

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – CURSO DE MESTRADO

ELAINE CRISTINA ZAVADOVSKI KALINOVSKI

**PALEOAMBIENTES QUATERNÁRIOS DA PLANÍCIE DO RIO IAPÓ, CASTRO,
PARANÁ**

MARINGÁ – PR
2015

ELAINE CRISTINA ZAVADOVSKI KALINOVSKI

**PALEOAMBIENTES QUATERNÁRIOS DA PLANÍCIE DO RIO IAPÓ, CASTRO,
PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Análise Ambiental, do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Professor Orientador: Dr. Edvard Elias de Souza Filho

MARINGÁ – PR
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

K14p

Kalinovski, Elaine Cristina Zavadovski
Paleoambientes quaternários da planície do rio
Iapó, Castro, Paraná / Elaine Cristina Zavadovski
Kalinovski. -- Maringá, 2015.
117 f. : il. color., figs., tabs., quadros

Orientador: Prof. Dr. Edvard Elias de Souza
Filho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes,
Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2015.

1. Espículas de esponja. 2. Paleoambientes -
Paraná (Estado) - Análise. 3. Planície aluvial. 4.
Fitólitos - Paraná (Estado). 5. Quaternário -
Pleistoceno. 6. Pleistoceno Superior e Holoceno -
Paraná (Estado). 7. Micropaleontologia - Paraná
(Estado). 8. $\delta^{13}\text{C}$ (Isótopos estáveis). 9. $\delta^{15}\text{N}$
(Isótopos estáveis). I. Souza Filho, Edvard Elias
de, orient. II. Universidade Estadual de Maringá.
Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Programa
de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDD 21.ed. 551.79

MN-001995

PALEOAMBIENTES QUATERNÁRIOS DA PLANÍCIE DO RIO IAPÓ, CASTRO,
PARANÁ

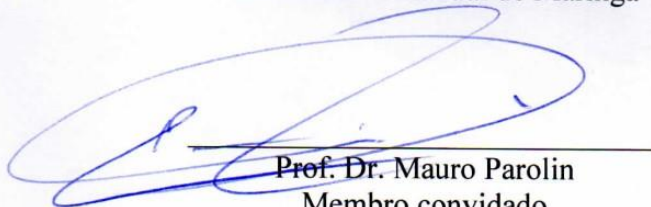
Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental, linha de pesquisa: Análise Ambiental

Aprovada em 26 de março de 2015.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho
Orientador - UEM
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. Mauro Parolin
Membro convidado
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. Ulisses dos Santos Pinheiro
Membro convidado
UFPE

*Dedico este trabalho aos meus pais Pedro Kalinovski
e Lúcia Zavadovski, o meu carinho e
amor incondicional.*

AGRADECIMENTOS

O desafio de adentrar e trilhar o fascinante universo da pesquisa científica só fora alcançado em virtude da colaboração de várias pessoas, que direta ou indiretamente, contribuíram na realização e concretização deste trabalho.

Por ora, agradeço primeiramente ao Pai Celestial, de maneira que aqui expresso minha adoração e devoção a Deus, uma vez que, acredito, Ele sempre iluminou e abençoou o meu caminho, estando presente em todos os momentos de minha vida, fortalecendo-me diante dos percalços e das dificuldades que são recorrentes em nossa trajetória de vida, bem como para a sua superação.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Edvard Elias de Souza Filho, pelos ensinamentos transmitidos e pela orientação concedida durante o desenvolvimento da dissertação de Mestrado, os quais foram cruciais e imprescindíveis para a conclusão com êxito do trabalho.

Da mesma forma, não posso deixar de agradecer àquele que contribuiu decisivamente em todo o direcionamento e encaminhamento da pesquisa: professor Dr. Mauro Parolin, ao qual sou imensamente grata por todos os ensinamentos, aprendizagens, incentivos e motivação, que foram fundamentais para seguir o caminho da carreira acadêmica, à luz do rigor exigido pela ciência. Obrigada professor Mauro, por oportunizar a chance de conhecer esse fascinante e intrigante mundo dos estudos paleoambientais e do trabalho com os microfósseis, depositando em mim a confiança e a certeza que chegaria até o fim, por ocasião do convite para participar da seleção de mestrado, quando ainda me encontrava em meio à conclusão do curso de graduação em Geografia e era aluna das suas aulas ministradas durante a faculdade, na Fecilcam.

Aos colegas e eternos amigos do Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam (Lepafe), por toda contribuição, ajuda, conselhos e, principalmente, pela amizade que construímos ao longo desse período, haja vista a convivência cotidiana no laboratório. Assim, inicio meus agradecimentos pela companheira e colega de pós-graduação, Mayara dos Reis Monteiro, por todo auxílio em práticas laboratoriais, contagem e identificação dos fitólitos, pelas sugestões e “brincas” quando necessárias (e olha que não foram poucas!), pela companhia durante o cumprimento dos créditos, na vigência das disciplinas cursadas no Mestrado, nos deslocamentos (com nossas idas e vindas para Maringá e Campo Mourão), muito obrigada por me ajudar sempre que precisei. Também quero agradecer a especial contribuição da querida e adorável Giliane Gessica Rasbold (o que seria de mim se não fosse

você Gi?), obrigada por me acompanhar durante a realização da pós-graduação e elaboração da dissertação, sempre muito prestativa e conselheira, disposta a colaborar em tudo que estiver ao seu alcance, além de sua enorme experiência e conhecimento com fitólitos, que foram essenciais para sanar todas as minhas dúvidas e incertezas quanto à identificação das morfologias observadas. Aos demais colegas, mas não menos importantes: Mayra Stevanato (estagiária do lepafe), por sua dedicação e cuidado com a boa organização do laboratório e pelas vezes que auxiliou na execução de minhas atividades; Leandro Domingos Luz, pela amizade desde a época que ingressei na graduação; Daiany Golovati; Bruno Augusto Candelari (obrigada pela ajuda durante o desenvolvimento do meu trabalho de campo); Daianne Tavares Ladchuk; Dandara Carlessi do Nascimento; João Cláudio Alcantara dos Santos; Renato Lada Guerreiro; a professora Dra. Eloisa Silva de Paula Parolin; além das animadas e extrovertidas meninas do curso de Biologia, Bruna Poratacho e Maísa Jordana Kaust, à vocês, muita obrigada pelo auxílio laboratorial.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PGE e a todos os colegas dos níveis de Mestrado e Doutorado, especialmente à secretária Miriam, por tantos favores e pedidos atendidos. Meu muito obrigada!

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de mestrado e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro à pesquisa (processo 472496/2011-5). Ao Lepafe, pelo respaldo logístico e suporte laboratorial para a execução do trabalho científico, sob a coordenação do Prof. Dr. Mauro Parolin.

À minha família, todo o meu apreço, carinho e amor incondicional. Confiro a minha imensa gratidão ao meu pai Pedro Kalinovski e a minha mãe Lúcia Zavadovski, sustentáculos da minha vida, sendo o meu porte seguro e base de todas as conquistas até o momento alcançadas. Obrigada pelos ensinamentos morais, éticos, pela educação e exemplo de vida. Sem vocês, jamais teria conseguido chegar até aqui! Também agradeço a minha irmã Érica Fernanda Zavadovski Kalinovski, por ser sempre minha companheira e parceira em todos os momentos, por compartilhar comigo os passos e etapas dessa fase.

Ao Rodrigo Monteiro do Nascimento, que acompanhou os momentos finais, de elaboração e término da dissertação, sendo o meu esteio, força, amparo e incentivo. Obrigada meu amor, por entrar e fazer parte da minha vida!

A todos, o meu muitíssimo OBRIGADA!

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original”

Albert Einstein

“O presente é a chave do passado”

James Hutton

RESUMO

A pesquisa propôs realizar a caracterização das condições paleoambientais na planície aluvial do rio Iapó, a partir de um testemunho sedimentar obtido na margem esquerda do rio, situado próximo à área urbana de Castro, na região Centro-Oriental do Estado do Paraná e perfazendo a unidade de paisagem dos Campos Gerais. Nesse sentido, ressalta-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 e datações absolutas (^{14}C), para a correlação, maior detalhamento e precisão das informações pertinentes às variações ou mudanças ambientais ocorridas na área de estudo, durante o intervalo de tempo que remete ao Quaternário. Para a extração e recuperação dos microfósseis compostos de sílica biogênica presentes nas amostras de sedimentos, aplicou-se a metodologia padrão utilizada na palinologia, que consiste no aquecimento com hidróxido de potássio (10%) e suspensão com cloreto de zinco. Foi possível a identificação, via gemoscleras preservadas no depósito sedimentar, 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) operada na base do testemunho, o qual tem 114 cm de profundidade, revelou idade que remonta ao Pleistoceno Superior, com 18.371 anos cal. AP., ao passo que por volta de 70 cm a datação obtida foi de 2.006 anos cal. AP., relativa ao Holoceno Superior. Os resultados permitiram inferir: i) fase de canal ativo há pelo menos 18 mil anos AP., desenvolvido inicialmente em meio à vegetação aberta com domínio de plantas de ciclo C₄; ii) fase de abandono de canal e início da formação de um meandro abandonado, com depósitos relacionados à evolução de barras em pontal, recobertas por vegetação; 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.

Palavras-chave: Espículas de esponjas, fitólitos, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, Pleistoceno Superior, Holoceno.

ABSTRACT

The research proposed to characterize the paleoenvironmental conditions in the flood plain of the Iapó River, from a sedimentary testimony obtained on the left margin of the river, located near the urban area of Castro, in the Central-East region of Paraná State and encompassing the landscape unit of Campos Gerais. Thus, we emphasize the use of different *proxies* data (*multiproxy* analysis) as spicules of continental sponges and phytoliths, associated with the determination of the isotopic values of $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, C/N ratio and absolute dating (^{14}C), for the correlation, great detailing and accuracy of the relevant information to the environmental variations or changes in the study area during the time interval which refers to the Quaternary. For the extraction and recovery of silica from biogenic microfossils compounds present in the sediment samples, it was applied standard methodology used in palynology which consists in heating with potassium hydroxide (10%) and zinc chloride suspension. It was possible identification of gemoscleras preserved in sedimentary deposit, of taxa of freshwater sponges from lotic and lentic, and detection of live exemplary of *Oncosclera schubarti* Bonetto and Ezcurra Drago, 1967 stuck in the bedrock riverbed Iapó. The absolute dating (^{14}C) operated on the basis of the testimony, which is 114 cm deep, revealed age dating back to the Late Pleistocene, 18.371 years with lime. BP., while about 70 cm timing obtained was 2.006 cal. years. BP. on the Late Holocene. Results showed: i) active channel phase for at least 18.000 years BP., developed initially through the open vegetation domain C_4 cycle plants; ii) channel abandonment phase and beginning of the formation of an abandoned meander, with deposits related to the evolution of bars in point, covered with vegetation; iii) paleoclimatic conditions similar to the current in the region, with the resumption of moisture in plain and disturbance by flood pulses, showing the retraction of the vegetation of grasses and tree and shrub development, from 2.006 years cal. BP to the present.

Keywords: Sponge spicules, phytoliths, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, Late Pleistocene, Holocene.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização da área de amostragem no Estado do Paraná, município de Castro, limite com o município de Tibagi..... 16
- Figura 2: Posicionamento do local de amostragem na bacia do rio Iapó, situado na planície aluvial, próximo à área urbana de Castro/PR. 17
- Figura 3: Visão parcial da planície aluvial do rio Iapó, com destaque para o ponto de amostragem na margem esquerda..... 18
- Figura 4: Perfil esquemático representativo da Estepe (Campo). Predominam formações herbáceas entremeadas por vegetação ripária e agrupamentos arbóreos isolados (capões). 20
- Figura 5: Vegetação marginal na planície do rio Iapó, Castro-PR. Observa-se a presença de gramíneas, com elementos arbóreos e arbustivos na calha do rio, ressaltando a ocorrência de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, vulgarmente conhecida como Pinheiro do Paraná.. 21
- Figura 6: Reflorestamentos com *Pinus* na bacia hidrográfica do Iapó..... 22
- Figura 7: Esponjas aderidas a substratos: (A) exemplar vivo de *Oncosclera navicella* Carter, 1881 fixa sobre a rocha; (B) exemplar de *Corvospongilla seckti* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1966 incrustado em substrato vegetal..... 31
- Figura 8: Conjunto de espículas características das espécies *Metania spinata* Carter, 1881 (A); *Trochospongilla repens* Hinde, 1888 (B); *Dosilia pydanieli* Volkmer-Ribeiro, 1992 (C) e *O. navicella* (D). Megasclera alfa mais longa (αm); megasclera beta mais curta (βm); gemosclera (g) e microsclera (mi). 34
- Figura 9: Mapa de distribuição dos trabalhos de espículas de esponjas continentais como instrumentos de reconstrução paleoambiental no Brasil.. 59
- Figura 10: Classificação das morfologias de fitólitos de acordo com as subfamílias de Poaceae. 62
- Figura 11: Levantamentos da fauna de esponjas de água doce no leito do rio Iapó. 72
- Figura 12: Perfil sedimentar obtido na planície do rio Iapó: datação (^{14}C), granulometria e fácies sedimentares. 77
- Figura 13: 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 *Corvoheteromeyenia* 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 μm 79
- Figura 14: 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 – *Parallepipedal bulliform*; O.1 – *Blocky*; P.1 – *Tree*. Escala: 17,5 µm..... 80

Figura 15: 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), gemoscleras 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..... 82

Figura 16: 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. 91

Figura 17: A.1, A.2 – Levantamentos da fauna espongiológica atual no leito do rio Iapó; B.1, B.2 – Exemplar vivo de esponja incrustado em substrato rochoso; C, D – Fotomicrografias dos conjuntos espiculares característicos da espécie *Oncosclera schubarti*: C.1, C.2 – megascleras; D.1, D.2 – gemoscleras. 92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estudos sobre espículas de esponjas fósseis de ambientes de águas continentais como ferramenta de interpretação paleoambiental na América do Sul, com ênfase aos trabalhos produzidos no Brasil.	55
Tabela 2: Estudos sobre fitólitos como instrumento de reconstrução paleoambiental no Brasil.....	67
Tabela 3: Datações ^{14}C e respectivas idades calibradas em anos AP. do depósito sedimentar recuperado na planície aluvial do rio Iapó.....	78
Tabela 4: 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.....	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Trabalhos sobre a evolução quaternária nos Campos Gerais.	28
Quadro 2: Principais morfologias de fitólitos produzidos por dicotiledôneas e outras famílias botânicas.....	63
Quadro 3: Principais tipos de fitólitos característicos de táxons botânicos.....	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO	15
3.1 LOCALIZAÇÃO.....	15
3.2 HIDROGRAFIA.....	18
3.3 GEOLOGIA	19
3.4 CLIMA	20
3.5 VEGETAÇÃO.....	20
3.6 PEDOLOGIA	22
3.7 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO IAPÓ	23
4. ARCABOUÇO TEÓRICO	25
4.1 ESTUDOS PALEOAMBIENTAIS DO QUATERNÁRIO NO ESTADO DO PARANÁ: O CASO DOS CAMPOS GERAIS.....	25
4.2 PORÍFEROS CONTINENTAIS	31
4.2.1 Características gerais das esponjas de água doce	31
4.2.2 Ambiente de distribuição e chave taxonômica	36
4.3 ESTUDOS SOBRE ESPONJAS NA AMÉRICA DO SUL E BRASIL.....	37
4.3.1 A espongiofauna continental sul-americana: estado da arte das pesquisas	38
4.3.2 Significado paleoambiental das espículas de esponjas.....	46
4.4 FITÓLITOS	60
4.4.1 Definição e principais plantas produtoras de fitólitos	60
4.4.2 Fitólitos característicos da família Poaceae.....	61
4.4.3 Fitólitos característicos das dicotiledôneas e outras famílias botânicas	62
4.4.4 Fitólitos como ferramenta de interpretação paleoambiental.....	64
4.5 ANÁLISES ISOTÓPICAS APLICADAS AOS ESTUDOS DE RECONSTRUÇÕES PALEOAMBIENTAIS.....	69
4.5.1 Isótopos Estáveis do Carbono.....	69
4.5.2 Isótopos Estáveis do Nitrogênio e razão C/N.....	71
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	72
5.1 CAMPANHAS	72

5.2 PROTOCOLOS LABORATORIAIS.....	73
5.3 DATAÇÕES ^{14}C , ANÁLISES ISOTÓPICAS DE $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ E RAZÃO C/N	75
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
6.1 TESTEMUNHO DO RIO IAPÓ	75
6.1.1 Granulometria e datação absoluta.....	76
6.1.2 Microfósseis, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ e razão C/N.....	78
6.1.3 Esponja atual	91
7. CONCLUSÕES.....	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1. 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. A título de exemplo, pode-se citar como dado *proxy* os microfósseis (grãos de pólen, fitólitos, espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas), o sinal isotópico ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$), dados geológicos (análise de fácies sedimentares) e geomorfológicos (formação de terraços, paleocanais e meandros abandonados). Ademais, as informações históricas, como antigos mapas de navegação, também podem constituir um dado *proxy*.

Nesse sentido, a pesquisa pretende contribuir para o entendimento da dinâmica ambiental regional pretérita, enfatizando as mudanças ou variações ocorridas na planície do rio Iapó, no intervalo de tempo que remonta ao Pleistoceno Superior e Holoceno. Todavia, vale destacar que no Estado do Paraná e especialmente na região que abrange a área de estudo, as pesquisas acerca da evolução paleoambiental do Quaternário são ainda incipientes. 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, no decurso da década de 1990, encontrando-se relativamente desenvolvidos no país, principalmente para a região Centro-Sul e Norte. Por sua vez, o emprego dos fitólitos como dado *proxy* para a reconstrução paleoambiental no Brasil, teve início com o trabalho de Piperno e Becker (1996), na Amazônia Central.

Diante do exposto, este trabalho tem como escopo agregar mais dados e informações no que se refere à dinâmica vegetacional e o quadro ambiental responsável pela atual configuração paisagística do Paraná, sendo que a pesquisa contribui para o conhecimento de uma região peculiar, caracterizada pelo desenvolvimento de uma cobertura vegetal aberta e ocorrência de fragmentos de florestas. A área desperta o interesse dos estudos paleoambientais, tendo em vista que a unidade de paisagem conhecida como os Campos Gerais no Paraná é tratada na literatura científica como um enclave fitogeográfico

paleoclimático, com notável caráter de paleopaisagem. O pesquisador alemão Reinhard Maack (1892-1969), na esteira de suas expedições pelo interior do Estado, foi o primeiro a elencar a hipótese de que os enclaves de campos, em meio às paisagens úmidas atuais, são relictos de um clima mais seco que vigorou no Pleistoceno. Por conseguinte, as áreas de campos ainda existentes encontram-se em desacordo com as atuais condições climáticas.

Ponderando-se que não há trabalhos de reconstrução paleoambiental voltados para a região estudada, este é o primeiro estudo a abordar as condições ambientais pretéritas na planície aluvial do rio Iapó, em Castro-PR, durante o intervalo temporal que remete ao Quaternário, a partir da utilização dos microfósseis de sílica biogênica (espículas de esponjas continentais e fitólitos) e demais *proxies* analisados, com datação absoluta do Pleistoceno Superior ao Holoceno.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Reconstituir as mudanças paleoambientais ocorridas na planície aluvial do rio Iapó, nos Campos Gerais (região de Castro/PR), no intervalo de tempo que remonta ao Pleistoceno Superior e Holoceno.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a ocorrência de espículas de esponjas continentais em amostras de sedimentos turfosos, para inferir sobre a dinâmica pretérita do canal fluvial e perturbações do ambiente por pulsos de inundação;
- Analisar a composição da assembleia fitolítica por meio da quantificação e identificação das morfologias de fitólitos recuperadas do testemunho sedimentar, a fim de verificar a evolução da paleovegetação;
- Determinar os valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ e razão C/N, para caracterizar o tipo de formação vegetal dominante (plantas C_3 ou C_4) e fontes distintas de matéria orgânica (terrestre ou aquática);
- Datar amostras do sedimento para o estabelecimento da cronologia dos eventos e das mudanças paleoambientais;

- Correlacionar as condições paleoambientais inferidas na área estudada ao padrão das mudanças paleoclimáticas regionais.

3. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO

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 (Figura 1). 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 ($24^{\circ}45'08.83''\text{S}$ - $50^{\circ}05'17.83''\text{W}$) (Figura 2 e 3).

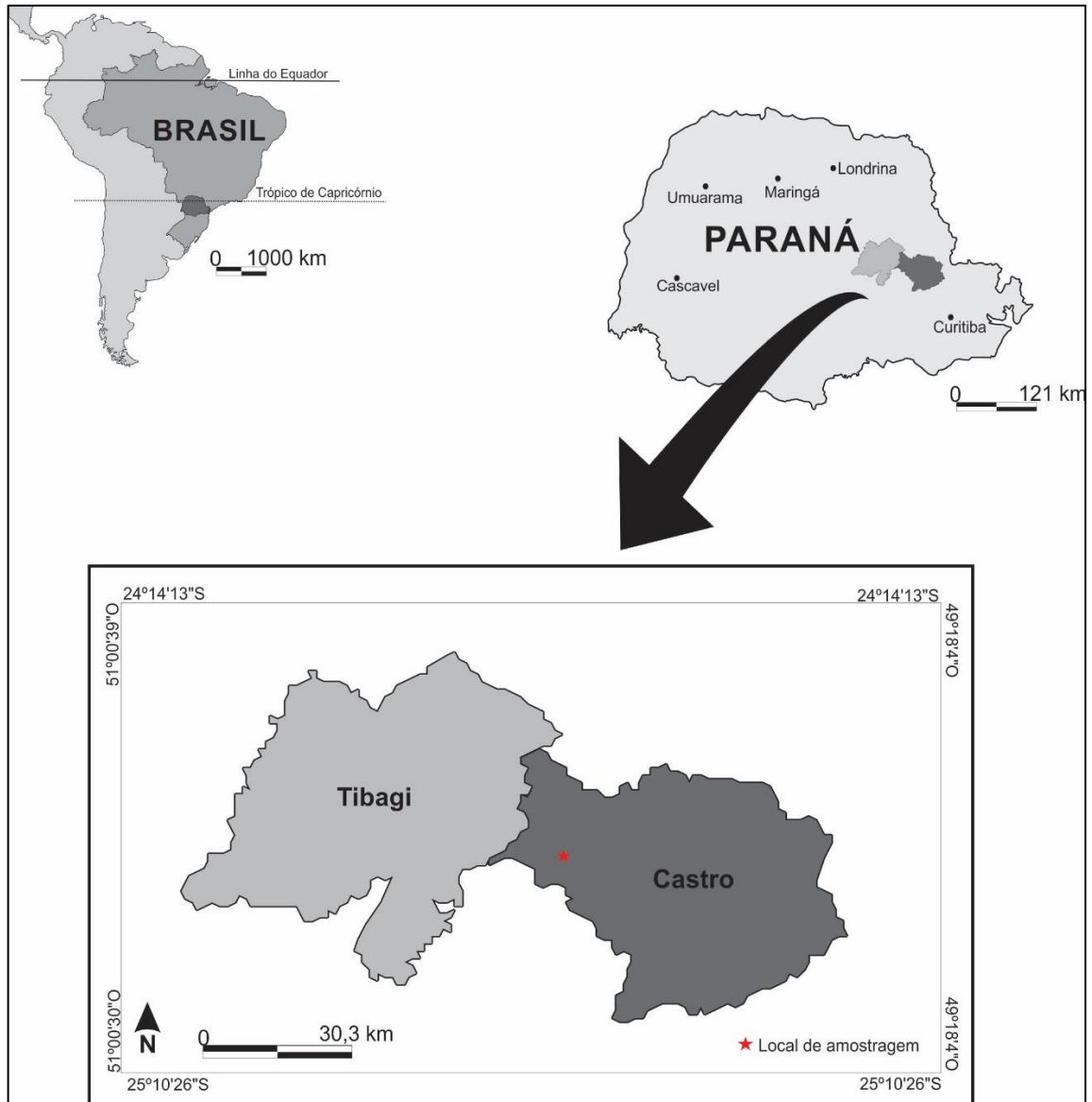


Figura 1: Localização da área de amostragem no Estado do Paraná, município de Castro, limite com o município de Tibagi.

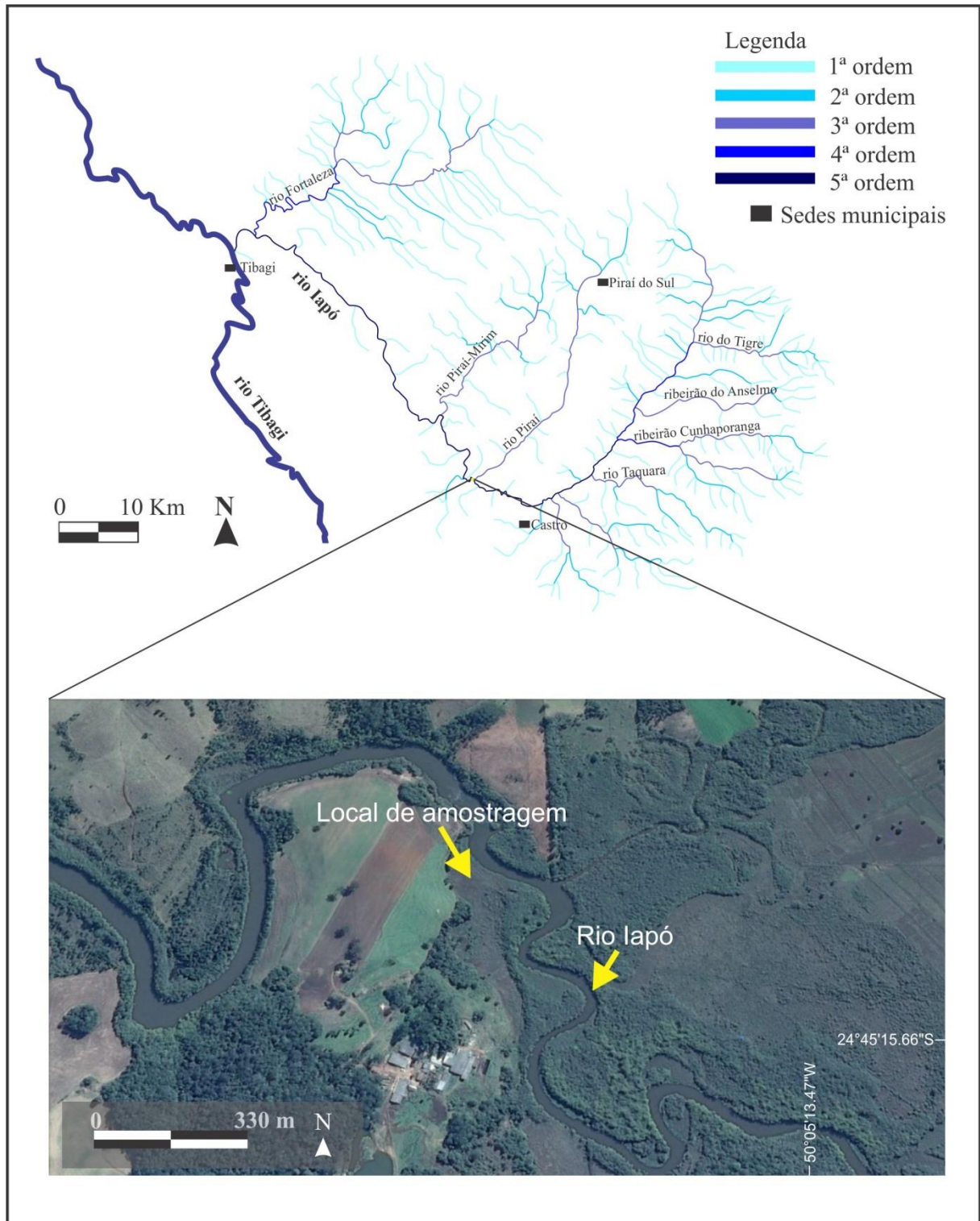


Figura 2: Posicionamento do local de amostragem na bacia do rio Iapó, situado na planície aluvial, próximo à área urbana de Castro/PR.

Fonte: Base cartográfica do ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geociências) e imagem de satélite obtida do Google Earth®, 2014.



Figura 3: Visão parcial da planície aluvial do rio Iapó, com destaque para o ponto de amostragem na margem esquerda.

Foto: Acervo da autora.

3.2 HIDROGRAFIA

A área de estudo está inserida na unidade da Bacia Hidrográfica do Alto Tibagi, que compreende a região dos Campos Gerais. É importante esclarecer que a bacia do rio Tibagi abrange área dos três planaltos paranaenses, cujas cabeceiras de drenagem estão localizadas entre os municípios de Ponta Grossa e Palmeira. Seu curso principal nasce na Serra das Almas (Arroio da Invernada), no município de Ponta Grossa (Segundo Planalto Paranaense), a uma altitude de aproximadamente 1.100 metros e deságua no reservatório da Usina Hidrelétrica de Capivara, entre os municípios de Primeiro de Maio e Sertaneja, a uma altitude de 298 metros, configurando-se como o principal contribuinte da margem esquerda do rio Paranapanema (MEDRI *et al.*, 2002; PAROLIN *et al.*, 2010).

O rio Tibagi possui 65 tributários principais, com o registro de 29 afluentes na margem direita e 36 afluentes na margem esquerda (MAACK, 1968). Dentre os contribuintes da margem direita, destacam-se os rios Pitangui, Iapó – objeto de estudo dessa pesquisa –, São Jerônimo e Congonhas. Na margem esquerda, pode-se citar os rios Imbituva, Capivari, Apucarana, Taquara, ribeirão dos Apertados, ribeirão Três Bocas e o rio Jacutinga.

Cabe mencionar que ao longo de seu curso, o rio Tibagi apresenta distintas características geomorfológicas, assumindo uma variedade de padrões, sendo notória a ocorrência de inúmeros saltos, corredeiras e cachoeiras (FRANÇA, 2002; PAROLIN *et al.*, 2010). O curso superior é influenciado por juntas estruturais características dos arenitos da Formação Furnas, acompanhando por um trecho de 42 km uma fenda estrutural vertical, retilínea e profunda (MAACK, 1981). Na porção descrita, observa-se o leito estreito, com

trechos confinados em *canyons*, além da formação de amplas planícies na parte montante dos níveis de base locais.

3.3 GEOLOGIA

A área de influência da bacia hidrográfica do Tibagi é marcada por uma complexidade e diversidade geológica, bem como geomorfológica. Desse modo, no Primeiro Planalto Paranaense, a bacia se assenta sobre as rochas do embasamento cristalino, representadas, sobretudo, por granitóides dos complexos graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, ambos situados na porção sul-sudeste da bacia hidrográfica, além dos Grupos Castro e Açungui. No Segundo Planalto, correspondente às calhas superior e média do rio Tibagi, predominam sedimentos paleozóicos/mesozóicos da Bacia Sedimentar do Paraná. No Terceiro Planalto, abrangendo o curso inferior do rio Tibagi, na porção norte, têm-se as rochas da Formação Serra Geral, composta principalmente por rochas basálticas (PINESE, 2002).

O material turfoso, presente na planície aluvial do rio Iapó, nas proximidades da cidade de Castro, encontra-se disposto sobre rochas do Grupo Castro. Essa unidade litoestratigráfica de idade cambro-ordoviciano, com 466 ± 7 Ma. (MORO, 1993), distribui-se por uma área de 900 km^2 entre as regiões de Castro e Piraí do Sul, estando em contato, a SE, por falha geológica transcorrente, com o Granito Cunhaporanga e encoberto discordantemente pela Formação Furnas nas demais áreas de contato (PINESE, 2002). Em termos litológicos, o grupo inclui rochas sedimentares, como arenitos arcossianos, siltitos e conglomerados, assim como rochas vulcânicas dos tipos riolitos, andesitos, tufos, ignimbritos, brechas e aglomerados (MINEROPAR, 2006).

A área de estudo está situada na sub-unidade morfoescultural denominada Planalto de Castro, no Primeiro Planalto Paranaense, a qual apresenta dissecação média e ocupa uma área de $2.390,64 \text{ km}^2$. A classe de declividade predominante é menor que 6% em uma área de $1.570,41 \text{ km}^2$. O relevo apresenta gradiente de 400 metros, com altitudes variando entre 920 m (mínima) e 1.320 m (máxima). As formas predominantes são topos alongados e aplainados, vertentes convexo-côncavas e vales abertos de fundo chato. A direção geral da morfologia é NW-SE, modelada em rocha do Complexo Granítico Cunhaporanga (MINEROPAR, 2006).

3.4 CLIMA

A região estudada é caracterizada pelo clima subtropical úmido mesotérmico, com tipologia climática Cfb (classificação de Köppen). A temperatura média no mês mais frio é inferior a 18° C, sendo a temperatura média no mês mais quente inferior a 22° C. Apresenta verão brando e inverno rigoroso, sem estação seca definida (IAPAR, 2014). Destaca-se pela ocorrência frequente de geadas no inverno, pelo menos cinco ao ano (MAACK, 1981). Assim, por se tratar de uma zona temperada sempre úmida, as chuvas são regulares e bem distribuídas ao longo do ano, com precipitação média anual de 1.550 mm.

