

# ADAPTAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DOS ESPATANGÓIDES (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA) NO CRETÁCEO DA SUB-BACIA DE SERGIPE, BRASIL

## ADAPTATION AND DISTRIBUTION OF SPATANGOIDS (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA) FROM THE CRETACEOUS OF THE SERGIPE SUB-BASIN, BRAZIL

Cynthia Lara de Castro Manso

Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Biociências,  
Campus Prof. Alberto Carvalho, s/nº, 49.500-000, Itabaiana, Sergipe  
E-mail: [cynthia@phoenix.org.br](mailto:cynthia@phoenix.org.br)

### RESUMO

---

O estudo dos espatangóides do Cretáceo de Sergipe mostrou que estas formas ocuparam diferentes paleohabitats no intervalo Aptiano-Coniaciano. *Douvillaster* teria vivido semi infaunal em ambiente desoxi-anoxico no Aptiano. *Micraster (Epiaster) dartoni*, teria vivido semi enterrada em um habitat pouco mais oxigenado que *Douvillaster*. As espécies de *Hemiaster* do Albiano teriam sido endofaunais em sedimentos arenosos, mas em profundidades distintas de acordo com as suas carapaças. O gênero *Mecaster*, dominante do Cenomaniano ao Coniaciano teria se distribuído em diferentes profundidades, no interior de sedimentos mais finos. Através destes grupos foi possível relacionar, de uma forma geral, os diferentes eventos de sedimentação que se sucederam na sub bacia de Sergipe durante a abertura do Oceano Atlântico Sul.

**Palavras-chave:** Spatangoida, Evolução, Bacia de Sergipe-Alagoas

### ABSTRACT

---

The study of the spatangoids from the Cretaceous of the Sergipe Sub-Basin suggest that these irregular echinoids occupied different paleohabitats on the Aptian-Coniacian intervals. *Douvillaster* lived semi infaunal on the desoxi-anoxi enviroment of the Aptian. *Micraster (Epiaster) dartoni* lived semi infaunal in a habitat with little more oxigen than *Douvillaster*. The genus *Mecaster*, which predominated from the Cenomanian to Coniacian was distributed at different depths into more fine sediments. By studying the characteristics of these groups it was possible to make general correlations among the sedimentation events that occurred on the Sergipe basin during the opening of South Atlantic ocean.

**Keywords:** Spatangoida, Evolution, Sergipe-Alagoas Basin

## 1. INTRODUÇÃO

Os espatangóides formam um grupo de equinóides “irregulares”, reconhecível pela sua carapaça cordiforme adaptada a um modo de vida infaunal (Kanazawa, 1992, Smith & Stockley, 2005). Estas formas se desenvolveram no início do Cretáceo, em ambientes rasos e de águas mornas onde eles se adaptaram principalmente a uma vida no interior de sedimentos calcáreos (Fischer, 1966). A diversidade destes organismos foi declinando gradualmente ao final deste período até o início do Paleoceno (Smith, 1980; Stokes, 1977). Em seguida houve um máximo de diversificação durante o Terciário, tendo o número de espécies diminuído lentamente desde então (Fischer, 1966, Smith & Jeffery, 1998). Apesar disso, hoje constituem o maior e mais bem sucedido grupo infaunal entre todos os equinóides irregulares (Smith & Stockley, 2005). Estes organismos podem ser encontrados do litoral às regiões batiais em diferentes profundidades no interior de diversos tipos de sedimentos, coletando microorganismos do assoalho de seu esconderijo, sendo este o principal meio de alimentação destes animais (Kanasawa, 1992). Estudos relacionando equinóides fósseis como indicadores paleoambientais tem sido desenvolvido por autores como Zaghbib-Turki (1989) para o Cenomaniano da Tunísia, Néraudeau & Floquet (1991) para o Cretáceo Superior da Espanha e Smith (1995) para o Maastriactiano da região de fronteira entre Oman e os Emirados Árabes Unidos entre outros.

