythere*, discute a grande diversidade e ampla distribuição deste táxon em ambientes marinhos rasos, com sua distribuição cronoestratigráfica no Atlântico Sul abrangendo o intervalo Cenomaniano-Campaniano. Nos poços investigados, que abrangem a seção santoniana-maastrichtiana, os últimos registros de *Brachycythere* são verificados na base do Maastrichtiano. Essa documentação sugere que nos sítios deposicionais amostrados pelos poços aqui estudados, as condições paleobatimétricas tornaram-se mais profundas (Viviers, 1986), condições ambientais desfavoráveis para o desenvolvimento das espécies do gênero *Brachycythere*, com preferência por ambientes rasos.

Existem outros táxons que permitem o estabelecimento de correlações bioestratigráficas entre diferentes bacias sedimentares como, por exemplo, as espécies *Wichmanella meridionalis* e *Majungaella santosensis*. Quanto às espécies do gênero *Wichmanella*, embora restritas ao Atlântico Sul, são bem representadas no Maastrichtiano e Daniano argentino (Bertels, 1969, 1975) e estudos recentes demonstram que a distribuição estratigráfica deste gênero é mais ampla. *Wichmanella meridionalis* Bertels (1969) foi registrada por Ceolin et al. (2011) no Campaniano da Bacia de Pelotas e, a partir deste trabalho, no Campaniano Médio ao Maastrichtiano Superior da Bacia de Santos no topo da zona OSM-4.

O uso bioestratigráfico do gênero *Majungaella* em bacias brasileiras foi pouco explorado até o momento. Contudo, a existência de diversas espécies cretáceas (algumas das quais ainda não formalmente descritas) indica a potencialidade nos estudos bioestratigráficos de seções marinhas (Piovesan et al., 2012). *Majungaella santosensis* Piovesan et al. (2010) é registrada no intervalo do Campaniano-Maastrichtiano da Bacia do Espírito Santo (Piovesan et al., 2012). Na Bacia de Santos, a distribuição desta espécie encontra-se no intervalo Campaniano-Maastrichtiano Inferior e sua última ocorrência marca o topo da zona OSM-3 (fig. 8).

O gênero *Paracypris* é bem representado no Cretáceo do Brasil, conforme revelam estudos realizados nos intervalos do Albiano-Campaniano

das formações Jandaíra, Quebradas, Açu e Ponta do Mel da Bacia Potiguar (Viviers et al., 2000), Aptiano-Coniaciano das formações Riachuelo e Cotinguiba da Bacia de Sergipe (Viviers et al., 2000), Turoniano da Formação Atlântida da Bacia de Pelotas (Ceolin et al., 2011), Maastrichtiano da Bacia Pernambuco-Paraíba (Fauth et al., 2005) e Turoniano-Maastrichtiano da Bacia Pará-Maranhão (Piovesan, et al., 2009). Também há registros no Cretáceo Superior dos Estados Unidos (Alexander, 1929; Holden, 1964; Crane, 1965). Estes trabalhos indicam que *Paracypris* é um elemento comum em associações neríticas cretáceas. A distribuição das espécies de *Paracypris* registradas na Bacia de Santos é mais significativa no Campaniano Médio, como *Paracypris* sp. 1, marcadora da zona OSM-2.

Um dos resultados a ser destacado no presente trabalho foi o uso bioestratigráfico do gênero *Fossocytheridea*. Este gênero foi tema de uma revisão taxonômica (Tibert et al., 2003), na qual muitas espécies originalmente descritas em outros gêneros foram nele incorporadas. Tibert et al. (2009) elaboraram um zoneamento bioestratigráfico com espécies do gênero *Fossocytheridea* para a seção Cenomaniano-Turoniano dos Estados Unidos, sendo um dos primeiros estudos a abordar o potencial bioestratigráfico do grupo. No Brasil, Bergue et al. (2011) descreveram 4 espécies de *Fossocytheridea* no Santoniano-Campaniano da Bacia de Santos (*F. santosensis*, *F. posterodentata*, *F. amphisulcata*, *F. ventrotuberculata*), registrando uma riqueza maior que a observada em outros estudos (Swain e Brown, 1964; Swain, 1982; Tibert et al., 2009). A dinâmica ambiental que caracteriza áreas costeiras propicia a fragmentação de habitats, desencadeando os processos de especiação (Neale, 1988; Tibert et al., 2003). Um bom exemplo é o registro de diversas espécies de *Fossocytheridea* ao longo da seção santoniana-campaniana da Bacia de Santos.

As espécies *Fossocytheridea posterodentata* Bergue et al. (2011), *Fossocytheridea* sp. 1 e *F. amphisulcata* Bergue et al. (2011), espécies guias das biozonas OSP-1, OSP-2 e OSP-3, respectivamente, permitiram uma boa correlação entre os poços estudados. A Zona *Fossocytheridea posterodentata* (OSP-3) associada à Zona *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara)* sp. 1 (CAR-2) puderam ser posicionadas no Campaniano Superior por meio da calibração com a Zona de dinoflagelados *Andalusiella rhomboides* (fig. 7). Além disso, intervalos de abundância de outras novas espécies

de *Fossocytheridea* observadas na Bacia de Santos podem futuramente ser explorados para o detalhamento do arcabouço bioestratigráfico de ostracodes parálisos.

Na Bacia de Santos, a assembleia de carófitas de idade campaniana (Zona *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara)* sp. 1) apresenta maior diversidade (8 espécies) e abundância que a assembleia de idade santoniana (Zona *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) tenuis*), na qual foram identificadas apenas 4 espécies. Isto corrobora a observação de Musacchio (2000) de que a flora de carófitas do Neocretáceo da América do Sul, especialmente a partir do Campaniano, apresenta uma maior diversidade e abundância.

Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) sp. 1 é a espécie de carófitas mais abundante na associação do intervalo Campaniano da Bacia de Santos. *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) tenuis* Musacchio encontrada em rochas do Santoniano da Bacia de Santos foi descrita anteriormente em rochas da Formação Anacleto, idade campaniana da Bacia de Neuquén, Argentina (Musacchio, 1973). Biozonas de carófitas associadas aos ostracodes não marinhos foram propostas anteriormente por Musacchio (1989), que destacou a potencialidade de *Lychnothamnus (Pseudoharrisichara) tenuis* para correlações estratigráficas, considerando-a um marcador secundário da Zona *Ilyocypris wichmanni* Musacchio do Campaniano-Maastrichtiano da Bacia de Neuquén.

