

## Silicofitólitos como Indicadores de Paleoambientes no Carste da Serra da Bodoquena (MS)<sup>(1)</sup>

**Marlen Barros e Silva**<sup>(2)</sup>; **Marcia Regina Calegari**<sup>(3)</sup>; **Lúcia Helena Cunha dos Anjos**<sup>(4)</sup>; **Marcos Gervasio Pereira**<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do CNPq e apoio do CPGA-CS - UFRRJ.

<sup>(2)</sup> Doutoranda em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, BR 465, km 7, Seropédica, RJ, 23890-000. [marlenbs@ufrj.br](mailto:marlenbs@ufrj.br); <sup>(3)</sup> Professor Adjunto-Nível C, Universidade Estadual do Oeste do Paraná; <sup>(4)</sup> Professor Associado IV, Bolsista CNPq e FAPERJ, Departamento de Solos, UFRRJ, BR 465, km 7, Seropédica, RJ, 23890-000, [lanjosrural@gmail.com](mailto:lanjosrural@gmail.com).

**RESUMO:** Foi realizada a análise da assembléia fitolítica de material de um perfil de solo da Serra da Bodoquena (MS) com o objetivo de obter informações sobre as condições paleoambientais e paleoclimáticas da região, necessárias à compreensão da existência de feições cálcicas associadas a feições de iluviação de argila no solo. Silicofitólitos são corpúsculos de sílica produzidos por alguns vegetais superiores, notadamente gramíneas, com a função de criar estruturas de sustentação e conferir às plantas resistência a estresse de ordem química, física e/ou biológica. A identificação e quantificação dos principais morfotipos de silicofitólitos com significado taxonômico, bem como o cálculo dos índices fitolíticos, sugerem a alternância de eventos de maior abundância hídrica com períodos de maior aridez na região, com a ocorrência, na atualidade, de um clima mais seco.

**Termos de indexação:** assembleia fitolítica, paleoclimas.

### INTRODUÇÃO

Silicofitólitos são corpúsculos de sílica formados nos espaços intra e/ou intercelulares notadamente de gramíneas (Twiss et al., 1969), cuja principal função é criar estruturas de sustentação, além de conferir às plantas resistência a estresse de ordem química, física e/ou biológica (Loucaides, 2009).

Com formas que replicam as das células nas quais foram formados, específicas de determinadas famílias e às vezes gêneros vegetais, os silicofitólitos têm sido utilizados como importante ferramenta na reconstrução de cenários paleoambientais e paleoclimáticos (Blinnikov, 2005) e no estudo de descontinuidades estratigráficas até mesmo em regiões calcárias, onde a alcalinidade dos solos favorece a dissolução das opalas. Nessas regiões, horizontes cálcicos e petrocálcicos formados sob condições de clima árido ou semiárido também têm sido utilizados como indicadores de paleoclimas (Mack et al., 1994), sobretudo quando feições cálcicas encontram-se associadas às de

iluviação de argila, indicando sazonalidade climática (Dal'Bó & Basili, 2010).

Para Reheis (1987), a existência de feições de iluviação de argila juntamente com acumulações de CaCO<sub>3</sub> secundário em um mesmo solo é indicativa de importantes mudanças climáticas. Enquanto que recobrimentos de filmes de argila por carbonatos de cálcio são resultantes de uma mudança de um período de maior umidade para um período seco (Gile et al., 1966), situações onde feições de iluviação de argila se sobrepõem às acumulações de CaCO<sub>3</sub> indicam que após um longo período seco sobreveio um clima mais úmido que favoreceu os processos de argiluviação (Khormali et al., 2003).

No Brasil, poucas são as informações disponíveis até o momento sobre a gênese de horizontes cálcicos e petrocálcicos nos solos, em que pese o seu uso como critério diagnóstico no SiBCS e em diversos outros sistemas naturais de classificação. Nesse sentido, a análise quantitativa e qualitativa dos silicofitólitos presentes nos solos do carste carbonático da Serra da Bodoquena (MS), visa prover informações a respeito do tipo e densidade da cobertura vegetal que ali existiu em outras épocas, de forma a ajudar a compreender as condições paleoambientais que levaram à formação da cobertura pedológica local.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foi avaliada a assembleia fitolítica de material de um perfil de Cambissolo Háplico localizado no topo de encosta suave-ondulada a 343m de altitude em área de transição entre a savana e a floresta estacional decidual submontana na Serra da Bodoquena, no município de Bodoquena (MS). De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Aw - tropical úmido, com temperatura média anual de 23°C e precipitação anual variando entre 1.000 e 1.700 mm, distribuída em duas estações bem definidas: uma seca e outra chuvosa (Sallun Filho & Karmann, 2007).

