

Análise Fitolítica Aplicada na Reconstituição Paleoambiental na ESEC Caetetus – Gália (SP)

Análisis Fitolítico Aplicado a la Rehabilitación Paleoambiental en ESEC Caetetus - Gália (SP)

Phytolytic Analysis Applied to the Paleoenvironmental Rehabilitation in ESEC Caetetus - Gália (SP)

Erica de Souza

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon. E-mail: geo_eri@hotmail.com.

Marcia Regina Calegari

Docente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Campus Marechal Cândido Rondon. E-mail: marciareg_calegari@hotmail.com.

Pablo Vidal Torrado

Docente da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP.

Marco Madella

Docente do Departamento de Humanidades/ Universitat Pompeu Fabra (Barcelona, Espanha).

Rodrigo S. Macedo

Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido. E-mail: macedo-rs@hotmail.com.

Recebido: setembro 2019 Aceito: dezembro 2019
Disponível on-line em <http://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica>

Resumo – Nesta pesquisa a análise fitolítica foi aplicada em área de preservação ambiental da Floresta Estacional Semidecidual– FES, localizada no interior da Estação Ecológica de Caetetus, no município de Gália, Estado de São Paulo. O estudo foi realizado empregando uma abordagem *multiproxy* visando e um conjunto de dados inter-relacionados e complementares teve como objetivo organizar a coleção de referência de fitólitos modernos (CRFM) da FES e entender a trajetória evolutiva e cronológica da vegetação da área da ESEC Caetetus, no Planalto Ocidental Paulistas, durante o Holoceno, visando contribuir para o entendimento da história climática e da vegetação da região, subsídio para preservação desse fragmento de floresta. A reconstituição da vegetação ESEC permitiu identificar que durante o Holoceno inferior na área prevaleceu uma vegetação mais aberta que atual, que durante o Holoceno médio sofreu uma abertura ainda maior, associada a um período mais seco e quente que o anterior, que teria permitido a formação de uma vegetação semelhante a um Cerrado/Cerradão, com importante contribuição de plantas lenhosas. A atual Floresta Estacional Semicidual teria iniciada a sua formação em torno de 1.400 anos AP.

Palavras-chave: Reconstituição paleoambiental, fitólito, Floresta Estacional Semidecidual.

Resumen - En esta investigación, el análisis fitolítico se aplicó en un área de preservación ambiental del Bosque Estacional Semidecidual - FES, ubicado dentro de la Estación Ecológica Caetetus, en la ciudad de Gália, Estado de São Paulo. El estudio se llevó a cabo utilizando un enfoque *multiproxy* y un conjunto de datos interrelacionados y complementarios destinados a organizar la Colección de referencia de fitólitos modernos (CRFM) de FES y comprender la trayectoria evolutiva y cronológica de la vegetación del área de Caetetus de ESEC, Los Paulistas de Planalto Oeste, durante el Holoceno, para contribuir a la comprensión de la historia climática y la vegetación de la región, subsidiando la preservación de este fragmento de bosque. La reconstitución de la vegetación de ESEC mostró que durante el Holoceno inferior en el área prevaleció una vegetación más abierta que la actual, que durante el Holoceno Medio sufrió una apertura aún mayor, asociada con un período más seco y más cálido que

el anterior, lo que habría permitido la formación de una vegetación similar a un *Cerrado/Cerradão*, con importante aporte de plantas leñosas. El Bosque Estacional Semicidual actual habría comenzado su formación alrededor de 1.400 años AP.

Palabras clave: Reconstitución paleoambiental, fitolita, Bosque Semideciduo Estacional.

Abstract - In this research the phytolytic analysis was applied in the area of environmental preservation of the Semideciduous Seasonal Forest - FES, located in the interior of the Ecological Station of Caetetus, in the city of Gália, State of São Paulo. The study was carried out using a multiproxy approach and a set of interrelated and complementary data aimed to organize the reference collection of modern phytolytes (CRFM) of FES and understand the evolutionary and chronological trajectory of vegetation in the area of ESEC Caetetus, in the Western Planalto Paulistas, during the Holocene, aiming to contribute to the understanding of the climate history and vegetation of the region, subsidy for the preservation of this forest fragment. The reconstitution of the ESEC vegetation made it possible to identify that during the lower Holocene in the area a more open than current vegetation prevailed, which during the middle Holocene suffered an even greater opening, associated with a drier and warmer period than the previous one, which would have allowed the formation of vegetation similar to a *Cerrado/Cerradão*, with an important contribution of woody plants. The current Semi-Cidual Seasonal Forest would have started its formation around 1,400 years AP.

Keywords: paleoenvironmental reconstruction, phytolith, semideciduous seasonal forest.

Introdução

Fitólitos, termo que deriva do grego “*phyto*=planta” e “*lithos*=pedra”; significa “pedra produzida por plantas”. São biomineralizações formadas a partir da deposição da sílica amorfa hidratada não cristalina dentro e entre as células de diferentes tecidos vegetais, durante do ciclo vegetativo de muitas espécies de plantas (ROVNER, 1971; PIPERNO, 2006).

A durabilidade e a pouca dispersão dos fitólitos no ambiente os torna importantes e eficientes registros da vegetação e de clima pretéritos (MADELLA et al., 2007). Desta forma, o fitólito, juntamente com outros *proxies* biológicos (por exemplo os isótopos, pólen e etc), possibilitam reconstituir possíveis trocas vegetacionais e inferir sobre as mudanças ou oscilações climáticas ao longo do Quaternário, bem como sobre a formação da atual estrutura e funcionamento dos ecossistemas.