Uma boa correlação entre zonas de ostracodes parálisos e carófitas foi observada na Bacia de Santos, como exemplificado na figura 9. Com base nas correlações bioestratigráficas, observou-se que os poços representados na seção *strike* (figs. 2 e 9) apresentam um maior volume sedimentar no seu extremo norte (poço SAN 09) e na porção mediana mais próxima ao extremo sul (poços SAN 04 e SAN 05), sugerindo que estas áreas provavelmente localizavam-se mais próximas às áreas de aporte de sedimentos.

conclusões

A integração do estudo de ostracodes, carófitas e palinóforos mostrou-se extremamente promissora para fins bioestratigráficos. Ainda que preliminar, o conhecimento taxonômico dos ostracodes e carófitas do intervalo Santoniano-Maastrichtiano e da distribuição estratigráfica de suas espécies

possibilitou a proposição de quatro biozonas de ostracodes marinhos, três de ostracodes parálisos e duas de carófitas. Os intervalos cronoestratigráficos destas unidades foram estimados pela comparação aos zoneamentos palinológicos dos poços investigados. Os biozoneamentos postulados, por sua vez, se constituíram em uma ferramenta que permitiu datar e correlacionar a seção cretácea dos poços analisados. Os estudos contribuíram para atingir uma melhor resolução no detalhamento bioestratigráfico, minimizando as dificuldades previamente encontradas diante da ausência/escassez de foraminíferos planctônicos e nanofósseis calcários nas áreas costeiras e neríticas rasas da Bacia de Santos.

Ostracodes marinhos neríticos possuem potencial para estabelecer correlações entre diferentes bacias. Ostracodes parálisos, em especial os representantes do gênero *Fossocytheridea*, proporcionaram resultados bioestratigráficos satisfatórios, demonstrando que estudos análogos podem ser desenvolvidos em outras bacias marginais brasileiras, contribuindo não apenas para o conhecimento bioestratigráfico como paleoecológico das mesmas.

agradecimentos

Os autores manifestam seus agradecimentos aos editores do Boletim de Geociências da Petrobras (BGP) pelo convite para participar desta edição especial, bem como à Petrobras e à Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) pelo apoio aos projetos de P&D. Aos geólogos Edison Milani e Gilmar Vital Bueno pela colaboração e por terem desencadeado o início deste projeto. Ao geólogo Oscar Strohschoen Jr. pelo apoio técnico e o suporte da Rede Temática em Micropaleontologia. Aos técnicos Rogerio da Silva Martins Costa, Gabriel H. Klaser, Fernando M. Lopes e Bruna M. Naissinger pelo apoio na preparação das amostras e das imagens dos microfósseis e aos triadores pela coleta de microfósseis.

referências bibliográficas

ALBERTI, G. Zur Kenntnis mesozoischer und alttertiärer Dinoflagellaten und Hystrichosphaerideen

von Nord-Und Mitteldeutschland sowie einigen anderen europäischen Gebieten. **Palaeontographica. Abteilung A:** Paläozoologie, Stratigraphie, Stuttgart, v. 116, n. 1-4, p. 1-58, 1961.

ALEXANDER, C. I. Ostracoda of the Cretaceous of North Texas. **University of Texas Bulletin**, Texas, v. 2907, p. 1-137, 1929.

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R.; MIZUSAKI, A. M. P. Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira com o das áreas emersas adjacentes. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 125-138, jun. 1996.

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 135-150, jun. 1998.

ANTUNES, R. L.; MELO, J. H. G. Micropaleontologia e estratigrafia de seqüências. In: RIBEIRO, H. J. P. S. (Ed.) **Estratigrafia de seqüências: fundamentos e aplicações**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2001. p. 137-218.

ARAI, M. Dinoflagellates from the middle Cretaceous in the offshore Campos Basin, southeastern Brazil. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁCIAS BRASILEIRAS, 2., 1992, Rio Claro. **Resumos Expandidos...** Rio Claro: UNESP, 1992, p. 27-29.

ARAI, M. Dinoflagellados do Cretáceo Superior (Turoniano – Maastrichtiano) da Bacia de Campos, plataforma continental do sudeste brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 3., 1994, Rio Claro. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 1994, p. 59-61.

ARAI, M. **Sucessão das associações de dinoflagelados (Protista, Pyrrophyta) ao longo das colunas estratigráficas do Cretáceo das bacias da margem continental brasileira:** uma análise sob o ponto de vista paleoceanográfico e paleobiogeográfico. 2007. 231 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre, 2007a.

ARAI, M. Registro de florações de dinoflagelados no Cretáceo do Brasil. In: CARVALHO, I. S.; CASSAB, R. C. T.; SCHWANKE, C.; CARVALHO, M. A.;

FERNANDES, A. C. S.; RODRIGUES, M. A. C.; CARVALHO, M. S. S.; ARAI, M.; OLIVEIRA, M. E. Q. (Eds.) **Paleontologia:** cenários de vida. Rio de Janeiro: Interciência, 2007b. p. 595-605.

ARAI, M.; BOTELHO NETO, J. Biostratigraphy of the marine Cretaceous from Brazilian southern and south-eastern marginal basins, based on fossil dinoflagellates. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1996. v. 7, p. 408-410.

ARAI, M.; LANA, C. C.; ARAÚJO, C. V.; MENEZES, T. R. O grande incêndio do Santoniano: considerações geológicas e exploratórias. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 125-131, maio/nov. 2006.

ARAI, M.; UESUGUI, N. Dinoflagellate biostratigraphy of the Macaé Formation (Albian – Cenomanian), Campos Basin. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN AND FOSSIL DINOFLAGELLATES, 4., 1989, Woods Hole. **Abstracts...** Woods Hole: [s.n.], 1989. p. 20.

ARCHANGELSKY, S. *Gamerroites*, nuevo género de polen bisacado del Cretácico de la Patagônia, Argentina. **Boletín Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología**, Buenos Aires, n. 11, p. 1-6, 1988.

ARCHANGELSKY, S.; ROMERO, E. J. Polen de Gimnosperms (Coníferas) del Cretácico superior y Paleocene de Patagonia. **Ameghiniana**, Buenos Aires, v. 11, n. 3, p. 217-236, 1974.

ASSINE, M. L.; CORRÊA, F. S.; CHANG, H. K. Migração de depocentros na Bacia de Santos: importância na exploração de hidrocarbonetos. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 111-127, 2008. Suplemento.