As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Formações Superficiais, campus de Marechal Rondon e no Laboratório de Microscopia

Ótica, Campus de Francisco Beltrão, ambos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, a partir de amostras de TFSA do solo coletadas nas seguintes profundidades (em cm): 0-14, 14-24, 24-36, 36-47, 47-74, 74-103 e 103-124. A contagem e a identificação dos silicofitólitos foram precedidas de tratamentos para a remoção dos recobrimentos de compostos orgânicos, carbonatos e óxidos de ferro e/ou alumínio.

A separação dos fitólitos para identificação dos morfotipos, baseada na classificação de Twiss et al. (1969) e complementada por Mulholland (1989), Kondo et al. (1994), Fredlund & Tieszen (1994) e Bremond et al. (2005), foi realizada através da adição de politungstato de sódio (Madella et al., 1998). Cerca de 0,003g da fração recuperada de cada amostra foram colocados em uma lâmina para observação em microscópio Zeiss Axioscópico com magnificação de 630x com uso de óleo de imersão para observações em 3D. Em cada lâmina foram identificados 200 fitólitos, com significado taxonômico e ecológico, nomeados segundo o International Code for Phytolith Nomenclature - ICPN (Madella et al., 2005).

Para a interpretação das condições dos solos, foram calculados os seguintes índices fitolíticos: Índice de Densidade Arbórea (D/P); Índice de Adaptação à Aridez (Iph) e Índice Climático (Ic).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da distribuição percentual dos morfotipos de fitólitos com significado taxonômico e ecológico encontrados nos diferentes horizontes foram definidas cinco zonas fitolíticas da base para o topo do perfil (Figura 1):

**Zona I** (124 - 103 cm): correspondente ao horizonte BC, a assembleia fitolítica é composta por *elongates* (28%) e *bulliformes* (26%), seguidos de *bilobates* (15%) todos da subfamília Panicoideae. A menor representatividade de fitólitos de eudicotiledôneas (2%), associada ao baixo valor do índice de cobertura arbórea – D/P (0,04) assinala a presença de uma cobertura vegetal mais aberta, adaptada a condições de um período mais seco e frio que os das demais zonas, como indicado pelo índice de adaptação à aridez – Iph (20%), superior a todos os outros horizontes e o índice climático – Ic (9%).

**Zona II** (103 - 74 cm): caracteriza-se pela total ausência de fitólitos identificáveis na base dessa zona, portando-se como nível estéril, cujas causas podem ser de ordem edáfica (pH, dissolução, erosão), de modo a ter destruído e/ou removido todo o registro fitolítico nesse nível. Os poucos fitólitos observados na parte superior da zona não puderam

ser identificados em razão do seu elevado grau de alteração por corrosão.

**Zona III** (74 - 36cm): correspondente aos horizontes Bi1 e BA, apresenta aumento no percentual de morfotipos de eudicotiledôneas em relação aos horizontes sobre e subjacentes, o que permite inferir a existência de uma vegetação mais fechada e arborizada, indicando um período de maior umidade. Essa tendência foi corroborada pelos índices D/P (0,23 – 0,26%), e Iph (11 – 16%), com a possibilidade de ocorrência de curtos períodos de estresse hídrico para as plantas.

**Zona IV** (36 - 24 cm): caracteriza-se por uma redução na produção de fitólitos de Cloridoideae (2%) e Pooideae, com um expressivo aumento na representatividade de *bulliform* (33%), *elongates* (24%) e de eudicotiledôneas (13%), além de maior percentual de morfotipos de Palmacea em relação aos demais horizontes, o que indica juntamente com os índices D/P (0,23%) e Ic (0%), a redução gradual da vegetação.

**Zona V** (24 - 0 cm): abrangendo os horizontes A1 e A2, reflete a atual vegetação de bosque aberto. Este bosque possui estrato arbóreo-arbustivo formado por eudicotiledôneas produtoras dos morfotipos *globular* e *blocky* e estrato herbáceo constituído por gramíneas Panicoideae (C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>) e Pooideae (C<sub>3</sub>). A ocorrência no solo do morfotipo *globular echinate*, de palmeiras, sugere uma fase de recomposição da vegetação para esta zona. A maior frequência de morfotipos de Chloridoideae (C<sub>4</sub>), bem como a menor abundância dos morfotipos de eudicotiledôneas encontrada nos horizontes dessa zona em relação aos subjacentes, indica maior estresse hídrico na atualidade. Esta afirmação é reforçada pelo índice fitolítico de cobertura arbórea (D/P), o qual apresenta redução em superfície indicando a presença de cobertura vegetal mais rala, característica de clima mais seco, bem como por maiores valores do índice de adaptação à aridez (Iph).

