doi: 10.4072/rbp.2012.3.07

# ESPÍCULAS DE ESPONJAS *VS.* VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR NA REGIÃO DE IGUAPE, SUDESTE DO BRASIL

#### KAREN CRISTINA SILVA

Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, FFLCH, USP, Rua do Lago, 717, 05508-080, São Paulo, SP, Brasil. kcssilva86@gmail.com

#### MAURO PAROLIN

Laboratório de Estudos Paleoambientais, FECILCAM, Av. Comendador Norberto Marcondes, 733, 87303-100, Campo Mourão, PR, Brasil. *mauroparolin@gmail.com* 

### WALTER MARESCHI BISSA

Museu de Arqueologia e Etnologia, USP, Av. Prof. Almeida Prado, 1466, 05508-070, São Paulo, SP, Brasil. walbissa@gmail.com

ABSTRACT – SPONGE SPICULES AND CHANGES IN SEA LEVEL IN THE IGUAPE REGION, SOUTHEAST BRAZIL. Sponge spicules recorded in peaty sediments obtained by coring (520 cm depth) was analyzed in order to detail the paleoenvironmental changes in the lower course of the Ribeira de Iguape River (Iguape/SP - 24°34'17"S/47°37'33"W) in southeast Brazil. The sediment core was dated at three horizons using radiocarbon dating as follows: (i) 6,240±30 years BP at 430 cm; (ii) 4,500±25 years BP at 225 cm and (iii) 2,920±25 years BP at 145 cm. Gemmoscleres of the continental sponge *Oncosclera navicella* (Carter) and microscleres of *Corvoheteromeyenia* sp. were identified, as were spicules of marine sponges, but these could not be determined to the species level. The variations in the content between of marine and continental sponge spicules indicated: (i) a phase with a predominance of freshwater flows when sea level was lower than at present prior to 6,240 years BP; (ii) a phase of marine transgression that started at least 6,240 years BP; (iii) a phase with large fluctuations in sea level between 6,240 and 4,500 years BP; and (iv) a phase with a predominance of freshwater flows between 4,500 and 2,920 years BP. The results also suggest a possible change in the direction of the channel of the Ribeira de Iguape River to the west of the study site during the Holocene.

Key words: continental sponges, marine sponges, paleoenvironments, coastal plain.

RESUMO – Foi analisada a presença de espículas de esponjas em sedimentos turfosos visando detalhar as mudanças paleoambientais na região do baixo curso do rio Ribeira de Iguape (Iguape/SP - 24°34'17"S/47°37'33"O), sudeste do Brasil. O testemunho de sondagem (520 cm de profundidade) foi datado por <sup>14</sup>C, como segue: (i) 6.240±30 anos AP (430 cm); (ii) 4.500±25 anos AP (225 cm); (iii) 2.920±25 AP (145 cm). Identificou-se gemoscleras de esponjas continentais da espécie *Oncosclera navicella* (Carter) e microscleras de *Corvoheteromeyenia* sp. Também foram detectadas espículas de esponjas marinhas, no entanto, sem determinação específica. As variações entre o conteúdo de espículas de esponjas continentais e marinhas indicam: (i) fluxos de água doce com mar mais baixo que o atual, posterior há 6.240 anos AP; (ii) fase de transgressão marinha iniciada há pelo menos 6.240 anos AP; (iii) fase com grandes oscilações do nível do mar entre 6.240 e 4.500 anos AP; (iv) fase com predomínio de fluxos de água doce entre 4.500 e 2.920 anos AP. Os resultados também sugerem possível mudança do canal do rio Ribeira de Iguape, para oeste do local pesquisado, durante o Holoceno.

Palavras-chave: esponjas continentais, esponjas marinhas, paleoambientes, planície costeira.

# INTRODUÇÃO

Do ponto de vista geológico as turfeiras apresentam ótimas condições de preservação de microfósseis, pois se desenvolvem a partir de lagos ribeirinhos em planícies de inundação ou estuários de rios, onde há abundância de água (Salgado-Labouriau, 2007). No município de Iguape, Estado de São Paulo, Bissa (1998) estudou uma turfeira localizada na Fazenda Boa Vista, com profundidade de 285 cm. Naquele trabalho o autor detectou mudanças significativas nas condições ambientais que podem ser caracterizadas como segue: (i) entre 4.400-3.300 anos AP o clima foi mais úmido

e próximo ao atual; (ii) a partir de 3.300 anos AP até os dias atuais os resultados sugerem expansão da floresta tropical costeira (clima quente e úmido). Posteriormente, Ybert *et al.* (2003), estudando a mesma área, demonstraram que o clima permaneceu estável, *i.e.*, as oscilações climáticas não foram suficientes para provocar grandes perturbações na vegetação da região, onde formações florestais foram sempre predominantes.

Visando obter informações mais detalhadas dos paleoambientes desta área, foram realizadas novas campanhas para a amostragem de outra coluna estratigráfica na turfeira supracitada, onde foi recuperado um testemunho de 520 cm.

