

EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL HOLOCÊNICA DA PORÇÃO NORDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

MELINA MARA DE SOUZA, FRESIA RICARDI BRANCO,
DGRN, Instituto de Geociências, UNICAMP, Cx. P. 6152, 13083-970, Campinas, SP, Brasil.
melina@ige.unicamp.br; fresia@ige.unicamp.br

ANDRÉ JASPER
Centro Universitário Univates, Rua Avelino Tallini, 171, 95900-000, Lajeado, RS, Brasil.
ajasper@univates.br

LUIZ CARLOS RUIS PESSEDA
Centro de Energia Nuclear de Agricultura, USP, Av. Centenário, 303, Cx.P. 96, 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil.
pessenda@cena.usp.br

ABSTRACT – PALEOENVIRONMENTAL EVOLUTION DURING THE HOLOCENE IN THE NORTHEAST OF SÃO PAULO STATE, BRAZIL. Palynological analysis, isotopic and charcoal fragments provided information about the climate change of the last 10.250 years BP in the northeastern portion of the State of São Paulo. The samples were taken from the base of the studied trench with ages between 10.000 and 6.986 years BP. They present C₄ vegetation with values $\delta^{13}\text{C}$ around -14.3 ‰, little presence of palynomorphs, and fragments of charcoal. The interval was interpreted as the result of the predominance of a drier climate than the current in the early Holocene (that lasted until the mid Holocene), under which paleofires already occurred. From mid Holocene to the present days, the predominance of C₄ and C₃ vegetation values to -20.86 ‰, and the increase frequency of pollen grains (as *Byrsonima* and *Didymopanax*) indicating Cerrado (Brazilian Savannah) suggest that, in the interval of 2.096 years BP until the current days, the area has been covered by a mixed vegetation composed by elements of grassland and forest, indicating a regression of the grassland associated to wetter climate, which favors the “cerradão” as cover vegetation.

Key words: carbon isotopes, Cerrado (Brazilian Savannah), palynology, Quaternary, paleoclimate.

RESUMO – Análises palinológicas, isotópicas e de fragmentos de carvão, forneceram informações acerca das mudanças climáticas dos últimos 10.250 anos AP na porção nordeste do Estado de São Paulo. As amostras retiradas da base da trincheira estudada, com idades entre 10.000 e 6.986 anos AP, mostraram a presença de vegetação C₄ com valores de $\delta^{13}\text{C}$ em torno de -14,3‰, escassa frequência de palinómorfs e fragmentos de carvões. Esse intervalo foi interpretado como o resultado da predominância de um clima mais seco que o atual no início do Holoceno (que se estendeu até o Holoceno médio), sob o qual paleoincêndios já ocorriam. Do Holoceno médio, com ênfase a partir de 2.096 anos AP, até os dias atuais, ocorre o predomínio de vegetação C₄ e C₃ com valores -20,86‰ e o aumento da frequência de grãos de pólen, indicadores de Cerrado (como *Byrsonima* e *Didymopanax*), que sugerem que a área foi coberta por uma vegetação mista composta por elementos de campo e floresta, indicando uma regressão do campo associado provavelmente ao clima atual mais úmido, que favorece o “cerradão” como vegetação de cobertura.

Palavras-chave: isótopos do carbono, Cerrado (savana brasileira), palinologia, Quaternário, paleoclima.

INTRODUÇÃO

Os estudos paleoambientais têm se tornado cada vez mais importantes para as reconstruções climáticas e consequentes interpretações das alterações da paisagem no transcurso do Fanerozoico. O clima constitui um fator decisivo na evolução e na distribuição dos seres vivos na Terra, bem como na intensidade dos processos erosivos e intempéricos. Para se realizarem inferências acerca de sua evolução, é necessário o estudo dos seus principais componentes por longos períodos de tempo, que são acessíveis somente por meio de estudos do registro fóssil ou pela análise de indicadores isotópicos, geológicos, etc. da matriz

de interesse. Muitas das paisagens dos continentes atuais são de origem geológica relativamente recente e os processos continuam atuando. Esses processos estão relacionados principalmente com o clima que, durante o Quaternário, experimentou grandes mudanças (Salgado-Labouriau, 2007). O conhecimento e estudo aprofundado da vegetação do passado, bem como das suas sucessões e mudanças ocasionadas pelas modificações no meio físico, é importante para a compreensão dos mecanismos responsáveis pela origem e manutenção da biodiversidade atual. Estudos desse tipo permitem a construção de modelos mais acurados para a conservação e manejo equilibrado dos ecossistemas atuais (Salgado-Labouriau, 1984).

Nos últimos anos, a palinologia, vem fornecendo subsídios para as reconstruções paleoambientais e possíveis inferências paleoclimáticas, através de sua grande variabilidade morfológica, que permite um confiável registro acerca dos principais eventos ocorridos em uma determinada região.

O Cerrado, 2º bioma mais extenso do Brasil, ocupando aproximadamente 1,8 milhões de km² (21% do território brasileiro) ainda precisa de mais estudos e pesquisas que avaliem sua real biodiversidade. Estudos indicam que o clima na América do Sul, nas regiões do Cerrado desde o Pleistoceno até o presente nunca foi constante. Fases secas e úmidas foram-se alternando durante todo o Quaternário. Os registros mais antigos conhecidos do bioma Cerrado, obtidos na região Central do Brasil, datam de aproximadamente 32.000 anos AP. Nesses, a alta frequência de grãos de pólen de espécies índices como *Byrsonima* e *Mauritia* e de fragmentos de carvão confirmam a presença do Cerrado e a ocorrência de incêndios na região desde aquela época (Salgado-Labouriau & Ferraz Vicentini, 1994; Barberi *et al.*, 2000; Ferraz Vicentini & Salgado-Labouriau, 1996; Salgado-Labouriau *et al.*, 1997; Ledru, 2002).

O principal objetivo da presente pesquisa foi traçar a evolução da paisagem em relação à dinâmica climática Quaternária, evidenciada pelas mudanças registradas na vegetação no Município de Luis Antônio (SP) durante o Holoceno. Para isso foram utilizados indicadores paleoambientais como a palinologia, análises isotópicas e antracológicas.

Mogiana de Estradas de Ferro, sendo posteriormente adquirida pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo. Neste trabalho, as amostras foram coletadas numa lagoa marginal (coordenadas 21°34'25"S / 47°49'06"O) produto da migração lateral de um meandro do Rio Mogi Guaçu dentro da EEJ, município de Luís Antônio, SP (Figura 1). Celarino (2008) levantou a hipótese de este local ter constituído o antigo leito do Rio Mogi Guaçu e hoje representar um paleoterraço fluvial.

O Rio Mogi Guaçu percorre a EEJ por 9.300 m e seu canal na região pode ser classificado dentro do padrão de meandros tortuosos divagantes, com presença ocasional de ilhas e bancos apresentando-se em cordões marginais convexos (Kellerhals *et al.*, 1976), onde são observadas 14 lagoas em diferentes estágios sucessionais (Pires *et al.*, 1997). A formação de lagoas marginais em sistemas rio-planície de inundação ocorre quando as margens côncavas adjacentes de um meandro sofrem intensa ação erosiva, provocando um estrangulamento no colo deste pela deposição de diques marginais, fazendo com que o curso d'água seja desligado, originando-se um meandro abandonado, ou uma lagoa marginal (Cunha, 1995).

Toppa (2004) definiu oito tipos de classes fitofisionômicas para a EEJ, a saber: cerradão, cerrado em regeneração, floresta mesófila semidecídua, vegetação de várzea, campo sujo, cerrado *strictu sensu*, plantio de *Pinus* e reflorestamento por *Eucalyptus*. A maior parte da estação ecológica possui o cerradão como cobertura vegetal (60,72%).

