



Acta Scientiarum. Biological Sciences

ISSN: 1679-9283

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Medeanik, Svetlana; Stevaux, José Cândido
Palinomorfos e partículas de carvões nos sedimentos holocênicos na região do alto rio Paraná e sua
aplicação nas reconstruções paleoambientais e paleoclimáticas
Acta Scientiarum. Biological Sciences, vol. 30, núm. 4, 2008, pp. 351-359
Universidade Estadual de Maringá
.png, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=187116040003>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Palinomorfos e partículas de carvões nos sedimentos holocênicos na região do alto rio Paraná e sua aplicação nas reconstruções paleoambientais e paleoclimáticas

Svetlana Medeanik^{1*} e José Cândido Stevaux²

¹Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91500-900, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. ²Laboratório de Geociências, Universidade de Guarulhos, Guarulhos, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: smedeanik@yahoo.com

RESUMO. Foram analisadas as amostras de dois perfis num horizonte de paleossolo da planície de inundação do rio Paraná, sendo processada uma datação pelo método ^{14}C na profundidade de 1,95 m, atingindo idade de 1.700 ± 70 anos AP. Foram avaliados pólen e esporos de plantas terrestres juntamente com as partículas de carvão. Dois estágios, no desenvolvimento paleoambiental, foram estabelecidos com respeito ao desenvolvimento da vegetação. Um estágio mais antigo é caracterizado pela distribuição limitada das florestas ripárias e predomínio de campo nas condições de clima mais seco. Quantidade notável de partículas de carvão encontradas nas amostras deste estágio sugere ocorrência de queimadas locais ou regionais durante um clima seco. No estágio mais novo, a expansão das ripárias em resposta ao aumento das precipitações atmosféricas ocorreu. Pólen de plantas cultivadas, daninhas e invasoras, encontrado nos sedimentos, indica o desenvolvimento da agricultura neste estágio. Maior freqüência de partículas de carvão em mesmos sedimentos provavelmente indique ocorrência de queimadas locais associadas ao desmatamento da região.

Palavras-chave: palinologia, partículas de carvão, paleoambiente, impacto antrópico, rio Paraná.

ABSTRACT. **Palynomorphs and charcoal particles in Holocene sediments of the upper Paraná river area: paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction.** The samples from two profiles of flood plain deposits of the Paraná River were studied. One sample at the depth of 1.95 m was dated by ^{14}C as $1,700 \pm 70$ yr BP. Palynological data and charcoal particles were obtained from fluvial sediments and paleosoil. Two principal stages in paleoenvironmental development were established. The early stage is characterized by the limited distribution of riparian forests and predominance of mesophyllous grassland under a condition of relatively dry climate. The deposition of charcoal particles in such predominant quantity was the result of local or regional burns. During the more recent stage, a natural enlargement of riparian forests occurred in conjunction with an increase in rainfall. Land use of that region may be confirmed by relatively frequent presence of pollen from cultivated, weed and introduced plants, encountered in sediments. The major frequency of charcoal particles occurred in the same samples was probably associated with anthropogenic activities during the last stage.

Key words: palynology, charcoal, palaeoenvironment, anthropogenic impact, Paraná river.

Introdução

As florestas ripárias estão amplamente distribuídas na região do alto rio Paraná. A diversidade da CECovegetação nestas florestas é determinada pelo tipo de solo, geomorfologia da planície e regime hidrológico do rio, principalmente no tocante à magnitude, freqüência e permanência de suas cheias. De acordo com levantamento florístico prévio, as famílias mais freqüentes na área são as Myrtaceae, Mimosaceae, Lauraceae e Rubiaceae (Campos e Souza, 1997; Souza *et al.*, 1997; Souza e Souza 1998; Campos *et al.*, 2000). Outras famílias bem distribuídas, nesta

região, são Anacardiaceae, Annonaceae, Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae, Meliaceae, Sapindaceae e Sapotaceae. Nos últimos anos, a floresta ripária do rio Paraná vem sofrendo paulatino empobrecimento pela intensa ação antrópica que se instalou na área desde a década de 40 do século passado, e algumas espécies apresentam freqüência anômala da mata, outras se encontram com diminuição ou mesmo em extinção (Romagnolo e Souza, 2000).

A história da formação e o desenvolvimento de florestas ripárias naturais podem ser reconstruídos por palinomorfos identificados em depósitos sedimentares

de áreas de planície de inundação. Os primeiros estudos palinológicos visando ao entendimento do desenvolvimento da vegetação ripária na planície de inundação do alto rio Paraná no Holoceno Tardio foram apresentados por Barczyszyn (2001), Barczyszyn *et al.* (2001) e Stevaux *et al.* (2001).