Este testemunho evidenciou a presença de espículas de esponjas continentais e marinhas. As espículas de esponjas têm seu uso em pesquisas paleoambientais desde meados da década de 1960. No Brasil, os estudos de reconstituição ambiental com base em espículas de esponjas continentais foram inicialmente realizados na Amazônia - Serra dos Carajás (e.g. Martin et al., 1992; Sifeddine et al., 1994; Volkmer-Ribeiro & Turcq, 1996). Na região continental ainda podem ser citados os trabalhos de Volkmer-Ribeiro et al. (2001), no Estado do Maranhão; Parolin et al. (2007, 2008), no sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul; Almeida et al. (2009), no Estado de Minas Gerais; e Machado et al. (2008) e Machado (2009), no paleolago Cemitério, Estado de Goiás.

O primeiro estudo de reconstituição paleoambiental com datação absoluta em área costeira, utilizando espículas de esponjas continentais, foi realizado por Volkmer-Ribeiro *et al.* (2007), com base em sedimentos do rio Luján (Província de Buenos Aires, Argentina). Os primeiros trabalhos sobre esponjas continentais em áreas costeiras foram efetuados por Volkmer-Ribeiro *et al.* (2004) e Volkmer-Ribeiro & Machado (2007). Posteriormente Lima (2008) e Lima *et al.* (2008), publicaram um trabalho sobre a influência marinha durante o Pleistoceno superior e o Holoceno na região central da ilha do Marajó (Estado do Pará), evidenciada por espículas de esponjas.

Diante do êxito das espículas como *proxy* em estudos paleoambientais, e do vasto referencial teórico existente, resolveu-se adotá-las a fim de estabelecer com mais detalhes os paleoambientes vigentes no Holoceno na região de Iguape, São Paulo.

No trabalho de recuperação e detecção de espículas de esponjas continentais, realizado no material sedimentar estudado, foi possível a visualização de espículas de esponjas marinhas e fitólitos. A formação e a caracterização de depósitos sedimentares compostos por espículas marinhas tem seus estudos principalmente em sequências sedimentares que vão além do Quaternário; como referência, pode-se citar os trabalhos de Gammon & James (2003), no Eoceno, e Gates

et al. (2004), no Permiano. Por sua vez, os fitólitos têm sido muito usados nas últimas duas décadas em trabalhos de reconstrução paleoambiental, principalmente os de caráter arqueológico (Piperno, 2006; Lu et al., 2007).

A alternância da ocorrência dos *proxy* citados, permitiu identificar períodos de avanço e recuos marinhos na região estudada.

# ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é paludosa, com lençol freático a pouca profundidade, encontrando-se constantemente inundada. Sua origem está intrinsecamente relacionada à existência de ambientes lacustres, em consequência do represamento do rio Ribeira de Iguape pelas transgressões e regressões marinhas do Quaternário (Ramos Neto, 1993). A área se localiza na província costeira (24°34'17"S, 47°37'33"O), 15 km a noroeste de Iguape, entre os rios Ribeira de Iguape e Peropava, na Fazenda Boa Vista, pertencendo à planície sedimentar recente Cananéia-Iguape que se limita pelos morros da Boa Vista e Caiobá (Figura 1). Em um estudo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas/IPT (1982) para diagnosticar o extrativismo, notou-se que os depósitos de turfa acham-se, principalmente, ao longo do rio Ribeira de Iguape tendo maior incidência nas proximidades da costa, encravados nas areias litorâneas.

O rio Ribeira de Iguape ocupa uma posição bastante peculiar no planalto brasileiro, pois é um dos poucos grandes rios que nascem no planalto e deságuam no litoral, ao invés de integrar-se à bacia do rio Paraná. Portanto, seu vale acompanha a sequência de ambientes entre o planalto e a baixada, geralmente analisados em forma separada devido à escarpa da Serra do Mar (De Blasis, 1988).

Na baixada o rio Ribeira de Iguape percorre lentamente a planície sedimentar, apresentando um curso lento com inúmeros meandros e afluentes, que permite uma forte influência de maré, na faixa mais próxima à linha de costa. A

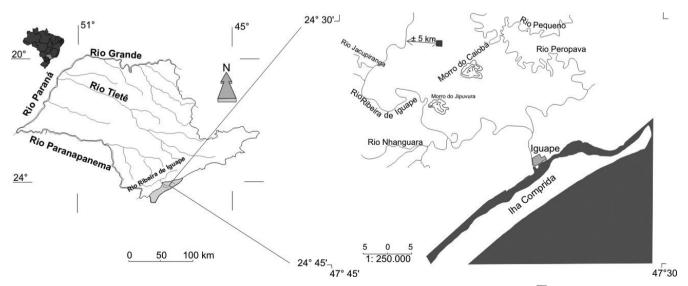


Figura 1. Mapa da área de estudo com detalhamento para a área de coleta (adaptado da Folha IBGE SG-23-V-A, 1979). 🔳 = localização do testemunho.

Figure 1. Map of the study area, with details for the area of collection (adapted from IBGE SG-23-V-A, 1979). 🔳 = location of the drill core.

rede hidrográfica certamente está relacionada à pluviosidade elevada da baixada (1.500 a 2.000 mm anuais) e, em muitos casos, a terrenos pouco permeáveis e de escoamento difícil (Silveira, 1952; Camargo *et al.*, 1972).

Situada sob domínio de clima de transição entre o Tropical Úmido na Planície Costeira do Ribeira, e o Mesotérmico Úmido na Serra de Paranapiacaba, a diversidade climática no Vale do Ribeira está associada a sua complexidade geomorfológica, ressaltando-se entre as variações climáticas locais as faces de exposição à radiação solar, mais fria quando voltadas ao sul, e a ação de ventos (Bissa & Mantovani, 1995).

# MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada em maio de 2010 uma campanha para amostragem de um testemunho sedimentar na área de estudo (Figura 1). O testemunho, recuperado com vibro-testemunhador, foi transportado para o Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da USP. Foram realizadas três datações pelo método do carbono 14 (University of Georgia/ Center for Applied Isotope Studies – protocolos nº 7523, 7524 e 8355) apresentadas sob a forma convencional (anos AP, Dean, 1974; Heiri et al., 2001). A cada 10 cm do perfil foi retirado 10 g de sedimento. O processamento para recuperação de espículas de esponjas foi realizado no Laboratório de Estudos Paleoambientais da FECILCAM, seguindo a metodologia descrita por Volkmer-Ribeiro & Turcq (1996). O sedimento foi colocado em tubos e em seguida fervido com HNO<sub>3</sub> (65%); posteriormente, o sedimento foi lavado com água através de centrifugação. Para a montagem das lâminas de microscopia, o sedimento foi centrifugado mais uma vez em álcool (70%). O resíduo resultante foi adicionado com pipeta mecânica (50µl) sobre lâminas que após a secagem foram cobertas com entelan® e lamínula. As lâminas de microscopia foram analisadas e depositadas no Laboratório de Estudos Paleoambientais da FECILCAM (Lepafe – Cód: L.155-160.C.15).

Os elementos endo-esqueletais constituídos por sílica, presentes em todas as esponjas continentais, foram avaliados conforme as categorias descritas por Volkmer-Ribeiro & Pauls (2000), sendo: (i) megascleras ou macroscleras – espículas que integram as bases da rede esqueletal e geralmente são as maiores espículas presentes. As megascleras, na maioria das vezes, são mais abundantes nas amostras, entretanto, não permitem distinções específicas nítidas, podendo, no entanto, em alguns casos diferenciar alguns gêneros; (ii) microscleras – são espículas de tamanho reduzido e com a superfície recoberta por espinhos; (iii) gemoscleras – são as espículas que recobrem as gêmulas das esponjas continentais e que constituem o caráter necessário para a caracterização de famílias, gêneros e espécies.

As espículas marinhas detectadas foram identificadas com base em Hopper & Soest (2002), e essas espículas não foram enquadradas em nenhum nível taxonômico; isto se justifica diante do conhecimento atual da taxonomia e ecologia das esponjas continentais, que permitiu caracterizar com segurança os ambientes dulcícolas do perfil analisado em contraposição aos de água salgada.

Foi estabelecido um padrão quantitativo de frequência relativa de espículas/fragmentos por lâmina analisada ao microscópio óptico, sendo: (i) ausente — quando não detectadas; (ii) raríssimas — até 10 ocorrências; (iii) rara — entre 11 e 20 ocorrências; (iv) frequente — entre 21 e 50 ocorrências; (v) abundante — acima de 50 ocorrências.

Os fitólitos presentes no perfil foram identificados usandose a caracterização morfológica dos trabalhos de Piperno (2006) e Lu *et al.* (2007).

Determinou-se o percentual de matéria orgânica pela queima prévia, em mufla, de 10 g de sedimento, por cinco horas a 550°C. Foram analisadas 16 amostras de sedimento, em um intervalo aproximado de 40 cm. Também foi realizada a descrição do material sedimentar com base na visualização e textura do material.

**Abreviaturas.** NMRM, nível médio relativo do mar; PCCI, planície costeira de Cananéia-Iguape.

**Abreviaturas institucionais. FECILCAM**, Faculdade Estadual de Ciências e Letras Campo Mourão; **IPT**, Instituto de Pesquisas Tecnológicas; **USP**, Universidade de São Paulo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Descrição do testemunho

Foram recuperados 520 cm de testemunho, que apresentou a seguinte composição sedimentológica: (i) entre 520 e 430 – presença de areia muita fina com alguma estratificação, pouca matéria orgânica com espessura muito fina e alguns fragmentos de conchas; (ii) entre 429 e 0 cm – composto basicamente por turfa de coloração marrom escura com variações na fração argilosa, também podendo ser observada presença de areia até aproximadamente 300 cm (Figura 2).

#### Datação

O material datado corresponde ao Holoceno, como segue: (i) 2.920±25 A.P. (145 cm); (ii) 4.500±25 A.P (225 cm); (iii) 6.240±30 A.P (430 cm). Estas datações corroboram às informadas por Ybert *et al.* (2003) que estudaram a mesma área (4.870 anos AP à 280 cm; 3.485 anos AP à 200 cm; 2.890 anos AP à 125cm: e 950 anos AP à 55 cm).

#### Percentuais de matéria orgânica

Os teores de matéria orgânica variaram entre 1 a 98%, sendo: (i) 506-426 cm, valores entre 1 e 2%; (ii) 386 cm, pico de 94%; (iii) 296-356 cm, valores entre 6 e 7%; (iv) elevação gradual dos teores de matéria orgânica a partir de 226 cm em direção ao topo, chegando a um pico de 98% a 100 cm, e valores acima de 94% até o topo do testemunho (Figura 2).