3.5 VEGETAÇÃO

A região do Alto Tibagi coincide com a unidade fitogeográfica dos Campos Gerais, composta por uma vegetação de estepe gramíneo-lenhosa, segundo classificação proposta por Veloso *et al.* (1991). A expressão “Campos Gerais do Paraná” foi consagrada por Maack (1948), em referência a zona fitogeográfica natural caracterizada pela ocorrência de campos limpos, entremeados por matas de galeria e capões isolados de Floresta Ombrófila Mista, com imponentes pinheiros do Paraná (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze). Para Maack (1968), os campos limpos no Estado do Paraná constituem um aspecto singular, definidos por estepes de gramíneas baixas, ocorrendo apenas matas ou capões limitados nas depressões úmidas em torno das nascentes. As árvores e arbustos crescem em faixas ao longo dos rios e córregos, formando as matas de galeria (Figura 4).

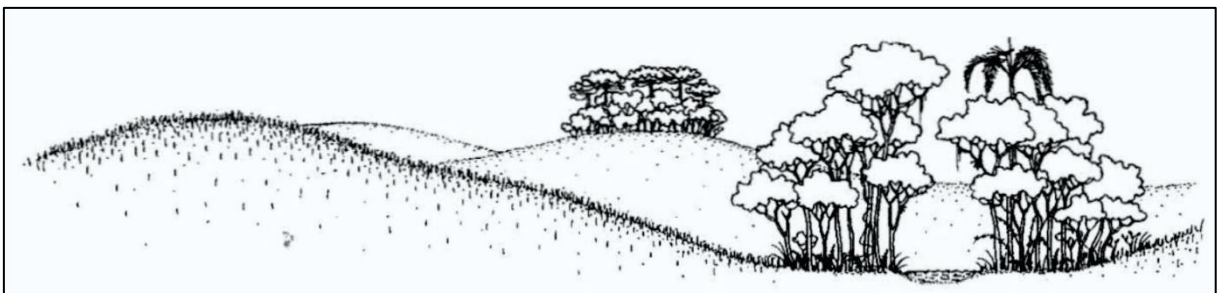


Figura 4: Perfil esquemático representativo da Estepe (Campo). Predominam formações herbáceas entremeadas por vegetação ripária e agrupamentos arbóreos isolados (capões).
Fonte: Roderjan *et al.* (2002).

As estepes compõem um elemento característico da paisagem dos planaltos do Sul do Brasil, compreendendo fisionomias campestres que se desenvolvem sobre terrenos suave-

ondulados (RODERJAN *et al.*, 2002). É importante salientar que Maack (1948) elencou a hipótese de que os campos são formas de relictos de um antigo clima semi-árido que vigorou no Pleistoceno, constituindo a formação florística mais antiga ou primária do Estado do Paraná. Embora amplamente distribuídos no Segundo Planalto Paranaense, perfazendo a cobertura dos Campos Gerais (19.060 km²) (MAACK, 1981), os campos naturais no Paraná podem ser observados, igualmente, no Primeiro Planalto, com os campos de Curitiba e de Castro. No Terceiro Planalto, têm-se os campos de Guarapuava, Laranjeiras do Sul, Palmas e campos Erê.

No que tange a composição florística atual da área onde foi recuperado o testemunho de turfa na planície do rio Iapó, bem como de seu entorno, estão entre as famílias botânicas mais importantes: Poaceae (gramíneas), Asteraceae, Cyperaceae, Fabaceae, Verbenaceae, além da presença das famílias Myrtaceae, Arecaceae, Araucariaceae (espécie *A. angustifolia*) e ocorrência de pteridófitas (Figura 5).



Figura 5: Vegetação marginal na planície do rio Iapó, Castro-PR. Observa-se a presença de gramíneas, com elementos arbóreos e arbustivos na calha do rio, ressaltando a ocorrência de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, vulgarmente conhecida como Pinheiro do Paraná.

Foto: Acervo da autora.

Salienta-se que a cobertura vegetal original, composta por campos limpos e Floresta Ombrófila Mista, encontra-se alterada nos dias atuais devido às intervenções antrópicas, cuja área fora amplamente utilizada para agricultura intensiva e a expansão da pecuária. A implantação da agricultura comercial e a pecuária extensiva culminaram na modificação da

paisagem regional, com a conseqüente redução da área de vegetação nativa, preservada em parques como o Parque Estadual do Guartelá, localizado no município de Tibagi (Segundo Planalto Paranaense). Cabe a ressalva de que o Parque Estadual do Guartelá, com área de 789,97 hectares, situado na margem esquerda do baixo curso do rio Iapó, figura como uma das importantes Unidades de Conservação da região dos Campos Gerais, visto que mantém remanescentes da floresta de araucária, campos e elementos de Cerrado, assegurando a preservação de espécies da fauna e flora nativos (CARMO, 2006).

Por outro lado, merece destaque os reflorestamentos com *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., presentes principalmente no médio curso da bacia hidrográfica do Tibagi, os quais são utilizados para fins comerciais, seguido de alguns setores com reflorestamentos de Araucária. Ao longo do curso do rio Iapó, também são frequentes os reflorestamentos com *Pinus* (Figura 6).



Figura 6: Reflorestamentos com *Pinus* na bacia hidrográfica do Iapó.
Foto: Acervo da autora.

3.6 PEDOLOGIA

Na área da bacia hidrográfica do Tibagi há o desenvolvimento de uma variedade de tipos de solos e de associações, que se distribuem de acordo com as três regiões fisiográficas do relevo paranaense (STIPP, 2002). A respeito da região de estudo, predominam as classes Neossolos, Cambissolos, Latossolos e Argissolos. Neossolos são solos pouco evoluídos

constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, com baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos. Cambissolos são solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Por sua vez, Latossolos consistem em solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, os quais apresentam horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte superficial, exceto hístico. Argissolos compreendem solos caracterizados pela existência de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico (EMBRAPA, 2006).

Todos esses solos da região possuem caráter álico, com saturação de alumínio acima de 50%, dispondo de menor fertilidade natural para o desenvolvimento agrícola (EMBRAPA, 2006). Todavia, nos terrenos de relevo suave e solos mais desenvolvidos, do tipo Latossolos, verifica-se a prática de agricultura intensiva. A presença de campos naturais, atrelado ao relevo suave-ondulado e a formação de solos menos desenvolvidos, conferem destaque a pecuária extensiva como principal atividade econômica praticada na área de estudo.

3.7 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO IAPÓ

O rio Iapó nasce na Serra das Furnas, na região de Piraí do Sul (Primeiro Planalto Paranaense), a uma altitude de 1.200 metros, com sua foz no rio Tibagi, localizada a 763 metros de altitude, no município de Tibagi (Segundo Planalto Paranaense). A bacia do rio Iapó abrange uma área de 3.180 km² (MAACK, 1968). Trata-se de um rio de quinta ordem, com aproximadamente 120 km de extensão, sendo assim, considerado um dos principais afluentes da margem direita do rio Tibagi, compreendendo o seu alto curso. O gradiente do leito é de 437 metros com declive médio de 3,6 metros por quilômetro.

Ele possui 49 afluentes, recebendo contribuintes de diversos lajeados, arroios, ribeirões e rios de menor porte. Desse modo, é possível citar como exemplo de drenagens tributárias do rio Iapó, na margem direita: ribeirão Samambaia, rio Santo André, ribeirão da Vassoura, ribeirão Boa Vista, arroio da Malhada, ribeirão da Onça, ribeirão Guabiroba, ribeirão Campo do Meio, arroio Cercado, rio Piraí, rio Piraí-Mirim, ribeirão Frio, Lajeado das Antas, Arroio Barreiro e o rio Fortaleza. Pela margem esquerda, os principais afluentes são: Ribeirão Cumbuca, ribeirão do Meio, rio do Tigre, ribeirão do Descanso, ribeirão do Anselmo, ribeirão Cunhaporanga, rio Taquara, rio Portão Vermelho, rio Maracanã, Arroio

Guartelá e o Arroio do Passo (levantamentos realizados com base nas cartas topográficas disponibilizadas pelo ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências; escala 1:50.000).

Proveniente do Primeiro Planalto Paranaense, a leste, o rio Iapó rompe a Escarpa da Serrinha¹ em imponente *canyon* retilíneo (*Canyon* do Guartelá), para então atingir o Segundo Planalto, dirigindo-se para oeste-noroeste e escavando os diamictitos da Formação Iapó (O), as rochas vulcânicas do Grupo Castro (EO), os arenitos da Formação Furnas (D) e básicas intrusivas da FM Serra Geral (TrJ) (MELO *et al.*, 2007; MINEROPAR, 2007). O fundo é de natureza rochosa e areno-argilosa, com regiões formando cachoeiras e corredeiras.

O padrão de comportamento é bastante diferenciado ao longo de seu curso. Na região das cabeceiras e no alto curso apresenta-se encaixado, orientado por fraturas de direção NE-SW, seguindo-se um significativo trecho de vales abertos e formação de amplas planícies aluviais. Na região de Castro, o rio Iapó corre por uma ampla planície de inundação, composta por vastos depósitos aluviais. Nesse setor, evidencia-se a alta sinuosidade do canal, caracterizado por um padrão meandrante e a presença de feições de meandros abandonados próximos ao curso d'água, com a formação e ocorrência de depósitos turfáceos na margem esquerda.

Não obstante, no baixo curso, correspondente ao Segundo Planalto, na região dos Campos Gerais, observa-se marcante controle estrutural, imposto por falhas e fraturas dispostas, preponderantemente, no sentido NW-SE, longitudinais ao eixo do Arco de Ponta Grossa² e que controlam os principais trechos retilíneos do rio. Estruturas menos frequentes, de direção NE-SW, controlam as interligações dos segmentos predominantes. O rio segue confinado em profunda e longa garganta, denominado *Canyon* do Guartelá, uma importante feição geomorfológica produzida pela ação erosiva do rio Iapó, responsável pela escavação e aprofundamento da feição, razão pela qual ela também é conhecida como *Canyon* do rio Iapó.

Vale destacar que o *Canyon* do Guartelá, que marca a transposição da Escarpa da Serrinha pelo rio Iapó, constitui uma profunda garganta retilínea com cerca de 30 km de extensão, entre os municípios de Castro e Tibagi, apresentando desnível máximo de 450

¹ A Escarpa da Serrinha constitui o *front* da *cuesta* que separa o Primeiro e o Segundo Planalto Paranaense, sustentada por arenitos da Formação Furnas. Embora comumente designada Escarpa Devoniana, o termo é empregado de forma errônea, visto que a escarpa apresenta-se como uma feição mais jovem, cuja elaboração teve início a partir do Mesozóico, com a reativação do Arco de Ponta Grossa (BIGARELLA; PAROLIN, 2010).

² O Arco de Ponta Grossa é uma importante estrutura de direção NW-SE, que foi responsável pela elevação e arqueamento do embasamento proterozóico e das camadas sedimentares da Bacia do Paraná, originando extensas e profundas fraturas que permitiram a passagem de grande volume de magma basáltico no Mesozóico, formando os derrames da Formação Serra Geral (MELO, 2002).

metros, fortemente controlado por falhas, fraturas e enxames de diques de diabásio orientados preferencialmente para NW-SE (MELO, 2002). Essas estruturas geológicas condicionam o relevo e hidrografia local, sendo que no baixo curso do rio Iapó, na região do *Canyon* do Quartelá, verifica-se que o padrão de drenagem é nitidamente retangular.

4. ARCABOUÇO TEÓRICO

4.1 ESTUDOS PALEOAMBIENTAIS DO QUATERNÁRIO NO ESTADO DO PARANÁ: O CASO DOS CAMPOS GERAIS

Os Estudos sobre o Quaternário no Brasil são recentes e não se encontram totalmente consolidados, atingindo maior notoriedade em termos de produção científica somente no início da década de 1970, em virtude da realização do primeiro Simpósio do Quaternário no país, somado a criação da Comissão Técnico-Científica em 1971 (COLTRINARI; KOHLER, 1987; SUGUIO, 1999; SUGUIO, 2005). Pesquisas sobre mudanças paleoambientais e paleoclimáticas do Quaternário Tardio (Pleistoceno Superior e Holoceno) foram desenvolvidas por numerosos pesquisadores em diferentes localidades do Brasil, especialmente para a Região Centro-Sul, destacando-se os trabalhos de Barbosa *et al.* (1990); Van der Hammen (1991); Ledru (1993); Thomas e Thorp (1995); Ledru *et al.* (1996), Salgado-Labouriau *et al.* (1997), que informaram a respeito de uma fase mais seca que a atual em vigor no Holoceno.

Oliveira *et al.* (2005) asseveram que os estudos de paleovegetação e paleoclimas abrangendo o período entre o Pleistoceno Tardio e o Presente, alcançaram expressivo avanço no curso das duas últimas décadas, repercutindo na literatura a partir dos primeiros anos da década de 1990, quando foram expostos os primeiros resultados de análises palinológicas de testemunhos lacustres e de turfeiras endorreicas com datação pleistocênica. Em estudo oportuno, Absy *et al.* (1991) ofereceram um dos mais completos registros da evolução paleoambiental quaternária na Amazônia Brasileira, com base na análise do conteúdo polínico fóssil presente em amostras de sedimentos lacustres na Serra dos Carajás (Pará), com datações de idade absoluta que ultrapassaram os 30 mil anos AP, portanto, além da transição Pleistoceno/Holoceno. Entrementes, os autores constataram períodos de recrudescência climática na região amazônica, com avanço das floras típicas de cerrados em períodos de climas mais secos.

A região nuclear do Cerrado, a região Sul e a região Amazônica se destacam em número de trabalhos paleoecológicos realizados no Brasil, em contraste com as demais áreas que carecem de maiores levantamentos e estudos relativos à sua história ecológica, notoriamente a região que abrange a floresta Atlântica e a caatinga nordestina (OLIVEIRA *et al.*, 2005). No que tange ao Estado do Paraná, os estudos sobre o Quaternário ainda são poucos e relativamente recentes, tendo em vista que foram desenvolvidos basicamente na região costeira; no Segundo Planalto Paranaense, em lagoas da região de Ponta Grossa; na calha do rio Paraná; na região de Londrina; na região do baixo rio Ivaí, além de pesquisas mais recentes nos municípios de Guarapuava e Campo Mourão (STEVAUX; PAROLIN, 2010).

Cumprе frisar que o pesquisador alemão Reinhard Maack (1892-1969), na esteira de suas expedições pelo interior do Paraná, contribuiu de forma excepcional para os estudos sobre evolução da paisagem. Foi o primeiro a assinalar a existência de vestígios de climas mais rigorosos que o atual, ainda em 1947, e defensor da hipótese de que os enclaves de campos em meio às florestas brasileiras eram remanescentes de climas passados. Suas contribuições foram fundamentais e balizaram os conhecimentos sobre o Quaternário paranaense, ainda que Maack tenha operado suas investigações em uma época em que as técnicas instrumentais eram bastante limitadas, não dispondo de métodos modernos de datação.

Interpretações com uso de datações absolutas (^{14}C) no Paraná foram primeiramente apresentadas por Bigarella (1971), que indicou a presença de climas severos do tipo semi-árido nas regiões tropicais e subtropicais brasileiras, vigorando em épocas de glaciação quaternária. Posteriormente, com o avanço das técnicas de análise, houve o incremento das pesquisas sobre as mudanças climáticas e sucessões vegetacionais em território paranaense, haja vista o acréscimo das publicações em meados dos anos 1990 e início de 2000, motivadas, sobretudo:

- I. Pelo desenvolvimento da palinologia, com a recuperação e determinação de grãos de pólen, esporos de pteridófitas e briófitas, cistos, algas e outros palinomorfos fossilizados;
- II. Uso e aplicação de espículas de esponjas, fitólitos e frústulas de diatomáceas, contidos no registro sedimentar;
- III. Interpretação de dados geológicos, geomorfológicos e sedimentológicos;
- IV. Análise dos isótopos estáveis do Carbono presentes na matéria orgânica do solo (razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$);

- V. Advento e aprimoramento de métodos modernos para o estabelecimento da cronologia dos eventos sucedidos ao longo de um perfil estratigráfico, fato evidenciado pela utilização de datações absolutas baseadas no isótopo instável do carbono (^{14}C), bem como na Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), empregada, em sua maioria, em depósitos sedimentares arenosos³.

Essas ferramentas estão entre as mais difundidas no meio científico para o estudo e interpretação de paleoambientes e paleoclimas. Dessa forma, em uma breve revisão da literatura dos estudos quaternários no Paraná, pode-se mencionar as pesquisas recentes elaboradas por Jabur (1992), Stevaux (1993, 1994a, 1994b) e Stevaux *et al.* (1997), que informaram a respeito de quatro eventos decorrentes de oscilações climáticas quaternárias na planície de inundação do rio Paraná e alguns tributários, na região de Porto Rico (PR), identificando: a) clima seco - no Pleistoceno Tardio, iniciado em cerca de 40.000 anos AP; b) úmido - no Holoceno Médio entre 3.500 e 7.500 anos AP; c) seco - no Holoceno Tardio, entre 3.500 a 1.500 anos AP; d) evento úmido desde 1.500 anos AP até o presente.

Cabe a ressalva que semelhantes condições climáticas foram registradas na região de Taquarussu (MS), por Parolin e Stevaux (2001); Parolin (2006); Parolin *et al.* (2006), cujos dados obtidos indicaram significativas oscilações do clima no Holoceno, sendo: i) clima seco e relativamente continental durante o Holoceno Inferior e Médio; e ii) mais úmido desde o Holoceno Tardio até o Presente.

Em consonância com tais estudos, Guerreiro (2011a) ao versar sobre a evolução geomorfológica e paleoambiental de terraços situados na margem esquerda do alto curso do rio Paraná, próximo à cidade de Querência do Norte, no noroeste do Estado, propôs condições ambientais mais secas que as atuais durante o Pleistoceno Tardio, predominando em torno de 26.900 ± 5.000 e 20.600 ± 4.800 (datação por LOE) até o início do Holoceno, caracterizado por uma vegetação de pequeno porte, provavelmente campos ou cerrados. Fases mais úmidas foram reconhecidas pelo autor por volta de 7.540 ± 20 anos AP, com formação de leques aluviais relacionados à melhoria climática no Holoceno, interpretado como *optimum climaticum* em trabalhos anteriores realizados por Guerreiro *et al.* (2010a,b).

Pesquisas efetuadas na região de Londrina (PESSENDA *et al.*, 1996a; PESSENDA *et al.*, 2004) abrangendo área de vegetação nativa, sugerem clima mais seco que o atual no final

³ A datação por luminescência é um dos métodos de geocronologia absoluta que, juntamente ao ^{14}C , estão entre os mais aplicados em estudos do Quaternário, tanto na geologia como na arqueologia. A técnica foi introduzida na década de 1980, a partir dos trabalhos pioneiros de Huntley *et al.* (1985) e difere-se da datação ^{14}C por sempre fornecer idades de deposição de sedimentos, além de sua maior amplitude temporal, visto que pode atingir até 1 milhão de anos AP. (GUEDES *et al.*, 2011).

do Pleistoceno até aproximadamente o Holoceno Médio, visto o predomínio de plantas do tipo C₄ (gramíneas), indicadoras de maior stress hídrico. Por volta de 3.000 anos AP, os autores indicam a expansão da floresta.

Estudos operados por Fernandes (2008) e Rezende (2010) em lagoas do baixo-médio curso do rio Ivaí, como a Lagoa Fazenda no município de São Tomé e Lagoa Seca em Japurá, reiteram que o paleoclima foi mais seco no final do Pleistoceno do que atualmente, ocorrendo diversas oscilações climáticas durante o Holoceno, com aumento da umidade desde o Holoceno Superior até os dias atuais. Ambas as autoras, por meio da análise do conteúdo polínico e de espículas de esponjas, respectivamente, mostraram que a instalação da Lagoa Fazenda se deu há cerca de 13.000 anos AP, sob um clima mais seco devido à ausência de pólen e espículas, passando para mais úmido há 2.180 anos AP, o que pode ser atestado pela grande quantidade de pólen arbóreo e espículas de esponjas ao longo desse período.

Com relação aos estudos paleoambientais do Quaternário nos Campos Gerais, área que se dedica a presente pesquisa, salienta-se que ainda não há um volume consistente de trabalhos publicados, os quais estão concentrados, em sua maioria, na região de Ponta Grossa, compreendendo a área urbana do município e a Lagoa Dourada no Parque Estadual de Vila Velha; Serra dos Campos Gerais; planície do Alto Tibagi; município de Palmeira e região de Balsa Nova (Quadro 1).

Quadro 1: Trabalhos sobre a evolução quaternária nos Campos Gerais

AUTOR/ANO	LOCAL DE ESTUDO	RESULTADOS OBTIDOS
Lorscheitter e Takeda (1995)	Lagoa Dourada (Parque Estadual de Vila Velha), Ponta Grossa	Os Estudos palinológicos realizados em sedimentos retirados da Lagoa Dourada apontaram uma melhoria climática, com aumento de temperatura e umidade no Holoceno.
Behling (1997)	Serra dos Campos Gerais	Por meio da Palinologia, indicou-se para a Serra Campos Gerais o predomínio de vegetação de campos, com ocorrência de grupos esparsos de floresta tropical Atlântica e de Araucária nos vales, sugestivo de climas mais secos e mais frios que os atuais no período entre 12.480 e 9.660 anos AP. Entre 2.850 e 1.530 anos AP, tem-se a expansão das florestas de Araucária, devido o estabelecimento de um clima mais úmido.
Moro (1998); Moro <i>et al.</i> (2004)	Lagoa Dourada, Ponta Grossa	Com base na análise de frústulas de diatomáceas recuperadas de um testemunho obtido na Lagoa Dourada, constatou-se 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.

Melo <i>et al.</i> (2000)	Lagoa Dourada, Ponta Grossa	No estudo sobre a gênese e evolução da Lagoa Dourada do sistema furnas do Parque Estadual de Vila Velha, foi possível estimar uma idade mais antiga que 11.170 anos AP para a lagoa, a partir da datação dos restos vegetais da base do testemunho de sondagem amostrado, o qual não atingiu o embasamento dos sedimentos. Especulou-se que a erosão subterrânea que origina as furnas teve maior eficiência durante fases de pronunciado rebaixamento do lençol freático, relacionado às fases de clima mais seco convergente aos períodos glaciais do Pleistoceno.
Melo <i>et al.</i> (2003)	Espaço urbano de Ponta Grossa	O trabalho evidenciou duas fases principais de sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa: a) Fase Pleistocênica, por volta de 16.000 anos AP, com acentuada denudação das encostas, indicando condições mais severas de desequilíbrio ambiental; b) Fase Holocênica, incluindo o Holoceno Médio, com datações que variam entre 2.940 anos e 4.750 anos AP, caracterizado por sedimentos que se assemelham aos das planícies aluviais atuais, assinalando episódios de oscilações climáticas curtas e pouco pronunciadas, em que prevaleceram condições mais próximas das atuais, mas suficientes para determinar o incremento da sedimentação.
Moro <i>et al.</i> (2009)	Lagoa Dourada, Ponta Grossa	A avaliação da ocorrência de espículas de esponjas continentais na Lagoa Dourada permitiu interpretações paleoambientais. A presença de fragmentos de megascleras de <i>Radiospongilla amazonensis</i> , na sequência datada em 11.000 anos AP, sugere um período de maior tempo de residência de água. Já na sequência com idade igual a 8.750 anos AP, os raríssimos fragmentos de megascleras refletem uma fase mais seca. Os resultados obtidos estão em consonância com os estudos desenvolvidos por Moro (1998); Moro <i>et al.</i> (2004) que analisaram as frústulas de diatomáceas presentes em sedimentos da mesma lagoa.
Guerreiro <i>et al.</i> (2010)	Planície do Alto Tibagi	Estudos palinológicos sobre um afloramento turfoso no rio Das Mortes tiveram como resultados condições climáticas com tendências mais secas em 3.220-2.960 anos AP, com vegetação de campos predominando na região desde esse período.
Guerreiro <i>et al.</i> (2011)	Planície do Alto Tibagi	Em pesquisa realizada no mesmo afloramento estudado por Guerreiro <i>et al.</i> (2010), os autores apontaram a ocorrência de ambientes tropicais nessa porção dos Campos Gerais compreendida pela planície aluvial do alto rio Tibagi, durante o Holoceno Tardio.

Guerreiro (2011)	Planície do Alto Tibagi	A pesquisa detalha e corrobora resultados apresentados por Guerreiro <i>et al.</i> (2010, 2011), inferindo 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. Acredita-se que a atual cobertura arbórea, composta pela Floresta Ombrófila Mista, se estabeleceu na área estudada nos últimos séculos, após o término de deposição da turfeira.
Rasbold e Parolin (2011)	Município de Palmeira	A análise do conteúdo de fitólitos presentes em turfeira localizada no município de Palmeira indicou que o ambiente foi se tornando mais frio e mais seco entre 26.560 e 16.510 anos AP, passando para mais úmido e quente após esse período.
Rasbold <i>et al.</i> (2011)	Região de Balsa Nova	Através da análise fitolítica, foi possível estabelecer para a Serra do São Luiz do Purunã, em Balsa Nova/PR, que a região é dominada por uma savana estépica desde 20.080 anos AP.
Monteiro <i>et al.</i> (2011); Monteiro (2012)	Planície do Alto Tibagi	Ao estudar o mesmo material trabalhado por Guerreiro <i>et al.</i> (2010, 2011) e Guerreiro (2011), referente à um afloramento turfoso situado na margem esquerda do rio Das Mortes, porém, com uso de fitólitos, relataram sobre quatro fases ambientais distintas na região: a) condições ambientais mais frias e secas que as atuais com alguns intervalos úmidos associados as cheias do rio Tibagi, entre 3.220 e 2.770 anos AP; b) fase mais quente e úmida com o aparecimento de fitólitos de <i>Araucaria</i> em 1.340 anos AP; c) retorno de condições mais secas e frias; d) condições climáticas quentes e úmidas mais próximas as atuais.
Parolin <i>et al.</i> (2014)	Município de Palmeira e Balsa Nova	A partir da análise de fitólitos e isótopos de C e N presentes em depósitos turfosos, foi possível estabelecer duas fases paleoambientais: i) formação do depósito sedimentar no Pleistoceno Tardio, sob clima seco; ii) mudanças das condições climáticas no Holoceno Médio, com o aumento da umidade.

Diante do exposto, a presente pesquisa tem como escopo agregar mais dados sobre as condições ambientais e climáticas responsáveis pela atual configuração paisagística do Paraná, traçando os primeiros esboços para uma caracterização paleoambiental na planície do rio Iapó.

4.2 PORÍFEROS CONTINENTAIS

4.2.1 Características gerais das esponjas de água doce

As esponjas são animais exclusivamente aquáticos que pertencem ao filo Porifera. Trata-se de organismos sésseis, metazoários, que vivem aderidos a substratos rochosos ou mesmo sobre restos de vegetação submersa (Figura 7), incrustando raízes de macrófitas, galhos ou troncos de árvores em regiões que sofrem inundações sazonais, como nas várzeas dos grandes rios amazônicos (VOLKMER-RIBEIRO, 1999; VOLKMER-RIBEIRO; PAULS, 2000). Convém destacar que Fernandes (2011) descreve os poríferos como os organismos mais simples com estrutura multicelular, desprovidos de órgãos e sem tecidos bem definidos, conhecidos no documentário paleontológico desde o Cambriano, com referências duvidosas sobre a existência desses animais no Pré-Cambriano. Para Ruppert e Barnes (1996) as esponjas são os mais primitivos animais multicelulares que certamente surgiram antes da era Paleozóica, atingindo maior diversidade e abundância durante o Cretáceo.

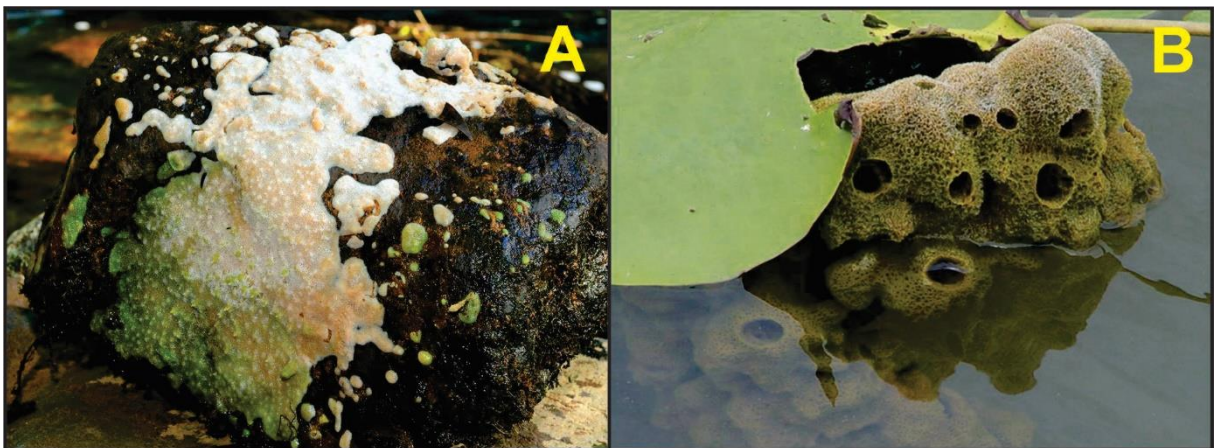


Figura 7: Esponjas aderidas a substratos: (A) exemplar vivo de *Oncosclera navicella* Carter, 1881 fixa sobre a rocha; (B) exemplar de *Corvospongilla seckti* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1966 incrustado em substrato vegetal.

Fonte: Volkmer-Ribeiro e Parolin (2010). Foto (A): PACHECO, Nelson Cerqueira, 2008. Foto (B): THOMAZ, Sidinei Magela.

As esponjas alimentam-se filtrando microorganismos, particularmente bactérias e demais partículas em suspensão na água, através de um sistema de canais constituído por poros e ósculos (VOLKMER-RIBEIRO, 1999; FERNANDES, 2011). Dessa maneira, uma característica fundamental de todas as esponjas está associada a sua função filtradora, atuando no meio aquático como verdadeiras bombas aspirante-prementes, uma vez que a água do ambiente é absorvida pelos poros, filtrada nas câmaras coanocitárias e expelida novamente

para o meio aquático através dos orifícios exalantes de saída de água, quais sejam, os ósculos (VOLKMER-RIBEIRO; PAROLIN, 2010). No que se refere ao esqueleto das esponjas, este é relativamente complexo, de modo que proporciona uma estrutura de sustentação para as células vivas do animal. Pode ser composto de espículas calcárias, espículas silicosas, fibras de esponjina orgânica ou ainda pela combinação das duas últimas (RUPPERT; BARNES, 1996).

Como diversos grupos de animais aquáticos, cuja origem está nos oceanos (crustáceos, moluscos, peixes, etc.) e que ao longo das eras geológicas deram origem a inúmeros grupos taxonômicos continentais ao invadirem as águas doces dos continentes, do mesmo modo, vale ressaltar que certas esponjas marinhas também mostraram potencialidade para ocupar as águas doces dos ambientes continentais, dando origem a novas espécies, gêneros e famílias (VOLKMER-RIBEIRO; PAROLIN 2010). Nesse aspecto, Volkmer-Ribeiro e Pauls (2000) asseveram que as esponjas de água doce se originaram de esponjas marinhas em épocas geológicas passadas, pois em algum momento da história evolutiva migraram dos oceanos para as águas continentais.

Volkmer-Ribeiro e De Rosa-Barbosa (1979) esclarecem que o mecanismo de transição da fauna de esponjas do meio marinho ao ambiente aquático continental, ocorreu durante os episódios de transgressões oceânicas sobre extensas áreas continentais, seguidas de regressões marinhas que deixaram mares rasos isolados nos continentes. Volkmer-Ribeiro e Pauls (2000) complementam que estas transgressões decorrentes de movimentos tectônicos foram expressivas no período Cretáceo. No entanto, as autoras salientam que novas invasões marinhas nos continentes produziram-se durante os períodos interglaciais, em eras geológicas mais recentes, em virtude da elevação do nível dos oceanos. As áreas inundadas formaram lagos salgados interiores que, posteriormente, foram dessalinizados de forma gradual pelo aporte de água doce proveniente dos rios que desembocaram nestes lagos e originaram distintas fases mesohalinas. Essa conjuntura de eventos proporcionou um ambiente que paulatinamente tornou-se favorável ao desenvolvimento e proliferação de um novo grupo de esponjas - de água doce - adaptadas às novas condições ambientais, diferentes das que lhes deram origem.