BABINOT, J. F.; MOULLADE, M.; TRONCHETTI, G. The upper Bedoulian and lower Gargasian Ostracoda of the Aptian stratotype: taxonomy and biostratigraphic correlation. **Carnets de Géologie/ Notebooks on Geology**, Brest, Article (CG 2007_A05), p.1-35, 2007.

BERGUE, C. T.; FAUTH, G.; VIEIRA, C. E. L.; SANTOS, A. S.; VIVIERS, M. C. New species of Fossocytheridea

- Swain e Brown, 1964 (Ostracoda, Crustacea) in the Upper Cretaceous of Santos Basin, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 149-156, maio/ago. 2011.
- BERTELS, A. Micropaleontología y estratigrafía del límite Cretácico-Terciario en Huantrai-co (provincia de Neuquen). Ostracoda. Parte I Cytherellidae, Bairdiidae, Pontocypridinae, Buntoniinae y Trachyleberidinae (*pro parte*). **Ameghiniana**, Buenos Aires, v. 5, n. 8, p. 279-295, 1968.
- BERTELS, A. Micropaleontología y estratigrafía del límite Cretácico-Terciario en Huantrai-co (Provincia de Neuquén). Ostracoda. Parte II. **Ameghiniana**, Buenos Aires, vol. 4, p. 253-289, 1969.
- BERTELS, A. Ostracodes of the type locality of the lower Tertiary (lower Danian) Rocanian stage and Roca Formation of Argentina. **Micropaleontology**, v. 19, n. 3, p. 308-340, July 1973.
- BERTELS, A. Upper Cretaceous (Middle Maastrichtian) ostracodes of Argentina. **Micropaleontology**, New York, v. 21, n. 1, p. 97-130, Jan. 1975.
- DO CARMO, D. A.; TOMASSI, H. Z.; OLIVEIRA, S. B. S. G. Taxonomia e distribuição estratigráfica dos ostracodes da formação Quiricó, Grupo Areado (Cretáceo Inferior), Bacia Sanfranciscana, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 139-149, set. 2004.
- CARREÑO, A. L.; COIMBRA, J. C.; SANGUINETTI, Y.T. Biostratigraphy of Late Neogene and Quaternary ostracodes from Pelotas Basin, southern Brazil. **Gaia**, São Leopoldo, v. 14, p. 33-43, 1997.
- CAVALIER-SMITH, T. Eukaryote kingdoms: seven or nine? **Biosystems**, Amsterdam, v. 14, n. 3-4, p. 461-81, 1981.
- CEOLIN, D.; FAUTH, G.; COIMBRA, J. C. Cretaceous-Lower Paleogene ostracods from the Pelotas Basin, Brazil. **Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments**, Berlin, v. 91, n. 2, p. 111-128, June 2011.
- COIMBRA, J. C.; ARAI, M.; CARREÑO, A. L. Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe basin, northeastern Brazil. **Geobios**, Paris, v. 35, n. 6, p. 687-698, Nov./Dec. 2002.
- COIMBRA, J. C.; BERGUE, C. T. Ostracoda. In: CARVALHO, I. S. (Ed.). **Paleontologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p. 35-51.
- COLIN, J. P.; LETHIERS, F. The importance of ostracods in biostratigraphic analysis. In: DE DECKKER, P.; COLIN, J. P., PEYPOUQUET, J. P. (Eds). **Ostracoda in the Earth Sciences**. Amsterdam: Elsevier, 1988. p. 27-45.
- COOKSON, I. C.; EISENACK, A. Microplankton from Australian Cretaceous sediments. **Micropaleontology**, New York, v. 6, n. 1, p. 1-18, Jan. 1960.
- COOKSON, I. C.; PIKE, K. M. A contribution to the tertiary occurrence of the genus *Dacrydium* in the Australian region. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 1, n. 3, p. 474-484, 1953.
- CORREIA, G. A.; MENEZES, J. R. C.; BUENO, G. V.; MARQUES, E. J. J. Identificação de uma estrutura de impacto no Cretáceo Superior da Bacia de Santos em sismica de reflexão 3D. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 123-127, nov. 2004/maio 2005.
- CRANE, M. J. Upper Cretaceous ostracodes of the Gulf Coast area. **Micropalaeontology**, New York, v. 11, n. 2, p. 191-254, Apr. 1965.
- CULLEN, J. J.; MACINTYRE, J. G. Behavior, physiology and the niche of depth-regulating phytoplankton. In: ANDERSON, D. M.; CEMBELLA, A. D.; HALLEGRAEF, G. M. (Ed.). **Physiological ecology of harmful algal blooms**. Berlin: Springer, 1998. p. 1-21.
- CUNHA, M. C. C.; MOURA, J. A. Espécies novas de ostracodes não-marinhos da série Recôncavo: paleontologia e bioestratigrafia. **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 87-100, abr./jun. 1979.
- DIAS-BRITO, D.; MUSACCHIO, E. A.; MARANHÃO, M. S. A. S.; CASTRO, J. C.; SUÁREZ, J. M.; RODRIGUES, R. Cretaceous non-marine calcareous microfossils from the Adamantina Formation (Bauru Group), Western, São Paulo, Brazil. **Boletim Asociación Paleontológica del Golfo de San Jorge**, Comodoro Rivadavia, v. 2, p. 8-10, 1998.
- DIAS-BRITO, D.; MUSACCHIO, E. A.; CASTRO, J. C.; MARANHÃO, M. S. A. S.; SUÁREZ, J. M.;

RODRIGUES, R. Grupo Baurú: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil – concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isotópicos e estratigráficos. **Revue Paleobiologique**, Genève, v. 20, n. 1, p. 245-304, 2001.

DINGLE, R. V. Implications for high latitude gondwanide palaeozoogeographical studies of some new Upper Cretaceous marine ostracod faunas from New Zealand and Antarctic Peninsula. **Revista Española de Micropaleontologia**, Madrid, v. 41, n. 1-2, p. 145-196, 2009.

FAUTH, G. **The Cretaceous-Tertiary (K-T) boundary ostracodes from the Poty quarry, Pernambuco-Paraíba Basin, northeastern Brazil**: systematics, biostratigraphy, palaeocology, and palaeobiogeography. 2000. 169 f. Thesis (PhD) – Universität Heidelberg, Heidelberg, 2000.

FAUTH, G. Paleobiogeography of the Upper Cretaceous to Lower Tertiary marine ostracodes from the Atlantic Ocean. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 4, p. 67-71, July 2002.

FAUTH, G.; COLIN, J. P.; KOUTSOUKOS, E. A. M.; BENGTON, P. Cretaceous: tertiary boundary ostracodes from the Poty quarry, Pernambuco, northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 19, n. 3, p. 285-305, Aug. 2005.