#### Espículas de esponjas

Foram detectadas espículas de esponjas continentais em praticamente todo o testemunho (Tabela 1), com determinação específica de *Oncosclera navicella* (Carter, 1881) identificada a partir de gemoscleras (Figura 2A). Foi possível a identificação a partir de gemoscleras (Figura 3C) e microscleras de *Corvoheteromeyenia* sp. (Figuras 2C-D). Também foram detectadas megascleras de esponjas continentais, porém sem determinação específica.

Oncosclera navicella tem ampla distribuição no continente sul-americano, ocorrendo da Venezuela até a Argentina, caracterizando-se como uma espécie típica de fundos rochosos, águas rápidas e bem oxigenadas, podendo excepcionalmente ocupar substratos vegetais em várzeas inundadas (Volkmer-Ribeiro & Tavares, 1997; Volkmer-Ribeiro & Parolin, 2010).

As espécies relacionadas ao gênero *Corvoheteromeyenia* se encontram na zona climática tropical e subtropical (Ezcurra de Drago, 1979). Na América do Sul a sua distribuição vai desde o noroeste do Brasil às províncias de Corrientes e Santa Fé, na Argentina. São típicas de lagoas costeiras sazonais (Ezcurra de Drago, 1979).

Até o momento o gênero Corvoheteromeyenia apresenta duas espécies: C. australis (Bonetto & Ezcurra de Drago, 1966) e C. heterosclera (Ezcurra de Drago, 1974). No Brasil, C. australis foi detectada pela primeira vez no Parque Estadual Delta do Jacuí, no Estado do Rio Grande do Sul, integrando uma assembleia de esponjas típicas de macrófitas (Tavares et al., 2003). Espículas dessa espécie foram detectadas formando espongilitos na região do Paleolago Cemitério, Catalão, Estado de Goiás, por Machado (2009). A espécie C. heterosclera tem até o momento distribuição no Brasil para os lençóis maranhenses em Tutóia e Santo Amaro, no Estado do Maranhão (Volkmer-Ribeiro et al., 1999; Volkmer-Ribeiro & Machado, 2006). Volkmer-Ribeiro & Machado (2006) apontam C. heterosclera como indicadora de ambiente costeiro. As duas espécies relativas ao gênero Corvoheteromeyenia encontram-se atualmente no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: C. australis por Volkmer-Ribeiro & Tavares (2008) e C. heterosclera por Volkmer-Ribeiro & Machado (2008).

Em relação às espículas de esponjas marinhas, identificaram-se os tipos: orthotriaene (Figura 2E); tilóstilo de cabeça redonda (Figura 2F); diaene (Figura 2G); e âncora (Figura 2H).

#### **Fitólitos**

A deposição e preservação dos fitólitos (Figura 2I) foram maiores no intervalo de 326 a 184 cm (Tabela 1), com predominância do tipo *bilobate* característico de Poaceae. Essa situação aliada ao baixo percentual de matéria orgânica, bem como à ausência ou raríssima quantidade de espículas de esponjas marinhas a partir de 236 cm (Tabela 1), é indicativa de ambiente exposto, com proliferação de gramíneas. Tal interpretação pode estar associada às oscilações do nível do mar proposta por Angulo & Lessa (1997).

# Considerações paleoambientais com base nos dados de espículas de esponjas

De acordo com Ramos Neto (1993), a origem da turfa na região de Iguape está provavelmente relacionada à formação de ambientes lacustres, em consequência do represamento do Rio Ribeira de Iguape pelas transgressões e regressões marinhas do Quaternário. Ainda segundo o autor, é uma área pantanosa, com lençol freático a pouca profundidade, apresentando-se constantemente inundada.

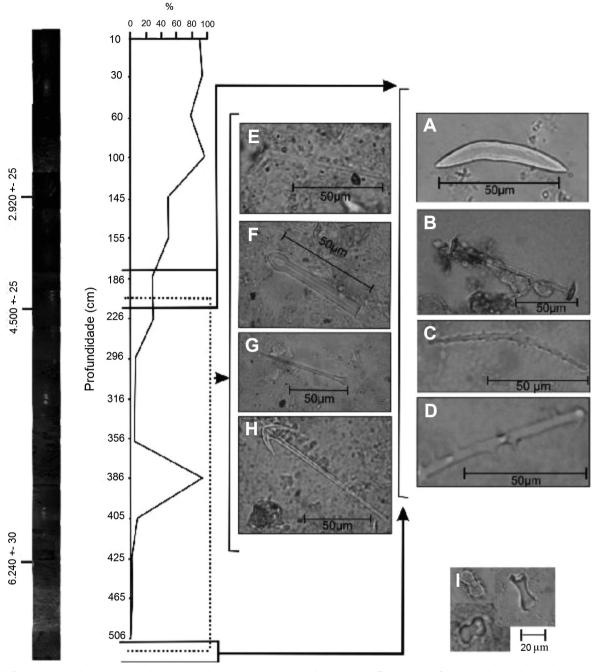
Suguio & Martin (1978), levando em consideração o nível médio relativo do mar, propõem que a PCCI se originou em cinco estágios: (i) o primeiro, há 120.000 anos AP, quando ocorreu o máximo da Transgressão Pleistocênica ou Transgressão Cananéia, com o mar a 8 m acima do atual. A planície foi recoberta por argilas transicionais e marinhas da Formação Pariquera-Açu e houve, também, nesse momento, a formação de um grande golfo; (ii) no segundo estágio os sedimentos foram depositados sob cordões litorâneos marcando a Regressão Pleistocênica; (iii) no terceiro estágio, há 17.000 anos AP, os rios da planície costeira erodiram os depósitos da Formação Cananéia e o NMRM esteve a 110 m abaixo do atual; (iv) o último evento transgressivo (Transgressão Santos) é o marco do quarto estágio, tendo ocorrido há 5.100 anos AP, quando o mar estava a 3,5 m acima do atual, invadindo áreas rebaixadas pela erosão e formando sistemas de lagunas, sendo depositados sedimentos arenoargilosos ricos em matéria orgânica; (v) o quinto e último estágio é marcado pela estabilização do NMRM no nível atual, formando cristas de praias regressivas pleistocênicas.