O emprego do fitólito na reconstituição de paleoambientes se mostra mais eficaz devido as suas vantagens em relação a outros *proxies*, tais como: (i) boa preservação em solo e sedimentos, em diferentes condições edáficas; (ii) capacidade de distinção de ambiente e tipo de vegetação onde os solos/sedimentos se formaram; (iii) complementação e, por vezes, substituição ao emprego da análise polínica para a reconstrução da estrutura da vegetação, porque são facilmente preservados em condições não hidromórficas, não sofrem tantos danos mecânicos e não requerem condições específicas de preservação (umidade, temperatura, incêndio) nos diferentes tipos de sedimentos e solos (minerais e hidromórficos); (iv) possibilitam a diferenciação entre gramíneas de padrão fotossintético C₃ e C₄, complementando a interpretação dos valores isotópicos obtidos da matéria orgânica do solo e da análise polínica (quando realizada) (CALEGARI, et al., 2013a).

Atualmente, não existem registros sistematizados da produção fitolítica das fitofisionomias da FES. Desta forma é de suma importância que seja elaborada a coleção de referência das plantas atuais representativas dessa fitofisionomia e que o *fingerprinting* – a assinatura fitolítica – preservado nos solos seja registrado antes que muitas espécies desapareçam.

Os antigos ambientes e ecossistemas terrestres não podem ser observados diretamente, mas atualmente uma grande variedade de abordagens e técnicas tem permitido a obtenção de evidências indiretas de muitos aspectos do funcionamento dos (paleo) ambientes (CROFT et al., 2018).

Com isto, buscou-se entender a trajetória evolutiva e cronológica da Floresta Estacional Semidecidua da ESEC Caetetus durante o Holoceno, visando a melhor preservação desse fragmento de floresta.

Material e Método

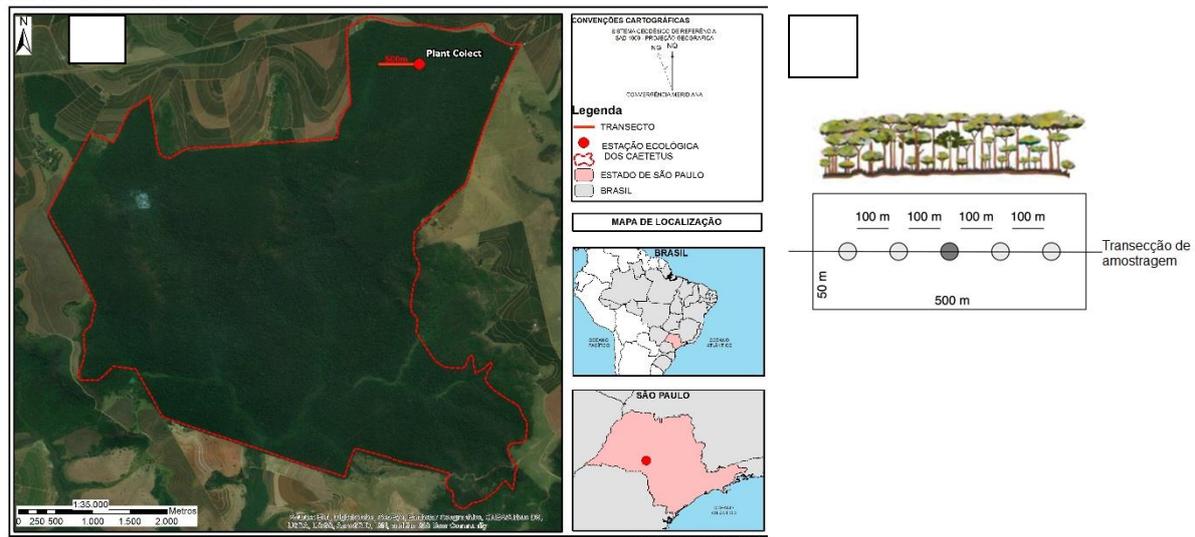
Localização da Área de Estudos

Para este trabalho foi selecionada a área da Estação Ecológica Caetetus – ESEC Caetetus, localizada no município de Gália (SP) (Figura 1 A). A ESEC possui 2.178,84 ha e preserva uma das maiores áreas contínuas representativas da Floresta Estacional Semidecidual (FES) que revestia o Planalto Ocidental Paulista, restrita hoje a menos de 6% da cobertura original. A inexistência de florestas naturais significativas, em um raio de aproximadamente 200 km, faz desta Estação a base para o conhecimento da estrutura e funcionamento do ecossistema regional original (TABANEZ et al., 2005).

Análises Físicas e Químicas de Rotina do solo

As análises foram realizadas como conhecimento do ambiente edáfico onde os fitólitos estão preservados e para fins de caracterização e classificação do solo. Foram realizadas análises físicas (granulometria e densidade do solo) e químicas (pH, macro e micronutrientes, matéria orgânicas do solo, soma de bases, saturação por bases e etc) conforme Embrapa (1997), nos laboratórios da ESALQ/USP, em Piracicaba (SP).

Figura 1:A) Localização da área do estudo - ESEC Caetetus; B) Esquema de coleta de plantas e solos.



Fonte: Autores, 2017.