Diante do exposto, Volkmer-Ribeiro e De Rosa-Barbosa (1979) corroboram a ideia de invasão passiva aos ambientes continentais, argumentando que não há registros de gêneros de esponjas de água doce endêmicos de áreas estuarinas, com evidências de gêneros endêmicos destas esponjas apenas em lagos relictos, que foram palcos de antigas invasões marinhas. Porém, ao que tudo indica somente as esponjas marinhas com espículas silicosas tiveram

sucesso na adaptação aos ambientes de águas continentais, uma vez que 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; PAROLIN 2010).

As espículas, peças unitárias da estruturação do esqueleto, são formadas pela deposição de dióxido de silício (SiO_2) sobre um microfilamento orgânico intracelular, em células denominadas esclerócitos. A deposição dá-se sob forma não cristalina, isto é, de Opala, mineral constituído de sílica amorfa, formando estruturas vítreas (VOLKMER-RIBEIRO, 1981). A constituição mineral, não orgânico do esqueleto das esponjas com espículas silicosas formam estruturas resistentes com elevado potencial de fossilização, sendo amplamente empregadas como instrumentos de interpretações paleoambientais e paleoecológicas, motivo pelo qual foram adotadas neste trabalho como principal ferramenta *proxy* para o estudo e reconhecimento de condições outrora predominantes na região abordada.

Ademais, esses elementos endo-esqueletais constituídos por sílica, presentes em todas as esponjas continentais até então conhecidas, apresentam grande variabilidade em termos de forma e tamanho, podendo ser descritos conforme as seguintes categorias: a) Megascleras ou macroscleras - espículas que integram a rede esquelética e geralmente são as maiores espículas presentes. Ressalta-se que algumas espécies podem apresentar dois tipos de megascleras, que são diferenciadas pela denominação alfa e beta. Trata-se do caso da espécie *Metania spinata* Carter, 1881 (Figura 8), em que as megascleras alfa são maiores, mais abundantes e exibem superfície lisa, ao passo que as megascleras beta são menores e de superfície espinhosa. b) Microscleras - são espículas de tamanho reduzido, que se localizam preferencialmente na superfície externa da esponja, também denominada de pinacoderme. Possuem valor taxonômico na caracterização de gêneros e espécies. c) 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; PAULS, 2000).

As categorias descritas por Volkmer-Ribeiro e Pauls (2000) podem ser observadas na figura 8, que ilustra os conjuntos espiculares característicos de determinadas espécies de esponjas continentais, mostrando o seu padrão de variação morfológica. Vale notar que espículas do tipo microscleras não estão presentes em todas as esponjas de água doce.

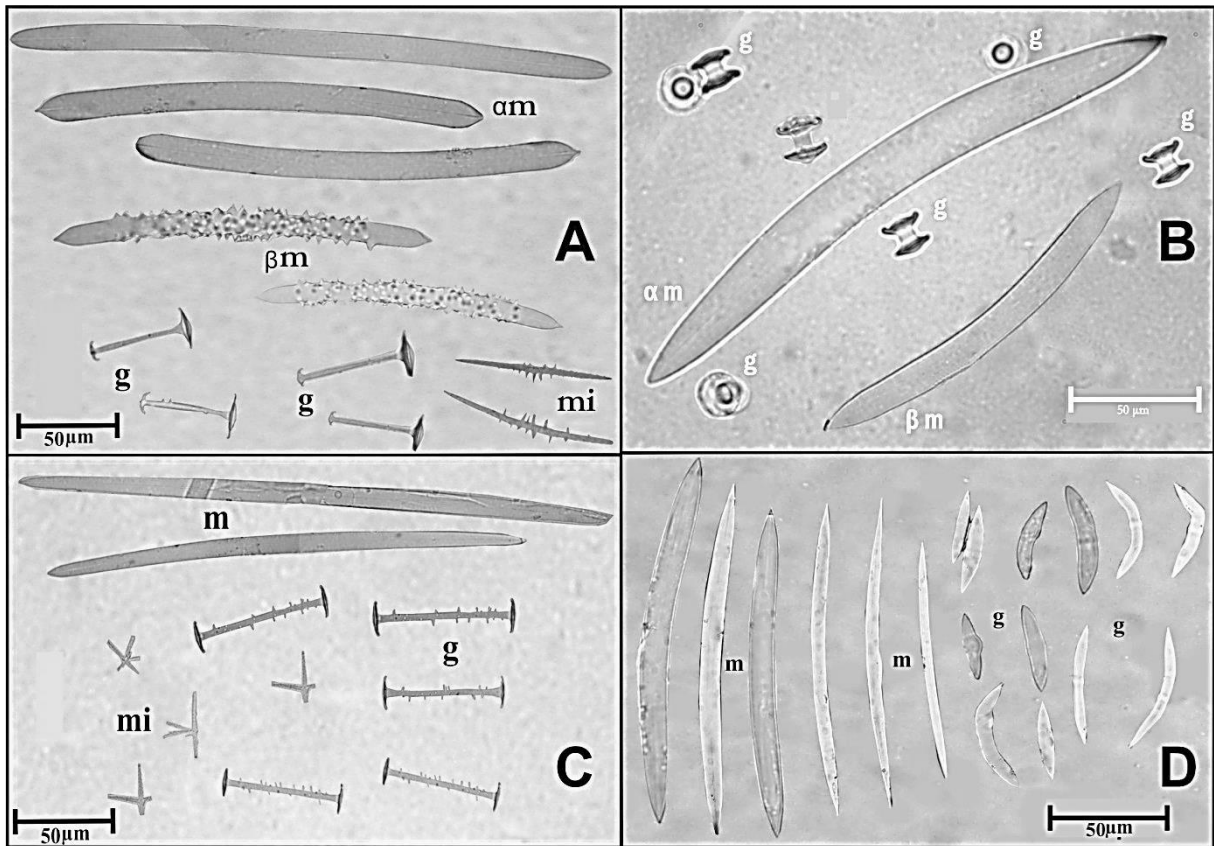


Figura 8: Conjunto de espículas características das espécies *Metania spinata* Carter, 1881 (A); *Trochospongilla repens* Hinde, 1888 (B); *Dosilia pydanieli* Volkmer-Ribeiro, 1992 (C) e *O. navicella* (D). Megasclera alfa mais longa (αm); megasclera beta mais curta (βm); gemosclera (g) e microsclera (mi).

Fonte: Adaptado de Volkmer-Ribeiro e Parolin (2010).

Convém elucidar que as espículas silicosas que integram o retículo esquelético das esponjas de água doce são envolvidas por espongina, uma proteína fibrosa semelhante ao colágeno que adere a esponja ao substrato, mantendo as espículas unidas em feixes estruturais. Assim sendo, até o presente não foram registradas em águas continentais esponjas calcárias, isto é, com espículas constituídas de carbonato de cálcio, na forma de cristais de calcita magnesiana, bem como não foram detectadas espécies de esponjas com retículo apenas de espongina (VOLKMER-RIBEIRO; PAROLIN 2010).

Outra característica relevante consiste no fato de que as esponjas continentais, diferentemente das esponjas marinhas, desenvolveram corpos resistentes à seca e ao congelamento, visto a maior instabilidade das condições da água nos continentes (VOLKMER-RIBEIRO; PAROLIN, 2010). Desse modo, dependendo das condições do ambiente aquático em que se encontram, as esponjas de água doce podem se reproduzir tanto de forma sexuada, quanto assexuadamente. Em condições ambientais estáveis, a reprodução sexuada é favorecida por larvas livre-natantes, enquanto que em ambientes instáveis, sujeitos

à seca periódica, a reprodução é realizada de forma assexuada, através das gêmulas (FROST, 1991; VOLKMER-RIBEIRO; PAULS, 2000).

As gêmulas são estruturas esféricas contidas na parede esquelética das esponjas, responsáveis pela sua reprodução assexuada. Constituem componentes resistentes que portam células totipotentes ou embrionárias, protegidas por uma camada pneumática (capas de espongina), na qual se inserem espículas diminutas, as gemoscleras, formando uma parede externa praticamente vitrificada. Além do mais, configuram-se como importantes estruturas de dispersão das espécies e foram fundamentais na ocupação dos ambientes continentais, haja vista a capacidade de se desprenderem do corpo da esponja mãe e flutuarem, fixando-se em substratos duros (VOLKMER-RIBEIRO, 1981; VOLKMER-RIBEIRO; PAULS, 2000; VOLKMER-RIBEIRO; PAROLIN, 2010).

Diante disso, segundo evidências disponíveis na atualidade, Volkmer-Ribeiro e Pauls (2000) relatam que as espécies de esponjas marinhas com potencial para a formação de gêmulas, foram preferencialmente selecionadas para ocupar os ambientes de água doce dos continentes, tendo em vista que a maioria das esponjas dulcícolas são produtoras destas estruturas. Este importante aspecto, por sua vez, permitiu o seguinte passo de dispersão das esponjas, transferindo-se do ambiente lagunar para os rios, por meio das gêmulas fixando-se em substratos rochosos e assegurando a ocupação em águas de fluxo mais turbulento. Por último, as autoras certificam a transição da fauna espongiológica dos rios para os lagos de inundação temporária, em áreas de vegetação marginal que são periodicamente inundados por seus respectivos rios.

As gêmulas, que respondem pela dispersão das esponjas a longas distâncias, sofrem deslocamento tanto pelo fluxo e flutuação das águas, assim como podem ser ingeridas por algumas espécies de peixes, que são consideradas importantes agentes de dispersão de gêmulas, pois as mesmas podem resistir ao processo digestivo e ser expelidas de maneira intacta em locais distantes dos sítios em que foram consumidas (VOLKMER-RIBEIRO; GROSSER, 1981). Por outro lado, aves aquáticas que se alimentam desses peixes também contribuem para a dispersão ao longo de suas rotas migratórias, considerando hipoteticamente o provável transporte de gêmulas nas plumas e patas de aves limnícolas (VOLKMER-RIBEIRO, 1999; VOLKMER-RIBEIRO; PAULS, 2000).

4.2.2 Ambiente de distribuição e chave taxonômica

A distribuição e proliferação de esponjas de água doce são regidas por fatores sazonais, relacionados às flutuações do nível da água, temperatura, turbidez, iluminação e disponibilidade de nutrientes (FROST, 1991). Relacionam-se com determinados tipos de habitats, ocorrendo em ambientes lóticos ou lênticos, permanentes ou temporários, além da colonização de reservatórios de hidroelétricas conforme demonstrado por Volkmer-Ribeiro e Hatanaka (1991), no lago da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (PA), na região amazônica, e os levantamentos com vistas à detecção dessa fauna no reservatório de Itaipu (PR), realizados por Volkmer-Ribeiro *et al.* (2010).

É importante enfatizar que as esponjas geralmente ocorrerem em ambientes não contaminados, em águas limpas e livres de sedimentos em suspensão. Diante disso, como outros animais micro e macroinvertebrados, constituem importantes bioindicadores para a detecção da integridade dos corpos hídricos, pois sua presença está condicionada à manutenção da qualidade natural dos ambientes aquáticos nos quais se encontram (BATISTA *et al.*, 2003; VOLKMER-RIBEIRO, *et al.*, 2004; VOLKMER-RIBEIRO; MACHADO, 2007).

Nesse sentido, segundo Volkmer-Ribeiro e Parolin (2010), as esponjas continentais só conseguem viver em ambientes de águas bem oxigenadas, ricas em sílica (características de certos terrenos geológicos) e isentas de alterações ambientais recorrentes que compreendam: poluição por efluentes domésticos, industriais ou cargas de sedimentos oriundas de alterações da bacia e que podem impedir a ação filtradora desses animais.

Assim, por serem organismos filtradores, uma grande quantidade de partículas suspensas na água pode ocasionar a obstrução dos poros do sistema filtrador, razão pela qual normalmente as esponjas são encontradas em ambientes não alterados, em águas que permaneçam em condições naturais ou muito próximas dessas (VOLKMER-RIBEIRO; PAULS, 2000). Da mesma forma, os corpos de água que ainda estão em estado natural, mas que possuem alta carga em suspensão também limitam a ocorrência desses organismos.

Cumprе assinalar que todas as esponjas de água doce reconhecidas atualmente pertencem à classe Demospongiae Sollas, 1885; ordem Haplosclerida Topsent, 1928; subordem Spongillina Manconi & Pronzato, 2002. No Brasil e, mais especificamente no Estado do Paraná, é possível descrever as seguintes famílias de esponjas de água doce, que apresentam características peculiares e variam quanto ao ambiente de ocorrência:

I) Família Spongillidae Gray, 1867 – integra indivíduos que apresentam estrutura esquelética delicada, formada, sobretudo, por esponjina, compondo, dessa forma, um retículo frágil que se desintegra esporadicamente. Essas esponjas habitam preferencialmente ambientes lênticos, como lagos, lagoas, canais e açudes, incrustando fragmentos de vegetação submersa.

II) Família Potamolepidae Brien, 1967 – As espécies dessa família possuem uma estrutura dura e resistente, formada primordialmente por sílica. Ocorrem principalmente em ambientes lóticos, fixando substratos rochosos do fundo de rios com águas rápidas e turbulentas. Contribuem para a fixação do leito do rio devido o potencial de agregação dessas esponjas com areia, seixos e sedimentos do fundo.

III) Família Metaniidae Volkmer-Ribeiro, 1986 – O esqueleto das esponjas é constituído por uma rede de feixes espessos de espículas que oferecem maior resistência às espécies. Ocupam ambientes sujeitos à secas estacionais, aderindo substratos vegetais nos vales de inundação de rios da região tropical, com grande representação na Amazônia. Apresentam uma quantidade considerável de gêmulas que se encontram presas ao esqueleto do indivíduo, proporcionando suporte durante condições ambientais adversas.

4.3 ESTUDOS SOBRE ESPONJAS NA AMÉRICA DO SUL E BRASIL

Doravante são relatadas as principais pesquisas que versam tanto sobre o registro e ocorrência de esponjas de água doce na América do Sul, com destaque para o Brasil, quanto a sua utilização como dado *proxy* em estudos de reconstrução paleoambiental, através das espículas presentes em colunas de sedimentos, sendo observadas majoritariamente em depósitos lacustres do Quaternário. Evidencia-se que até a primeira metade do século XX, os trabalhos de levantamentos e descrições da fauna de esponjas continentais brasileiras eram escassos e incipientes, atingindo maior notoriedade e repercussão no meio científico a partir da década de 1960, incluindo as pesquisas operadas por um considerável número de especialistas dedicados ao estudo e compreensão dessas comunidades bênticas, constituintes do Filo Porifera.

Cabe salientar que, dada à extensão territorial e as grandes bacias hidrográficas que drenam o Brasil e, mais extensivamente, a América do Sul, faz-se necessário a realização de estudos mais abrangentes e intensivos, com intuito de contribuir para a elaboração de um inventário completo da espongiofauna sul-americana, elevando o número de espécies conhecidas e identificadas para essa fração do espaço mundial.

Por sua vez, a produção científica acerca do uso de espículas de esponjas continentais como indicadoras de condições ambientais pretéritas, adquiriu maior regularidade de publicação na última metade do século XX, com a intensificação das investigações no início deste século (XXI). As abordagens com essa temática se encontram relativamente desenvolvidas no Brasil, principalmente para a região Centro-Sul e Norte do país.

4.3.1 A espongiofauna continental sul-americana: estado da arte das pesquisas

Atualmente, a comunidade de poríferos bentônicos compõe um universo de 8.532 espécies válidas conhecidas em âmbito mundial (VAN SOEST *et al.*, 2014). Deste total, estima-se que apenas 220 espécies de esponjas estão distribuídas nos ecossistemas aquáticos continentais, exigindo novos estudos e a intensificação dos levantamentos dessa fauna dulciaquícola para a ampliação e o conhecimento mais exato do número de espécies que ocorrem no planeta.

Em termos de biodiversidade, vale destacar que a América do Sul abriga uma das maiores diversidades de esponjas de água doce do mundo, em sua maioria, detectadas para as bacias dos rios Amazonas, Paraná e Uruguai, principalmente nos cursos médio e inferior. Todavia, ainda existem muitas áreas geográficas inexploradas e que requerem maior trato das questões pertinentes à totalidade da fauna de esponjas presentes, como é o caso das bacias dos rios sul-americanos da vertente do Pacífico e parte do Caribe (VOLKMER-RIBEIRO; PAULS, 2000). Na América do Sul, o Brasil é o país que apresenta a maior diversidade de espécies conhecidas até o momento, seguido da Argentina e Venezuela (EZCURRA DE DRAGO, 1977; VOLKMER-RIBEIRO, 1981).

O catálogo de poríferos brasileiros, produzido por Muricy *et al.* (2011) com a pretensão de contribuir para o conhecimento acerca da fauna de esponjas no Brasil, sua classificação sistemática e distribuição, reúne uma compilação de todas as espécies já reportadas para o país e a bibliografia referente ao tema até o ano de 2010, incluindo 486 referências devidamente listadas e averiguadas. Neste catálogo, consta para o Brasil um total de 53 espécies válidas de esponjas de água doce, inclusas nas famílias Spongillidae, Potamolepidae e Metaniidae, sendo que a primeira apresenta maior abundância de espécies (28).

Nesta perspectiva, em um esforço de revisão, Volkmer-Ribeiro (2007) apresenta o estado da arte das pesquisas sobre as esponjas continentais na América do Sul, salientando que as primeiras descrições foram produzidas no século XIX, a partir de espécimes obtidos

dos rios Orinoco, Amazonas e Uruguai. Estudos taxonômicos mais aprofundados foram desenvolvidos em meados do século XX, ressaltando as pesquisas pioneiras efetuadas por Argentino A. Bonetto e Inês D. Ezcurra de Drago, que divulgaram trabalhos envolvendo a descrição e ocorrência de esponjas continentais para a região Neotropical, atentando-se para o exame das comunidades de poríferos argentinos.

Dessa forma, em 1966, os autores supracitados publicaram o registro de um novo gênero de esponja, *Houssayella*, tendo por base a identificação da espécie *Houssayella iguazuensis*, observada no Salto “San Martín”, nas cataratas do Iguçu, província de Misiones, na Argentina. No trabalho também realizaram a primeira descrição das espécies *Corvospongilla seckti* e *Corvomeyenia australis*, respectivamente, na localidade de Paso de la Patria, província de Corrientes (nas proximidades da confluência do alto Paraná com o rio Paraguai) e laguna Guadalupe, na província de Santa Fé.

Posteriormente, em trabalhos contíguos, Bonetto e Ezcurra de Drago (1969) apresentaram relevantes notas sistemáticas sobre o gênero *Uruguayia* Carter, 1881, propondo a criação de um novo gênero, denominado de *Uruguayella*, incluindo cinco espécies, todas sul-americanas e anteriormente descritas como do gênero *Uruguayia*, quais sejam: *Uruguayella repens*, com ocorrência no rio Uruguai e afluentes da porção superior do rio Paraná; *U. macandrewi*, no rio Paraguai e nos cursos superior, médio e inferior do rio Paraná; *U. pygmaea*, do rio Paraguai e Uruguai; *U. amazonica*, do rio Amazonas e *U. ringueleti*, do alto Paraná e rio Uruguai. No mesmo ano, Ezcurra de Drago e Bonetto (1969) caracterizaram a fauna bentônica dos saltos do rio Uruguai, em seu médio curso, com especial referência à ecologia dos poríferos.

Merece destaque a contribuição substancial dos estudos desenvolvidos pelos mesmos autores no ano de 1970, uma vez que ampliaram o registro de esponjas conhecidas para as águas continentais argentinas. Em suas pesquisas, listaram quinze espécies provenientes dos afluentes do alto rio Paraná, na província de Misiones, Argentina, com descrição de três novas espécies: *Radiospongilla ornata*, *Trochospongilla tenuissima* e *Spongilla (Stratospongilla) atrata*. Evidenciaram ainda a presença de duas outras espécies originárias do rio Uruguai e até então não identificadas para a área: *Drulia uruguayensis* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1968 e *Spongilla (Stratospongilla) ponsi* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1968.

Anos mais tarde, Ezcurra de Drago (1979) identificou um novo gênero sul-americano de esponjas de águas continentais, analisando materiais de *Corvomeyenia australis* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1966 e de *C. heterosclera* Ezcurra de Drago, 1974. Constatou-se diferenças marcantes entre estas espécies registradas para a América do Sul em comparação com as

descrições já disponíveis para as outras espécies do gênero, como *C. everetti* Mills, 1884 e *C. carolinensis* Harrison, 1971, ambas com distribuição na América Setentrional. Dessa maneira, baseando-se no critério estabelecido por Penney e Racek (1968) no que se refere aos elementos diagnósticos considerados para a diferenciação de gêneros, a autora definiu para as espécies sul-americanas o gênero *Corvoheteromeyenia*.

A maior coleção de esponjas de água doce detectadas na Argentina encontra-se depositada no Instituto Nacional de Limnologia – INALI, em Santa Fé, sendo, portanto, resultado de uma profunda e exaustiva atividade científica empreendida, principalmente, por Argentino Aurelio Bonetto e Inês Ezcurra de Drago. Os autores iniciaram e impulsionaram as pesquisas sobre essa fauna aquática no país, propondo a descrição de novas espécies e gêneros com base na análise de seus componentes espiculares, bem como a redescritção de eventuais grupos taxonômicos, contribuindo sobremaneira para estudos mais detalhados no tocante a riqueza de esponjas na América do Sul.

Não obstante, convém igualmente salientar a literatura especializada sobre poríferos no Brasil, evidenciando que os primeiros registros de esponjas de águas continentais brasileiras foram realizados a partir da segunda metade do século XIX, sobre espécimes coletados principalmente na Amazônia por naturalistas e viajantes europeus. Os materiais foram identificados por especialistas da época e depositados no Museu de História Natural de Londres (Inglaterra) e no Museu de Zoologia de Berlim (Alemanha), totalizando um registro de 17 espécies, das quais 13 constituem ainda espécies válidas (VOLKMER-RIBEIRO, 1999).

Em 1863, em sua monografia de esponjas de água doce, James Scott Bowerbank descreveu sete espécies para o Brasil, todas com ocorrência na região amazônica, sendo: *Metania reticulata*, *Uruguayia corallioides*, *Trochospongilla gregaria*, *Trochospongilla paulula*, *Acalle recurvata*, *Drulia brownii* e *Spongilla baileyi*. Ao realizar uma revisão da literatura sobre poríferos brasileiros, Muricy *et al.* (2011) certificam que de 1890 à 1960 relativamente poucos estudos foram publicados. Em 1895, Weltner também apresentou o registro de esponjas de água doce para os bentos de um rio amazônico, ao descrever *Uruguayia amazonica* para o rio Amazonas.

Por sua vez, Lutz e Machado (1915) registraram *Drulia brownii* Bowerbank, 1863 como *Spongilla franciscana* para o rio São Francisco. Na sequência, Carvalho (1942) identificou *Radiospongilla amazonensis* Volkmer-Ribeiro e Maciel, 1983 como *Ephydatia crateriformis* para o rio Ribeira de Iguape, no litoral de São Paulo, sendo o primeiro registro da espécie para o Brasil. Em 1947, Machado iniciou os levantamentos de esponjas na bacia

Araguaia/Tocantins, com a detecção de *Tubella meloleitaoi* para um contribuinte da margem esquerda do rio Araguaia (rio Tapirapés). Anos depois a espécie foi posta em sinonímia, parte em *Metania reticulata* Bowerbank, 1863 e parte em *Trochospongilla pennsylvanica* Potts, 1882, por Volkmer-Ribeiro (1984).

A partir da década de 1960 houve o incremento dos estudos e numerosos trabalhos foram publicados. Destacam-se as pesquisas realizadas por Cecília Volkmer-Ribeiro e demais pesquisadores colaboradores, que através de uma vasta e fecunda atividade científica, ampliaram a coleção de esponjas coligidas no Brasil. Neste período, nota-se a contribuição referente aos estudos taxonômicos, com a revisão e criação de gêneros, inventários e descrições de novas espécies, bem como a proposta de uma nova família (Metaniidae Volkmer-Ribeiro, 1986), tendo como ponto de partida, para tanto, o estudo abrangente das esponjas de água doce produtoras de gêmulas, estabelecidas por Penney e Racek em 1968 (VOLKMER-RIBEIRO, 1999).

No Brasil, estudos abrangentes foram executados, principalmente, na região amazônica e no Estado do Rio Grande do Sul. Em 1963, nos primórdios de seus estudos sobre a comunidade de esponjas brasileiras, Volkmer-Ribeiro efetuou o registro de esponja incrustando rochas de fundo de rios, com a descrição de *Spongilla jewelli* para o rio Tainhas, bacia do Taquari-Antas, no Rio Grande do Sul. Desde então, a produção científica voltada ao estudo da fauna espongiológica alcançou notável crescimento, de modo que, entre 1963 e 2010 a autora aludida publicou mais de 130 trabalhos, incluindo artigos, capítulos de livros e anais de congressos que se tornaram imprescindíveis para o conhecimento de esponjas, sobretudo de ambientes de água doce (MURICY *et al.*, 2011).

Dessa forma, no desencadear de suas pesquisas, Volkmer-Ribeiro (1970) erigiu o gênero *Oncosclera*, tendo como espécie tipo *Oncosclera jewelli*, definida pela mesma autora como *Spongilla jewelli* no ano de 1963. Ainda na década de 1970, cabe mencionar o trabalho de Volkmer-Ribeiro e De Rosa-Barbosa (1978) que elencaram um novo gênero de esponjas de água doce a partir de material coletado no rio Turvo, afluente do Paranaíba, na localidade de Paraúna, no Estado de Goiás e no rio Itararé, afluente do rio Paranapanema, na localidade de Carlópolis, no Estado do Paraná. As autoras realizaram a descrição da espécie *Sterrastrolepis brasiliensis* e diante da peculiaridade dos materiais estudados justificou-se a proposição do novo gênero *Sterrastrolepis*. No mesmo ano, vale dizer que Ezcurra de Drago (1978) procedeu à descrição e ilustração de *Stratospongilla brasiliensis*, que evidenciou as mesmas características espiculares de *Sterrastrolepis brasiliensis* Volkmer-Ribeiro e De

Rosa-Barbosa, 1978. Logo, as espécies então descritas podem ser interpretadas como sinônimo, tendo em vista que a análise baseou-se na mesma localidade e material tipo.

Posteriormente, Volkmer-Ribeiro e De Rosa-Barbosa (1979), dando continuidade aos seus estudos concernentes ao conjunto da biota bêntica de ambientes de água doce da região Neotropical, posicionaram o novo gênero *Sterrastrolepis* dentro da família Potamolepidae Brien, 1967, restrita até então a região Etiópica. Além desse, outros gêneros foram inclusos na família, como: *Uruguayia* Carter, 1881; *Potamolepis* Marshall, 1883; *Potamophloios* Brien, 1970; *Stratospongilla* Annandale, 1909 e *Oncosclera* Volkmer-Ribeiro, 1970. Já De Rosa-Barbosa (1979) forneceram a redescrição do material tipo de *Ephydatia facunda*, originalmente descrita por Weltner (1895) a partir de um único espécime coletado em uma pequena lagoa do Rio Grande do Sul. A autora salienta que a descrição original foi feita de maneira sucinta, incompleta e sem ilustrações, julgando necessário ampliar e ilustrar a descrição do holótipo⁴ de *E. facunda*, visando a manutenção do “status” de espécie.

Por sua vez, Volkmer-Ribeiro e Maciel (1983), dedicando-se ao estudo de novas coleções de esponjas de água doce da região amazônica, apresentaram a primeira descrição de *Spongilla spoliata* e *Radiospongilla amazonensis*, com ilustração de seus componentes espiculares. No trabalho, os autores ainda fizeram o primeiro registro de ocorrência de *Trochospongilla variabilis* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1973 e *Trochospongilla pennsylvanica* Potts, 1882 para a Amazônia brasileira, sendo essa última o primeiro registro para a região neotropical. Em 1984, Volkmer-Ribeiro propondo a revisão do gênero *Metania* Gray, 1867, realizou a redescrição de duas espécies neotropicais de águas amazônicas, isto é, *Metania reticulata* Bowerbank, 1863 e *Metania spinata* Carter, 1881.

Por seu turno, De Rosa Barbosa (1988) fez a descrição de *Corvospongilla volkmeri* procedente da Lagoa Dourada, Paraíba, bem como efetivou o primeiro registro de ocorrência de *Corvospongilla seckti* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1966 para o Brasil, no Rio Grande do Sul, visto que a espécie era conhecida, até então, apenas na Argentina.

Da mesma forma, na década de 1990 foram divulgados novos estudos condizentes a sistemática e distribuição de esponjas de água doce no Brasil. Para o período, pode-se citar Volkmer-Ribeiro (1990), que dissertou a respeito da sistemática, evolução e taxonomia de esponjas continentais, com importantes considerações sobre o gênero *Metania* e sua extensão para a região Neotropical. Tavares (1994), em sua dissertação de mestrado, teve como foco o estudo das comunidades bênticas de substratos rochosos de rios amazônicos, com redefinição

⁴ Holótipo é um termo empregado em sistemática para designar o espécime-tipo (único) utilizado para a descrição ou ilustração original de uma espécie.

e chave taxonômica para as espécies do gênero *Drulia* Gray, 1867. No levantamento correspondente as esponjas de águas continentais para o Estado de São Paulo, apenas seis espécies haviam sido registradas, com informações pertinentes a sua posição taxonômica e hábitos de ocorrência (VOLKMER-RIBEIRO, 1999).

Em seguida, um número significativo de trabalhos publicados por diferentes autores marcam o início do século XXI, caracterizado por um crescimento exponencial da literatura sobre Porifera. Vários grupos foram redescritos em estudos recém-publicados, com notícias de novos registros de espécies, contribuindo, desse modo, para um conhecimento mais sólido da fauna sul-americana de esponjas com ocorrência em ecossistemas aquáticos continentais brasileiros. Nesse sentido, para a região Centro-Oeste do Brasil, Batista e Volkmer-Ribeiro (2002) realizaram o levantamento das comunidades de esponjas do leito de rios à jusante das barragens da Usina Hidrelétrica de Corumbá (bacia do Paraná) no Estado de Goiás e da Usina Hidrelétrica do rio Manso (bacia do Paraguai) no Estado do Mato Grosso, com redescrição de *Oncosclera schubarti* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1967.

Já para a Amazônia Central, merece destaque o trabalho de Batista *et al.* (2003), que fizeram estudo de caráter ecológico, tendo as esponjas como indicadoras ambientais e listaram os registros até então feitos para a fauna espongiológica no curso inferior da bacia do rio Araguaia. Do mesmo modo, na região Sudeste, Pinheiro *et al.* (2003) ampliaram o registro de ocorrência de esponjas para águas continentais do Estado de São Paulo, fornecendo a redescrição de três espécies pela primeira vez registradas para a Bacia do Alto Paraná: *Oncosclera navicella* Carter, 1881; *Uruguayia coralloides* Bowerbank, 1863 e *Corvospongilla seckti* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1966. Os espécimes coletados no Rio Tietê, no município de Itapura/SP, elevaram para nove o número de espécies conhecidas no Estado.

Em 2005, convém salientar que Volkmer-Ribeiro e Parolin publicaram o segundo registro de *Sterrastrolepis brasiliensis* Volkmer-Ribeiro e De Rosa-Barbosa, 1978 para a Bacia do Paraná. A espécie foi detectada no fundo rochoso do rio Piquiri, associada com *Oncosclera navicella* e *Oncosclera tonolli*, ressaltando que essa última teve seu primeiro registro para águas brasileiras e para a Bacia do Paraná, uma vez que a mesma foi descrita originalmente por Bonetto e Ezcurra de Drago (1968) somente para a bacia do rio Uruguai.

Extensas coleções ao longo da costa brasileira resultaram em um grande número de novas espécies e novos registros de esponjas. Diante disso, destaca-se o trabalho produzido por Volkmer-Ribeiro e Machado (2007), que conduziram os levantamentos para a detecção de esponjas dulcícolas em diversos corpos d'água de ambientes costeiros na América do Sul,

particularmente no Brasil, demonstrando que as espécies recorrentes são indicadoras de habitats. Ainda no ano de 2007 é importante enfatizar as investigações levadas a efeito por Pinheiro, que em sua tese de doutoramento discutiu a taxonomia e biogeografia das esponjas de águas continentais, mostrando que as áreas com menor número de registros de esponjas no Brasil são justamente os estados litorâneos da Região Nordeste. O autor indagou que um dos prováveis motivos para essa escassez de registros na região está atrelado à ausência de inventários espongiológicos e esforços amostrais, existindo lacunas a serem preenchidas para um conhecimento biogeográfico mais preciso.

Por sua vez, no que tange a Região Sul, notícias sobre a existência de uma fauna de esponjas para ambientes de água doce podem ser constatados no Paraná, por meio de estudo desenvolvido por Volkmer-Ribeiro e Parolin (2010). Os autores apresentaram uma listagem das espécies detectadas para o Estado, tanto por suas espículas presentes em sedimentos de paleoambientes, quanto pela ocorrência de esponjas vivas no leito de diversos rios (ambientes lóticos) ou ainda em substratos mergulhados em águas represadas (ambientes lênticos).

