ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Paleoambientes quaternários da planície do rio Iapó, Castro, Paraná

Elaine Cristina Zavadoski Kalinovski¹; Mauro Parolin²; Edvard Elias de Souza Filho³

¹Mestre em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá – Maringá, Paraná - Brasil. Autor correspondente: elaine_kalinovski@hotmail.com

²Professor Associado do Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Paraná – Campus de Campo Mourão, Paraná - Brasil. mauroparolin@gmail.com

³Professor Associado da Universidade Estadual de Maringá – Maringá, Paraná - Brasil. eesfilho@uem.br

Artigo recebido em 23/06/2016 e aceito em 25/11/2016.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo realizar a caracterização das condições paleoambientais na planície aluvial do rio Iapó, com base em um testemunho sedimentar obtido na margem esquerda do rio, situado próximo à área urbana de Castro, PR. Para tanto, ressaltam-se a utilização de diferentes dados *proxies* (análise *multiproxy*), como espículas de esponjas continentais e fitólitos, associados à determinação dos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, razão C/N, datações absolutas (^{14}C) e análises granulométricas. Foi possível a identificação, via gemoscleras preservadas no depósito estudado, de táxons de esponjas de água doce característicos de ambiente lótico e lêntico, além da detecção de exemplar vivo de *Oncosclera schubarti* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1967, aderido em substrato rochoso do leito do rio Iapó. A datação absoluta (^{14}C) apresentou os seguintes resultados: 18.371 anos cal. AP. (114 cm) e 2.006 anos cal. AP. (72 cm), portanto, com idades que remontam ao Pleistoceno Superior e Holoceno Superior, respectivamente. Os dados obtidos permitiram caracterizar três fases de evolução paleoambiental: i) fase de canal ativo há pelo menos 18 mil anos AP.; ii) fase de abandono de canal e início da formação de um meandro abandonado, com depósitos relacionados à evolução de barras em pontal; iii) condições paleoclimáticas próximas às atuais na região, com a retomada da umidade na planície e perturbações por pulsos de inundação.

Palavras-chave: Micropaleontologia, Pleistoceno Superior, Holoceno.

Quaternary paleoenvironments of the Iapó River Plain, Castro, Paraná

ABSTRACT

The objective of this study was to characterize the paleoenvironmental conditions in the alluvial plain of the Iapó River, based on a sedimentary sample obtained on the left bank of the river, near the urban area of Castro in the state of Paraná. To this end, different proxy methods were used (multiproxy analysis), such as: continental sponge spicules and phytoliths associated with the determination of $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ isotope values, C/N ratio, absolute dating (^{14}C) and particle size analysis. It was possible to identify freshwater sponge taxa characteristic of lotic and lentic ecosystems via gemoscleres preserved in the studied sample. Living specimens of *Oncosclera schubarti* Bonetto and Ezcurra de Drago, 1967, were also detected, adhering to a rocky substrate in the riverbed of the Iapó. The absolute dating (^{14}C) yielded the following results: 18,371 cal years BP (114 cm) and 2,006 cal years BP (72 cm), therefore, with ages that go back to the Upper Pleistocene and Upper Holocene, respectively. The data obtained allowed for the characterization of three phases of paleoenvironmental evolution: i) an active channel phase for at least 18 thousand years BP; ii) a channel abandonment phase and the beginning of the formation of an abandoned meander, with deposits related to the evolution of point bars; iii) paleoclimatic conditions approximating the current ones in the region, with the recovery of the humidity in the plain and flood pulse disturbances.

Keywords: Micropaleontology, Late Pleistocene, Holocene.

Introdução

Os estudos paleoambientais, com enfoque para o Período Quaternário, configuram-se de extrema importância no que tange ao

conhecimento dos eventos e processos que atuaram no curso da história geológico-geomorfológica recente, ditando as oscilações ou mudanças

climáticas e ambientais responsáveis pela definição do atual mosaico paisagístico. Não obstante, para realizar a reconstituição da dinâmica do ambiente pretérito, faz-se necessário a utilização de diferentes dados *proxies*.

Dado *proxy* constitui todo elemento de natureza física, química ou biológica preservado em solos ou depósitos sedimentares, cujo estudo permite interpretações de cunho paleoambiental. Trata-se de um dado indireto, que pode fornecer informações sobre os antigos climas ou ambientes. Nesse sentido, ressalta-se neste trabalho, especialmente o uso de espículas de esponjas de água doce e fitólitos, além de análises isotópicas e datações absolutas, como ferramentas *proxy* para o entendimento da dinâmica ambiental regional pretérita.

As esponjas são animais exclusivamente aquáticos (marinhos e/ou dulciaquícolas) membros do filo Porifera. Todas as esponjas de água doce conhecidas atualmente possuem esqueleto composto por espículas silicosas, ou seja, de opala, ressaltando que essas espículas são elementos fundamentais para a determinação das categorias taxonômicas, permitindo a identificação em nível de espécie (Volkmer-Ribeiro e Parolin, 2010). Esses elementos endo-esqueléticos silicosos incluem as seguintes categorias: Megascleras ou macroscleras - espículas que integram a rede esquelética e geralmente são as maiores espículas presentes; Microscleras - espículas de tamanho reduzido, localizadas preferencialmente na pinacoderme, superfície externa da esponja; estas espículas são utilizadas na identificação taxonômica de gêneros e espécies; Gemoscleras - espículas que revestem as gêmulas das esponjas de água doce e que constituem o caráter morfológico mais importante na caracterização de famílias, gêneros e espécies (Volkmer-Ribeiro e Pauls, 2000).

O emprego das espículas de esponjas como indicador *proxy*, teve início em meados da década de 1960, quando Racek (1966) proveu a primeira tentativa de utilização das espículas de poríferos continentais como ferramenta diagnóstica de mudanças paleoambientais. No Brasil, os estudos envolvendo a utilização de espículas de esponjas continentais como *proxy* na interpretação paleoambiental foram produzidos inicialmente na Amazônia - Serra dos Carajás, com

a publicação do trabalho realizado por Martin et al. (1992).

Por sua vez, os fitólitos, conforme documentado na literatura científica, constituem os registros fósseis terrestres mais duráveis e uma importante ferramenta de interpretação nos estudos paleoambientais e arqueológicos. Fitólitos são corpos micrométricos de opala silicosa precipitados nos tecidos ao longo da vida de um vegetal (Piperno, 1988). O processo de produção dos fitólitos ocorre quando a sílica dissolvida, presente na solução do solo, é absorvida na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) pelo sistema radicular e depositada nos espaços intercelulares, paredes celulares e no interior das células dos tecidos vegetais, durante o crescimento da planta (Piperno, 1991; Madella, 2008). Devido a sua composição inorgânica, os fitólitos apresentam elevado potencial de preservação junto a solos e sedimentos, sendo mais resistentes à destruição do que os palinórfos, tornando-se assim, uma ferramenta proeminente nas reconstruções da paleovegetação (Medeanic et al., 2008).