Análise Fitolítica

A extração dos fitólitos preservados no solo e na serapilheira foi realizada no laboratório de Mineralogia do Solo da ESALQ/USP, seguindo as etapas descritas como Método 2 conforme Calegari et al., 2013b.

A fração recolhida, incluindo fitólitos, diatomáceas e outros corpos silicosos, denominada de fração insolúvel ao ácido (FIA) recuperada ao final da extração foi montada em lâminas para microscópio, usando óleo de imersão para observações em 3D, identificação e classificação dos morfotipos e em *Entelan*® para elaboração da coleção de referência permanente e contagem dos fitólitos. As observações foram realizadas em um microscópio petrográficos com magnificação de 400x no Laboratório de Estudos da Dinâmica Ambiental - LEDA, da Unioeste, Campus Marechal Cândido Rondon.

Cálculo dos Índices Fitolíticos

Para interpretação paleoambiental na área e para definir a assinatura fitolítica da FES foram calculados alguns índices fitolíticos correntes na literatura. Os resultados desses

índices são utilizados para discriminar a vegetação e as condições climáticas ao longo do Holoceno na área da ESEC. Os índices selecionados são: índice densidade da cobertura arbórea (D/P) (adaptado de ALEXANDRE et al., 1997; BREMOND et al., 2005), índice de aridez, (Iph) (DIESTER-HASS et al., 1973; TWISS, 1992; BREMOND et al., 2008) e o índice Climático (Ic) (TWISS, 1992; BREMOND et al., 2008).

Datações 14C

As amostras selecionadas foram enviadas ao Laboratório *Radiocarbon-Beta Analytic Inc.* (Miami, EUA) para determinação por MAS (Espectrometria de Massa Acoplada a Acelerador de Partículas). A idade ^{14}C é expressa em anos AP (antes do presente), normalizada a -25,0‰ (PDB), sendo o presente o ano de 1950 e calibradas pelo Beta Cal 3.21, método SHCAL 13 (RAMSEY, 2009; HOGG et al., 2013).

Análise Estatística

Os resultados da coleção de referência de plantas e da assembleia preservada no solo foram organizados em matrizes e submetidas a estatística descritiva e análise multivariada (Cluster e PCA) para identificação de agrupamentos e seu significado ambiental utilizando o software Minitab. Os diagramas de distribuição da assembleia fitolítica foram elaborados utilizando o software Tilia e Tilia Graf.

RESULTADOS

Atributos do Solo

O perfil de solo coletado no centro (P3) da transecção, utilizado aqui como referência para entendimento das condições de preservação dos fitólitos, apresenta sequência de horizontes A, AB, BA, BW1, Bw2 e Bw3. Poucas variações morfológicas foram observadas entre os horizontes superficiais e subsuperficiais em relação à cor, que manteve matiz 2,5 YR com variações de valor e croma 2,5/2 (horizonte A) à 3/6 (horizonte Bw2).

O solo estudado apresenta textura média-arenosa (argila variando entre 178 g.kg⁻¹ à 250 g.kg⁻¹). O baixo teor de silte (58 g.kg⁻¹ à 99 g.kg⁻¹) indica a ausência de partículas agregativas para os colóides de argila e a predominância de areia grossa no solo, assim como a presença dos fitólitos na fração insolúvel ao ácido (FIA), que preserva a assembleia fitolítica. A média do teor de FIA nas amostras deste perfil foi de 78%. Como resultado o solo apresenta baixa propensão a microagregação, sobretudo pela baixa quantidade de frações média, como o silte, e pelos baixos teores de óxido de ferro (RENGASAMY, GREENE, and FORD 1984; FREITAS et al. 2014). A relação silte/argila inferior a 0,33, assinala o grau de evolução pedogenética desse solo.

Do ponto de vista químico, o solo apresenta-se desaturado com caráter distrófico e saturação por bases baixa (>32,5%). O teor de carbono orgânico diminui do topo para a base do perfil de 32,05 g.kg⁻¹ à 5,90 g.kg⁻¹ e apresenta valores relativamente baixos de fósforo, potássio, sódio cálcio e magnésio. Os valores mais elevados desses nutrientes são observados no horizonte A; condição normal para solos sob vegetação natural.

Os teores de delta pH, com valores negativos, indicam predominância de carga negativa no solo, corroborando o alto grau de integrismo deste solo. Os valores de pH em água variam de 3,86 (no AB) à 5 (no Bw2) assinalando a acidez deste solo, classificado como ácido. Todos os atributos apresentados permitiram classificar o solo estudado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura arenosa média, fase Floresta Estacional Semidecidual, relevo suave ondulado, cujas características e propriedades configuram um ambiente para a preservação da assembleia fitolítica.

Os resultados permitem definir que atributos físicos e químicos que mais podem interferir na preservação dos morfotipos, conforme discussão nos parágrafos anteriores não caracteriza um ambiente agressivo para os corpos silicosos, a excessão da granulometria que pode causar danos mecânicos e também, favorecer a percolação ao longo do perfil, devido a sua macroporosidade (RUNGE, 1999).

Assinatura Fitolítica (Fingerprinting)

As amostras superficiais coletadas ao longo do transecto apresentaram abundância de fitólitos e importante diversidade de morfotipos, A quantidade de morfotipos variou de 16 a 28 tipos, sendo a serapilheira a amostra onde, na média, foi identificada a menor diversidade de morfotipos.

