ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Preservação de fitólitos em solo no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná*

Renan Valério Eduvirgem¹, Mauro Parolin², Marcelo Galeazzi Caxambú³, Edemilson Luiz Siqueira⁴

¹Doutorando em Geografia na Universidade Estadual de Maringá, Professor Colaborador, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Alameda Élio Antonio Dalla Vecchia, 838 - CEP 85040-167 - Bairro - Vila Carli, Guarapuava - PR. georenanvalerio@gmail.com (autor correspondente). ²Professor Associado do Colegiado de Geografia da Universidade Estadual do Paraná - Campus de Campo Mourão, Av. Comendador Norberto Marcondes, 733 - CEP 87302-060 - Centro, Campo Mourão - PR. mauroparolin@gmail.com. ³Professor efetivo e curador do Herbário HCF da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus de Campo Mourão, R. Rosalina Maria Ferreira, 1233 - CEP 87301-899 - Vila Carola, Campo Mourão - PR. mgcaxambu@yahoo.com.br. ⁴Membro do Herbário HCF da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão, R. Rosalina Maria Ferreira, 1233 - CEP 87301-899 - Vila Carola, Campo Mourão - PR. edemilsonluiz@gmail.com.

Artigo recebido em 17/09/2020 e aceito em 01/02/2021

RESUMO

O acompanhamento da evolução da vegetação é importante para compreensão das possíveis modificações naturais na composição das formações florestais. O presente trabalho tem por objetivo abarcar a conservação da assembleia fitolítica em solos do Parque Nacional do Iguaçu/Paraná (PNI). Os fitólitos são micropartículas silicosas produzidas por gramíneas e algumas famílias arbóreas, que no final do ciclo de vida da planta são incorporados aos solos. Os procedimentos metodológicos pautaram-se em atividades de campo e de laboratório. Foram coletados 12 perfis de solo (trincheira 1, tubo de alumínio 1 e 10 tradagens). Os resultados tornaram possível a identificação e compreensão da distribuição fitolítica no PNI. Na discussão é abordada a correspondência das morfologias e comparação dos resultados obtidos, bem como a relação com a literatura. Identificou-se que as amostras que apresentaram os maiores valores no quantitativo fitolítico foram P1, T1, P4, P9, Fazenda Salinet, RPS, P8, P2, P5, P6, P3 e P7 respectivamente. Determinou-se que até as profundidades estudadas a vegetação arbórea e rasteira sempre coabitaram com prevalência do estrato arbóreo. No entanto, ressalta-se que ocorreram variações da vegetação com momentos de floresta mais e menos densa, e, com maior e menor sinais de umidade; tendo cada ponto amostrados peculiaridades. Concluiu-se que ocorreram diferenças tanto na Floresta Ombrófila Mista quanto na Floresta Estacional Semidecidual, bem como nos diferentes solos amostrados.

Palavras-chave: Unidade de Conservação, "Proxy", Vegetação.

Preservation of phytoliths on soil in the Iguaçu National Park, Paraná

ABSTRACT

The monitoring evolution of vegetation is important to understand possible natural changes in the composition of forest formations. This work aims to cover the conservation of the phytolytic assembly in soils of the Iguaçu/Paraná National Park (PNI). Phytoliths are siliceous microparticles produced by grasses and some tree families, which at the end of the plant's life cycle are incorporated into the soil. The methodological procedures were based on field and laboratory activities. Twelve soil profiles were collected (trench 1, aluminum tube 1 and 10 edgings). The results made it possible to identify and understand the phytolytic distribution in the PNI. In the discussion, the correspondence of the morphologies and comparison of the results obtained is addressed, as well as the relationship with the literature. It was identified that the samples that presented the highest values in the phytolytic quantity were P1, T1, P4, P9, Fazenda Salinet, RPS, P8, P2, P5, P6, P3 and P7 respectively. It was determined that even the depths studied, tree and undergrowth vegetation always cohabited with prevalence of tree strata. However, it is noteworthy that vegetation variations occurred with moments of more and less dense forest, and with greater and lesser signs of humidity; having each point sampled peculiarities. It was concluded that differences occurred both in the Mixed Ombrophilous Forest and in the Seasonal Semideciduous Forest, as well as in the different sampled soils.

Keywords: Conservation Unit, Proxy, Vegetation.

*Parte da tese de doutorado do primeiro autor.

Introdução

Os fitólitos são partículas microscópicas de sílica hidratada formadas durante o desenvolvimento de algumas plantas, sendo liberados no solo ao fim do ciclo de vida com a decomposição da mesma. Os fitólitos são amorfos e, acumulam-se dentro ou no entorno das células dos tecidos das espécies vegetais. Com a recuperação dos fitólitos presentes no solo, é possível identificar quais famílias estiveram presentes em tempos pretéritos, permitindo inferir sobre as características da paleovegetação. Por tal fato, o fitólito é um importante dado “proxy” da vegetação pretérita.

Croft et al. (2018) denotaram que antigos ambientes atualmente não podem ser visualizados diretamente. No entanto, existem diversas técnicas que permitem a inferência de ambientes passados. O fitólito consiste em um importante indicador das paleovegetações. Crifó e Strömberg (2020) afirmaram que os estudos utilizando fitólitos tornou-se uma fonte de dados para estudos paleoecológicos de tempo profundo apenas nos últimos 15 anos.

Nesse sentido, diversos trabalhos foram elaborados utilizando fitólitos como “proxy” principal para avaliação da paleovegetação, como exemplo os estudos de Parolin et al. (2017), Rasbold et al. (2016), Rito et al. (2018), Souza et al. (2019) e Watling et al. (2020).

Nessa perspectiva, estudar o Parque Nacional do Iguaçu é essencial, uma vez que há somente um estudo realizado para todo o parque, com somente um testemunho. Nesse trabalho realizou-se mais de dez coletas em diferentes solos e formações florestais com a finalidade de conhecer melhor a distribuição fitolítica, tanto ao sul quanto ao norte do Parque Nacional do Iguaçu.

Esse trabalho tem como objetivo abarcar a conservação da assembleia fitolítica em solos do Parque Nacional do Iguaçu (PNI)/Paraná. Adotou-se abordagem quantitativa para analisar as amostras, observando onde há maior e menor conservação de morfologias fitolíticas.

O presente trabalho tem como hipótese que há distinção na conservação fitolítica nos pontos amostrados.

Ressalta-se que o PNI é uma Unidade de Conservação (UC) federal e por esse motivo, tende a ser preservada, evitando-se a degradação florestal e demais impactos antrópicos no ambiente. Nesse sentido, faz-se interessante observar a preservação de fitólitos em solos em que praticamente não houve e não há ações de degradação ambiental.

Materiais e métodos

Localização da área e amostras coletadas

O PNI está localizado a sudoeste do estado do Paraná, no Terceiro Planalto Paranaense. O seu perímetro é de 400 km, e área total de 185.262,50 ha (Figura 1). Essa UC está inserida nos municípios de Céu Azul (49,56%), Matelândia (19,87%), Serranópolis do Iguaçu (16,92%), São Miguel do Iguaçu (11,73%) e Foz do Iguaçu (7,48%), além de margear os municípios de Capitão Leônidas Marques, Capanema, Lindoeste, Santa Tereza do Oeste, Santa Lúcia, Santa Terezinha de Itaipu, Ramlândia, Diamante D'Oeste e Medianeira.

Com relação à condição climática do Parque Nacional do Iguaçu, Souza (2020) analisou a série de histórica (1980/2017) de precipitação e determinou que 21% dos anos apresentaram-se muito acima da média com acumulados superiores a 2000 mm, 26% abaixo de 1500 mm, e 53% dos anos, a precipitação interanual oscilou entre 1500 mm e 2000 mm. De acordo com a classificação climática utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o clima é definido como temperado subquente e úmido, apresentando temperaturas médias entre 15 °C e 18 °C em ao menos um mês, com um a três meses secos.

No PNI ocorrem a Floresta Ombrófila Mista (FOM) e a Floresta Estacional Semidecidual (FES). A primeira com as subformações Montana, Submontana e Aluvial e a segunda com as subformações Submontana, Montana e Aluvial, além de Formações Pioneiras com Influência Fluvial. Na FES foram coletadas as amostras da Represa Rio São João, Fazenda Salinet e Ponto 9; na FOM o Tubo 1 e Pontos 1, 2, 3, 4, 5 (trincheira), 6, 7, 8.

As campanhas para as amostragens de solos (autorização do ICMbio - 58606) em virtude da logística e dos custos envolvidos, foram realizadas em consórcio com a coleta botânica do Herbário HCF (da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão-PR).

Foram promovidas 8 coletas de solo no PNI (município de Céu Azul), destes 6 foram por trado holandês, 1 por trincheira e 1 por tubo de alumínio. Três coletas se deram em uma transecção (141 m) ao longo de uma vertente (Pontos 6, 7 e 8). Em Foz do Iguaçu foram realizadas 3 coletas por trado holandês, Represa Rio São João, Fazenda Salinet e Ponto 9. Ressalta-se que os pontos foram elencados aleatoriamente (Quadro 1).

Nas coletas com trado procurou-se estabelecer equidistância entre os pontos amostrados, com propósito de coletar diferentes solos (como exemplo na transeção de 141 m, que coletou-se Latossolo na alta vertente, Nitossolo na média vertente e solo hidromórfico acinzentado na baixa vertente). Privilegiou-se áreas com ausência de processos coluvionares e áreas de topo. No entanto, foram realizadas amostragens em baixa vertente/fundo de vale.

Em uma localidade realizou-se a amostragem com um tubo de 100 mm (Tubo 1), pela impossibilidade de utilização de trado devido a ausência do mesmo no momento da coleta.

Na coleta das amostras do Ponto 5 optou-se pela escavação de uma trincheira por estar localizado no topo da vertente, bem como pela disponibilidade de mão de obra para abertura da mesma. Outras coletas em áreas de topo e alta vertente ocorreram nos pontos: Ponto 2, Ponto 3 e Ponto 6; na média vertente Ponto 4, Tubo 1 e Ponto 7; e na média/baixa e baixa vertente Ponto 1, Ponto 8, Ponto 9, Fazenda Salinet e Represa Rio São João.

Ressalta-se que a maior parte das amostragens foi relativamente próxima à margem

do parque, devido às dificuldades de acesso ao interior do mesmo. Todavia, na parte sul do PNI foi possível adentrar aproximadamente 10 km.