Os estudos sobre fitólitos no Brasil ainda são incipientes e não se encontram completamente desenvolvidos. No país, a utilização dos fitólitos como indicador *proxy* na interpretação paleoambiental teve início com o trabalho de Piperno e Becker (1996). Diante da relevância das pesquisas paleoambientais do Quaternário, o presente estudo objetivou realizar a reconstrução das condições ambientais pretéritas na planície aluvial do rio Iapó, em Castro, Paraná, destacando, de forma inédita, as mudanças ou variações ocorridas na área de estudo, no intervalo de tempo que remonta ao Pleistoceno Superior e Holoceno.

Material e métodos

Área de Estudo

A área estudada está localizada na região Centro-Oriental do Estado do Paraná, no Primeiro Planalto Paranaense, próximo à área urbana de Castro, abrangendo a unidade de paisagem dos Campos Gerais, no flanco oriental da Bacia Sedimentar do Paraná. A pesquisa refere-se a um testemunho sedimentar turfoso obtido na planície aluvial do rio Iapó, a 975 metros de altitude, em sua margem esquerda (24°45'08.83"S - 50°05'17.83"W) (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo. A – Área de amostragem no Estado do Paraná, município de Castro, limite com o município de Tibagi. B – Posicionamento do local de amostragem na bacia do rio Iapó, situado na planície aluvial, próximo à área urbana de Castro/PR. C – Visão parcial da planície aluvial do rio Iapó, com destaque para o ponto de amostragem na margem esquerda.

Campanhas

O testemunho sedimentar analisado foi coletado no mês de dezembro do ano de 2012 pela equipe do Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam (Lepafe). O testemunho de sondagem alcançou 114 cm de profundidade e foi obtido através da inserção de tubo de alumínio auxiliada por impacto de marreta, com marcação do posicionamento geográfico do local de amostragem via GPS (*Global Positioning System*). No mês de setembro do ano de 2014, a equipe do Lepafe retornou à área de estudo e foram realizadas

campanhas de amostragem para o levantamento e detecção da fauna de esponjas atuais no leito do rio Iapó.

Protocolos Laboratoriais

O testemunho sedimentar recuperado na planície do rio Iapó amostrado a cada 3 cm. Para a extração das espículas de esponjas continentais e os fitólitos, empregou-se a metodologia padrão para recuperação polínica, conforme técnica descrita por Faegri e Iversen (1975).

As observações, quantificações e identificações dos microfósseis foram realizadas em microscópio óptico, com fotomicrografias obtidas por meio de câmera acoplada ao microscópio e uso do *software* VMS3.5-MUC1121. As espículas silicosas presentes em todas as esponjas de água doce conhecidas, foram avaliadas conforme as categorias descritas por Volkmer-Ribeiro e Pauls (2000), isto é, em megascleras, gemoscleras e microscleras. Para a avaliação das espículas de esponjas, foram analisadas duas lâminas por sequência, com a contagem de cinco transectos em cada lâmina. Ademais, foi efetuada uma última visada na lâmina inteira, à procura de espículas do tipo gemoscleras e, eventualmente, microscleras, visto que integram os padrões morfológicos mais importantes para a identificação dos táxons de esponjas, permitindo distinções em nível específico.

A identificação taxonômica das espículas presentes nas lâminas foi feita com base na literatura científica disponível, principalmente nas obras de Volkmer-Ribeiro (1992), Volkmer-Ribeiro e Motta (1995), Volkmer-Ribeiro e Parolin (2010), bem como na coleção de referência de esponjas de água doce do Lepafe. Concomitantemente à contagem e identificação do conteúdo espicular, constatou-se a presença de frústulas de diatomáceas, cuja ocorrência também foi alvo de investigações, tornando-se uma importante ferramenta complementar em trabalhos de reconstrução paleoambiental. As frústulas de diatomáceas foram reconhecidas e quantificadas, mas a identificação específica não foi realizada. Para o reconhecimento das estruturas visualizadas, observou-se o trabalho de Leandrini et al. (2010).

Com relação à análise fitolítica, foram contados três transectos por sequência, sendo os fitólitos classificados de acordo com o *International Code for Phytoliths Nomenclature 1.0* (ICPN) (Madella et al., 2005). Assim, manteve-se a nomenclatura utilizada pelo Código, de maneira que todos os morfotipos identificados tiveram sua grafia em inglês, a fim de evitar possíveis problemas de tradução. A identificação das morfologias de fitólitos também foi realizada com base nos trabalhos de Piperno (2006), Honaine et al. (2006), Lu et al. (2007), Osterrieth et al. (2009) e na coleção de referência do Lepafe.

Os resultados foram tabulados e expressos em forma de gráfico produzido pelo *software* Tilia Graph®. As lâminas confeccionadas para o estudo encontram-se catalogadas e armazenadas no Lepafe sob os códigos: L224; L225; L226 e L227.

A análise granulométrica do material sedimentar foi executada via peneiramento, a partir da utilização de peneiras com abertura de 1,00 mm; 0,500 mm; 0,250 mm; 0,125 mm e 0,075 mm. Para a identificação dos exemplares vivos de esponjas coletados no leito do rio Iapó, foi executado o tratamento químico conforme procedimento descrito por Volkmer-Ribeiro (1985).

As datações por ^{14}C e análise do conteúdo isotópico ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) das amostras sedimentares foram executadas pelo CAIS (*Center for Applied Isotope Studies*) da Universidade da Geórgia – Estados Unidos da América. Na sequência, os resultados adquiridos das datações absolutas de ^{14}C foram calibrados com o uso do *software* CALIB 6.0 (*Radiocarbon calibration*). As interpretações dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ (relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) foram efetuadas valendo-se dos princípios estabelecidos por Boutton (1991), para a distinção das formações vegetais caracterizadas por sinais isotópicos de plantas de ciclo fotossintético C_3 e C_4 .

Resultados e discussão

Granulometria e datação absoluta

O testemunho de sondagem estudado (Figura 2) tem 114 cm, composição arenosa (75% do total) e apresenta diminuição da granulação para o topo. A parte basal é constituída por 6 centímetros de areia grossa com coloração amarelada, aparentemente maciça (camada I na Figura 2). A pequena espessura recuperada não permitiu a definição das estruturas sedimentares e o fato da sondagem não ter cortado todo o pacote sedimentar, não é possível caracterizar as relações de contato com o substrato.