Os fitólitos encontrados da família das Poaceae representam 3,07% ($\pm 3,4\%$), na serapilheira, 10,78% ($\pm 11,85$), na camada de 0-5 cm e 8,66% ($\pm 9,41$) para camada de 5-10 cm. A família da Eudicotiledonea corresponde a 0,5% ($\pm 0,36\%$) da serapilheira, 1,1% ($\pm 1,56\%$) da camada de 0-5 cm e na camada de 5-10 cm 0,57% ($\pm 0,89\%$). As Arecaceae respondem por 67,3% ($\pm 15,9\%$), para serapilheira, 24,39% ($\pm 15,75\%$), para camada de 0-5 cm e para camada de 5-10 cm, 17,55% ($\pm 14,61\%$).

Para a área de Caetetus (FES), a média dos valores calculados do índice D/P da serapilheira foi de 2,84% ($\pm 2,21\%$), da camada de 0-5 cm 0,97% ($\pm 0,78\%$) e de 5-10cm 0,65% ($\pm 0,53\%$). O índice lph da serapilheira foi de 0% ($\pm 0\%$), da camada de 0-5 cm 0,24% ($\pm 0,15\%$) e de 5-10cm 0,19% ($\pm 0,20\%$). O índice IC da serapilheira foi de 0,22% ($\pm 0,26\%$), da camada de 0-5 cm 0,19% ($\pm 0,14\%$) e de 5-10cm 0,35% ($\pm 0,36$).

Desta forma, para a área de Caetetus (FES) os valores referência para Poaceae totais são 23,34% da assembleia, Eudicotiledoneae 37,43% e Arecaceae 19,23%. Os índices são considerados consistente com os seguintes valores para referência: D/P 0,97%, lph 0,10% e IC 0,23% (MOZER, 2019).

Assembleia Fitolítica do Perfil de Solo

Foram analisadas as assembleias de fitólitos de 22 amostras coletadas ao longo do perfil situado no ponto central do transecto (P3), incluindo a serapilheira. Em relação a quantidade de fitólito ao longo do perfil, observa-se uma tendência de redução, com picos de aumento entre 50-60 cm (horizonte BA) e entre 120-130 cm de profundidade (horizonte Bw1). Esses picos coincidem com as linhas de carvão encontradas nas mesmas profundidades, de 120-130 cm e de 50 cm, que podem ter favorecido uma maior concentração de fitólitos de espécies arbóreas. Rodrigues (2018) associou as linhas de carvão e as zonas de maior concentração de fitólitos, quando coincidentes, a ação da atividade biológica que contribui para a formação dessas linhas, e a um período mais seco que favorece aos incêndios naturais.

A atual floresta na área de estudo, como apresentado anteriormente, apresenta um sinal fitolítico composto de 23,34% de Poaceae (total) e 3,52% de Poaceae com significado taxonômico, 37,43% de Eudicotiledoneae e 19,23% de Arecaceae. Os índices são considerados consistentes e apresentam valores de referência: D/P 0,97%, lph 0,10%, IC 0,23% (MOZER, 2019).

A análise de agrupamento (cluster) aplicada ao conjunto de dados da assembleia fitolítica identificada neste perfil individualizou, da base para o topo, quatro zonas fitolíticas (Figura 2) que assinalam momentos ambientais desde o início do Holoceno (10.645 anos Cal AP), a saber:

Zona Fitolítica I (10.645 anos Cal AP até ~6.000* anos Cal AP): Agrupa as amostras da base do perfil (200 a 110 cm) que correspondem aos subhorizontes Bw. A assembleia fitolítica dessas amostras é composta por 2,6% ($\pm 1,3$) de morfotipos de gramíneas com significado taxonômico (*Pooid*, *Panicoid*, *Chloroid* e *Bambusoid*), a soma de todos os morfotipos de Poaceae representam 25% ($\pm 7,54$) da assembleia. Os morfotipos de Eudicotiledoneas (de hábito arbóreo e arbustivo) representam 68,7% ($\pm 6,2$) da assembleia O restante da assembleia é composto por Arecaceae 4% ($\pm 2,4$). Os índices calculados apresentaram valores (médias) de 2,74 ($\pm 0,9$) para o índice D/P, 0,2 ($\pm 0,3$) para o lph, 0,2 ($\pm 0,2$) para o lc e 0,2 ($\pm 0,3$) para FS.

Os morfotipos não identificados devido a danos tafonômicos (quebra ou corrosão) representam 12,3% ($\pm 5,56$) e a soma de todos os morfotipos (identificados e não identificados) que apresentaram sinais tafonômicos totalizaram uma média de 67,3% ($\pm 26,2$).