As formas amostradas, profundidades alcançadas, “próxies” identificados, solos e municípios em que realizou-se as coletas, podem ser observados no Quadro 1. Ressalta-se que o número de amostras processadas, está diretamente relacionado com o número de intervalos de cada amostragem. Os intervalos das amostragens por trado holandês foram de 5 cm; do tudo de alumínio a cada 3 cm; e da trincheira de 10 em 10 cm. Desse modo, na trincheira foram processadas 21 amostras, na Fazenda Salinet 15, e nos demais pontos 10 amostras (Quadro 1). Ressalta-se que as amostras do tubo de alumínio não foram separadas a cada 5 cm mantendo o padrão de profundidades das tradagens, porque foi coletado (e amostras separadas a cada 3 cm) pela pesquisadora Mayara dos Reis Monteiro, 12 meses antes das demais coletas, sendo as amostras armazenadas no Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam (Lepafe).

Figura 1. Mapa de localização do Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, e indicação dos locais amostrados

Quadro 1. Descrição das profundidades das amostras, forma de coleta, município, solos e “proxies” identificados

Amostragem	Forma de coleta	Profundidade (cm)	Número de amostras processadas	Município	“Proxy” encontrado	Solo
Ponto 1	Trado holandês	50	10	Céu Azul - PR	Fitólito	Nitossolo
Ponto 2	Trado holandês	50	10	Céu Azul - PR	Fitólito	Latossolo
Ponto 3	Trado holandês	50	10	Céu Azul - PR	Fitólito	Latossolo
Ponto 4	Trado holandês	50	10	Céu Azul - PR	Fitólito	Solo escuro /Hidromórfico
Ponto 5	Trincheira	210	21	Céu Azul - PR	Fitólito	Latossolo
Ponto 6	Trado holandês	50	10	Céu Azul - PR	Fitólito	Latossolo
Ponto 7	Trado holandês	50	10	Céu Azul - PR	Fitólito	Nitossolo
Ponto 8	Trado holandês	50	10	Céu Azul - PR	Fitólito e diatomácea	Solo acinzentado/Hidromórfico
Ponto 9	Trado holandês	50	10	Foz do Iguaçu - PR	Fitólito	Gleissolo
Tubo 1	Tubo de alumínio	30	10	Céu Azul - PR	Fitólito	Solo escuro /Hidromórfico
Represa Rio São João	Trado holandês	50	10	Foz do Iguaçu - PR	Fitólito, diatomácea e fragmento de espícula	Nitossolo
Fazenda Salinet	Trado holandês	75	15	Foz do Iguaçu - PR	Fitólito e diatomácea	Nitossolo sob 15 cm de lama argilosa acinzentada/esverdeada

Procedimentos laboratoriais

A extração de fitólitos foi realizada utilizando os procedimentos: (a) separação de 10 gramas de solo de cada intervalo em béqueres; (b) adição de ácido clorídrico sobre as amostras, (c) lavagem das amostras até neutralização do pH; (d) adição de hidróxido de potássio a 10% sobre cada amostra; (e) adição de cloreto de zinco em densidade 2,4 g/cm³; (f) centrifugação das amostras em velocidade de 500 RPM por 3 minutos; (g) o sobrenadante foi separado e na

sequência centrifugado com água destilada até perder a oleosidade; o próximo procedimento consistiu na adição de 50µl de material em lâminas biológicas, que foram secas em chapa aquecedora por 2 minutos, resfriadas em temperatura ambiente e recobertas com Entellan® e lamínula. A contagem dos fitólitos ocorreu por meio de três transectos por lâmina, sendo três lâminas por cada intervalo; utilizando microscópio óptico com aumento em 40x.

Os procedimentos para recuperação dos fitólitos foram realizados no Lepafe, localizado na

Universidade Estadual do Paraná, “campus” Campo Mourão, local em que estão armazenadas; e, as análises granulométrica e pH do solo no laboratório de solos do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) na Universidade Estadual de Maringá. As análises de pH e granulometria foram promovidas conforme protocolos da Embrapa (2017). Esses procedimentos foram realizados somente na trincheira, haja vista que muitas amostras de outros pontos esgotaram-se no processamento do material para recuperação dos fitólitos.

A diferenciação dos horizontes em campo foi possível utilizando o “Manual de descrição e coleta de solo no campo” desenvolvido por Santos et al. (2015).

Para a classificação do solo levou-se em conta a proposta de classificação de textura do solo desenvolvida pela Embrapa (2018).

Embora os fitólitos sejam o foco principal, os procedimentos de recuperação de fitólitos possibilitam a detecção de outras microestruturas silicosas *e.g.* frústulas de diatomáceas e espícula de esponja, que foram apenas quantificadas, atestando-se a presença de água no ambiente. Não obstante, os fitólitos foram identificados com base no material do Lepafe e nas bibliografias que referem-se a nomenclatura internacional e Neumann et al. (2019), por tal fato os nomes dos fitólitos estão escritos em língua inglesa. Nesse trabalho os nomes dos fitólitos estão em inglês porque seguem a nomenclatura internacional.

O tratamento estatístico da análise multivariada – Análise do Componente Principal (PCA) – foi realizado para todas as amostras coletadas, no programa Past 3. A PCA tem a finalidade de promover o entendimento e descrição da condição e correlação entre as variáveis, aquisição de combinação que possibilitem interpretações, além da redução da dimensionalidade dos dados. Assim, tornando possível verificar se as morfologias correspondentes às famílias ocorrem destoantes ou em consonância.

Para determinação das diferenças entre as frações granulométricas (da trincheira) utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis, teste não paramétrico, devido ao não atendimento aos pré-requisitos do teste paramétrico. O nível de confiança para o teste foi de 95% (α : 0,05). Após a utilização desse teste prosseguiu-se com as comparações múltiplas entre pares.

Os diagramas com os dados “proxies” foram elaborados nos programas Tilia Graph® e Power BI Desktop®. Esse último apresenta

possibilidades dinâmicas e de síntese das apresentações gráficas (Aspin, 2016; Clark, 2017).

Os diagramas dos “proxies” encontrados foram organizados em blocos englobando 4 figuras com 12 gráficos gerados no Tilia®. Por tal fato, as figuras podem não estarem logo abaixo da chamada da mesma, uma vez que já consta em conjunto com os demais gráficos, apresentados anteriormente.

Resultados

Análise de fitólitos nas amostras coletadas Céu Azul - Ponto 1 – Nitossolo

Os fitólitos do ponto 1 apresentaram-se distribuídos heterogeneamente ao longo dos 50 cm (Figuras 3 e 4). Diagnosticou-se aumento em direção ao topo com as maiores concentrações nos primeiros 20 cm.

Foram identificados 34 morfotipos no perfil de solo. Dos morfotipos “Short cells” produzidos por Poaceae - “Bilobate” (Figura 2F), “Rondel” (Figura 2 H1-H3), “Saddle” (Figura 2G), “Trapeziform” (Figura 2 P) e “Cross”, o morfotipo “Rondel” apresentou maior incidência com 15,96% do total dos fitólitos recuperados e 67,86% das “Short cells”.

Alguns morfotipos quantificados que não apresentam padrão taxonômico específico, mas são produzidos por gramíneas foram as “Long cells” (Figura 2 L1-L2) e “Bulliform cells” (Figura 2 A1-A2 a D1-D2) (“Elongate psilate”, “Elongate echinate”, “Elongate sinuate”, “Elongate verrucate”, “Bulliform cuneiforme”, “Bulliform parallelepipedal”, “Bulliform lanceolat”, “Cilindric polilobate”, “Brachiform” e “Block”).

Os fitólitos “Rondel”, “Bulliform cuneiforme”, “Bulliform parallelepipedal”, “Block” e “Elongate psilate” corresponderam a maioria da assembleia fitolítica (70,51%).

Os fitólitos “Unciform hair cell”, “Acicular hair cell”, “Scutiform hair cell” compõem 3,36% do total de fitólitos ao longo do perfil.

O morfotipo “Cone-shape” ocorreu com maior deposição no intervalo 45-40 cm.

Encontrou-se os morfotipos “Globulares psilate” (Figura 2I), “G. echinate” (Figura 2K) e “G. granulate” (Figura 2 J1-J2) com prevalência nos primeiros intervalos.

A morfologia “Circular” foi contabilizada com baixa incidência 0,41%, tendo maior expressão nos intervalos 50-45 cm (38,46%) e 20-15 cm (23,08%).

O fitólito “Oblong” foi identificado em todas as amostras, não obstante, em baixa quantidade, 0,41% do valor absoluto dos fitólitos.

A morfologia “Tracheid” (Figura 2 O) foi determinada praticamente em todos os intervalos,

com exceção da profundidade 50-45 cm. O pico dessa morfologia ocorreu no intervalo 10-05 cm (43,38%).

Figura 2. Morfotipos de fitólitos com maior ocorrência. A1-A2, “Block”; B, “Bulliform parallelepipedal”; C1-C2, “Bulliform parallelepipedal echinate”; D1-D2, “Bulliform cuneiforme”; E, “Brachiform”; F, “Bilobate”; G, “Saddle”; H1-H3, “Rondel”; I, “Globular psilate”; J1-J2, “Globular granulate”; K, “Globular echinate”; L1-L2, “Elongate psilate”; M, Pinaceae; N1-N2, “Tree”; O, “Tracheid”; P, “Trapeziform”

Figura 3. Diagrama das assembleias recuperadas nas amostras coletadas no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná.

Figura 4. Diagrama da assembleia recuperada nas amostras Ponto 1, Ponto 2, Ponto 3 e Ponto 4 coletados no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná.

Foi identificado nos intervalos 35-30 cm e 20-15 cm fitólito de Pinaceae (Figura 2M).

Outros fitólitos encontrados que não apresentam padrão taxonômico com quantidades inferiores a 0,15% em relação ao total da assembleia fitolítica recuperada foram “Poliedro articulado”, “Fusiform”, “Poligonal epidermal” e “Cylindrical sclereid”.

Céu Azul - Ponto 2 - Latossolo

Foram identificadas 24 morfologias, distribuídas de maneira distinta ao longo da tradagem (Figuras 3 e 4). As concentrações de fitólitos acima de 150 foram detectadas nos intervalos 30-25, 25-20, 15-10, 10-05 e 05-0 cm.

Das morfologias “Short cells” a morfologia “Rondel” foi mais expressiva com 6,3% em relação ao total de fitólitos amostrados. Os morfotipos “Saddle” e “Trapeziform” apresentaram-se com 1,9% e 1,6% respectivamente.