A camada de areia grossa é superposta por 4 centímetros de argila maciça acinzentada disposta sobre contato abrupto (II na Figura 2). Este nível é sucedido por 56 cm de areia média a fina, com estratificação cruzada e com coloração que varia de amarela na base para cinza no topo (III na referida Figura). O depósito apresenta base discordante e passa gradativamente para um conjunto de 21 centímetros de areia fina a muito fina, com estratificação cruzada e coloração acinzentada (IV na referida Figura). Os 27 centímetros do topo são constituídos por um pacote argiloso estratificado e de cor cinza (V na Figura). Os noventa centímetros superiores apresentam sinais de bioturbação (raízes) e de restos vegetais que aumentam conforme a diminuição da profundidade.

O pacote da base (I) aparentemente é o registro da parte superior de um depósito residual (*lag deposit*) e foi datado em 18.371 anos cal. AP (Figura 2, Tabela 1). O pacote argiloso (II)

provavelmente corresponde aos restos de um depósito de abandono de canal, parcialmente removido quando a atividade fluvial foi retomada e permitiu a deposição de barras em pontal, a partir de pelo menos 2.006 anos cal. AP. A evolução da barra em pontal teria sido responsável pela deposição em granodecrescência ascendente das areias médias e finas (pacotes III e IV) e pelos restos vegetais ali presentes. Por fim, o conjunto argiloso do topo (V) representa a fase de abandono do meandro.

Figura 2. Perfil sedimentar obtido na planície do rio Iapó: datação (^{14}C), granulometria e fácies sedimentares.

Tabela 1. Datações ^{14}C e respectivas idades calibradas em anos AP. do depósito sedimentar recuperado na planície aluvial do rio Iapó

Profundidade (cm)	Idade ^{14}C (anos AP.)	Idade calibrada (anos AP.) 2σ	Média idade calibrada (cal. anos AP.)
69-72	2050	1947-2064	2006
111-114	14860	18224-18518	18371

Portanto, o canal esteve ativo desde o Pleistoceno Superior, há mais de 18 mil anos, mas não preservou os registros de pelo menos 16 mil anos. É possível que os vestígios argilosos do pacote II contenham parte da história, no entanto não há datação para confirmar quando sua deposição ocorreu.

Microfósseis, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ e razão C/N

A análise do conteúdo espicular presente no testemunho sedimentar da planície do rio Iapó

permitiu a identificação, via gemoscleras e, por vezes, microscleras, das seguintes espécies de esponjas de água doce: a) *Radiospongilla amazonensis* Volkmer-Ribeiro e Maciel, 1983; b) *Tubella variabilis* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1973; c) *Oncosclera jewelli* Volkmer, 1963 e o gênero d) *Corvoheteromeyenia* sp. Ezcurra de Drago, 1979 (Figura 3).

Figura 3. Fotomicrografias das espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas presentes no testemunho recuperado na planície do rio Iapó. A.1, A.2 – Gemoscleras de *R. amazonensis*; B.1, B.2 – Gemoscleras de *T. variabilis*; C.1, C.2, C.3, C.4, C.5 – Gemoscleras de *Corvoheteromeyenya* sp.; D.1, D.2, E.1 – Gemoscleras de *O. jewelli*; F.1, F.2, F.3 – Fragmentos de megascleras; G.1, G.2, G.3, G.4, G.5 – Frústulas de diatomáceas. Escala: 17 μ m.

No estudo da assembleia fitolítica, salienta-se que foram identificados fitólitos *short cell* (*Bilobate*, *Cross*, *Rondel*, *Saddle*) produzidos pela família Poaceae (gramíneas), com predomínio dos fitólitos *long cell*, como o morfotipo *Elongate psilate* que registrou maior incidência, atingindo um percentual de 33,8% da soma total de fitólitos quantificados (=14385) em todo o testemunho. Os morfotipos *Blocky*, *Parallepipedal bulliform* e *Tree* também apresentaram valores mais expressivos em relação às outras morfologias observadas, com, respectivamente, 14,2%, 7,1% e 5,1%.

Dado ao estado de preservação em que se encontravam, não foi possível a identificação de muitas morfologias fitolíticas, visto que foram

vizualizados grande quantidade de fitólitos quebrados (17,4%), com formas mal conservadas ou destruídas, que foram classificados como indeterminados. A assembleia fitolítica presente no testemunho da planície do rio Iapó também é composta pelos morfotipos *Trapeziform polylobate*, *Trapeziform sinuate*, *Cylindrical polylobate*, *Cuneiform bulliform*, *Elongate echinate*, *Dendritic*, *Acicular hair*, *Scutiform hair*, *Cone shape*, *Brachiform*, *Puzzle*, *Oblong*, *Cylindric sulcate tracheid*, *Globular echinate*, *Globular granulate* e *Globular psilate*, no entanto estes são menos frequentes, oscilando de <1% à <3% (Figura 4).

Figura 4. Fotomicrografias dos morfotipos de fitólitos presentes no testemunho recuperado na planície do rio Iapó. A.1, A.2, A.3, A.4 – *Bilobate*; B.1 – *Cross*; C.1, C.2, C.3, C.4 – *Saddle*; D.1 – *Rondel*; E.1, E.2, E.3 – *Cone shape*; F.1 – *Elongate psilate*; G.1 – *Elongate echinate*; H.1 – *Dendritic*; I.1 – *Trapeziform polylobate*; J.1 – *Cylindrical polylobate*; K.1 – *Cylindric sulcate tracheid*; L.1 – *Globular echinate*; M.1 – *Cuneiform bulliform*; N.1, N.2 – *Parallelepipedal bulliform*; O.1 – *Blocky*; P.1 – *Tree*. Escala: 17,5 μm .

A determinação dos valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ e razão C/N foi operada em alguns intervalos da coluna sedimentar e estão expressos na tabela 2. Dessa forma, o $\delta^{13}\text{C}$ resultou em -17,3‰ na base do testemunho (111-114 cm), indicando a predominância de plantas de ciclo fotossintético C_4 (gramíneas), com empobrecimento do sinal isotópico em direção ao topo do perfil, obtendo

valor máximo de -30,7‰ a 33-36 cm de profundidade, o que assinala a presença de plantas C_3 (predominantemente arbóreo). A razão isotópica do Nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) oscilou de 0,5‰ (9-12 cm) a 1,7‰ (90-93 cm). A partir dos dados elementares de Carbono e Nitrogênio foi possível estabelecer a razão C/N, que apresentou variação de 10,88 (9-12 cm) a 15,91 (51-54 cm).

