

AVALIAÇÃO DA RIQUEZA DE INFORMAÇÕES FORNECIDAS POR ESPÍCULAS DE ESPONJAS CONTRASTADA A OUTROS PROXIES: ESTUDO DE DUAS LAGOAS DO NORDESTE BRASILEIRO.

Loyana Docio¹

Mauro Parolin²

Ulisses Pinheiro³

RESUMO

Recentemente, verificou-se que espécies de esponjas continentais generalistas foram confundidas com especialistas, enquanto outras especialistas foram descobertas vivendo em condições diferentes daquelas já conhecidas. Isto interfere nas informações ecológicas utilizadas para inferência paleoambiental. Então, como seria possível verificar informações confiáveis de espécies identificadas por restos espiculares? Partindo da premissa que *proxies* de mesmo período e lugar fornecem informações congruentes entre si, realizou-se uma reconstituição em área lacustre de depósito fluvial do Vale do Rio Trairi, RN. A hipótese de contínua colmatção dos lagos é usada para caracterizar o cenário paleoambiental. Os objetivos foram: 1) reconstituir condições paleoambientais por meio da análise *multiproxy*; e 2) contrapor a resposta fornecida pelas espículas às dos outros *proxies*. Dados sedimentares, fitolíticos e isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ e ^{14}C) foram usados. Foram recuperados dois testemunhos, LFU (0,60 m) e LUR (0,96 m), provenientes de dois lagos aleatoriamente escolhidos. As idades basais de cada testemunho, respectivamente, foram: 1520 e 1940 anos cal. A.P. Dados sedimentológicos mostraram pacotes predominantemente arenosos, com padrão granodécrescente, pouco selecionados, com grãos principalmente angulares a subangulares, vítreos a opacos. Dados isotópicos mostraram tipos fotossintetizantes C_3 e C_4 com presença de algas. Fitólitos sugeriram presença de plantas das famílias Arecaceae/Bromeliaceae, Cyperaceae, Poaceae e dicotiledôneas. Os restos espiculares encontrados pertenciam às espécies: *Heterorotula fistula*; *Ephydatia* sp.; *Dosilia pydanieli*; *Corvoheteromeyenia* sp; *Tubella variabilis*; *Radiospongilla inesi*; e *Anheteromeyenia* sp. O cenário paleoambiental interpretado, apontou condição de pântano, em processo ativo de colmatção, que foi corroborada apenas pelas espécies *D.pydanieli* e *H. fistula*.

Palavras-chave: Esponjas continentais. Fitólitos. Isótopos. Condições paleoambientais.

ABSTRACT

We found that generalist continental sponge species were mistaken for specialists, while other specialists were discovered living in conditions different from those already known. This interferes with the ecological information used for paleoenvironmental inference. So how would it be possible to verify reliable information on species identified by sponge remains? We reconstructed the paleoenvironment of the lacustrine area from fluvial deposit in the Trairi Valley, Rio Grande do Norte State. We used the hypothesis of lakes continuously filled with sediment. Objectives: 1) to reconstruct paleoenvironmental conditions through multiproxy analysis; 2) to contrast the response provided by the sponge spicules with those of the other proxies. We used sedimentary, phytolith, and isotopic data ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, and ^{14}C). We recovered two cores, LFU (0.60 m), and LUR (0.96 m) from two randomly chosen lakes. Basal ages of each core,

¹ Professor de Biologia da Universidade do Estado da Bahia-BA, ldocio@uneb.br

² Professor de Geografia da Universidade Estadual do Paraná - PA, mauroparolin@gmail.com ;

³ Professor de Biologia da Universidade Federal de Pernambuco - PE, ulisses.pinheiro@ufpe.br;

respectively: 1520 and 1940 years cal. BP. Sedimentological data showed predominantly sandy packages, with a grain-descending pattern, poorly selected, with mainly angular to sub-angular, vitreous to mat grains. Isotopic data showed photosynthetic types C₃ and C₄ with the presence of algae. Phytoliths suggested the presence of family plants: Arecaceae/Bromeliaceae, Cyperaceae, Poaceae, and dicotyledonous. The sponge remains found belonged to the species: *Heterorotula fistula*; *Ephydatia* sp.; *Dosilia pydanieli*; *Corvoheteromeyenia* sp; *Tubella variabilis*; *Radiospongilla inesi*; and *Anheteromeyenia* sp. The interpreted paleoenvironmental scenario indicated a bog condition, in an active process of filling, which corroborated only by two species *D.pydanieli* and *H. fistula*.

Key-words: Continental sponges. Phytoliths. Isotopes. Paleoenvironmental conditions.

INTRODUÇÃO

Espículas de esponjas continentais são utilizadas como *proxies* de inferência paleoambiental desde a década de 1970 (HARRISON ET AL., 1979; SIFEDDINE et al., 1994; VOLKMER-RIBEIRO; ALMEIDA, 2005). Em geral, as espécies especialistas são específicas para determinados aspectos abióticos dos ambientes onde habitam (TAVARES et al., 2003; VOLKMER-RIBEIRO; ALMEIDA, 2005). Tal especificidade também pode estar relacionada à capacidade de as gêmulas eclodirem em condições de temperatura, pH, turbidez, fluxo de energia e profundidade, o que impacta diretamente a distribuição das espécies (CALHEIRA et al., 2020). Por isso, elas são excelentes *proxies* para elucidação de condições pretéritas, onde seus restos subfósseis ou fósseis tenham sido encontrados. Já os restos de espécies generalistas fornecem poucas informações sobre o ambiente, pois podem viver em situações abióticas antagônicas, como ambientes lóticos e lênticos, por exemplo (DOCIO et al., 2021a).