Avaliando detalhadamente a Tabela 1, pode-se observar que o testemunho possui na sua base, entre 516-465 cm, predominância de espículas de esponjas continentais representadas pelas espécies Oncosclera navicella e Corvoheteromeyenia sp. Tal situação é evidência de que a área da planície estava sujeita a fluxos de água doce, provavelmente oriundos de correntes de inundações do rio Ribeira de Iguape (O. navicella), que cobriam pequenas lagunas onde ocorria Corvoheteromeyenia sp. Os baixos percentuais de matéria orgânica encontrada nessa sequência (1 a 2%) também corroboram essa interpretação (Figura 2). A caracterização paleoambiental pode ser correlacionada aos resultados de Martin & Suguio (1975), que indicaram nível do mar mais baixo na região há 6.000 anos AP, e ao terceiro estágio de formação da PCCI, proposto por Suguio & Martin (1978).

No intervalo entre 456-406 cm (Tabela 1), a presença de espículas de esponjas marinhas associada à datação de 6.240 anos AP (430 cm) é forte indicativo de que a região se encontrava no início de uma transgressão marinha, com o mar em um nível mais alto do que na fase anterior, provavelmente relacionada ao final do terceiro estágio de formação da PCCI proposto por Suguio & Martin (1978). Destaca-se que a elevação do mar ainda estava sujeita a fluxos de água doce, indicados pela deposição de espículas de esponjas continentais (*Oncosclera navicella*).

No intervalo entre 396-335 cm não foram detectadas espículas de espónjas continentais, com predominância de espículas marinhas (Tabela 1) e grandes percentuais de matéria orgânica (pico de 94%). Vale lembrar que essa sequência encontra-se entre 6.240 e 4.500 anos AP. Essa situação corrobora o quarto estágio de formação da PCCI (Suguio & Martin, 1978), que informa sobre uma transgressão ocorrida há 5.100 anos AP. Carmo *et al.* (2008) postulam que a formação da Ilha Comprida deu-se durante esta transgressão.

Entre 326 e 225 cm (Tabela 1), caracteriza-se pela ocorrência de espículas de esponjas marinhas e continentais.



**Figura 2.** Datações absolutas, testemunho recuperado e percentuais de matéria orgânica. Fotomicrografias de espículas de espónjas continentais: **A**, gemosclera da espécie *Oncosclera navicella*; **B**, gemosclera bi-rotulada de *Corvoheteromeyenia* sp.; **C**, microscleras de *Corvoheteromeyenia* sp. Fotomicrografias de espóculas de espónjas marinhas: **D**, megasclera de *Corvoheteromeyenia* sp.; **E**, orthotriaene; **F**, tilóstilo de cabeça redonda; **G**, diaene; **H**, âncora. Fotomicrografia de fitólito: **I**, fitólito tipo bilobate.

**Figure 2.** Absolute dating, core sample and percentage of organic matter. **A-D**, photomicrographs of spicules of continental sponges; **E-H**, photomicrographs of spicules of marine sponges; **I**, photomicrographs of a bilobate phytolith.

Destaca-se que no caso das esponjas continentais predomina espículas do tipo megascleras e estas, na maioria dos casos, ocorrem como fragmentos, enquanto que é raríssima a ocorrência de gemoscleras (*Oncosclera navicella*). A caracterização paleoambiental pode ser interpretada como uma fase de oscilação do nível do mar, com pulsos de inundação de alta energia (fragmentos de megascleras e raríssima deposição de gemoscleras) sobre a PCCI vindas, provavelmente, do rio Ribeira de Iguape. Levando-se em

conta a datação de 4.500 anos AP, obtida a 225 cm, pode-se tentar correlacionar essa situação de paleoambiente com a descrita por Angulo & Lessa (1997), que indicam duas oscilações secundárias que podem ter ocorrido entre 4.100-3.800 anos AP e 3.000-2.700 anos AP, na região de Paranaguá (PR) e Cananéia (SP).

Entre 215 e 144 cm não ocorreram espículas marinhas (Tabela 1). Foram detectadas predominantemente espículas de esponjas continentais (gemoscleras e microscleras) do

Tabela 1. Análise da ocorrência de esponjas continentais. Abreviaturas: EM, espículas marinhas; I, inteira; F, fragmento; G, gemosclera; M, megasclera. Ocorrência: Ø ausente; + - raríssimo; + raro; ++ frequente; +++ abundante.