Tabela 2. Valores elementares de Carbono e Nitrogênio, razão C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ do testemunho da planície do rio Iapó

Profundidade (cm)	Carbono (%)	Nitrogênio (%)	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
9-12	2,61	0,24	10,88	-28,1	0,5
33-36	9,41	0,76	12,38	-30,7	1,4
51-54	17,98	1,13	15,91	-25,4	1,3
69-72	12,20	1,05	11,62	-24,7	1,6
90-93	28,42	2,22	12,80	-24,0	1,7
111-114	-	-	-	-17,3	-

Diante dos resultados obtidos do material sedimentar foi possível caracterizar três fases de

evolução paleoambiental para a planície do rio Iapó (Figura 5).

Figura 5. Resultados de datação (^{14}C), foto do testemunho, granulometria, quantificação dos fitólitos por morfotipos, índice de concentração fitolítica, quantificação das frústulas de diatomáceas, quantificação das espículas de esponjas conforme as categorias de megascleras (fragmentadas e inteiras), gemascleras e microscleras, concentração, identificação taxonômica das espículas ocorrentes, razão C/N e dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) do testemunho de sondagem da planície do rio Iapó.

FASE I

Compreende o intervalo de 114 a 93 cm do testemunho com datação de 18.371 anos cal. AP. na parte basal (111-114 cm). Essa fase é caracterizada pela ausência ou ocorrência raríssima de espículas de esponjas, com a identificação de uma gemosclera pertencente ao gênero *Corvoheteromeyenia* sp. (102-99 cm). Nota-se a presença marcante das frústulas de diatomáceas, que registraram maior frequência a 99-96 cm de profundidade, com um total de 126 frústulas quantificadas nessa sequência.

Com relação à assembleia fitolítica, houve a predominância do morfotipo *Elongate psilate*, que embora não apresente valor taxonômico para a distinção em nível de subfamílias botânicas, sabe-se que são produzidos nas células longas de todas as gramíneas (Barboni et al., 1999; Bremond et al., 2005a; Bremond et al., 2005b).

Nessa fase, evidencia-se ainda a ocorrência mais significativa dos fitólitos de tipo *Tree*, classificados por Piperno (2006) como característicos de plantas arbóreas e arbustivas, enfatizando que atingiram um ápice de 40 fitólitos quantificados para essa morfologia na sequência 99-96 cm. O morfotipo *Blocky*, mencionado em outras publicações como uma forma fitolítica produzida por dicotiledôneas lenhosas (Mercader et al., 2009; Coe et al., 2013), somou 22 fitólitos na base do perfil (114-111 cm) e 17 fitólitos na profundidade 105-102 cm. Os *short cells* foram pouco frequentes, com exceção do morfotipo *Bilobate*, que apresentou maior deposição, principalmente, na sequência 99-96 cm, com a contagem de 19 fitólitos referentes a essa morfologia.

Cabe a ressalva de que nessa mesma sequência (99-96 cm), constatou-se a maior concentração fitolítica registrada para a fase, com 273 fitólitos. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ indicam a predominância de plantas C_4 (-17,3‰) na sequência datada em 18.371 anos cal. AP., correspondente a base da coluna sedimentar analisada.

A presença das frústulas de diatomáceas associada à ocorrência de fitólitos indicam a existência de lagoas, charcos ou banhados na planície, que se desenvolveram, provavelmente, sob o domínio de condições mais secas, dado a ausência ou a reduzida quantidade de espículas de esponjas e o sinal isotópico mais enriquecido.

As diferenças entre o conteúdo fossilífero da camada basal e a do topo indicam que as condições de umidade variaram dentro da fase. Dessa forma, as areias grossas teriam sido

depositadas em condições mais áridas e as areias médias em condições mais úmidas. Uma vez que os depósitos do topo possuem idade próxima a 2000 anos AP., as condições do paleoclima já deveriam estar mais próximas à da fase seguinte.

A detecção de gemosclera de *Corvoheteromeyenia* sp. nos sedimentos do topo, aponta para um padrão típico de sistemas lênticos, semi-lênticos ou lênticos, visto que esse gênero de esponja pode ser encontrado em qualquer tipo de ambiente. As espécies relacionadas ao gênero *Corvoheteromeyenia* tem distribuição na zona climática tropical e subtropical. Na América do Sul ocorrem desde o nordeste do Brasil até as províncias de Corrientes e Santa Fé, na Argentina (Ezcurra de Drago, 1979).

Portanto, os dados indicam a existência de um canal ativo há pelo menos 18 mil anos, desenvolvido inicialmente em meio à vegetação aberta com domínio de plantas de ciclo C_4 , características que estão em consonância com a caracterização climática relacionada ao Último Máximo Glacial. Contudo, o registro sedimentar amostrado mostrou uma considerável lacuna entre a base e o topo. Provavelmente a retomada da atuação do canal ocorreu sob condições um pouco mais úmidas.

O Último Máximo Glacial foi responsável por um clima mais seco e frio que o atual em grande parte das regiões sub úmidas tropicais, especialmente após 22.000 anos AP. (Thomas e Thorp, 1996) e teria atingido seu clímax entre 20.000 e 13.000 anos AP. (Suguiú, 1999).

Estudos efetuados por Behling e Lichte (1997) e Behling (2002), no sudeste do Brasil, por meio do registro polínico, mostraram uma condição de Savana, sob clima mais seco e frio, no período compreendido entre 48.000 e 18.000 anos AP. Pessenda et al. (2004), utilizando os isótopos estáveis do carbono e datações (^{14}C) nas regiões de Londrina/PR e Piracicaba/SP, constataram a predominância de plantas C_4 , assinalando a existência de clima mais seco que o atual no final do Pleistoceno até o Holoceno Médio. Da mesma forma, Stevaux (1993), Kramer e Stevaux (2001), Parolin (2006) corroboram semelhantes condições climáticas para o alto rio Paraná.

Nos Campos Gerais, Parolin et al. (2014) analisaram os fitólitos e isótopos de C e N contidos em depósitos turfosos presentes nas regiões de Palmeira e Balsa Nova, no Estado do Paraná, demonstrando a vigência de clima seco, com reduzida umidade do ambiente e o início da formação dos depósitos sedimentares, entre os períodos de 30.833, 24.142, 20.271 e 17.323 anos cal. AP., correspondente ao Pleistoceno Superior.

Já em Ponta Grossa, Melo et al. (2003), no estudo da sedimentação quaternária no espaço urbano da cidade, baseado nas análises palinológica dos sedimentos, reconheceram o domínio de campos, sob condições paleoclimáticas com estação seca de longa duração, atuante no final do Pleistoceno (~16.000 anos AP.).

Por outro lado, diversos trabalhos atestam a condição climática vigente durante a transição Pleistoceno Superior/Holoceno. Nesse aspecto, Fernandes (2008), com base na análise palinológica de sedimentos lacustres obtidos na Lagoa Fazenda, localizada no município de Jussara, ao norte do Estado do Paraná, evidenciou condições mais secas atuando entre 11.276 a 4.224 anos AP., em que a lagoa era mais rasa e a flora regional composta por campos abertos, com matas-galeria associadas aos rios Mulato e Ivaí.