Os “Globulares psilate”, “G. echinate” e “G. granulate” foram encontrados com 5,9%, 4% e 3,4% respectivamente. A morfologia “Tree” (Figura 2 N1-N2) foi encontrada com 12,6% em relação ao total levantado.

As “Bulliform cells” somaram 34,10% tendo prevalência as morfologias “Block” (Figura 2 A1-A2) (15,6%), “Bulliform parallelepipedal” (Figura 2 B) (10,1%) e “Bulliform cuneiforme” (Figura 2 D1-D2) (7,3%). Juntas os morfotipos “Bulliform lanceolot” e “Bulliform parallelepipedal echinate” (Figura 2 C1-C2) representaram 1,1%.

As “Hair cells” – “Acicular”, “Scutiform” e “Unciform” – foram contabilizadas em 3,4%. Os “Elongates psilate” (Figura 2 L1-L2), “E. echinate” e “E. columellate” total de 22,4%, tendo maior significância a primeira morfologia supracitada com 21,4%. O “Brachiform” (Figura 2 E) e “Oblong” em conjunto também apresentaram-se com baixa expressividade 0,5%. O morfotipo “Bilobate chusquea” (0,1%) foi encontrado somente no intervalo 15-10 cm. Os não identificados constituíram 2,2%.

As morfologias “Cone-shape” (0,8%) e “Tracheid” (0,9%) foram contabilizadas com maior representatividade nos intervalos até 25-20 cm.

Céu Azul - Ponto 3 - Latossolo

A assembleia fitolítica do P3 distingue-se das anteriores, devido à baixa quantidade de fitólitos em toda a amostra. Foram identificadas 20 morfologias com total de 306 fitólitos (Figuras 3 e 4). As maiores concentrações estabeleceram-se nos intervalos 35-30 cm (19,61%) e 25-20 cm (25,82%) compondo 45,43% do total quantificado.

Entre os “Globulares psilate” (Figura 2 I) (13,07%), “G. granulate” (Figura 2 J1-J2) (3,92%) e “G. echinate” (Figura 2 K) (1,31%) o primeiro foi confirmado com maior incidência, só não constando no intervalo 50-45 cm. A morfologia “Tree” (23,86%) foi contabilizada em praticamente todo o perfil, com ausência do morfotipo no intervalo 05-0 cm.

A morfologia “Cone-shape” foi detectada nos intervalos 35-30 cm, 25-20 cm e 20-15 cm. Quantificou-se o morfotipo “Tracheid” nos mesmos intervalos. O morfotipo “Bilobate” (Figura 2 F) foi contabilizado em maior quantidade da base ao meio da tradagem (1,96%).

Ademais, quantificou-se também as morfologias “Unciform hair cell”, “Scutiform hair cell”, “Acicular hair cell”, “Trapeziform”,

“Elongates psilate”, “E. sinuate”, “E. echinate”, “Bilobate”, “Rondel”, “Block”, “Bulliforms cuneiforme”, “B. parallelepipedal” e “B. parallelepipedal echinate” (50,65%).

Céu Azul - Ponto 4 – Hidromórfico/Solo escuro

Foram identificadas 25 morfologias de fitólitos. Identificou-se quatro picos de deposição nos intervalos 45-40 cm (425 fitólitos), 25-20 cm (489 fitólitos), 20-15 cm (1.123 fitólitos) e 10-05 cm (588 fitólitos) (Figura 4). Esses intervalos representaram 10,40%, 11,97%, 27,48% e 14,39%, respectivamente, do total de fitólitos identificados. Assim, representando mais de 64% do total quantificado (Figura 3).

As morfologias “Shorts cells” representaram 17,89%, sendo os morfotipos “Trapeziform” e “Rondel” prevalentes. As morfologias recuperadas que não apresentam padrão taxonômico foram caracterizadas por “Bulliform cells” e “Long cells”, sendo o “Elongate psilate”, “Elongate echinate”, “Elongate sinuate”, “Bulliform cuneiforme”, “Bulliform parallelepipedal”, “Bulliform parallelepipedal echinate”, “Bulliform lanceolot” e “Brachiform”.

Das morfologias “Long cells” o “Elongate psilate” ocorreu com quantidade superior em todas as amostras analisadas nesse ponto, totalizando 22,37%. Os morfotipos “Bulliform cells” representaram 42,85%. As morfologias “Block” e “Bulliform parallelepipedal” foram mais representativas entre as seis identificadas com 21,46% e 14,42% respectivamente.

Os fitólitos “Unciform hair cell”, “Acicular hair cell”, “Scutiform hair cell”, compõem 0,86% das morfologias fitolíticas.

O “Cone-shape” foi identificado nos intervalos 45-40 cm, 35-30 cm, 30-25 cm, 25-20 cm, 15-10 cm e 10-05 cm, com no máximo cinco fitólitos em cada intervalo, apresentando baixa produção/conservação dessa morfologia.

Os “Globulares granulate”, “G. echinate” e “G. psilate” corresponderam a 1%, 2,47% e 3,62% respectivamente, totalizando mais de 7% das morfologias recuperadas.

O morfotipo “Oblong” foi encontrado nos intervalos 40-35 cm, 35-30 cm, 30-25 cm, 25-20 cm, 15-10 cm, 10-05 cm, com poucos fitólitos em cada intervalo, no máximo três.

A morfologia “Tracheid” apresentou baixa expressividade nas amostras (0,54%). Sendo identificada nos intervalos de 50-45 cm a 45-40 cm e 25-20 cm a 10-05 cm. O “Tree” foi

determinado em todos os intervalos com pico de deposição em 45-40 cm.

A morfologia “Cylindrical sclereid” foi contabilizada nos intervalos 45-40 cm e 20-15 cm, com três fitólitos no total.

Trincheira – Ponto 5 - Latossolo

A trincheira foi aberta com 2,10 metros (Figura 5). O solo foi caracterizado como LATOSSOLO VERMELHO textura muito argilosa.

Figura 5. Trincheira aberta no Parque Nacional do Iguaçu com 2,10 metros

A granulometria do solo da trincheira apresentou os seguintes valores médios: a) argila 74,01%, silte 23,75% e areia 2,24%. Os valores de argila oscilaram entre 77,78% (20-30 cm) e 57% (200-210 cm) com amplitude de 20,78%; o percentual máximo para o silte foi 41,5% (200-210 cm) e o mínimo de 20,61% (20-30 cm); na fração areia determinou-se amplitude de 1,75% sendo o valor máximo de 3,18% (190-200 cm) e mínimo de 1,43% (0-10 cm) (Figura 6).

Quadro 2. Descrição morfológica da estrutura do LATOSSOLO VERMELHO da trincheira – ponto 05

Horizonte	Estrutura		
	Grau	Tamanho	Tipo
A	Fraco	Muito pequeno/pequeno	Glanulares
AB	Fraco	Médio/grande	Blocos angulares/subangulares
BW1	Fraco/moderado	Médio/grande	Blocos angulares/subangulares
BW2	Moderado	Médio/grande	Blocos angulares/subangulares
BW3	Forte	Médio/grande/muito grande	Blocos angulares/subangulares

Figura 6. Composição granulométrica da trincheira realizada no ponto 05

Desse modo, é possível observar a distinção entre areia, argila e silte, tendo essas duas últimas frações distribuição dos dados inversamente proporcional, ou seja, à medida que uma aumenta a outra diminui, sendo notório principalmente em profundidade. Essa afirmativa é confirmada com o coeficiente de correlação de Spearman, que indicou correlação negativa e muito forte ($\rho = -0,940$; $p < 0,001$).

Para confirmar a diferença entre as frações realizou-se análise das funções de distribuição. O teste de Kruskal-Wallis apontou que há diferença estatisticamente significativa entre as frações [$X^2(2) = 55,126$; $p < 0,001$], e nas comparações entre pares determinou-se que areia, silte e argila, de fato, são distintas ao longo da trincheira.

Com alusão aos horizontes determinou-se: A (0-15 cm), AB (15-45 cm), BW1 (45-80 cm), BW 2 (80-190 cm) e BW3 (190-210 cm) (Quadro 2). O grau variou de fraco a forte; o tamanho de muito pequeno a muito grande; e os tipos foram granulares, blocos angulares e subangulares.

Com relação à assembleia fitolítica, foram identificados 25 morfologias ao longo da trincheira, com maior concentração nos intervalos 180-170 cm (17,28%), 200-190 cm (12,68%) e 190-180 cm (9,71%). Se incluso o intervalo 210-200 cm aos três supracitados, o somatório resulta em 46,93% do total da assembleia fitolítica recuperada (Figura 7).

Desse modo, evidencia-se que os quatro últimos intervalos representam quase 50% do total quantificado. Salienta-se ainda que o intervalo 210-200 cm é 0,20% superior ao quantitativo do primeiro intervalo (10-0 cm). Evidenciando a distribuição heterogênea entre as morfologias ao longo da trincheira.

Dentre as morfologias encontradas, o morfotipo “Tree” (31,19%) foi o mais representativo (Figuras 3 e 7), ocorrendo ao longo de toda a trincheira, com oscilações, mas não ausente. Os intervalos com as maiores concentrações foram 210-200, 200-190, 190-180, 180-170, 80-70, 70-60 e 10-0 cm respectivamente.

Os morfotipos “Globulares echinate” (1,94%), “G. psilate” (2,66%) e “G. granulate” (1,23%) totalizaram 5,83%. O morfotipo “Pteridophyte” totalizou 4,70% com pico de deposição no intervalo 200-190 cm. A morfologia “Cone-shape” (2,04%) foi encontrado nas primeiras e últimas profundidades, essa morfologia foi mais expressiva em 180-170 cm. A morfologia “Sclereid” (0,10%) ocorreu somente no intervalo 180-170 cm.

Para as morfologias “Hair cells” quantificou-se 8,79% com maior representatividade a “Acicular hair cell” (5,62%). Dos morfotipos “Elongates psilate” (10,74%), “E. echinate” (1,53%), “E. sinuate” (0,10%) e “E. Cylindrical” (0,10%), o primeiro foi o único que apresentou-se em todas as profundidades. Essas morfologias totalizaram 12,47%.

As morfologias “Bulliform cells” (23,31%) ocorreram ao longo de toda a trincheira. A morfologia “Block” (12,78%) foi a mais representativa e apresentou melhor distribuição, não ocorrendo somente em 150-140 cm, essa morfologia ocorreu com maior prevalência nos quatro últimos intervalos.