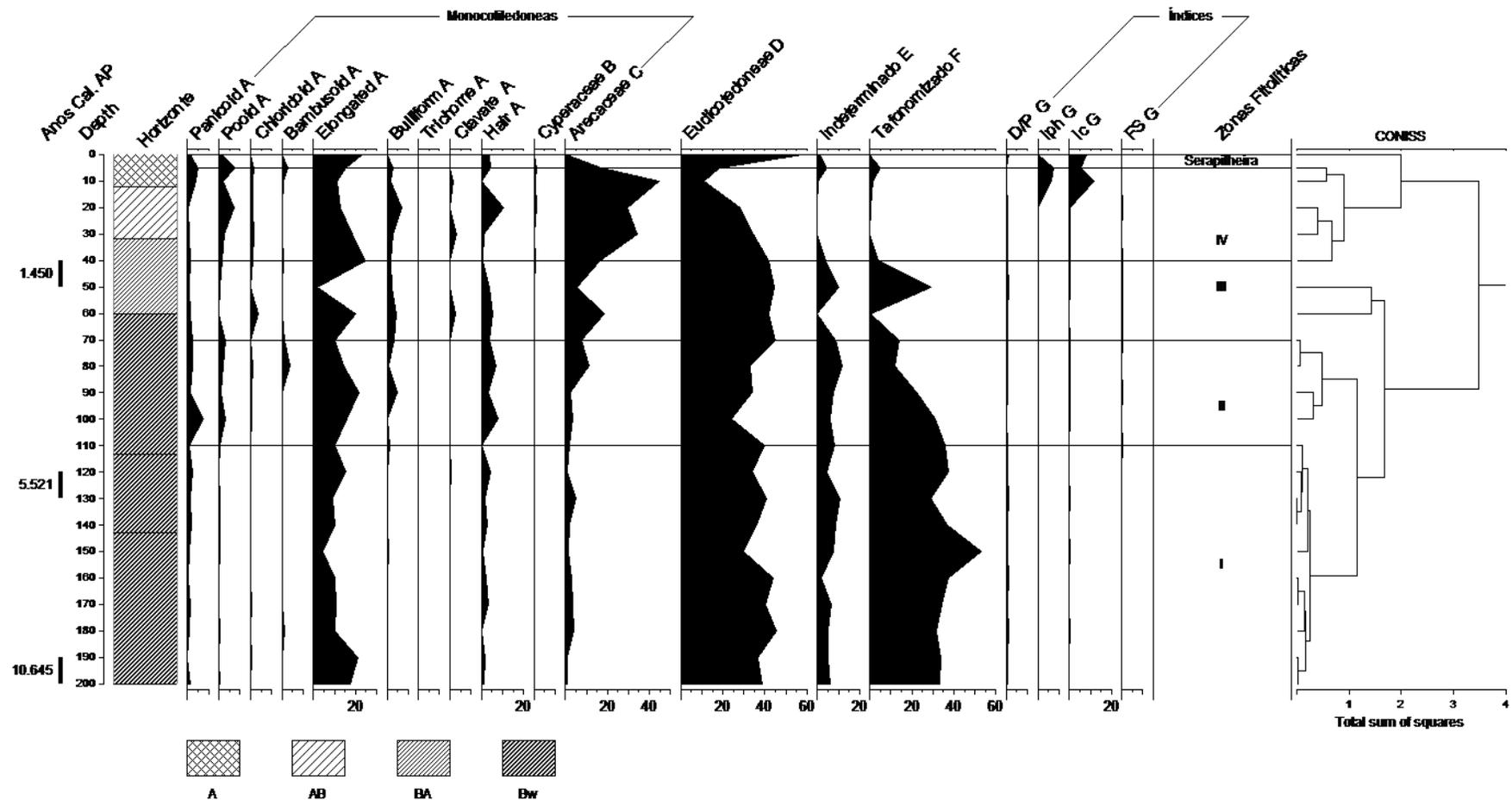


Figura2: Distribuição da frequência relativa dos morfotipos da assembleia fitolítica preservada no solo, índices e zonas fitolíticas - Latossolo Vermelho Distrófico típico - ESEC Caetetus (Gália, SP). (Letras indicam os agrupamentos de famílias de plantas e de informações complementares).

Representa a zona com a maior proporção de tafonomizados do perfil e estão de acordo de estudos de (ALEXANDRE et al. 1997) que indicam maior taxa de tafonomizados na base dos perfis, que compõe o reservatório estável de fitólitos, representariam todo o conteúdo de fitólitos da base do perfil do solo.

Este reservatório pode ser considerado uma fonte de saída no ciclo do biológico do Si. A dissolução seria a responsável pelos sinais de corrosão e a translocação pelos danos físicos observados nos fitólitos tafonomizados (ALEXANDRE et al., 1997).

Zona Fitolítica II (~6.000* anos AP até ~2600* cal AP): Agrupa as amostras da (110 a 70 cm) que correspondem ao horizonte Bw1. A assembleia fitolítica dessa zona é composta por 8,8% ($\pm 6,3$) de morfotipos de gramíneas com significado taxonômico (*Pooid*, *Panicoid*, *Chloridoid* e *Bambusoid*). Os morfotipos produzidos por Eudicotiledôneas (de hábito arbóreo e arbustivo) representam 47,6% ($\pm 8,7$) da assembleia, o restante 8,5% ($\pm 5,1$) é representado por Arecaceae, por morfotipos sem significado taxonômico.

Para esta zona os valores (médias) foram 1,7 ($\pm 0,5$) para o índice D/P, 0,2 ($\pm 0,2$) para o lph, 0,4 ($\pm 0,2$) para o lc e 0,5 ($\pm 0,5$) para FS. Os morfotipos não identificados devido a danos tafonômicos (quebra ou corrosão) representam 12% ($\pm 2,7$) e a soma de todos os morfotipos (identificados e não identificados) que apresentaram sinais tafonômicos totalizaram uma média de 29,2% ($\pm 15,9$).