Recentemente, verificou-se em estudos de levantamentos bibliográficos que espécies generalistas foram confundidas com especialistas, enquanto outras especialistas foram descobertas vivendo em condições diferentes daquelas já conhecidas (DOCIO et al., 2021a). Então, como seria possível verificar informações confiáveis de espécies identificadas por restos espiculares? Partindo-se da premissa que *proxies* de mesmo período e lugar fornecem informações congruentes entre si, realizou-se uma reconstituição paleoambiental em área lacustre de antigo depósito fluvial pertencente ao Vale do Rio Trairi, São José do Mipibu, RN. A hipótese levantada para a reconstituição é de que os lagos escolhidos estão em contínuo processo de colmatção. Para análise *multiproxy* foram considerados os dados de: análises sedimentares, fitólitos e isótopos ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ e ^{14}C). Os objetivos foram: 1) reconstituir condições paleoambientais por meio da análise *multiproxy* de área lacustre; e 2) avaliar o potencial de utilização de espículas preservadas em sedimentos, contraposta a resposta fornecida pelos outros *proxies*.

REFERENCIAL TEÓRICO

Esponjas são animais sésseis, filtradores, que habitam ambientes marinhos e de águas continentais, compondo o Filo Porifera. O grupo como um todo, provavelmente, alcançou maior diversidade durante o Cretáceo. Entretanto, para as esponjas de águas continentais a riqueza e abundância de fósseis são relativamente recentes, compreendidas entre o Mioceno e o Pleistoceno (HARRINSON; WARNER, 1986). Sendo assim, esses fósseis são de espécies que possuem indivíduos ainda viventes, e por isso, o conhecimento sobre sua ecologia atual pode ser usado para descrever o paleoambiente (PAROLIN, 2008).

A análise *multiproxy* confere maior robustez às interpretações e, neste estudo, foram utilizados dados presentes nas sondagens, que foram: dados sedimentológicos, fitolíticos e isotópicos. Nesse sentido, os dados sedimentológicos fornecem informações sobre o transporte de sedimentos de ambientes modernos e antigos (SCHNURRENBERGER et al., 2003; TUKER, 2014). Já os dados fitolíticos são estruturas siliciosas biogênicas, produzidas por plantas através da absorção de ácido silícico pelas raízes (PIPERNO, 1991). As assembleias de fitólitos preservadas em sedimentos fornecem inferências sobre as características da comunidade vegetal do passado (COE et al., 2013). A assembleia de fitolítica, na maioria dos casos, pode ser usada para a identificação até a categoria taxonômica família. Entretanto, os fitólitos da família Poaceae podem distinguir até o táxon subfamília (TWISS et al., 1969). Dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$) podem determinar o tipo fotossintético (C_3 ; C_4 e CAM) de traços orgânicos de plantas (MEYERS, 1994; PESSENDA et al., 2005). A distinção de $\delta^{15}\text{N}$ serve como um indicador presença de algas (MEYERS, 1994).

METODOLOGIA

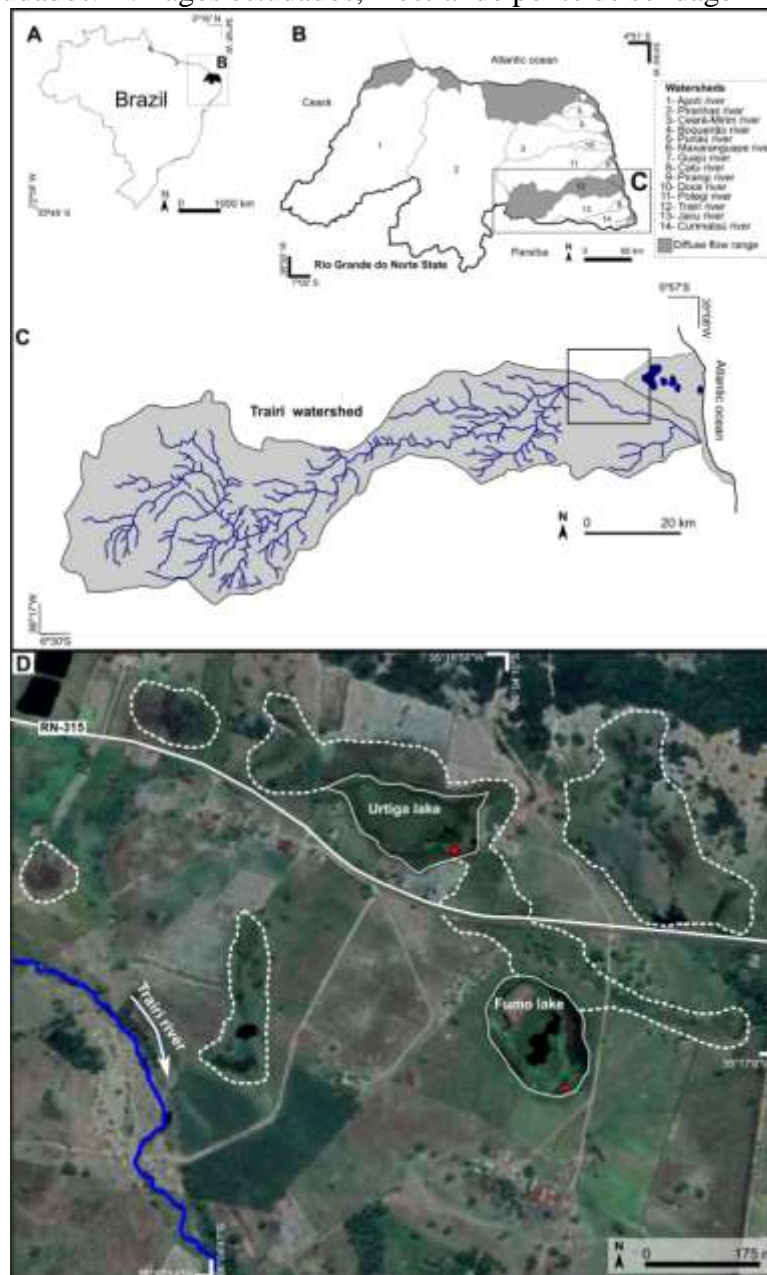
Os lagos Urtiga (LUR) e Fumo (LFU) são depressões, com profundidades máximas de 2 m, localizado próximo a foz do Rio Trairi, em São José do Mipibu – Rio Grande do Norte, Brasil. O clima nesta área é do tipo As' . A precipitação corresponde a 1.400 mm por ano e a temperatura média anual é de $26,2^\circ\text{C}$ (DOCIO et al, 2021b⁴) (Fig.1).