Posteriormente, Rezende (2010), pautando-se na análise micropaleontológica de espículas de esponjas, recuperadas de sedimentos lacustres em duas lagoas localizadas no noroeste do Paraná, mostrou fases mais secas que a atual na transição do Pleistoceno Superior para o Holoceno, em vigor até o Holoceno Médio, com aumento da umidade desde o Holoceno Superior até os dias atuais. Moro (1998) efetuou estudos com frústulas de diatomáceas a partir de um testemunho obtido na Lagoa Dourada, município de Ponta Grossa, nos Campos Gerais do Paraná, constatando um paleoclima mais seco por volta de 8.710 ± 150 anos AP, com evidências de condições mais úmidas vigorando desde o Holoceno Médio até o presente. Guerreiro et al. (2013), por meio do estudo com espículas de esponjas continentais na região de Querência do Norte, noroeste do Paraná, indicaram melhoria climática a 7.540 anos AP. Além disso, Parolin et al. (2014) encontraram evidências de mudanças nas condições ambientais a partir do Holoceno Médio em Palmeira e Balsa Nova, apontando melhoria climática, com diminuição do stress hídrico e aumento da umidade a 7.357 anos cal. AP.

FASE II

Compreende o intervalo de 93 a 69 cm do testemunho com datação de 2.006 anos cal. AP. no topo (69-72 cm), na transição para a fase subsequente (Fase III). As principais características são o aumento da ocorrência de fitólitos e frústulas de diatomáceas, além de um ligeiro acréscimo do conteúdo de espículas de esponjas. Todavia estas ainda são raras, contabilizando 10 espículas no intervalo 78-75 cm, com o reconhecimento de uma gemosclera de *Corvoheteromeyenia* sp.

A 72-69 cm de profundidade, foram observadas 11 espículas, das quais 10 são fragmentos de megascleras e apenas uma megasclera inteira. As frústulas de diatomáceas oscilaram de 140 (87-84 cm) para 35 ocorrências (72-69 cm).

A concentração de fitólitos apresentou aumento considerável em relação à fase anteriormente descrita (Fase I), pois obteve valor máximo de 1376 fitólitos (78-75 cm). A assembleia fitolítica nessa fase é composta, majoritariamente, pelos morfotipos *Elongate psilate*, com a contagem de 571 fitólitos concernentes a essa morfologia, na profundidade 78-75 cm do perfil; *Blocky*, com o registro de 160 fitólitos na mesma sequência (78-75 cm); *short cells*, com destaque para o morfotipo *Bilobate*, que revelou maior incidência, totalizando 57 fitólitos a 75-72 cm de profundidade, enquanto os tipos *Saddle* e *Rondel*, apresentaram, respectivamente, 36 e 32 fitólitos. Outrossim, ocorreram com certa significância as morfologias *Parallepipedal bulliform*, *Cuneiform bulliform*, *Elongate echinate* e *Cylindrical polylobate*, todos característicos de gramíneas (Barboni et al., 1999).

Os morfotipos *Parallepipedal bulliform* e *Cuneiform bulliform* são produzidos no interior das células buliformes e indicam stress hídrico do ambiente, forçando a acumulação de sílica pelas plantas, com a deposição dessas formas mais robustas e maiores quando o processo de evapotranspiração é potencializado (Bremond, 2003). O tipo *Tree* obteve variação de sua frequência, dispondo do mesmo índice de concentração nas profundidades 81-78 cm e 78-75 cm, com 46 fitólitos.

Nessa fase, observou-se de maneira expressiva a presença de fitólitos indeterminados, com um pico de 167 fitólitos a 78-75 cm, que exibiram aspecto deteriorado ou formas quebradas. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ apontaram um empobrecimento do sinal isotópico, oscilando de -24,0‰ (93-90 cm) a -24,7‰ (72-69 cm), com tendência para a predominância de plantas de ciclo fotossintético C_3 . Por sua vez, os dados de $\delta^{15}\text{N}$ resultaram em 1,7‰ (93-90 cm) e 1,6‰ (72-69 cm), enquanto a razão C/N em 12,80 e 11,62 para as mesmas sequências analisadas, evidenciando mistura de matéria orgânica de origem terrestre e aquática, com maior influência da segunda, corroborado pelos maiores percentuais de Nitrogênio e Carbono.

A ocorrência frequente das frústulas de diatomáceas, aumento da concentração de fitólitos, ocorrência de restos vegetais nos sedimentos e a presença raríssima ou rara de espículas de esponjas, permite afirmar o abandono de canal e o início da

formação de um meandro abandonado. É possível que o abandono tenha ocorrido quando a deposição passou a ser de areia fina (Figuras 4 e 7).

A menor frequência de espículas de esponjas e a dominância dos fitólitos, com a presença de morfotipos como *Parallepipedal bulliform* e *Cuneiform bulliform*, sugerem que o meandro esteve isolado e não teve perturbação oriunda de pulsos de inundação. Essa interpretação é reforçada ainda pela ausência de espículas de esponjas de ambiente lótico.

Contudo, uma vez que os sedimentos do pacote III (Figura 2) são compostos por areia média a fina com estratificação cruzada e restos vegetais, não se pode descartar a atuação de fluxo de água em períodos de cheia porque as areias foram depositadas por tração, em uma barra de pontal. Por sua vez, os restos vegetais indicam que também ocorreu a deposição por decantação. Tal quadro é típico de meandro abandonado.

Os dados de fitólitos permitem inferir o avanço e estabelecimento da vegetação sobre a barra, recoberta por formações vegetacionais compostas por gramíneas, atestada pela ocorrência dos fitólitos *short cells*, *Elongates*, *Bulliforms*, além das morfologias representativas de plantas arbóreas e arbustivas, como os tipos *Blocky* e *Tree*.

Embora não haja datação absoluta na base desse intervalo do depósito sedimentar analisado, a ausência de discordância dentro do pacote III faz com que a Fase II possa ser considerada como desenvolvida dentro do Holoceno Superior.