FAUTH, S. B.; FAUTH, G. Upper cretaceous from the Santos Basin, Brazilian Continental Margin. In: INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON CHAROPHYTES SYMPOSIUM, 5., 2008, Rostock. **Poster Abstracts**... Rostock: Universität Rostock Press, 2008. v. 1, p. 5.

FAUTH, S. B.; BRUNO, M. D. R.; LOPES, F. M.; FARIA, R. S. Carófitas. In: Carvalho, I. S. (Org.) **Paleontologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. v. 2, p. 167-179.

FEIST, M.; GRAMBAST-FESSARD, N.; GUERLESQUIN, M.; KAROL, K.; LU, H.; MCCOURT, R. M.; WANG, Q.; SHENZHEN, Z. **Treatise on invertebrate paleontology, Part B**. Boulder: GSA, 2005. 170 p. Protocista 1. Volume 1: Charophyta.

FEIST, M.; GUERLESQUIN, M. Ecology and Paleocology. In: FEIST, M.; GRAMBAST-FESSARD, N.; GUERLESQUIN, M.; KAROL, K.; LU, H.;

MCCOURT, R. M.; WANG, Q.; SHENZHEN, Z. (Ed.). **Treatise on invertebrate paleontology, Part B**. Boulder: GSA, 2005. p. 29-46. Protocista 1. Volume 1: Charophyta.

GUERLESQUIN, M.; FEIST, M. Morphology. In: FEIST, M.; GRAMBAST-FESSARD, N.; GUERLESQUIN, M.; KAROL, K.; LU, H.; MCCOURT, R. M.; WANG, Q.; SHENZHEN, Z. (Ed.). **Treatise on invertebrate paleontology, Part B**. Boulder: GSA, 2005. p. 1-23. Protocista 1. Volume 1: Charophyta.

FENSOME, R. A.; RIDING, J. B.; TAYLOR, F. J. R. Dinoflagellate. In: JANSONIUS, J.; MCGREGOR, D. C. (Ed.). **Palynology**: principles and applications. Brazos: American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1996. v. 1, p. 107-169.

GRADSTEIN, F. M.; COOPER, R. A.; SADLER, P. M.; HINNOV, L. A.; SMITH, A. G.; OGG, J. G.; VILLENEUVE, M.; MCARTHUR, J. M.; HOWARTH, R. J.; AGTERBERG, F. P.; ROBB, L. J.; KNOLL, A. H.; PLUMB, K. A.; SHIELDS, G. A.; STRAUSS, H.; VEIZER, J.; BLEEKER, W.; SHERGOLD, J. H.; MELCHIN, M. J.; HOUSE, M. R.; DAVYDOV, V.; WARDLAW, B. R.; LUTERBACHER, H. P.; ALI, J. R.; BRINKHUIS, H.; HOOKER, J. J.; MONECHI, S.; POWELL, J.; RÖHL, U.; SANFILIPPO, A.; SCHMITZ, B.; LOURENS, L.; HILGEN, F.; SHACKLETON, N. J.; LASKAR, J.; WILSON, D.; GIBBARD, P.; VAN KOLFSCHOTEN, T. **A geologic time scale**. Cambridge, UK: University Press, 2004. 500 p.

HELBY, R.; MORGAN, R.; PARTRIDGE, A. D. A palynological zonation of the Australian Mesozoic. In: JELL, P. A. (Ed.). **Studies in Australian Mesozoic Palynology**. Sydney: Memoir of the Association of Australasian Palaeontologists, 1987. p. 1-94.

HERNGREEN, G. F. W. Some new pollen grains from the Upper Senonian of Brazil. **Pollen et Spores**, Paris, v. 14, n. 1, p. 97-112, 1972.

HOLDEN, J. C. Upper Cretaceous ostracodes from California. **Palaeontology**, London, v. 7, n. 3, p. 393-429, 1964.

JAIN, K. P.; MILLEPIED, P. Cretaceous microplankton from Senegal Basin, NW Africa. 1. Some new genera, species and combinations of dinoflagellates. **The Palaeobotanist**, Lucknow, v. 20, p. 22-32, 1973.

- KRÖMMELBEIN, K. Zur Taxonomie und Biochronologie stratigraphisch wichtiger Ostracoden-Arten aus der oberjurassisch- unterkretazischen Bahia-Serie Wealden-Fazies N-E Braziliens. **Senckenbergiana lethaea**, Stuttgart, v. 43, n. 6, p. 437-528, 1962.
- KRÖMMELBEIN, K. Neue, für Vergleiche mit West-Afrika wichtige Ostracoden-Arten der brasilianischen Bahia-Serie (Ober-Jura?/Unter-Kreide in Wealden-Fazies). **Senckenbergiana lethaea**, Stuttgart, v. 46, p. 177-213, 1965.
- KRÖMMELBEIN, K. On "Gondwana Wealden" Ostracoda from NE Brazil and West Africa. In: WEST AFRICAN MICROPALAEONTOLOGICAL COLLOQUIUM, 2., 1966, Ibadan. **Proceedings...** Leiden: E. J. Brill, 1966. p. 113-119.
- KUDELA, R. M.; SEEVAVE, S.; COCHLAN, W. P. The role of nutrients in regulation and promotion of harmful algal blooms in upwelling systems. **Progress in Oceanography**, Oxford, v. 85, n. 1-2, p. 122-135, Apr./May 2010.
- LANA, C. C.; ROESNER, E. H. Biocronoestratigrafia de dinoflagelados da seção cretácea marinha das bacias do Ceará e Potiguar, margem equatorial brasileira. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6, 2002, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2002. v. 1, p. 239-245.
- MILANI, E. J.; RANGEL, H. D.; BUENO, G. V.; STICA, J. M.; WINTER, W. R.; CAIXETA, J. M.; PESSOA NETO, O. C. Bacias Sedimentares Brasileiras: cartas estratigráficas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 183-205, 2007.
- MODICA, C. J.; BRUSH, E. Postrift sequence stratigraphy, paleogeography and fill history of the deep-water Santos Basin, offshore southeast Brazil. **Bulletin of the American Association of Petroleum Geology**, Tulsa, v. 88, n. 7, p. 923-945, Jul. 2004.
- MOREIRA, J. L. P.; MADEIRA, C. V.; GIL, J. A.; MACHADO, M. A. P. Bacia de Santos. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 531-549, nov. 2007.
- MOHRIAK, W. U. Bacias sedimentares da margem continental brasileira. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003. p. 87-165.
- MOHRIAK, W. U.; FAINSTEIN, R. Phanerozoic regional geology of the eastern Brazilian margin. In: ROBERTS, D. G.; BALLY, A. W. (Ed.). **Regional geology and tectonics: phanerozoic passive margins, cratonic basins and global tectonic maps**. Amsterdam: Elsevier, 2012. p. 223-282.
- MORSI, A. M.; WENDLER, J. E. Biostratigraphy, palaeoecology and palaeogeography of the middle Cenomanian-early Turonian Levante Platform in central Jordan based on ostracods. In: HOMBERG, C.; BACHMANN, M. (Ed.). **Evolution of the Levant Margin and western Arabia Platform since the Mesozoic**. London: Geological Society Special Publications, 2010. p. 87-210.
- MUSACCHIO, E. A. Charophytas y ostracodes no marinos del Grupo Neuquén (Cretácico Superior) en algunos afloramientos de las provincias de Rio Negro y Neuquén, República Argentina. **Revista Del Museo de La Plata (nueva serie)**, La Plata, v. 8, n. 48, p. 1-32, 1973.
- MUSACCHIO, E. A. Biostratigraphy of the non-marine Cretaceous of Argentina based on calcareous microfossils. In: WIEDMANN, J. (Ed.). **Cretaceous of the Western Tethys**. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1989. p. 811-850.
- MUSACCHIO, E. A.; VIVIERS, M. C. Carófitas (algas verdes não marinhas) aptianas na Bacia de Santos, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 13., 1993, São Leopoldo. **Boletim...** São Leopoldo: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1993. v. 1, p. 170.
- MUSACCHIO, E. A. Biostratigraphy and biogeography of Cretaceous charophytes from South America. **Cretaceous Research**, London, v. 21, n. 2-3, p. 211-220, Apr. 2000.
- NEALE, J. W. Ostracods and paleosalinity reconstruction. In: DECCKER, P. D.; COLIN, J. P.; PEYPOUQUET, J. P. (Ed.). **Ostracoda in the Earth Sciences**. Amsterdam: Elsevier, 1988. p. 125-155.
- NICOLAIDIS, D. D.; PIOVESAN, E. K.; FAUTH, G.; VIVIERS, M. C. Non-marine, transitional and