Entre os autores que fizeram a relação entre as características morfológicas da carapaça de espatangóides e o paleoambiente do Cretáceo da bacia de Sergipe-Alagoas podemos citar Manso & Souza-Lima (2003a), sobre a distribuição de *Douvillaster benguellensis* (Loriol, 1888) do Aptiano superior, em ambientes com redução de oxigênio, Manso & Souza-Lima (2003b) sobre a presença de *Hemiaster zululandensis* Besaire & Lambert, 1930, no interior de sedimentos do Albiano superior e Manso & Andrade (2008) sobre a distribuição de *Mecaster batnensis* (Coquant, 1862) e *M. fourneli* (Agassiz & Desor, 1847) nos sedimentos do Turoniano de Sergipe. Este trabalho tem por objetivo relacionar determinadas características das carapaças de diferentes espécies de equinóides espatangóides e a sua posição no interior dos sedimentos, durante a evolução do Atlântico Sul no Cretáceo de Sergipe.

## 2. CONTEXTO GEOLÓGICO E ESTRATIGRÁFICO

A sub-bacia de Sergipe está localizada na região costeira do Estado de mesmo nome, na região nordeste do Brasil (Figura 1). Esta sub-bacia foi depositada durante a abertura do oceano Atlântico Sul no Mesozoico e apresenta uma sucessão carbonática do Cretáceo, representada pelas formações Riachuelo (Aptiano-Albiano) e Cotinguiba (Cenomaniano-Coniaciano), sendo estes calcários recobertos por sedimentos siliciclásticos da Formação Calumbi (Souza-Lima *et al.*, 2002). Vários autores têm discutido em detalhe a evolução geológica desta bacia entre os quais Ojeda & Fugita (1976), Bengtson (1983), Chang *et al.* (1988).

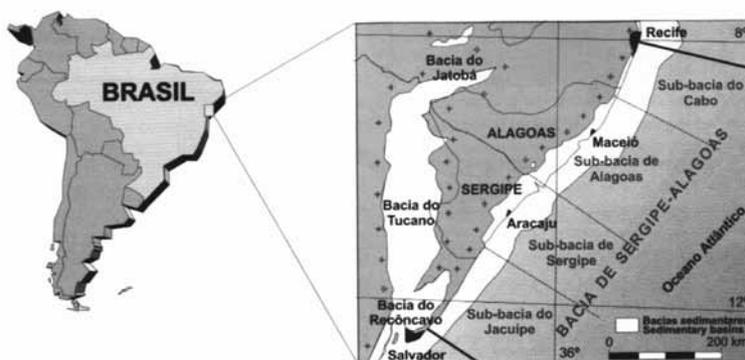


Figura 1. Localização da bacia de Sergipe-Alagoas na região nordeste do Brasil de acordo com Souza-Lima *et al.* (2002).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados para este estudo os exemplares da coleção de invertebrados fósseis da Fundação Paleontológica Phoenix obtidos em diversas localidades do Aptiano ao Coniaciano da sub-bacia de Sergipe, cujas localidades estão referenciadas nos trabalhos de Bengtson (1983), Smith & Bengtson (1991), Manso (2003), Manso & Souza-Lima (2003a), Manso & Souza-Lima (2003b), Manso & Andrade (2008).

Foi elaborado inicialmente um quadro das características gerais de cada espécie identificada no Cretáceo de Sergipe. Em seguida com o auxílio de bibliografia especializada foram relacionadas determinadas características das carapaças de equinóides “irregulares” em geral, com o provável habitat no interior dos sedimentos. Por fim, as espécies de espatangóides do Cretáceo de Sergipe foram relacionadas ao provável habitat no interior do sedimento de acordo com suas características morfológicas.

### 4. RESULTADOS

Foram identificadas para o intervalo Aptiano-Albiano da Formação Riachuelo as espécies *Douvillaster benguellensis* (Loriol, 1888), família Toxiasteridae e *Micraster (Epiaster) dartoni* (Cooke, 1955), família Micrasteridae ambas do neo-Aptiano (Manso, 2003; Manso & Souza-Lima, 2003a). Para o Albiano, foram identificadas as espécies *Hemiaster proclivus* Cotteau, Perón & Gauthier, 1878, e *H. zululandensis* Besaire & Lambert (1930) da família Hemiasteridae (Smith & Bengtson, 1991; Manso, 2003; Manso & Souza-Lima, 2003b). As demais espécies de Hemiasteridae como *Mecaster batnensis* (Coquand, 1862), *M. fourneli* (Agassiz & Desor, 1847) e *M. africanus* (Coquand, 1862) foram distribuídas no intervalo Cenomaniano-Coniaciano da Formação Cotinguiba (Smith & Bengtson, 1991; Manso & Andrade, 2008). As características morfológicas gerais das carapaças de cada espécie podem ser observadas na figura 2. De um modo geral foi observado que *Douvillaster benguellensis* do Aptiano superior, apresentou uma carapaça baixa, plana na face oral e angular na região posterior sendo esta uma característica que dificulta de certa forma seu enterramento. Aliado a isto a presença de um profascíolo em