ÁREA DE ESTUDO

A Fazenda Jataí, também conhecida como Estação Ecológica Jataí (EEJ), possui uma área de 4.532,18 ha e até o final da década de 1950 pertenceu à extinta Companhia

MATERIAL E MÉTODOS

Todas as amostras estudadas foram coletadas a partir de uma trincheira de 200x200x200 cm especialmente escavada dentro de uma lagoa marginal associada à planície do Rio

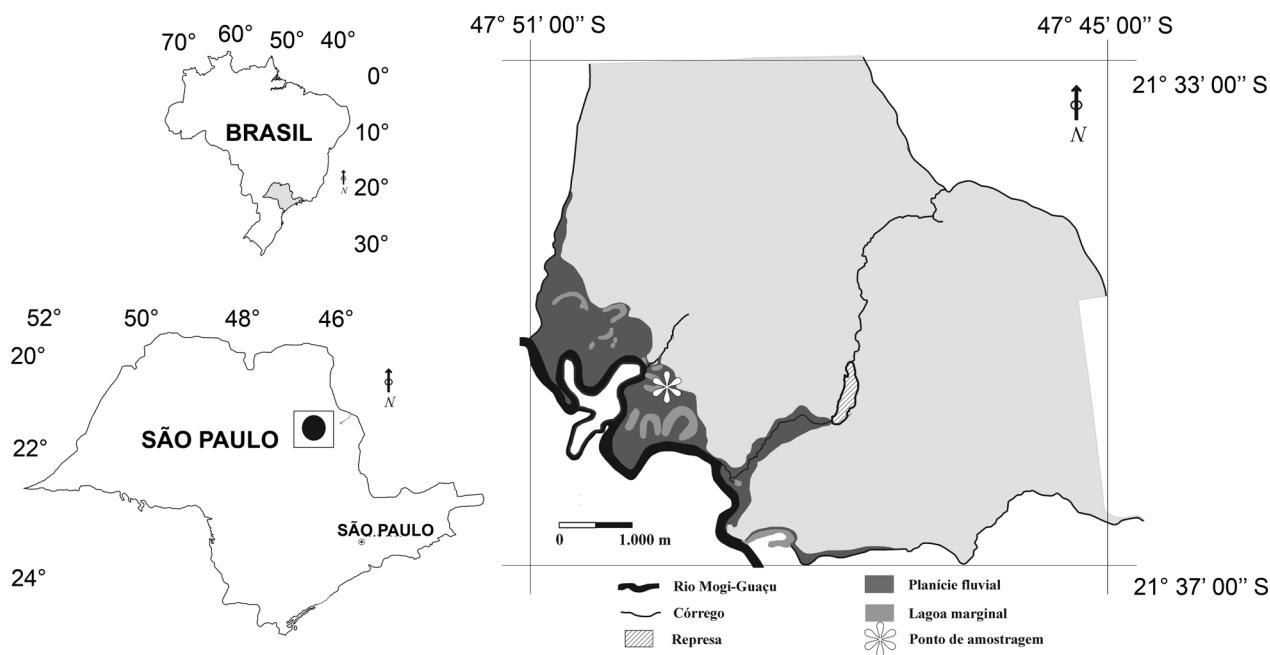


Figura 1. Localização da área de estudo.

Figure 1. Location of the study area.

Mogi Guaçu que alcançou a profundidade de 200 cm. Após a descrição litológica do perfil em campo, amostras de aproximadamente 1 kg de sedimento foram coletadas a intervalos de 2 cm da superfície (0 cm) até a profundidade de 170 cm, onde começava uma espessa camada de areia associada ao antigo leito do rio. A seguir, as amostras coletadas foram separadas em parcelas para análise do ^{14}C , caracterização isotópica $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica (MO) e carbono orgânico total (COT), análises palinológicas e antracológicas.

Datação por ^{14}C

Foram selecionadas amostras das profundidades: 40 cm, 90 cm e 170 cm do perfil. Para esta análise foi realizada a extração da fração humina do solo através de um tratamento ácido-alcalino-ácido (Pessenda *et al.*, 1996), realizado no Laboratório de Paleohidrogeologia do Instituto de Geociências da UNICAMP. As datações ^{14}C da fração humina foram realizadas no Laboratório da Universidade da Geórgia, USA, pela técnica AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*). A idade ^{14}C foi expressa em anos AP (antes do presente), normalizada a -25,0‰ (PDB), sendo considerado como “presente” o ano de 1950 (Pessenda & Camargo, 1991) e, em anos calibrados (cal. anos AP) com precisão de $\pm 2\sigma$ (Reimer *et al.*, 2004).

Caracterização isotópica $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica (MO) e carbono orgânico total (COT)

Foi utilizado 1 g de amostra coletada a cada 10 cm desde a superfície até a profundidade de 170 cm. As análises foram realizadas no Laboratório de Isótopos Estáveis - CENA/USP, utilizando um Espectrômetro de Massa acoplado a um Analisador Elementar ANCA-SL, Europa Scientific. Os resultados do teor de carbono foram reportados como carbono orgânico total e expressados em porcentagem de peso seco. Os resultados da análise isotópica foram expressos em unidade de δ (‰), determinada em relação ao padrão internacional PDB e referem-se à média de duas determinações, com precisão de $\pm 0,2\text{‰}$ (Pessenda *et al.*, 2007).

Análise palinológica

Para os estudos palinológicos foram utilizados 10 g de sedimento das profundidades de 2 cm a 170 cm. No total foram processadas 31 amostras para análise palinológica, segundo o método descrito por Faegri & Iversen (1989). Para a caracterização da chuva polínica atual foram processadas amostras de flores coletadas ao redor do ponto amostrado, utilizando para sua classificação a lista de vegetação da área. A identificação e contagem dos palinomorfos contidos nas amostras foram realizadas no laboratório de Paleohidrologia do DGRN/IG/UNICAMP, em microscópio óptico Zeiss Axio Imager. A1, com objetiva de 100 x. As 31 lâminas obtidas foram lidas no sentido horizontal, sem espaçamento entre as linhas.

Para realizar o diagrama polínico, em cada nível foi lida uma lâmina contendo 50 μl (microlitros) do resíduo processado. Quando possível foram lidos entre 250 a 300 palinomorfos. Os níveis com menos de 250 palinomorfos

também foram considerados para a construção do diagrama, com a finalidade de mostrar o registro naquele nível, uma vez que a ausência de palinomorfos também é um dado a ser analisado.

Com o intuito de facilitar a identificação foi confeccionado catálogo com a descrição dos tipos polínicos e esporos encontrados em cada nível. Concomitantemente e para facilitar o estudo das assembleias palinológicas estudadas, foi elaborada uma palinoteca de referência com 29 espécies vegetais (Tabela 1) típicas do Cerrado com base na lista de vegetação da EEJ. Para a confecção desta palinoteca foram coletadas flores no campo e também no Herbário (UEC) do IB/UNICAMP.

Análise antracológica

Para a estudo sistemático dos fragmentos de carvão no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), foram utilizados 100 g de material correspondente as mesmas profundidades estudadas para a palinologia. A seguir, as 31 amostras foram secas a 60 °C por 4 h e peneiradas na malha de 1 mm. Logo sob estereomicroscópio foram selecionados manualmente os fragmentos de carvão, os quais foram separados em *stubes* previamente numerados. Finalmente, os fragmentos foram metalizados e fotografados no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV/modelo Leo 430i) do laboratório de Microscopia Eletrônica do IG/UNICAMP. Esse estudo teve por finalidade conhecer a estrutura anatômica preservada para fornecer subsídios na identificação dos fragmentos. Também foi observada a ocorrência dos fragmentos de carvões nas lâminas palinológicas para que fosse possível completar com maior exatidão a ocorrência dos incêndios vegetacionais.

RESULTADOS

A profundidade alcançada com a trincheira escavada na lagoa marginal foi de 200 cm. O intervalo basal entre as profundidades de 200 a 170 cm é composto por areias grossas, indicando que este corresponde ao canal fluvial, neste intervalo não foram coletadas amostras de cunho paleoambiental, pois os palinomorfos não são preservados neste tipo de sedimento. De 170 a 0 cm os sedimentos que formam o perfil são bastante homogêneos e caracterizados como *Neossolo Flúvico Tb Distrófico Típico (RXbd) (Typic Udifluent)*, estes apresentaram coloração bastante escura, predominantemente preta (G1 2,5/N) evidenciando acúmulo de matéria orgânica. Celarino (2008) interpretou o depósito estudado como um paleoterraço do Rio Mogi Guaçu, no qual após o estrangulamento do meandro, sedimentos finos foram transportados e sedimentados por decantação na lagoa marginal nos momentos em que as águas do rio extravasava o canal principal.

Datação por ^{14}C da MOS e taxa de sedimentação

As datações por ^{14}C oscilaram entre 10.251 e 2.096 anos AP entre a base e o topo (Tabela 2). De 170-90 cm as idades variaram entre 10.186 - 10.251 anos AP, indicando que neste intervalo os pulsos de inundações do Rio Mogi Guaçu foram

Tabela 1. Lista da vegetação: palinoteca da Estação Ecológica Jataí (ver área de estudo).**Table 1.** List of vegetation: palinoteca of the Estação Ecológica Jataí (see study area).