**Table 1.** Analysis for the occurrence of marine sponges. **Abbreviations**: **EM**, marine spicules; **I**, whole; **F**, fragment; **G**, gemmosclere; **M**, megasclere. Occurrence: Ø absent; +- very rare; ++ frequent; +++ abundant.

Profundidade  Depth  (cm)	Espículas marinhas Marine spicules —	Espículas de esponjas de água doce Spicules of freshwater sponges				
		I	F	G	M	Espécies / Species
0 -125	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
134-135	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
144-145	Ø	Ø	+	Ø	Ø	
154-155	Ø	Ø	+	+	Ø	Corvoheteromeyenia sp.
164-175	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
184-185	Ø	++	++	Ø	Ø	
194-206	Ø	0	++	Ø	Ø	
215-216	Ø	+ -	++	Ø	Ø	
225-226	+ -	Ø	++	Ø	Ø	
235-236	Ø	+	+++	+ -	Ø	
245-276	+	+	++	Ø	Ø	
285-296	+-	+ -	++	Ø	Ø	
305-306	++	++	++	+ -	Ø	
315-326	++	+ -	++	Ø	Ø	
335-366	+	Ø	Ø	Ø	Ø	Fase totalmente marinha Fully marine phase
375-386	+	Ø	Ø	Ø	Ø	
395-396	+++	Ø	Ø	Ø	Ø	
405-456	+	Ø	+	+ -	+ -	O. navicella
465-506	+ -	Ø	+	Ø	Ø	
515-516	Ø	+ -	+	+	Ø	Corvoheteromeyenia sp.

gênero *Corvoheteromeyenia* (maior ocorrência) e gemoscleras da espécie *Oncosclera navicella*. Este intervalo pode ser interpretado como uma fase de regressão marinha, com predomínio de fluxos menos intensos de água doce que a fase anterior, provavelmente decorrente de inundações do rio Ribeira de Iguape sobre a PCCI. Os percentuais de matéria orgânica nessa sequência (>30%) também corroboram esta interpretação. A datação de 2.920 anos AP (145 cm) leva os autores a correlacionar tal fase às oscilações no nível do mar propostas por Angulo & Lessa (1997).

No topo do testemunho, entre 134-125 cm (Tabela 1), não foram detectadas espículas de esponjas. Tal situação, aliada aos altos teores de matéria orgânica (> 90%), é sugestiva de uma condição ambiental similar a que predomina hoje na região, em que raramente inundações provenientes do rio Ribeira de Iguape chegam ao local de estudo.

Os resultados acima, além de mostrarem sensíveis variações do nível marinho, também podem ser indicativos de alterações de curso e foz do rio Ribeira de Iguape. Afinal, considerando-se que o local amostrado encontra-se a quase 5 km de distância do rio (Figura 1), é muito provável que a partir de 6.240 anos AP até o presente este rio tenha paulatinamente se deslocado para oeste.

#### CONCLUSÕES

Conclui-se que a frequência e as variações das espículas de esponjas continentais e marinhas sugerem a ocorrência de flutuações positivas e negativas do NMRM, durante o Holoceno, na região de Cananéia-Iguape. Tal variação, em diferentes intervalos do testemunho, contribuiu na caracterização paleoambiental, mostrando níveis marinhos mais altos que os atuais entre 6.240 a 4.500 anos AP e grandes oscilações desse nível entre 4.500 a 2.920 anos AP. Assim, as interpretações indicadas neste trabalho detalham àquelas já conhecidas na literatura especializada e sugerem deslocamento significativo do leito do rio Ribeira de Iguape durante o Holoceno.

Mais uma vez a capacidade das espículas de esponjas como ótimas indicadoras paleoambientais é demonstrada. Destaca-se que o presente estudo é o primeiro no Centro-Sul do Brasil com datações absolutas a caracterizar níveis marinhos com base nesse bioindicador.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro (09/50447-6), inclusive a bolsa de apoio técnico de KCS; ao CNPq pelo apoio financeiro a MP (processo 401765/2010-5); ao Laboratório de Estudos Paleoambientais da FECILCAM; ao Laboratório de Paleobiologia do Instituto de Geociências da USP, pela concessão de uso dos equipamentos; ao Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da USP, pelo suporte na preparação e catalogação dos sedimentos analisados; ao Museu de Arqueologia e Etnologia da USP, pelo transporte disponibilizado; a L. Zandona e L.E. Catharino, ambos do Instituto de Botânica de São Paulo, pelo auxílio em campo.