Essa tendência de um clima mais seco atualmente na região após uma alternância de eventos de maior abundância hídrica com períodos de maior aridez, corrobora as observações de Gile et al. (1966), segundo o qual a formação dos recobrimentos de filmes de argila por carbonatos de cálcio observados através das análises micromorfológicas do perfil estudado, resultam de mudanças climáticas de um período de maior umidade para um período mais seco.

A mudança na umidade do perfil também pode ser indicada pelo percentual de fitólitos tafonomizados por corrosão, notadamente em subsuperfície, o que se deve, provavelmente, à

presença de nodulações calcárias, as quais devem provocar elevações pontuais no pH responsáveis pela dissolução dos fitólitos mais próximos, muito embora o pH do solo seja inferior ao reportado por outros pesquisadores como crítico (Piperno, 1988). Além disso, também o tempo de permanência dos fitólitos no solo, maior em profundidade, associado às translocações verticais e laterais da água subterrânea, favorece a dissolução de um maior número de opalas nos horizontes mais profundos (Calegari, 2008). Fitólitos amarelados, sugerindo a ocorrência de paleoincêndios, bem como *bilobates* quebrados ao meio, indicando a ocorrência de retrabalhamento do material por erosão, deposição e/ou atividade biológica, também foram encontrados em todos os horizontes.

### CONCLUSÕES

A análise dos silicofitólitos sugere uma alternância de eventos de maior abundância hídrica com períodos de maior aridez no perfil estudado na Serra da Bodoquena, com a ocorrência, na atualidade, de um clima mais seco na região.

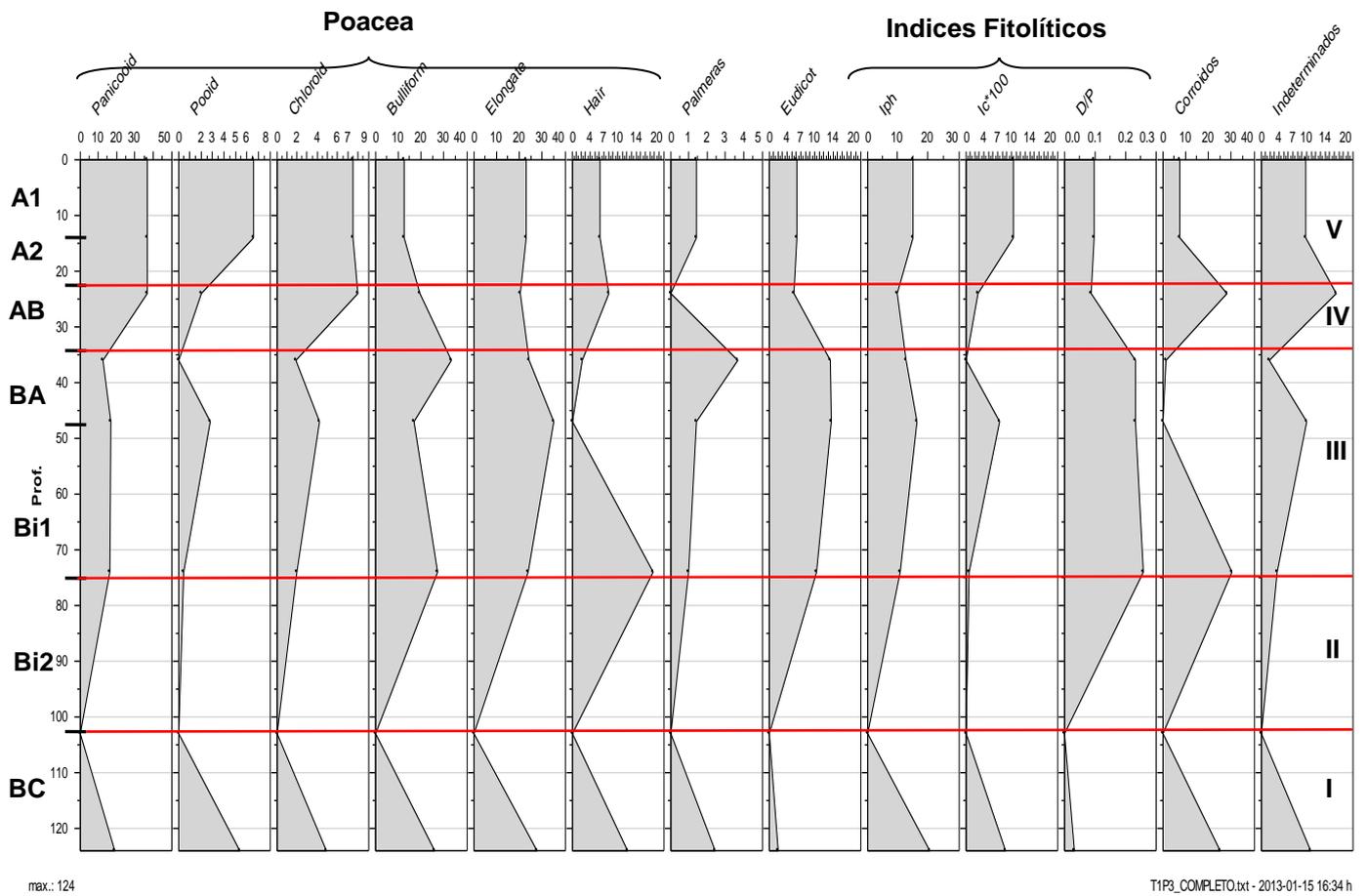
Os silicofitólitos mostraram-se como bons indicadores paleoclimáticos para a região de estudo.

### AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná pelo apoio logístico para a realização das análises e ao CNPq e o CPGA-CS – UFRRJ pelo apoio financeiro.

### REFERÊNCIAS

- BLINNIKOV, M. S. Phytoliths in plants and soils of the interior Pacific Northwest, USA. *Review of Paleobotany and Palynology*, 135: 71-98, 2005.
- BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; HÉLY, V.; GUIOTA, J. (2005). A phytolith index as a proxy of tree cover density in tropical areas: Calibration with Leaf Area Index along a forest-savanna transect in southeastern Cameroon. *Global and Planetary Change* 45: 277-293.
- CALEGARI, M. R. Ocorrência e significado paleoambiental do horizonte A húmico em Latossolos. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 259p. (Tese de Doutorado). 2008.
- DAL'BÓ, P. F. F.; BASILICI, G. Estimativas de paleoprecipitação e gênese de feições calcárias e argílicas em paleossolos da Formação Marília (Neocretáceo da Bacia Bauru). São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 29, n. 1: 33-47, 2010.
- FREDLUND, G. G.; TIESZEN, L.T. (1994). Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. *Journal of Biogeography*, 21, 3 (May, 1994 ): 321-335.
- GILE, L. H.; PETERSON, F. F.; GROSSMAN, R. B. Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. *Soil Science*, 101: 347-354, 1966.
- LOUCAIDES, S. Dissolution of biogenic silica: Roles of pH, salinity, pressure, electrical charging and reverse weathering. PhD thesis. Faculty of Geoscience, Utrecht University. 137p. 2009.
- KHORMALI, F.; ABTAHI, A.; MAHMOODI, S.; STOOPS, G. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. *Catena*, 53: 273-301, 2003.
- KONDO, R.; CHILDS, C.; ATKINSON, I. Opal phytoliths of New Zealand. Manaaki Whenua Press. 85 pp. 1994.
- MACK, G. H.; COLE, D. R.; CALVIN JAMES, W.; GIORDANO, T. H.; SALYARDS, S. L. Stable oxygen and carbon isotopes of pedogenic carbonate as indicators of plio-pleistocene paleoclimate in the southern Rio Grande rift, South-Central New Mexico. *American Journal of Science*, vol. 294: 621-640, 1994.
- MADELLA, M., POWERS-JONES, A. H.; JONES, M. K. A simple method of extraction of opal phytoliths from sediments using a non-toxic heavy liquid, *J. Archaeol. Sci.*, 25: 801-803, 1998.
- MADELLA, M.; ALEXANDRE, A.; BALL, T. International code for phytolith nomenclature 1.0. *Annals of Botany*, Oxford, v. 96, n. 2: 253-260, 2005.
- MULHOLLAND, S. C. Phytolith shape frequencies in North Dakota grasses: A comparison to general patterns. *Journal of Archaeological Science*, v.16: 489-511, 1989.
- REHEIS, M. C. Climatic implications of alternating clay and carbonate formation in semiarid soils of south-central Montana. *Quaternary Research*, 27: 270-282, 1987.
- PIPERNO, D. R. Phytolith analysis: An archaeological and geological perspective. Academic Press, San Diego. 1998.
- SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I. Geomorphological map of the Serra da Bodoquena karst, west-central Brazil. *Journal of Maps*: 282-295. 2007.
- TWISS, P. C.; SUESS, E.; SMITH, R. M. Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Sci. Society of America Proceedings*, Madison, 33: 109-115, 1969.



**Figura 1** – Distribuição da assembleia de fitólitos no perfil. Índices Fitolíticos: Iph = Índice de Adaptação à Aridez; Ic\*100: Índice Climático; D/P: Índice de Densidade Arbórea.