



Coleção de referência de fitólitos de plantas como subsídio para identificação e classificação de fitólitos em solos ⁽¹⁾.

Rodrigo Santana Macedo ⁽²⁾; Marco Madella ⁽³⁾; Marcia Regina Calegari ⁽⁴⁾; Wenceslau Geraldes Teixeira ⁽⁵⁾; Gilvan Coimbra Martins ⁽⁶⁾; Pablo Vidal-Torrado ⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Programa Professor Visitante do Exterior (PVE) A115/2013 - CAPES

⁽²⁾ Pós doutorando; Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ; Piracicaba, SP; macedo.rs@usp.br; ⁽³⁾ Pesquisador; Universidade de Pompeu Fabra/IMF-CSIC; ⁽⁴⁾ Professora; Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Embrapa Solos; ⁽⁶⁾ Pesquisador; Embrapa-CPAA; ⁽⁷⁾ Professor; ESALQ/USP

RESUMO: Coleções de referência de fitólitos de plantas são essenciais em estudos de reconstrução da vegetação e podem auxiliar na identificação de diferentes aspectos de ocupação em sítios arqueológicos. O objetivo dessa pesquisa foi caracterizar os fitólitos de plantas ocorrentes na Estação Experimental da Embrapa, Iranduba – AM, a fim de subsidiar estudos de identificação e classificação de fitólitos recuperados de amostras de solos. Folhas de 48 espécies, distribuídas dentro de 27 famílias, foram coletadas em cinco pontos (solo natural e arqueológico) de um transecto de 500 m. As plantas foram submetidas a duas calcinações e a uma digestão em meio ácido (*dry ashing*). As cinzas obtidas foram montadas em lâminas, nas quais foram contados ao menos 300 fitólitos com significado taxonômico. Muitas espécies não produzem fitólitos com significado taxonômico ou, quando o fazem, são morfotipos comuns a outras plantas. Variabilidade qualitativa na produção de fitólitos foi observada entre e dentro da mesma família. *Globular/Elipsoid echinate* e *hat-shaped* (Arecaceae), *long cells* (Pteridaceae e Chrysobalanaceae), *conical facetate* (Myrtaceae), “*bamboo saddle*” (Bambusoideae) e *conical* (Selaginellaceae) apresentam potencial para distinção em nível de família. Muitas espécies produzem massas silicificadas amorfas que podem participar na ciclagem de silício no solo e contribuir para a estabilidade de certos argilominerais e inibir a formação de outros.

Termos de indexação: Terra Preta de Índio, Arecaceae, sílica amorfa.

INTRODUÇÃO

Biomineralizações produzidas por plantas ao longo do seu ciclo vegetativo são denominados silicofitólitos (Piperno, 2006). Devido seu amplo emprego em estudos de reconstrução paleoambiental essas biomineralizações são consideradas marcadores ambientais (*proxy*). Para que os mesmos possam ser de relevância em estudos dessa natureza é fundamental a caracterização dos mesmos obtidos diretamente das

plantas e posterior comparação com aqueles extraídos de solos e sedimentos.

Essa pesquisa faz parte de um amplo projeto que pretende desenvolver uma metodologia sólida para a reconstrução paleoambiental neotropical. Nesse sentido, foi construída uma coleção de referência de plantas de um dos biomas do Brasil, a floresta Amazônica.

A partir desse estudo inicial, pretende-se i) verificar a potencialidade dos estudos fitolíticos em discriminar diferentes fitofisionomias no Brasil, ii) associar a dinâmica de deposição e preservação dos fitólitos com os processos de formação dos solos, iii) testar a capacidade da assembleia fitolítica em identificar a trajetória de mudança da vegetação em solos naturais e antrópicos e iv) colaborar com as pesquisas arqueológicas e ampliar o banco de dados de coleções de referência de plantas em regiões tropicais, onde esse tipo de informação ainda é incipiente.

O objetivo foi identificar e classificar os fitólitos de plantas ocorrentes em solos naturais e antrópicos em Iranduba – AM.