alguns exemplares, a um parafascíolo peripetálico em outros, sulcos rasos nos ambulacros (Figura 3), e poros adapicais menores que os ambiciais mostra que este equinóide não poderia ter produzido um funil de comunicação com a interface sedimento/água capaz de produzir uma corrente de água eficiente para realizar as trocas gasosas no interior do sedimento. As glândulas de muco dos espinhos destes fascíolos não teriam sido suficientes para evitar a queda de sedimento sobre as pétalas caso esta espécie se enterrasse. A presença de poros ambulacrais em forma de fenda inclusive no ambulacro III indica que este equinóide necessitou ampliar a área de seus pódios para trocas gasosas, indicando que mesmo vivendo com os ambulacros fora do sedimento este habitat provavelmente teria sido pobre em oxigênio (Manso, 2003; Manso & Souza-Lima 2003 a). *Micraster (Epiaster) dartoni* teria a carapaça um pouco mais alta do que *D. benguellensis*, mas com as margens posteriores também formando ângulos, indicando certa dificuldade para se enterrar. Outras características como sulcos ambulacrais mais estreitos e rasos, com os poros do ambulacro III levemente ovalados, e ainda a presença de um profascíolo peripetálico, indicam que esta espécie também teria vivido apenas semi enterrada em ambientes rasos, mas também pouco oxigenados do Aptiano superior (Manso, 2003) (Figura 3).

Ordem Spatangoida		Design da carapaça	Sistema apical	Tipo de Fascíolo	Poros ambulacrais	Pétalas pares	Profundidade do sulco das pétalas
Família Toxasteridae	<i>Douvillaster benguellensis</i>	Baixa, truncada na região posterior	Etmofrático	Profascíolo peripetálico	Em forma de fenda estreita nas pétalas e no ambulacro III	Longas e quase do mesmo comprimento abertas	Raso
Família Hemiasteridae	<i>Hemiaster proclivus</i>	Arredondada anteriormente e truncada e mais elevada na região posterior	Etmofrático	Parafascíolo peripetálico	Isoporos divididos no ambulacro III Em forma de fenda curta nas pétalas	Anteriores bem mais longas que as posteriores	Raso
	<i>H. zululandensis</i>	Margens antero-laterais arredondadas, Baixas	Etmofrático	Parafascíolo peripetálico	Isoporos divididos no ambulacro III Em forma de fenda curta nas pétalas	Anteriores bem mais longas que as posteriores	Pouco profundo
	<i>Mecaster batnensis</i>	Não muito alta Arredondada e levemente mais larga anteriormente	Etmofrático	Ortofascíolo peripetálico	Isoporos divididos no ambulacro III Isoporos alongados nas pétalas.	Largas, o par Anterior pouco mais longo que o posterior	Muito profundo
	<i>M. fourmeli</i>	Não muito alta pouco mais longa do que larga	Etmofrático	Ortofascíolo peripetálico	Grande quantidade de isoporos no ambulacro III Isoporos alongados nas pétalas.	Largas, o par Anterior pouco mais longo que o posterior	Profundo
	<i>M. africanus</i>	Arredondada e inflada	Etmofrático	Ortofascíolo peripetálico	Isoporos no ambulacro III Em forma de fenda curta nos demais ambulacros	Longas, abertas pares anteriores e posteriores subiguais	Muito profundo
Família Micrasteridae	<i>Micraster (Epiaster) dartoni</i>	margens arredondadas, alargada no terço anterior e mais estreita na região poster	Etmofrático	profascíolo peripetálico	Isoporos arredondados no ambulacro III Fenda curta nas demais pétalas.	Anteriores pouco mais longas que posteriores e abertas	Raso

Figura 2. Características morfológicas gerais das carapaças dos Spatangoida do Cretáceo da sub-bacia de Sergipe.