Assim sendo, com o propósito de levantamento da espongiofauna paranaense, foram abordadas no trabalho seis bacias hidrográficas, das quais apenas as bacias do Ivaí, Paraná 2, Paraná 3 e Piquirí revelaram resultados positivos, ao passo que para as bacias da faixa litorânea, do Paraná 1, Ribeira e Tibagi não houve o registro de esponjas. Entretanto, os autores alertam que estas bacias que apontaram resultados negativos, requerem avaliações mais detalhadas e abrangentes, sendo bastante promissoras as possibilidades de detecção dessa fauna, especialmente para a bacia do Paraná 1, visto que a maioria dos rios exibem águas com baixa carga suspensa, dispondo de segmentos caracterizados por corredeiras e pequenas quedas d'água, portanto, ideais para a presença de esponjas.

A coleção de referência para esponjas de água doce do Brasil se encontra no Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre/RS, compondo um rico acervo das espécies até recentemente amostradas no país. Atualmente, essa fauna tem representação e abundância excepcionais na região amazônica e em certos ambientes formados por pequenas lagoas no cerrado (VOLKMER-RIBEIRO, 1999). No Estado do Rio Grande do Sul, onde o levantamento foi iniciado em 1960, Volkmer-Ribeiro e Parolin (2010) informam que conta-se até o presente momento o registro de 22 espécies dessa fauna brasileira, que ocupam rios, arroios, lagoas e banhados costeiros, lagos de hidrelétricas e açudes em propriedades rurais.

Todavia, Volkmer-Ribeiro (1999) adverte a necessidade de coletas mais abrangentes na região Neotropical, asseverando que os bentos profundos dos grandes rios do planeta não

foram ainda meticulosamente prospectados, em virtude das dificuldades de realização de amostragens nesses ambientes. Porquanto, a possibilidade de amostrar extensivamente as comunidades de esponjas que se desenvolvem no leito profundo de grandes rios brasileiros surgiu, nas últimas décadas, por ocasião da intensificação da construção de barragens para a formação dos lagos de hidrelétricas. Nesses momentos, os leitos à jusante das barragens ficam expostos, permitindo coletas representativas e o estudo das assembleias de esponjas, porventura fixadas nesses locais (VOLKMER-RIBEIRO, 1999; BATISTA; VOLKMER-RIBEIRO, 2002).

Apesar das numerosas pesquisas feitas no Brasil, a taxonomia e distribuição da fauna de esponjas ainda não são suficientemente compreendidas. A esse respeito, Custódio e Hajdu (2011) comentam que as esponjas são historicamente consideradas um grupo de taxonomia complexa, sendo comuns discussões em torno da sua sistemática. Disto decorre que muitos grupos ainda não possuem uma posição taxonômica precisamente definida, havendo problemas de sinonímia e com chaves de identificação, cenário este que orienta para a necessidade de contínua e profunda revisão dos táxons julgados válidos, objetivando assim, fornecer uma base taxonômica mais sólida. Adicionalmente, com relação à biogeografia desses organismos, há que destacar que existem muitas regiões e localidades que não foram tomadas como objeto de investigação da fauna espongiológica, que, portanto, carece de avaliação e de um inventário mais completo (MURICY *et al.*, 2011).

Por fim, estudos menos expressivos envolvendo a descrição, registro, taxonomia e distribuição de esponjas continentais na América do Sul também foram produzidos, de maneiras pontuais, no Chile (Ezcurra de Drago 1974; Kilian e Wintermann-Kilian 1976), Suriname (Ezcurra de Drago, 1975), Bolívia (Boury-Esnault e Volkmer-Ribeiro, 1991). Para a Venezuela, cabe enfatizar os trabalhos de Bonetto e Ezcurra de Drago (1973), que ofereceram relevantes aportes ao conhecimento das esponjas coletadas no rio Orinoco, com primeira descrição das espécies *Drulia conifera*, *Stratospongilla spinifera* e *Stratospongilla intermedia*, estas duas últimas colocadas posteriormente no gênero *Oncosclera* por Volkmer-Ribeiro e Pauls (1980). Em tempos recentes, estudos mais amplos sobre as coleções de esponjas de ambientes de águas continentais venezuelanas foram executados por Volkmer-Ribeiro e Pauls (2000), que teceram considerações quanto à morfologia, habitat, distribuição e produziram chave taxonômica para as esponjas da bacia do rio Orinoco.

As pesquisas sobre a ecologia atual das espécies de esponjas continentais, seu ambiente de distribuição, características morfológicas e o conhecimento da sistemática do grupo são imprescindíveis e podem auxiliar estudos paleoambientais. O estabelecimento de

coleções com as descrições e representações dos conjuntos espiculares característicos de táxons de esponjas modernas, tornam-se referenciais importantes para a identificação taxonômica dessas espículas presentes em colunas sedimentares de idades quaternárias, permitindo a determinação específica e validando o uso desse aparato como recurso (dado *proxy*) aplicado ao entendimento e reconstituição dos eventos e processos que incidem nas mudanças ambientais.

4.3.2 Significado paleoambiental das espículas de esponjas

As espículas de esponjas constituem uma ferramenta auxiliar eficaz em reconstruções paleoambientais e paleolimnológicas, dado as suas características intrínsecas para a deposição e acúmulo junto a sedimentos, principalmente do Quaternário. Isto se deve a composição vítrea, ou seja, de sílica do esqueleto de esponjas de água doce, o que confere caráter de excepcional resistência a esses elementos frente ao processo de decomposição. Por conseguinte, quando a esponja morre, ocorre a desintegração da espongina que liga as espículas e apresenta uma constituição orgânica. Em contraste, as espículas silicosas são liberadas do corpo do animal e não se deterioram, deixando preservados em sedimentos do fundo de lagoas e rios, esses componentes duros, mineralizados e inalterados que têm alto valor na diagnose das espécies, sendo possível, através do seu estudo, a identificação específica dos indivíduos anteriormente presentes no local (VOLKMER-RIBEIRO; TURCQ, 1996; VOLKMER-RIBEIRO, 1999; VOLKMER-RIBEIRO; PAROLIN, 2010).

Adicionalmente, sabendo que as espécies de esponjas, particularmente da região Neotropical, revelam nítidas afinidades ambientais, uma vez que necessitam de características próprias para viver, variando entre ambientes lóticos e lênticos, a identificação feita das espículas no registro sedimentar, além de possibilitar a avaliação da fauna de esponjas, do mesmo modo, permite interpretações de cunho paleoambiental, levando a indícios sobre o ambiente em que a esponja ou a comunidade de esponjas viveu. Assim sendo, por apresentarem uma notável especificidade de habitats, as esponjas são consideradas indicadores de certos ambientes, tornando-se essencial o conhecimento que se dispõe das espécies que preferem águas de rios (ambientes lóticos) e as que se desenvolvem em águas de lagos e lagoas (ambientes lênticos), para a correta e adequada calibração dos estudos com espículas contidas em depósitos sedimentares, fundamental nas inferências sobre as condições ambientais ou mesmo os tipos de climas que atuaram no passado (VOLKMER-RIBEIRO; TURCQ, 1996; VOLKMER-RIBEIRO, 1999; PAROLIN *et al.*, 2007).

Diante do exposto, 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. Destarte, estudando sedimentos de laguna da Guatemala, o autor apresentou ilustração dos conjuntos espiculares observados, sem, contudo, proceder à identificação das espécies. A escassez de estudos da fauna atual de esponjas continentais, somado a taxonomia confusa e inexistência de dados ecológicos para a época, emerge como uma das prováveis causas para o insucesso na identificação das espículas preservadas no registro sedimentar.

Não obstante, Harrison *et al.* (1979) analisaram sedimentos oriundos do Lago Okeechobee, na Florida, conseguindo chegar a uma identificação específica das espículas ocorrentes, com a determinação de *Ephydatia fluviatilis* Linnaeus, 1758, *Spongilla alba* Carter, 1849 e *Trochospongilla leidy* Bowerbank, 1863. A datação por radiocarbono permitiu estimar uma idade de 3 a 4 mil anos AP., para os sedimentos estudados. Os autores constataram evidências de eutrofização do lago, valendo-se de estudos disponíveis sobre a ecologia atual das espécies de esponjas continentais para discutir e interpretar os sedimentos pretéritos. Posteriormente, Hall e Herrmann (1980) realizaram estudo paleolimnológico de três espécies de esponjas de água doce, com base em espículas recuperadas de sedimentos obtidos de um lago montanhoso situado no Colorado, Estados Unidos. Os sedimentos datados por ^{14}C revelaram idade igual a 6.680 ± 400 anos AP. Os autores também apresentaram discussão acerca da ecologia atual das esponjas identificadas, a fim de proporcionar uma caracterização precisa das condições ambientais pretéritas.

Em trabalhos congêneres, Harrison (1988), efetuou pesquisa abordando a utilização de esponjas de água doce em estudos paleolimnológicos, com enfoque para o Hemisfério Norte, demonstrando a validade do uso de espículas de esponjas continentais como ferramenta analítica em estudos dessa natureza.

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. Salienta-se o trabalho de Martin *et al.* (1992), que discutiram a respeito de algumas alterações climáticas registradas na América do Sul no intervalo de 7.000 anos AP., relacionadas provavelmente às condições do El Niño. Para tanto, os autores analisaram sedimentos de um perfil amostrado na Serra dos Carajás, no Estado do Pará, contemplando a variação de pólen e espículas de esponjas continentais, com a identificação da espécie *Corvomeyenia thumi* Traxler, 1895, que segundo observações apuradas pelos autores, trata-se

de uma esponja de água doce típica de ambiente lacustre com lâmina d'água rasa, adaptada às secas episódicas, portanto, um importante bioindicador dessas condições ambientais.

Em trabalho subsequente, Sifeddine *et al.* (1994) coletaram dois perfis de sedimentos em dois lagos localizados na Serra Sul dos Carajás (Amazônia Oriental), constatando variações no regime hidrológico nos últimos 30.000 anos AP. Os resultados das análises do conteúdo de carvão, espículas de esponjas, com a presença de gemoscleras de *C. thumi*, aliado aos dados palinológicos, evidenciaram sequências interrompidas pela ocorrência de paleoincêndios, convergindo para períodos sucessivos de seca, com coluna de água reduzida. Cabe a ressalva que Volkmer-Ribeiro e Turcq (1996), estudando os mesmos perfis de sedimentos provenientes da Serra dos Carajás, já descritos e abordados por Sifeddine *et al.* (1994), processaram o exame pormenorizado das espículas da espécie *C. thumi* em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). As avaliações mostraram que períodos extremamente curtos de imersão causaram uma série gradual de formações incompletas de espículas facilmente observadas ao MEV, sendo assim, sujeitas a correlação com períodos curtos e longos de imersão ou com disponibilidade de águas/chuvas para o sistema. Portanto, quanto ao grau de desenvolvimento das espículas analisadas, foi possível concluir uma sequência de períodos secos e úmidos.

Do mesmo modo, Cordeiro *et al.* (1997) elucidaram as mudanças ambientais na Região da Serra dos Carajás (Pará, Brasil) durante o Holoceno, a partir de um testemunho sedimentar lacustre (68,5 cm) coletado em um lago situado em uma depressão, sobre um platô laterítico na Serra Norte da área de estudo e datado em 6.803 ± 50 anos AP. Na pesquisa também foram identificadas espículas de *C. thumi*, que juntamente às análises dos conteúdos de matéria orgânica e carvão, bem como a presença de colônias de *Botryococcus braunii* (Chlorococcales), permitiram a interpretação da existência de duas fases distintas para a região, sendo uma em torno de 6.800 a 4.000 anos AP. e outra mais recente, de 4.000 anos AP. até o presente. A quantidade de espículas da esponja continental *C. thumi*, associado à ocorrência de colônias da alga *B. braunii*, atestaram que o lago já fora mais raso devido a episódios de seca no Holoceno.

Turcq *et al.* (1998) atentando-se para o estudo de um novo perfil de sedimentos lacustres coletado na Serra Sul dos Carajás, no Estado do Pará, Brasil, reportaram-se aos eventos desencadeados nos últimos 7.000 anos AP. e indicaram as mesmas considerações ambientais já apresentadas na região durante esse intervalo que abrange o Holoceno. Para tanto, ressalta-se que a pesquisa adotou a palinologia, contemplando, igualmente, a análise da concentração de sílica biogênica de espículas da espécie *C. thumi*, como referenciais

instrumentais para a interpretação da dinâmica ambiental regional pretérita. Nesse sentido, ao descrever as variações ocorridas na Floresta Tropical Amazônica, os autores elencaram condições climáticas propícias para o desenvolvimento de florestas, no entanto, ponderando que essas eram eventualmente acometidas por sucessivos eventos de incêndios, marcados por episódios de clima seco.

Faz-se interessante frisar que as inferências acerca dos paleoambientes e paleoclimas quaternários na região amazônica, mais precisamente na Serra dos Carajás, embora auxiliada por diferentes *proxies*, teve substancial contribuição de bioindicadores fósseis de sílica biogênica, com a identificação de espículas de uma única espécie de esponja, isto é, de *C. thumi*, que nesse caso, se configurou como uma ótima indicadora paleoambiental.

Todavia, vale destacar que estudos paleoambientais, com base em espículas de esponjas continentais, também foram executados por Cândido *et al.* (2000), ao observarem espículas presentes em sedimentos do Lago Caracaranã, localizado no Estado de Roraima, extremo norte do Brasil. Os dados evidenciaram a ocorrência pretérita de esponjas características de lagoas do bioma Cerrado: *Metania spinata* Carter, 1881; *Radiospongilla amazonensis* Volkmer-Ribeiro e Maciel, 1983; *Trochospongilla variabilis* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1973 e *Dosilia pydanieli* Volkmer-Ribeiro, 1992, sendo essa última a única espécie atualmente ocorrente no lago. Os constituintes espiculares fósseis em comparação com o material atual de *D. pydanieli* confirmaram a identificação específica. Entretanto, os autores apontaram e ilustraram modificações das microscleras dessa espécie recuperadas do testemunho analisado (190 cm de profundidade), interpretando essas variações como uma possível resposta ou adaptação às mudanças paleoambientais vigentes durante o Holoceno.

Volkmer-Ribeiro *et al.* (2001a) citaram exemplos de três casos já publicados de utilização de espículas de esponjas de água doce em estudos de reconstruções paleoambientais na América do Sul, compreendendo depósitos lacustres quaternários dispostos na Serra dos Carajás, no Pará, Brasil (Sifeddine *et al.*, 1994; Cordeiro *et al.*, 1997) e em Roraima, no extremo norte do país (Cândido *et al.*, 2000). Tais estudos reforçam a importância desses compostos de sílica biogênica como parâmetro paleoindicador, uma vez que, associado a outros *proxy* (análise *multiproxy*), permitem a compreensão da evolução da paisagem e as mudanças ambientais ocorridas em uma região ao longo de um determinado espaço de tempo geológico.

Por sua vez, Volkmer-Ribeiro *et al.* (2001b) realizaram a prospecção de esponjas vivas e análise do conteúdo de espículas de esponjas continentais dispersas em testemunhos sedimentares no lago do Caçô, na região nordeste do Estado do Maranhão, notando ainda a

presença de frústulas de diatomáceas. Os resultados obtidos indicaram tanto a ocorrência de exemplar vivo de *M. spinata*, quanto o registro de espículas dessa espécie nos sedimentos amostrados. Os autores concluíram que as fases de disponibilidade hídrica do ambiente propiciavam condições favoráveis para a colonização da fauna de esponjas, sem a necessidade de produção de gêmulas. Já os estratos com ausência desses bioindicadores, sugeriam interrupção abrupta e episódica de alimentação hídrica do sistema, porém nunca suficientes para determinarem a formação de um ambiente tipicamente lântico, sujeito a reduções estacionais de água, tendendo assim, mais para um ambiente semi-lótico semelhante ao atual.

Para a região mais continental, Parolin *et al.* (2003) ofereceram a caracterização paleoambiental de sedimentos de três lagoas (Samambaia, Linda e Dos 32) na região de Taquaruçu, no Mato Grosso do Sul, tendo como foco a avaliação de espículas silicosas de esponjas de água doce. Os resultados apontaram que essas lagoas, embora próximas, apresentaram gêneses distintas, corroborando a predominância de um clima mais seco na região antes do Holoceno e durante o Holoceno Médio.

No mesmo ano, convém mencionar que Pisera e Sáez (2003) publicaram o primeiro registro fóssil de esponjas de água doce do gênero *Ephydatia* no Hemisfério Sul. Os restos fósseis foram encontrados em sedimentos lacustres de diatomitos da Formação Quillagua, na região de Atacama, porção central dos Andes, no norte do Chile, com posição no Mioceno Tardio. Porquanto, no curso de suas investigações, os autores definiram uma nova espécie de esponja, correspondente a *Ephydatia chileana*, que apresentou um padrão morfológico de espículas similar aos descritos para a espécie atual de *E. fluviatilis* e se mostrou uma boa indicadora de condições paleoambientais.

Posteriormente, Volkmer-Ribeiro *et al.* (2004) traçaram um panorama da evolução costeira de sete lagoas que integram o Sistema Hidrológico do TAIM, no Rio Grande do Sul, Brasil, com respaldo da análise do conteúdo espicular presente nos sedimentos recolhidos dessas lagoas. Nesse sentido, identificaram e ilustraram espículas da espécie *Ephydatia facunda* Weltner, 1895, típica de lagoas de ambientes costeiros, avaliando a ocorrência quantitativa das espículas que revestem as gêmulas (gemoscleras). Verificou-se a maior produção de esponjas no ambiente enriquecido de matéria orgânica, evoluindo para o sistema de banhado.

A seguir, Parolin *et al.* (2005) detalharam as mudanças paleoambientais na região de Taquarussu, no Mato Grosso do Sul, tendo em vista sedimentos de dois testemunhos de sondagem recuperados da lagoa Samambaia. Estudou-se a variação da composição das assembleias de esponjas através de espículas contidas nos sedimentos, bem como se

observaram as sequências sedimentares com predomínio de espículas de espécies de esponjas indicadoras de condições paleoambientais locais, as quais os autores cunharam o termo espongo fácies. Os dados obtidos descreveram significativas alterações ambientais e hidrológicas na região, marcada por fases secas, lacustres e fluviais desde o final do Pleistoceno e durante o Holoceno, com indícios da existência de paleodrenagens na área. Mais uma vez se demonstrou a confiabilidade da utilização das espículas de esponjas em trabalhos de interpretações paleoambientais, pois os resultados apresentados corroboram levantamentos paleoclimáticos já descritos para a região.

Em 2007, cumpre sublinhar que Volkmer-Ribeiro *et al.* realizaram o primeiro estudo de reconstituição paleoambiental com datação absoluta em área costeira da América do Sul, utilizando espículas de esponjas continentais. Diante disso, foram estudados e caracterizados sedimentos da Formação do rio Luján, na Província de Buenos Aires, Argentina, os quais foram datados pelo método do Carbono 14, revelando idade que remonta ao final do Pleistoceno e início do Holoceno. No desencadear da pesquisa, nota-se que foi possível a identificação e ilustração de espículas da espécie *E. facunda*, assinalando para um período de sedimentação lacustre em 11.060 a 10.420 anos AP., cuja espécie de esponja sugere o estabelecimento de um ambiente costeiro lagunar, confirmado ainda pela ocorrência da diatomácea *Hyalodiscus subtilis* (Bailey).

Da mesma forma, Parolin *et al.* (2007) demonstraram as mudanças paleoambientais no Alto rio Paraná durante o Holoceno, com base na análise de espículas de esponjas de água doce em amostras de sedimentos turfosos, obtidas em duas perfurações na região de Taquarussu, no Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. Datações por ^{14}C indicaram idades que oscilaram entre 11.570 ± 80 anos AP. (240 cm de profundidade) e 4.010 ± 80 anos AP. (29-35 cm). No estudo foram detectadas espículas de *Heterorotula fistula* Volkmer-Ribeiro e Motta, 1995, *R. amazonensis*, ambas as espécies típicas de ambientes lênticos, bem como de *Corvospongilla seckti* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1966 e *Trochospongilla repens* Hinde, 1888, essas duas últimas com comunidades características de ambientes lóticos. Verificou-se a alternância na ocorrência de espículas dessas espécies ao longo da coluna sedimentar, com inferências de pulsos de inundação na planície do rio Esperança, que acredita-se serem responsáveis pela formação da turfa. Os resultados apresentados reiteram os estudos palinológicos já produzidos para a região e constitui o primeiro registro fóssil datado para *H. fistula* e *T. repens*.

Parolin *et al.* (2008) deram continuidade as pesquisas empreendidas na região de Taquarussu, no Mato Grosso do Sul, levando a efeito discussões previamente abordadas em

estudos precedentes. No presente trabalho, sedimentos recuperados da Lagoa Samambaia foram datados pelo método de termoluminescência. A identificação taxonômica das espículas detectadas no material sedimentar mostrou a ocorrência pretérita das esponjas *D. pydanieli*, *M. spinata*, *R. amazonensis*, *Corvospongilla* sp. e *Oncosclera* sp., sugerindo uma alternância de fases lóticicas e lênticas. Os autores introduziram o termo espongo fácies para descrever as sequências sedimentares nas quais espículas de espécies de esponjas continentais predominam e indicam condições paleoambientais específicas, reassegurando a sua viabilidade como um dado *proxy*.

As contribuições concernentes ao uso de espículas de esponjas de água doce como indicadores de paleoambientes podem ser constatadas, igualmente, no trabalho de Almeida *et al.* (2009). Nesse aspecto, o estudo teve como objetivo caracterizar depósitos de espongilito⁵ de lagoas situadas na região de João Pinheiro, no noroeste do Estado de Minas Gerais, Brasil, identificando espículas de esponjas formadoras de espongo fácies e que integram espécies com ocorrência atual no Bioma Cerrado. Os resultados assinalam uma variação ambiental na época da formação dos depósitos analisados, alternando períodos de clima mais úmido e frio e de clima mais seco com chuvas torrenciais no espaço de tempo que compreende o Pleistoceno Superior e Holoceno.

Machado (2009) informou a ocorrência de espículas de esponjas continentais e camadas de espongilitos intercaladas por diatomitos (depósitos com predominância de frústulas de diatomáceas) em estudo operado no Afloramento Paleolago Cemitério, que compreende um depósito lacustre localizado no município de Catalão, sudeste do Estado de Goiás, Brasil. As análises taxonômicas das espículas no depósito aludido confirmaram a existência de uma antiga comunidade de esponjas, tanto de ambiente lêntico quanto lótico, evidenciando a contribuição de um sistema lótico no início da formação do Paleolago, marcado por um aporte significativo de águas com fluxo devido ao padrão das espículas detectadas. Por ora, com base em suas investigações, a autora propôs dois paleoambientes diferenciados para o Paleolago Cemitério, denotando a ocorrência inédita de diatomitos e espongilitos em um mesmo depósito, além de efetuar o primeiro registro de espículas da espécie *Corvoheteromeyenia australis* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1966 em comunidade formadora de espongilitos. Ressalta-se que a pesquisa registrou no depósito estudado espículas de esponjas que são características de espécies consideradas indicadoras de lagoas

⁵ Espongilito é uma rocha sedimentar constituída por espículas silicosas de origem biogênica pertencentes a espongiários, que ocorrem associadas à argila, areia, matéria orgânica e frústulas de diatomáceas e são típicos de ambiente lacustre de águas doces paradas (DIAS *et al.*, 1988).

típicas de Cerrado, sugerindo a existência desse Bioma, na região central do Brasil, já no final do Pleistoceno e apontando para a presença de ambiente pretérito similar, na região sudeste de Goiás.

Estudos mais recentes dedicados ao reconhecimento de mudanças ambientais no Quaternário foram realizados por Rezende (2010), que baseando-se na análise micropaleontológica de espículas de esponjas recuperadas de testemunhos de sedimentos lacustres, obtidos da Lagoa Fazenda (município de São Tomé) e Lagoa Seca (município de Japurá), delineou a conjuntura paleoambiental na região noroeste do Estado do Paraná. Em pesquisa comparativa, vale notar que as espículas identificadas na área selecionada por Rezende (2010), revelaram afinidades taxonômicas com os materiais descritos por Parolin (2006) para as lagoas da região de Taquarussu, no sudeste do Mato Grosso do Sul, mostrando que muitas das espécies de esponjas registradas, através de espículas contidas nos sedimentos, são comuns a ambas as regiões e podem traduzir ambientes sujeitos à secas estacionais. As interpretações apresentadas no referido trabalho confirmam um paleoclima mais seco no final do Pleistoceno e a ocorrência de diversas oscilações climáticas no Holoceno, com fases mais secas durante o Holoceno Inferior e Médio, registrando-se um aumento da umidade desde o Holoceno Superior aos dias atuais.

Em sua tese de doutoramento, Kuerten (2010) realizou a compartimentação geomorfológica e a reconstituição das mudanças paleoambientais e paleo-hidrológicas do Pantanal do Nabileque, assim conhecido para se referir a uma das sub-regiões que integram o Pantanal Mato-Grossense. A análise circunstanciada dos compartimentos da área possibilitou a sua caracterização como um sistema de megaleque fluvial, construído pelo rio Paraguai, no qual foram reconhecidas três principais unidades geomorfológicas, assim definidas: a) planície aluvial degradada; b) cinturão de meandros abandonados e c) cinturão de meandros atual. Ao utilizar espículas de esponjas como indicadores *proxy*, o autor concluiu que o cinturão de meandros abandonado do megaleque do Nabileque, experimentou mudanças de ambiente fluvial mais úmido para ambiente lântico mais seco, inferindo uma mudança de curso do rio Paraguai entre 6.700 e 3.900 Ka AP.

Em seguida, Guerreiro (2011a) dissertou sobre a evolução geomorfológica e paleoambiental no que tange aos terraços da margem esquerda do alto rio Paraná, no noroeste do Estado do Paraná, próximo à cidade de Querência do Norte. Fato interessante abordado no estudo e, portanto, digno de nota, refere-se às evidências de espículas de esponjas em sedimentos lacustres, que segundo interpretações efetuadas pelo autor, descartam a contribuição de ambientes lóticos na gênese e evolução das lagoas que ocorrem na região.

Cabe salientar da mesma forma, a contribuição de Silva *et al.* (2012), que apresentaram o primeiro estudo no Centro-Sul do Brasil no que diz respeito à caracterização de níveis marinhos com base em espículas de esponjas e datações absolutas. Diante disso, os autores detalharam as mudanças paleoambientais na região do baixo curso do rio Ribeira de Iguape (Iguape/SP), no sudeste do Brasil, onde foram detectadas espículas de esponjas continentais e marinhas, indicando fases com grandes oscilações do nível do mar entre 6.240 e 4.500 anos AP., e fases com predomínio de fluxos de água doce entre 4.500 e 2.920 anos AP. De acordo com os dados, os autores também postularam uma possível mudança do canal do rio Ribeira de Iguape, para oeste do local amostrado, durante o Holoceno.

Recentemente, Guerreiro *et al.* (2013) relataram as condições paleoambientais em cinco testemunhos recuperados de lagoas e leque aluvial da margem esquerda do alto rio Paraná, no noroeste do Estado do Paraná, a partir da análise do conteúdo de espículas silicosas de esponjas de água doce. A determinação específica das esponjas possibilitou reconstituir condições ambientais mais secas que as atuais no alto rio Paraná do Pleistoceno Tardio até o início do Holoceno, registrando a transição de climas secos pleistocênicos para climas úmidos no Holoceno, com formação de leque aluvial, datado em 7.540 anos AP. Os resultados alcançados nesse estudo estão de acordo com outros trabalhos que sugerem semelhantes condições climáticas para esse período do Quaternário, as quais já foram retratadas em estudos antecedentes desenvolvidos pelos mesmos autores (Guerreiro *et al.*, 2010; Guerreiro, 2011).

A Tabela 1 apresenta o conjunto de trabalhos relacionados ao uso de espículas de esponjas continentais para a interpretação paleoambiental e a Figura 9 apresenta a localização dos locais amostrados, referente a cada estudo desenvolvido no Brasil.

Tabela 1: Estudos sobre espículas de esponjas fósseis de ambientes de águas continentais como ferramenta de interpretação paleoambiental na América do Sul, com ênfase aos trabalhos produzidos no Brasil

AUTOR(ES)	ANO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO DO TRABALHO	REGIÃO DE ESTUDO
Martin <i>et al.</i>	1992	Some climatic alterations recorded in South America during the last 7000 years may be expounded by long-term El Niño like conditions	Serra dos Carajás – Pará, Brasil
Sifeddine <i>et al.</i>	1994	La sedimentation lacustre indicateur de changements des paleoenvironments aucours des 300.000 derniere annees Carajás Amazoniie, Brésil	Porção Sul da Serra dos Carajás – Pará, Brasil
Volkmer-Ribeiro e Turcq	1996	SEM analysis of silicious spicules of a freshwater sponge indicate paleoenvironmental changes	Serra dos Carajás – Pará, Brasil
Cordeiro <i>et al.</i>	1997	Holocene environmental changes in Carajás Region (Pará, Brazil) recorded by lacustrine deposits	Serra dos Carajás – Pará, Brasil
Turcq <i>et al.</i>	1998	Amazonia Rainforest Fires: A Lacustrine Record of 7000 years	Porção Sul da Serra dos Carajás – Pará, Brasil
Cândido <i>et al.</i>	2000	Microsclere variations of <i>Dosilia pydanieli</i> (Porifera, Spongillidae) in Caracaranã lake (Roraima – Brazil): Palaeoenvironmental implication	Lago Caracaranã – Roraima, Brasil
Sifeddine <i>et al.</i>	2001	Variations of the Amazonian rainforest environment: a sedimentological record covering 30,000 years	Porção Sul da Serra dos Carajás – Pará, Brasil
Volkmer-Ribeiro <i>et al.</i>	2001	Avaliação ambiental indicada por espículas silicosas de esponja nos sedimentos atuais e sub-fósseis do lago do Caçô, MA	Lago do Caçô – Nordeste do Estado do Maranhão, Brasil

Parolin <i>et al.</i>	2003	Caracterização paleoambiental a partir de espículas silicosas de esponjas em sedimentos lagunares na região de Taquaruçu – MS	Taquaruçu – Mato Grosso do Sul, Brasil
Pisera e Sáez	2003	Paleoenvironmental significance of a new species of freshwater sponge from the Late Miocene Quillagua Formation (N Chile)	Formação Quillagua, Região de Atacama – Chile
Volkmer-Ribeiro <i>et al.</i>	2004	Sponge spicules in sediments indicate evolution of coastal freshwater bodies	Lagoas costeiras do Sistema Hidrológico do TAIM – Rio Grande do Sul, Brasil
Parolin <i>et al.</i>	2005	Mudanças ambientais durante o Holoceno e final do Pleistoceno indicadas por espongo fácies na região de Taquarussu/MS – Brasil	Taquarussu – Mato Grosso do Sul, Brasil
Parolin	2006	Paleoambientes e paleoclimas no final do Pleistoceno e no Holoceno no Sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul	Sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul – Brasil
Volkmer-Ribeiro <i>et al.</i>	2007	Spicules of the freshwater sponge <i>Ephydatia facunda</i> indicate lagoonal paleoenvironment at the pampas of Buenos Aires Province, Argentina	Formação Luján – Província de Buenos Aires, Argentina
Parolin <i>et al.</i>	2007	Sponge spicules in peaty sediments as paleoenvironmental indicators of the Holocene in the upper Paraná river, Brazil	Taquarussu – Mato Grosso do Sul, Brasil
Parolin <i>et al.</i>	2008	Use of spongofacies as a proxy for river-lake paleohydrology in Quaternary deposits of Central-Western Brazil	Taquarussu – Mato Grosso do Sul, Brasil
Cordeiro <i>et al.</i>	2008	Holocene fires in East Amazonia (Carajás), new evidences, chronology and	Porção Norte da Serra dos Carajás – Pará, Brasil

		relation with paleoclimate	
Almeida <i>et al.</i>	2009	Espículas de esponjas continentais nos sedimentos cenozóicos do noroeste de Minas Gerais, como indicadores paleoambientais	João Pinheiro – Noroeste do Estado de Minas Gerais, Brasil
Machado	2009	Espongofauna do Paleolago Cemitério, Catalão, GO	Paleolago Cemitério, município de Catalão – Goiás, Brasil
Rezende <i>et al.</i>	2009	Paleoambientes da lagoa Fazenda (São Tomé - PR) com base em espículas silicosas de esponjas continentais	Lagoa Fazenda, município de São Tomé – Noroeste do Estado do Paraná, Brasil
Moro <i>et al.</i>	2009	Inferências paleoclimáticas do início do Holoceno com base em espículas de esponjas continentais – Lagoa Dourada/PR	Lagoa Dourada, Ponta Grossa – Estado do Paraná, Brasil
Santos	2010	Análise de restos silicosos biogênicos como evidência das variações do Nível Relativo do Mar durante o Holoceno na Estação Ecológica Juréia-Itatins, São Paulo	Estação Ecológica Juréia-Itatins – Sudeste do Estado de São Paulo, Brasil
Rezende	2010	Espículas de esponja em sedimentos de lagoa como indicador paleoambiental no NW do Estado do Paraná	Lagoa Fazenda (município de São Tomé) e Lagoa Seca (município de Japurá) – Noroeste do Estado do Paraná, Brasil
Kuerten	2010	Evolução geomorfológica e mudanças ambientais no megaleque do Nabileque, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense	Pantanal do Nabileque – borda sul do Pantanal Mato-Grossense, Brasil
Guerreiro <i>et al.</i>	2010	Dados proxy indicam melhoria climática na região de Querência do Norte a 7.540 anos AP	Querência do Norte – Noroeste do Estado do Paraná, Brasil

Guerreiro	2011	Evolução geomorfológica e paleoambiental dos terraços da margem esquerda do alto rio Paraná	Margem esquerda do alto rio Paraná – Noroeste do Estado do Paraná, Brasil
Kuerten <i>et al.</i>	2011	Espículas de esponjas continentais preservadas em sedimentos arenosos quaternários do Pantanal	Pantanal do Nabileque – borda sul do Pantanal Mato-Grossense, Brasil
Silva <i>et al.</i>	2011	Espículas de esponjas em turfeira no baixo curso do rio Ribeira de Iguape (SP) indicam variações do nível relativo do mar durante o Holoceno Médio	Baixo curso do rio Ribeira de Iguape, município de Iguape – São Paulo, sudeste do Brasil
Santos <i>et al.</i>	2011	Caracterização dos tipos de espículas de esponjas silicosas encontradas em sedimentos paleolacustres coletados na Estação Ecológica de Juréia-Itatins, São Paulo	Estação Ecológica Juréia-Itatins – Sudeste do Estado de São Paulo, Brasil
Marcotti <i>et al.</i>	2011	Espículas de esponjas e fitólitos no Pleistoceno Tardio indicam presença e abandono de canal fluvial – rio Ivaí Paraná	Rio Ivaí – Estado do Paraná, Brasil
Machado <i>et al.</i>	2012	Inventory of the Sponge Fauna of the Cemitério Paleolake, Catalão, Goiás, Brazil	Paleolago Cemitério, município de Catalão – Goiás, Brasil
Marcotti	2012	Paleogeografia do Pleistoceno Tardio e Holoceno na região baixo curso do rio Ivaí - Icaraíma e Santa Mônica/PR	Baixo curso do rio Ivaí – municípios de Icaraíma e Santa Mônica no Estado do Paraná, Brasil
Silva <i>et al.</i>	2012	Espículas de esponjas VS. variações do nível relativo do mar na região de Iguape, Sudeste do Brasil	Baixo curso do rio Ribeira de Iguape, município de Iguape – São Paulo, sudeste do Brasil
Guerreiro <i>et al.</i>	2013	Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments in ponds and alluvial sediments of upper Paraná river, Brazil	Margem esquerda do alto rio Paraná – Noroeste do Estado do Paraná, Brasil



Figura 9: Mapa de distribuição dos trabalhos de espículas de esponjas continentais como instrumentos de reconstrução paleoambiental no Brasil.