Dos morfotipos “Short cells” (6,54%) – “Bilobate” (1,73%), “Rondel” (3,99%), “Saddle” (0,92%) e “Trapeziform” (1,48%), o morfotipo “Rondel” prevaleceu entre as morfologias, com pico no intervalo 180-170 cm.

As morfologias “Circular” e “Oblong” não foram expressivas ao longo da trincheira, com total de 0,20% e 0,41% respectivamente. As morfologias não identificadas quantificaram-se 2,86%.

Com relação à conservação fitolítica utilizou-se os parâmetros estabelecidos por Piperno – citado por Seixas et al. (2019); solos com pH entre 2 e 9 tendem a preservar melhor o fitólito. O pH oscilou entre 4,35 a 5,07. Os valores de pH configuram o LATOSSOLO VERMELHO textura muito argilosa como ácido.

Figura 7. Diagrama da assembleia recuperada na trincheira – Ponto 5 coletada no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná.

Céu Azul - Ponto 6 - Latossolo

Das 25 morfologias fitolíticas identificadas, o morfotipo com maior ocorrência foi o “Tree” (17,56%), sequenciado pelo “Globular echinate” (14,17%) e “Block” (12,09%). Essas três morfologias totalizaram 43,82% da assembleia total recuperada. A assembleia apresentou-se destoante nas amostras analisadas (Figuras 3 e 8).

As morfologias “Short cells” totalizaram 7,28%, sendo o morfotipo “Rondel” (4,55%) prevalente. O morfotipo “Bilobate Chusquea” (1,04%) foi identificado nos primeiros e últimos intervalos da amostragem. As morfologias “Bulliform cells” totalizaram 19,90%.

Os morfotipos “Elongates psilate” (8,58%), “E. echinate” (1,30%) e “E. sinuate” (0,13%) totalizaram 10,01%, sendo o primeiro o único que ocorreu em todos os intervalos. O pico de deposição ocorreu no intervalo 10-05 cm.

A morfologia “Acicular hair cell” (6,76%) predominou entre a “Scutiform hair cell” (1,69%) e “Unciform hair cell” (1,69%).

Os morfotipos “Globulares psilate”, “G. echinate” e “G. granulate” apresentaram característica atípica no que concerne aos percentuais encontrados. Nessas amostras a morfologia “Globular echinate” (14,17%) foi predominante em relação ao “G. psilate” (7,28%) e “G. granulate” (0,13%). Em campo, visualizou-se muitos indivíduos da espécie *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae) sob dossel frondoso. O morfotipo “Globular echinate” esteve ausente no intervalo 50-45 cm e apresentou maior concentração no intervalo 15-10 cm.

O morfotipo “Cone-shape” (2,60%) foi encontrado nos intervalos 40-35 cm e 25-20 a 05-0 cm. A morfologia “Pteridophyte” (6,63%) ocorreu ao longo de todas as amostras desse ponto, com pico de deposição no intervalo 10-05 cm. O morfotipo “Tree” (17,56%) também ocorreu em todos os intervalos, com pico de deposição em 25-20 cm e valor próximo em 10-05 cm.

As morfologias “Tracheid” e “Circular” (0,13%) foram contabilizadas nos intervalos 50-45 cm. A morfologia “Brachiform” (0,13%) no intervalo 10-05 cm, o morfotipo “Oblong” (0,26%) nos intervalos 25-20 e 15-10 cm. Os não classificados totalizaram 2,60%.

Céu Azul - Ponto 7 - Nitossolo

Encontrou-se 17 morfologias fitolíticas nas amostras desse ponto. A concentração fitolítica ocorreu em maior expressão no topo (25,44%) com tendência de decaimento em direção à base, todavia, as concentrações foram sequenciadas por queda e ascensão. As morfologias “Bulliform parallelepipedal” e “Block” apresentaram maior dispersão em relação às demais. Com relação aos totais fitolíticos a distribuição demonstra-se heterogênea (Figuras 3 e 8).

Os fitólitos de pteridófitas (“Pteridophyte”) compõem 5,65% da assembleia recuperada, estando presente em 70% do testemunho. As morfologias “Short cells” totalizaram 8,83%; a morfologia “Saddle” apresentou valor superior aos morfotipos “Rondel” e “Trapeziform”, sendo o “Saddle” 33,40% superior em relação às outras duas morfologias, encontrando-se em mais intervalos.

Os morfotipos “Globulares echinate”, “G. granulate” e “G. psilate” quantificaram 18,02% da assembleia fitolítica. As morfologias “Globular echinate” (9,19%) e “G. granulate” (6,71%) foram contabilizadas em mais intervalos no comparativo com o “G. psilate” (2,12%).

A morfologia “Tree” (9,54%) não esteve presente nos três últimos intervalos, o pico desse morfotipo ocorreu no topo do testemunho (05-0 cm).

As morfologias “Bulliform cells” totalizaram 28,27% da assembleia total. As duas morfologias mais expressivas foram “Block” (17,31%) e “Bulliform parallelepipedal” (7,77%) em relação aos morfotipos “Bulliform parallelepipedal echinate” e “Bulliform cuneiforme”.

As morfologias “Long cells” não foram encontradas nos intervalos 50-45 e 40-35 cm, assim, presentes em praticamente todas as amostras desse ponto. Os morfotipos identificados foram os “Elongates psilate” (13,07%) e “E. echinate” (4,24%).

Os morfotipos “Acicular hair cell” e “Scutiform hair cell” totalizaram 7,77%, não ocorrendo no intervalo 25-20 cm. Quantificou-se o morfotipo “Oblong” em 1,06% nos intervalos 35-30 e 05-0 cm. Os não identificados corresponderam a 3,53% da assembleia total recuperada.

Céu Azul - Ponto 8 – Hidromórfico/Solo acinzentado

Na base desse testemunho ocorreu contato com rocha de origem vulcânica. Com relação às morfologias encontradas identificou-se 21, com distribuição heterogênea ao longo da tradagem. As maiores concentrações ocorreram no topo e diminuição em direção à base.

Nesse ponto de amostragem localiza-se a nascente do rio Manoel Gomes. Quantificou-se frústulas de diatomáceas ao longo da tradagem, não sendo encontrada somente na base do testemunho (50-45 cm). Esse “proxy” totalizou 17,74% do total recuperado, ocorrendo com expressividade do intervalo 20-15 ao 05-0 cm.

O morfotipo “Cone-shape” (3,04%) foi encontrado em quantidades superiores nos dois primeiros intervalos. As maiores proporções foram quantificadas nas profundidades 40-35, 35-30, 25-20 e 05-0 cm.

O morfotipo “Globular echinate” (3,19%) novamente foi prevalente entre o “G. granulate” (0,15%) e “G. psilate” (2,45%). Essas morfologias totalizaram 5,79% da tradagem (Figuras 3 e 8). Assim, como no P6, entretanto, com quantidade inferior. O morfotipo “G. psilate” não ocorreu nos três últimos intervalos e o morfotipo “G. echinate” nos dois últimos.

A morfologia “Tree” (20,94%) foi diagnosticada em todo o testemunho com prevalência no primeiro intervalo apresentando decréscimo até a base. O morfotipo “Pteridophyte” (7,65%) obteve maior concentração no primeiro intervalo, apresentando decréscimo de praticamente 50% para o segundo intervalo e decaindo sentido à base.

As morfologias “Hair cells” (4,53%) ocorreram em quase todo o perfil, principalmente o morfotipo “Acicular hair cell” (3,49%) em relação à “Scutiform hair cell” (1,04%), em que a primeira não ocorreu no último intervalo.

Os morfotipos “Elongates” totalizaram 15,44% com predomínio da morfologia “Elongate psilate” (14,25%) em relação aos morfotipos “Elongates sinuate” (0,22%) e “E. echinate” (0,97%). O “Elongate psilate” foi o único que ocorreu do topo à base, essa morfologia apresentou pico de deposição no intervalo 30-25 cm.

As morfologias “Bulliform cells” integraram 17,74% da assembleia recuperada. O morfotipo prevalente foi o “Block” (10,32%), sequenciado pelos morfotipos “Bulliform parallelepipedal” (5,64%), “Bulliform parallelepipedal echinate” (0,07%) e “Bulliform

cuneiforme” (1,71%). A morfologia “Block” e “B. cuneiforme” foram as morfologias que ocorreram do topo à base.

Das morfologias “Short cells” (4,98%) o morfotipo “Rondel” (1,93%) apresentou valores superiores às morfologias “Saddle” (0,67%), “Bilobate” (1,71%) e “Trapeziform” (0,67%). O morfotipo “Rondel” não ocorreu nos intervalos 50-45 e 30-25 cm, os picos de conservação/deposição dessa morfologia ocorreram nos intervalos 15-10 e 10-05 cm.

O morfotipo “Favose” (0,07%) foi encontrado no intervalo 10-05 cm. A morfologia “Bilobate chusquea” totalizou na assembleia 1,34% com pico de deposição no intervalo 10-05 cm. Os não classificados somaram-se 2,08%.

Foz do Iguaçu - Ponto 9 - Gleissolo

O testemunho P9 apresentou conservação fitolítica superior no topo com diminuição em direção à base, com picos significativos (mas inferiores aos do topo) na maior parte das morfologias nos intervalos 25-20 cm.

Foram identificadas 23 morfologias, com concentração de mais de 200 fitólitos em cada profundidade, compondo os intervalos 25-20 cm (13,82%), 20-15 (9,72%), 15-10 (17,06%), 10-05 (21,33%) e 05-0 (19,08%). Esses intervalos concentraram 88,43% da amostragem realizada, e nas três primeiras profundidades 57,46%, ou seja, mais da metade da concentração levantada está nos 15 cm iniciais e quase 90% até a metade do testemunho. O intervalo 30-25 cm concentrou 7,42% com 188 fitólitos. Nos demais intervalos foram contabilizados menos de 100 fitólitos por intervalo.

Com 96 fitólitos no total, o intervalo 45-40 cm (3,79%) atinge o último aumento fitolítico predominando as morfologias “Bulliform cells”, “Long cells” e morfotipos produzidos por famílias arbóreas. Diante do exposto, as morfologias concentraram-se no testemunho heterogeneamente (Figuras 3 e 8).

Os não identificados somaram-se 1,58% da assembleia total. O morfotipo “Oblong” (0,67%) não foi encontrado nos intervalos 50-45 e 40-35 cm. A morfologia “Brachiform” (1,70%) não foi quantificada no intervalo 40-35 cm. As “Hair cells” (1,78%) apresentaram as maiores concentrações do topo até o intervalo 25-20 cm.