Amostra	Família	Táxons	Hábito
Lam 1	Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze.	Herbáceo
Lam 2	Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Arbóreo
Lam 3	Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Arbóreo
Lam 4	Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i> (Gomez)	Arbóreo
Lam 5	Araliaceae	<i>Didymopanax vinosum</i> Mart.	Arbóreo
Lam 6	Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i> L.	Arbóreo
Lam 7	Asteraceae	<i>Mikania cordifolia</i> (L. F.) Willd	Herbáceo
Lam 8	Bignoniaceae	<i>Jacaranda caroba</i> DC.	Herbáceo
Lam 9	Caesalpinaceae	<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.	Herbáceo
Lam 10	Cariocaraceae	<i>Caryocar brasiliensis</i> Camb.	Arbóreo
Lam 11	Clusiaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart.	Arbóreo
Lam 12	Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	Arbóreo
Lam 13	Dioscoriaceae	<i>Dioscorea</i> sp.	Herbáceo
Lam 14	Euphorbiaceae	<i>Mabea</i> cf. <i>M. fistulifera</i> Mart.	Arbóreo
Lam 15	Fabaceae	<i>Dalbergiame scolobium</i> Benth.	Arbóreo
Lam 16	Flacourtiaceae	<i>Casearia arborea</i> Urb.	Arbóreo
Lam 17	Lamiaceae	<i>Lacistema robustum</i> Schnizl.	Arbóreo
Lam 18	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Rich.	Arbóreo
Lam 19	Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana.	Herbáceo
Lam 20	Mimosaceae	<i>Anadenanthera falcata</i> Speg.	Arbóreo
Lam 21	Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	Arbóreo
Lam 22	Myristicaceae	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Arbóreo
Lam 23	Myrtaceae	<i>Myrcia rufipes</i> DC.	Herbáceo
Lam 24	Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i> Engl.	Arbóreo
Lam 25	Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	Arbóreo
Lam 26	Rubiaceae	<i>Alibertia macrophylla</i> K. Schum.	Arbóreo
Lam 27	Sapotaceae	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Arbóreo
Lam 28	Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Arbóreo

constantes, com alta taxa de sedimentação. Assim num período equivalente há 61 anos foram depositados 80 cm de sedimentos.

De 90-40 cm as idades variaram entre 10.186 - 2.183 anos AP, contudo esse intervalo foi aqui interpretado como representativo de um período onde acontecia sedimentação/erosão, não tendo sido preservada a espessura total do pacote sedimentar depositado durante os 8.009 anos AP De 40 - 0 cm, as idades variaram entre 2.096/2.183 anos AP - atual, indicando uma taxa de sedimentação mais lenta, denotando a estabilização da área.

Os resultados evidenciaram um crescimento regular na datação da fração humina da MO com o aumento da profundidade. Resultados similares foram obtidos por Gouveia *et al.* (1999), em outros locais do Estado de São Paulo como em Botucatu, Jaguariúna e Pirassununga, com valores aproximadamente 8.000 - 8.700 anos AP para o intervalo 90 - 100 cm, e 3.000 anos AP para o intervalo de 50 - 60 cm.

Análise isotópica (^{13}C) da MOS

O intervalo de 170 a 100 cm revelou valores entre -14,23‰ e -15,26‰, caracterizando predominância de plantas C_4 (possivelmente gramíneas). No intervalo de 100 e 40 cm, os

valores ficaram entre -15,26‰ e -15,89‰ C_4 (possivelmente gramíneas). E por último, no intervalo 40 a 0 cm, os sinais isotópicos de ^{13}C assumiram valores entre -15,52‰ e -20,26‰, caracterizando uma possível mistura entre as plantas C_3 (floresta) e C_4 (gramíneas/poáceas).

Com base nos resultados isotópicos (^{13}C) e nas datações ^{14}C , no Holoceno inferior, é possível deduzir que a vegetação de campo predominou na área. De aproximadamente 10.000 anos AP até cerca de 2.183 anos AP, ainda houve um predomínio de plantas C_4 , talvez relacionado à manutenção nesse período de um clima mais seco. De 2.183 anos AP até o presente, os dados isotópicos indicaram um empobrecimento do ^{13}C , os quais podem ser interpretados como uma expansão da floresta sobre o campo, e uma possível mistura entre as plantas C_3 e C_4 , devido à presença de um clima úmido e provavelmente similar ao atual.

Análise palinológica

Os tipos polínicos presentes no diagrama (Figura 2) foram ordenados por ordem alfabética, sendo apresentados primeiramente os *taxa* arbóreos/arbustivos, seguidos dos *taxa* herbáceos, aquáticos e esporos. A classificação referente

Tabela 2. Taxa de sedimentação da trincheira de acordo com os intervalos de tempo calibrados em anos AP.**Table 2.** Trench sedimentation rate according to the calibrated time intervals years BP.

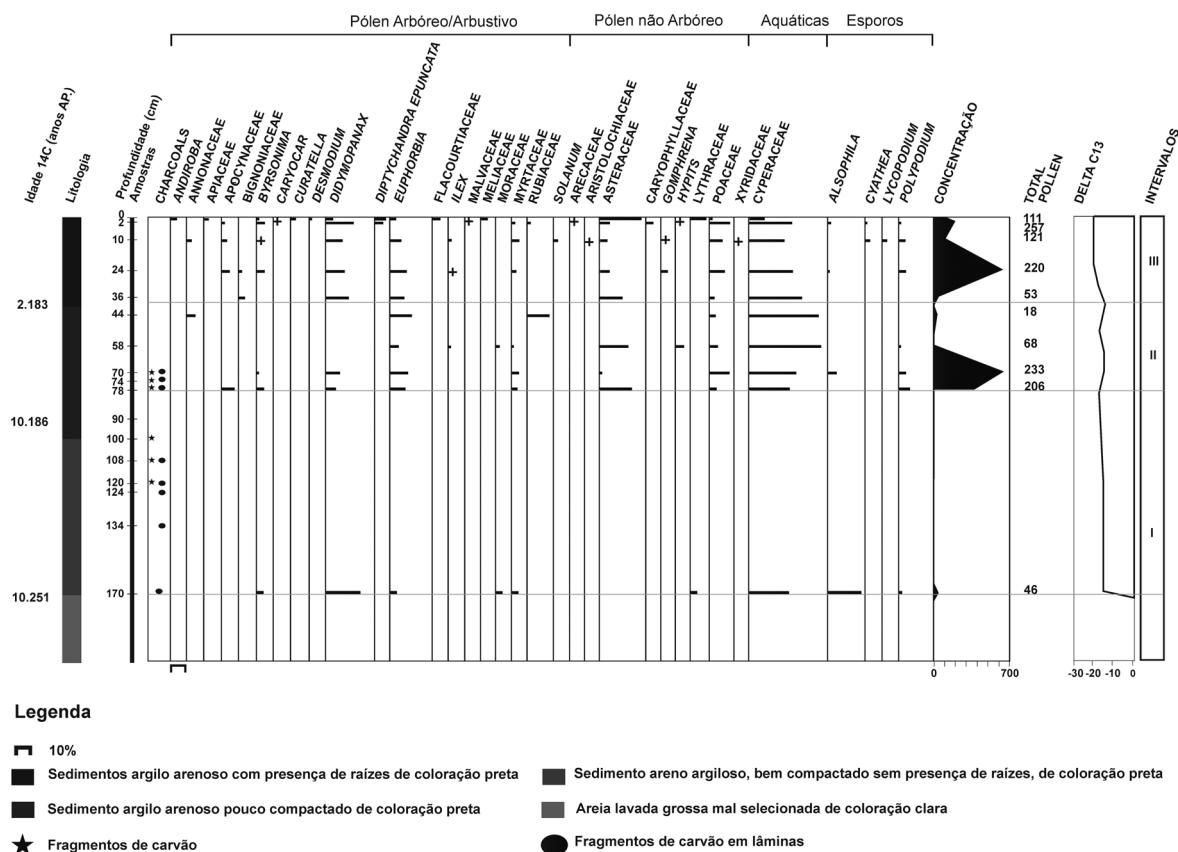
Intervalo	Taxa de sedimentação (cm/ano) / Intervalos de tempo
00-40 cm	0,018 / 2.096 – 2.183
40-90 cm	0,006/ 10.186 – 10.241
90-170 cm	8/ 10.195 – 10.251

ao hábito das plantas foi realizada a partir da lista de vegetação da EEJ, que teve como base estudos de diversidade florística apresentado por Toppa (2004) e da palinoteca atual de Jataí. Os *taxa* com porcentagens menores do que 1 % foram representados pelo sinal +. Após a análise deste diagrama, o registro polínico da trincheira estudada pôde ser dividido em três intervalos. Estes foram separados pela variação das frequências de grãos de pólen de Cerrado na sequência sedimentar e na variação das idades obtidas para as profundidades datadas. O intervalo inferior, mais antigo, (Intervalo I) é caracterizado pela ausência de grãos de pólen e esporos na maioria dos níveis. O segundo intervalo ou médio (Intervalo II) é caracterizado pela ocorrência dos *taxa* índice de Cerrado como *Curatella*, *Didymopanax*, *Euphorbia*, *Byrsonima*, *Gomphrena*, pela alta frequência de grãos de

pólen de Cyperaceae e pela presença de esporos. Por fim o último intervalo superior, mais moderno, (Intervalo III) é caracterizado pela alta frequência de taxa índice de Cerrado, como a *Caryocar*, *Euphorbia*, e a presença de esporos (Figuras 3-5). Uma descrição mais detalhada de cada um dos intervalos é apresentada a seguir.