ESTRUTURAS	MORFOLOGIA	INTERPRETAÇÃO DA MORFOLOGIA	HABITAT
<b>Carapaça</b>	Bordas formando angulos	Não muito eficiente para se enterrar	Baixa energia
	Bordas arredondadas	Mais eficiente para se enterrar	Alta ou baixa energia
<b>Tubérculos</b>	Cobertura aboral densa	Maior proteção contra o acúmulo de sedimento nos ambulacros	Enterrado em substrato arenoso
<b>Ambulacros</b>	Simplex, poucos poros	Não especializado para trocas gasosas	Baixa energia, abaixo da base das ondas
	Petalóides não sulcados	Pouco eficiente para trocas gasosas no interior dos sedimentos	Semi-enterrado em areia média
	petalóides levemente sulcados	Levemente eficiente para trocas gasosas no interior dos sedimentos	enterrado próximo a superfície em areia média
	Petalóides sulcados	Mais eficiente para trocas gasosas no interior dos sedimentos	enterrado mais profundo no interior de sedimentos mais finos
<b>Fascíolos</b>	Ausência	Pouca ou nenhuma capacidade para promover corrente de água para as pétalas	Sobre ou parcialmente enterradas em sedimentos médios
	Protofascíolo	Pouco eficiente para promover corrente de água para as pétalas	Enterrados próximo a interface areia/água
	Parafascíolo	Mais eficiente para promover correntes de água para as pétalas	Enterrados pouco abaixo da interface sedimento/água
	Ortofascíolos	Muito mais eficiente para promover correntes de água sobre as pétalas	Enterrados bem abaixo da interface sedimento/água
<b>Ambulacro III</b>	Sulcados e com grandes tubérculos adjacentes	Maior capacidade para se enterrar	Areias a lamas
	Estreitos e muito pouco sulcados sem tubérculos adjacentes grandes	Menor capacidade para se enterrar	Cascalho de conchas e areias
<b>Poros do ambulacro III</b>	Adapicais ovais e distintamente maiores do que os orbitais	Presença de pódios construtores de funil	Areia média a fina
	Adapicais semelhantes aos adambulacrais	Ausência de pódios construtores de funil	Baixa energia e teor de oxigênio
<b>Periprocto</b>	Grande	grande descarga fecal	Areia grossa
	pequeno a médio	Pequena descarga fecal	Areia média a fina
<b>Poros abaixo do periprocto</b>	Ausentes	Não constroem funil sanitário	Enterrados em areia grossa ou semi enterrados em areia média
	Presentes	Presença de funil sanitário	Enterrados em areia média a fina

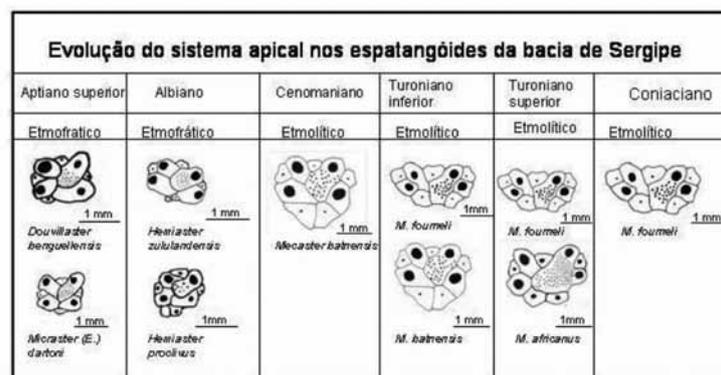
**Figura 3.** Relação das principais características estruturais e morfológicas gerais dos espatangóides e seu possível significado na interpretação paleoambiental segundo Smith (1984, 1995), Kanazawa (1992), Néraudeau *et al.* (1998), Manso (2003), Manso & Souza-Lima (2003a, b) e Manso & Andrade (2008).