As morfologias “Short cells” quantificaram 7,58%. O morfotipo “Rondel” (4,07%) foi prevalente entre essa categoria fitolítica, sequenciado por “Trapeziform” (2,76%), “Saddle” (0,47%) e “Bilobate” (0,28%).

Figura 8. Diagrama da assembleia recuperada nas amostras Ponto 6, Ponto 7, Ponto 8 e Ponto 9 coletados no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná.

O morfotipo “Cone-shape” (0,51%) esteve presente em 60% dos intervalos. O pico de deposição ocorreu no intervalo 25-20 cm (38,46%).

As morfologias “Bulliform cells” (30,77%) corresponderam a mais de 1/3 da assembleia fitolítica recuperada. As três

morfologias com maior representatividade foram “Block” (11,18%), “Bulliform parallelepipedal” (12,88%) e “Bulliform cuneiforme” (6,40%), essas ocorrendo ao longo de todo o testemunho. O “Bulliform parallelepipedal echinate” e “Bulliform lanceolot” ambos com 0,16% ocorreram esparsos nos 50 cm amostrados.

Os morfotipos “Elongates psilate”, “E. echinate” e “E. sinuate” também quantificaram-se com mais de 1/3 da assembleia total (36,14%). O morfotipo “Elongate psilate” (34,52%) ocorreu ao longo de todo o testemunho e as morfologias “E. echinate” (1,46%) e “E. sinuate” (0,16%) com ausência em alguns intervalos, o primeiro menos que o segundo. O morfotipo “Elongate echinate” não ocorreu nos intervalos 50-45 e 40-35 cm, com maior ausência o “Elongate sinuate” ocorreu nos intervalos 40-35, 30-25 e 25-20 cm.

O morfotipo “Globular echinate” (5,02%) não esteve presente no intervalo 50-45 cm, assim, compondo praticamente todo o testemunho. As morfologias “Globulares psilate” (7,15%), “G. granulate” (0,47%), “Tree” (6,44%) e “Sclereid” (0,20%) totalizaram 14,26% da assembleia recuperada. O “Globular psilate” e “Tree” se distribuíram ao longo de toda a tradagem. A distribuição do primeiro foi mais homogênea em relação ao segundo, uma vez que o “Tree” apresentou maior concentração nos primeiros intervalos, 25-20 até 05-0 cm. O “Sclereid” foi encontrado nas profundidades 30-25, 10-05 e 05-0 cm. O “Globular granulate” foi contabilizado nos intervalos 50-45, 45-40, 35-30 e 25-20 ao 15-10 cm.

Céu Azul - Tubo 1 – Hidromórfico/Solo escuro

Ao analisar a quantificação dos totais do T1, determinou-se que a conservação dos fitólitos encontrados nas amostras distingue-se dos anteriores, pela conservação do quantitativo fitolítico distribuído entre os intervalos de solo, uma vez que a conservação ocorre desde a base ao topo. Todavia, ao avaliar a expressividade nos percentuais fitolíticos não há diferenças elevadas, no comparativo com outras amostras (Figuras 3 e 9). Nesse testemunho foram identificadas 29 morfologias.

Entre as morfologias “Short cells” os morfotipos “Rondel” e “Trapeziform” ocorreram em todo o testemunho. Com relação aos percentuais de ocorrência, as “Short cells” corresponderam a 17,75%. Valores semelhantes ao testemunho P4. O morfotipo “Rondel” teve pico de deposição no intervalo 12-9 cm com 97 fitólitos.

As morfologias “Bulliform cells” distribuíram-se da base ao topo do testemunho, com exceção do “Bulliform lanceolat” que não foi encontrado nos intervalos 27-24 e 24-21 cm. Esse morfotipo apresentou baixa ocorrência (0,50%) nos intervalos amostrados, distinto, dos demais morfotipos “Bulliform cells” – “Bulliform

cuneiforme” (4,29%), “Bulliform parallelepipedal” (10,79%), “Block” (16,15%) e “Bulliform parallelepipedal echinate” (1,11%).

As morfologias “Elongate psilate”, “E. echinate” e “E. sinuate” corresponderam a 33,16% do testemunho T1 (Figuras 3 e 9). O primeiro morfotipo supracitado foi predominante (31,96%), bem como nas amostras anteriores.

O morfotipo “Tracheid” totalizou 0,96% com presença uniforme da base ao topo com suave acentuação de decaimento no intervalo de 27-24 cm. Os morfotipos “Globulares psilate” (3,80%), “G. echinate” (0,39%) e “G. granulate” (0,95%) foram identificados no testemunho em todos os intervalos com exceção dos “G. echinate” e “G. granulate” em 27-24 cm. A morfologia “Tree” (5,35%) não foi encontrada no intervalo 18-15 cm. O fitólito produzido por Pinaceae (0,06%) foi identificado nos intervalos 21-18 cm, 18-15 cm e 06-03 cm.

O morfotipo “Cone-shape” (0,38%) não foi encontrado nos intervalos 27-24 e 24-21 cm. Nos demais, o mesmo mostrou-se em quantidade superior e inferior conforme o intervalo de deposição.

As morfologias “Hair cells” corresponderam a 2% do total amostrado. Outras morfologias presentes em alguns intervalos foram “Oblong”, “Circular”, “Polilobate” e “Brachiform”.

Foz do Iguaçu - Represa Rio São João - Nitossolo

Nas amostras da RPS ocorreu distribuição atípica em relação as anteriores. As maiores concentrações ocorreram no topo e base, tendo o topo melhor conservação fitolítica, haja vista que, as morfologias são mais recentes. A base e topo conservaram mais de 50%, sendo 15,15% (50-45 cm) e 35,02% (05-0 cm) respectivamente. Foram identificados 28 morfotipos fitolíticos.

Os intervalos iniciais apresentaram-se com características de presença de lâmina d'água intermitente, tal fato, se deve a tradagem ter ocorrido próximo da superfície com água. Ressalta-se o termo características, pois no topo do testemunho foi encontrado um fragmento de megasclera, e, nos três primeiros (15-10, 10-05, 05-0 cm) constatou-se 10 frústulas de diatomáceas, 40%, 30% e 30% na devida ordem.

As morfologias “Globulares” totalizaram 2,94%, sendo o morfotipo “G. psilate” (1,89%) prevalente no testemunho em relação aos morfotipos “G. granulate” (0,30%) e “G. echinate” (0,75%).

As morfologias “Bulliform cells” totalizaram 42,62% da assembleia total (Figuras 3 e 9). As morfologias com mais representatividade em quantidade foram “Block” (22,90%), “Bulliform paralelepipedal” (11,67%) e “Bulliform cuneiforme” (6,81%). As demais, “Bulliform paralelepipedal echinate” e “Bulliform lanceolot” valores inferiores a 1% cada, constituindo 0,84% e 0,40% na devida ordem.

As morfologias “Long cells” expressaram 26,13%. O morfotipo “Elongate psilate” (23,05%) foi prevalente entre as três morfologias encontradas, uma vez que os “Elongates echinate” e “E. sinuate” somaram-se 3,08%.

As morfologias “Short cells” constituíram 11,37% da amostragem realizada. O morfotipo “Rondel” totalizou 5,96% da assembleia total e 58,54% dessa categoria fitolítica. O “Saddle” (0,50%), “Bilobate” (1,84%) e “Trapeziform” (3,08%) caracterizaram os 41,46% das morfologias “Short cells”.

As morfologias “Unciform hair cell”, “Acicular hair cell” e “Scutiform hair cell” integraram 3,33% da assembleia total. Outros morfotipos quantificados foram o “Oblong” (0,30%), “Cross” (0,05%), “Brachiform” (0,15%), “Brachiate” (0,15%), “Pteridophyte” (1,49%), “Cone-shape” (0,70%), “Tracheid” (1,29%), “Tree” (5,17%) e “Sclereid” (0,35%). Os não identificados totalizaram 3,43%.

Foz do Iguaçu - Fazenda Salinet - Nitossolo sob 15 cm de lama argilosa acinzentada/esverdeada

As amostras da Fazenda Salinet foram coletadas em um banhado apresentando ambiente distinto dos demais, porque os anteriores estavam sob dossel florestal. No presente ponto amostrado visualizou-se marcas da degradação da floresta, sendo a área dominada por gramíneas da antiga fazenda Salinet. Ressalta-se que o banhado por se tratar de uma área alagada foi menos afetado que o entorno. A tradução (75 cm) foi coletada a 1,5 metros da lâmina d'água.

Foram encontradas 28 morfologias com maior conservação fitolítica nos primeiros 25 cm. A distribuição das morfologias é heterogênea. Os morfotipos “Short cells” apresentaram decréscimo em relação aos primeiros pontos amostrados. Essas morfologias somaram-se 10,58% do total da assembleia recuperada. Os morfotipos “Bilobate” e “Cross” apresentaram os menores valores 0,87% e 0,09% respectivamente; o morfotipo “Rondel” é o mais representativo 4,93%; com percentuais intermediários as morfologias “Trapeziform” (3,79%) e “Saddle” (1%).

As morfologias representativas de “Pteridophyte” totalizaram 4,38% (Figuras 3 e 9).

A morfologia “Cone-shape” (10,13%) não esteve presente nas profundidades 75-70 e 70-65 cm. A presença dessa morfologia com maior intensidade ocorreu até o intervalo 25-20 cm e pico de conservação/produção em 15-10 cm.

Como indicador de estresse hídrico as morfologias “Bulliform cells” recuperadas totalizaram 24,77%. Os morfotipos contabilizados em maior quantidade foram “Block” (10,17%) e “Bulliform paralelepipedal” (8,62%), sequenciadas por “Bulliform cuneiforme” (3,70%) e “Bulliform paralelepipedal echinate” (2,28%).

A morfologia “Tree” correspondeu a 15,10%. Por se tratar de um banhado essa morfologia foi superior à soma das morfologias “Short cells”. Para essa categoria morfotitolítica o quantitativo recuperado é notoriamente elevado, e qualifica um indicador da predominância de ambiente florestal para composição fitofisionômica regional.

O morfotipo “Tree” ocorreu em todo o testemunho, com prevalência até o intervalo 25-20 cm e pico de conservação/produção 15-10 cm, coincidindo com o pico do morfotipo “Cone-shape” e decréscimo do morfotipo “Rondel”. A morfologia “Sclereid” (0,14%) foi localizada nos intervalos 50-45 e 40-35 cm. O morfotipo “Bilobate” (2,28%) não ocorreu nos intervalos 75-70, 65-60 a 55-50 cm. A morfologia “Tracheid” (1,14%) ocorreu somente nos dois primeiros intervalos.