Os testemunhos foram recuperados por meio de sondagem a percussão em estação seca. Em LFU, atingiu 0,60 m de profundidade e em LUR, 0,96 m. Foram analisadas, 20 amostras de LFU e 32 de LUR, tomadas em intervalos de 3 cm.

⁴ Os dados apresentados neste manuscrito estão em acordo com licença de direitos autorais junto ao Journal of Southamerican Earth Sciences, o qual é devidamente citado.

Para granulometria, separou-se sedimentos finos e peneirou-se os grossos. A classificação seguiu Wentworth (1922). Para morfoscopia, seguiu-se Folk (1980). Para descrição de cores, utilizou-se Munsell (1975). Duas amostras basais, uma de cada sondagem, seguiram para datação por radiocarbono. Outras sete, tomadas aleatoriamente entre as profundidades, seguiram para composição de isótopos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. Radiocarbono e isótopos se analisaram na Universidade da Geórgia (EUA). Interpretação dos isótopos seguiram Pessenda et al. (2005) e Meyers & Ishiwatari (1993). Os percentuais de matéria orgânica do solo (MOS), seguiram Schumacher (2002). Extração de fitólitos e espículas seguiram Volkmer-Ribeiro e Turcq (1996). Cerca de 350 lâminas foram preparadas com 50 μL resultantes de 1g de sedimentos centrifugados. Elas estão no Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam (LEPAFE- UNESPAR) - (Cod. L.307 C. 25 - LFU; Cod. L.309 C. 26 - LUR). Identificações de fitólitos seguiu Madela et al., (2005). Espécies de esponjas foram identificadas a partir de restos espiculares usando literatura especializada. As zonas de espículas e fitólitos foram agrupadas usando a função CONISS do *Tilia graph* (GRIMM, 1990). Para referências de análises e discussões ecológicas de espécies de esponjas vide Docio et al. (2021a; b).

Figura 1 – Área de estudo. A. Localização do Estado do Rio Grande do Norte. B. Localização da Bacia hidrográfica do Estado, frente as Bacias vizinhas. C. Localização dos Lagos estudados. D. Lagos estudados, mostrando ponto de sondagem (em vermelho).



RESULTADOS E DISCUSSÕES

LUR apresentou-se predominantemente arenoso (93-84%), com lama (13%) e cascalho (5%). O padrão granulométrico é decrescente e mal selecionado. Há areia muito grossa (17 e 10%), grossa (31 e 17%), média (31 e 23%), fina (11 e 22%) e muito fina (2 e 11%). Lama estava em todo o testemunho, aumentado da base (cerca de 5-4%) para o topo (13-6%). Cascalho ocorreu a 0,51 e 0,60 m (cerca de 5%). A morfoscopia apresentou dos grãos principalmente angulares (34-57%) e sub-angulares (31-65%); com brilho variando entre vítreo (3-28%) e fosco (72-87%). O sedimento variou entre tons de cinza e branco (Fig. 2). MOS, datação e concentração isotópicas estão dispostos na tabela. 1, indicando 1940 (LUR) anos AP e traços dos tipos fotossintetizantes C₃ e C₄, com presença de algas. Foram identificadas 1029 espículas fragmentadas e inteiras das espécies: *Heterorotula fistula* Volkmer-Ribeiro & Motta, 1995; *Ephydatia* sp.; *Dosilia pydanieli* Volkmer-Ribeiro, 1992; *Corvoheteromeyenia* sp; *Tubella variabilis* (Bonetto & Ezcurra de Drago; 1973) *Radiospongilla inesi* Nicácio & Pinheiro, 2011; e *Anheteromeyenia* sp (Fig. 3). Aproximadamente 2170 fitólitos que indicaram as famílias: Areaceae e / ou Bromeliaceae; Poaceae (PIPERNO, 2006); Cyperaceae (STEVANATO et al., 2019); Dicotiledôneas (RAITZ et al., 2015) (Fig. 3). Biomineralizações apontando o agrupamento de três Zonas distintas, que marcam mudanças recentes e passadas (Fig.4). LFU apresentou-se predominantemente arenoso (91-85%), com lama (13%) e cascalho (5,4%). O padrão granulométrico também é decrescente e mal selecionado. Há areia muito grossa (entre 25 e 5,6%), grossa (entre 24 e 13%), média (entre 19 e 13%), fina (entre 22 e 13%) e muito fina (entre 27 e 9%) da base ao topo. A lama apresentou aumento da base ao topo (cerca de 5-4%). O cascalho apresentou-se em todos os níveis (13-6%). A morfoscopia apresentou grãos principalmente angulares (95,2%) e sub-angulares (4,8%), com brilho entre vítreo (3-28%) e fosco (76-50%). O sedimento apresentou tons de cinza e marrom acinzentado (Fig. 2). Datação e isótopos estão dispostos na Figura. 2, indicando 1520 anos AP, tipos fotossintetizantes C₃ e C₄ com presença de algas.