marine ostracode associations from the Neoaptian-Turonian of Santos Basin, Brazil. In: CARVALHO, I. S.; SRIVASTAVA, N. K.; STROHSCHOEN JR, O.; LANA, C. C. (Ed.). **Paleontologia: cenários da vida**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. v. 3, p. 301-312.

NOGUEIRA, A. A. E.; RAMOS, M. I. F.; PUCKETT, T. M. The Genera *Haplocytheridea* Stephenson, 1936 and *Cytheridea* Bosquet, 1852 (Subphylum Crustacea, Class Ostracoda) from the Early Miocene Pirabas Formation, Brazil. **Revue de Micropaléontologie**, Paris, v. 54, n. 4, p. 215-235, Oct./Déc. 2011.

PIOVESAN, E. K.; BERGUE, C. T.; FAUTH, G. Cretaceous ostracodes from Pará-Maranhão Basin, Brazil: taxonomy and preliminary paleoecological and paleobogeographical inferences. **Revue de Paléobiologie**, Genève, v. 28, n. 2, p. 437-456, Déc. 2009.

PIOVESAN, E. K.; BERGUE, C. T.; FAUTH, G. New ostracode species from the Upper Cretaceous of Santos Basin, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 175-180, Sept./Déc. 2010.

PIOVESAN, E. K.; BALLENT, S.; FAUTH, G. Cretaceous paleogeography of Southern Gondwana from the distribution of the marine ostracod *Majungaella* Grekoff: new data and review. **Cretaceous Research**, London, v. 37, p. 127-147, Oct. 2012.

POROPAT, S. F.; COLIN, J. P. Early Cretaceous ostracod biostratigraphy of eastern Brazil and western Africa: an overview. **Gondwana Research**, Osaka, v. 22, n. 3-4, p. 772-798, Nov. 2012.

PUCKETT, T. M. Systematics and Paleobiogeography of Brachycytherine Ostracoda. **Micropaleontology**, Nova York, v. 48, p. 1-87, 2002. Suplemento.

PURPER, I.; PINTO, I. D. New data and new ostracodes from Pebas formation, Upper Amazon Basin. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 8., Rio de Janeiro. **Coletânea de trabalhos paleontológicos**. Brasília: DNPM, 1985. DNPM Série Geologia, Paleontologia e Estratigrafia, v. 27. Seção de Paleontologia e Estratigrafia, n. 2. p. 427-434.

POWELL, A. J. (Ed.). **A stratigraphic index of dinoflagellate cysts**. London: Chapman and Hall, 1992. 290 p.

RAMOS, M. I. F., ROSSETTI, D. F., PAZ, J. D. D. Caracterização e significado paleoambiental da fauna de ostracodes da Formação Codó (Neoaptiano), Leste da Bacia do Grajaú, MA, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 339-348, dez. 2006.

REGALI, M. S. P.; UESUGUI, N.; SANTOS, A. S. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil I. **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, v.17, n. 3, p. 177-191, jul./set. 1974a.

REGALI, M. S. P.; UESUGUI, N.; LIMA, E. C. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil II. **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, v.17, n. 4, p. 263-301, out./dez. 1974b.

ROSENFELD, A.; RAAB, M. Lower Cretaceous ostracodes from Israel and Sinai. **Israel Journal Earth Sciences**, Jerusalem, v. 33, n. 3, p. 85-134, 1984.

SANGUINETTI, Y. T. Bioestratigrafia (Ostracodes) do Mioceno da bacia de Pelotas, Rio Grande do Sul. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 13, p. 7-34, 1980.

SILVA-TELES, A. C. Novo zoneamento da sequência das coquinas da Formação Lagoa Feia (Neojiquiá da Bacia de Campos) com base em ostracodes – aspectos evolutivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1992. v. 2, p. 489-490.

SIMÕES, M. G.; HOLZ, M. Tafonomia: processos e ambientes de fossilização. In: CARVALHO, Ismar de Souza (Ed.). **Paleontologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. v. 1, n. 3, p. 19-45. cap. 3.

SMITH, A. J.; HORNE, D. Ecology of Marine, Marginal Marine and Nonmarine Ostracods. In: CHIVAS, A. R.; HOLMES, J. A. (Ed.). **The Ostracoda: applications in quaternary research**. Washington: American Geophysical Union, 2002. p. 37-64.