O morfotipo “Globular psilate” (3,42%) apresentou-se em quantidade superior em relação ao “G. echinate” (0,68%) e “G. granulate” (0,09%).

As morfologias “Hair cells”, “Acicular” (1,55%), “Scutiform” (0,55%) e “Unciform” (0,09%), totalizaram 2,19%, tendo a primeira distribuição superior no testemunho em relação às demais. A morfologia “Acicular hair cell” não ocorreu em 26,67% das amostras.

Os morfotipos “Long cells” totalizaram 23,08%. A morfologia predominante foi o “Elongate psilate” (22,17%). Os morfotipos “Elongate echinate” e “E. sinuate” somaram-se 0,92%, tendo o “E. echinate” maior ocorrência em relação ao “E. sinuate”.

Os morfotipos “Oblong” (0,36%), “Brachiform” (0,27%) e “Polilobate” (0,05%) totalizaram 0,68%. Os não identificados somaram-se 1,96% da assembleia recuperada. Encontrou-se também na assembleia recuperada frústulas de diatomáceas em 20% das amostras, nos intervalos 40-35, 20-15 e 15-10 cm.

Figura 9. Diagrama da assembleia nas amostras Represa Rio São João, Fazenda Salinet e Tubo 1 coletados no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná.

Análise do Componente Principal

Ao analisar os Componentes Principais (CP) tornou-se possível diagnosticar que a vegetação coabita em consonância entre famílias que compõem o estrato arbóreo e rasteiro, sendo que, há variação entre os pontos amostrados, no

que concerne a ocorrência de gramíneas. Desse modo, havendo pontos com maior produção e preservação principalmente do morfotipo “Rondel” produzido, sobretudo por Pooideae (C₃) e Bambusoideae (C₃), bem como da variação das morfologias “Globulares echinate”, “G. granulate”, “G. psilate” e “Tree” (Figuras 10 e 11).

Figura 10. Análise do Componente Principal dos pontos P1, P2, P3, P4, P5, P6

Figura 11. Análise do Componente Principal dos pontos P7, P8, P9, T1, Fazenda Salinet e RPS

Discussão

Com alusão ao pH do solo realizado no P5 (amostrado por trincheira), Seixas et al. (2019) encontram valores de pH semelhantes ao desse estudo, oscilando entre 4,10 a 5. Ressalta-se que esses valores de pH, são recorrentes para LATOSSOLOS, sendo determinados também por Paulo e Almeida (2016), Silva et al. (2016) e Pereira et al. (2020).

O solo da trincheira foi caracterizado como muito argiloso, porque os LATOSSOLOS originados de rochas vulcânicas básicas tendem a apresentar textura muito argilosa e percentual de argila com valores superiores a 60%. O único intervalo que não apresentou 60% de argila foi o 210-200 cm (57%).

No que tange a granulometria a fração argila predominou em relação às demais, sendo a areia com menor expressividade percentual. Essas características são típicas de Latossolos originados de rochas vulcânicas básicas. Marcatto (2016) encontrou valores semelhantes em Latossolo na Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó, Paraná.

Com relação aos fitólitos, as morfologias “Short cells” – “Bilobate”, “Cross”, “Rondel”, “Saddle” e “Trapeziform” - estão associadas a distintas subfamílias de Poaceae, por tal fato, podem apresentar mudanças na vegetação (Rasbold et al., 2016).

O morfotipo “Rondel” é produzido nas células epidérmicas curtas de Pooideae (C₃) e por Bambusoideae (C₃) (Gu et al., 2016; Liu et al., 2020). O “Trapeziform” também é produzido pela mesma família (Paisani et al., 2016). O “Rondel” é característico de ambientes de clima frio e zonas temperadas de regiões intertropicais ou mesmo altas elevações (Paisani et al., 2016).

O fitólito “Bilobate” é produzido por diversas gramíneas, inclusive Panicoideae (Bourel e Novello, 2020) que possui ciclo fotossintético C₄. As mesmas se desenvolvem em áreas quentes e úmidas com disponibilidade de água no solo, abaixo do dossel de florestas tropicais (Moura et al., 2018; Zuloaga et al., 2020). A subfamília Bambusoideae produz também a morfologia “Bilobate” podendo ser encontrada na literatura como “Bilobate chusquea”. As características desse “Bilobado” distinguem-se das demais morfologias produzidas por Poaceae (Gu et al., 2016).

A morfologia “Polilobate” é atribuída à subfamília Panicoideae (Poaceae), característica de ambientes quentes e húmidos (Parolin et al., 2017). Por sua vez, o morfotipo “Saddle” é

produzido por Poaceae e indica condições edáficas ou climáticas secas (Paisani et al., 2016); destaca-se que essa morfologia foi quantitativamente maior somente no testemunho P7 - em algumas profundidades o morfotipo “Rondel” foi superior - nos demais pontos amostrados a quantidade de fitólitos “Rondel” foi majoritariamente superior ao “Saddle”.

A morfologia “Bulliform parallelepipedal echinate” é atribuída a Bambusoideae encontrada também em espécimes *Chusquea* (Gu et al., 2016; Calegari et al., 2017). Na literatura pode ocorrer variação com relação à nomenclatura podendo ser encontrado como “Cubic”/“Parallelepipedal sinuate bulliform cells” e “Chusquea bulliform phytoliths”.

A morfologia “Elongate psilate” não tem valor taxonômico, pelo fato de sua produção ocorrer na epiderme de todas as gramíneas. Os morfotipos “Elongates” com suas distinções morfológicas e quantitativas são encontrados com facilidade na literatura como pode ser observado nos estudos de Rasbold et al. (2016), Zucol et al. (2018) e Contreras et al. (2019).

O morfotipo “Brachiform” também é produzido por diversas famílias de gramíneas (Rasbold et al., 2016), assim, não possuindo valor taxonômico. As morfologias “Poliedro articulado”, “Fusiform” e “Poligonal epidermal” também não apresentam valor taxonômico.

Também sem grupo taxonômico característico encontrou-se a morfologia “Block”, que suas dimensões são menores em relação ao morfotipo “Bulliform parallelepipedal”, como pode ser observado em (Villwock et al., 2019). Esse morfotipo é produzido tanto por subfamílias de Poaceae como por Eudicotiledôneas lenhosas (Gao et al., 2018).

Os morfotipos “Bulliforms” caracterizam indicador de estresse hídrico, estando sua produção diretamente relacionada com a evapotranspiração de gramíneas. Assim, quanto mais a planta sofre estresse hídrico ou transpira, maior é a taxa de produção de células “Bulliforms” (Paisani et al., 2016).

Os fitólitos “Unciform hair cell”, “Acicular hair cell”, “Scutiform hair cell” são produzidos por gramíneas e arbóreas (Coe et al., 2017; Ricardo et al., 2018; Zucol et al., 2019).

O morfotipo “Cone-shape” corresponde à família botânica Cyperaceae (Stevanato et al., 2019). Essa família tem preferência por ambientes úmidos, incluindo lagoas (Parolin et al., 2017), margem de rios (Kalinovski et al., 2016) e banhados.

O morfotipo “Globular echinate” é produzido por Arecaceae, Marantaceae e Bromeliaceae (Coe et al., 2017). A morfologia “Globular psilate” por Euphorbiaceae, Fabaceae, Proteaceae (Coe et al., 2017) e Clusiaceae. O morfotipo “Globular granulate” por Eudicotiledôneas lenhosas, tal como Rubiaceae (Angiosperma) (Coe et al., 2017).

Classificadas com elevada produção do morfotipo “G. echinate” as famílias Arecaceae e Bromeliaceae (Coe et al., 2017) são forte indicativo da presença no ambiente. No PNI em Céu Azul (parte norte do parque) encontrou-se densa quantidade de *Euterpe edulis* Mart., sob dossel frondoso, bem como elevada quantidade do morfotipo “G. echinate” nos pontos amostrados.

A morfologia “Tracheid” foi identificada nas famílias Fabaceae e Erythroxylaceae por Coe et al. (2017).

A família Pinaceae também é produtora de fitólitos. As morfologias dessa família podem ser observadas na Figura 2M. Em campo foi visualizado exemplares de *Pinus taeda* L., que é exótica e invasora, e por esse motivo, a gestão do PNI faz a retirada dessas árvores.

A baixa quantidade da morfologia “Tree” (Gao et al., 2018; Zhang et al., 2019) pode estar associada a não ocorrência de espécies produtoras de fitólitos “in situ” ou mesmo baixa produtividade de fitólitos como é característico das famílias arbóreas em relação à Poaceae.

As morfologias “Sclereid” e “Cylindrical sclereid” são atribuídas para famílias arbóreas (Gao et al., 2018).

As pteridófitas estão presentes em ambientes da FOM e FES, sendo encontrada no PNI. Foram encontradas as morfologias “Pteridophyte” (Zhang et al., 2019) nas amostras da RPS, Fazenda Salinet, P5, P6, P7 e P8.

Ao verificar a distribuição dos conjuntos fitolíticos tornou-se possível identificar que a melhor preservação fitolítica ocorre nos primeiros centímetros de solo. Todavia, salienta-se que pode haver amostragens que as distribuições fitolíticas podem ser diferentes. Resultados semelhantes foram encontrados por Ranulpho (2016) e, Crifó e Strömberg (2020).

Mediante a densidade de dados trabalhados, tornou-se possível determinar que na FOM 77,78% das amostras apresentaram variações significativas da vegetação; e na FES em 100% das amostras analisadas. Levando-se em consideração a variação conforme o tipo de solo, todos apresentaram variações significativas da vegetação. Não obstante, em 2 amostras não foram identificadas variações significativas, sendo o Tubo 1 (FOM/solo escuro) e Ponto 3 (FOM/Latossolo) (Quadro 3). No Tubo 1 acredita-se que não foi encontrada variação significativa pela profundidade atingida – 30 cm; e no Ponto 3 pela baixa quantidade de fitólitos presente nas amostras.