MATERIAL E MÉTODOS

Essa pesquisa foi desenvolvida na Estação Experimental da Embrapa – Caldeirão, município de Iranduba – AM. A precipitação anual é de 2.100 mm e a temperatura média anual é de 26,7° C.

A área apresenta relevo variando de plano a suave ondulado, onde predominam Latossolos Amarelos, Plintossolos Argilúvicos e Argissolos Amarelos (Rodrigues et al., 1991). A vegetação primária é composta por um número maior de exemplares de *Bertholletia excelsa* (Lecythidaceae), ocorrendo ainda espécies de das famílias Bignoniaceae, Combretaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Lecythidaceae e Malvaceae.

A coleta de plantas foi realizada em cinco pontos (A, B, C, D e E) ao longo de um transecto de 500 m. Foram coletadas folhas de 48 espécies de plantas, compreendidas dentro de 27 famílias, em área de floresta secundária sobre TPI (Argissolo Amarelo e Plintossolo Argilúvico) e solo natural (Argissolo Amarelo).



A extração de fitólitos seguiu a seguinte sequência: a) calcinação à 400 ° C por 4 horas, b) digestão com HCl e c) calcinação à 600° C por 6 horas (*dry asching* – adaptado de Piperno, 2006). As cinzas foram montadas em lâminas, onde foram contados no mínimo 300 fitólitos com significado taxonômico. Os mesmos foram identificados conforme Madella et al. (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Elaeis olerifera e o gênero *Oenocarpus* produzem *globular/ellipsisoid echinate* com espinhos pronunciados. Dentro dos *globulares echinates* ($\pm 20 \mu\text{m}$) há aqueles com núcleo escuro e com espinhos com pontas mais arredondadas (Figura 1A), e outros que possuem espinhos bem mais pronunciados (Figura 1B).

Iriartella setigera, *Geonoma sp.* e *Astrocaryum* e *Bactris* produzem *hat shaped* entre 5-10 μm (Figura 1C-E). O morfotipo *fusiform* foi produzido somente nas espécies que produzem *hat shaped*. *Attalea sp.* produz alguns morfotipos com grau de esfericidade intermediário entre *globular* e *ovate* (Figura 1G-H). *Euterpe oleraceae* produz *globulares echinates* muitos pontudos, notadamente aqueles de $\pm 10 \mu\text{m}$ (Figura 1G).

Guadua sp. (Bambusoideae) produz abundantes *saddles* (“bamboo saddles”) e *rondels* como morfotipos dominantes, e em menor proporção, *short-cells* com formatos elípticos/bilobados. Essas observações corroboram outros estudos realizados com gramíneas em regiões (sub)tropicais (Piperno e Pearsall, 1998; Iriarte e Paz, 2009). Vale ressaltar que apenas o morfotipo “bamboo saddle” pode discriminar a sub-família Bambusoideae, tendo em vista a produção de *rondels* por outras sub-famílias de Poaceae (Iriarte e Paz, 2009).

Há espécies que produzem fitólitos em abundância, no qual podem-se destacar os *trapeziform* de *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae), que não produziu o fitólito diagnóstico *folded spheres* (Kealhofer & Piperno, 1998) e, os *trapeziform* e *paralelepipedal* produzidos por *Tabernaemontana coriacea* (Apocynaceae). Esses últimos variam consideravelmente em tamanho (15-50 μm) e possuem ornamentação predominantemente *psilate* e *sinuate*. Seu forte relevo indica tratar-se de células bastante silicificadas (Figura 2A). Curiosamente essa espécie produziu “*through phytoliths*” reconhecidos por serem característicos de Heliconiaceae (Piperno, 2006), indicando a necessidade de estudos adicionais com essa espécie.

Licania rodriguesi (Chrysobalanaceae) foi a única espécie a produzir “corpos multi-faceted” (Figura

2B). Em geral, possuem limitado valor taxonômico por também ocorrerem em Dilleniaceae e Elaeocarpaceae (Watling e Iriarte, 2013), famílias não contempladas na presente pesquisa. São largos, irregulares, alongados (15 μm) e possuem extremidades pouco a muito facetadas, provavelmente formadas quando do contato com a parede da célula. *Globulares verrucates* com contornos ondulados e abaulados (Piperno, 2006) e *globulares psilate* de 6-12 μm (Kealhofer & Piperno, 1998) produzidos por Chrysobalanaceae não foram encontrados nessa espécie.