A matéria orgânica particulada, após macerada e estudada em microscópio, apresenta palinodebris (Manum, 1976) ou palinomorfos compostos de pólen e esporos de plantas vasculares terrestres e aquáticas, zigósporos de algas, esporos de fungos (Traverse, 1988). Frequentemente, nas amostras, os palinomorfos se encontram junto com partículas de carvão, que são os restos de tecidos vegetais carbonizados. Partículas de carvão, em sedimento, estão associadas a eventos de incêndios espontâneos naturais da vegetação durante os períodos de clima seco ou a queimadas resultantes da atuação antrópica (Boultker, 1994). O tamanho dessas partículas está relacionado à distância do incêndio, ou seja, as partículas de tamanho maior são indicadores de localização de queima relativamente próxima ao local da sedimentação. Os estudos de partículas de carvão nos depósitos sedimentares de diferentes regiões indicam que estas podem ser usadas nas reconstruções paleoambientais e paleoclimáticas e na avaliação do fator antrópico nas mudanças ambientais (Swain, 1973; Clarc, 1983; 1988a e b; Burney, 1987; Patterson *et al.*, 1987; Earle *et al.*, 1996).

Registros de carvão vegetal em sedimentos holocênicos, no Brasil, estão, em sua maioria, associados aos intervalos do clima mais seco (Behling, 1997; Suguió, 1997; Cordeiro e Turcq, 2001; Cordeiro *et al.*, 2001; Lamego Simões Filho *et al.*, 2001; Ledru e Cecantini, 2001).

Material e métodos

Os depósitos aluviais da planície de inundação do Paraná afloram em barranco de, aproximadamente, 3 a 4 m acima do nível médio de água do rio. Esses depósitos incluem um nível de, em média, 10 cm de espessura de argila arenoso-siltosa preta acinzentada a acastanhada, interpretado como um horizonte de paleossolo, desenvolvido a, aproximadamente, 1,9 a 2,0 m de profundidade cuja extensão lateral abrange dezenas de quilômetros (Barczyszyn *et al.*, 2001). O estudo palinológico foi desenvolvido com base em 12 amostras (intervalo 0,25-2,10 m) do Perfil 1 ($53^{\circ}18'14''W$ e $22^{\circ}0'50''S$) e seis amostras (intervalo 0,25-3,00 m) do Perfil 2 ($53018'13''W$ e $22044'52''S$) (Figura 1). O horizonte de paleossolo aluvial exposto na margem esquerda do rio Paraná apresenta idade de 1.700 ± 70 anos AP (Beta Analythic, EUA). A composição litológica do Perfil 1 está apresentada na Figura 2, e do Perfil 2 na Figura 3.

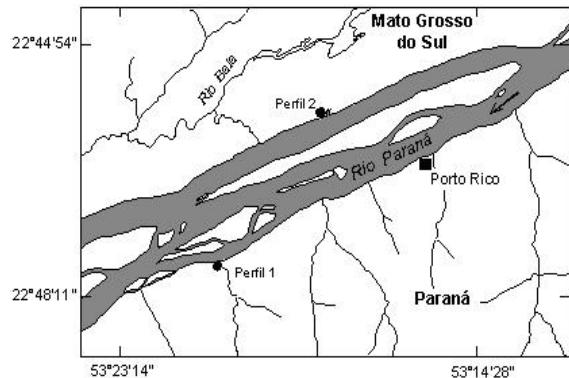


Figura 1. Mapa de localização de Perfil 1 e Perfil 2.

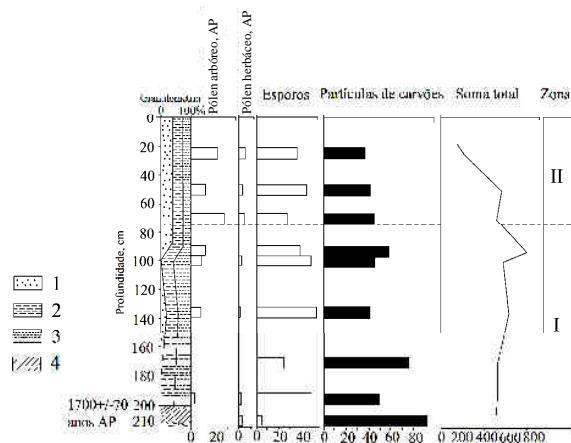


Figura 2. Diagrama de porcentagem de palinomorfos e partículas de carvão nas amostras do Perfil 1: 1 – areia fina, 2 – silte, 3 – argila, 4 – paleossolo.

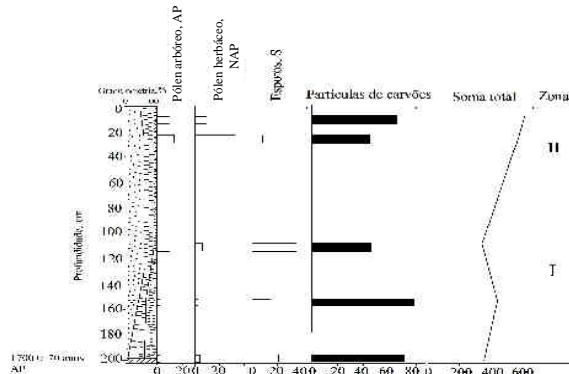


Figura 3. Diagrama de porcentagem de palinomorfos e partículas de carvões nas amostras do Perfil 2.