Intervalo I de 170 a 78 cm. Caracterizado principalmente pela baixa concentração de grãos de pólen (0 a 50 grãos de pólen/grama de sedimento) e pela baixa frequência relativa de esporos. Entre 170 e 168 cm foram registrados os únicos tipos polínicos deste intervalo. Entre os *taxa* arbóreos presentes, as maiores porcentagens foram de Araliaceae (*Didymopanax*), Malpighiaceae (*Byrsonima*) e Myrtaceae. Entre os *taxa* não arbóreos, verificou-se principalmente a presença de Lythraceae. A idade do intervalo I variou entre 10.251 e 10.186 anos AP.

Intervalo II de 78 a 40 cm. Caracterizado por maior concentração de grãos de pólen e aumento progressivo nas frequências dos *taxa* do Cerrado se comparadas ao Intervalo I. Neste intervalo há aumento da frequência de esporos de *Polypodium* e *Alsophila* e de grãos de pólen *taxa* arbóreos e herbáceos como *Byrsonima*, *Euphorbia*, Myrtaceae e *Didymopanax*. Contudo, aqui é inferida a presença de um hiato no registro devido a uma interrupção na deposição ou de erosão devido a pouca espessura do pacote sedimentar se

**Figura 2.** Diagrama de porcentagem e concentração (grãos pólen e esporos, fragmentos de carvão e análises isotópicas).**Figure 2.** Percentage and concentration diagram (pollen grains and spores, fragments of coal and isotopic analyzes).

confrontado com sua duração de aproximadamente 8.000 anos AP. A idade do intervalo II variou entre 10.186 e 2.096 anos AP.

Intervalo III de 40 a 0 cm. Caracterizado pelo incremento dos *taxa* arbóreos como Euphorbiaceae, *Didymopanax*, Rubiaceae, *Byrsonima* e *Ilex*. Entre os *taxa* herbáceos predominam Poaceae, Asteraceae, Lythraceae, *Gomphrena* e *Hypsis*. Quanto aos esporos, há um aumento progressivo dos gêneros *Polypodium*, *Alsophila* e *Lycopodium*. Esses representam a vegetação que habitava nas proximidades da lagoa marginal, caracterizando a implantação do bioma Cerrado, tal como é conhecido hoje. A idade do intervalo II variou entre 2.096/2.183 anos AP - Atual.

Análises antracológicas

Após a análise dos sedimentos, foi possível identificar a ocorrência de fragmentos de carvão em seis níveis do perfil: 70 cm, 74 cm, 78 cm, 100 cm, 108 cm e 120 cm (Figura 6). A partir das análises em MEV, foi constatado que as características anatômicas do xilema secundário, como elementos de vaso, fibras, etc. apresentaram boa preservação. Pelas fotografias obtidas os fragmentos de carvão foram identificados como pertencentes a leguminosas, possivelmente relacionados à família Caesalpinaceae. Nesta família o xilema se caracteriza por elementos de vasos com placas de perfuração simples e pontuações alternas, parênquima axial paratraqueal vasicêntrico, raios homogêneos de células procumbentes com célula terminal (De Paula & Alves, 2007).

A análise dos fragmentos de carvão, nas lâminas palinológicas, foi fundamental para definir com maior exatidão a ocorrência dos incêndios vegetacionais no local. A partir disso, foram identificados oito níveis com a ocorrência de carvões (Figura 2), coincidindo vários desses com os níveis onde foram encontrados os fragmentos de carvão avaliados no MEV. Todas as ocorrências foram plotadas em diagrama polínico com a finalidade de auxiliar na interpretação paleoambiental. Assim, foi possível constatar que a incidência de incêndios vegetacionais de origem indefinida correspondia a eventos relativamente comuns e recorrentes na área desde o início do Holoceno até o Holoceno médio.

DISCUSSÃO

Os registros do Cerrado durante o Holoceno do Brasil

Estudos palinológicos feitos por De Oliveira (1992), na Lagoa dos Olhos (MG), sugerem que entre 19.520 e 13.700 anos AP, o clima era frio e semi-úmido com uma estação seca de menor duração. Após 13.700 anos AP, a umidade diminuiu e a temperatura aumentou, com presença de partículas de fragmentos de carvão, indicando paleoincêndios na área.

Os estudos de Scheel-Ybert *et al.* (2003), sobre a evolução paleoambiental no Estado de São Paulo (municípios de Botucatu, Jaguariúna, Pirassununga), com base em análises antracológicas e isotópicas, mostraram que incêndios ocorreram nestas áreas durante todo Holoceno, indicados por altas concentrações de fragmentos de carvão nos perfis estudados. Os resultados acima apoiam a presença de um

clima mais seco para essa área principalmente entre 10.000 e 7.000 anos AP.

Entre 7.000 e 6.000 anos AP, brejos e pântanos começaram a se formar no Brasil Central, o clima era quente a semi-úmido com um período seco de três a cinco meses dependendo do lugar, fato que é comprovado pela presença do gênero *Mauritia* nas assembleias palinológicas (Salgado-Labouriau, 1997). Este aumento da umidade e das chuvas foi ainda observado em outras regiões do continente sul americano, como no Lago de Valência (Venezuela) que transbordou na sua borda norte (Bradbury *et al.*, 1891).

Com base em Vidotto (2003), cabe ressaltar que a partir de aproximadamente 4.000-3.000 anos AP no Brasil, há evidências de uma retomada na expansão do bioma Cerrado onde, a porcentagem de grãos de pólen de plantas de hábito arbóreo aumenta, indicando vegetação mais densa e mais diversa constituindo esse bioma. Por último entre 1.400-1.250 anos AP as condições climáticas modernas começaram a imperar.

Cassino & Meyer (2011) realizaram o estudo morfológico de grãos de pólen e esporos, de níveis holocenos, de uma

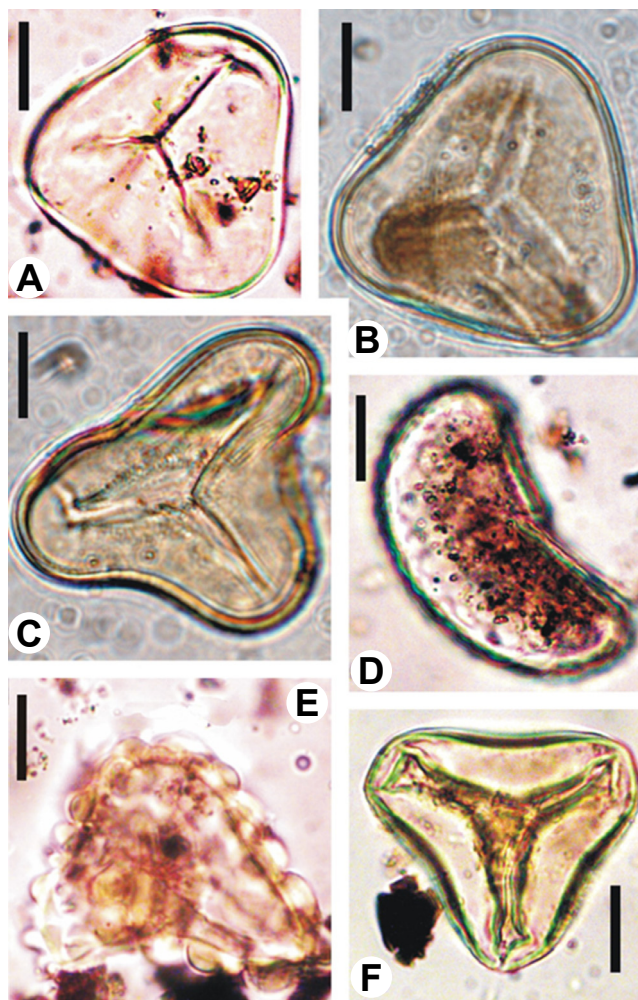


Figura 3/ Figure 3. Pteridofitas/pteridophytes. A-C, Cyatheaceae, *Alsophila*; D, Polypodiaceae, *Polypodium*; E, Cyatheaceae, *Cyathea*; F, Dicksoniaceae, *Dicksonia*. Escalas/ Scale bars = 10 µm.