Duguetia riparia (Annonaceae) produziu *jigsaw-puzzle* distinto das demais plantas. Sua peculiaridade é a ocorrência de projeções como chifres (*corniculate*) (Figura 2C). Não foram identificados os largos corpos irregulares ou “esféricos multi-faceted” típicos dessa família (Piperno 2006, Runge, 1999); no entanto, *trachieds* semelhantes ao “*irregular stipulate tracheid*” encontrado em Annonaceae (Dickau et al., 2013) foram identificados em pequenas quantidades nessa espécie, salvo que apresentam protuberâncias e elementos alongados (horizontalmente) formando um padrão semelhante a uma rede (*reticulate*). *Ecclinusa ramiflora* (Sapotaceae) também produz *irregular cells* reniformes muito ondulados e com as paredes celulares bastante silicificadas.

Sterculiaceae produz *hair base* e *hair* não armados (Pearsall, 2008). A única espécie de Sterculiaceae estudada, *Theobroma grandiflorum*, produziu abundantes *acicular hair cell* variando de 20-50 μm . São finos, armados, não segmentados e a ponta excede em tamanho sua base circular.

Abundantes *hair cells mesophyll* (tricoma) segmentados, longos (15 μm) e com pontas que excedem sua base alargada são produzidos por *Pouroma villosa* (Urticaceae) (Figura 2D). *Selaginella conduplicata* foi a única planta que produziu pequenos *conical* (5 μm) com base e ápice arredondados (Figura 2E).

Conical facetate foi identificado exclusivamente em Myrtaceae. Possuem em média 10 μm e apresentam uma abertura em um dos lados (Figura 2F). Curioso nessa família foi a identificação de *globulares/ elipsoide echinates* na espécie *Calyptanthus cuspidata*, morfotipos esses reconhecidamente produzidos por Arecaceae e Bromeliaceae (Piperno, 2006).

As espécies de samambaias (Pteridaceae) produziram *elongates* maiores que 200 μm , completamente silicificados e que apresentam em sua extensão elementos alongados distribuídos de forma irregular (textura *rugulate*). Em *Adiantum cajennense* essas estruturas possuem lóbulos dentados arredondados (*crenate*) (Figura 2G),

enquanto que em *Adiantum petiolatum* essas células possuem ornamentações *corniculate* (chifres) e *pilate* (bastões côncavos) (Figura 2H). Aquele primeiro é muito semelhante ao descrito para *Adiantum tetraphyllum* e a segunda a *Scolisorus ensiforme* (Sundue, 2009). Estudos posteriores confirmarão a potencialidade taxonômica desse morfotipo para distinção ao nível de espécie.

CONCLUSÕES

O processo de biomineralização é efetivo em produzir fitólitos com significado taxonômico em Bambusoideae (“bamboo saddle”), Myrtaceae (*conical faceted*), Selaginellaceae (*conical*) e Arecaceae (*globular echinate* e *hat shaped*).

As Arecaceae que silicificaram *globulares echinates* não produziram *hat shaped* e vice-versa. Essa constatação é relevante em pesquisas arqueológicas, tendo em vista a seleção de espécies para diferentes finalidades dentro dos sítios.

As espécies que não silicificam estruturas com valor taxonômico e ambiental, produzem massas silicificadas amorfas que por dissolução podem aportar silício ao solo. Isso é importante nas regiões tropicais, em geral constituídas por solos com pequena quantidade de minerais facilmente intemperizáveis (reserva mineral).

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo financiamento da pesquisa e bolsa de pós-doutorado do primeiro autor. À ESALQ/USP e a UNIOESTE/PR – Campus Marechal Cândido Rondon - pela infraestrutura concedida.