Fonte: Base cartográfica do IBGE (2010).

4.4 FITÓLITOS

4.4.1 Definição e principais plantas produtoras de fitólitos

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). Em síntese, após a absorção, os íons de Si são induzidos a precipitar e cristalizar em células moldes criadas pelo organismo vegetal. Esse processo é conhecido por Osterrieth (2008) como biomineralização e pode ocorrer em diversas partes ou estruturas das plantas. Desse modo, os corpos de opala biogênica (fitólitos) estão presentes nas folhas, madeira e raízes, bem como nos frutos e sementes, cabendo lembrar que, nas estruturas aéreas, principalmente na epiderme das folhas, são mais frequentes que em órgãos subterrâneos (PIPERNO, 1991; MADELLA, 2008).

As razões para a produção de fitólitos pelas plantas consistem em: a) oferecer suporte mecânico para as células; b) dar força aos órgãos e estruturas das plantas; c) proteção contra herbívoros e parasitas; d) neutralizar ânions e cátions nocivos ao desenvolvimento dos organismos vegetais (COE, 2009). Não obstante, a produção de fitólitos pelas plantas não é homogênea. Alguns grupos são conhecidos como baixos produtores enquanto outros como altos produtores. O mais alto nível de produção fitolítica é o das Poaceae (gramíneas), cerca de 20 vezes superior ao das dicotiledôneas lenhosas. Assim, os fitólitos são particularmente abundantes nas gramíneas, atingindo de 1 a 5% de sílica do peso seco (WEBB; LONGSTAFFE, 2000). Por sua vez, outras famílias botânicas também apresentam aptidão para a produção e acúmulo de corpos silicosos, tais como as Cyperaceae, Marantaceae, Orchidaceae, Zingiberaceae, Arecaceae, Musaceae e demais monocotiledôneas, bem como as famílias Ulmaceae, Cucurbitaceae, Asteraceae (PIPERNO, 2006).

Os fitólitos apresentam capacidade limitada de transporte por longas distâncias, indicando uma deposição *in situ* e, portanto, refletindo a cobertura vegetal de origem local. No entanto, se submetidos ao fogo, atividade eólica ou hídrica, podem sofrer deslocamentos, percorrendo distâncias consideráveis (RAPP; MULHOLLAND, 1992; OSTERRIETH *et al.*, 2009).

Os fitólitos são liberados das plantas após a sua decomposição, evidenciando uma variedade de morfologias, que se diferem em tamanhos e formas. Dificilmente é possível atribuir valor taxonômico a uma forma em específico, ou seja, a um único fitólito, haja vista a multiplicidade e redundância da produção de fitólitos pelas plantas. Diante disso, uma infinidade de morfotipos pode ocorrer em uma mesma planta (multiplicidade), assim como o mesmo morfotipo pode ser produzido por diversos táxons (redundância) (BREMONT *et al.*, 2005a). Nesse caso é necessário o estudo da assembleia fitolítica, reconhecendo grupos de tipologias com valor taxonômico ao nível de tipo de vegetação.

A assembleia fitolítica é constituída de um número estatisticamente válido de tipologias de fitólitos e representa a produção média, qualitativa e quantitativa, de corpos silicosos de uma vegetação em particular (COE, 2009). Por conseguinte, Coe (2009) afirma que um único fitólito não permite caracterizar um táxon, porém uma assembleia fitolítica permite caracterizar uma formação vegetal. As assembleias fósseis devem ser acompanhadas da comparação com assembleias fitolíticas modernas, extraídas da serrapilheira ou de horizontes superficiais do solo e que expressam os tipos atuais de vegetação (BREMONT *et al.*, 2005a; COE, 2009).

4.4.2 Fitólitos característicos da família Poaceae

É importante salientar que existem tipos de fitólitos característicos de certas famílias botânicas, dentre as quais, cabe citar as Poaceae, consideradas as maiores produtoras de opala biogênica e, cuja análise dos morfotipos produzidos, permite a distinção em nível de subfamílias. Twiss *et al.* (1969), Twiss (1992) e Kondo *et al.* (1994) contribuem para o conhecimento acerca da produção de fitólitos característicos nas subfamílias de Poaceae, que podem ser descritos da seguinte forma:

I) Panicoideae – Poaceae altas de ciclo fotossintético C₄, típica dos climas quentes e úmidos, mas existem também algumas Panicoideae de ciclo fotossintético em C₃, que crescem em áreas de sombra, principalmente sob o dossel das florestas tropicais. Produzem, sobretudo, fitólitos de tipos *Bilobate* e *Cross*.

II) Chloridoideae – Poaceae baixas de ciclo fotossintético em C₄, adaptadas às regiões quentes e secas ou a condições edáficas secas. Produzem, sobretudo, fitólitos de tipo *Saddle*.

III) Pooideae – Poaceae de ciclo fotossintético C₃, abundantes em regiões temperadas, frias e/ou de altitude em zona intertropical. Produzem, sobretudo, fitólitos de tipos *Rondel* e *Trapeziform*.

IV) Arundinoideae – Poaceae de ciclo fotossintético em C_3 , encontradas em todos os tipos de clima e não produzem fitólitos de tipo característico. Produzem também fitólitos de tipos *Rondel*, *Bilobate*, *Polylobate* e *Cross*.

V) Bambusoideae – Poaceae de ciclo fotossintético em C_3 , características das zonas tropicais e temperadas quentes, essencialmente florestais, não produzem fitólitos de tipo característico. Produzem também fitólitos de tipos *Bilobate*, *Polylobate* e *Cross*.

Piperno (2006) adota a classificação das morfologias de fitólitos de acordo com as subfamílias de Poaceae (Figura 10).

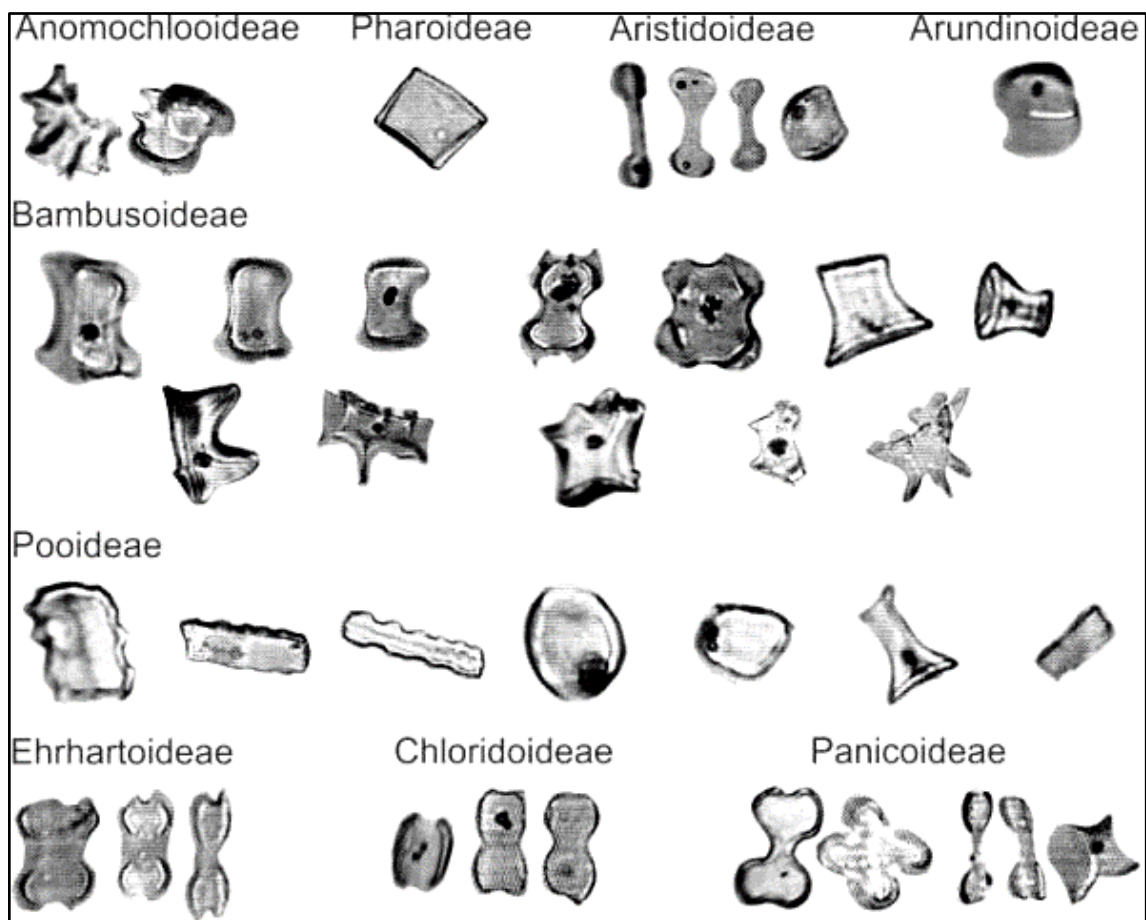


Figura 10: Classificação das morfologias de fitólitos de acordo com as subfamílias de Poaceae. Fonte: Adaptado de Piperno (2006).

4.4.3 Fitólitos característicos das dicotiledôneas e outras famílias botânicas

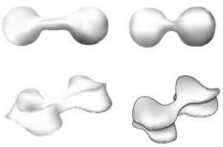
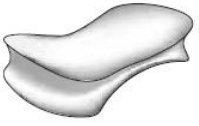
Adicionalmente aos fitólitos característicos da família Poaceae, também há morfotipos de fitólitos representativos das dicotiledôneas lenhosas e outras famílias botânicas (Quadro 2).












Quadro 2: Principais morfologias de fitólitos produzidos por dicotiledôneas e outras famílias botânicas

		Morfotipo	Referências
Dicotiledôneas lenhosas (árvores e arbustos)		<i>Globular granulate</i>	Welle (1976); Scurfield <i>et al.</i> (1978); Kondo <i>et al.</i> (1994); Alexandre <i>et al.</i> (1997a); Alexandre <i>et al.</i> (1997b); Raitz (2012).
		<i>Globular psilate ou smooth</i>	Kondo <i>et al.</i> (1994); Alexandre <i>et al.</i> (1999); Piperno (2006).
		<i>Tree</i>	Piperno (2006).
		<i>Blocky</i>	Mercader <i>et al.</i> (2009); Coe <i>et al.</i> (2012); Coe <i>et al.</i> (2013).
Outras famílias botânicas	Arecaceae Bromeliaceae Marantaceae	<i>Globular echinate</i>	Kondo <i>et al.</i> (1994); Runge (1999); Piperno (2006); Rasbold <i>et al.</i> (2011); Monteiro <i>et al.</i> (2012); Pereira <i>et al.</i> (2013); Pereira <i>et al.</i> (2014).
	Cyperaceae	<i>Cone shape ou Papillae</i>	Le Cohu (1973); Piperno (1985); Ollendorf (1987); Piperno (1989); Kondo <i>et al.</i> (1994); Wallis (2003); Rasbold <i>et al.</i> (2010).
	Pinaceae	<i>Spherical with sockets (spiny body, spiked)</i>	Kerns (2001); Blinnikov <i>et al.</i> (2002); Delhon <i>et al.</i> (2003).

Coe (2009) apresenta as principais formas de fitólitos característicos de Poaceae, dicotiledôneas e outras famílias produtoras de corpos silicosos (Quadro 3).

Quadro 3: Principais tipos de fitólitos característicos de táxons botânicos

TIPO	TÁXON	AMBIENTE	REPRESENTAÇÃO Madella <i>et al.</i> (2005)
Bilobate short cell (dumbbell)	Gramíneas sobretudo Panicoideae alta C ₄ , também algumas Panicoideae C ₃ ; Chloridoideae, Arundinoideae e Bambusoideae	Quente úmido Áreas à sombra, sob o dossel de florestas tropicais	
Saddle	Gramíneas sobretudo Chloridoideae baixas C ₄ ; algumas Bambusoideae C ₃ , Arundinoideae C ₃	Regiões secas de baixa latitude e altitude ou condições edáficas	

Rondel (<i>conical, circular</i>)	Gramíneas sobretudo Pooideae C ₃ , também Bambusoideae	Regiões temperadas, frias e altas elevações intertropicais	
Elongate echinate long cell (<i>elongate spiny</i>)	Gramíneas <i>long cells</i> de todas as gramíneas		
Elongate psilate (<i>elongate smooth</i>)	Gramíneas <i>long cells</i> de todas as gramíneas		
Cylindrical polylobate	Gramíneas predominam nas Panicoideae (C ₄ e C ₃)	Clima quente úmido	
Trapeziform short cell (<i>rectangular</i>)	Gramíneas Pooideae	Regiões temperadas, frias e altas elevações intertropicais	
Acicular hair cell (<i>point-shaped</i>)	Gramíneas (<i>micro-hair</i> ou <i>prickles</i> de todas as epidermes); também nas Palmae, sementes de outras plantas		
Bulliform cell Cuneiform (<i>fan-shaped</i>) Parallelepipedal	Gramíneas (células buliformes de todas as epidermes)		
Cone shape (<i>Papillae</i>)	Cyperaceae	Ambientes úmidos	
Globular granulate (<i>spherical rugose</i>)	Dicotiledôneas lenhosas (troncos de árvores e arbustos tropicais)		
Globular psilate (<i>spherical smooth</i>)	Dicotiledôneas (epidermes de folhas e parênquima) Gramíneas (raízes e sementes)		
Globular echinate (<i>Crenate spherical</i>)	Troncos e folhas das Arecaceae Bromeliaceae Marantaceae		

Fonte: Adaptado de Coe (2009)

4.4.4 Fitólitos como ferramenta de interpretação paleoambiental

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. Devido a sua composição inorgânica, apresentam elevado potencial de preservação junto a solos e sedimentos, sendo mais resistentes à destruição do

que os palinomorfos, tornando-se assim, uma ferramenta proeminente nas reconstruções da paleovegetação (MEDEANIC *et al.*, 2008). Nesse sentido, em depósitos terrestres, as reconstruções climáticas baseadas em estudos palinológicos, na maioria das vezes, são comprometidas em virtude de que os grãos de pólen são mais susceptíveis à destruição, especialmente quando se trata de ambientes secos ou oxidantes (solos tropicais bem drenados), uma vez que necessitam de condições anóxicas para sua preservação (ALEXANDRE *et al.*, 1997a; BREMOND *et al.*, 2005b).

Diante do exposto, nas pesquisas paleoecológicas, os fitólitos configuram-se como uma poderosa ferramenta complementar aos estudos palinológicos, corroborando e reiterando informações polínicas ou mesmo incrementando dados referentes à dinâmica da vegetação pretérita quando a preservação de pólen no ambiente é escassa. Da mesma forma, podem complementar os estudos envolvendo isótopos estáveis da matéria orgânica do solo. A análise dos fitólitos permite fazer a distinção entre as gramíneas que se desenvolvem em florestas (C₃) e em campos (C₄) (LU; LIU, 2003), o que não é possível apenas com base na aplicação de técnicas isotópicas.

Os estudos sobre fitólitos no Brasil ainda são incipientes e não se encontram completamente desenvolvidos. Luz (2014), em um levantamento bibliográfico acerca das abordagens de fitólitos em plantas atuais, bem como o seu uso como dado *proxy* para a reconstrução paleoambiental, salienta que as pesquisas pioneiras pertinentes a descrição morfológica de fitólitos iniciaram-se na década de 1960 no país. Entretanto, o autor adverte que nas décadas seguintes a produção científica com essa temática tornou-se esparsa, adquirindo maior regularidade de publicação na última década.

Trabalhos pioneiros foram executados por Sendulsky e Labouriau (1966); Cavalcante (1968); Campos e Labouriau (1969); Silva e Labouriau (1970), contemplando o estudo dos corpos silicosos de gramíneas dos Cerrados e amazônicas. Outrossim, enfatiza-se recentemente as publicações de Medeanic *et al.* (2008); Medeanic *et al.* (2009), que procederam nas descrições morfológicas dos fitólitos de plantas de dunas atuais, com ampla distribuição no extremo sul do Brasil, na planície costeira do Rio Grande do Sul (RS). Raitz (2012) elaborou uma coleção de referência de fitólitos da flora do Sudoeste do Estado do Paraná, abrangendo as fitofisionomias da Floresta Ombrófila Mista e do Campo, a fim de suprir a carência de informações a respeito da produção de fitólitos pela vegetação do Brasil, além de se constituir em subsídios para estudos paleoambientais.

Os trabalhos atinentes à descrição e caracterização morfológica de fitólitos extraídos de plantas atuais são extremamente importantes para o estabelecimento de uma coleção de

referência de assembleias fitolíticas modernas. O conhecimento que se dispõe dos fitólitos produzidos em plantas atuais é imprescindível para a identificação dos morfotipos preservados como um registro fóssil, presentes em solos/sedimentos, evidenciando a necessidade dessas pesquisas como respaldo aos estudos paleoambientais.

No Brasil, a utilização dos fitólitos como indicador *proxy* na interpretação paleoambiental teve início com o trabalho de Piperno e Becker (1996). Os autores realizaram a análise de fitólitos e de carvão presentes em solos naturais no ambiente de “Terra firme” da Amazônia Central, sugerindo que a vegetação da área foi instável durante o Holoceno, com ocorrência de incêndios entre 1795 e 550 anos AP. Nas décadas subsequentes, Luz (2014) evidencia o incremento das pesquisas e um número significativo de trabalhos publicados (Tabela 2).

Nessa perspectiva, ressalta-se a pesquisa operada por Coe (2009), que inferiu a evolução da vegetação xeromórfica da região de Búzios/Cabo Frio-RJ, durante o Quaternário, tendo como indicadores os fitólitos extraídos de amostras coletadas em solos da região. Os resultados assinalaram que a vegetação não apresentou grandes variações no tipo de formação, porém os fitólitos permitiram identificar mudanças na densidade de cobertura arbórea. Assim, os dados indicam que a vegetação foi sempre de tipo pouco arbórea, caracterizada pelo desenvolvimento da floresta xeromórfica, nunca atingindo a densidade arbórea típica de florestas úmidas desde os 13.000 anos cal. AP.

Recentemente, Alcantara-Santos (2013) contribuiu para a reconstituição paleogeográfica e paleoambiental do baixo curso do rio Ivaí-PR, principalmente a partir da recuperação, identificação e quantificação de fitólitos presentes em um perfil de solo da Formação Caiuá, denominado de Trincheira Reserva, assim como em sedimentos do Terraço Ivaí, ambos localizados na região de Douradina-PR. O autor constatou condições ambientais ligeiramente mais secas que as atuais, sob o domínio de floresta em 10.195 anos cal. AP. e condições mais úmidas há pelo menos 5.963 anos cal. AP.

Por sua vez, Luz (2014) teceu as condições paleoambientais da região de Campo Mourão-PR, estudando dois testemunhos de sedimentos turfosos obtidos na planície do rio Água dos Papagaios e na planície do rio Ranchinho. A análise fitolítica e os dados isotópicos permitiram a seguinte caracterização paleoambiental na região: i) fase seca de 48.800 ± 270 anos AP. a ~ 41.146 anos cal. AP., com provável predominância de vegetação campestre (Cerrado); ii) fase menos seca que a anterior em ~ 41.146 anos cal. AP., verificando-se o adensamento da vegetação, no entanto, ainda sob condição de campo e a construção do primeiro terraço do rio Ranchinho; iii) fase seca na transição do Pleistoceno

Superior/Holoceno; iv) provável formação da base do segundo terraço no rio Ranchinho e do terraço detectado no rio Água dos Papagaios durante o Holoceno Médio (~7.280 anos cal. AP.); v) fase menos úmida por volta de 3.284 anos cal. AP. e melhoria climática desde então.

Tabela 2: Estudos sobre fitólitos como instrumento de reconstrução paleoambiental no Brasil

AUTOR(ES)	ANO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO DO TRABALHO
Piperno e Becker	1996	Vegetational History of a Site in the Central Amazon Basin Derived from Phytolith and Charcoal Records from Natural Soils
Alexandre <i>et al.</i>	1999	Late Holocene Phytolith and Carbon-Isotope Record from a Latosol at Salitre, South-Central Brazil
Lepsch <i>et al.</i>	2003	Soil phytoliths as related to some Brazilian dicotyledoneous cerrado species with asperous leaves
Lepsch e Tomba	2004	Silico-fitólitos de bambus (<i>Poacea</i>) e solos da parcela permanente do Parque Estadual Carlos Botelho, SP
Borba-Roschel <i>et al.</i>	2006	Phytoliths as indicators of pedogenesis and paleoenvironmental changes in the Brazilian <i>cerrado</i>
Lepsch e Andrade Paula	2006	Fitólitos em solos sob cerradões do triângulo mineiro: relações com atributos e silício absorvido
Paula e Silva	2006	A formação do mineral opala biogênica nos solos dos cerradões de Uberlândia
Medeanic <i>et al.</i>	2007	Palinomorfos nos sedimentos de fundo da Laguna dos Patos-RS: Aplicação nas reconstruções Paleoambientais
Calegari	2008	Ocorrência e significado paleoambiental do Horizonte A húmico em Latossolos
Coe	2009	Fitólitos como indicadores de mudanças na vegetação xeromórfica da região de Búzios/Cabo Frio, RJ, durante o Quaternário
Coe e Lepsch	2009	Silicofitólitos como indicadores de descontinuidades litológicas em três pedons da região de Búzios/Cabo Frio, RJ
Pereira	2010	Identificação de fitólitos a partir de fragmentos de carvão
Costa <i>et al.</i>	2010	Ocorrência de corpos silicosos em horizontes superficiais de solos de diferentes ecossistemas
Coe	2010	Use of a new phytolith index for identifying changes in palm tree cover density in the region of Búzios, Rio de Janeiro, Brazil
Coe <i>et al.</i>	2010	Contributions of phytolith studies on the identification of soil genesis and environmental changes in the São João

		river basin, Rio de Janeiro, Brazil
Monteiro <i>et al.</i>	2011	Primeiras considerações paleoambientais com análise de fitólitos em sedimentos turfosos nos Campos Gerais do Estado do Paraná
Fonseca <i>et al.</i>	2011	Identificação de mudanças ambientais na Bacia do Rio São João, RJ, a partir da análise de fitólitos extraídos de perfis de solo
Parolin <i>et al.</i>	2011	Reconstituição paleoambiental utilizando isótopos estáveis do C e N e fitólitos em turfeira na região de Campo Mourão/PR, Brasil
Coe <i>et al.</i>	2011	Gênese de solos e mudanças ambientais na bacia do rio São João, RJ, identificadas através do <i>proxy</i> fitólitos
Coe <i>et al.</i>	2011	Mudanças possivelmente antrópicas na cobertura vegetal na região de Búzios, Rio de Janeiro, identificadas através de análises de fitólitos
Coe <i>et al.</i>	2012	Reconstituições da vegetação e inferências de paleoclimas através da utilização dos indicadores fitólitos e isótopos de carbono – exemplos de estudos no Brasil
Gomes	2012	Contribuição para a compreensão da gênese e evolução de solos na bacia do rio São João, RJ, através de análises fitolíticas
Chueng	2012	Inferência da cobertura vegetal e das condições climáticas no Espinhaço Meridional, MG, durante o Quaternário através dos indicadores fitólitos e isótopos de carbono
Monteiro	2012	Paleoambientes indicados através da análise de fitólitos e $\delta^{13}\text{C}$ em sedimentos turfosos nos Campos Gerais do Estado do Paraná
Paisani <i>et al.</i>	2012	Dinâmica ambiental e da vegetação do Planalto das Araucárias - superfície II - no Quaternário Tardio: contribuições das análises de fitólitos, de isótopos de carbono e da mineralogia de argila
Coe <i>et al.</i>	2013	Changes in Holocene tree cover density in Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brazil): evidence from soil phytolith assemblages
Coe <i>et al.</i>	2013	Caracterização das comunidades vegetais da restinga da APA de Maricá, RJ, através de estudos de fitólitos: resultados preliminares
Coe <i>et al.</i>	2013	Inferências de mudanças ambientais através de análises fitolíticas e isotópicas na bacia do rio São João, RJ, Brasil
Chueng <i>et al.</i>	2013	Inferências paleobiogeoclimáticas na Serra do Espinhaço Meridional, MG, Brasil, através de estudos fitolíticos e

		isotópicos
Calegari <i>et al.</i>	2013	Opal phytolith extraction in oxisols
Calegari <i>et al.</i>	2013	Combining phytoliths and $\delta^{13}\text{C}$ matter in Holocene palaeoenvironmental studies of tropical soils: An example of an Oxisol in Brazil
Alcantara-Santos	2013	Paleogeografia e paleoambientes do Baixo Curso do rio Ivaí - PR
Silva	2013	Caracterização paleoambiental da região de Guarapuava-PR, a partir de sedimento de turfa: um estudo de caso
Rasbold	2013	Reconstrução paleoambiental de um depósito sedimentar em Turvo-Paraná, utilizando fitólitos, análises isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$) e datações absolutas ^{14}C
Luz	2014	Aspectos paleoambientais do Quaternário Superior na região de Campo Mourão, Paraná
Parolin <i>et al.</i>	2014	Paleoenvironmental conditions of Campos Gerais, Paraná, since the Late Pleistocene, based on phytoliths and C and N isotopes

Fonte: Adaptado e ampliado de Luz (2014)

4.5 ANÁLISES ISOTÓPICAS APLICADAS AOS ESTUDOS DE RECONSTRUÇÕES PALEOAMBIENTAIS

4.5.1 Isótopos Estáveis do Carbono

Os isótopos estáveis do Carbono (^{12}C e ^{13}C), presentes na matéria orgânica do solo (MOS) ou dos sedimentos, constituem relevantes instrumentos para avaliar a dinâmica da vegetação e inferir sobre variações paleoclimáticas. Nesse quesito, auxiliam nas reconstruções paleoambientais, principalmente quando confrontados e analisados em conjunto com outros *proxies* estudados.

Os isótopos estáveis do Carbono ocorrem naturalmente em proporções bastante distintas. Desse modo, o isótopo dominante “leve” (^{12}C), representa 98,89% do total de carbono presente na natureza, enquanto o isótopo “pesado” (^{13}C), mais raro, perfaz apenas 1,11% (PESSENDA *et al.*, 2005). Durante os processos físicos, químicos e biológicos atuantes na formação dos compostos de Carbono (orgânicos e inorgânicos) pode ocorrer o fracionamento isotópico, isto é, a razão isotópica ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) do produto final, sendo diferente da fonte que lhe deu origem (PESSENDA, 2010). Nas plantas, há discriminação dos isótopos do Carbono nos processos biológicos da fotossíntese, permitindo distinguir entre plantas de

ciclo fotossintético C₃, C₄ e CAM. A variação entre os isótopos de Carbono nas plantas e na matéria orgânica do solo é relativamente pequena, sendo que os materiais mais enriquecidos (com maior concentração em ¹³C) diferem dos menos enriquecidos (com menor concentração em ¹³C) em torno de 2% ou 20 partes por mil (BOUTTON, 1991).

Os resultados da razão isotópica ¹³C/¹²C são expressos pela unidade δ¹³C, determinada em relação ao padrão internacional PDB (molusco fóssil *Belemnitella americana* da Formação Peedee da Carolina do Sul, EUA). A razão isotópica da amostra é então comparada com a razão isotópica padrão, conforme exposto pela seguinte equação:

$$\delta^{13}C_{PDB} (\text{‰}) = \left[\frac{R_{amostra} - R_{padr\tilde{a}o}}{R_{padr\tilde{a}o}} \right] \times 1000$$

Onde R = ¹³C/¹²C

Valores mais negativos de δ¹³C indicam uma composição isotópica da amostra mais empobrecida em ¹³C em relação ao padrão, ocorrendo o oposto quando os valores são maiores e, portanto, apontam para sinais isotópicos mais enriquecidos. Assim, plantas de ciclo fotossintético C₃, caracterizadas predominantemente por vegetação arbórea, podendo, entretanto, ocorrer espécies de gramíneas adaptadas a condições mais úmidas que também realizam este ciclo, discriminam mais ¹³C durante o processo de fotossíntese que plantas C₄, apresentando valores mais empobrecidos de δ¹³C, que variam de -22‰ a -32‰, com uma média de -27‰. Representam aproximadamente 85% das espécies de plantas. Em contrapartida, plantas de ciclo fotossintético C₄ são representadas, preponderantemente, por gramíneas tropicais e subtropicais, geralmente correlacionadas à ambientes com altas temperaturas e luminosidade, predominando em regiões de savanas. Durante a fotossíntese, plantas C₄ discriminam menos ¹³CO₂ e, dessa forma, têm valores isotópicos mais enriquecidos, entre -17‰ a -9‰, com uma média de -13‰. Compreendem somente 5% de todas as espécies de plantas (BOUTTON, 1991; 1996).

Portanto, plantas dos ciclos C₃ e C₄ possuem valores isotópicos que diferem entre si em aproximadamente 14‰, tornando possível a reconstrução da sucessão vegetacional no decorrer do tempo geológico (PESSENDA, 2010). Já as plantas CAM, consistem em cerca de 10% de todas as espécies de plantas, com representantes das famílias Cactaceae, Euphorbiaceae e Bromeliaceae. Dependendo das condições ambientais, apresentam valores de δ¹³C que variam de -28‰ a -10‰ (BOUTTON, 1991; 1996).

Diversos estudos utilizando as análises isotópicas para a reconstrução paleoambiental foram desenvolvidos no Brasil e podem ser verificados nos trabalhos de Pessenda *et al.* (1996a), Pessenda *et al.* (1996b), Pessenda *et al.* (1998), Pessenda *et al.* (2004), Pessenda *et al.* (2005), Pessenda *et al.* (2010).

No entanto, vale ponderar que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ não expressam adequadamente a densidade arbórea, visto que plantas C_3 incluem vários táxons, além das dicotiledôneas lenhosas (ALEXANDRE *et al.*, 1999). Nesse prisma, ressalta-se o emprego da análise fitolítica, a qual permite distinguir entre gramíneas C_3 e C_4 , interpretando-se os valores de $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica do solo como predominância de floresta (vegetação fechada) ou campos caracterizados pelo desenvolvimento de gramíneas C_3 (COE, 2009).