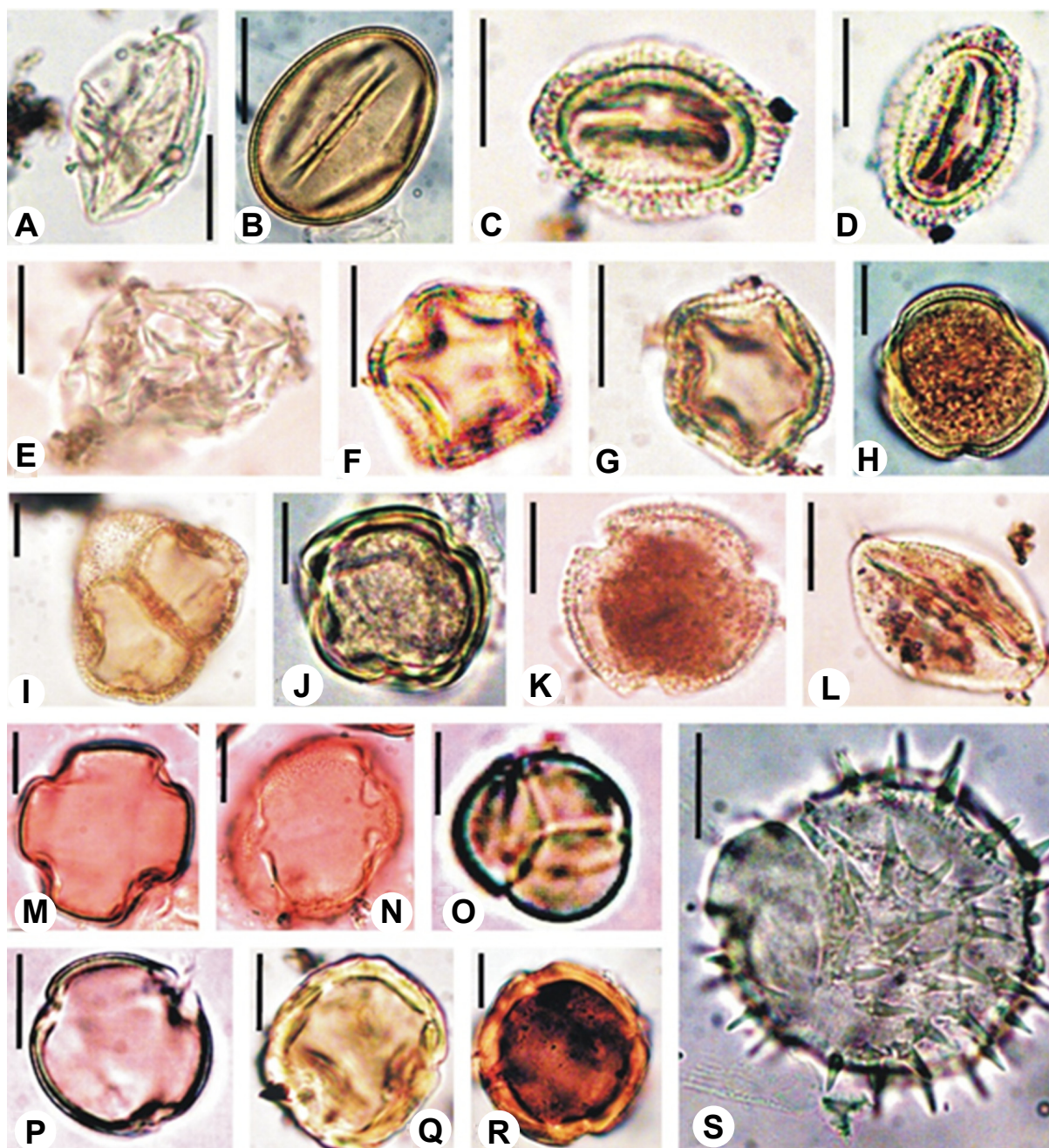


Figura 4/Figure 4. Angiospermas/angiosperms. A, Annonaceae; B, Apiaceae; C, D, Aquifoliaceae, *Ilex*; E, Apocynaceae; F, G, Araliaceae, *Didymopanax*; H, Caryocaraceae; I, Caesalpinaceae, *Diptychandraepuncata*; J, Dileniaceae, *Curatella*; K, Bignoniaceae; L, Euphorbiaceae; M, N, Flacourtiaceae; N, O, Fabaceae, *Desmodium*; P, Meliaceae; Q, R, Malpighiaceae; S, Malvaceae. Escalas/ Scale bars = 10 µm.

vereda do Chapadão dos Geraís (Buritizeiro, Minas Gerais), onde identificaram uma vasta diversidade de *taxa* da vegetação do Cerrado no Brasil. Entre as famílias de angiospermas mais representativas, listadas neste trabalho, destacam-se as famílias Malpighiaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae e Arecaceae, já entre as pteridófitas estão presentes as Lycopodiaceae, e as Gimnospermas são representadas pelo gênero *Podocarpus*.

Na localidade de Salitre, Estado de Minas Gerais, a presença de carvões em todo perfil estudado por Pessenda *et al.* (1996), mostraram que paleoincêndios ocorreram nesta

área durante todo Holoceno. Nesse mesmo perfil os valores de ^{13}C mais empobrecidos, indicaram a predominância de vegetação C_3 e de condições climáticas mais úmidas que aquelas obtidas para região Central do Brasil. Essas evidências corroboram com os resultados palinológicos que também apontam para condições climáticas mais unidas no local. Em Jaguariúna, Estado de São Paulo, a presença de vegetação C_4 registrou a ocorrência de um clima mais seco do que o atual no final do Pleistoceno, já em Botucatu (SP), os dados isotópicos indicaram presença de plantas C_3 em todo Holoceno (Gouveia *et al.*, 1999).