REFERÊNCIAS

DICKAU, R.; WHITNEY, B. S.; IRIARTE, J. et al. Differentiation of neotropical ecosystems by modern soil phytolith assemblages and its implications for palaeoenvironmental and archaeological reconstructions. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 193:15-37, 2013.

IRIARTE, J. & PAZ, E. A. Phytolith analysis of selected native plants and modern soils from southeastern Uruguay and its implications for palaeoenvironmental and archaeological reconstruction. *Quaternary International*, 193:99-123, 2009.

KEALHOFER, L. & PIPERNO, D. R. Opal phytoliths in Southeast Asian forest. *Smithsonian Contributions to Botany*, 88:1-39, 1998.

MADELLA, M.; ALEXANDRE, A.; BALL, T. International Code for phytolith nomenclature 1.0. *Annales of Botany* 96, 253-260, 2005.

PIPERNO, D. R. *Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Lanham MD: Altamira Press, 2006. 238p.

PIPERNO, D. R. & PEARSALL, D. M. The silica bodies of Tropical American Grasses: morphology, taxonomy, and implications for grass systematics and fossil phytolith identification. *Smithsonian Contributions to Botany*, 85: 1-40, 1998.

RODRIGUES, T. E., SANTOS, P. L., VALENTE, M. A., et al. Levantamento semi-detalhado dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do campo experimental do Caldeirão do CPAA/Embrapa, Iranduba, Amazonas. Rio de Janeiro: Embrapa, 1991. 74p.

The phytoliths in the flora of Ecuador project: phytolith production in the Malvales (Bixaceae, Bombacaceae, Malvaceae, Sterculiaceae, Tiliaceae). Disponível em: <<http://phytolith.missouri.edu>>. Acesso em 13 mai. 2015.

WATLING, J. & IRIARTE, J. Phytoliths from the coastal savannas of French Guiana. *Quaternary International*, 287: 162-180, 2013.

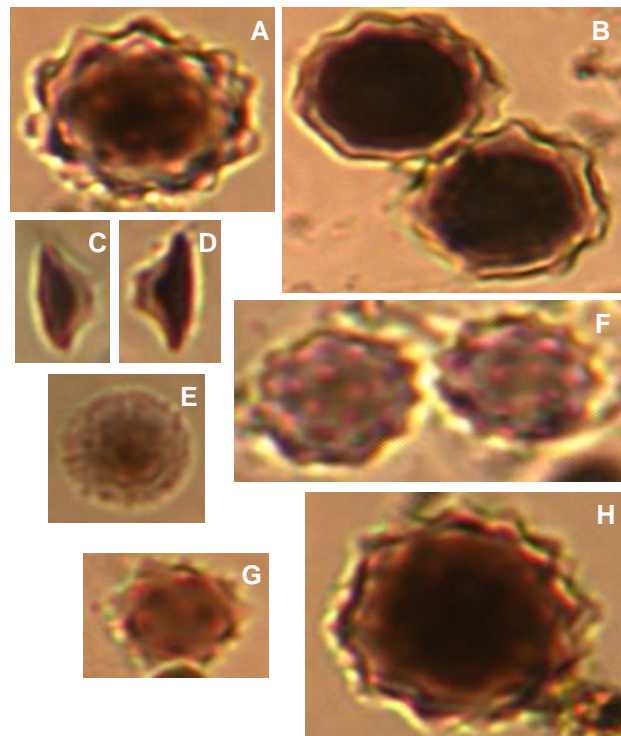


Figura 1 – Fitólitos identificados em Arecaceae da coleção de referência da Amazônia Central A); B) globular echinate (*Oenocarpus bacaba*); C); D); E) hat-shaped (*Astrocaryum aculeatum*); F) Globular/oblong echinate (*Attalea* sp.); G); H) globular echinate (*Euterpe precatoria*).