Zona Fitolítica III (~2600* cal AP- 1.450 Cal AP): Agrupa as amostras da base do perfil (70 a 60 cm) que correspondem a parte do horizonte ao topo do Bw1, BA. A assembleia fitolítica dessas amostras é composta por 4,1 ($\pm 1,5$) de morfotipos de gramíneas com significado taxonômico (*Pooid*, *Panicoid*, *Chloridoid* e *Bambusoid*). Os morfotipos produzidos por Eudicotiledôneas (de hábito arbóreo e arbustivo) representam 54,7% ($\pm 17,9$) da assembleia, o restante 145,4% (± 5) é representado por Arecaceae, por morfotipos sem significado taxonômico e cyperaceae 0,9 ($\pm 0,5$).

Para esta zona os valores (médias) foram 2,5 ($\pm 2,4$) para o índice D/P, 0,4 ($\pm 0,4$) para o lph, 0,3 ($\pm 0,2$) para o lc e 0,6 ($\pm 0,2$) para FS. Os morfotipos não identificados devido a danos tafonômicos (quebra ou corrosão) representam 7% ($\pm 2,8$) e a soma de todos os morfotipos (identificados e não identificados) que apresentaram sinais tafonômicos totalizaram uma média de 17,8% (± 27). Essa diminuição indica maior participação de fitólitos mais recentes sendo incorporados ao solo e também ao menor tempo de residência dos mesmos no solo.

Zona Fitolítica IV (1.450 Cal AP até o presente): Agrupa as amostras (40 a 5 cm) que correspondem a parte do horizonte ao topo do AB e A (Tabela 1). A assembleia fitolítica dessas amostras é composta por 8,9% (± 3) de morfotipos de gramíneas com significado taxonômico (*Pooid*, *Panicoid*, *Chloridoid* e *Bambusoid*). Os morfotipos produzidos por Eudicotiledôneas (de hábito arbóreo e arbustivo) representam 25,4% ($\pm 8,9$) da assembleia, o restante 1,4% ($\pm 14,6$) é representado por Arecaceae, por morfotipos sem significado taxonômico 29,7% ($\pm 2,9$) e cyperaceae 0,9 ($\pm 0,8$). Para esta zona os valores (médias) foram 0,8 ($\pm 0,2$) para o índice D/P, 17,1 ($\pm 1,2$) para o lph, 9,7 ($\pm 10,7$) para o lc e 0,3 ($\pm 0,4$) para FS

Os morfotipos não identificados devido a danos tafonômicos (quebra ou corrosão) representam 1,5% ($\pm 2,8$) e a soma de todos os morfotipos (identificados e não identificados) que apresentaram sinais tafonômicos totalizaram uma média de 2,3% ($\pm 3,2$).

Alexandre et al (1997) destaca que embora o input de fitólitos justifique a maior concentração de fitólitos (fit/g.FIA) na parte mais superficial do solo, uma parte do conjunto de fitólitos pode sofrer dissolução e ser reciclado pela vegetação.

Reconstituição Paleoambiental

Os valores do *fingerprinting* os respectivos valores dos índices calculados para esta área assinalam as características que podem ser observadas *in loco*, isto é, uma vegetação florestada sob um clima com estacionalidade bem definida, sendo inverno seco e verão chuvoso. Com temperaturas inferiores a 18°C no inverno e superiores a 22°C no verão.

Outros estudos paleovegetacionais e paleoclimáticos próximos a área desta pesquisa nos estados de São Paulo (PESSENDA et al., 1998; 2005; SAIA, 2006; CALEGARI, 2008; KAMMER, 2018; RODRIGUES, 2019), Minas Geais (LEDRU, 1993;1998; PARIZZI et al., 1998; ARAUJO et al.,2005), Mato Grosso do Sul (FERRAZ-VICENTINI, 1996; PAROLIN et al., 2006) e Paraná (PESSENDA et al., 1996; GUERREIRO et al., 2013; GOLOVATI, 2015) utilizaram dados isotópicos, antracológicos, polínicos, fitolíticos e espículas de esponjas para indicar as variações ocorridas no ambiente na transição do Pleistoceno para o Holoceno, Holoceno Inferior, Holoceno Médio e Superior.

Sendo assim, com assim como descrito para a zona I, transição Pleistoceno/Holoceno tais estudos também apresentaram indícios de ambiente mais aberto, clima quente e seco (RODRIGUES, 2019; PESSENDA et al.,1996; 1998; SAIA, 2006; LEDRU, 1993;1998; ARAUJO et al., 2005; PAROLIN et al., 2006; FERRAZ-VICENTINI, 1996). Na zona II, período do Holoceno Médio (~10.645* até 5.521* cal BP), iniciou-se uma tendência de arborização, porém ainda assim mais aberta que atual e com uma fase de condição climática mais quente e úmida que a fase anterior (CALEGARI, 2008; LEDRU, 1993;1998; ARAUJO et al., 2005; GOLOVATI, 2015; GUERREIRO et al., 2013). Com exceção da área de Assis (KAMMER, 2018), vegetação de cerrado, onde a condição climática apresentou mais seca para esse período.