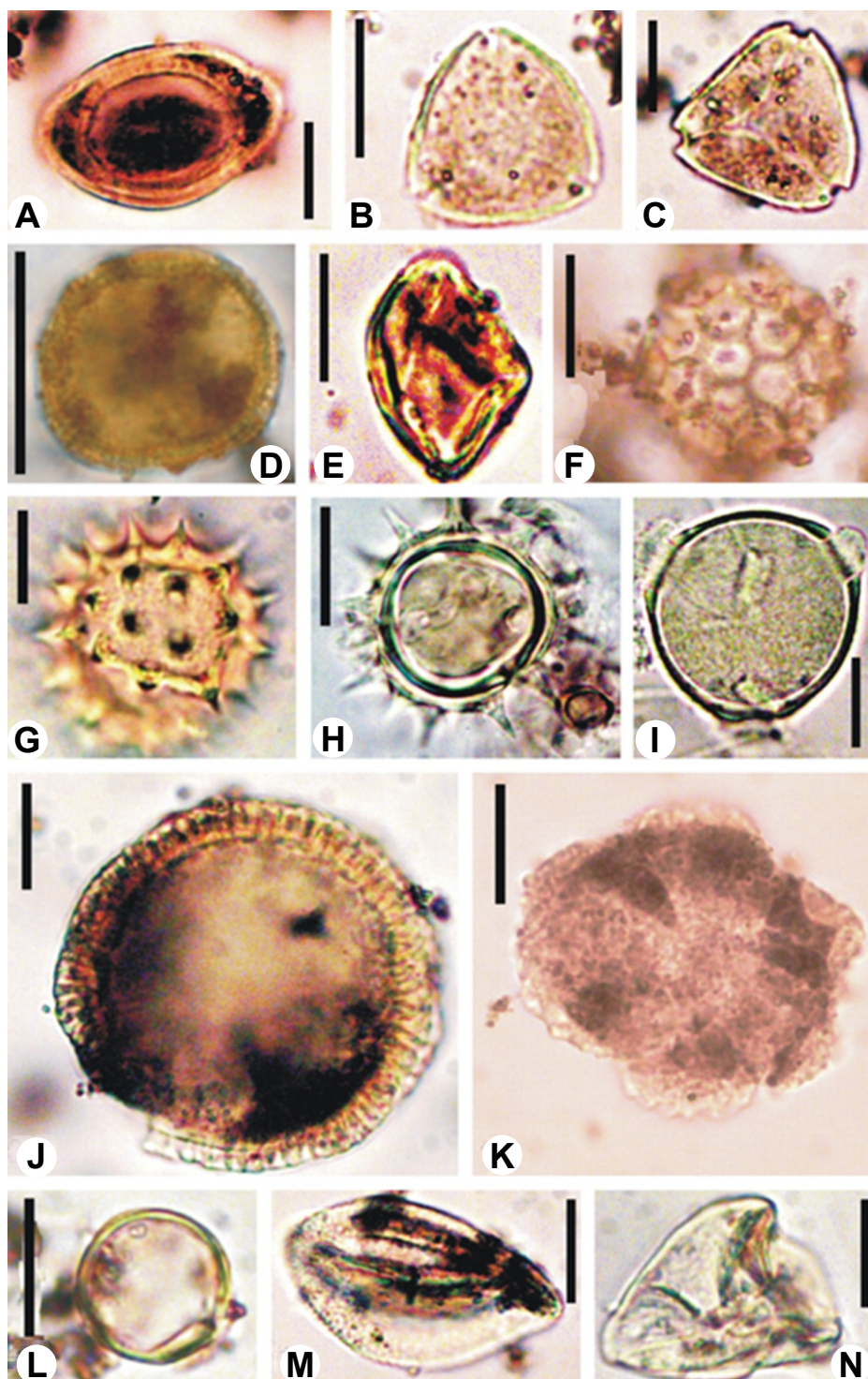


Figura 5/Figure 5. Angiospermas/angiosperms. **A**, Moraceae; **B**, **C**, Myrtaceae; **D**, Rubiaceae; **E**, Solanaceae, *Solanum*; **F**, Amaranthaceae; **G**, **H**, Asteraceae; **I**, Lythraceae; **J**, Caryophyllaceae; **K**, Lamiaceae, *Hyptis*; **L**, Poaceae; **M**, Xyridaceae; **N**, Cyperaceae. Escalas/ Scale bars = A-C, E-N = 10 µm; D = 20 µm.

Evolução paleoclimática/ambiental da área estudada

A reunião dos resultados obtidos nas pesquisas a partir dos isótopos do carbono, da palinologia e dos carvões permitiram realizar inferências acerca da evolução paleoambiental na Estação Ecológica de Jataí, a partir do início do Holoceno. Assim, entre 170-78 cm ou Intervalo I (10.251 a 10.195

anos AP) existe uma baixa concentração de grãos de pólen e esporos, que aliada às informações das análises isotópicas e à presença de fragmentos de carvão, indicam que este intervalo, foi caracterizado por uma fase climática mais seca do que a atual, durante a qual predominava uma vegetação de Cerrado de campo aberto com incidência de incêndios, motivo pelo

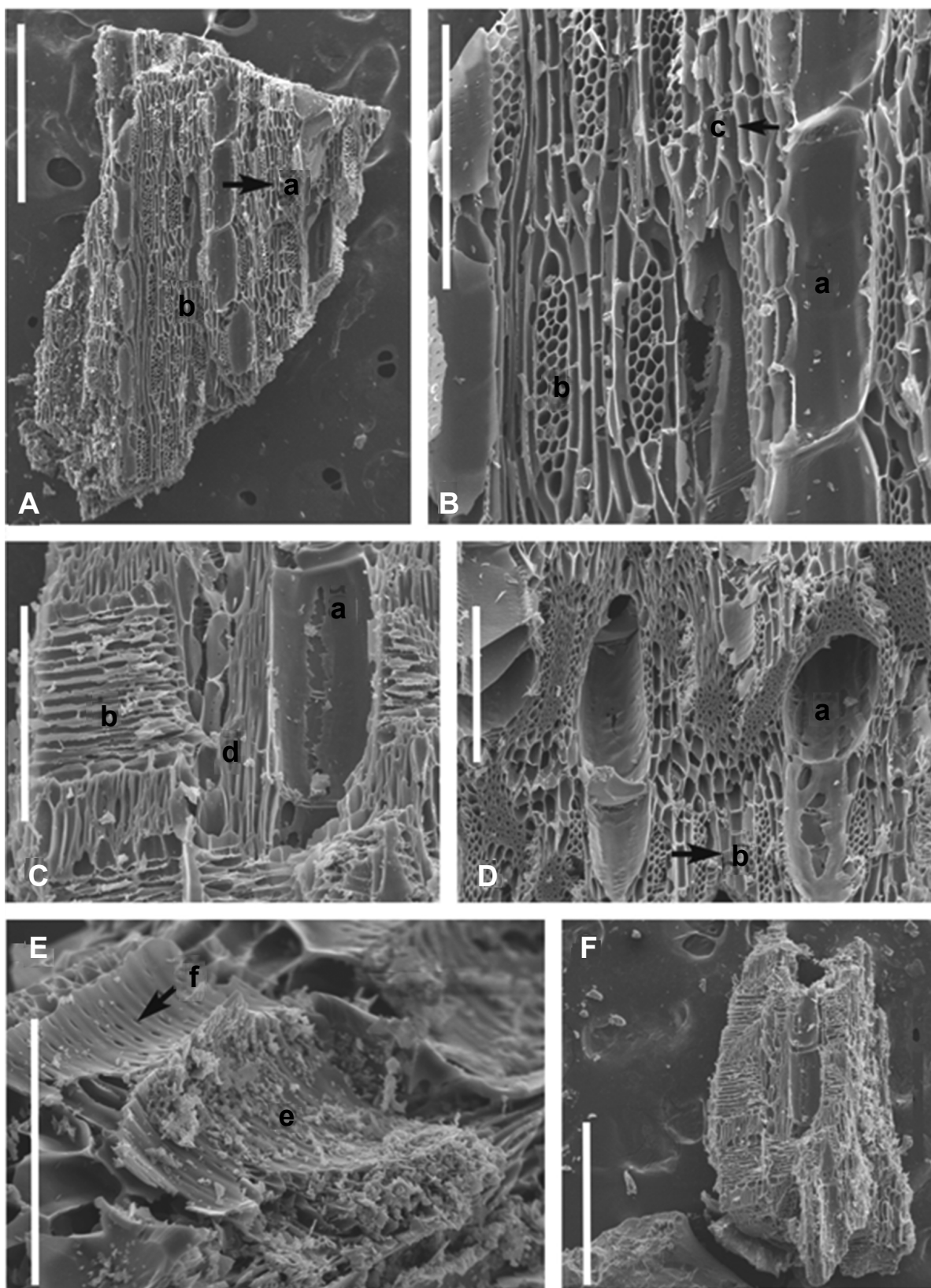


Figura 6. Fragmentos de carvão. **A**, vista longitudinal tangencial; **B**, vista longitudinal tangencial; **C**, vista radial; **D**, vista transversal inclinada; **E**, ponteaduras alternas; **F**, vista transversal. (a) elementos de vaso; (b) ponteaduras; (c) radio vascular; (d) parênquima xilemático; (e) ponteaduras alternas; (f) paredes de vasos. Escalas: A, F = 500 µm; B-D = 200 µm; E = 100 µm.

Figure 6. Coal fragments. **A**, longitudinal tangential view; **B**, longitudinal tangential view; **C**, radial view; **D**, inclined transversal view; **E**, alternating punctuations; **F**, transversal view. (a) vessel elements; (b) punctuations; (c) radio vascular; (d) xylem parenchyma; (e) alternating punctuations; (f) vessel walls. Scale bars: A, F = 500 µm; B-D = 200 µm; E = 100 µm.

qual não foram preservados palinomorfos neste intervalo. Cabe destacar, que no único nível onde foram observados grãos de pólen e esporos no Intervalo I, foi no nível 170-168 cm. Nesse nível há escassa presença das famílias Araliaceae (*Didymopanax*), Malpighiaceae (*Byrsonima*), Myrtaceae e Lythraceae indicadas pelo registro palinológico, além de Caesalpinaceae indicada pelos carvões.