Tabela 1 – Datação por radiocarbono (AMS) e sinais isotópicos ($\delta^{13}\text{C}\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$) dos Urtiga (testemunho LUR) e Fumo (testemunho LFU) (Continuação)

Depth	Lab. Code	Age	Cal.	Soil Organic	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
(cm)			Age 2σ	Matter (%)	(‰)	(‰)
Lago Fumo						
18		-	-	0,90	-	-
30		-	-	7,00	-20,66	6,76
42		-	-	14,00	-	-
45		-	-	-	-23,31	6,46
46		1620 \pm 25	1,523	-	-21,09	-
60		-	-	3,00	-	-
Lago Urtiga						
12		-	-	-	-23,26	5,04
24		-	-	0	-	-
30		-	-	-	-23,19	7,55
36		-	-	0	-	-
45		-	-	10,00	-	-
63		-	-	9,00	-	-
74		-	-	-	-24,84	7,26
80		-	-	-	-25,24	7,26
92		-	-	1,00	-	-
96		1990 \pm 25	1939	-	-23,26	-



Figura 2 – Estrutura, cor, granulometria (textura), arredondamento e morfoscopia de sedimentos dos Lagos Urtiga (LUR core) e Fumo (LFU). Barra de escala: 1mm

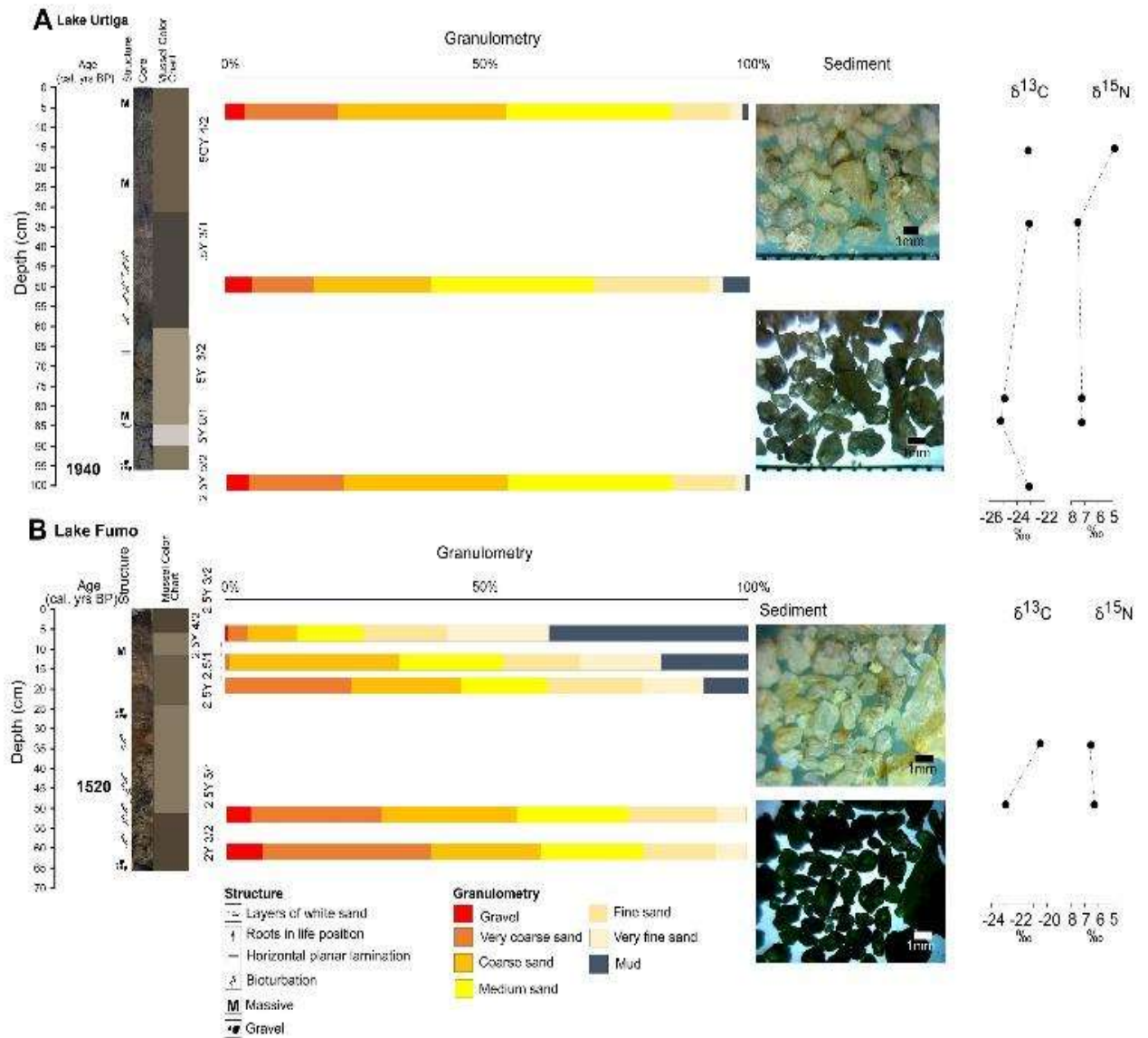
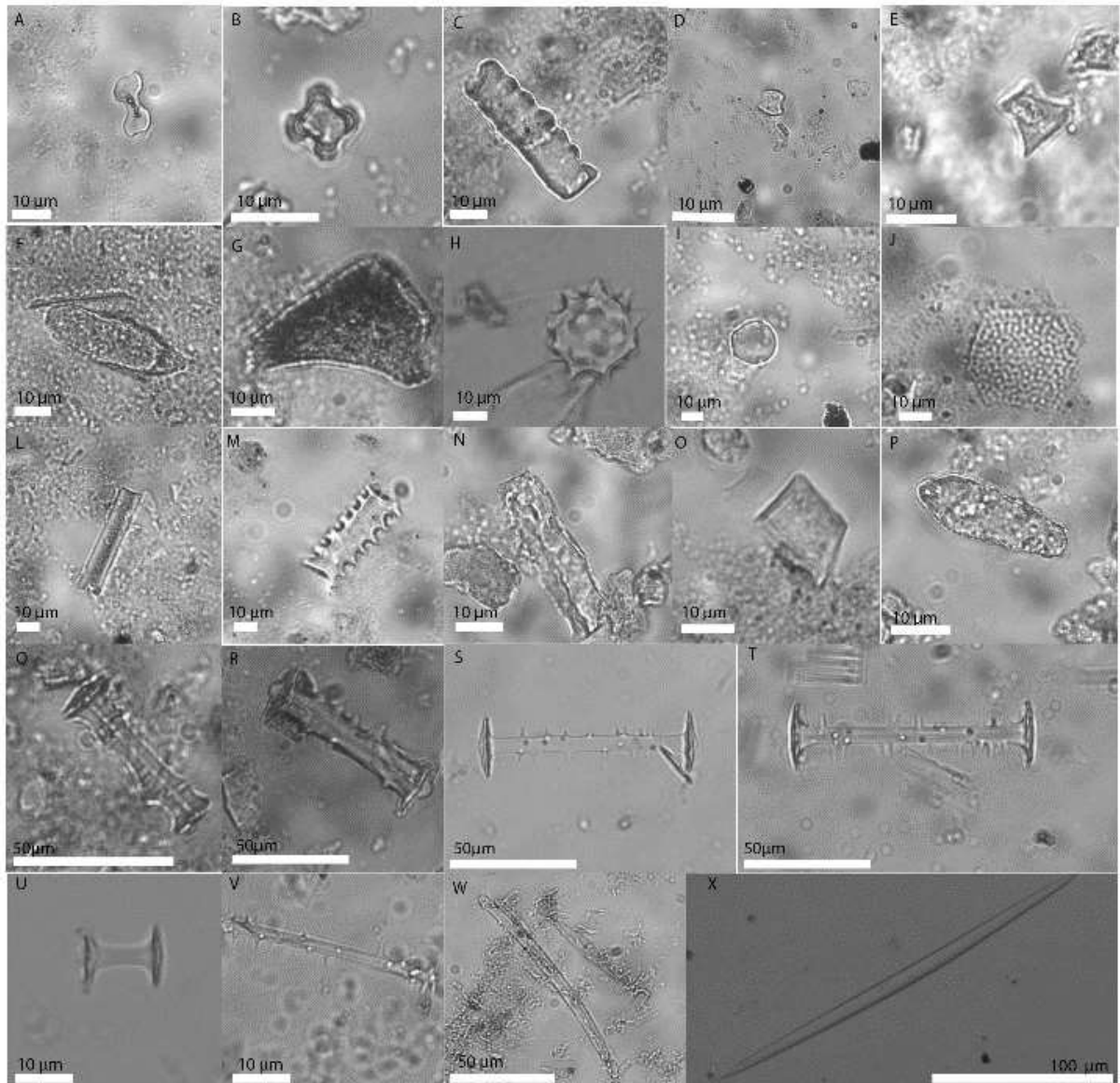