*Hemiaster proclivus* foi registrada do Albiano inferior ao Albiano superior na bacia de Sergipe. As características mais marcantes desta espécie são o contorno arredondado da carapaça, pouco mais alta na região posterior, e a presença de um parafascíolo peripetalico. Embora seu design propiciasse um enterramento mais efetivo, tudo indica que tenham tido a possibilidade apenas de se enterrar muito próximo da interface sedimento/água em sedimentos arenosos. Isto se deve ao fato desta espécie possuir um tipo de fascíolo peripetalico, não muito eficiente para prevenir a queda de sedimentos mais finos sobre as pétalas assim como atrair correntes de água para trocas gasosas para as pétalas localizadas em sulcos rasos (Manso, 2003).

*H. zululandensis*, registrada para a parte superior do Albiano superior, possuiu uma carapaça arredondada na parte anterior e com a região posterior levemente truncada. Diferente de *H. proclivus* suas pétalas foram mais sulcadas e o parafascíolo peripetalico apresentou linhas mais definidas e com raros tubérculos entre eles. Estas estruturas indicam que esta espécie provavelmente foi capaz de se enterrar um pouco mais fundo no interior dos sedimentos formados por areias com poucos elementos finos do que *H. proclivus* (Manso & Souza Lima, 2003b).

Todas as espécies distribuídas do Aptiano superior ao Albiano superior possuíram sistema apical etmofrático (Figura 4), onde as placas genitais 1 e 4 estão em contato. Este tipo de arranjo mantém a placa genital 2 (madreporita), do mesmo tamanho ou pouco maior do que as demais placas do sistema apical. A função desta placa é permitir a entrada de água no sistema vascular dos equinóides para, por exemplo, esticar ou retrair os pódios. Estas pequenas estruturas desempenham funções como

trocas gasosas e coleta de partículas alimentares entre outras (Smith, 1984). Nas espécies de *Mecaster* obtidas do Cenomaniano ao Coniaciano foi observado uma evolução nas placas apicais tendo a placa genital 2 ampliado seu tamanho em relação as demais e separado as placas genitais 1 e 4 (condição etmolítica). Isto possivelmente se deveu a necessidade de uma maior quantidade de água no sistema vascular dessas espécies evidenciado por um aumento no número de poros ambulacrais se comparado com as espécies do Aptiano-Albiano, e pela construção de um funil respiratório provavelmente mais longo e potente adaptado à vida em um habitat mais profundo no interior dos sedimentos. Estas espécies apresentaram de um modo geral as carapaças com os bordos arredondados e ortofascíolos peripetálicos que teriam facilitado o seu enterramento em sedimentos mais finos de plataforma (Figura 3).



**Figura 4.** Evolução do sistema apical de etmo-fractate (com as placas genitais 1 e 4 em contato) para etmo-lítico (placas genitais 1 e 4 separadas pela placa madreporita) a partir do Cenomaniano.

## 5. DISCUSSÃO

Os fascíolos, agrupamentos de pequenos espinhos denominados de clavulas ou miliares, são únicos nos membros das ordens de Atelostomata e estão diretamente relacionados ao modo de vida infaunal. Estes miliares estão dispostos ao redor das pétalas de forma a prevenir a queda do sedimento sobre elas. Para isso, estes pequenos espinhos têm a extremidade arredondada com numerosas glândulas de muco e são cobertos por epitélio que possuem duas bandas de cílios ao longo de seu comprimento (Smith & Stockley, 2005). De acordo com Nichols (1959) os fascíolos servem para gerar uma corrente de água no interior do sedimento onde o ouriço se encontra enterrado, permitindo as trocas gasosas e a remoção dos restos nitrogenados, além disso, as glândulas de muco auxiliam a compactação dos grãos do sedimento impedindo a sua queda sobre as pétalas (Nichols, 1959). Néraudeau *et al.* (1998) definiram três tipos de fascíolos: profascíolo formados por espinhos diminutos fracamente alinhados e descontínuos; parafascíolos formados por conjuntos densos de espinhos diminutos com a presença de tubérculos primários entre eles, e com as bordas difusas, e orthofascíolos que são fileiras de espinhos diminutos fortemente definidas e densamente agrupadas livres de tubérculos primários. Na sub-bacia de Sergipe a evolução desta estrutura nas espécies de espatangóides, está relacionada ao tipo de sedimentos em que estas espécies teriam vivido. Nas espécies do intervalo Aptiano-Albiano foi observado um profascíolo em *Micraster (Epiaster) dartoni* a um profascíolo de transição a parafascíolo em