FASE III

Esta fase compreende o intervalo de 69 a 0 cm do testemunho, com idade de 2.006 anos cal. AP. na base (69-72 cm). A principal característica é o notável incremento de espículas de esponjas em direção ao topo do perfil, que registraram valor máximo de 441 espículas a 15-12 cm de profundidade, com um total de 401 fragmentos de megascleras. Nessa fase, as esponjas identificadas via gemoscleras, por vezes, microscleras, indicam uma mistura de padrões típicos de sistemas lênticos e lóticos, sendo: *Corvoheteromeyenia* sp. (54-51; 45-42; 42-39; 39-36; 36-33; 27-24; 24-21; 15-12; 12-9; 9-6; 6-3 cm), *T. variabilis* (51-48; 39-36; 36-33; 30-27; 21-18; 15-12; 12-9 cm), *O. jewelli* (45-42; 39-36 cm) e *R. amazonensis* (27-24; 18-15; 15-12; 12-9; 9-6; 6-3; 3-0 cm). As frústulas de diatomáceas variaram de 71 (51-48 cm) para apenas 5 ocorrências na sequência 57-54 cm, apresentando redução significativa de sua frequência. Do mesmo modo, houve a diminuição da concentração fitolítica, com 873 fitólitos a 69-

66 cm e somente 42 fitólitos quantificados a 18-15 cm.

A assembleia fitolítica é caracterizada pela presença dos morfotipos *Elongate*, *short cells* de Poaceae, *Blocky*, *Tree*, além da morfologia *Parallepipedal bulliform*, a qual apresentou maior incidência na porção basal da fase, com a contagem de 130 fitólitos (66-63 cm) correspondentes a esse morfotipo. Constatou-se também a ocorrência de fitólitos característicos de Cyperaceae, ou seja, o tipo *Cone shape*, que atingiu um ápice de 26 fitólitos a 54-51 cm e são indicativos de maior umidade do ambiente (Piperno, 1989).

Essa fase evidencia o empobrecimento do sinal isotópico, uma vez que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ resultaram em -25,4‰ (54-51 cm), -30,7‰ (36-33 cm) e -28,1‰ (12-9 cm), indicando predominância de plantas C_3 . Quanto ao $\delta^{15}\text{N}$, obteve 1,3‰, 1,4‰ e 0,5‰, sendo que a razão C/N foi de 15,91, 12,38 e 10,88 nas mesmas sequências. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$, aliado a razão C/N mostram mistura de matéria orgânica, com predomínio de material terrestre a 54-51 cm, entretanto, com maior influência aquática em direção ao topo do perfil, visto os menores valores da razão C/N, que, portanto, assinalam a maior disponibilidade de água na planície.

A análise dos resultados sugere a retomada de atividade do meandro abandonado, com depósito de barra em pontal (pacote IV, Figura 2) e o posterior abandono, com deposição por decantação (pacote V) e terrestrialização, evidenciada pela presença de raízes. As condições paleoclimáticas seriam próximas às atuais na região, a vegetação de gramíneas teria se retraído e a cobertura vegetal passaria a ser dominada por espécies arbóreo-arbustivas, constatado pela ocorrência dos morfotipos *Blocky* e *Tree*, bem como o empobrecimento do sinal isotópico.

A abundância de espículas de esponjas fragmentadas, correlacionada à presença de espículas de ambiente lêntico (*T. variabilis* e *R. amazonensis*) e lótico (*O. jewelli*), além da elevada quantidade de fitólitos indeterminados, com formas quebradas ou superfícies destruídas, indicam provável transporte e remobilização de materiais provenientes de outras fontes de origem, que foram carreados ao longo da drenagem devido à ação de pulsos de inundação, fato que descarta a hipótese de produção e acúmulo de material *in situ*.

Dentre os táxons de esponjas identificados com base nas espículas que revestem as gêmulas (gemoscleras), vale salientar que a espécie *T. variabilis* habita preferencialmente ambientes lênticos, encontrando-se sobre folhas e galhos de vegetação submersa em pouca

profundidade e em locais abrigados da luz, com registro de Roraima a região de Entre-Rios na Argentina (Volkmer-Ribeiro, 1999). A espécie integra uma comunidade de esponjas consideradas indicadoras de lagoas típicas do Bioma Cerrado e formadoras de depósitos de espongilitos no Brasil (Volkmer-Ribeiro, 1992; Volkmer-Ribeiro e Motta, 1995; Volkmer-Ribeiro et al., 1998). Em pesquisa empreendida por Parolin (2006), constatou-se a presença de espículas de *T. variabilis* em sedimentos lacustres da região de Taquarussu, no sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul, evidenciando fase lêntica.

Volkmer-Ribeiro (1963) efetuou o registro de esponja incrustando rochas de fundo de rios, com a descrição de *O. jewelli* para o rio Tainhas, bacia do Taquari-Antas, no Rio Grande do Sul, sendo que espécie foi encontrada em leitos basálticos no domínio da Floresta de Araucária. Essa esponja, identificada na presente pesquisa por meio de gemoscleras contidas nos sedimentos estudados, ocorreu no Estado do Paraná até o momento com raros exemplares no rio Dos Patos, afluente do rio Ivaí, município de Prudentópolis, mostrando-se uma espécie relacionada ao domínio da Floresta Ombrófila Mista com Araucárias (Volkmer-Ribeiro e Parolin, 2010).

A esponja *R. amazonensis* é registrada para lagoas sazonais, com distribuição de Roraima ao Sul do Brasil e Argentina (Volkmer-Ribeiro, 1992; Volkmer-Ribeiro e Motta, 1995; Volkmer-Ribeiro, 1999; Volkmer-Ribeiro et al., 1998). A espécie *R. amazonensis*, assim como *T. variabilis*, faz parte de uma comunidade de esponjas características de lagoas do Bioma Cerrado, sendo indicadora de ambiente lêntico com maior tempo de residência da água (Volkmer-Ribeiro e Parolin, 2010). A esponja forma uma típica espécie indicadora da presença de turfa, com relatos de seu registro para as camadas superiores dos depósitos de espongilitos no oeste do Estado de Minas Gerais, onde a mesma foi associada aos períodos de formação dos ambientes turfáceos durante a última fase das lagoas (Volkmer-Ribeiro e Motta, 1995).

Nessa fase, marcada pelo retorno da umidade na planície é possível notar a escavação

do leito do rio Iapó, que aumentou seu poder erosivo, provocando o rebaixamento do nível de base local. Não obstante, no início dessa fase (69-66 a 57-54 cm) observa-se a frequência raríssima de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas, com a predominância dos fitólitos, especialmente *Parallepipedal bulliform*, demonstrando um intervalo de reduzida disponibilidade hídrica do ambiente, mesmo sob a vigência de fase mais úmida.