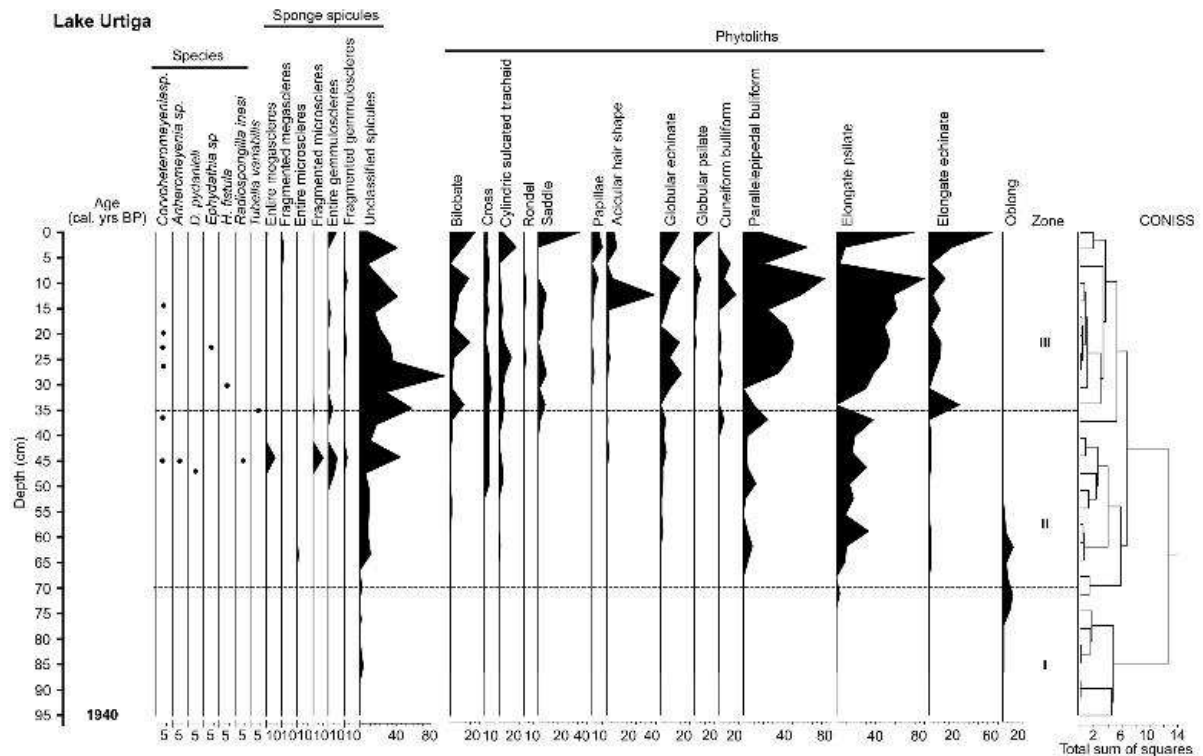
Figura 3 – Fotomicrografias de biomineralizações dos testemunhos LUR e LFU. A. bilobate; B. cross; C. cylindrical sulcate tracheid; D. saddle; E. rondel; F. acicular hair cell; G. cuneiform bulliform; H. globular echinate; I. globular psilate; J. papillae; L. elongate psilate; M. elongate echinate; N.O. parallepipedal buliform; P.oblong; Q. *Heterorotula fistula*; R. *Ephydatia* sp.; S. *Dosilia pydanieli*; T. *Corvoheteromeyenia* sp; U. *Tubella variabilis*; V. *Radiospongilla inesi*; W. *Anheteromeyenia* sp.; X. óxea megasclera.





Foram identificadas 106 espículas fragmentadas e inteiras correspondendo às espécies *H. fistula* e *Corvoheteromeyenia heterosclera* (Ezcurra de Drago, 1974). Todas encontradas apenas na zona III, o que sugere colonização incipiente, porém sem espécimes vivos. Aproximadamente 1210 fitólitos foram identificados e apontam as mesmas famílias em LUR. Embora menos diversas, biomineralizações também apontaram três zonas (Fig.5).

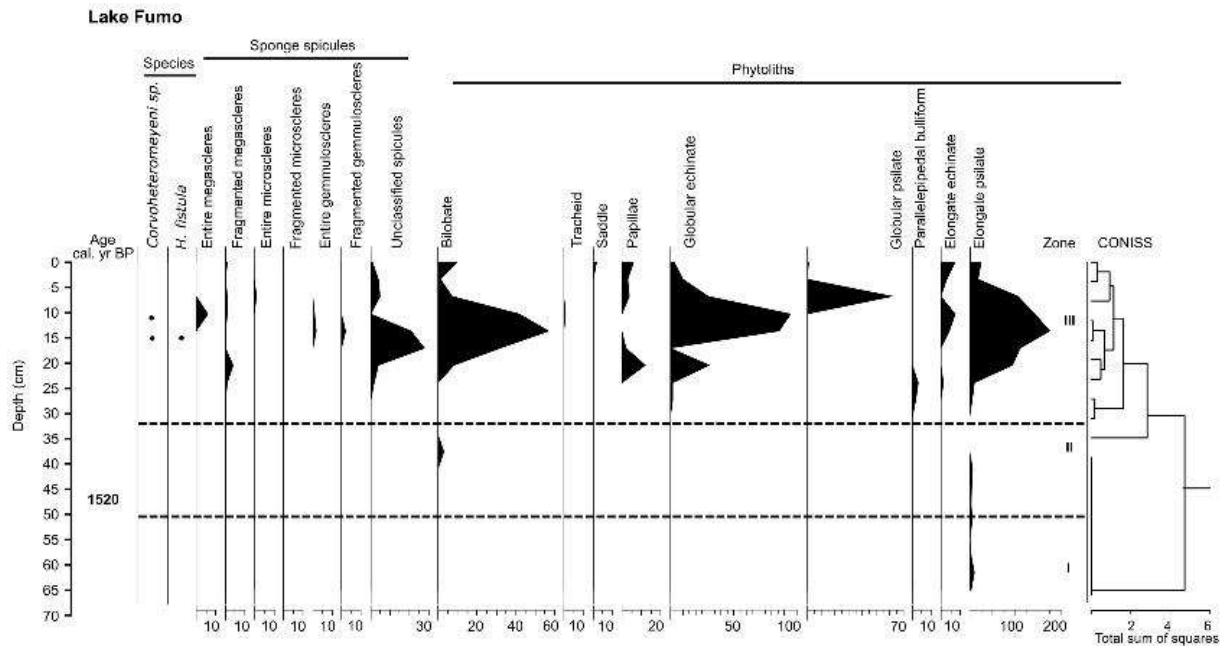
Figura 4– Lago Urtiga (testemunho LUR). Datação ^{14}C , espículas de esponjas continentais, contagem de fitólitos, análise CONISS.