Na zona III, época do Holoceno Superior (~ 5.521* até 3.475* cal BP), o indicativo foi de uma fase de transição com tendência a umidificação e mais frio que a fase anterior, condições de estabelecimento da Floresta Estacional Semidecidual (RODRIGUES, 2019; PESSENDA et al.,1996; GUERREIRO et al., 2013; LEDRU, 1993;1998; PARIZZI et al., 1998; GOLOVATI, 2015). Na zona IV caracterizou-se como uma fase ambiental com tendência a arborização (fria e úmida) na época do Holoceno Superior (~3.485* cal BP- 1.450 Cal BP presente) (LEDRU, 1993;1998; ARAUJO et al., 2005; GUERREIRO et al., 2013; GOLOVATI, 2015). E a zona V representa o momento atual (1.450 Cal BP até o presente) caracterizando-se como uma fase arborizada com clima mais frio desde a fase anterior, úmido e com chuvas concentradas (LEDRU, 1993;1998; ARAUJO et al., 2005; GUERREIRO et al., 2013; GOLOVATI, 2015; KAMMER, 2018).

Alguns desses autores, também citam a presença das linhas de carvão em suas áreas de estudo e estas correspondem as profundidades encontradas nesta pesquisa, o que deixa claro a presença de carvões no período Holocênico para várias regiões do Brasil.

CONCLUSÃO

Neste trabalho buscou-se compreender a dinâmica da vegetação natural na área da ESEC Caetetus desde o final do início do Holoceno inferior através dos *proxies* preservados no solo, especificamente os fitólitos. A caracterização físico-química do solo permitiu compreender as condições de preservação dos *proxies* biológicos analisados neste estudo, corroborando os estudos que indicam que os Latossolos constituem um ambiente edáfico favorável a manutenção de marcadores biológicos, sobretudo dos fitólitos, sem grandes prejuízos a assembleia. Ainda que sejam solos pedogeneticamente bem evoluídos, a matéria orgânica e os fitólitos incorporados ao longo do tempo puderam ser preservados e revelar a trajetória ambiental na área do estudo.

Este solo se mostrou um bom reservatório de fitólitos, conservando a diversidade dos morfotipos produzidos pelas plantas conforme constatado na coleção de referência, embora, parte da produção observada se perca ao longo do processo de incorporação do solo, haja vista, que dos 46 morfotipos identificados na coleção de referência, apenas 19 foram encontrados nas assembleias do solo.

Os índices utilizados foram os mesmos sugeridos por vários autores, apenas o índice D/P (ALEXANDER et al.,1997; BREMOND et al., 2005), sofreu uma adaptação considerando assim, para densidade arbórea os morfotipos *globular psilate e rugose*.

Assim, a reconstituição permitiu identificar que durante o Holoceno inferior prevaleceu uma vegetação mais aberta que atual, que durante o Holoceno médio sofreu uma abertura ainda maior, associada a um período mais seco e quente que o anterior, que teria permitido a formação de uma vegetação semelhante a um Cerrado/Cerradão, com importante

contribuição de plantas lenhosas. A atual Floresta Estacional Semidecidual teria iniciada a sua formação em torno de 1.400 anos AP.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências Bibliográficas

ALEXANDRE, A, J.-D MEUNIER, A.-M LÉZINE, A VINCENS, AND D SCHWARTZ. 1997. **“Phytoliths: Indicators of Grassland Dynamics during the Late Holocene in Intertropical Africa.”** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 136: 213–29. https://ac.elscdn.com/S0031018297000898/1s2.0S0031018297000898main.pdf?_tid=b18b8f06-f7d3-11e7-a5f50000aabb0f6b&acdnat=1515787605_178cf65636ef0a613b54cd83faa6be50. Acesso em 22 de Out. de 2018.

ARAÚJO, A.G.M.; NEVES, W.A.; PILÓ, L.B.; ATUI, J. P.V. **Holocene dryness and human occupation in Brazil during the “Archaic Gap”.** *Quaternary Research*, San Diego, v. 64, n.3, p.298-307, 2005.

BREMOND, Laurent, Anne Alexandre, Christelle Hély, and Joël Guiot. 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 (4): 277–93. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2004.09.002>.

BREMOND, Laurent. et al. **Phytolith Indices as Proxies of Grass Subfamilies on East African Tropical Mountains.** *Global and Planetary Change*, V.61, p. 209-224, 2008.

CALEGARI, M. R. **Ocorrência e significado paleoambiental do Horizonte A húmico em Latossolos. Piracicaba,** 2008. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz – ESALQ, Universidade de São Paulo – USP.

CALEGARI, M.R., M. MADELLA, P. VIDAL-TORRADO, L.C.R. PESSEDA, AND F.A. MARQUES. 2013a. **“Combining Phytoliths and $\delta^{13}\text{C}$ Matter in Holocene Palaeoenvironmental Studies of Tropical Soils: An Example of an Oxisol in Brazil.”** *Quaternary International* 287. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.11.012>.

CALEGARI, M.R., M. MADELLA, P. VIDAL-TORRADO, L.C.R. PESSEDA, AND F.A. MARQUES. 2013b. **“Combining Phytoliths and $\delta^{13}\text{C}$ Matter in Holocene Palaeoenvironmental Studies of Tropical Soils: An Example of an Oxisol in Brazil.”** *Quaternary International* 287. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.11.012>.

CROFT, DARIN A., DENISE F. SU, AND SCOTT W. SIMPSON. 2018. **“Introduction to Paleoecological Reconstruction.”** In *Methods in Paleoecology: -Reconstructing Cenozoic Terrestrial Environments and Ecological Communities*, edited by Darin A. Croft, Denise F. Su, and Scott W. Simpson, 1st ed., 410. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94265-0>.