Quadro 3. Amostras com alterações significativas da vegetação (utilizando fitólitos) por formação florestal e solos

Floresta Estacional Semidecidual		Floresta Ombrófila Mista	
Amostras		Amostras	
Represa Rio São João	SIM	Tubo 1	NÃO
Fazenda Salinet	SIM	Ponto 1	SIM
Ponto 9	SIM	Ponto 2	SIM
		Ponto 3	NÃO
		Ponto 4	SIM
		Ponto 5	SIM
		Ponto 6	SIM
		Ponto 7	SIM
		Ponto 8	SIM
Legenda de coloração			
Latossolo	Nitossolo	Gleissolo	Solo escuro
Lama sobre Nitossolo	Solo acinzentado/Hidromórfico		

Ante ao exposto, com a assembleia fitolítica recuperada pode-se inferir que a área sempre foi dominada por espécies arbóreas

concomitantes a ocorrência das famílias Poaceae e Cyperaceae sob as copas do dossel.

A assembleia fitolítica presente está de acordo com as características atuais do clima e

vegetação, com dominância da vegetação arbórea em relação à vegetação rasteira com ocorrência abaixo do dossel pela presença dos morfotipos “Bilobate”, “Saddle”, “Rondel”, “Cone-shape”, “Elongates”, “Globular granulate”, “Tracheid”, “Tree” e “Sclereid”, além da ocorrência de Bambusoideae com a abertura de clareiras com a queda de árvores, indicativo pelos fitólitos “Rondel” e “Bilobate chusquea”.

Identificou-se também elevado estresse hídrico pela quantidade de “Bulliform cells” encontrados, revelando excessiva transpiração.

Esse estudo corrobora os resultados encontrados por Monteiro et al. (2018) nessa UC, em que os autores, também afirmaram vegetação florestal por meio da assembleia fitolítica recuperada.

Resultado semelhante ao deste estudo foi inferido por Parolin et al. (2017) na reconstrução paleoambiental em Ortigueira, Paraná, em que os autores determinaram estresse hídrico ao longo do perfil e incremento de umidade (após o Holoceno Médio) a partir do intervalo 12-10 cm em direção ao topo da sondagem, indicada pela presença do fitólito “Cone-shape”. As morfologias “Tree” e “Rondel” estiveram presentes em quase todo o perfil amostrado, auxiliando os autores nas considerações paleoambientais durante o Holoceno.

Conclusão

A conservação fitolítica em quantidade superior ocorreu na maioria das amostras no topo com decaimento em direção à base. Entretanto, houve amostras que a maior preservação ocorreu no centro e até mesmo próxima à base, e no topo e base. Todavia, salienta-se que as duas últimas foram exceções para as amostras analisadas.

As amostras que apresentaram os maiores valores no quantitativo fitolítico foram P1, T1, P4, P9, Fazenda Salinet, RPS, P8, P2, P5, P6, P3 e P7 respectivamente.

Apesar do predomínio da vegetação ser florestal nos pontos amostrados, foram determinadas diferenças na vegetação por meio da recuperação fitolítica:

Ponto 1 - Observou-se o aumento da produção de fitólitos de 15-10 a 5-0 cm indicativos de famílias arbóreas e Bambusoideae, subfamília de Poaceae. Estresse hídrico em todo o perfil.

Ponto 2 - Domínio arbóreo em relação às gramíneas, com destaque para maior produção de fitólitos “Tree” no centro da tradagem e principalmente do intervalo 15-10 a 5-0 cm.

Igualmente ao P1, o P2 apresentou maior produção de gramíneas nas três primeiras profundidades.

Ponto 3 - Predomínio de famílias arbóreas, principalmente nas profundidades 40-35 a 25-20 cm. Fitólitos de gramíneas praticamente inexpressivos.

Ponto 4 - Variação da diversidade de vegetação arbórea, marcada pela prevalência de morfologias “Tree” próximo à base; e baixa variação quantitativa de “Globular granulate”. Com relação às gramíneas, os fitólitos produzidos por Pooideae e Bambusoideae indicam a ocorrência dessas subfamílias principalmente nos 20 primeiros centímetros.

Ponto 5 - De 210-200 a 180-170 cm quantificou-se maior quantidade de fitólitos produzidos por gramíneas C₃ em relação as C₄, todavia, no quantitativo total as morfologias “Saddle” foram superiores; a família Cyperaceae ocorreu próximo à base e de 50 cm ao topo, indicando maior umidade no ambiente. Não obstante, a vegetação majoritariamente foi/é composta por espécies arbóreas. De 170 cm ao topo infere-se diminuição da família Poaceae, consistindo a vegetação arbórea dominante com oscilações entre períodos de floresta mais e menos densa, evidenciado pela queda abrupta de morfologias “Tree” de 170 a 130 cm, sequenciado pelo aumento dessas morfologias. Na comparação de 50 cm até o topo, as morfologias “Tree” apresentaram distribuição semelhante a dos demais pontos, indicando características da vegetação presente.

Ponto 6 - Esse ponto caracterizou-se com baixa incidência da família Poaceae. O aumento de famílias arbóreas ocorre concomitante as famílias Arecaceae e Bromeliaceae, todavia, as duas últimas famílias mencionadas reproduzindo-se em maior proporção, apresentando ganho espacial nessa localidade.

Ponto 7 - As morfologias de gramíneas foram identificadas em baixíssima quantidade com misto entre morfotipos representativos de C₃ e C₄. Determinou-se nas amostras momentos de maior e menor ocorrência das famílias Arecaceae e Bromeliaceae. No que tange as espécies arbóreas a vegetação se manteve presente com aumento significativo no topo da coleta.

Ponto 8 - Nesse ponto, os fitólitos indicativos de umidade se destacam principalmente próximo à base, como *eg.* a família Cyperaceae que produz a morfologia “Cone-shape” apresentou aumento progressivo da base para topo; bem como as morfologias indicativas de arbóreas pela presença das

morfologias “Tree” com aumento praticamente contínuo. A assembleia é indicativa de baixa expressividade da família Poaceae, toda via com presença marcante de Pteridófitas bem adaptadas as condições ambientais, apresentando aumento de fitólitos expressivos da base ao topo. O estresse hídrico é praticamente inexistente ao analisar as “Bulliforms cells”, tendo distribuição praticamente inversamente proporcional em relação às frústulas de diatomáceas que estão em grande proporção nos primeiros 20 cm amostrados. Ressalta-se a presença das famílias Arecaceae e Bromeliaceae em maior quantidade em dois momentos - próximas ao centro e no topo da coleta, no entanto, em proporção inferior as morfologias arbóreas, sendo essas predominantes no ambiente.

Ponto 9 - Presença de gramíneas com maior expressividade de Pooideae e Cyperaceae, com predomínio da primeira. A subfamília Pooideae ocorreu em todo o testemunho com dois pontos de destaque 25-20 e 10-05 cm. As morfologias indicativas de estresse hídrico ocorreram principalmente do centro ao topo nas amostras. Essa característica vem ao encontro com a ocorrência das famílias Arecaceae e Bromeliaceae, em que não ocorreram somente na base, tendo maior ascensão no centro da coleta, tornando a diminuir com a elevação do estresse hídrico demarcado pelas gramíneas. As arbóreas foram determinadas da base ao topo, tendo maior adensamento do centro ao topo das amostras.

Represa Rio São João - Presença marcante de estresse hídrico expresso pelas “Bulliforms cells”. O maior número de fitólitos está presente no topo e na base, ocorrendo diminuição inclusive nas “Bulliforms cells” e “Tree”, com distribuição fitolítica diretamente proporcional. Esse decaimento das morfologias em 80% das amostras pode estar relacionada à área represada, afetando a vegetação do ambiente por determinado período tempo até a regeneração natural.

Fazenda Salinet - No banhado amostrado a assembleia recuperada permitiu inferir baixo estresse hídrico. Com alusão a vegetação herbácea, a família Cyperaceae foi superior às subfamílias Pooideae, Bambusoideae e Panicoideae, sendo as gramíneas C₃ majoritariamente superiores. As morfologias representativas de Bromeliaceae e Arecaceae foram pouco expressivas, ocorrendo em maior quantidade nas primeiras profundidades. Fitólitos indicativos de famílias arbóreas foram quantificados em todas as amostras, todavia, com quantidades maiores no 1/3 amostrado. As morfologias produzidas por Pteridófitas foram

identificadas em 2/3 das profundidades amostradas, principalmente próximo ao topo. Ressalta-se que as famílias predominantes no banhado da Fazenda Salinet configuram vegetação florestal.

Tubo 1 - As morfologias representativas de gramíneas C₃ prevaleceram em relação as C₄, tendo destaque Pooideae - subfamília de Poaceae. Foi quantificada morfologia característica de Cyperaceae nas amostras indicando sinal de umidade no ambiente, sendo favorecida pela ocorrência de curso d'água (sem nome) de primeira ordem nas proximidades. As morfologias fitolíticas indicam presença dominante de vegetação florestal, pela proporção de morfologias de famílias arbóreas no comparativo com herbáceas, levando-se em conta que as famílias arbóreas produzem quantidade inferior de fitólitos em relação à família Poaceae - por exemplo. Quantificou-se também fitólitos característicos de Bromeliaceae e Arecaceae. Os 30 cm amostrados representam a composição da vegetação presente no local.

Face ao exposto, as variações significativas na vegetação ocorreram tanto na FOM quanto FES, e nos distintos solos amostrados.

Desse modo, pode-se afirmar que até as profundidades estudadas a vegetação arbórea e rasteira sempre coabitaram com prevalência do estrato arbóreo, havendo competição espacial entre famílias botânicas ao longo do tempo, consistindo na dinâmica natural da natureza, devido às condições climáticas e edáficas.

Agradecimentos

Registra-se os melhores agradecimentos ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela bolsa de doutorado do primeiro autor. Agradecemos também ao PGE-UEM por todo apoio; ao Lepafe pela permissão da utilização do laboratório e armazenamento das lâminas; ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), Vanderlei Grzegorzczuk, Laine Milene Caraminan e Vitor Hugo Rosa Biffi pela ajuda na granulometria; a equipe do Herbário da UTFPR de Campo Mourão e ao ICMbio - 58606.