O padrão granulométrico decrescente em ambas as amostras sugere uma diminuição da energia cinética da base ao topo. Esta tendência foi interpretada como indicativo de mudanças nas condições pluviométricas passadas, já que os dados sugeriram transporte de colúvio para os lagos em estações chuvosas (DOCIO et al., 2021b). As frações gradativamente mais finas de areia sustentam a formação de lagos. Em LUR a presença de uma assembleia porífera corrobora esta afirmação (~0,45 m).



Figura 5 –Lago Fumo (Testemunho LFU). Datação ^{14}C , espículas de esponjas continentais, contagem de fitólitos, análise CONISS.



Zona I de ambos testemunhos, LUR e LFU: A preservação de espículas fragmentadas e fitólitos entre areia grossa foi possível devido à baixa seleção dos grãos de areia e à presença de lama. Em geral, fitólitos e espículas percolam através dos espaços entre os grãos em sedimentos arenosos grossos (KÜERTEN et al, 2013). Os fragmentos sugerem rápido aterramento por colúvio. Os dados isotópicos, aliados aos tipos fitolíticos, sugerem ambiente alagado e composto principalmente por gramíneas (Poaceae). Há praticamente ausência de biomineralizações em LFU.

Zona II de ambos testemunhos, LUR e LFU: Fitólitos sugerem formação de pântano. Evidência de bioturbações corrobora interpretação de lagos rasos, colonizados por macrófitas aquáticas. Em LUR, há maior deposição de matéria orgânica e uma orictocenose porífera, que sugerem diminuição da coluna d'água por seca (~0,45m). *D. pydaniele* corrobora os dados fornecidos pelos outros *proxies*, os quais sugerem cenário descrito. Devido à impossibilidade de identificação ao nível específico, *Anheteromeyenia* sp. apenas indicou permanência de condições lênticas. *Corvoheteromeyenia heterosclera* é generalista para variáveis como



substrato, hidrodinâmica e preservação ambiental (DOCIO et al., 2021a). *Radiospongilla inesi* e *T. variabilis* são encontradas em diferentes condições hidrodinâmicas e de substratos. Portanto, *proxies* pouco eficientes para determinação do cenário descrito (op. cit.).

Zona III de ambos testemunhos, LUR e LFU: Fitólitos sugerem Cyperacea, Poacea, Arecacea. Entre as três espécies de esponjas encontradas em LUR e as duas espécies da amostra LFU, apenas as espículas de *H. fistula* indicaram um ambiente congruente com aquele inferido através de outros dados proxy. *Ephydatia* sp. não se assemelha a nenhuma das espécies conhecidas do gênero, podendo ser uma espécie nova. No entanto, os restos de espículas encontrados não suportam uma descrição taxonômica. Entretanto, nenhuma das outras espécies do mesmo gênero, presentes no Brasil, confirmam o cenário descrito.

Conclusão

O cenário paleoambiental dos lagos apontou condição de pântano, em processo ativo de colmatação, corroborando a hipótese do estudo. Apenas duas esponjas, *D. pydanieli* e *H. fistula*, corroboraram as condições ambientais indicadas pela análise *multiproxy*. A identificação dos restos espiculares até o nível específico permite maior riqueza de informações, principalmente relacionadas a espécies especialistas.

Agradecimentos: Dr. André Luiz Carvalho da Silva; Dr^a. Giliane G. Rasbold, Dr. Marcelo Caxambu.

REFERÊNCIAS

BONETTO, A.A., EZCURRA DE DRAGO, I.D. Las esponjas del género *Trochospongilla* Vejdovsky em águas Argentinas. *Physis* sección B 32(84): 13-18. 1973.

CALHEIRA, L.; SANTOS, PJP; Pinheiro, U. Heachability of gemmules of Neotropical freshwater sponges (Porifera: Spongillidae). *Iheringia*. 1-5. 2020.

DOCIO, L.; PAROLIN, M.; PINHEIRO, U. A contribution to adequate use of freshwater sponge spicules as a proxy in paleoenvironmental studies. *Zootaxa*. 4915(4):1-23. 2021a.

COE, H.H. G.; GOMES, J.G., CHUENG, K.F. Exemplos de Reconstituições vegetais e inferências de paleoclimas no Estado do rio de Janeiro através da utilização de biomineralizações de sílica (Fitólitos) e isótopos de carbono. *Revista Tamaios* 9(1): 86-106.2013.



DOCIO, L.; RASBOLD, G.; SILVA, A.L.C.; PAROLIN, M.; CAXAMBU, M.; PINHEIRO, U. An assessment of the wealth of information given by sponge spicules as a paleoenvironmental tool: the case of two lakes in Northeast (Brasil). *Journal of South American Earth Science*, 107: 01-13. 2021b.

Ezcurra de Drago, I. Las especies sudamericanas de *Corvomeyenia* Weltner (Porifera, Spongillidae). *Physis (sér. B)*. 33(87):233-240. 1974.