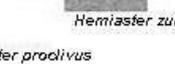
*Douvillaster benguellensis*, que junto com as demais características observadas, teria permitido apenas que a carapaça ficasse parcialmente enterrada, deixando as pétalas fora do sedimento. Estas espécies ocorrem associadas aos folhelhos e siltitos do Membro Taquari, interpretadas por Manso & Souza-Lima (2003a) como rochas de sedimentação mais fina depositadas em ambientes de baixa energia da Formação Riachuelo. *D. benguellensis* também teria vivido em um paleoambiente com pouco oxigênio dissolvido no Aptiano superior evidenciado pelas amplas áreas dos poros das pétalas. Esta mesma condição foi observada por Neumann (1996) para *Douvillaster logesulcatus* do Cretáceo da Espanha e para espatangóides recentes por Kanazawa (1992) com carapaças com atributos semelhantes aquelas espécies do Cretáceo, vivendo em ambientes profundos e com baixo teor de oxigênio. De acordo com Manso & Souza-Lima (2003a) a configuração do proto-oceano Atlântico no Aptiano-Albiano como um longo e estreito golfo, depositado a partir de lagunas costeiras com áreas mais profundas e com circulação restrita tornaram este ambiente propício para condições anóxico-disóxico. Da mesma forma *Micraster (Epiaster) dartoni* também do Aptiano, teria vivido semi enterrado em sedimentos arenosos em um ambiente possivelmente mais raso e oxigenado do que aquele em que *D. benguellensis* teria ocupado. MacNamara & Philip (1980) observaram as diferentes formas que as carapaças assumem nas linhagens de espatangóides schizasterídeos, relacionando estas diferenças ao tamanho do grão do sedimento. De acordo com Kanazawa (1992) o design da carapaça dos espatangóides está relacionado com a profundidade de enterramento e o tipo do sedimento, segundo observações a partir de espécies viventes. No Albiano em um paleoambiente de plataforma ampla e rasa (Souza-Lima *et al.*, 2002) foi registrada *Hemiasiter proclivus*, com carapaças de bordas arredondadas e região posterior levemente inclinada em direção a anterior. De acordo com Kanazawa (1992) espécies de espatangóides recentes com este mesmo formato de carapaça são encontrados enterrados entre 30 a 50 mm em fundos de areia lamosa nas zonas batiais. Desta forma *H. proclivus* teria vivido enterrado, muito próximo à interface sedimento/água, já que diferente das espécies atuais sua carapaça não possuía atributos adaptados para um enterramento tão profundo.

*H. zululandensis* devido à profundidade dos sulcos das pétalas e ao tipo de fascíolo, teria tido a possibilidade de se enterrar um pouco mais profundo em sedimentos arenosos devido aos sulcos mais pronunciados de suas pétalas e ao parafascíolo formado por espinhos mais alinhados do que em *H. proclivus* (Figura 5). Segundo Manso & Souza-Lima (2003b), as localidades onde *H. zululandensis* foram encontrados evidenciam um ambiente de alta energia, onde teria sido necessário talvez seu enterramento mais profundo evitando a ação de ondas e correntes.

No Cenomaniano houve um aprofundamento da plataforma devido a uma transgressão marinha (Smith & Bengtson, 1991). Neste ambiente foi iniciada a deposição de sedimentos mais finos de uma rampa carbonática da Formação Cotinguiba, causando o afogamento do sistema de plataforma da Formação Riachuelo. Esta deposição de acordo com Souza-Lima *et al.* (2002) durou até o Coniaciano médio. Neste ambiente foi registrado primeiramente o hemiasiterídeo *Mecaster batnensis* com suas pétalas sulcadas e orthofascíolo peripetálico, que a tornava mais adaptada a uma existência no interior de sedimentos mais finos do que os hemiasiterídeos presentes no Albiano. Estruturas fasciulares do tipo orthofascíolos, foram observados apenas nas espécies que se desenvolveram a partir do Cenomaniano quando teriam ocupado provavelmente um habitat um pouco mais profundo no interior de sedimentos mais finos, necessitando assim de uma entrada de água mais efetiva para as trocas gasosas.