SOLTIS, P. S.; SOLTIS, D. E. The origin and diversification of angiosperms. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 91, n. 10, p. 1614-1626, 2004.

SWAIN, F. M. Marine and brackish water Cretaceous Ostracoda from wells in central and southern Florida. **Journal of Micropalaeontology**, London, v. 1, n. 1, p. 115-128, July 1982.

SWAIN, F. M.; BROWN, P. M. Cretaceous Ostracoda from wells in the southeastern United States. **Bulletin of North Carolina Department of Conservation and Development**, Raleigh, v. 78, p. 1-55, 1964.

TIBERT, N. E.; COLIN, J. P.; LECKIE, R. M.; BABINOT, J. P. Revision of the ostracodes genus *Fossocytheridea*: Mesozoic ancestral root for the modern eurytopic *Cyprideis* Jones. **Micropaleontology**, Nova York, v. 49, n. 3, p. 205-230, Sept. 2003.

TIBERT, N. E.; COLIN, J. P.; LECKIE, R. M. Taxonomy, biostratigraphy and paleoecology of Cenomanian and Turonian ostracodes from the Western Interior Basin, Southeast Utah, USA. **Revue de Micropaleontologie**, Paris, v. 52, n. 2, p. 85-105, Apr./June 2009.

UESUGUI, N. Palinologia: técnicas de tratamento das amostras. **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 229-240, out./dez. 1979.

VALLATI, P. Asociaciones palinológicas com angiospermas en el Cretácico Superior de la cuenca Neuquina, Argentina. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 143-158, maio/ago. 2010.

VIANA, C. F. Stratigraphic distribution of Ostracoda in the Bahia supergroup. In: WEST AFRICAN MICROPALAEONTOLOGY COLLOQUIUM, 2., 1966, Ibadan. **Proceedings...** Ibadan: West African Micropaleontology Society, 1966. v 1, p. 240-257.

VIANA, C. F.; GAMA JR., E. G.; SIMÕES, I. A.; MOURA, J. A.; FONSECA, J. R.; ALVES, R. J. Revisão estratigráfica da bacia do Recôncavo/Tucano. **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3-4, p.157-192, jul./dez. 1971.

VILLALBA-BREVA, S.; MARTÍN-CLOSAS, C. A characean thallus with attached gyrogonites and associated fóssil charophytes from the Maastrichtian of the eastern Pyrenees (Catalonia, Spain). **Journal of Phycology**, Malden, v. 47, n. 1, p. 131-143, Feb. 2011.

VIVIERS, M. C. Bioestratigrafia e evolução paleoambiental do meso e neocretáceo da Bacia de Santos,

Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1986, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Geologia, 1986. v.1, p. 50-64.

VIVIERS, M. C.; KOUTSOUKOS, E. A. M.; SILVA-TELLES, A. C.; BENGTON, P. Stratigraphy and biogeographic affinities of the late Aptian-Campanian ostracods of the Potiguar and Sergipe basins in northeastern Brazil. **Cretaceous Research**, London, v. 21, n. 2-3, p. 407-455, Apr. 2000.

VOZZHENNIKOVA, T. F. **Iskopaemye peridinei yurskikh, melovykh i paleogenovykh otlozheniy SSSR: fossil peridinae from Jurassic, Cretaceous and paleogene deposits of the USSR**. Moscow: Nauka Publishers, 1967. 347 p.

VOZZHENNIKOVA, T. F. Klass Peridineae (Dinoflagellateae). Peridinei, ili dinoflagellaty. In: KISELEV, A.; VAKHRAMEEVA, V. A.; RADCHENKO, G. P.; TACHMADZHANA, A. L. (Ed.). **Algae, bryophytes, psilophytaleans, lycopsids, arthropytes, pteridophytes**. Moscow: Academy of Sciences of the USSR, 1963. p. 171-195.

WILLIAMS, G. L.; BUJAK, J. P. Mesozoic and Cenozoic dinoflagellates. In: BOLLI, H. M.; SAUNDERS, J. B.; PERCH, N. K. (Ed.). **Plankton Stratigraphy**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. p. 847-964.

TAYLOR, T. N.; TAYLOR, E. L.; KRINGS, M. **Paleobotany: the biology and evolution of fossil plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 2008. 1252 p.

TRAVERSE, A. **Sedimentation of Organic Particles**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 560 p.

bibliografia

DELÍCIO, M. P.; COIMBRA, J. C.; CARREÑO, A. L. Cretaceous marine Ostracoda from the Poiguar basin, Northeastern Brazil. **Neues Jahrbuch Geologie und Paläontologie**, Berlin, v. 215, n. 3, p. 321-345, 2000.

expanded abstract

The scientific and technological development of the last decades, and the new exploratory necessities lead to the improvement of the biostratigraphic and palaeoecologic knowledge of the Upper Cretaceous deposits. In the Santonian-Campanian interval of Santos Basin planktic foraminifers and calcareous nannofossils render low resolution, inasmuch as the shallow platform and slope deposits changed from a retrogradational to a progradational stacking (Moreira et al., 2007).

The first biostratigraphic studies in Brazil based on Cretaceous non-marine ostracodes were developed by Krömmelbein (1962, 1965, 1966), and subsequently improved by Viana (1966), Viana et al. (1971), and Cunha and Moura (1979). In marine deposits, they began in Potiguar (Delicio et al., 2000; Viviers et al., 2000), Sergipe (Viviers et al., 2000), Pernambuco-Paraíba (Fauth, 2000) and Pelotas basins (Ceolin et al. 2011). In relation to the charophytes, Musacchio (2000) stated that their distribution in South America is endemic in the Lower Cretaceous, interchange in the Aptian, culminating in the division into two provinces in the Upper Cretaceous. Musacchio and Viviers (1993) registered the association *Atopochara trivolis/Flabellochara harrisi* in the Aptian of the Santos Basin. (Incluir outros dados de ocorrências de carófitas)

The Santonian-Maastrichtian sequences where this study was developed refer to the drift phase of the Brazilian marginal basins. According to the lithostratigraphic frame of the basin, it corresponds to Santos, Jureia and Itajaí-Açu Formations, whose deposition began in the Cenomanian and finished in the Cretaceous/Paleogene, characterizing the progradational trend which culminated in the Maastrichtian (Moreira et al., 2007). Locally, it is recorded a meteorite impact (Correia et al., 2005), a forest fire (Arai et al., 2006) during the Santonian. From the Santonian to the lower Campanian, occurred an intense magmatic activity and the uplift of Serra do Mar and Mantiqueira mountains (Almeida et al., 1996; Almeida and Carneiro, 1998; Moreira et al., 2007).