A esse respeito, convém destacar que Jabur (1992), Stevaux (1993) e Stevaux et al. (1997), ao proporem a caracterização paleoclimática em estudo executado no alto rio Paraná, reconheceram o primeiro evento úmido no Holoceno, descrito por esses autores entre 7.500 e 3.500 anos AP., identificando uma curta fase seca entre 3.500 a 1.500 anos AP. e retomada de condições úmidas, com aumento da precipitação e avanço das coberturas vegetais arbóreas a partir de 1.500 anos AP. até o presente. Behling (1997) apontou para a Serra Campos Gerais clima mais úmido com curta estação seca entre 2.850 e 1.530 anos AP. Guerreiro (2011), a partir de dados palinológicos, mostrou que as condições paleoambientais em 3.220 anos AP., 2.770 anos AP. e 1.340 anos AP., na planície do Alto Tibagi e Campos Gerais nessa porção, caracterizavam-se por um paleoambiente úmido, do tipo pantanoso, bordejado por uma vegetação tropical de galeria, circundado por campos. O autor acredita que a atual cobertura arbórea, composta pela Floresta Ombrófila Mista, se estabeleceu na região nos últimos séculos.

Evolução da Área

A figura 6 apresenta a evolução hipotética da área de estudo, na planície do rio Iapó, desde o Pleistoceno Superior ao Holoceno e até o presente, com um hiato temporal entre as datações de 18.371 anos cal. AP. e 2.006 anos cal. AP.

Figura 6. Evolução paleoambiental da planície do rio Iapó. A – Presença de canal ativo, desenvolvido em meio à vegetação aberta, com lagoas, charcos ou banhados na planície. B – Abandono de canal e início da formação de um meandro abandonado. C – Condições paleoclimáticas próximas às atuais na região, com a retomada da umidade na planície e perturbações por pulsos de inundação, evidenciando a retração da vegetação de gramíneas e o desenvolvimento arbóreo-arbustivo.

Conclusões

O estudo traçou os primeiros esboços para uma caracterização paleoambiental na planície do rio Iapó, contribuindo sobremaneira na reconstituição das condições ambientais e climáticas do Quaternário na região composta pelos Campos Gerais do Paraná.

Os resultados obtidos permitiram caracterizar três fases de evolução paleoambiental para a área de estudo: i) presença de canal ativo desde o Pleistoceno Superior há mais de 18 mil anos AP., desenvolvido inicialmente em meio à vegetação aberta com domínio de plantas de ciclo C_4 e existência de lagoas, charcos ou banhados na planície; ii) fase de abandono de canal e início da formação de um meandro abandonado, com depósitos relacionados à evolução de barra em pontal, caracterizada pelo avanço e estabelecimento da vegetação sobre a barra, recoberta por formações vegetacionais compostas, principalmente, por gramíneas, além da presença das morfologias fitolíticas representativas de plantas arbóreas e arbustivas (*Blocky* e *Tree*); iii) condições paleoclimáticas próximas às atuais na região, com a retomada da umidade na planície e perturbações por pulsos de inundação, evidenciando a retração da vegetação de gramíneas

e o desenvolvimento arbóreo-arbustivo, desde 2.006 anos cal. AP. até o presente.

Entretanto, deve ser considerado que a pesquisa mostra um hiato temporal de ~16 mil anos entre as datações de 18.371 anos cal. AP. (111-114 cm) e 2.006 anos cal. AP. (69-72 cm), atrelado à existência de discordância erosiva, isto é, superfície que representa um grande período de não deposição ou erosão das camadas sedimentares.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Processo 471385/2012-3). A primeira autora agradece a CAPES pela Bolsa de Mestrado e o segundo e terceiro autores agradecem à Fundação Araucária pela bolsa de produtividade.

Referências

- Alcantara-Santos, J.C., Parolin, M., 2011. Distribuição de esponjas continentais no rio Mourão. *Revista GEOMAE* 2, 13-22.
- Barboni, D., Bonnefille, R., Alexandre, A., Meunier, J.D., 1999. Phytoliths as paleoenvironmental indicators, West Side Middle Awash Valley, Ethiopia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 152, 87-100.

- Batista, T.C.A., Volkmer-Ribeiro, C., 2002. Comunidades de esponjas do curso superior dos rios Paraná (Goiás) e Paraguai (Mato Grosso), Brasil, com redescoberta de *Oncosclera schubarti* (Bonetto & Ezcurra de Drago). *Revista Brasileira de Zoologia* 19, 123-136.
- Behling, H., 1997. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the *Araucaria* forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology* 97, 109-121.
- Behling, H., Lichte, M., 1997. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical Southeastern Brazil. *Quaternary Research* 48, 348-358.
- Behling, H., 2002. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 177, 19-27.
- Boutton, T.W., 1991. Stable carbon isotope ratios of natural materials. II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environmental, in: Coleman, D.C., Fry, B. (Eds.), *Carbon isotope techniques*. Academic Press, New York, pp. 173-185.
- Bremont, L., Alexandre, A., Hély, C., Guiot, J., 2005a. A phytolith index as a proxy of tree cover density in tropical areas: Calibration with Leaf Area Index along a forest-savanna transect in southeastern Cameroon. *Global and Planetary Change* 45, 277-293.
- Bremont, L., Alexandre, A., Peyron, O., Guiot, J., 2005b. Grass water stress estimated from phytoliths in West Africa. *Journal of Biogeography* 32, 311-327.
- Bremont, L., 2003. Calibration des fonctions de transfert entre Assemblages phytolithiques, structure des végétations et variables bioclimatiques actuelles, pour l'intégration de la dynamique des biomes herbacés dans les modèles de végétation. Thèse (Geosciences de l'environnement), Université de Droit, d'Économie et des Sciences d'Aix-Marseille.
- Coe, H.H.G., Alexandre, A., Carvalho, C.N., Santos, G.M., Silva, A.S., Sousa, L.O.F., Lepsch, I.F., 2013. Changes in Holocene tree cover density in Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brazil): Evidence from soil phytolith assemblages. *Quaternary International* 287, 63-72.
- Ezcurra de Drago, I., 1979. Un nuevo genero sudamericano de esponjas: *Corvoheteromeyenina* gen. nov. (Porifera Spongillidae). *Neotropica* 25, 109-118.
- Faegri, K., Iversen, J., 1975. *A textbook of pollen analysis*, 4. ed. John Wiley e Sons, New York.
- Fernandes, R.S., 2008. Reconstrução paleoambiental da lagoa Fazenda durante o Pleistoceno Tardio na região de Jussara, Estado do Paraná, com ênfase em estudos palinológicos. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental). Guarulhos-SP, Universidade de Guarulhos.
- Guerreiro, R.L., 2011. Paleoambientes holocênicos da planície do Alto Tibagi, Campos Gerais, sudeste do estado do Paraná. Dissertação (Mestrado). Maringá, Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes.
- Guerreiro, R.L., Stevaux, J.C., Parolin, M., Assine, M.L., 2013. Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments in ponds and alluvial sediments of upper Paraná river, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 16, 39-46.
- Honaine, M.F., Zucol, A.F., Osterrieth, M.L., 2006. Phytolith assemblages and systematic associations in grassland species of the South-Eastern Pampean Plains, Argentina. *Annals of Botany* 98, 1155-1165.
- Jabur, I.C., 1992. Análise paleoambiental do Quaternário superior na bacia do alto rio Paraná. Tese (Doutorado em Geociências). Rio Claro, Universidade Estadual Paulista.
- Kramer, V.M.S., Stevaux, J.C., 2001. Mudanças climáticas na região de Taquaruçu (MS) durante o Holoceno. *Boletim Paranaense de Geociências* 49, 79-89.
- Leandrini, J.A., Cavalcanti, A.V., Rodrigues, L., 2010. Diatomáceas, in: Parolin, M., Volkmer-Ribeiro, C., Leandrini, J.A. (Orgs.), *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná*. Editora da Fecilcam, Campo Mourão, pp. 131-155.
- 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.
- Luz, L.D., Parolin, M., 2011. Ampliação da ocorrência de esponjas continentais na bacia do rio Corumbataí, in: *II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Anais.
- Madella, M., Alexandre, A., Ball, T., 2005. *International Code for Phytolith Nomenclature 1.0*. *Annals of Botany* 96, 253-260.
- Madella, M., 2008. Physiology of silica deposition. Curso ministrado no 7th International Meeting on Phytolith Research, Mar del Plata.