Smith & Bengtson (1991) observaram formas intermediárias de *Mecaster* como um caráter de importância bioestratigráfica na definição da seqüência do Cenomaniano superior ao Coniaciano médio.

As características testadas foram à densidade dos pares de poros no ambulacro III e o arredondamento das carapaças. Como resultado obtiveram um aumento na densidade dos poros e mudanças de formas das carapaças em direção ao Coniaciano, resultando em espécies divididas em três intervalos: (1) Cenomaniano médio ao superior (*Mecaster batnensis*); (2) Turoniano inferior onde aparecem formas transicionais entre *M. batnensis* e *M. fourneli* (3) Turoniano superior ao Coniaciano com *M. fourneli*. *Mecaster batnensis* apresenta características gerais muito próximas de *M. fourneli* diferindo desta principalmente no sistema apical (Figura 4) e também no número de pares de poros do ambulacro III, o que teria proporcionado uma adaptação a *M. fourneli* a um tipo de sedimentação mais fina.

Distribuição Bioestratigráfica dos Espatangóides no Cretáceo de Sergipe				
Tempo MA	Geocronologia		Formação	Espécies
	Período	Época/Idade	Zona de amonóides	
-90	Cretáceo	Coniaciano médio	Sogerites - Prionocycloceras	
		Coniaciano inferior	Barroisiceras onihyense - Forresteria	 <i>Mecaster fourneli</i>
		Turoniano superior	Subprionicyclus reosidites	 <i>Mecaster fourneli</i>  <i>M. africanus</i>
		Turoniano inferior	Mamites nodosoides- Kamerunoceras turoniensis	 <i>Mecaster batnensis</i>  <i>M. fourneli</i>
		Cenomaniano Superior	Vascooceras hardii pseudaspidooceras footanum	 <i>Mecaster batnensis</i>
		Albiano superior	Mortonoceras- Neokentroceras	
		Albiano Médio	Elobiceras	
		Albiano Inferior	Oxytropidoceras	 <i>Hemiasster zululandensis</i>
		-110	Douvilleiceras	 <i>Hemiasster proclivus</i>
			Aptiano Superior	Epicheloniceras- Diadochoceras- Eodouvilleiceras

**Figura 5.** Distribuição estratigráfica das espécies de espatangóides e sua provável posição no interior dos sedimentos durante o Cretáceo na bacia de Sergipe.

*Mecaster africanus* mais rara na bacia de Sergipe, claramente demonstra a possibilidade de se ter enterrado mais profundamente no sedimento devido às características de sua carapaça. Esta forma não parece ter se conservado até o Coniaciano, onde nestas camadas pode ser constatada apenas a presença de *M. fourneli*. No Coniaciano superior um novo evento transgressivo resultou na deposição de sedimentos siliciclásticos de Talude e Bacia oceânica (Formação Calumbi), registrando provavelmente a ruptura final entre os continentes africano e sul americano (Souza-Lima *et al.*, 2002). Os espatangóides não estão mais presentes nesta Formação, pois ainda não possuíam adaptações morfológicas e/ou fisiológicas para este tipo de paleoambiente.