Entre 78-40 cm ou Intervalo II (10.195 a 2.183 anos AP.) embora exista o registro de esporos, grãos de pólen e carvões a sua interpretação está comprometida, uma vez que neste intervalo foi constatado um hiato sedimentar no registro. A base do intervalo II foi aqui estabelecida a partir do surgimento de *Byrsonima*, *Euphorbia*, Myrtaceae e *Didymopanax*, e de uma significativa diminuição dos fragmentos de carvão que confirmam as interpretações feitas para ^{13}C .

Entre 40-00 cm ou Intervalo III (2.183 anos AP a hoje) é possível verificar a partir dos registros isotópicos e palinológicos que teve lugar a expansão da floresta sobre o campo, com predomínio de um clima úmido semelhante com o atual.

Comparação da evolução paleoambiental no município do Luiz Antônio com outras regiões do Brasil

Há cerca de 10.000 anos AP, no Intervalo I, a área de estudo experimentou um clima seco e como consequência a vegetação predominante foi mais aberta, com ocorrência de paleoincêndios. Como confirmado pela ausência de palinomorfos e pelos valores de ^{13}C por volta de -14,24‰ que retratam o predomínio de plantas C_4 . Nesse período no Brasil, principalmente na região central, as evidências contidas na Tabela 3, indicam também a predominância de uma fase seca com presença de uma vegetação aberta acompanhados de

registros de queimadas (Salgado-Labouriau *et al.*, 1997; Ledru *et al.*, 2001; Ledru *et al.*, 2002). Scheel-Ybert *et al.* (2003), realizou estudos sobre a evolução paleoambiental no Estado de São Paulo (Botucatu, Jaguariuna, Pirassununga), com base nas análises antracológicas e isotópicas e foi estabelecido que incêndios ocorreram nestas áreas durante todo Holoceno, com base nas altas taxas de fragmentos de carvão nos perfis estudados. Essas evidências corroboram com os resultados aqui obtidos, todos apontando a favor de um clima mais seco que o atual na região sudeste principalmente entre 10.000 a 7.000 anos AP.

No município de Luiz Antônio de 10.186 a 2.096 anos AP (Intervalo II), a partir da presença de grãos de pólen do Cerrado e da baixa frequência de fragmentos de carvão, evidencia-se uma fase mais úmida, com vegetação mais fechada que a anterior. Estudos de Behling (1995) confirmaram que entre 9.720 e 5.530 anos AP o clima foi mais seco no Brasil, principalmente na região Central e que a partir de 5.530 anos AP, o clima era mais úmido.

De 2.096 anos AP até os dias atuais (Intervalo III), não há registro algum de fragmentos de carvão e os dados isotópicos apresentam valores de ^{13}C por volta de -20,26 ‰, indicando uma mistura de plantas C_3 e C_4 . Estas novas condições mostram a expansão do cerradão, que configura a vegetação atual na EEJ. De acordo com Salgado-Labouriau (1997), tais condições climáticas começaram a ser sentidas no Brasil aproximadamente a 1.400-1.250 anos AP, quando os grãos de pólen de plantas de hábito arbóreo aumentaram nas assembleias palinológicas indicando uma vegetação mais densa e mais diversa crescendo nos cerrados, e que pode ser considerada como o início das condições climáticas modernas.

Tabela 3. Evolução da vegetação Cerrado nos últimos 32.000 anos AP (modificado de Salgado-Labouriau & Ferraz Vicentini, 1994; Barberi *et al.*, 2000; Ferraz Vicentini & Salgado-Labouriau, 1996; Salgado-Labouriau *et al.*, 1997; Ledru, 2002).

Table 3. Evolution of Cerrado vegetation in the last 32,000 years BP (modified of Salgado-Labouriau & Ferraz Vicentini, 1994; Barberi *et al.*, 2000; Ferraz Vicentini & Salgado-Labouriau, 1996; Salgado-Labouriau *et al.*, 1997; Ledru, 2002).

Anos cal AP	Localidade	Vegetação	Paleoclima	Autor
200	Brasil Central	Semelhante ao atual encontrado, mais impacto humano		Salgado -Labouriau (1997)
1.250 – 4.600	Brasil Central	Biomassas com vegetação arbórea densa	Quente e úmido	Salgado -Labouriau (1997)
4.600 – 5.530				
6.000 – 7.000	Brasil Central	Início da presença da vegetação em pântanos	Quente e úmido a semiúmido	Salgado -Labouriau (1997)
5.530 – 9.720	Brasil Central/Sudeste	Cerrado	Aumento da umidade desde então	Behling (1995)
7.000 – 10.000	Brasil Central e Vale do Rio Icatu		Fase mais seca	Salgado -Labouriau (1997)
10.000 – 11.000	Brasil Central	Expansão do Cerrado	Fase seca	Ledru <i>et al.</i> (2001)
11.000 – 15.000	Maranhão	Expansão <i>Podocarpus</i>	Fase fria e úmida	De Oliveira <i>et al.</i> (2005)
11.000 – 17.000	Lagoa dos Olhos D'água	<i>Podocarpus</i>	Úmida e fria	De Oliveira (1992)
11.000 – 18.000		Cerrado Aberto	Fase seca a quente	De Oliveira <i>et al.</i> (2005)
18.000 – 25.000	Lagoa dos Olhos D'água	Hiato de sedimentação	Fase úmida	Ledru <i>et al.</i> (1998)
32.000	Brasil Central, Cromínia, Lagos dos Olhos e Lagoa do Caçó	Cerrado	Seco	Salgado -Labouriau & Ferraz Vicentini (1994)

A evolução da lagoa marginal estudada estaria associada à dinâmica do curso do antigo canal do Rio Mogi Guaçu. Por volta de 10.000 anos AP a migração lateral do rio desligou o meandro do canal principal do rio. Nos períodos de cheia, a lagoa formada era inundada trazendo como consequência à deposição de sedimentos e/ou a sua erosão, acredita-se que essas inundações foram constantes. Por conta dessa dinâmica foi encontrada uma alta taxa de sedimentação entre os níveis 170 e 90 cm e uma significativa diminuição desse aporte entre 40 e 0 cm. Quando a lagoa passou a ser eventualmente inundada e o terraço fluvial ficou mais isolado do nível atual do rio.

CONCLUSÕES

As análises palinológicas, juntamente com o uso dos isótopos do carbono nos sedimentos e, análises antracológicas, permitiram evidenciar e interpretar mudanças de vegetação e por consequência mudanças no clima do município de Luís Antônio durante o Holoceno. Assim, a presença de vegetação C₄ em Luís Antônio foi, provavelmente, resultado de clima mais seco que o atual durante o início do Holoceno, que se estendeu até o Holoceno médio. Além da ausência de grãos de pólen, a presença de fragmentos de carvão evidencia que ocorreram paleoincêndios na área desde 10.000 até 6.986 anos AP. Do Holoceno médio até os dias atuais, o predomínio de vegetação C₄ e C₃ sugere, que neste período, a área estudada foi coberta por uma mistura de vegetação de campo e de floresta, indicando a regressão do campo associada à provável clima mais úmido e, vegetação mais fechada, característica de cerrado, vegetação dominante hoje na EEJ.

Os dados palinológicos forneceram evidências de algumas alterações climáticas, que modificaram o conjunto e a distribuição da vegetação a partir de 10.251 anos AP. O período entre 10.251 e 2.096 anos AP, que corresponde ao Intervalo II, é marcado por condições gerais de clima mais seco, com baixa frequência de grãos de pólen e altas concentrações de fragmentos de carvão. No Intervalo III, entre o período de 2.096 anos AP até os dias atuais, o predomínio de plantas índice de Cerrado como a *Didymopanax* e *Byrsonima*, indica que a vegetação esteve mais fechada.