- Martin, L., Absy, M.L., Fournier, 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. *Paleo Enso Records*, 187-192.
- Medeanic, S., Cordazzo, C.V., Corrêa, I.C.S., Mirlean, N., 2008. Os Fitólitos em Gramíneas de Dunas do Extremo Sul do Brasil: Variabilidade Morfológica e Importância nas Reconstruções Paleoambientais Costeiras. *Gravel* 6, 1-14.
- Melo, M.S., Medeiros, C.V., Giannini, P.C.F., Garcia, M.J., Pessenda, L.C.R., 2003. Sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa, PR. *Geociências* 22, 33-42.
- Mercader, J., Bennett, T., Esselmont, C., Simpson, S., Walde, D., 2009. Phytoliths in woody plants from the Miombo woodlands of Mozambique. *Annals of Botany* 104, 91-113.
- Moro, R.S., 1998. Interpretações paleoecológicas do Quaternário a partir da análise da comunidade de diatomáceas (*Bacillariophyta*) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Pr. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
- Osterrieth, M., Madella, M., Zurro, D., Alvarez, M.F., 2009. Taphonomical aspects of silica phytoliths in the loess sediments of the Argentinean Pampas. *Quaternary International* 193, 70-79.
- Parolin, M., 2006. Paleoambientes e paleoclimas no final do Pleistoceno e no Holoceno no Sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul. Tese (Doutorado em Ecologia). Maringá, Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá.
- Parolin, M., Rasbold, G.G., Pessenda, L.C.R., 2014. Paleoenvironmental conditions of Campos Gerais, Paraná, since the Late Pleistocene, based on phytoliths and C and N isotopes, in: Coe, H.H.G., Osterrieth, M. (Eds.), *Synthesis of some phytolith studies in South America (Brazil and Argentina)*. Nova Science Publishers, New York, pp. 149-170.
- Pessenda, L.C.R., Gouveia, S.E.M., Aravena, R., Boulet, R., Valencia, E.P.E., 2004. Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fossil charcoal and soil carbon isotopes. *Quaternary International: The Journal of the International Union for Quaternary Research* 114, 35-43.
- Piperno, D.R., Becker, P., 1996. Vegetational history of a site in the central Amazon basin derived from phytolith and charcoal records from natural soils. *Quaternary Research* 45, 202-209.
- Piperno, D.R., 1988. *Phytolith analysis: an archaeological and geological perspective*. Academic Press, San Diego.
- Piperno, D.R., 1989. The occurrence of phytoliths in the reproductive structures of selected tropical angiosperms and their significance in tropical paleoecology, paleoethnobotany and systematics. *Review of Palaeobotany and Palynology* 61, 147-173.
- Piperno, D.R., 1991. The status of phytolith analysis in the American tropics. *Journal of World Prehistory* 5, 155-191.
- Piperno, D.R., 2006. *Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Altamira Press, New York.
- Racek, A.A., 1966. Spicular remains of freshwater sponges. *Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 17, 78-23.
- Rezende, A.B., 2010. Espículas de esponja em sedimentos de lagoa como indicador paleoambiental no NW do Estado do Paraná. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental). Guarulhos-SP, Universidade de Guarulhos.
- Stevaux, J.C., 1993. O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentologia e evolução quaternária de seu curso superior. Tese (Doutorado). São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Stevaux, J.C., Souza Filho, E.E., Jabur, I.C., 1997. A história quaternária do rio Paraná em seu alto curso, in: Vanzzoler, et al. (Eds), *A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná - Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, pp. 47-72.
- Suguio, K., 1999. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro?*. Paulo's Editora, São Paulo.
- Thomaz, M.F., Thorp, M.B., 1996. The response of geomorphic system to climatic and hydrological change during the Late Glacial and Early Holocene in the humid and sub-humid tropics, in: Branson, J., Gregory, K.J. (Eds.), *Global Continental Changes: the context of Paleohydrology*. Geological Society Special Publication 115, pp. 139-153.
- Volkmer-Ribeiro, C., Mansur, M.C.D., Mera, P.A.S., Ross, S.M., 1998. Biological Indicators in the Aquatic Habitats of the Ilha de Maracá, Roraima, Brazil, in: Miliken, W., Ratter, J.A. (Eds.), *Maracá: The biodiversity and*

- environment of an Amazonian rainforest. John Wiley & Sons, New York, pp. 403-414.
- Volkmer-Ribeiro, C., Motta, J.F.M., 1995. Esponjas formadoras de espongilitos em lagoas no Triângulo Mineiro e adjacências, com indicação de preservação de habitat. *Biociências* 3, 145-169.
- Volkmer-Ribeiro, C., Parolin, M., 2010. As esponjas, in: Parolin, M., Volkmer-Ribeiro, C., Leandrini, J.A. (Eds), *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná*. Editora da Fecilcam, Campo Mourão, pp. 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., 1963. *Spongilla jewelli* n. sp. from freshwater sponge at Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 35, 271-274.
- Volkmer-Ribeiro, C., 1985. Esponjas de água doce, in: *Sociedade Brasileira de Zoologia (Org.). Manual de técnicas para preparação de coleções zoológicas* 3, 01-06.
- Volkmer-Ribeiro, C., 1992. The freshwater sponges in some peatbog ponds in Brazil. *Amazoniana* 12, 317-335.
- Volkmer-Ribeiro, C., 1999. Esponjas, in: Joly, C.A., Bicudo, C.E.M. (Orgs.), *Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX*. FAPESP, São Paulo, pp. 1-9.