Referências

- Aspin, A., 2016. Pro Power BI Desktop. Apress, New York.
- Bourel, B., Novello, A., 2020. Bilobate phytolith size matters for taxonomical and ecological

- identification of Chad grasses: A case study on 15 species. Review of Palaeobotany and Palynology [online] 275. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2019.104114> Acesso: 16 dez. 2020.
- Clark, D., 2017. Beginning Power BI. Apress, Camp Hill.
- Calegari, M.R., Paisani, S.D.L., Cecchet, F.A., Ewald, P.L.L., Osterrieth, M.L., Paisani, J.C., Pontelli, M.E., 2017. Phytolith signature on the Araucarias Plateau e Vegetation change evidence in Late Quaternary (South Brasil). Quaternary International [online] 434. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.095>. Acesso: 11 dez. 2018.
- Coe, H.H.G., Ricardo, S.F., Sousa, L.O.F., Dias, R.R., 2017. Caracterização de fitólitos de plantas e assembleias modernas de solo da caatinga como referência para reconstituições paleoambientais. Quaternary and Environmental Geosciences [online] 8. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v8i2.52868>. Acesso: 23 abr. 2019.
- Contreras, S., Zucol, A.F., Méndez, C., Zurita, A., 2019. Phytolith analysis in Pliocene-Pleistocene fluvial sediments from northeastern Argentina. Journal of South American Earth Sciences [online] 90. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.12.023>. Acesso: 20 jan. 2020.
- Crifò, C., Strömberg, C.A.E., 2020. Small-scale spatial resolution of the soil phytolith record in a rainforest and a dry forest in Costa Rica: applications to the deep-time fossil phytolith record. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology [online] 537. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.03.008>. Acesso: 19 ago. 2020.
- Croft, D.A., Su, D.F., Simpson, S.W., 2018. Introduction to Paleocological Reconstruction, in: Croft, D.A., Su, D.F., Simpson, S.W. (Org.), Methods in Paleocology: Reconstructing Cenozoic Terrestrial Environments and Ecological Communities. Springer, New York, pp. 1-5.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2017. Manual de métodos de análise de solo. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Rio de Janeiro.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos, 2018. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro.
- Gao, G., Jie, D., Wang, Y., Liu, L., Liu, H., Li, D., Li, N., Shi, J., Leng, C., 2018. Phytolith reference study for identifying vegetation changes in the forest-grassland region of northeast China. Boreas [online] 47. Disponível: <https://doi.org/10.1111/bor.12280>. Acesso: 10 mai. 2019.
- Gu, Y., Liu, H., Wang, H., Li, R., Yu, J., 2016. Phytoliths as a method of identification for three genera of woody bamboos (Bambusoideae) in tropical southwest China. Journal of Archaeological Science [online] 68. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.08.003>. Acesso: dez. 2018.
- Kalinovski, E.C.Z., Parolin, M., Souza Filho, E.E., 2016. Paleoambientes quaternários da planície do rio Iapó, Castro, Paraná. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 9. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.5.p1543-1558>. Acesso: 23 ago. 2018.
- Liu, H., Gu, Y., Yu, Z., Huang, C., Ge, J., Huang, X., Xie, S., Zheng, M., Zhang, Z., Cheng, S., 2020. Holocene peatland water regulation response to ~1000-year solar cycle indicated by phytoliths in central China. Journal of Hydrology [online] 589. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125169>. Acesso: 16 dez. 2020.
- Marcatto, F.S., 2016. O efeito do uso e manejo nas propriedades físicas e Hídricas dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó – PR. Dissertação (Mestrado). Maringá, Universidade Estadual de Maringá.
- Monteiro, M.R., Parolin, M., Caxambu, M.G., 2018. Primeiras considerações paleoambientais da lagoa azul no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná. Anais do IV Encontro Regional de Geografia e XXVI Semana de Geografia da Universidade Estadual de Maringá. Disponível: <http://www.pge.uem.br/>. Acesso: 15 dez. 2019.
- Moura, C.P., Viana, P.L., Oliveira, R.C., 2018. A new species of Paspalum (Poaceae, Panicoideae, Paspaleae—Recta group), from the cangas of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil. Phytotaxa [online] 357. Disponível: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.357.3.6>. Acesso: 16 dez. 2020.
- Neumann, K., Strömberg, C.A.E., Ball, T., Albert, R.M., Vrydaghs, L., Cummings, L.S., 2019. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. Annals of Botany [online] XX. Disponível: <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>. Acesso: 18 ago. 2020.

- Paisani, S.D.L., Paisani, J.C., Osterrieth, M.L., Pontelli, M.E., 2016. Significado paleoambiental de fitólitos em registro pedoestratigráfico de paleocabeceira de drenagem - superfície de Palmas - Água doce (sul do Brasil). *Geociências* [online] 35. Disponível: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9524>. Acesso: 22 dez. 2018.
- Parolin, M., Monteiro, M.R., Coe, H.H.G., Colavite, A.P., 2017. Considerações Paleoambientais do Holoceno Médio por Meio de Fitólitos na Serra do Cadeado, Paraná. *Revista do Departamento de Geografia USP* [online] Especial. Disponível: <https://doi.org/10.11606/rdg.v01spe.132609>. Acesso: 20 dez. 2018.
- Paulo, L.C.C.V., Almeida, A.A.S., 2016. Resistência à penetração em Latossolo sob floresta ripária e submetido ao pisoteio animal. *Revista Ambiente & Água* [online] 11. Disponível: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92852596008>. Acesso: 16 dez. 2020.
- Pereira, M.G., Araújo, A.L.S., Dortzbach, D., Tavares, O.C.H., Silva Neto, E.C., 2020. Estimativa da acidez potencial através do método do pH SMP em solos de altitude de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense* [online] 33. Disponível: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/articloe/view/531/706>. Acesso: 16 dez. 2020.
- Ranulpho, R., 2016. Fitólitos em depósitos de colúvio do Quaternário Superior na face nordeste da Bacia Sedimentar do Araripe/CE: significado paleoambiental. Dissertação (Mestrado). Recife, Universidade Federal de Pernambuco.
- Rasbold, G.G., Parolin, M., Caxambu, M.G., 2016. Reconstrução paleoambiental de um depósito sedimentar por análises multiproxy, Turvo, estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia* [online] 19. Disponível: <http://dx.doi.org/10.4072/rbp.2016.2.13>. Acesso: 07 mar. 2018.
- Ricardo, S.D.F., Coe, H.H.G., Dias, R.R., Sousa, L.O.F., Gomes, E., 2018. Reference collection of plant phytoliths from the Caatinga biome, Northeast Brazil. *Flora* [online] 249. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.09.003>. Acesso: 17 dez. 2020.
- Rito, M., Honaine, M.F., Osterrieth, M., Morel, E., 2018. Silicophytoliths from a Pampean native tree community (*Celtis ehrenbergiana* community) and their representation in the soil assemblage. *Review of Palaeobotany and Palynology* [online] 257. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2018.06.002>. Acesso: 19 dez. 2020.
- Santos, R.D., Lemos, R.C., Santos, H.G., Ker, J.C., Anjos, L.H.C., 2015. Manual de descrição e coleta de solo no campo, 7 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Seixas, A.P., Coe, H.H.G., Silva, A.L.C., Lepsch, I.F., Parolin, M., Macario, K., 2019. Reconstituição das condições paleoambientais relacionadas à ocorrência de linhas de pedra em Latossolo no médio vale do Rio Paraíba do Sul (RJ). *Revista Anpege* [online] 15. Disponível: <https://doi.org/10.5418/RA2019.1528.0002>. Acesso: 17 dez. 2020.
- Silva, A.M., Canuto, D.S.O., Alves, M.C., Buzzeti, S., Moraes, M.L.T., Sakamoto, A.Y., 2016. Características químicas de um Latossolo Vermelho em recuperação sob plantio de *Pinus* spp. *Ciência Florestal* [online] 26. Disponível: <https://www.scielo.br/pdf/cflo/v26n4/0103-9954-cflo-26-04-01049>. Acesso: 16 dez. 2020.
- Stevanato, M., Rasbold, G.G., Parolin, M., Luz, L.D., Lo, E., Weber, P., Trevisan, F., Caxambu, M.G., 2019. New characteristics of the papillae phytolith morphotype recovered from eleven genera of cyperaceae. *Flora* [online] 253. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.03.012>. Acesso: 28 dez. 2019.
- Souza, E., Clegari, M.R., Torrado, P.V.; Madella, M.; Macedo, R.S., 2019. Análise Fitolítica Aplicada na Reconstituição Paleoambiental na ESEC Caetetus – Gália (SP). *Revista Perspectiva Geográfica* [online] 14. Disponível: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/articloe/view/24032>. Acesso: 18 dez. 2020.
- Souza, M.C.C., 2020. Variabilidade da precipitação e a prática turística em Foz do Iguaçu-PR: interações e repercussões no Parque Nacional do Iguaçu. Tese (Doutorado). Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- Watling, J., Castro, M.T., Simon, M.F., Rodrigues, F.O., Medeiros, M.B., Oliveira, P.E., Neves, E.G., 2020. Phytoliths from native plants and surface soils from the Upper Madeira river, SW Amazonia, and their potential for paleoecological reconstruction. *Quaternary International* [online] 550.

- Disponível:
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.03.045>.
 Acesso: 19 dez. 2020.
- Villwock, F.H., Eduvirgem, R.V., Parolin, M., 2019. Pesquisas paleoambientais no Cerrado de Jaguariaíva, Paraná, Brasil, in: Marcatto, F.S., Oliveira, T.P., Garbin, E.P., Endlich, A.M. (Org.), Construindo o saber geográfico: 20 anos do PGE-UEM. Editora PGE, Maringá, pp. 158-173.
- Zhang, X.R., Du, Y., Ma, C.M., Ping, S.F., Feng, C., 2019. Phytolith data in peat profile over the past 1300 years in the Xishan Mountains, Jiangxi Province, China. Data in brief [online] 25. Disponível:
<https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.103981>.
 Acesso: 04 fev. 2020.
- Zucol, A.F., Krause, J.M., Brea, M., Raigemborn, M.S., Matheos, S.D., 2018. Emergence of grassy habitats during the greenhouse–icehouse systems transition in the middle Eocene of Southern South America. AMEGHINIANA [online] 55. Disponível:
<https://doi.org/10.5710/AMGH.12.03.2018.3152>. Acesso: 01 jul. 2020.
- Zucol, A.F., Patterer, N.I., Moya, E., Pepi, M.G.F., 2019. Phytolith analysis of the main species of *Distichlis* sp. (Chloridoideae: Poaceae) distributed in South America. Review of Palaeobotany and Palynology [online] 269. Disponível:
<https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2019.06.004>.
 Acesso: 17 dez. 2020.
- Zuloaga, F.O., Aliscioni, S.S., Scataglini, M.A., 2020. *Cnidochloa*: A New Genus of Grasses from Brazil (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). Annals of the Missouri Botanical Garden [online] 105. Disponível:
<https://doi.org/10.3417/2020560>. Acesso: 16 dez. 2020.