4.5.2 Isótopos Estáveis do Nitrogênio e razão C/N

Os isótopos estáveis do Nitrogênio (^{14}N e ^{15}N) presentes na matéria orgânica sedimentar, aliado a razão C/N, também são ferramentas importantes que auxiliam nas reconstruções paleoambientais, de modo que, igualmente foram empregados neste estudo. O valor de $\delta^{15}\text{N}$ é obtido a partir da razão $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ dos reservatórios de nitrogênio disponíveis tanto para plantas aquáticas quanto terrestres. A diferença entre as fontes de nitrogênio é preservada na matriz e expressa na unidade δ (‰), sendo que o padrão é o nitrogênio atmosférico (N_2), conforme a equação:

$$\delta^{15}\text{N}(\text{‰}) = \left[\frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \right] \times 1000$$

Onde $R = ^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$

A matéria orgânica produzida por algas apresenta valor de $\delta^{15}\text{N}$ de +8,5‰ e em plantas C_3 terrestres de +0,5‰ (PETERSON; HOWARTH, 1987; MEYERS, 2003). A razão C/N permite distinguir dois tipos de material quanto à sua origem: i) material orgânico com pouca ou sem estrutura celulose, produzido por algas e fitoplâncton, possui razão C/N que varia entre 4 e 10; ii) material orgânico contendo lignina e celulose, originado a partir de plantas terrestres, apresenta razão $\text{C/N} \geq 20$ (MEYERS; ISHIWATARI, 1993; MEYERS, 1994).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 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), durante uma campanha realizada na planície aluvial do rio Iapó, próximo ao centro urbano de Castro, na região Centro-Oriental do Estado do Paraná. Vale destacar que a coleta do material foi operada preferencialmente em área com potencial para a preservação de bioindicadores fósseis, tais como espículas de esponjas e fitólitos, no caso os ambientes turfáceos, presentes na região estudada. 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 (Figura 11). Para tanto, a procura de esponjas ocorreu preferencialmente nos locais próximos de corredeiras e encachoeirados, pois são os ambientes mais propícios à presença desses organismos bênticos (VOLKMER-RIBEIRO, 1985).



Figura 11: Levantamentos da fauna de esponjas de água doce no leito do rio Iapó.
Foto: Acervo da autora.

Os exemplares vivos de esponjas detectados durante as campanhas de amostragem no rio Iapó, foram recolhidos e postos para secar sobre o substrato rochoso em que a esponja se fixou. Na sequência, procedeu-se ao tratamento químico no Lepafe, para a identificação taxonômica dos espécimes coletados em campo.

5.2 PROTOCOLOS LABORATORIAIS

O testemunho sedimentar recuperado na planície do rio Iapó foi separado em amostras de 3 cm. O material foi processado no Lepafe, ressaltando que para a extração e detecção dos microfósseis compostos de sílica biogênica, como as espículas de esponjas continentais e os fitólitos, empregou-se a metodologia padrão para recuperação polínica, conforme técnica descrita por Faegri e Iversen (1975). Dessa forma, o tratamento químico consistiu no aquecimento das amostras com hidróxido de potássio (10%). Aplicou-se o método de separação entre as substâncias inorgânicas e orgânicas através de líquido denso (solução aquosa de cloreto de zinco de densidade $2,3\text{g/cm}^3$). O conteúdo sobrenadante foi lavado inúmeras vezes com água destilada, agilizando o processo via centrifugação, para a eliminação completa do líquido denso. Em seguida, foram montadas lâminas de microscopia com 50 μl do material processado, secas em chapa térmica e, após esfriarem, cobertas com Entellan® e lamínula.

Em que pese o fato desse método ser descrito para os estudos palinológicos dos sedimentos, do mesmo modo revelou resultados satisfatórios para a análise do conteúdo micropaleontológico de sílica, permitindo a sua recuperação e identificação. Nesse sentido, Medeanic *et al.* (2008), ao estudar os fitólitos em gramíneas de Dunas no extremo sul da planície costeira do Rio Grande do Sul (RS), registrou esses corpos silicosos presentes em sedimentos holocênicos da região, analisando as mesmas lâminas palinológicas utilizadas para avaliação dos palinomorfos em estudos precedentes (MEDEANIC, 2004, 2006; MEDEANIC *et al.*, 2007).

Não obstante, as possibilidades de registrar fitólitos em estudos palinológicos e evitar a destruição de subfósseis de sílica surgiram como resultado do tratamento químico das amostras sem emprego de ácido fluorídrico (MEDEANIC *et al.*, 2008). A autora complementa que, em alguns casos, mesmo diante da metodologia padrão para recuperação polínica, os fitólitos podem ser mais abundantes do que os pólenes e esporos de plantas terrestres e aquáticas vasculares. O mesmo pode se verificar para as espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas, comumente encontradas nas lâminas observadas no presente estudo.

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 a 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. No que se refere ao levantamento florístico da área estudada, ressalta-se que foi feita a coleta de material botânico e, posteriormente a sua identificação com base na coleção de referência do Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus de Campo Mourão – HCF.

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 esponjas foram examinadas em lupa, visando à detecção de gêmulas. Desse modo, retiraram-se fragmentos da parede esquelética contendo gêmulas, as quais foram depositadas

em tubos de ensaio e fervidas com ácido nítrico (65%). Para a estabilização do pH em valores básicos (7), as amostras foram lavadas diversas vezes com água destilada, agilizando o processo via centrifugação. O material resultante foi pingado sobre lâminas (50µl), que foram secas em chapa térmica e, após esfriarem, cobertas com Entellan® e lamínula.

5.3 DATAÇÕES ^{14}C , ANÁLISES ISOTÓPICAS DE $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ E RAZÃO C/N

As datações por ^{14}C e análise do conteúdo isotópico ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) das amostras sedimentares coletadas na planície aluvial do rio Iapó, 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*) (REIMER *et al.*, 2009). 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 .

De posse dos dados de Carbono e Nitrogênio presentes na matéria orgânica sedimentar é possível obter a relação C/N. A identificação da origem da matéria orgânica é realizada por meio da razão entre esses dois elementos, uma vez que representa a proporção de C e N requerida pelo produtor primário para realização de fotossíntese (NAZÁRIO, 2008).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 TESTEMUNHO DO RIO IAPÓ

O testemunho de sondagem amostrado na planície do rio Iapó, próximo à cidade de Castro, refere-se a um depósito sedimentar de característica turfosa. Vale destacar que a presença de ambientes turfáceos já fora observada nos Campos Gerais por Guerreiro (2011b) e Guerreiro *et al.* (2012), que evidenciaram a formação de extensos campos de turfa na planície aluvial do Alto Tibagi, ocupando toda faixa marginal do rio, especialmente junto à rede de drenagem e cuja gênese está relacionada às condições paleoambientais resultantes de mudanças paleoclimáticas quaternárias.

Em sua pesquisa, Guerreiro (2011b) estudou um afloramento turfoso na margem esquerda do rio das Mortes (afluente da margem direita do alto curso do rio Tibagi), situado próximo à cidade de Ponta Grossa, nos Campos Gerais, acerca de 47 km ao sul da área de

estudo. O depósito analisado pelo autor constitui-se de uma turfeira de 12 km de extensão, cobrindo área de 10 km², resultante de uma antiga drenagem do rio Tibagi, entalhada pelo atual canal meandrante e seus afluentes, gerando afloramentos. Datações por ¹⁴C sugerem que a deposição da turfeira ocorreu por volta de 3.220 anos AP., período em que o nível de base local do rio Tibagi estava mais elevado que o atual, ao passo que o soterramento e entalhe do campo de turfa foi posterior a 1.340 anos AP.

No Estado do Paraná, estudos realizados pela Mineropar (1982), atestam a presença de ambientes turfáceos em quatro regiões principais: a) vale do alto rio Iguaçu, na região de Curitiba, Tijucas do Sul e Rio Negro; b) vale do alto rio Iapó e Tibagi, entre Ponta Grossa e Jaguariaíva; c) vale do baixo rio Ivaí e médio Paraná e d) região de Palotina.

Em geral, a formação dos depósitos de turfa está associada a ambientes saturados de água em grande parte do ano, como pântanos, brejos, várzeas e banhados em planícies de inundação. As turfeiras constituem depósitos de natureza orgânica, gerados a partir da decomposição incompleta de restos vegetais em ambiente saturado de água sazonalmente, capaz de criar condições anaeróbicas de desenvolvimento (SILVA, 1995; HORÁK, 2009). Assim, devido as suas características intrínsecas, os ambientes turfáceos tornam-se objeto de interesse nos estudos de reconstrução ambiental e climática, uma vez que formam condições anóxicas e/ou deposicionais, favoráveis para a preservação de bioindicadores fósseis passíveis de utilização na interpretação paleoambiental.

6.1.1 Granulometria e datação absoluta

O testemunho de sondagem estudado (Figura 12) 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 12). 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.

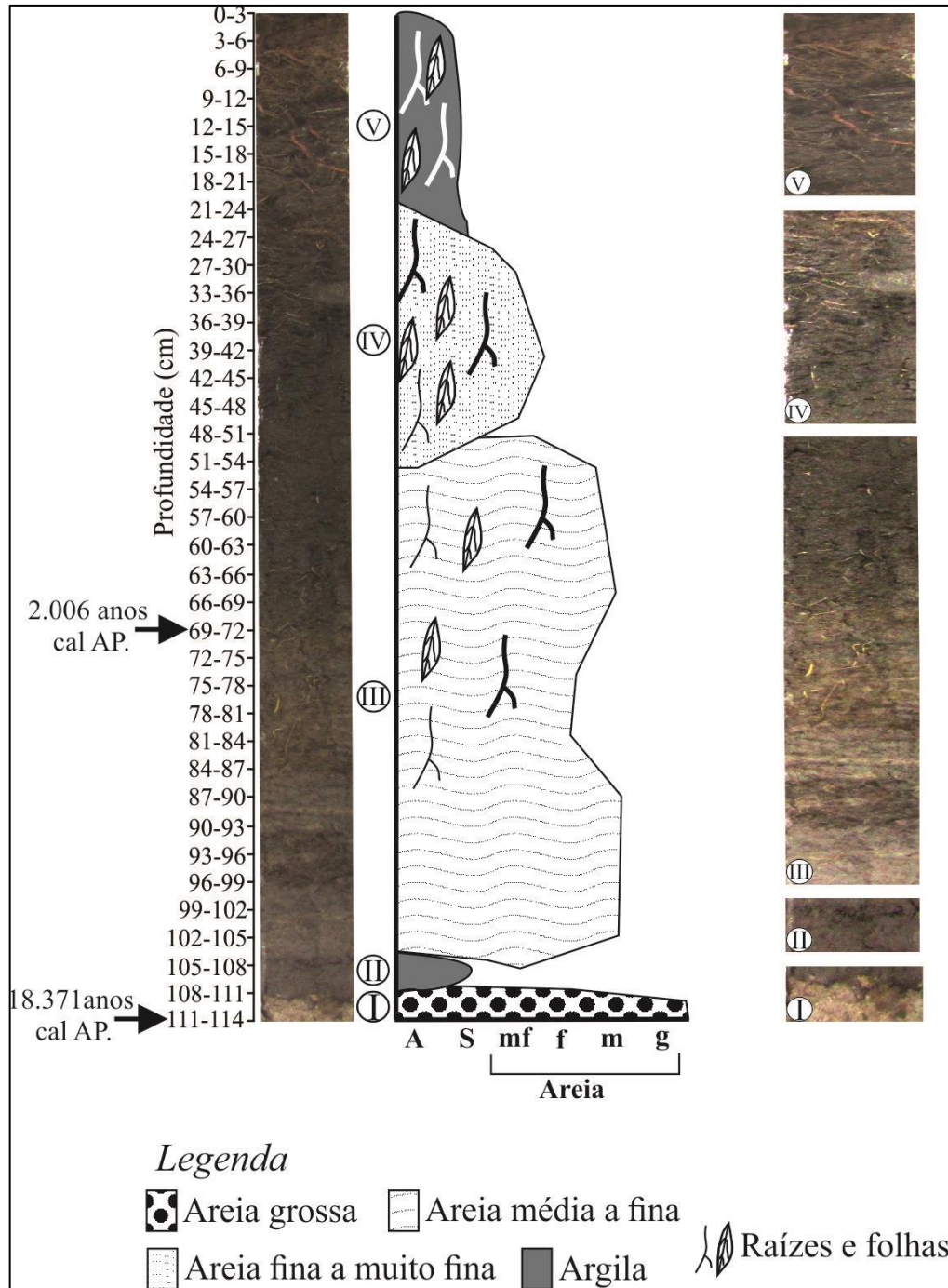


Figura 12: Perfil sedimentar obtido na planície do rio Iapó: datação (^{14}C), granulometria e fácies sedimentares.

A camada de areia grossa é superposta por 4 centímetros de argila maciça acinzentada disposta sobre contato abrupto (II na Figura 12). 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 12, Tabela 3). 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.

Tabela 3: 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 contem parte da história, no entanto não há datação para confirmar quando sua deposição ocorreu.

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

O testemunho sedimentar da planície do rio Iapó revelou resultados positivos para a ocorrência de espículas de esponjas continentais, frústulas de diatomáceas e fitólitos, que apresentaram variação de frequência ao longo do perfil. A análise do conteúdo espicular em amostras de sedimentos turfosos permitiu a identificação, via gemoscleras, por vezes, microscleras, das seguintes espécies de esponjas de água doce: a) *Radiospongilla amazonensis* Volkmer-Ribeiro e Maciel, 1983; b) *Trochospongilla variabilis* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1973; c) *Oncosclera jewelli* Volkmer, 1963 e o gênero d) *Corvoheteromeyenia* sp. Ezcurra de Drago, 1979 (Figura 13). As frústulas de diatomáceas (Figura 13) foram reconhecidas e quantificadas, porém não se efetuou a identificação

taxonômica, fato que não inviabiliza a sua utilização como um dado *proxy* de interpretação paleoambiental, pois em conjunto com as espículas de esponjas e demais *proxies* avaliados, podem contribuir nas inferências sobre as condições ambientais e climáticas pretéritas.

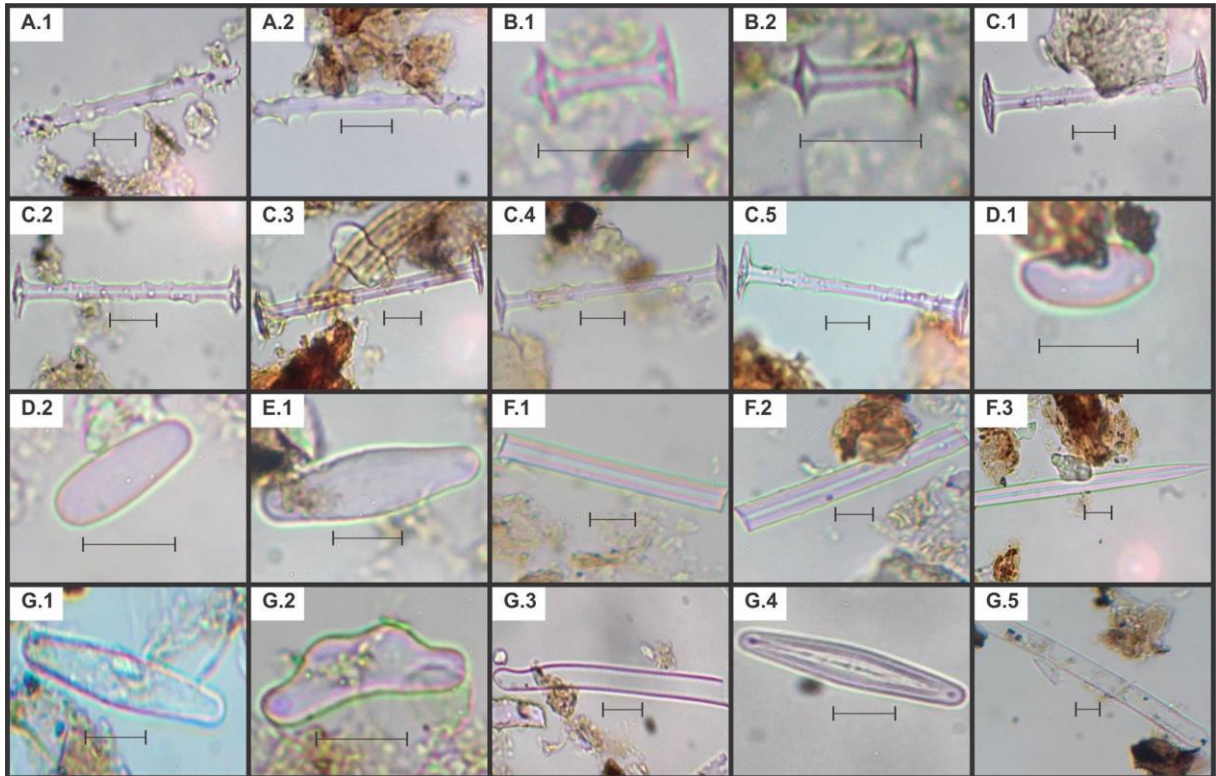


Figura 13: Fotomicrografias das espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas presentes no testemunho recuperado na planície do rio Iapó. A.1, A.2 – Gemoscleras de *R. amazonensis*; B.1, B.2 – Gemoscleras de *T. variabilis*; C.1, C.2, C.3, C.4, C.5 – Gemoscleras de *Corvoheteromeyenia* sp.; D.1, D.2, 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 visualizados 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 14).

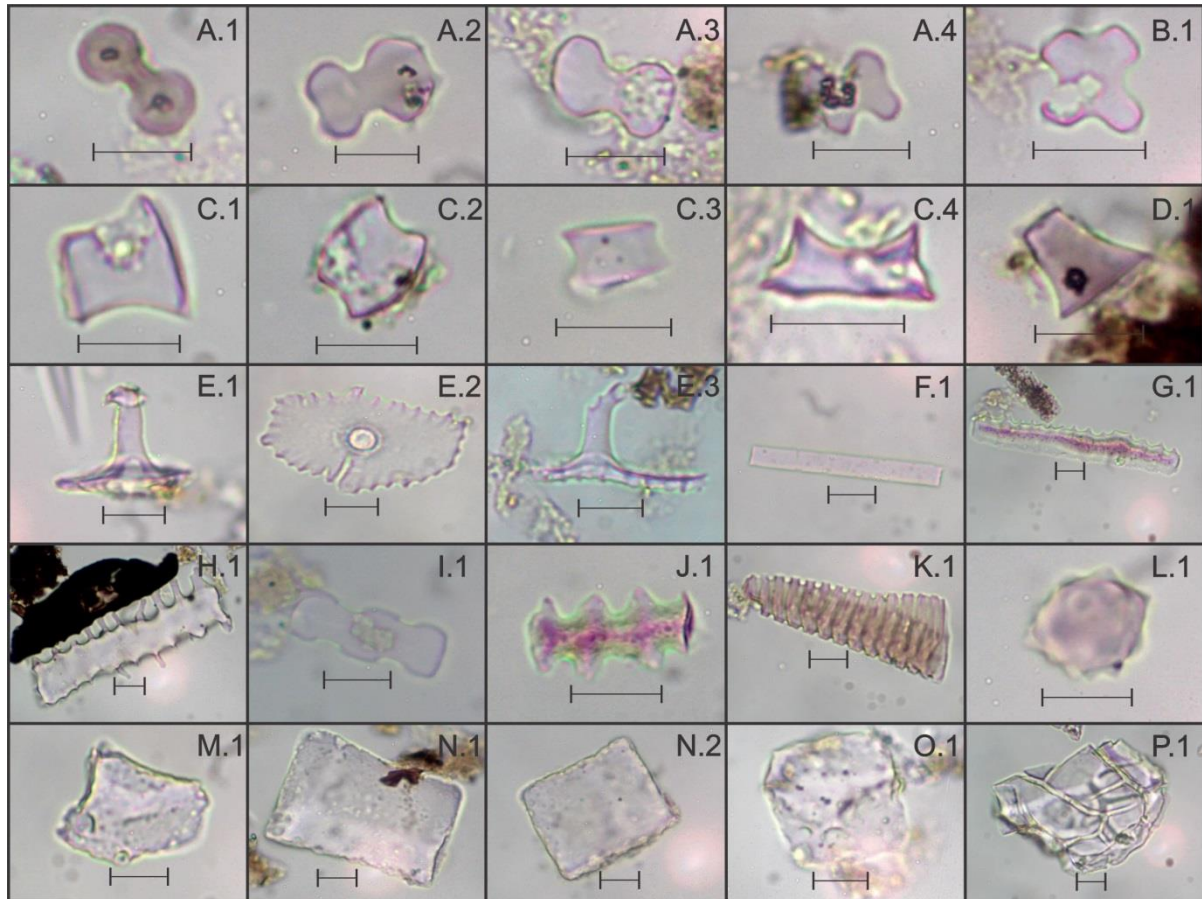


Figura 14: Fotomicrografias dos morfotipos de fitólitos presentes no testemunho recuperado na planície do rio Iapó. A.1, A.2, A.3, A.4 – *Bilobate*; B.1 – *Cross*; C.1, C.2, C.3, C.4 – *Saddle*; D.1 – *Rondel*; E.1, E.2, E.3 – *Cone shape*; F.1 – *Elongate psilate*; G.1 – *Elongate echinate*; H.1 – *Dendritic*; 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 4. 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 4: 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 15).

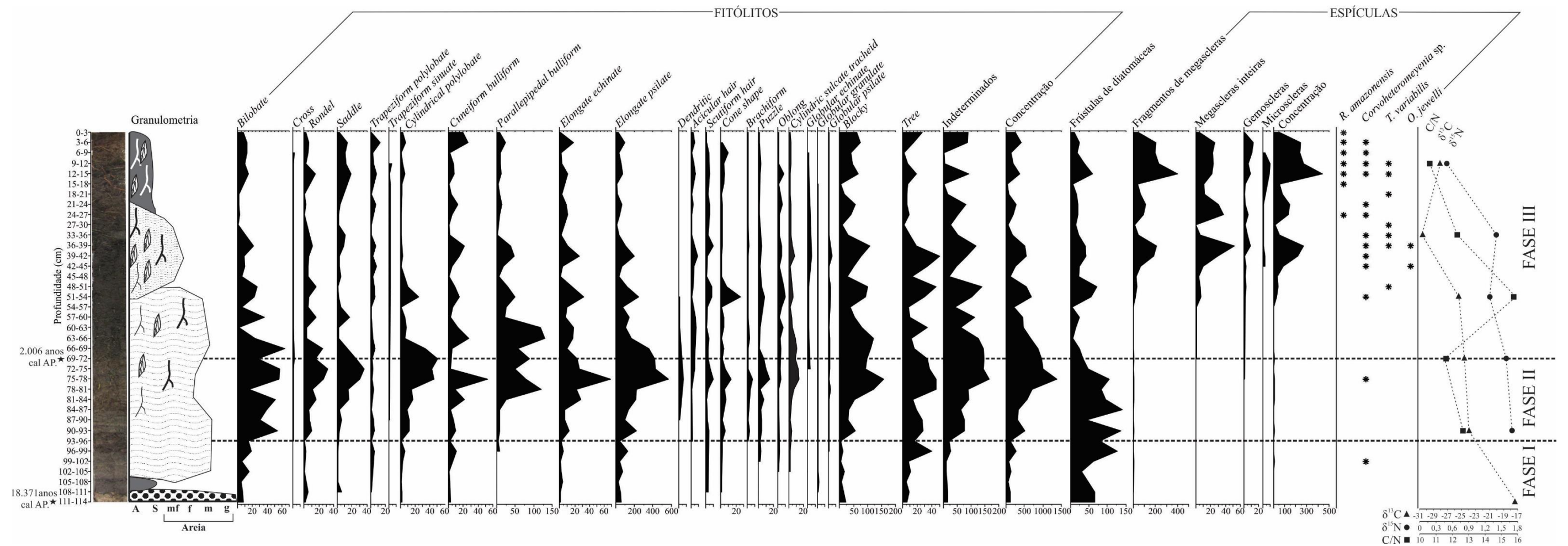


Figura 15: Resultados de datação (^{14}C), foto do testemunho, granulometria, quantificação dos fitólitos por morfotipos, índice de concentração fitolítica, quantificação das frústulas de diatomáceas, quantificação das espículas de esponjas conforme as categorias de megascleras (fragmentadas e inteiras), gemoscleras 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.*, 2012; 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.

Contudo, a parte basal, de areia grossa, não apresenta 9 formas de fitólitos, das quais, 4 também estão ausentes no pacote argiloso (Figura 15) e o $\delta^{13}\text{C}$ é elevado (Tabela 4). Além disso, a maioria das demais formas é mais frequente no topo, assim como a concentração dos fitólitos e a quantidade de frústulas de diatomáceas. 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-lóticos ou lóticos, 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).

O gênero *Corvoheteromeyenia* possui duas espécies descritas até o momento, sendo: *C. australis* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1966 e *C. heterosclera* Ezcurra de Drago, 1974. No Brasil, a espécie *C. australis* teve seu primeiro registro de ocorrência no Parque Estadual Delta do Jacuí, no Estado do Rio Grande do Sul, integrando uma assembleia de esponjas aderidas às partes submersas da vegetação de macrófitas (TAVARES *et al.*, 2003). Machado (2009) informou pela primeira vez a presença de espículas dessa espécie em comunidade formadora de espongilitos na região do Paleolago Cemitério, município de Catalão, no Estado de Goiás.

A espécie *C. heterosclera*, descrita para o nordeste do Brasil, foi detectada até o presente para os lagos temporários dos lençóis maranhenses em Tutóia e Santo Amaro, no Estado do Maranhão (VOLKMER-RIBEIRO *et al.*, 1999), em lagoas rasas, entre dunas, situado na faixa tropical e considerada indicadora de ambiente costeiro na América do Sul (VOLKMER-RIBEIRO; MACHADO, 2007). Volkmer-Ribeiro e Pauls (2000) relataram a ocorrência de *C. heterosclera* para ambientes de água doce da Venezuela, salientando que a espécie em questão pode ser encontrada tanto em ambientes lênticos como lóticos, ainda que tenha como habitat preferencial águas com pouca corrente e substrato vegetal imerso. Mais recentemente, o gênero foi identificado por Silva *et al.* (2012) na região de Iguape, Estado de São Paulo, no sudeste do Brasil, por meio de espículas presentes em sedimentos turfosos e que permitiram detalhar as mudanças paleoambientais na área que compreende o baixo curso do rio Ribeira de Iguape.

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 C₄, 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; THORP, 1996) e teria atingido seu clímax entre 20.000 e 13.000 anos AP. (SUGUIU, 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.* (1996a) e 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, 1994, 2000), 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) e Moro *et al.* (2004) efetuaram 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 mesgasclera 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 (BREMONT, 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 12 e 15).

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 12) 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; KONDO *et al.*, 1994; WALLIS, 2003).

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 12) 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 lântico (*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 (gemoscлерas), vale salientar que a espécie *T. variabilis* habita preferencialmente ambientes lânticos, 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; 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 lântica.

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 gemoscлерas 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; 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; MOTTA, 1995; VOLKMER-RIBEIRO, 1999; VOLKMER-RIBEIRO *et al.*, 1998; CÂNDIDO *et al.*, 2000). 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 lântico com maior tempo de residência da água (VOLKMER-RIBEIRO; 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; 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, 1994a, 1994b) 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 (2011b), 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, bordado 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 16 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. A análise dos *proxies* utilizados na pesquisa por ora apresentada possibilitou o reconhecimento de variações ou mudanças paleoambientais do rio Iapó, em que as feições de meandro abandonado ou paleocanais que atualmente constituem a planície são importantes indícios das alterações ocorridas na área. Os dados de fitólitos, em conjunto com as interpretações dos valores de $\delta^{13}\text{C}$, permitiram inferir que não houve mudanças significativas no tipo de formação vegetal dominante desde 18.371 anos cal. AP., tendo em vista a mistura de padrões característicos de vegetação aberta e

florestas, todavia com tendência para a predominância de campos na base do testemunho sedimentar, durante o Pleistoceno Superior ($\delta^{13}\text{C} = -17,3\text{‰}$).

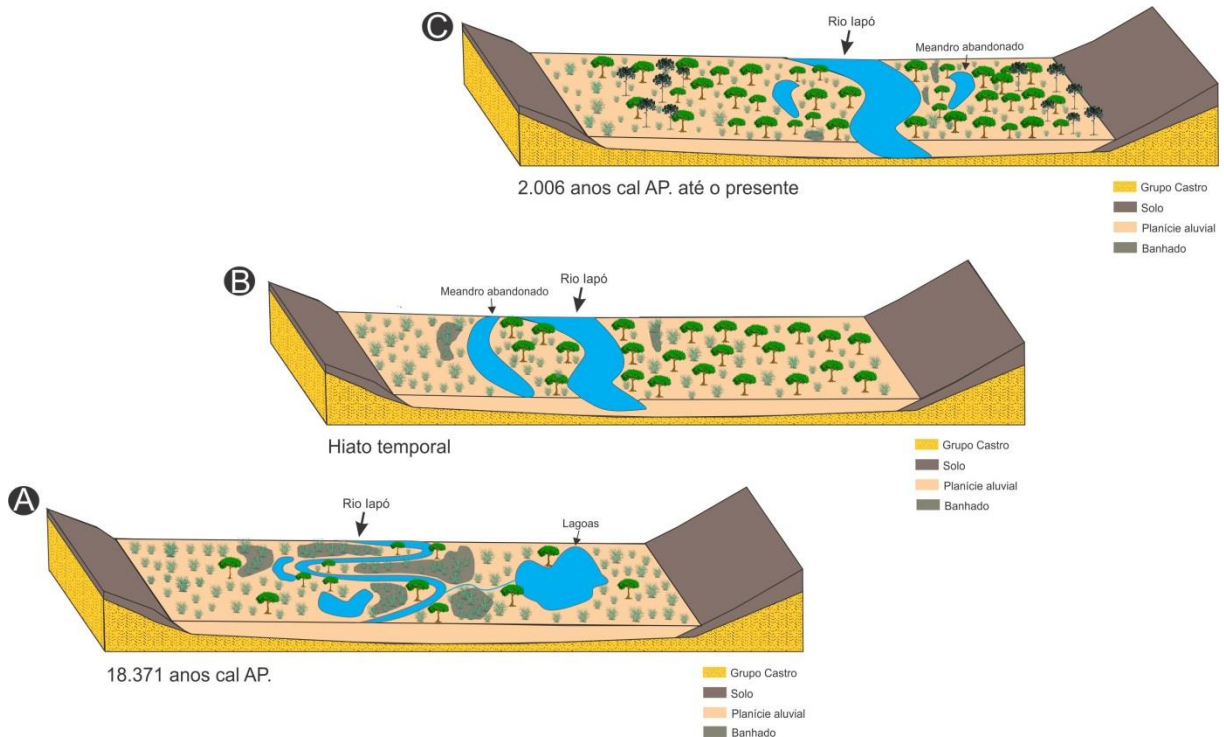


Figura 16: Evolução paleoambiental da planície do rio Iapó. A – Presença de canal ativo, desenvolvido em meio à vegetação aberta, com lagoas, charcos ou banhados na planície. B – Abandono de canal e início da formação de um meandro abandonado. C – Condições paleoclimáticas próximas às atuais na região, 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.

6.1.3 Esponja atual

Durante as campanhas para a coleta de esponjas atuais no rio Iapó, foram identificados exemplares vivos da espécie *Oncosclera schubarti* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1967 aderidos em substrato rochoso, situados em locais próximos de corredeiras e encachoeirados, no trecho que compreende a planície aluvial, no alto-médio curso do rio Iapó (Figura 17). A espécie foi descrita com ocorrência, primeiramente, no arroio Cuñá Pirú, na província de Misiones, Argentina, com redescritção no curso superior dos rios Paraná e Paraguai por Batista e Volkmer-Ribeiro (2002). Ressalta-se que a espécie *O. schubarti* foi detectada no rio Mourão por Alcantara-Santos e Parolin (2011), sendo o primeiro registro para o Estado do Paraná, com segundo registro no Estado por Luz e Parolin (2011), que identificaram a espécie na bacia do rio Corumbataí.