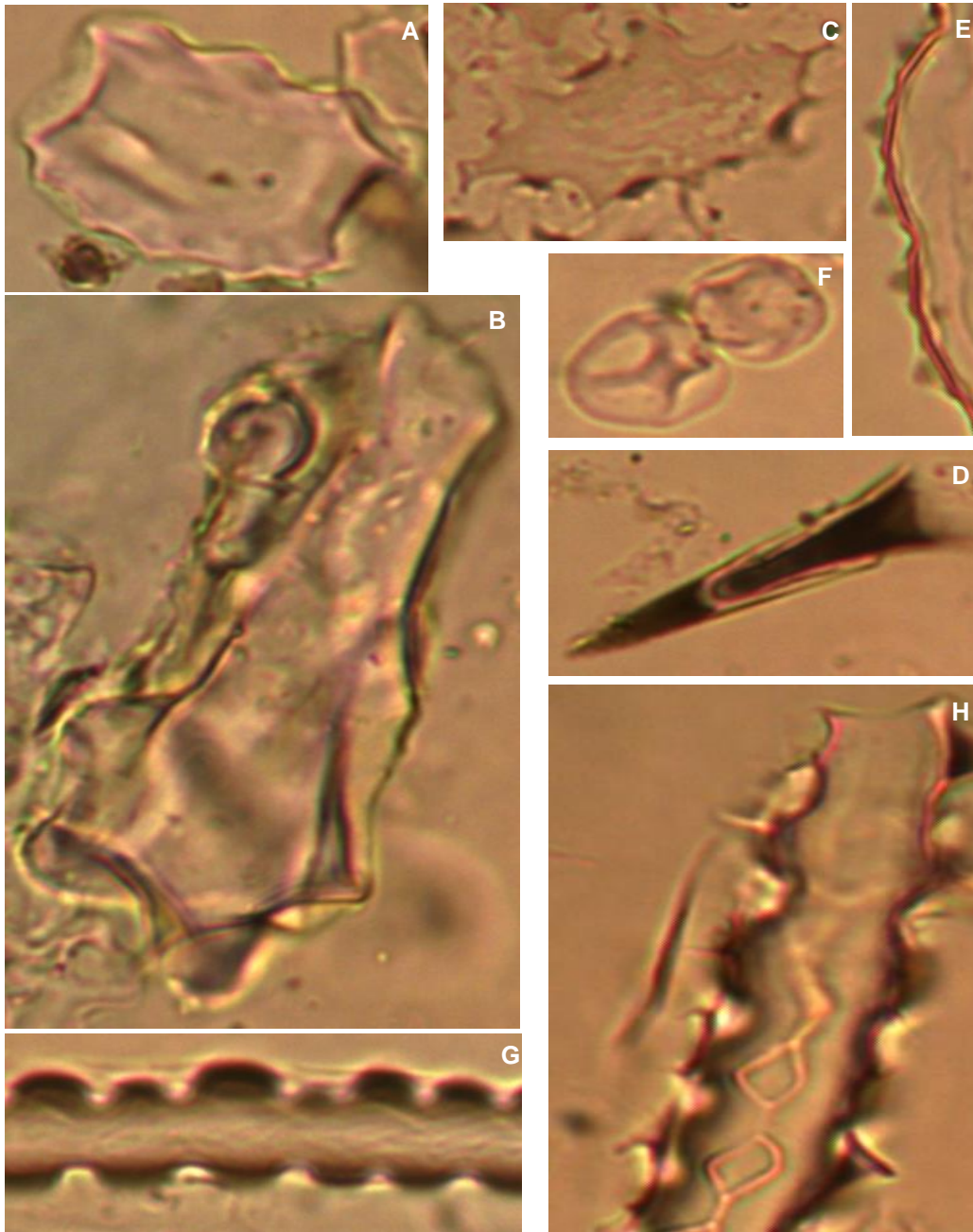


Figura 2 – Fitólitos identificados em plantas de coleção de referência da Amazônia Central. A) Trapeziform sinuate (*Apocynaceae*); B) parallelepipedal multi-faceted (*Chrysobalanaceae*); C) irregular cell jigsaw puzzle (*Annonaceae*); D) hair cell mesophyll (*Urticaceae*); E) conical psilate (*Selaginellaceae*); F) conical facetate (*Myrtaceae*).