DIESTER-HAAS L.; SCHRADER, H.J.; THIEDE, J. 1973. **Sedimentological and paleoclimatological investigations of two pelagic ooze cores off Cape Barbas, North-West Africa.** *Meteor Forschungs-Ergebnisse*, 16: 19-66.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212 p.: il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1)

FERRAZ-VICENTINO, K. R.; SALGADO-LABORIAU, M. L **Palynological analysis of a palm swamp in Central Brazil.***Journal of South America Earth Science*, Oxford, v. 9, n.3/4, p. 207-219, 1996.

FREITAS, Pedro Luiz de, José Carlos POLIDORO, Humberto Gonçalves dos SANTOS, Rachel Bardy PRADO, Sebastião Barreiros CALDERANO, Gilson GREGORIS, Celso Vainer MANZATTO, Ingbert DOWICH, and Alberto Carlos de Campos BERNARDI. 2014. **“Identificação e caracterização físico-**

química de latossolos de textura arenosa e média da região oeste da Bahia.” Cadernos de Geociências, 11 (1-2): 82-92.

GOLOVATI, D. 2015. **Mudanças paleoambientais ocorridas durante o Holoceno nos municípios de Campo Mourão e Cianorte-PR.** Masters Thesis, Universidade Estadual de Maringá, Brazil.

GUERREIRO, R.L., J.C. STEVAUX, M. PAROLIN, AND M.L. ASSINE. 2013. **Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments in ponds and alluvial sediments of upper Parana River, Brazil.** Revista Brasileira de Paleontologia 16(1):39-46.

HOGG, et al. 2013. **“Radiocarbon.”** Radiocarbon 55 (4).

KAMMER, Ana Paula. 2018. **“Reconstituição paleoambiental da vegetação da estação ecológica de assis-sp – A Trajetória Evolutiva Do Cerrado No Holoceno.”** Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Unioeste.

LEDRU, M. P. **Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil.** Quaternary Research, San Diego, v. 39, n. 1, p. 90-98, 1993.

LEDRU, M. P.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; LORSCHREITER, M. L. **Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr B.P.** Review of Palaeobotany and Palynology, Amsterdam, v. 99, p. 131-142, 1998.

MADELLA, Marco. **Phytolith: A Terrestrial Botanical Dataset for Palaeoenvironmental Reconstructions.** GeophysicalResearch Abstracts, v.9, 2007.

MOZER, J. H. 2018. **“Fingerprintingfitolítico de fitofisionomias florestadas da mata atlântica.”** Universidade Estadual do Oeste do Paran-a- Campus Mal. Cdo. Rondon.

PARIZZI, M. G.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; KHOLER, H. C. **Genesis and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. The Holocene,** v. 8, p. 311 - 321, 1998

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

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

PESSENDA, L.C.R., VALENCIA, E.P.E., ARAVENA, R., TELLES, E.C.C., BOULET, R., 1998c. **Paleoclimate studies in Brazil using carbon isotopes in soils.** In: Wasserman, J.C., Silva-Filho, E., Villas Boas, R. (Eds.), Environmental Geochemistry in the Tropics. Springer, Berlin, pp. 7-16.

PESSENDA, L. C. R., S.E.M. GOUVEIA, H. A. FREITAS, A. S. RIBEIRO, R. ARAVENA, J A. BENDASSOLI, M P. LEDRU, and R. SCHEEL YBERT. 2005. **“Isótopos Do Carbono e Suas Aplicações Em Estudos Paleoambientais.”** In O Quaternário No Brasil, edited by C. De OLIVEIRA, P.; SUGUIO, K.; GOUVEIA, 75-93. São Paulo: Holos.

PIPERNO, Dolores R. **Phytolith: A Comprehensive Guide for Ascschaeologist and Paleoecologists.** Alta Mira Press: Lanham MD, 2006.

RAMSEY, C. BRONK. 2009. **“Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates.”** Radiocarbon 51 (1): 337-60.

RENGASAMY, R., GREENE, R. S., & FORD, G. W. (1984). **The role of clay fraction in the particle arrangements and stability of soil aggregates: a review.** Clay Research, 3, 53-67.

RODRIGUES, Beatriz Motta. 2018. **“Bioturbação e Distribuição de Fitólitos Em Latossolos Da Depressão Periférica Paulista.”** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Piracicaba, SP.

ROVNER, Irwin. 1971. "**Potential of Opal Phytoliths for Use in Palaeoecological Reconstruction.**" International Research 1 (3): 345–59.

RUNGE, Freya. 1999. "**The Opal Phytolith Inventory of Soils in Central Africa - Quantities, Shapes, Classification, and Spectra.**" Review of Palaeobotany and Palynology 107 (1–2): 23–53. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(99\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(99)00018-4).

SAIA, S. E. M. G.; PESSEDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J. A. **Last glacial maximum (LGM) vegetation changes in the Atlantic Forest, southeastern Brazil.** Quaternary International, Oxford (2006), doi: 10.1016/j.quaint.2007.06.029. Acesso em: 13 abril 2008.

TABANEZ, M. F. et al., **Plano de Manejo da Estação Ecológica dos Caetetus.** São Paulo, n. 29, p. 1-104, fev. 2005.

TWISS, S. C. e SMITH, R. M. **Morphological classification of grass phytolith, Procedure of soil** Science Society of America, 1969.

TWISS, P. C. 1992. **Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths.** In: Rapp, G.; Mulholland, S.C. (Eds.) Phytolith Systematics. New York, Plenum Press, 113-128p.