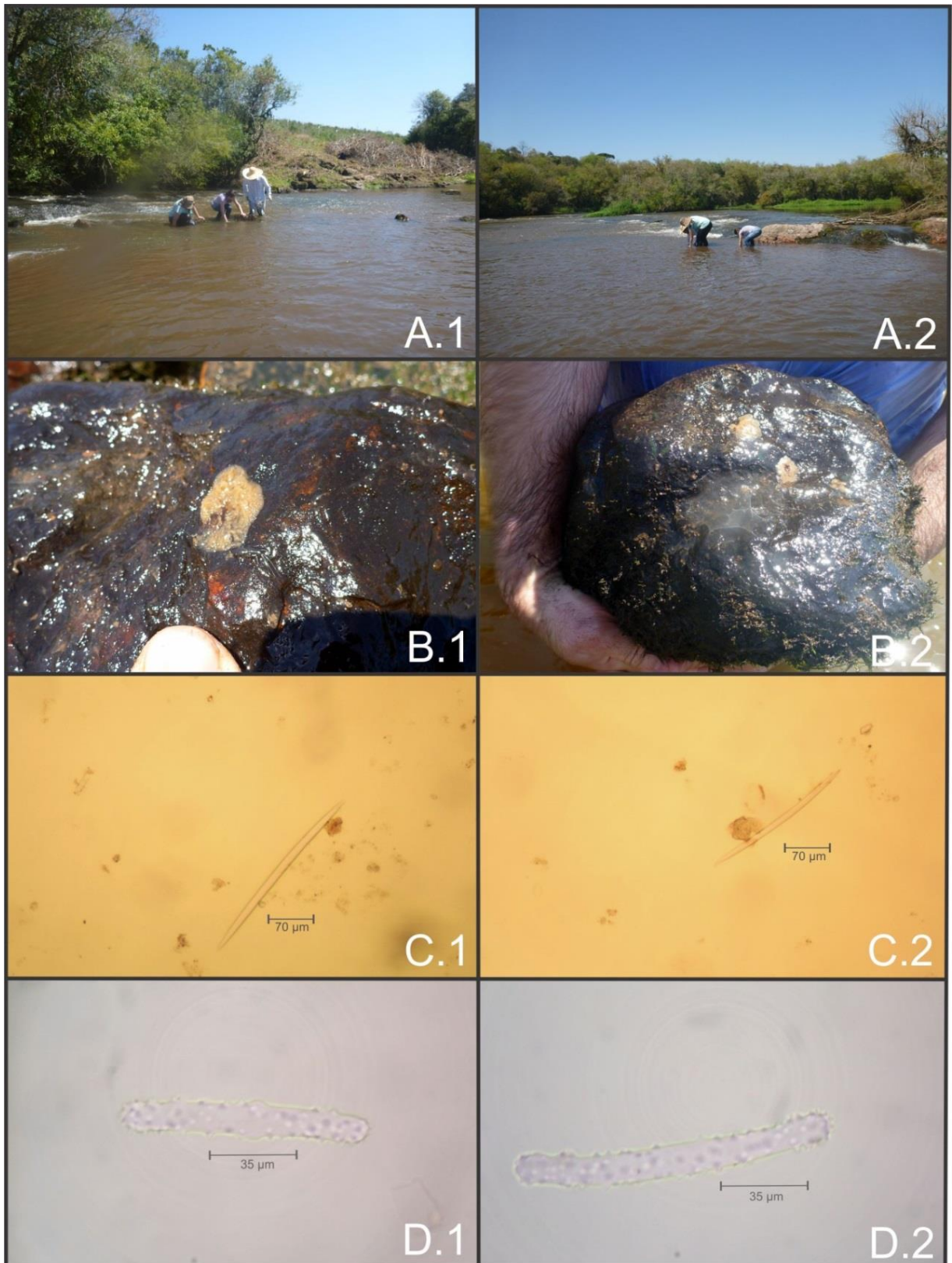


Figura 17: A.1, A.2 – Levantamentos da fauna espongiológica atual no leito do rio Iapó; B.1, B.2 – Exemplar vivo de esponja incrustado em substrato rochoso; C, D – Fotomicrografias dos conjuntos espiculares característicos da espécie *Oncosclera schubarti*: C.1, C.2 – megascleras; D.1, D.2 – gemoscleras.

7. 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. A análise do conteúdo micropaleontológico de espículas de esponjas continentais, fitólitos e quantificação de frústulas de diatomáceas, correlato ao uso de técnicas isotópicas, com a determinação dos valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ e razão C/N, bem como a realização de datações absolutas (^{14}C) e análises granulométricas do testemunho sedimentar, o qual obteve 114 cm de profundidade, na margem esquerda do rio, permitiram caracterizar três fases de evolução paleoambiental para a área de estudo, no intervalo de tempo que compreende o Pleistoceno Superior e Holoceno. Entretanto, deve ser considerado que a pesquisa mostra um hiato temporal de 16.365 anos cal. AP. 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.

Os resultados obtidos sugerem: 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.

Os dados de fitólitos, em conjunto com as interpretações dos valores de $\delta^{13}\text{C}$, assinalam que não houve mudanças significativas no tipo de formação vegetal dominante desde 18.371 anos cal. AP. na região, tendo em vista a mistura de padrões característicos de vegetação aberta e florestas, todavia com tendência para a predominância de campos na base do testemunho sedimentar, durante o Pleistoceno Superior ($\delta^{13}\text{C} = -17,3\text{‰}$).

A utilização de espículas de esponjas como principal *proxy* de interpretação paleoambiental foi imprescindível na inferência sobre as condições e processos que atuaram na modificação da paisagem regional, revelando resultados satisfatórios para a reconstrução

da dinâmica do ambiente pretérito. A correlação com outros *proxies* analisados na presente pesquisa, permitiu o maior detalhamento e precisão das informações pertinentes as mudanças paleoambientais ocorridas na área de estudo, demonstrando a viabilidade do uso dessas ferramentas em trabalhos de reconstituição paleoambiental. No entanto, vale ressaltar a necessidade de pesquisas mais abrangentes, envolvendo a elaboração de uma coleção completa de referências, tanto de espículas de esponjas quanto de fitólitos atuais, para a identificação das estruturas preservadas em depósitos sedimentares, constituindo um importante subsídio aos estudos paleoambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSY, M. L.; CLEEF, A.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SERVANT, M.; SIFFEDDINE, A.; FERREIRA DA SILVA, M.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B.; VAN DER HAMMEN, T. Mise en évidence de quatre phases d'ouverture de la forêt dense dans le sud-est de l'Amazonie au cours des 60000 dernières années. Première comparaison avec d'autres régions tropicales. **Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris**, v. 312, p. 673-678, 1991.

ALCANTARA-SANTOS, J. C. **Paleogeografia e paleoambientes do Baixo Curso do rio Ivaí-Pr**. 2013. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

ALCANTARA-SANTOS, J. C.; PAROLIN, M. Distribuição de esponjas continentais no rio Mourão. **Revista GEOMAE**, Campo Mourão, v. 2, n. 1, p. 13-22, 2011.

ALEXANDRE, A., MEUNIER, J.-D., LÉZINE, A.-M., VINCENS, A., SCHWARTZ, D. Phytoliths: indicators of grassland dynamics during the late Holocene in intertropical Africa. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 136, n. 1-4, p. 213-229, 1997a.

ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J.-D.; COLIN, F.; KOUD, J. M. Plant impact on the biogeochemical cycle of silicon and related weathering processes. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 61, n. 3, p. 677-682, 1997b.

ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J.-D.; MARIOTTI, A.; SOUBIES, F. Late Holocene Phytolith and Carbon-Isotope Record from a Latosol at Salitre, South-Central Brazil. **Quaternary Research**, v. 51, n. 2, p.187-194, 1999.

ALMEIDA, A. C. S.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; VARAJÃO, A. F. D. C.; GOMES, N. S.; VARAJÃO, C. A. C. Espículas de esponjas continentais nos sedimentos cenozóicos do noroeste de Minas Gerais, como indicadores paleoambientais. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 12, n. 2, p. 123-138, 2009.

BARBONI, D.; BONNEFILLE, R.; ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D. Phytoliths as paleoenvironmental indicators, West Side Middle Awash Valley, Ethiopia. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 152, p. 87-100, 1999.

BARBOSA, A. S.; RIBEIRO, M. B.; SHIMITZ, P. I. Cultura e ambiente em áreas de cerrado do sudoeste de Goiás. In: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado – caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora da UNB, p. 67-100, 1990.

BATISTA, T. C. A.; VOLKMER-RIBEIRO, C. Comunidades de esponjas do curso superior dos rios Paraná (Goiás) e Paraguai (Mato Grosso), Brasil, com redescritção de *Oncosclera schubarti* (Bonetto & Ezcurra de Drago). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 1, p. 123-136, 2002.

BATISTA, T. C. A.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; DARWICH, A.; ALVES, L. F. Freshwater sponges as indicators of floodplain lake environments and of river rocky bottoms in Central Amazonia. **Amazoniana**, Kiel, v. 17, n. 3/4, p. 525-549, 2003.

BEHLING, H. 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**, Amsterdam, v. 97, p. 109-121, 1997.

BEHLING, H.; LICHTÉ, M. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical Southeastern Brazil. **Quaternary Research**, v. 48, n. 3, p. 348-358, 1997.

BEHLING, H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 177, n. 1, p. 19-27, 2002.

BIGARELLA, J. J.; PAROLIN, M. Aspectos Geográficos e Geológicos do Estado do Paraná. In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. (Orgs.). **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, p. 1-42, 2010.

BIGARELLA, J. J. Variações climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo Método do Carbono 14. **Paleoclimas**, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, n.1, p.1-22, 1971.

BLINNIKOV, M.; BUSACCA, A.; WHITLOCK, C. Reconstruction of the late Pleistocene grassland of the Columbia basin, Washington, USA, based on phytolith records in loess. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 177, n.1-2, p. 77-101, 2002.

BONETTO, A. A.; EZCURRA DE DRAGO, I. Aportes al conocimiento de las esponjas del Orinoco. **Physis**, v. 32, n. 84, p. 19-27, 1973.

BONETTO, A. A.; EZCURRA DE DRAGO, I. El género *Spongilla* Lamarck en el río Uruguay. **Physis**, Buenos Aires, v. 27, n. 75, p. 429-436, 1968.

BONETTO, A. A.; EZCURRA DE DRAGO, I. Esponjas de los afluentes del alto Parana en la Provincia de Misiones. **Acta Zoologica Lilloana**, v. 27, p. 37-61, 1970.

BONETTO, A. A.; EZCURRA DE DRAGO, I. Notas sistematicas sobre el genero *Uruguayia* Carter (Porifera, Spongillidae). **Physis**. Buenos Aires, v. 28, n. 77, p. 351-357, 1969.

BONETTO, A. A.; EZCURRA DE DRAGO, I. Nuevos aportes al conocimiento de las esponjas argentinas. **Physis**. Buenos Aires, v. 26, n. 71, p. 129-140, 1966.

BORBA-ROSCHÉL, M.; ALEXANDRE, A.; VARAJÃO, A. F. D. C.; MEUNIER, J. D.; VARAJÃO, C. A. C.; COLIN, F. Phytoliths as indicators of pedogenesis and paleoenvironmental changes in the Brazilian *cerrado*. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 88, n. 1, p. 172-176, 2006.

BOURY-ESNAULT, N.; VOLKMER-RIBEIRO, C. Las esponjas. In: DEJOUX, C.; ILTIS, A. (Eds.). **El lago Titicaca, síntesis del conocimiento limnológico actual**. La Paz: O.R.S.T.O.M. e Instituto de Historia Social Boliviana, p. 305-310, 1991.

BOUTTON, T. W. Stable carbon isotope ratios of natural materials. II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environmental. In: COLEMAN, D. C.; FRY, B. (Eds.). **Carbon isotope techniques**. New York: Academic Press, p. 173-185, 1991.

BOUTTON, T. W. Stable carbon isotope ratios of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: BOUTTON, T. W.; YAMASAKI, S. I. (Eds.). **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker, p. 47-82, 1996.

BOWERBANK, J. S. A monograph of the Spongillidae. **Proceedings of the Zoological Society of London**, p. 440-472, 1863.

BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; HÉLY, C.; GUIOT, J. 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**, v. 45, n. 4, p. 277-293, 2005a.

BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; PEYRON, O.; GUIOT, J. Grass water stress estimated from phytoliths in West Africa. **Journal of Biogeography**, v. 32, p. 311-327, 2005b.

BREMOND, L. **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**. 2003. 199 f. Thèse (Geosciences de l'environnement) – Université de Droit, d'Économie et des Sciences d'Aix-Marseille. Aix-Marseille III, 2003.

CALEGARI, M. R.; MADELLA, M.; VIDAL-TORRADO, P.; OTERO, X. L.; MACIAS, F.; OSTERRIETH, M. Opal phytolith extraction in oxisols. **Quaternary International**, v. 287, p. 56-62, 2013a.

CALEGARI, M. R.; MADELLA, M.; VIDAL-TORRADO, P.; PESSENDA, L. C. R.; MARQUES, F. A. Combining phytoliths and $\delta^{13}\text{C}$ matter in Holocene paleoenvironmental studies of tropical soils: an example of an Oxisol in Brazil. **Quaternary International**, v. 287, p. 47-55, 2013b.

CALEGARI, M. R. **Ocorrência e significado paleoambiental do horizonte A húmico em latossolos**. 2008. 259 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

CAMPOS, A. C. de; LABOURIAU, L. F. G. Corpos silicosos de gramíneas dos Cerrados. II. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 4, p. 143-151, 1969.

CÂNDIDO, J. L.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; SIMÕES FILHO, F. L.; TURCQ, B. J.; DESJARDINS, T.; CHAUVEL, A. Microsclore variations of *Dosilia pydanieli* (Porifera, Spongillidae) in Caracaranã lake (Roraima – Brazil): Palaeoenvironmental implication. **Biociências**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 77-92, 2000.

CARMO, M. R. B. **Caracterização fitofisionômica do Parque Estadual do Guartelá, município de Tibagi, Estado do Paraná**. 2006. 142 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Rio Claro (SP), 2006.

CARVALHO, J. P. Ocorrência de *Ephydatia crateriformis* (Potts) na América do Sul. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, v. 6, p. 267-269, 1942.

CAVALCANTE, P. B. Contribuição ao estudo dos corpos silicosos das gramíneas Amazônicas I. Panicoideae (Melinideae, Andropogoneae, e Tripsaceae). **Botânica**, v. 80, p.1-11, 1968.

CHUENG, K. F.; COE, H. H. G.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; GOMES, J. G.; RAMIRES, J. V.; PIRES, G. S. S. Inferências Paleobiogeoclimáticas na Serra do Espinhaço Meridional, MG, Brasil, através de Estudos Fitólíticos e Isotópicos. In: 14º EGAL Reencuentro de Saberes Territoriales Latinoamericanos. **Anais**, Lima, Peru, 2013.

CHUENG, K. F. **Inferência da cobertura vegetal e das condições climáticas no Espinhaço Meridional, MG, durante o Quaternário através dos indicadores fitólitos e isótopos de carbono**. 2012. 115 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

COE, H. H. G.; ALEXANDRE, A.; CARVALHO, C. N.; SANTOS, G. M.; SILVA, A. S.; SOUSA, L. O. F.; LEPSCH, I. F. Changes in Holocene tree cover density in Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brazil): Evidence from soil phytolith assemblages. **Quaternary International**, v. 287, p. 63-72, 2013a.

COE, H. H. G.; SOUSA, L. O. F.; SILVA, A. L. C.; SANTOS, C. P.; RAMOS, Y. B. M.; PIRES, G. S. S.; SEIXAS, A. P.; SILVESTRE, C. P.; RAMIRES, J. V. Caracterização das comunidades vegetais da restinga da APA de Maricá, RJ, através de estudos de fitólitos: resultados preliminares. In: II SEMINÁRIO DE ESTUDOS COSTEIROS. **Anais**, 2013b.

COE, H. H. G.; GOMES, J. G.; PINTO, T. R. M.; PIRES, G. S. S.; CHUENG, K. F.; RAMIRES, J. V.; RAMOS, Y. B. M. Inferências de mudanças ambientais através de análises fitólíticas e isotópicas na bacia do rio São João, RJ, Brasil. In: XIV ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, Lima, Peru. **Anais**, 2013c.

COE, H. H. G.; CHUENG, K. F.; GOMES, J. G. Mudanças possivelmente antrópicas na cobertura vegetal na região de Búzios, Rio de Janeiro, identificadas através de análises de fitólitos. **Revista Tamoios**, v. VII, n. 2, p. 60-76, 2011.

COE, H. H. G.; CHUENG, K. F.; GOMES, J. G. Reconstituições da vegetação e inferências de paleoclimas através da utilização dos indicadores fitólitos e isótopos de carbono – exemplos de estudos no Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 1, n. 4, p. 248-261, 2012.

COE, H. H. G.; CHUENG, K. F.; OSTERRIETH, M.; SANTOS, A. S.; GOMES, J. G.; FONSECA, C. M. Gênese de solos e mudanças ambientais na bacia do rio São João, RJ, identificadas através do *proxy* fitólitos. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. **Anais**, Búzios, RJ, 2011.

COE, H. H. G. **Fitólitos como indicadores de mudanças na vegetação xeromórfica da região de Búzios/Cabo Frio, RJ, durante o Quaternário**. 2009. 340 f. Tese (Doutorado em

Geologia e Geofísica Marinha) – Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Niterói – RJ, 2009.

COE, H. H. G.; LEPSCH, I. F. Silicofitólitos como indicadores de descontinuidades litológicas em três pedons da região de Búzios/Cabo Frio, RJ. In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais**, 2009.

COE, H. H. G.; OSTERRIETH, M.; BORRELLI, N. L. ; SILVA, A. S. ; GOMES, J. G. Contributions of Phytolith Studies on the Identification of Soil Genesis and Environmental Changes in the Sao Joao River Basin, Rio de Janeiro, Brazil. In: 8TH INTERNATIONAL MEETING ON PHYTOLITH RESEARCH. **Anais**, 2010.

COE, H. H. G. Use of a new phytolith index for identifying changes in palm tree cover density in the region of Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. In: 8TH INTERNATIONAL MEETING ON PHYTOLITH RESEARCH. **Anais**, 2010.

COLTRINARI, L.; KOHLER, H. C. O quaternário continental brasileiro: Estado da arte e perspectivas. In: 1º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA. **Anais**, Porto Alegre, p. 27-36, 1987.

CORDEIRO, R. C.; TURCQ, B.; SUGUIO, K.; SILVA, A. O.; SIFEDDINE, A.; VOLKMER-RIBEIRO, C. Holocene fires in East Amazonia (Carajás), new evidences, chronology and relation with paleoclimate. **Global and Planetary Change**, v. 61, p. 49-62, 2008.

CORDEIRO, R. C.; TURCQ, B.; SUGUIO, K.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; SILVA, A. O.; SIFEDDINE, A.; MARTIN, L. Holocene environmental changes in Carajás Region (Pará, Brazil) recorded by lacustrine deposits. **Verh International Verein Limnology**, Stuttgart, v. 26, p. 814-817, 1997.

CORDERO, E. H. Dos esponjas de agua Dulce (Spongillidae) de la America del sur. **Physis**, Buenos Aires, v. 7, n. 24, p. 134-134, 1923.

CORDERO, E. H. Dos esponjas de agua dulce sudamericanas. **Comunicaciones del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires**, Buenos Aires, v. 2, n. 12, p. 113-124, 1924.

CORDERO, E. H. La variabilidad de la longitud de las espículas esqueleticas de dos especies de esponjas de agua dulce del género *Uruguayia*. **Physis**, Buenos Aires, v. 9, n. 33, p. 259-260, 1928.

COSTA, L. M.; SANTOS, R. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MOREAU, A. M. S. MOREAU, M. S. Ocorrência de corpos silicosos em horizontes superficiais de solos de diferentes ecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 871-879, 2010.

CUSTÓDIO, M. R.; HAJDU, E. Checklist de Porifera do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, Supl. 1, p. 427-444, 2011.

DELHON, C.; ALEXANDRE, A.; BERGER, J.-F.; THIÉBAULT, S.; BROCHIER, J.-L.; MEUNIER, J.-D. Phytolith assemblages as a promising tool for reconstructing Mediterranean Holocene vegetation. **Quaternary Research**, v. 59, n. 1, p. 48-60, 2003.

DE ROSA-BARBOSA, R. *Corvospongilla volkmeri* sp.n. e registro de *Corvospongilla seckti* Bonetto e Ezcurra de Drago, 1966 no Brasil (Porifera, Spongillidae). **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 67, p. 109-122, 1988.

DE ROSA-BARBOSA, R. Redescricao do material tipo de *Ephydatia facunda* Weltner, 1895 (Porifera-Spongillidae). **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 54, p. 27-34, 1979.

DIAS, E. G. C. S.; SOUZA, D. D.; NEVES, M. R.; CABRAL JÚNIOR, M.; OKAGAWA, H.; MOTTA, J. F. M. Caracterização geológica do espongilito da lagoa Araré (Paranaíba-MS) visando sua utilização industrial. In: Encontro Nacional do Talco, 4, e Simpósio de Cargas Minerais, 2. **Anais**, Ponta Grossa, p. 281-310, 1988.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

EZCURRA DE DRAGO, I.; BONETTO, A. A. Algunas características del bentos en los saltos del rio Uruguay, con especial referencia a la ecología de los poríferos. **Physis**. Buenos Aires, v. 28, n. 77, p. 359-369, 1969.

EZCURRA DE DRAGO, I. Freshwater sponges of Suriname. **Studies of the fauna of Suriname and other Guyanas**, v.15, n. 57, p. 175-183, 1975.

EZCURRA DE DRAGO, I. La presencia de *Spongilla (Eunapius) fragilis* Leidy en Chile (Porifera, Spongillidae). **Physis**, v. 33, n. 87, p. 249-252, 1974.

EZCURRA DE DRAGO, I. Porifera. In: HULBERT, S. H. (Ed.). **Aquatic Biota of Southern South America**. San Diego State University, San Diego, California, p. 57-61, 1977.

EZCURRA DE DRAGO, I. Una nueva especie de *Stratospongilla* Annandale, 1909, para Sudamerica (Porifera, Spongillidae). **Neotropica**, v. 24, n. 72, p. 105-110, 1978.

EZCURRA DE DRAGO, I. Un nuevo genero sudamericano de esponjas: *Corvoheteromeyenia* gen. nov. (Porifera Spongillidae). **Neotropica**, v. 25, n. 74, p. 109-118, 1979.

FAEGRI, K.; IVERSEN, J. **A textbook of pollen analysis**. 4. ed. New York: John Wiley e Sons, 1975.

FERNANDES, J. M. G. Poríferos. In: CARVALHO, I. S. (Ed.). **Paleontologia: microfósseis, paleoinvertebrados**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, v. 2, p. 289-298, 2011.

FERNANDES, R. S. **Reconstrução paleoambiental da lagoa Fazenda durante o Pleistoceno Tardio na região de Jussara, Estado do Paraná, com ênfase em estudos palinológicos**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – CEPPE, Universidade de Guarulhos, Guarulhos-SP, 2008.

FONSECA, C. M.; GOMES, J. G.; COE, H. H. G. Identificação de mudanças ambientais na

Bacia do Rio São João, RJ, a partir da análise de fitólitos extraídos de perfis de solo. In: XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **Anais**, 2011.

FRANÇA, V. D. O rio Tibagi no contexto hidrogeográfico paranaense. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. (Eds.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, PR: M. E. Medri, p. 45-62, 2002.

FROST, T. M. Porifera. In: THORP, J. H.; COVICH, A. P. (Eds.). **Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates**. New York: Academic Press, p. 95-124, 1991.

GOMES, J. G. **Contribuição para a compreensão da gênese e evolução de solos na bacia do rio São João, RJ, através de análises fitolíticas**. 2012. 137 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2012.

GUEDES, C. C. F.; SAWAKUCHI, A. O.; GIANNINI, P. C. F.; WITT, R.; AGUIAR, V. A. P. Datação por Luminescência Opticamente Estimulada: princípios e aplicabilidade nos depósitos sedimentares brasileiros. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. **Anais**, Búzios, RJ, 2011.

GUERREIRO, R. L. **Evolução geomorfológica e paleoambiental dos terraços da margem esquerda do alto rio Paraná**. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro - SP, 2011a.

GUERREIRO, R. L.; GASPARETTO, N. V. L.; PAROLIN, M.; STEVAUX, J. C. Distribuição e análise de sedimentos turfosos holocênicos na planície do alto Tibagi, Campos Gerais, Paraná. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 1, p.105-116, 2012.

GUERREIRO, R. L. **Paleoambientes holocênicos da planície do Alto Tibagi, Campos Gerais, sudeste do estado do Paraná**. 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Maringá, 2011b.

GUERREIRO, R. L.; PAROLIN, M.; ASSINE, M. L.; STEVAUX, J. C. Dados proxy indicam melhoria climática na região de Querência do Norte a 7.540 anos AP. In: II Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos e XIX Semana de Geografia. **Anais**, Maringá, p. 320-333, 2010a.

GUERREIRO, R. L.; PAROLIN, M.; ASSINE, M. L.; STEVAUX, J. C. *Optimum climaticum* a 7.540 anos AP na região de Querência do Norte, Noroeste do Paraná. In: IV Encontro dos Programas de Pós-Graduação em Geociências. Rio Claro - SP, 2010b.

GUERREIRO, R. L.; PAROLIN, M.; GASPARETTO, N. V. L.; STEVAUX, J. C. Análise paleoclimática da formação de depósitos turfosos na planície do alto Tibagi, Campos Gerais, Paraná. In: II Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos e XIX Semana de Geografia. **Anais**, Maringá, p. 307-319, 2010.

GUERREIRO, R. L.; PAROLIN, M.; GASPARETTO, N. V. L.; STEVAUX, J. C. Dados palinológicos caracterizam paleoambiente tropical nos Campos Gerais no Holoceno Tardio.

In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA. **Anais**, Búzios/RJ, 2011.

GUERREIRO, R. L.; STEVAUX, J. C.; PAROLIN, M.; ASSINE, M. L. Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments in ponds and alluvial sediments of upper Paraná river, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 16, n. 1, p. 39-46, 2013.

HALL, B. V.; HERRMANN, S. J. Paleolimnology of three species of freshwater sponges (Porifera: Spongillidae) from a sediment core of a Colorado semidrainage mountain lake. **Transactions of the American Microscopical Society**, Lawrence, v. 99, n. 1, p. 93-100, 1980.

HARRISON, F. W.; GLEASON, P. J.; STONE, P. A. Paleolimnology of lake Okeechobee, Florida: an analysis utilizing spicular components of freshwater sponges (Porifera: Spongillidae). **Notulae Naturae**, Philadelphia, v. 454, p. 1-6, 1979.

HARRISON, F. W. Utilization of freshwater sponges in paleolimnological studies. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 62, p. 387-397, 1988.

HONAINÉ, M. F.; ZUCOL, A. F.; OSTERRIETH, M. L. Phytolith assemblages and systematic associations in grassland species of the South-Eastern Pampean Plains, Argentina. **Annals of Botany**, v. 98, p. 1155-1165, 2006.

HÓRAK, I. **Relações pedológicas, isotópicas e palinológicas na reconstrução paleoambiental da Área de Proteção Especial (APE) Pau-de-fruta, Serra do Espinhaço Meridional – MG**. 2009. 282 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Classificação Climática do Estado do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em: 11 jul. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Brasil**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 jul. 2014.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS (ITCG). **Dados e informações geospaciais temáticos**. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=9#>>. Acesso em: 11 jul. 2014.

JABUR, I. C. **Análise paleoambiental do Quaternário superior na bacia do alto rio Paraná**. 1992. 184 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

KERNS, B. K. Diagnostic phytoliths for Ponderosa pine-bunchgrass community near Flagstaff, Arizona. **The Southwestern Naturalist**, v. 46, n. 3, p. 282-294, 2001.

KILIAN, E. F.; WINTERMANN-KILIAN, G. Die Spongilliden Südamerikas: derzeitiger Stand der Kenntnis ihrer Verbreitung. In: DESCIMON, H. (Ed). **Biogeographie et evolution**

en Amerique tropicale. Publications du Laboratoire de Zoologie de l'École Normale Supérieure, Paris, v. 9, p. 75-97, 1976.

KONDO, R.; CHILDS, C.; ATKINSON, I. **Opal Phytoliths of New Zealand:** Manaaki Whenua Press. Lincoln, Canterbury New Zealand, 1994. 85 p.

KRAMER, V. M. S.; STEVAUX, J. C. Mudanças climáticas na região de Taquaruçu (MS) durante o Holoceno. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 49, p. 79-89, 2001.

KUERTEN, S. **Evolução geomorfológica e mudanças ambientais no megaleque do Nabileque, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense.** 2010. 96 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro - SP, 2010.

KUERTEN, S.; PAROLIN, M.; ASSINE, M. L. Espículas de esponjas continentais preservadas em sedimentos arenosos quaternários do Pantanal. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA. **Anais**, Búzios/RJ, 2011.

LEANDRINI, J. A.; CAVALCANTI, A. V.; RODRIGUES, L. Diatomáceas. In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. (Orgs.). **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná.** Campo Mourão: Editora da Fecilcam, p. 131-155, 2010.

LE COHU, M.-C. Examen au Microscope Electronique à Balayage des cônes de silice chez les Cypéracées. **Compte rendu de l'académie des sciences.** Paris, v. 277, p.130-133, 1973.

LEDRU, M. P. Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. **Quaternary Research**, v. 39, p. 90-98, 1993.

LEDRU, M. P.; BRAGA, P. I. S.; SOUBIÈS, F.; MARTIN, L.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. The last 50,000 years in neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, v. 123, p. 239-259, 1996.

LEPSCH, I. F.; ANDRADE PAULA, L. M. Fitólitos em solos sob cerradões do Triângulo Mineiro: relações com atributos e silício absorvido. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 6, n. 19, p. 185-190, 2006.

LEPSCH, I. F.; PINILLA-NAVARRO, A.; OLIVEIRA, L. A. Soil phytoliths as related to some Brazilian dicotyledoneous cerrado species with asperous leaves. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, **Anais**. CD-ROM, 2003.

LEPSCH, I. F.; TOMBA, A. C. Silico-fitólitos de bambus (*Poacea*) e solos da parcela permanente do Parque Estadual Carlos Botelho, SP. In: III SIMPÓSIO INTERNO DO PROJETO PARCELAS PERMANENTES, **Anais**. CD-ROM, 2004.

LORSCHUITTER, M. L.; TAKEDA, I. J. M. Reconstituição paleoambiental da região dos Campos Gerais, Paraná, através da palinologia de sedimentos da Lagoa Dourada. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 5, Niterói, 1995. **Anais...** Niterói: ABEQUA, p.18-21, 1995.

LU, H. Y.; LIU, K. B. Morphological variations of lobate phytoliths from grasses in China and the Southeastern USA. **Diversity and Distributions**, v. 9, n. 1, p. 73-87, 2003.

LU, H. Y.; WU, N. Q.; LIU, K. B.; JIANG, H.; LIU, T. S. Phytoliths as Quantitative Indicators for the Reconstruction of Past Environmental Conditions in China II: Palaeoenvironmental Reconstruction in the Loess Plateau. **Quaternary Science Reviews**, v. 26, n. 5, p. 759-772, 2007.

LUTZ, A.; MACHADO, A. Viagem pelo rio São Francisco e por alguns dos seus afluentes entre Pirapora e Juazeiro. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 7, n. 1, p. 5-50, 1915.

LUZ, L. D. **Aspectos paleoambientais do Quaternário Superior na região de Campo Mourão, Paraná**. 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

LUZ, L. D.; PAROLIN, M. Ampliação da ocorrência de esponjas continentais na bacia do rio Corumbataí. In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. **Anais**, 2011.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: M. Roesner, 1968.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio, 1981.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MAACK, R. Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 2, p. 102-200, 1948.

MACHADO, O. X. B. Contribution à l'étude de la faune du Brésil. Nouvelle espèce de spongiaire fluvial: *Tubella mello-leitaoi* O. Machado. **Bulletin de La Société Zoologique de France**, v. 72, n. 1, p. 133-135, 1947.

MACHADO, V. S. **Espongofauna do Paleolago Cemitério, Catalão, GO**. 2009. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MACHADO, V. S.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; IANNUZZI, R. Inventory of the Sponge Fauna of the Cemitério Paleolake, Catalão, Goiás, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 1, p. 17-34, 2012.

MADELLA, M., ALEXANDRE, A.; BALL, T. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. **Annals of Botany**, v. 96, n. 2, p. 253-260, 2005.

MADELLA, M. **Physiology of silica deposition**. Curso ministrado no 7th International Meeting on Phytolith Research, Mar del Plata, 2008.

MARCOTTI, T. C. B. **Paleogeografia do Pleistoceno Tardio e Holoceno na região baixo curso do rio Ivaí - Icaraíma e Santa Mônica/PR**. 2012. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Maringá, 2012.

MARCOTTI, T. C. B.; PAROLIN, M.; SANTOS, M. L. Espículas de esponjas e fitólitos no Pleistoceno Tardio indicam presença e abandono de canal fluvial – rio Ivaí Paraná. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. **Anais**, Búzios, RJ, 2011.

MARTIN, L.; ABSY, M. L.; FOURNIER, M.; MOUGUIART, P.; SIFEDDINE, A.; VOLKMER-RIBEIRO, C. 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**, Lima, p. 187-192, 1992.

MARTINS, T. D. **Superfícies aplainadas na bacia hidrográfica do altíssimo rio Tibagi - PR**. 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Curitiba, 2008.

MEDEANIC, S.; CORDAZZO, C. V.; CORRÊA, I. C. S.; MIRLEAN, N. Notas sobre Fitólitos em *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer no Extremo Sul do Brasil: Tipos morfológicos e uso nas paleoreconstruções costeiras. **Gravel**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 31-36, 2009.