## 6. CONCLUSÃO

Foi observado que as espécies de equinóides espatangóides desenvolveram características morfológicas cada vez mais especializadas para a sua sobrevivência no interior dos sedimentos ao longo do Cretáceo (Aptiano-Coniaciano) da sub-bacia de Sergipe. A partir do Coniaciano superior com a deposição de sedimentos siliciclásticos na bacia os espatangóides não tiveram mais condições de desenvolverem estruturas para este tipo de paleoambiente.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENGTSON, P. 1983. The Cenomanian-Coniacian of Sergipe Basin, Brazil. *Fossils and Strata*, 12:1-78.
- CHANG, H.K.; KOWSMANN, R.O. & FIGUEIREDO, A.M.F. 1988. New concepts on the development of east Brazilian Marginal basins. *Episodes*, 11:194-202.
- FISCHER, A.G. 1966. Spatangoids. 543-547. In: MOORE, R.C. (ed). Treatise on Invertebrate Paleontology. Part U. Echinodermata 3(2). Geological Society American and University of Kansas Press, Boulder, Colorado and Lawrence, Kansas, p. U543-U640.
- KANAZAWA, K. 1992. Adaptation of test shape for Burrowing and locomotion in Spatangoid Echinoids. *Palaeontology*, 35(part 4): 733-750.
- MACNAMARA, K.J. & PHILIP, G.M. 1980. Australian Tertiary schizasterid echinoids. *Alcheringa*, 4: 47-65.
- MANSO, C.L.C. 2003. *Paleoecologia, Paleobiogeografia e Sistemática dos equinóides do Aptiano-Albiano (Cretáceo) do Brasil*. Salvador. Doutorado em Geologia – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. 206p.
- MANSO, C.L.C. & ANDRADE, E.J. 2008. Os equinóides do Turoniano (Cretáceo Superior) de Sergipe, Brasil. UNESP, *Geociências*, 27(3):319-327.
- MANSO, C.L.C. & SOUZA-LIMA, W. 2003a. O equinóide *Douvillaster* Lambert, 1917, na Formação Riachuelo, Sub-bacia de Sergipe, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 5:29-37.
- MANSO, C.L.C. & SOUZA-LIMA, W. 2003b. O registro do equinóide *Hemiaster zululandensis* Besaire & Lambert, 1930, no Cretáceo (Albiano Superior) de Sergipe. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 6:61-67.
- NÉRAUDEAU, D.; DAVID, B. & MADON, C. 1998. Tuberculation in spatangoid fascioles: Delineating plausible homologies. *Lethaia*, 31: 323-334.

- NERAUDEAU, D. & FLOQUET, M. 1991. Les équinides Hemiasteridae : marqueurs écologiques de la plate-forme castillane et navarro-cantabre (Espagne) au Crétacé supérieur. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 88:265-281.
- NEUMANN, C. 1996. The mode of life and paleobiogeography of the genus Douvillaster Lambert (Echinoidea: Spatangoidea) as first recorded in the Lower Cretaceous (Albian) of Spain. *Berliner geowissenschaften Abhandlungen*, E18: 257-265.
- NICHOLS, D. 1959. Changes in the chalk heart-urchin *Micraster* interpreted in relation to living forms. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, series b, 242:347-437.
- OJEDA, H.A.O. & FUGITA, M. 1976. Bacia Sergipe-Alagoas: Geologia Regional e perspectivas petrolíferas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28. Porto Alegre, 1976. *Anais*. Porto Alegre, SBG. v.2, p. 137-158.
- SMITH, A.B. 1980. The structure and arrangement of echinoid tubercles. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, series b, 289: 1-54.
- SMITH, A.B. 1984. *Echinoid palaeobiology*. George Allen & Unwin, London, 199 p.
- SMITH, A.B. 1995. Late Campanian-Maastrichtian echinoids from the United Arab Emirates-Oman border region. *Bulletin of Natural History Museum of London (Geology)*, 51(2): 121-240.
- SMITH, A.B. & BENGTON, P. 1991. Cretaceous echinoids from north-eastern Brazil. *Fossils and Strata*, 31: 1-88.
- SMITH, A. B. & JEFFERY, C. H. 1998. Selectivity of extinction among sea urchins at the end of the Cretaceous period. *Nature*, 392: 69-71.
- SMITH, A.B. & STOCKLEY, B. 2005. Fasciole Pathways in spatangoid Echinoids: a new source of phylogenetically informative characters. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 144:15-35.
- SOUZA-LIMA, W.; ANDRADE, E.J.; BENGTON, P. & GALM, P.C. 2002. A bacia de Sergipe-Alagoas. *Evolução geológica, estratigrafia e conteúdo fóssil. The Sergipe-Alagoas Basin. Geological evolution, stratigraphy and fossil content*. Phoenix. Edição Especial, v.1, p. 1-34.
- STOKES, R. 1977. The echinoid *Micraster* and *Epiaster* from the Turonian and Senonian of England. *Palaeontology*, 20: 805-821.
- ZAGHBIB-TURKI, D. 1989. Les Échinides indicateurs des paléoenvironnements: un exemple dans le Cénomanien de Tunisie. *Ann. Paléont., Invert.*, 75(2):63-81.