In this work, 2054 cutting samples from 14 wells were studied. Hundred nineteen ostracode species were recorded, being 90 marine and 29 paralics, mostly Cytherideidae (four genera) and Trachyleberididae (21 genera). The assemblages composition varies in abundance, diversity and richness. The paralic ones are very abundant, have

low diversity but high richness, while the marine ones have higher diversity of genera and families, usually with low richness. In relation to the charophytes, 24 species were identified, usually represented by either abraded or fragmented specimens. The low abundance reinforces their allochthoneity.

Seven ostracode zones were proposed, being four marine (*Brachycythere* sp. 3 OSM-1, *Paracypris* sp. 1 OSM-2, *Majungaella santosensis* OSM-3, *Wichmanella meridionalis* OSM-4) and three paralic (*Fossocytheridea amphisulcata* OSP-1, *Fossocytheridea* sp. 1 OSP-2, *Fossocytheridea posterodentata* OSP-3). The study of the charophytes allowed the proposal of two biozones: (*Lychnothamus* (P.) *tenuis* CAR-1 and *Lychnothamus* (P.) sp. 1 CAR-2). The biostratigraphic model proposed for ostracodes and charophytes is calibrated with the zonal schemes for palynomorphs.

Paralic ostracodes from the Santonian-Campanian interval are abundant and rendered good stratigraphic resolution. It is usually stated that ostracode biostratigraphic zones are essentially local. However, the results of this study demonstrate that, at least in part, this is not true especially for the marine taxa, because some taxa allowed correlations between basins such as *Brachycythere*, *Wichmanella* and *Majungaella*. In Sergipe and Potiguar (Viviers et al., 2000; Delicio et al., 2000) and Pelotas basins (Ceolin et al., 2011) *Brachycythere* is common. Puckett (2002) states that the chronostratigraphic distribution of the genus in the South Atlantic corresponds to the Cenomanian-Campanian interval. However, in the studied wells, *Brachycythere* sp. 1 is recorded until the lower Maastrichtian.

In relation to *Wichmanella*, Ceolin et al. (2011) registered *W. meridionalis* Bertels, (1969) in the Campanian of Pelotas Basin, while in the Santos Basin it ranges from the middle Campanian to the upper Maastrichtian. The biostratigraphic use of *Majungaella* is poorly so far, despite its enormous potential. Piovesan et al. (2012) described a new species (*M. santosensis*) in Cretaceous sections of the Sergipe, Espírito Santo and Santos basins. *Paracypris* is common in Brazilian Cretaceous deposits (Viviers et al., 2000; Fauth et al., 2005; Piovesan et al., 2009; Ceolin et al., 2011), as well as in North America (Alexander, 1929; Crane, 1965; Holden, 1964), showing that it is common in Cretaceous shelf assemblages.

The more accurate biostratigraphic result from this study was reached with *Fossocytheridea*. The environmental dynamics typical of coastal areas is suitable for speciation processes (Neale,

1988; Tibert et al., 2003) and the occurrences of *Fossocytheridea* in Santos Basin constitutes a good example with three defined zones: *Fossocytheridea amphisulcata* OSP-1, *Fossocytheridea* sp. 1 OSP-2 and *Fossocytheridea posterodentata* OSP-3. Bergue et al. (2011), for instance, described four species and

recorded higher richness when compared to similar studies such as Swain and Brown (1964), Swain (1982) and Tibert et al. (2009). The integration of ostracodes, charophytes and palynomorphs data is useful for biostratigraphic purposes despite the preliminary taxonomic knowledge of these fossils.

autores



Gerson Fauth

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)
Instituto Tecnológico de Micropaleontologia
(ITT Fossil)

gersonf@unisinos.br

Gerson Fauth é geólogo formado pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) em 1991. Concluiu o mestrado em Geociências na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 1995 e doutorado na Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Alemanha em 2000, no qual desenvolveu um estudo sobre os ostracodes do limite Cretáceo-Paleógeno da Bacia Pernambuco-Paraíba. No retorno ao Brasil, foi bolsista recém Doutor do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) na UFRGS. De 2002 a 2005 trabalhou como assessor da coordenação de pesquisa da Universidade de Santa Cruz (Unisc). Ingressou na Unisinos em 2005, como pesquisador e em 2006 passou a ser professor do curso de graduação e pós-graduação em Geologia e pesquisador e coordenador do Projeto P&D “Taxonomia e Bioestratigrafia dos Ostracodes e Palinomorfos do Intervalo Santoniano/Campaniano da Bacia de Santos” e de projetos da Rede Temática de Micropaleontologia da Petrobras. Desde 2011, é coordenador do Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (ITT Fossil), construído com o financiamento da Petrobras e Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). No ITT Fossil desenvolvem-se pesquisa básica e aplicada, projetos P&D em parceria com a Petrobras e capacitação de geocientistas em análises paleoecológicas e bioestratigráficas de alta resolução integrando diferentes grupos de microfósseis.



Alessandra da Silva dos Santos

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)
Instituto Tecnológico de Micropaleontologia
(ITT Fossil)

alessandrass@unisinos.br

Alessandra da Silva dos Santos é graduada em Psicologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) em 1996 e possui licenciatura em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Augusto Motta (Unisuam) em 2004. Mestre em Geociências (Paleontografia e Estratigrafia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 2006. Em fase de doutoramento (2010-2014) pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGL/UFRJ), com ênfase em dinoflagelados cretácicos da Bacia de Sergipe. De 2003 a 2004, foi aluna bolsista de palinologia pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj) no Laboratório de Paleoecologia Vegetal, Museu Nacional/UFRJ. Desde 2006, é pesquisadora do Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (ITT Fossil) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), cuja principal atuação está relacionada à palinologia, bioestratigrafia e paleoecologia do Cretáceo. Pesquisadora colaboradora desde 2011 da Universidad de Buenos Aires (Argentina), em projeto sobre palinomorfos e microfósseis cretácicos da Bacia James Ross, Antártica.



Carlos Eduardo Lucas Vieira
 Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)
 Instituto Tecnológico de Micropaleontologia
 (ITT Fossil)

carlosev@unisinos.br

Carlos Eduardo Lucas Vieira, nascido em Recife (PE), graduou-se em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 1996, com mestrado e doutorado em Geociências pela mesma instituição, nos anos de 1999 e 2004. É pesquisador do Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (ITT FOSSIL) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) desde 2006 e aluno do último semestre do curso de Geologia desta universidade. Tem experiência nas áreas de Biociências e Geociências, com ênfase em Paleontologia Estratigráfica, atuando principalmente nos seguintes temas: paleobotânica, palinologia, paleoecologia e bioestratigrafia.