MEDEANIC, S.; CORDAZZO, C. V.; CORRÊA, I. C. S.; MIRLEAN, N. Os Fitólitos em Gramíneas de Dunas do Extremo Sul do Brasil: Variabilidade Morfológica e Importância nas Reconstruções Paleoambientais Costeiras. **Gravel**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 1-14, 2008.

MEDEANIC, S.; CORRÊA, I. C. S.; WESCHENFELDER, J. Palinomorfos nos sedimentos de fundo da laguna dos Patos-RS: Aplicação nas reconstruções paleoambientais. **Gravel**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 89-102, 2007.

MEDEANIC, S. The distribution of palynomorphs in the superficial sediments on the margin of the Patos Lagoon estuary, RS, Brazil, as compared with the actual vegetation. **Iheringia, Série Botânica**, v. 59, n. 2, p. 183-200, 2004.

MEDEANIC, S. The palynomorphs from surface sediments of intertidal marshes in the estuarine part of the Patos Lagoon. **Iheringia, Série Botânica**, v. 61, n. 1-2, p. 49-62, 2006.

MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. (Eds.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, PR: M. E. Medri, 2002.

MELO, M. S. *Canyon* do Guartelá, PR: Profunda garganta fluvial com notáveis exposições de arenitos devonianos. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Orgs.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. 1. ed. Brasília: DNPM/SIGEP, v. 1, p. 279-288, 2002.

MELO, M. S.; GIANNINI, P. C. F.; PESSENDA, L. C. R. Gênese e evolução da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, PR. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, v. 21, n. 1/2, p. 17-31, 2000.

MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; RAMOS, A. F.; PRIETO, C. C. Relevo e hidrografia dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Orgs.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. 1. ed. Ponta Grossa: Editora da UEPG, v. 1, p. 49-58, 2007a.

MELO, M. S.; MEDEIROS, C. V.; GIANNINI, P. C. F.; GARCIA, M. J.; PESSEDA, L. C. R. Sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa, PR. **Geociências**. São Paulo, v. 22, n. 1, p. 33-42, 2003.

MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. Os Campos Gerais do Paraná. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Orgs.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. 1. ed. Ponta Grossa: Editora da UEPG, v. 1, p. 17-21, 2007b.

MERCADER, J.; BENNETT, T.; ESSELMONT, C.; SIMPSON, S.; WALDE, D. Phytoliths in woody plants from the Miombo woodlands of Mozambique. **Annals of Botany**, 104, p. 91-113, 2009.

MEYERS, P. A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. **Organic Geochemistry**, Amsterdam, v. 34, n. 2, p. 261-289, 2003.

MEYERS, P. A.; ISHIWATARI, R. Lacustrine organic geochemistry – an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. **Organic Geochemistry**, v. 20, p. 867-900, 1993.

MEYERS, P. A. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter during and after deposition. **Organic Geochemistry**, v. 144, p. 213-250, 1994.

MINEROPAR. **Diagnóstico preliminar das ocorrências de turfa no Estado do Paraná**. Curitiba, PR: Empresa Tecnotema, Estudos e Projetos, 1982.

MINEROPAR, Minerais do Paraná. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**: Escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

MINEROPAR, Minerais do Paraná. **Mapa geológico do Paraná (1:650.000)**. 2006.

MINEROPAR. **Tibagi**. 2007. Disponível em:
<http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/Paineis_geologicos/Tibagi_portugues.pdf>
Acesso em: 13 de maio de 2014.

MONTEIRO, M. R. **Paleoambientes indicados através da análise de fitólitos e $\delta^{13}\text{C}$ em sedimentos turfosos nos Campos Gerais do Estado do Paraná**. 2012. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012.

MONTEIRO, M. R.; PAROLIN, M.; GUERREIRO, R. L.; STEVAUX, J. C.; PEREIRA, J. S. R. Primeiras considerações paleoambientais com análise de fitólitos em sedimentos turfosos nos Campos Gerais do Estado do Paraná. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. **Anais**, Búzios, RJ, 2011.

MONTEIRO, M. R.; PEREIRA, J. S. R.; RASBOLD, G. G.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G. Morfologia de fitólitos característicos de duas espécies de Arecaceae do Bioma Mata Atlântica: *Bactris setosa* Mart. e *Geonoma schottiana* Mart. **Rev. Biol. Neotrop.**, v. 9, n. 1, p. 10-18, 2012.

MORO, R. S.; BICUDO, C. E. M.; MELO, M. S.; SCHIMITT, J. Paleoclimate of the late Pleistocene and Holocene at Lagoa Dourada, Paraná State, southern Brazil. **Quaternary International**, v. 114, p. 87-99, 2004.

MORO, R. S. **Biogeografia do Cerrado nos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012.

MORO, R. S. **Interpretações paleoecológicas do Quaternário a partir da análise da comunidade de diatomáceas (*Bacillariophyta*) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Pr**. 1998. 125 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 1998.

MORO, R. S.; PAROLIN, M.; MENEZES, H. R. Inferências paleoclimáticas do início do Holoceno com base em espículas de esponjas continentais – Lagoa Dourada/PR. **Paleontologia em Destaque**: Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia, Ano 24, n. 62, p. 5-6, 2009.

MORO, R. X. **A bacia ordoviciana do Grupo Castro - PR**. 1993. 157 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1993.

MURICY, G.; LOPES, D. A.; HAJDU, E.; CARVALHO, M. de S.; MORAES, F. C.; KLAUTAU, M.; MENEGOLA, C.; PINHEIRO, U. **Catalogue of Brazilian Porifera**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2011.

NAZÁRIO, M. G. **Origem e destino da matéria orgânica do sistema lagunar Mundaú-Manguaba - AL, Brasil**: sinais da cana-de-açúcar. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geoquímica, UFF, Niterói, 2008.

OLLENDORF, A. L. Archeological implications of a phytolith study at Tel Migne (Ekron), Israel. **Journal of Field Archaeology**, v. 14, p. 453-463, 1987.

OLIVEIRA, P. E.; BEHLING, H.; LEDRU, M. P.; BARBERI, M.; BUSH, M.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; GARCIA, M. J.; MEDEANIC, S.; BARTH, O. M.; BARROS, M. A.; SCHEEL-YBERT, R. Paleovegetação e paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Orgs.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, SP: HOLOS, 2005.

OSTERRIETH, M.; MADELLA, M.; ZURRO, D.; ALVAREZ, M. F. Taphonomical aspects of silica phytoliths in the loess sediments of the Argentinean Pampas. **Quaternary International**, v. 193, p. 70-79, 2009.

OSTERRIETH, M. **Rol e importancia del estudio de las biomineralizaciones en Biología, Geología y Arqueología**. Curso ministrado no 7th Interantional Meeting on Phytolith Research, Mar del Plata, 2008.

PAISANI, J. C.; CALEGARI, M. R.; PESSENDA, L. C. R.; PAISANI, S. D. L.; RAITZ, E. Dinâmica ambiental e da vegetação do Planalto das Araucárias - Superfície II – no Quaternário Tardio: contribuições das análises de fitólitos, de isótopos de carbono e da mineralogia de argila. In: IX SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. **Anais**, 2012.

PAROLIN, M.; GUERREIRO, R. L.; KUERTEN, S.; MENEZES, H. R. Bacias Hidrográficas Paranaenses. In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. (Orgs.). **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, p. 59-104, 2010.

PAROLIN, M.; MEDEANIC, S.; STEVAUX, J. C. Registros palinológicos e mudanças ambientais durante o Holoceno de Taquarussu (MS). **Revista Brasileira de Paleontologia**. Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 137-148, 2006.

PAROLIN, M. **Paleoambientes e paleoclimas no final do Pleistoceno e no Holoceno no Sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul**. 2006. 121 f. Tese (Doutorado em Ecologia) Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

PAROLIN, M.; RASBOLD, G. G.; PESSENDA, L. C. R. 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)**. New York: Nova Science Publishers, p. 149-170, 2014.

PAROLIN, M.; RASBOLD, G. G.; PESSENDA, L. C. R. Reconstituição paleoambiental utilizando isótopos estáveis do C e N e fitólitos em turfeira na região de Campo Mourão/PR, Brasil. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. **Anais**, Búzios, RJ, 2011.

PAROLIN, M.; STEVAUX, J. C. Clima Seco e Formação de Dunas Eólicas durante o Holoceno Médio em Taquaruçu, Mato Grosso do Sul. **Pesquisas em Geociências (UFRGS)**. Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 233-243, 2001.

PAROLIN, M.; STEVAUX, J. C. Eolian dunes in the Upper Paraná River: evidence of aridity during the Holocene. In: AGOSTINHO, A. A.; RODRIGUES, L.; GOMES, L. C.; THOMAZ, S. M.; MIRNADA, L. E. (Eds.). **Structure and functioning of the Paraná River its floodplain**. Maringá: EDUEM, p. 31-35, 2004.

PAROLIN, M.; STEVAUX, J. C. Dry climate and eolian dune formation in the Middle Holocene in Mato Grosso do Sul State, Center West Brazil. **Zeitschrift für Geomorphologie**, n. 145, p. 177-190, 2006.

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C; STEVAUX, J. C. Caracterização paleoambiental a partir de espículas silicosas de esponjas em sedimentos lagunares na região de Taquaruçu – MS. Paleo 2003 – Reunião Regional de Paleontologia. **Paleontologia em Destaque**, Porto Alegre, v. 44, p. 18, 2003.

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C; STEVAUX, J. C. Mudanças ambientais durante o Holoceno e final do Pleistoceno indicadas por espongo-fácies na região de Taquarussu/MS – Brasil. In: X Congresso da ABEQUA. **Anais**, 2005.

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C; STEVAUX, J. C. Sponge spicules in peaty sediments as paleoenvironmental indicators of the Holocene in the upper Paraná river, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2007.

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C; STEVAUX, J. C. Use of spongofacies as a *proxy* for river-lake paleohydrology in Quaternary deposits of Central-Western Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 11, n. 3, p. 187-198, 2008.

PAULA, L. M. A.; SILVA, P. C. A formação do mineral opala biogênica nos solos dos cerradões de Uberlândia. In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. **Anais**, Goiânia, 2006.

PENNEY, J. T.; RACEK, A. A. Comprehensive revision of a worldwide collection of freshwater sponges (Porifera: Spongillidae). **U.S. Nat. Mus. Bull.**, 272, p. 1-184, 1968.

PEREIRA, G. L. Identificação de fitólitos a partir de fragmentos de carvão. **Cadernos do LEPAARQ** – Textos de Antropologia, Arqueologia e Patrimônio, v. VII, n. 13/14. Pelotas, RS: Editora da UFPEL, p. 87-100, 2010.

PEREIRA, J. S. R.; MONTEIRO, M. R.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G. Characterization of Phytoliths in Eight Species of Arecaceae in the State of Paraná, Brazil. In: COE, H. H. G.; OSTERRIETH, M. (Eds.). **Synthesis of some phytolith studies in South America (Brazil and Argentina)**. New York: Nova Science Publishers, p. 49-74, 2014.

PEREIRA, J. S. R.; PAROLIN, M.; MONTEIRO, M. R.; CAXAMBÚ, M. G.; RASBOLD, G. G. Caracterização morfológica dos fitólitos de *Butia microspadix* Burret (Arecaceae). **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 7, n. 1, p. 59-66, 2013.

PESSENDA, L. C. R.; GOMES, B. M.; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A. S.; BOULET, R.; GOUVEIA, S. E. M. The carbon isotope record in soils along a forest-cerrado ecosystem transect: implications for vegetation changes in the Rondonia State, southwestern Brazilian Amazon region. **The Holocene**, London, v. 8, n. 5, p. 599-603, 1998.

PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; VALENCIA, E. P. E. 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**, Amsterdam, v. 114, p. 35-43, 2004.

PESSENDA, L. C. R.; LEDRU, M. P; GOUVEIA, S. E. M; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A. S.; BENDASSOLLI, J. A.; BOULET, R. Holocene paleoenvironmental reconstruction in northeastern Brazil inferred from pollen, charcoal and carbon isotopic records. **The Holocene**, v.15, n.6, p. 814-822, 2005.

PESSENDA, L. C. R. Os isótopos estáveis do Carbono e os distintos tipos de vegetação. In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. (Orgs.). **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, p. 53, 2010.

PESSENDA, L. C. R.; VALENCIA, E. P. E.; CAMARGO, P. B.; TELLES, E. C. C.; MARTINELLI, L. A.; CERRI, C. C.; ARAVENA, R.; ROZANSKI, K. Natural radiocarbon measurements in Brazilian soils developed on basic rocks. **Radiocarbon**, Arizona, v. 38, n. 2, p. 203-208, 1996a.

PESSENDA, L. C. R.; ARAVENA, R.; MELFI, A. J.; TELLES, E. C. C.; BOULET, R.; VALENCIA E. P. E.; TOMAZELLO, M. The use of carbon isotopes (^{13}C , ^{14}C) in soil to evaluate vegetation changes during Holocene in Central Brazil. **Radiocarbon**, v. 38, n. 2, p. 191-201, 1996b.

PESSENDA, L. C. R.; SAIA, S. E. M. G.; GOUVEIA, S. E. M.; LEDRU, M. P.; SIFEDDINE, A.; AMARAL, P. G. C.; BENDASSOLLI, J. A. Last millennium environmental changes and climate inferences in the Southeastern Atlantic forest, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 3, p. 717-729, 2010.

PETERSON, B. J.; HOWARTH, R. W. Sulfur, carbon, and nitrogen isotopes used to trace organic matter flow in the salt-marsh estuaries of Sapelo Island, Georgia. **Limnology and Oceanography**, Grafton, v. 32, n. 6, p. 1195-1213, 1987.

PINESE, J. P. P. Síntese geológica da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. (Eds.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina: M. E. Medri, p. 21-38, 2002.

PINHEIRO, U. S. **Contribuições a taxonomia e biogeografia das esponjas de águas continentais brasileiras**. 2007. 220 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Rio de Janeiro, 2007.

PINHEIRO, U. S.; HAJDU, E.; CABALLERO, M. E. Três novos registros de esponjas (Porifera, Demospongiae) para águas continentais do Estado de São Paulo. **Boletim do Museu Nacional**, Nova Série, Zoologia, Rio de Janeiro, n. 498, p. 1-14, 2003.

PIPERNO, D. R.; BECKER, P. Vegetational history of a site in the central Amazon basin derived from phytolith and charcoal records from natural soils. **Quaternary Research**, v. 45, n. 2, p. 202-209, 1996.

PIPERNO, D. R. **Phytolith analysis: an archaeological and geological perspective**. San Diego: Academic Press, 1988.

PIPERNO, D. R. Phytolith analysis and tropical paleo-ecology: production and taxonomic significance of siliceous forms in new world plant domesticates and wild species. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 45, n. 3-4, p. 185-228, 1985.

PIPERNO, D. R. **Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists**. New York: Altamira Press, 2006.

PIPERNO, D. R. 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**, v. 61, p. 147-173, 1989.

PIPERNO, D. R. The status of phytolith analysis in the American tropics. **Journal of World Prehistory**, v. 5, n. 2, p. 155-191, 1991.

PISERA, A.; SÁEZ, A. Paleoenvironmental significance of a new species of freshwater sponge from the Late Miocene Quillagua Formation (N Chile). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 15, p. 847-852, 2003.

RACEK, A. A. Spicular remains of freshwater sponges. **Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences**, New Haven, v. 17, p. 78-23, 1966.

RAITZ, E. **Coleção de referência de silicofitólitos da flora do Sudoeste do Paraná:** subsídios para estudos paleoambientais. 2012. 204 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2012.

RAPP, G. J.; MULHOLLAND, S. C. **Phytolith Systematics: Emerging Issues.** Advances in Archaeological and Museum Science, New York: Plenum Press, v. 1, 1992.

RASBOLD, G. G.; DRANCKA, L. C. S.; PAROLIN, M. Fitólitos como indicadores ambientais na região de Balsa Nova, PR (Campos Gerais) desde o Pleistoceno Tardio. In: XIII Reunião Regional de Paleontologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina - Paleo Pr/Sc. **Anais**, Mafra, 2011.

RASBOLD, G. G.; MONTEIRO, M. R.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G.; PESSEDA, L. C. R. Caracterização dos tipos morfológicos de fitólitos presentes em *Butia paraguayensis* (Barb. Rodr.) L. H. Bailey (Arecaceae). **Iheringia**. Série Botânica, Porto Alegre, v. 66, n. 2, p. 265-270, 2011.

RASBOLD, G. G.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G. Avaliação das formas de fitólitos presentes em *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae). In: V ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA – EPCT. **Anais**. Campo Mourão: Fecilcam, 2010.

RASBOLD, G. G.; PAROLIN, M. Fitólitos preservados em turfeira indicam o ambiente e o clima nos Campos Gerais (Paraná) desde 26.560 anos AP. In: XIII Reunião Regional de Paleontologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina - Paleo Pr/Sc. **Anais**, Mafra, 2011.

RASBOLD, G. G. **Reconstrução paleoambiental de um depósito sedimentar em Turvo-Paraná, utilizando fitólitos, análises isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$) e datações absolutas ^{14}C .** 2013. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

REIMER, P.J.; BAILLIE, M.G.L.; BARD, E.; BAYLISS, A.; BECK, J.W.; BLACKWELL, P.G.; BRONK RAMSEY, C.; BUCK, C.E.; BURR, G.S.; EDWARDS, R.L.; FRIEDRICH, M.; GROOTES, P.M.; GUILDERTSON, T.P.; HAJDAS, I.; HEATON, T.J.; HOGG, A.G.; HUGHEN, K.A.; KAISER, K.F.; KROMER, B.; MCCORMAC, F.G.; MANNING, S.W.; REIMER, R.W.; RICHARDS, D.A.; SOUTHON, J.R.; TALAMO, S.; TURNEY, C.S.M.; VAN DER PLICHT, J.; WEYHENMEYER, C.E. Intcal 09 and marine 09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. **Radiocarbon**, 51, p.1111-1150, 2009.

REZENDE, A. B. **Espículas de esponja em sedimentos de lagoa como indicador paleoambiental no NW do Estado do Paraná.** 2010. 65 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – CEPPE, Universidade de Guarulhos, Guarulhos-SP, 2010.

REZENDE, A. B.; FERNANDES, R. S.; STEVAUX, J. C.; PAROLIN, M. Paleoambientes da Lagoa Fazenda (São Tomé - PR) com base em espículas silicosas de esponjas continentais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Paleontologia**, n. 62, p. 6, 2009.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Rios e processos aluviais. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 191-214, 2000.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 75-92, 2002.

RUNGE, F. The opal phytolith inventory of soils in Central Africa – quantities, shapes, classification, and spectra. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 107, n. 1-2, p. 23-53, 1999.

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. 6. ed. São Paulo: Editora Roca, 1996. 1028 p.

RUPPERT, E. E.; FOX, R.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. 7. ed. São Paulo: Editora Roca, 2005. 1168 p.

SALGADO-LABOURIAU, M. L.; CASSETI, V.; FERRAZ-VICENTINI, K. R.; MARTIN, L.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, v. 128, p. 215-226, 1997.

SANTOS, C. S. **Análise de restos silicosos biogênicos como evidência das variações do Nível Relativo do Mar durante o Holoceno na Estação Ecológica Juréia-Itatins, São Paulo**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – CEPPE, Universidade de Guarulhos, Guarulhos, 2010.

SANTOS, C. S.; SUGUIO, K.; MORAES, F. C.; SALLUN, A. E. M.; GARCIA, M. J.; DE OLIVEIRA, P. E.; MEDEIROS, V. B.; SALLUN FILHO, W. Caracterização dos tipos de espículas de esponjas silicosas encontradas em sedimentos paleolacustres coletados na Estação Ecológica de Juréia-Itatins, São Paulo. **Revista UnG - Geociências**, v. 10, n. 1, p. 64-73, 2011.

SCURFIELD, G.; ANDERSON, C. A.; SEGNET, E. R. Silica in wood stems. **Aust. J. Bot.**, v. 22, p. 211-229, 1978.

SENDULSKY, T. S.; LABOURIAU, L. G. Corpos silicosos de gramíneas dos Cerrados. I. In: Simpósio Sobre o Cerrado. 2. **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, p. 159-170, 1966.

SIFEDDINE, A.; FROHLICH, F.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SERVANT, M.; SOUBIÈS, F.; TURCQ, B.; SUGUIO, K.; VOLKMER-RIBEIRO, C. La sedimentation lacustre indicateur de changements des paleoenvironments au cours des 300.000 dernières années Carajás Amazonie, Brésil. **C R Académie Des Sciences**, Paris, v. 318, n. 2, p. 1645-1652, 1994.

SIFEDDINE, A.; MARTIN, L.; TURCQ, B.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; SOUBIÈS, F.; CORDEIRO, R. C.; SUGUIO, K. Variations of the Amazonian rainforest environment: a sedimentological record covering 30,000 years. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology**, v. 168, p. 221-235, 2001.

SILVA, C. M. **Palinologia das turfeiras de São José dos Campos – São Paulo**. 1995. 155 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

SILVA, D. W. **Caracterização paleoambiental da região de Guarapuava-PR, a partir de sedimento de turfa: um estudo de caso**. 2013. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.

SILVA, K. C.; PAROLIN, M.; BISSA, W. M. Espículas de esponjas em turfeira no baixo curso do rio Ribeira de Iguape (SP) indicam variações do nível relativo do mar durante o Holoceno Médio. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. **Anais**, Búzios, RJ, 2011.

SILVA, K. C.; PAROLIN, M.; BISSA, W. M. Espículas de esponjas vs. variações do nível relativo do mar na região de Iguape, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 15, n. 3, p. 319-326, 2012.

SILVA, S. T.; LABOURIAU, L. G.. Corpos silicosos de gramíneas dos Cerrados III. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 5, p. 167-182, 1970.

STEVAUX, J. C. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Paraná River: Correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. **Quaternary International**, n. 72, p. 73-85, 2000.

STEVAUX, J. C. **O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentologia e evolução quaternária de seu curso superior**. 1993. 142 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

STEVAUX, J. C.; PAROLIN, M. Síntese do Período Quaternário do Estado do Paraná. In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. (Orgs.). **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, p. 43-58, 2010.

STEVAUX, J. C.; SOUZA FILHO, E. E.; JABUR, I. C. 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**. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, p. 47-72, 1997.

STEVAUX, J. C. Upper Paraná River (Brazil) Geomorphology and Paleoclimatology. **Quaternary International**, n. 21, p. 143-161, 1994a.

STEVAUX, J. C. Geomorfologia, Sedimentologia e Paleoclimatologia do Alto Curso do Rio Paraná (Porto Rico-PR). **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba: Editora da UFPR, n. 42, p. 97-112, 1994b.

STIPP, N. A. F. Principais tipos de solos da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. (Eds.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, PR: M. E. Medri, p. 39-44, 2002.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro?**. São Paulo: Paulo's Editora, 1999.

SUGUIO, K. Introdução. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Orgs.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, SP: HOLOS, 2005.

TAVARES, M. C. M. **Comunidades de esponjas de substratos rochosos de rios amazônicos com redefinição e chave taxonômica para as espécies do gênero *Drulia* Gray (1867). (Porifera: Demospongiae)**. 1994. 74 f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

TAVARES, M. C. M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; DE ROSA-BARBOSA, R. 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**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 169-182, 2003.

THOMAZ, M. F.; THORP, M. B. Geomorphic response to rapid climatic and hydrologic change during the late Pleistocene and early Holocene in the humid and sub-humid tropics. **Quaternary Science Review**, v. 14, n. 2, p. 193-207, 1995.

THOMAZ, M. F.; THORP, M. B. 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, v. 115, p. 139-153, 1996.

TURCQ, B.; SIFEDDINE, A.; MARTIN, L.; ABSY, M. L.; SOUBIES, F.; SUGUIO, K.; VOLKMER-RIBEIRO, C. Amazonia Rainforest Fires: A Lacustrine Record of 7000 years. **Ambio**, v. 27, n. 2, p. 139-142, 1998.

TWISS, C. Predicted world distribution of C₃ and C₄ grass phytoliths. In: RAPP, G. Jr.; MULHOLLAND, S. C. (Eds.). **Phytolith systematics: Emerging issues**. Advances in Archaeological and Museum Science, New York: Plenum Press, n. 1, p.113-128, 1992.

TWISS, C.; SUESS, E.; SMITH, R. M. Morphological Classification of Grass Phytoliths. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 33, n. 1, p. 109-115, 1969.

VAN DER HAMMEN, T. Paleoecology of the neotropics: an overview of the state affair. In: SUGUIO, K.; TESSLER, M. (Eds.). **Proceedings of the Global Changes in South America during the Quaternary**, Boletim IG-USP, p. 35-55, 1991.

VAN SOEST, R. W. M.; BOURY-ESNAULT, N.; HOOPER, J. N. A.; RÜTZLER, K.; de VOGD, N. J.; ALVAREZ DE GLASBY, B.; HAJDU, E.; PISERA, A. B.; MANCONI, R.; SCHOENBERG, C.; JANUSSEN, D.; TABACHNICK, K. R., KLAUTAU, M.; PICTON, B.; KELLY, M.; VACELET, J.; DOHRMANN, M.; CRISTINA DÍAZ, M.; CÁRDENAS, P. (2014). **World Porifera database**. Disponível em: <<http://www.marinespecies.org/porifera>>. Acesso em: 06 jun. 2014.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VOLKMER-RIBEIRO, C. A new insight into the systematics, evolution, and taxonomy of freshwater sponges. In: RÜTZLER, K. (Ed.). **New Perspectives in Sponge Biology**. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., 533 p., 1990.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; CÂNDIDO, J. L.; TURCQ, B. J.; SIFEDDINE, A.; CORDEIRO, R. C.; FILHO, F. L. S. Silicious spicular remains of freshwater sponges and their contribution to paleoenvironmental reconstructions in South America. **Actas V REQUI/I CQPLI**, Lisboa, p. 411-413, 2001a.

VOLKMER-RIBEIRO, C. Esponjas de água doce. In: Sociedade Brasileira de Zoologia (Org.). **Manual de técnicas para preparação de coleções zoológicas**, São Paulo, v. 3, p. 01-06, 1985.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; SIFEDDINE, A.; ALBUQUERQUE, A. L. Avaliação ambiental indicada por espículas silicosas de esponja nos sedimentos atuais e sub-fósseis do lago do Caçô, MA. In: VIII Congresso da ABEQUA. **Boletim de resumos**, Imbé, p. 333-335, 2001b.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; CORREIA, M. F.; BRENHA, S. L. A; MENDONÇA, M. A. Freshwater sponges from a Neotropical sand dune area. **Memoirs of the Queensland Museum**, v. 44, p. 643-649, 1999.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; DE ROSA-BARBOSA, R. A new genus and species of Neotropical freshwater sponges. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 52, p. 103-107, 1978.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; DE ROSA-BARBOSA, R. Neotropical freshwater sponges of the Family Potamolepidae Brien, 1967. In: LEVI, C.; BOURY-ESNAULT, N. (Eds.). **Biologie des Spongiaires**. Colloques Internationaux du C. N. R. S. n° 291. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, p. 503-511, 1979.

VOLKMER-RIBEIRO, C. Esponjas. In: JOLY, C. A.; BICUDO, C. E. de M. (Orgs.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX**. São Paulo: FAPESP, v. 4, p. 1-9, 1999.

VOLKMER-RIBEIRO, C. Evolutionary study of the genus *Metania* Gray, 1867 (Porifera: Spongillidae): II. Redescription of two Neotropical species. **Amazoniana**, Kiel, v. 8, n. 4, p. 541-553, 1984.

VOLKMER-RIBEIRO, C. Evolutionary study of the genus *Metania* Gray, 1867: III. Metaniidae, new Family. **Amazoniana**, v. 9, n. 4, p. 493-509, 1986.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; EZCURRA DE DRAGO, I.; PAROLIN, M. Spicules of the freshwater sponge *Ephydatia facunda* indicate lagoonal paleoenvironment at the pampas of Buenos Aires Province, Argentina. **Journal of Coastal Research**, v. 50, p. 449-452, 2007.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; GROSSER, K. M. Gut contents of *Leporinus obtusidens* "sensu" Von Ihering (pisces, Characoidei) used in a survey for freshwater sponges. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 1, p. 175-183, 1981.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; GUADAGNIN, D. L.; DE ROSA-BARBOSA, R.; SILVA, M. M.; DRÜGG-HAHN, S.; LOPES-PITONI, V. L.; GASTAL, H. A. de O.; BARROS, M. P.;

DEMAMAN, L. V. A Polyethylenetherephthalate (PET) device for sampling freshwater benthic macroinvertebrates. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 3A, p. 531-541, 2004.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; HATANAKA, T. Composição específica e substrato da espongofauna (Porifera) no lago da Usina Hidroelétrica de Tucuruí, Pará, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 71, p. 177-178, 1991.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; MACHADO, V. de S. Freshwater sponges (Porifera, Demospongiae) indicators of some coastal habitats in South America: redescrptions and key to identification. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 97, n. 2, p. 157-167, 2007.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; MACIEL, S. B. New freshwater sponges from Amazonian waters. **Amazoniana**, Kiel, v. 8, n. 2, p. 255-264, 1983.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; MANSUR, M. C. D.; MERA, P. A. S.; ROSS, S. M. 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**. New York: John Wiley & Sons, p. 403-414, 1998.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; MARQUES, D. M.; DE ROSA-BARBOSA, R.; MACHADO, V. S. Sponge spicules in sediments indicate evolution of coastal freshwater bodies. **Journal of Coastal Research**, v. 39, p. 469-472, 2004.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; MOTTA, J. F. M. Esponjas formadoras de espongilitos em lagoas no Triângulo Mineiro e adjacências, com indicação de preservação de habitat. **Biociências**, v. 3, n. 2, p. 145-169, 1995.

VOLKMER-RIBEIRO, C. *Oncosclera*: a new genus of freshwater sponges (Porifera-Spongillidae) with redescription of two species. **Amazoniana**, v. 2, n. 4, p. 435-442, 1970.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; PAROLIN, M. As esponjas. In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. (Orgs.). **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, p. 105-130, 2010.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; PAROLIN, M.; FÜRSTENAU-OLIVEIRA, K.; MENEZES, E. R. Colonization of hydroelectric reservoirs in Brazil by freshwater sponges, with special attention on Itaipu. **Interciência**, Caracas, v. 35, n. 5, p. 340-347, 2010.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; PAROLIN, M. Segundo registro de *Sterraastrolepis brasiliensis* Volkmer-Ribeiro & De Rosa-Barbosa (Demospongiae, Potamolepidae) com descrição do habitat e de assembleia, Bacia do Rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 4, p. 1003-1013, 2005.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; PAULS, S. M. Adiciones al conocimiento de la fauna de esponjas de agua dulce de Venezuela. VIII Congresso Latinoamericano de Zoologia. **Livro de resumos**. Merida, p. 44, 1980.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; PAULS, S. M. Esponjas de agua dulce (Porifera, Demospongiae) de Venezuela. **Acta Biologica Venezuelica**, v. 20, n. 1, p. 1-28, 2000.

VOLKMER-RIBEIRO, C. Porifera. In: HULBERT, S. H.; RODRÍGUEZ, G.; SANTOS, N. D. (Eds.). **Aquatic biota of tropical South America**: being a compilation of taxonomic bibliographies for the fauna and flora of inland waters of the tropical portion of South America. San Diego: San Diego State University, Anartrophoda, v. 2, p. 86-95, 1981.

VOLKMER-RIBEIRO, C. South American continental sponges: state of the art of the research. In: CUSTÓDIO, M. R.; LÔBO-HAJDU, G.; HAJDU, E.; MURICY, G. (Eds.). **Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, p. 117-121, 2007.

VOLKMER-RIBEIRO, C. *Spongilla jewelli* n. sp. from freshwater sponge at Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 35, n. 2, p. 271-274, 1963.

VOLKMER-RIBEIRO, C. The freshwater sponges in some peatbog ponds in Brazil. **Amazoniana**, v. 12, n. 2, p. 317-335, 1992.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; TURCQ, B. SEM analysis of silicious spicules of a freshwater sponge indicate paleoenvironmental changes. **Acta Microscópica**, Rio de Janeiro, v. 5, p. 186-187, 1996. Suplemento B.

WALLIS, L. An overview of leaf phytolith production patterns in selected northwest Australian flora. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 125, p. 201-248, 2003.

WEBB, E. A.; LONGSTAFFE, F. J. The oxygen isotopic compositions of silica phytoliths and plant water in grasses: implications for the study of paleoclimate. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 64, n. 5, p. 767-780, 2000.

WELLE, B. J. H. On the occurrence of silica grains in the secondary xylem of the Chrysobalanaceae. **Iawa Bull.**, v. 2, p. 19-29, 1976.

WELTNER, W. Spongillidenstudien III. Katalog und Verbreitung der bekannten Süßwasserschwämme. **Archiv für Naturgeschichte**, v. 61, n.1, p. 114-144, 1895.