# REFERÊNCIAS

- Almeida, A.C.S.; Volkmer-Ribeiro, C.; Varajão, A.F.D.C.; Gomes, N.S. & Varajão, C.A.C. 2009. Espículas de esponjas continentais nos sedimentos cenozóicos do noroeste de Minas Gerais, como indicadores paleoambientais. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **12**:123-138. *doi:10.4072/rbp.2009.2.03*
- Angulo, R.J. & Lessa, G.C. 1997. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, **140**:141-166. *doi:10.1016/S0025-3227(97)00015-7*
- Bissa, W.M. 1998. Reconstituição dos paleoambientes de uma planície holocênica no curso inferior do Rio Ribeira (Município de Iguape, SP). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, FFLCH/USP, Dissertação de Mestrado, 70 p.
- Bissa, W.M. & Mantovani, W. 1995. Recursos potenciais de grupos caçadores-coletores do médio Rio Ribeira, SP. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, **5**:117-124.
- Bonetto, A.A. & Ezcurra de Drago, I. 1966. Nuevos aportes al conocimiento de las esponjas argentinas. *Physis (B)*, **26**:129-140.
- Camargo, J.G.C.; Ferreira, P.A.S. & Troppmair, H. 1972. Estudo fitogeográfico e ecológico da Bacia Hidrográfica Paulista do Rio da Ribeira. São Paulo, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 33 p. (Biogeografia 5).
- Carmo, J.P.A.; Bonini, J.C.; Olliveira, R.F. & Silva, P.D.D. 2008. Estágios da Formação da Planície Costeira de Cananéia-Iguape e Ilha Comprida-SP. *In*: SEMANA DE GEOTECNOLOGIAS, 1, 2008. *Resumos expandidos*, Rio Claro, UNESP, p. 1-6.
- Carter, H.J. 1881. History and classification of the known species of Spongilla. Annals and Magazine of Natural History, 5:77-107.
- Dean, W.E. Jr., 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Research*, 44:242-248. doi:10.1306/74D729D2-2B21-11D7-8648000102C1865D
- De Blasis, P.A. 1988. A ocupação Pré-Colonial do Vale do Ribeira de Iguape, SP: os sítios líticos do Médio Curso. Programa de Pós-graduação em História, FFLCH/USP, Dissertação de Mestrado, 178 p.
- Ezcurra de Drago, I. 1974. Las especies sudamericanas de *Corvomeyenia* Weltner (Porifera, Spongillidae). *Physis (B)*, 33:233-240
- Ezcurra de Drago, I. 1979. Un nuevo gênero sudamericano de esponjas: *Corvoheternomeyenia* gen nov. (Porifera Spongillidae). *Neotropica*, **25**:109-118.
- Gammon, P.R. & James, N.P. 2003. Paleoenvironmental controls on upper Eocene biosiliceous neritic sediments, Souther Australia. *Journal of Sedimentary Research*, 73:957-972. doi:10.1306/032103730957
- Gates, L.M.; James, N.P. & Beauchamp, B. 2004. A glass ramp: shallow-water Permian spiculitic chert sedimentation, Sverdrup Basin, Arctic Canada. Sedimentary Geology, 168:125-147. doi:10.1016/j.sedgeo.2004.03.008
- Heiri,O; Lotter, A.F. & Lemcke, G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleoliminology*, **25**:101-110. *doi:10.1023/A:1008119611481*
- Hooper, J.N. & Van Soest, R.W. 2002. Systema Porifera: a guide to the classification of sponges. 2<sup>a</sup> ed. Nova York, Kluwer Academic/Plenum Press, 1101 p.
- Instituto de Pesquisa Tecnológicas. 1982. Avaliação de turfeiras nos vales dos rios Mogi-Guaçu, Ribeira de Iguape, Jacaré-Pepira

- *e Itapetininga fase de semi detalhe*. São Paulo, Departamento de Minas e Geologia Aplicada, 41 p. (Relatório IPT 16.408).
- Lima, C.M. 2008. Dinâmica da vegetação e inferências climáticas no Quaternário tardio na região da Ilha de Marajó (PA), empregando os isótopos do carbono (12C, 13C, 14C) na matéria orgânica de solos e sedimentos. Programa de Pós-Graduação em Ciências, CENA/USP, Dissertação de Mestrado, 181 p.
- Lima, C.M.; Volkmer-Ribeiro, C.; Pessenda, L.C.R.; Rosseti, D.F. & Zanardo, A. 2008. Influência marinha durante o Pleistoceno superior e Holoceno em região central da Ilha do Marajó (PA) evidenciada por espículas de esponjas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44, 2008. *Resumos*, Curitiba, SBG, p.1018.
- Lu, H.Y.; Wu, N.Q.; Liu, K.B.; Jiang, H. & Liu, T.S. 2007. Phytoliths as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in China II: palaeoenvironmental reconstruction in the Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews*, 26:759-772. doi:10.1016/.quascirev.2006.10.006
- Machado, V. 2009. Espongofauna do Paleolago do Cemitério, Catalão, GO. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, 99 p.
- Machado, V.S.; Volkmer-Ribeiro, C. & Iannuzzi, R. 2008. Caracterização e paleointerpretação de espongilito do Paleolago Cemitério, Catalão, GO. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44, 2008. *Resumos*, São Paulo, SBG, p. 617.
- Martin, L.; Absy, M.L.; Founier, M.; Mouguiart, P.; Sifeddine, A. & Volkmer-Ribeiro, C. 1992. Some climatic alterations recorded in South America during the last 7000 years may be expounded by long-term El Niño like conditions. *In*: PALEO ENSO RECORDS, 1992. *Resumos Expandidos*, Peru, p. 187-192.
- Martin, L. & Suguio, K. 1975. The State of São Paulo coastal marine Quaternary geology: the ancient strand lines. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **47**:249-263.
- Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C. & Stevaux, J.C. 2007. Sponge spicules in peaty sediments as paleoenvironmental indicators of the Holocene in the upper Paraná River, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **10**:17-26.
- Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C. & Stevaux, J.C. 2008. Use of spongofacies as a proxy for river-lake paleohydrology in Quaternary deposits of Central-Western Brasil. *Revista Brasileira* de Paleontologia, 11:187-198. doi:10.4072/rbp.2008.3.05
- Piperno, D.R. 2006. *Phytolithis: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. 1<sup>a</sup> ed. Oxford, AltaMira Press, 238 p.
- Ramos Neto, M.B. 1993. *Análise florística e estrutural de duas florestas sobre a restinga de Iguape, São Paulo*. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 97 p.
- Salgado-Labouriau, M.L. 2007. *Critérios e Ténicas para o Quaternário*. 1ª ed. São Paulo, Editora Edgar Blücher, 387 p.
- Sifeddine, A.; Frohlich, F.; Fournier, M.; Martin, L.; Servant, M.; Soubiès, F.; Turcq, B.; Suguio, K. & Volkmer-Ribeiro, C. 1994. La sedimentation lacustre indicateur de changements des paleoenvironments aucours des 300.000 derniere annees Carajás Amazoniie, Brésil. Comptes Rendus Académie des Sciences Paris, 318:1645-1652.
- Silveira, J.D. 1952. *Baixadas litorâneas quentes e úmidas*. São Paulo, Geografia FFLCH-USP, 152 p. (Boletim 8).
- Suguio, K. & Martin, L. 1978. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. São Paulo, IGCB/IG-USP, 55 p. (Publicação Especial 1).
- Tavares, M.C.; Volkmer-Ribeiro, C. & De Rosa-Barbosa, R. 2003.