Eduardo Aldo Musacchio
in memoriam

Eduardo Aldo Musacchio licenciado em Geologia pela Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina, em 1964. Tem pós-graduação em Geologia do Petróleo pela Universidade de Buenos Aires e doutorado em Ciências Naturais pela UNLP, em 1971. Foi aluno e geólogo da yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF), docente de Ciências Naturais e Filosofia da Ciência como professor adjunto da UNLP e professor titular da Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Trabalhou como colaborador dos departamentos de Paleontologia ou Geologia da UNLP, da UNPSJB, da Universidade de Kiel (Alemanha) e da Universidade Estadual Paulista de Rio Claro (Unesp). Recebeu inúmeras homenagens e prêmios, dentre os quais, o Prêmio da Asociación Paleontológica Argentina (1977) e do Congresso Geológico Mundial IGC (2000).



Cristianini Trescastro Bergue
 Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)
 Instituto Tecnológico de Micropaleontologia
 (ITT Fossil)

cbergue@unisinos.br

Cristianini Trescastro Bergue possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestre em Geociências (2000) e Doutor em Ciências (2005) pelo Programa de Pós-Graduação em Geociências (modalidade sanduíche) pela UFRGS e United States Geological Survey, no qual desenvolveu estudo sobre aspectos da paleoceanografia da Bacia de Santos com base em isótopos estáveis, elementos-traço, paleoecologia e taxonomia de ostracodes. É pesquisador do Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (ITT Fossil) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), no qual desenvolve estudos sobre ostracodes marinhos mesocenoicos e atuais, principalmente nos temas abordados: taxonomia, bioestratigrafia e paleoecologia.



Elizabete Pedrão Ferreira
 Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
 P&D em Geociências
 Gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia

Elizabete@petrobras.com.br

Elizabete Pedrão Ferreira possui graduação em Geologia pela Universidade de São Paulo (USP) em 1982, mestrado e doutorado em Geologia, ambos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), nos anos de 1995 e 2004, respectivamente. É geóloga sênior da Petrobras na área de exploração de hidrocarbonetos. Possui experiência na área de Geociências, com ênfase em Estratigrafia e Bioestratigrafia e na área de palinologia do Cretáceo e Paleógeno de bacias sedimentares brasileiras e internacionais. Participação em orientações e banca de alunos do Programa de Vocação Profissional da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz/Petrobras) e de conclusões de cursos, mestrados e doutorados em universidades brasileiras. Participação em projetos de estudos estratigráficos de seções cretáceas sob responsabilidade das universidades.



Javier Helenes Escamilla
Centro de Investigacion Cientifica y Educacion
Superior de Ensenada (Cicese)

jhelenes@cicese.mx

Javier Helenes Escamilla formou-se em Geologia pelo Instituto Politécnico Nacional (IPN) em 1977, com mestrado (1980) e doutorado (1984) em Estratigrafia e Micropaleontologia pela Stanford University, California, U.S.A. Atuou como professor de física e matemática nos anos de 1972 a 1977 no Instituto Politécnico Nacional e como professor de Paleontología y Micropaleontología no período de 1985 a 1986 na Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Desde 1995, exerce a função de professor e pesquisador na área Micropaleontologia, Palinología y Estratigrafía no Departamento de Geología, División de Ciencias de la Tierra no Centro de Investigacion Cientifica y Educacion Superior de Enseada (Cicese) em Baja Califórnia, México. Como pesquisador e consultor, trabalhou em diversos países como Suíça, México, Canadá, EUA, Venezuela e Brasil. Possui experiência nas áreas de morfologia e bioestratigrafia de dinoflagelados do Cretáceo-Recente.



Marcelo de Araújo Carvalho
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Museu Nacional

mcarvalho@mn.ufrj.br

Marcelo de Araújo Carvalho é graduado em Biologia pela Universidade Gama Filho (UGF) em 1991. Possui mestrado em Geociências (Paleontologia e Estratigrafia) realizado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 1996. Doutorado também em Geociências realizado na Ruprecht-Karls Universität Heidelberg (Paleontologia, 2001). Entre 2001 e 2002, foi recém Doutor do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no Instituto Geociências, Departamento de Geologia da UFRJ. Desde 2002, é professor adjunto do Departamento de Geologia e Paleontologia (DGP) do Museu Nacional (UFRJ) e orientador permanente do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGL/UFRJ). Atua desde 2002 como membro da coordenação do curso de especialização em Geologia do Quaternário (coordenador entre 2003-2004). Chefe do Departamento de Geologia e Paleontologia entre 2008 e 2010. É vice-diretor do Museu Nacional (UFRJ). Membro desde 2003 do corpo editorial da revista científica Arquivos do Museu Nacional. Desde 2008 é bolsista “Jovem Cientista” da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj). Coordenador do Laboratório de Paleoecologia Vegetal do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional (DGP/MN/UFRJ). Possui experiência na área de Geociências com ênfase em palinologia e palinofácies.



Marta Cláudia Viviers

Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
P&D em Geociências
Gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia

mcviviers@petrobras.com.br

Marta Claudia Viviers é graduada em Ciências Geológicas pela Universidade de Buenos Aires (UBA), Facultad de Ciencias Exactas e Naturales (1960). Atua como geóloga e consultora técnica na área de Bioestratigrafia e Paleoecologia no Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes), onde atua por mais de trinta anos. Especialista na área de estratigrafia, com ênfase em bioestratigrafia, paleoecologia e paleoceanografia de foraminíferos e ostracodes marinhos.



Simone Baecker Fauth

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)
Instituto Tecnológico de Micropaleontologia
(ITT Fossil)

sbfauth@unisinos.br

Simone Baecker Fauth é Bióloga pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em 1988 com mestrado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 1994 e doutorado em Ciências (modalidade sanduíche) pela UFRGS e Ruprecht-Karls Universität Heidelberg (2010). Foi professora de paleontologia e evolução do curso de Ciências Biológicas da Universidade do Alto Uruguai e das Missões (URI) – Campus Frederico Westphalen (2002-2007). Pesquisadora do Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (ITT Fossil) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) desde 2006, realizando pesquisas principalmente nos seguintes temas: taxonomia, bioestratigrafia, paleoecologia de radiolários e carófitas fósseis.