A análise dos fragmentos de carvão encontrados na trincheira permite afirmar que os incêndios ocorrem na área desde o início do Holoceno. A partir desta análise foi possível identificar que a grande maioria dos fragmentos de carvão provinha de leguminosas, possivelmente relacionadas à família Caesalpinaceae.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ por ter concedido uma bolsa de mestrado, e a FAEPEX-UNICAMP pelo suporte financeiro mediante auxílio concedido no processo 4/09 “Palinologia em sedimentos quaternários localizados na Estação do Instituto Florestal de Jataí, SP”. Ao Instituto Florestal, SP, por permitir a coleta das amostras e a confecção da trincheira. Ao Herbário do Instituto de Biologia (UEC) da

Unicamp por ter cedido flores para confecção de palinoteca de referência. F. Ladeira, do Instituto de Geociências da UNICAMP, por ter indicado o local de estudo e a M. Barbieri da Universidade Católica de Goiás, por ter nos auxiliado na identificação dos grãos de pólen e esporos. Por fim, aos revisores e à editora da RBP, M.J. Garcia, por sugestões que enriqueceram o manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Barberi, M.; Salgado-Labouriau, M.L.; Suguio, K.; Martin, L. & Turq, B. 2000. Paleovegetation and Paleoclimate of “Vereda de Águas Emendadas”, DF, Central do Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **13**:241-254. doi:10.1016/S0895-9811(00)00022-5.
- Behling, H. 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lago Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology*, **14**:253-268.
- Bradbury, J.P.; Leyden, B.; Salgado-Labouriau, M.L.; Lewis, W.M. & Schubert, C. 1981. Late Quaternary Environmental History of Lake Valencia, Venezuela. **214**:1299-1305.
- Cassino, R. & Meyer, K.E.B. 2011. Morfologia de grãos de pólen e esporos de níveis holocênicos de uma vereda do Chapadão dos Gerais (Buritizeiro, Minas Gerais), Brasil. *Gaea-Journal of Geoscience*, **7**:41-70. doi:10.4013/gaea.2011.71.04.
- Celarino, A.L.S. 2008. *Análise granulométrica, química e mineralógica dos solos de uma toposequência na Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio-SP*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, 57 p.
- Cunha, S.B. 1995. Geomorfologia Fluvial. In: S.B. Cunha & A.J. Guerra (eds.) *Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos*. Bertrand Brasil S.A., p. 211-226.
- De Oliveira, P.E. 1992. *A Palynological record of the Late Quaternary Vegetational and Climatic Change in Southeastern Brazil*. Ohio State University, Ph.D. thesis, 242 p.
- De Oliveira, P.E.; Behling, H.; Ledru, M.-P.; Barberi, M.; Bush, M.; Salgado-Labouriau, M.L.; Garcia, M.J.; Medeanic, S.; Barth, O.M.; Barros, M.A. & Scheel-Ybert, R. 2005. Paleovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: C.R.G. Souza; K. Suguio; A.M.S. Oliveira & P.E. De Oliveira. *Quaternário do Brasil*, Holos Editora, p. 52-69.
- De Paula, J.E. & Alves, J.L.H. 2007. *897 Madeiras Nativas do Brasil – Anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso*. Porto Alegre, Editora Cinco Continentes Ltda, 107 p.
- Faegri, K. & Iversen, J. 1989. *Textbook of Pollen Analysis*. New York, John Wiley & Sons, 328 p.
- Ferraz-Vicentini, K.R. & Salgado-Labouriau, M.L. (1996). Palynological analysis of a Palm Swamp in Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **9**:207-219. doi:10.1016/0895-9811(96)00007-7
- Gouveia, S.E.M.; Pessenda, L.C.R.; Boulet, R.; Aravena, R. & Scheel-Ybert, R. 1999. Isótopos do carbono dos carvões e da matéria orgânica do solo em estudos de mudança de vegetação e clima no Quaternário e da taxa de formação de solos no Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **71**:969-980. doi:10.1016/0895-9811(96)00007-7
- Kellerhals, R.; Churchm, M. & Bray, D.I. 1976. Classification and analysis of river processes. *Journal of the Hydraulics Division*, **102**:813-829.

- Ledru, M.P. 2002. Late Quaternary history and evolution of the Cerrados as revealed by palynological records. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*, Columbia University Press, p.33-52.
- Ledru, M.P.; Bertaux, J.; Sifeddine, A. & Suguio, K. 1998. Absence of Last Glacial Maximum records in lowland tropical forests. *Quaternary Research*, **49**:233-237. doi: 10.1006/qres.1997.1953.
- Ledru, M.P.; Campello, R.C.; Landim, D.; Dominguez, J.M.; Martin, L.; Mourguiaat, P.; Sifeddine, A. & Turcq, B. 2001. Late-Glacial cooling in Amazonia inferred from pollen at Lagoa do Caçó, Northern Brazil. *Quaternary Research*, **55**:47-56. doi:10.1006/qres.2000.2187
- Ledru, M.P.; Mourguiaat, P.; Ceccantini, G.; Turcq, B. & Sifeddine, A. 2002. Tropical climates in the game of two hemispheres revealed by abrupt climatic change. *Geology*, **30**:275-278. doi:10.1130/0091-7613(2002)030<0275:TCITGO>2.0.CO;2
- Pessenda, L.C.R. & Camargo, P.B. 1991. Datação radiocarbônica de amostras de interesse arqueológico e geológico por espectrometria de cintilação líquida de baixa radiação de fundo. *Química Nova*, **14**:98-103.
- Pessenda, L.C.R.; Valência, E.P.E.; Camargo, P.B.; Telles, E.C.C.; Martinelli, C.A.; Cerri C.C.; Aravena, R. & Rosanski, K. 1996. Natural radiocarbon measurements in Brazilian soils developed on basic rocks. *Radiocarbon*, **38**:203-208.
- Pessenda, L.C.R.; Vidotto, E.; Ribeiro, A.S.; Freitas, H.A. & Bendassoli, J.A. 2007. Dinâmica do ecótono floresta-campo no Sul do Estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. *Acta Amazônica*, **37**:389-404.
- Pires, J.S.R.; Santos, J. E & Pires, A.M.Z.C.R. 1997. Conservação de Lagoas Marginais: Avaliação e preposição de estratégias para um trecho do Rio Mogi Guaçu-SP. Brasil. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 8, 1997. *Anais*, São Carlos, UFSCar., **1**:277-283.
- Reimer, P.J.; Baillie, M.G.L.; Bard, E.; Bayliss A.; Beck, J.W.; Bertrand, C.; Blackwell, P.G.; Buck, C.E.; Burr, G.; Cutler, K.B.; Damon, P.E.; Edwards, R.L.; Fairbanks, R.G.; Friedrich, M.; Guilderson, T.P.; Hughen, K.A.; Kromer, B.; MaCComarc, F.G.; Manning, S.; Bronk Ramsey, C.; Reimer, R.W.; Remmele, S.; Southon, J.R.; Stuiver, M.; Talamo, S.; Taylor, F.W.; Plicht, J.V.D. & Weyhenmeyer, C.E. 2004. Intcal04 Terrestrial Radiocarbon age Calibration, 0–26 Cal KYR BP. *Radiocarbon*, **46**:1029-1058.
- Salgado-Labouriau, M.L. 1984. Reconstrucción del ambiente através de los granos de polen. *Investigación y Ciencia*, **96**:6-17.
- Salgado-Labouriau, M.L. 1997. Late Quaternary Paleoclimate in the savannas of South América. *Journal of Quaternary Sciences*, **12**:371-379. doi:10.1002/(SICI)1099-1417(199709/10)12:5<371:AID-JQS320>3.0.CO;2-3
- Salgado-Labouriau, M.L. 2007. *Crîtérios e Técnicas para o Quaternário*. São Paulo, Editora Blücher, 404 p.
- Salgado-Labouriau, M.L.; Cassetti, V.; Ferraz-Vicentini, K.R.; Martin, L.; Soubiès, F.; Suguio, K. & Turcq, B. 1997. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Cerrado and palm swamp from Central Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **128**:215-226. doi:10.1016/S0031-0182(96)00018-1
- Salgado-Labouriau, M.L. & Ferraz-Vicentini, K.R. 1994. Fire in Cerrado 32000 years ago. *Current research in the Pleistocene*, **11**:85-87.
- Scheel-Ybert, R.; Gouveia, S.E.M.; Pessenda, L.C.R.; Aravena, R.; Coutinho, L.M. & Boulet, R. 2003. Holocene palaeoenvironmental evolution in the São Paulo State (Brazil), based on anthracology and soil ¹³C analysis. *The Holocene*, **13**:73-81. doi: 10.1191/0959683603hl596rp
- Toppa, R. H. 2004. *Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de Cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP*. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Paulo, Tese de Doutorado, 149 p.
- Vidotto, E. 2003. *Estudo da dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Quaternário tardio, empregando os isótopos do carbono do solo e das plantas*. Centro de Energia Nuclear de Agricultura, Dissertação de Mestrado, 101 p.

Received in October, 2012; accepted in July, 2013.