FOLK, R.L. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill publishing company. Austin, Texas. 1980. 182pp.

GRIMM, E. C. Tilia and Tilia graph: pc spreadsheet and graphics software for a pollen data. *INQUA – Commission of the study of the Holocene, working group on data-handling Methods Newsletter*.4: 5-7. 1990.

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 Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 454: 1-6. 1979.

HARRINSON, F.W; WARNER, BG. Fossil fresh-water sponges (Porifera: Spongillidae) from Western Canada: An overlooked group of quaternary Paleocology Indicators. *Transaction of the American Microscopical Society*. 105(2):110-120. 1986.

KÜERTEN, S., PAROLIN, M., ASSINE, M.L., MCGLUE, M.L. Sponge spicules indicate Holocene environment changes on the Nabileque River floodplain, Southern Pantanal, Brazil. *Journal of Paleolimnology* 49: 171-183. 2013.

MADELLA, A.; ALEXANDRE, A., BALL, T. International Code for Phytoliths Nomenclature 1.0. *Annals of Botany* 96: 253–260. 2005.

MEYERS, P.A. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology* 114: 289-302. 1994.

MEYERS, P., ISHIWATARY R. Lacustrine organic geochemistry – an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. *Organic Geochemistry* 20(7): 867-900. 1993.

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. Munsell soil color charts. Munsell color. *Macbeth Division of Kollmorgen Corporation*, Baltimore, Maryland, USA. 1975. 20pp.



PAROLIN, M., VOLKMER-RIBEIRO, C., STEVAUX, J. C. Use of spongofaces as a proxy for river-lake paleohydrology in quaternary deposits of central-western Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 11(3):187-198. 2008.

PESSENDA, L. C. R., GOUVEIA, S. E.M., FREITAS, H.A., RIBEIRO, A.S., ARAVENA, R., BENDASSOLLI, J.A., LENDRU, M., SIEFFEDDINE, A. F.; SCHEEL-YBERT, R. Isótopos do Carbono e suas aplicações em estudos paleoambientais. In: Souza, C. R.; Suguio, K.; Oliveira, A.M.; Oliveira, P.E. *Quaternário do Brasil*. Holos Editor: Ribeirão Preto-SP. 2005.

NICÁCIO, G., SEVERI, W., PINHEIRO, U. .2011. New species of Radiospongilla (Porifera:Spongillidae) from Brazilian inland Waters. *Zootaxa* 3132:56-63. 2011.

PIPERNO, D. R. *Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Oxford: AltaMira Press. 2006. 238pp.

PIPERNO, D.R. The Status of Phytolith Analysis in the American Tropics. *Journal of World Prehistory*. 5(2):155-191. 1991.

RAITZ, E., CALEGARI, M.R., PAISANI, S.D.L. Inventário de fitólitos da floresta ombrófila mista: subsídios para estudos paleoambientais. *Quaternary environmental geosciences* 6(2):18-35. 2015.

SCHNURRENBERGER, D., RUSSEL, J., KELTS, K. Classification of lacustrine sediments based on sedimentary components. *Journal of Paleolimnology* 29: 141-154. 2003.

SCHUMACHER, B.A. *Methods for the Determination of Total Organic Carbon (TOC) in Soils and Sediments*. Ecological Risk Assessment Support Center. US. Environmental Protection Agency. 2002. 23pp.

SIFEDDINE, A., FRÖHLICH, F., FOURNIER, M., MARTIN, L., SERVANT, M., SOUBIÈS, F., TURCQ, B., SUGUIO, K. & VOLKMER-RIBEIRO, C. La sédimentation Lacustre indicateur de changements des paléoenvironnements au cours des 30000 dernières années (Carajas Amazonie, Bresil). *Comptes Rendus de L'Académie des Science*, 318 (3), 1645—1652. 1994.

STEVANATO, M., RASBOLD, G.G., PAROLIN, M., LUZ, L.D., LO, E., WEBER, P., TREVISAN, R., CAXAMBU, M.G. New characteristics of the papillae phytolith morphotype recovered from eleven genera of Cyperaceae *Flora*. 253: 49-55. 2019.



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*, 20 (2): 169–182. 2003.

TUKER, M. E. *Rochas sedimentare: guia geológico de campo*. Ed. Bookman, Rio de Janeiro. 2014. 324pp;

TWISS P.C., SUESS E., SMITH R.M. 1969. Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Science Society of America Proceedings*, 33:109-11.

VOLKMER-RIBEIRO, C. & ALMEIDA, F.B. Diversidade biológica: As esponjas do Lago Tupé. In: Santos-Silva, E., Aprile, F.M., Scudeller, V.V. & Melo, S. (Eds.), *Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central*. Editora INPA, Manaus, 123–134pp. 2005.

VOLKMER-RIBEIRO, C. The freshwater sponges in some peat-bogs ponds in Brazil. *Amazoniana*. XII (2): 317-335. 1992

VOLKMER-RIBEIRO, C.; MOTTA, J.F.M. Esponjas formadoras de espongilitos em lagoas no Triângulo Mineiro e ajacências com indicação de preservação de habitat. *Biociencias*. 3 (2): 183-205. 1995.

VOLKMER-RIBEIRO, C., TURCQ, B. *SEM*. Analysis of siliceous spicules of freshwater sponge indicate environmental changes. *Acta Microscopica*. 5: 186-187. 1996.

WENTWORTH, C.K. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*. 30 (5): 377-392. 1996.