- Primeiro registro de *Corvoheteromeyenia australis* (Bonetto & Ezcurra de Drago) para o Brasil com chave taxonômica para os poríferos do Parque Estadual Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **20**:169-182. *doi:10.1590/S0101-81752003000200001*
- Volkmer-Ribeiro, C.; Cândido, J.L.; Turcq, B.; Sifeddine, A.; Cordeiro, R.C. & Simões Filho, F.L. 2001. Silicous spicular remains of freshwater sponges and their contribution to paleoenvironmental reconstructions in South America. *In*: REUNIÃO DO QUATERNÁRIO IBÉRICO/CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DE PAÍSES DE LÍNGUAS IBÉRICAS, 1, 2001. *Resumos expandidos*, Lisboa, p. 411-413.
- Volkmer-Ribeiro, C.; Correia, M.F.; Brenha, S.L.A. & Mendonça, M.A. 1999. Freshwater sponges from a Neotropical sand dune area. Memoirs of the Oueensland Museum, 44:643-649.
- Volkmer-Ribeiro, C.; Ezcurra de Drago, I. & Parolin, M. 2007. Spicules of the freshwater sponge *Ephydatia facunda* indicate lagoonal paleoenvironment at the pampas of Buenos Aires Province. *Journal of Coastal Research*, SI 50:449-452.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Machado, V.S. 2006. Freshwater sponge indicators to Brazilian coastal water bodies. *In*: INTERNATIONAL SPONGES SYMPOSIUM, 7, 2006. *Resumos*, Rio de Janeiro, UFRJ, p. 240.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Machado, V.S. 2007. Freshwater sponges (Porifera: Demospongiae) indicators of some typical coastal habitats at South America: redescriptions and key to identification. *Iheringia (Série Zoologia)*, 97:157-167. doi:10.1590/S0073-47212009000400001
- Volkmer-Ribeiro, C. & Machado, V.S. 2008. Corvoheteromeyenia heterosclera. In: A.B.M. Machado; G.M. Drummond & A.P. Paglia (eds.) Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção,

- Ministério do Meio Ambiente, p. 239-240.
- Volkmer-Ribeiro, C.; Marques, M.C.D.; De Rosa-Barbosa, R. & Machado, V.S. 2004. Sponge spicules in sediments indicate evolution of coastal freshwater bodies. *Journal of Coastal Research*, 39:469-472.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Parolin, M. 2010. As esponjas. In: M. Parolin, C. Volkmer-Ribeiro & J.A. Leandrini (eds.) Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná, Editora FECILCAM, p.105-130.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Pauls, S.M. 2000. Esponjas de Agua Dulce (Porifera, Demospongiae) de Venezuela. Acta Biologica Venezuelica, 20:1-28.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Tavares, M.C.M. 1997. Redescrição das esponjas de água doce *Oncosclera navicella* (Carter, 1881) e *Spongilla spoliata* (Volkmer-Ribeiro & Maciel, 1983, Spongillidae). *Biociências*, **5**:97-111.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Tavares, M. C.M. 2008. *Corvoheteromeyenia australis. In*: A.B.M. Machado; G.M. Drummond & A.P. Paglia (eds.) *Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção*, Ministério do Meio Ambiente, p. 238-239.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Turcq, B. 1996. SEM analysis of siliceous spicules of a freshwater sponge indicate paleoenvironmental changes. *Acta Microscopica*, 5(B):186-187.
- Ybert, J.P.; Bissa, W.M.; Catharinho, E.L.M. & Kutner, M. 2003. Environmental and sea-level variations on the southeastern Brazilian coast during the Late Holocene with comments on prehistoric human ocupation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **189**:11-24. *doi:10.1016/S0031-0182(02)00590-4*

Received in March, 2012; accepted in October, 2012.