O tratamento químico das amostras foi feito segundo as técnicas usuais descritas em Faegri e Iversen (1975), usando ácido clorídrico e hidróxido de potássio (10%). O método de separação entre substâncias inorgânicas e orgânicas foi realizado com uso de líquido pesado (solução aquática de $ZnCl_2$ de densidade de 2,2 g cm^{-3}). O estudo foi realizado em

lâminas preparadas com gelatina-glicerina e em microscópio biológico de luz transmitida (aumento de 600-900 X). Após tratamento químico, os palinomorfos e as partículas de carvões foram descobertos somente em nove amostras do Perfil 1 e em cinco amostras do Perfil 2.

Para definição taxonômica de pólen e esporos das plantas superiores, foram usados os trabalhos sobre morfologia e taxonomia de pólen e esporos de Barth *et al.* (1976), Neves e Lorscheitter (1995), Garcia (1998). Pólen de plantas de *Cereales* foi determinado de acordo com Bobrov *et al.* (1983). A identificação de pólen e esporos foi realizada também com uso da palinoteca de pólen e esporos de plantas nativas do Estado do Rio Grande do Sul, depositada no Centro de Geologia Costeira e Oceânica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Para determinar a distribuição e freqüência relativa das partículas de carvão e estabelecer seu relacionamento com pólen e esporos de plantas terrestres, efetuou-se a contagem total desses palinomorfos junto com partículas de carvão. Os diagramas (Figuras 2 e 3) representam a razão entre pólen e esporos e partículas de carvão. As nove amostras do Perfil 1 e as cinco amostras do Perfil 2 foram incluídas na contagem da freqüência de palinomorfos e partículas de carvões em que a concentração de pólen e esporos e partículas de carvão são relativamente representativas, ou seja, a soma total de palinomorfos e partículas de carvão compõem mais de 200 exemplos.

A composição taxonômica de pólen e esporos determinados nas amostras do Perfil 1 e Perfil 2 é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição taxonômica de pólen e esporos nas amostras do Perfil 1 (P1) e Perfil 2 (P2): AP - pólen arbóreo, NAP - pólen herbáceo.

Composição taxonômica	Z	o	n	a
	II	P1	P1	I P2
	P1	P2	P1	P2
MAGNOLIOPHYTA				
AP				
<i>Alchornea</i>		+		
Annonaceae	+		+	
Apocynaceae	+	+	+	+
Aquifoliaceae (<i>Ilex</i>)	+	+		
Arecaceae	+	+	+	
Bignoniaceae	+			+
Boraginaceae	+		+	
<i>Calliandra</i>		+		
Caprifoliaceae (<i>Sambucus</i>)	+	+		
<i>Celtis</i>	+	+		
Clethraceae		+		
Chloranthaceae			+	
Cunoniaceae		+		
Euphorbiaceae	+	+	+	+
<i>Dalechampia</i>		+		
Fabaceae	+	+	+	

Continua...

...continuação				
Flacourtiaceae	+		+	
Lauraceae	+		+	+
Loranthaceae			+	+
Magnoliaceae			+	
Malvaceae			+	
Meliaceae	+		+	+
Mimosaceae	+			+
Moraceae-Urticaceae	+			+
Myrsinaceae (<i>Rapanea</i>)	+		+	+
Myrtaceae	+		+	+
Sapindaceae	+		+	+
Sapotaceae			+	
Solanaceae	+		+	
Tiliaceae	+			+
<i>Trema</i>	+			
Ulmaceae				+
NAP				
Apiaceae			+	
Asteraceae	+		+	+
Brassicaceae			+	
Cereales (cf. <i>Zea mays</i>)			+	
Convolvulaceae			+	
Cyperaceae	+		+	+
Dipsacaceae			+	
Lamiaceae			+	
Liliaceae				+
Onagraceae	+			
Poaceae	+		+	+
Polygonaceae	+		+	
Polygonaceae	+		+	+
Primulaceae			+	
Ranunculaceae			+	
<i>Rumex</i>			+	
Typhaceae	+		+	+
BRYOPHYTA				
<i>Phaeoceros</i>	+		+	
<i>Sphagnum</i>	+			+
PTERIDOPHYTA				
<i>Alsophila</i>	+		+	+
<i>Anogramma</i>	+		+	+
<i>Anemia</i>			+	+
<i>Blechnum</i>	+		+	+
<i>Botrychium</i>	+		+	+
<i>Cyathea</i>	+		+	+
<i>Cyathaceae</i>	+		+	+
<i>Cystopteris</i>	+			+
<i>Dicksonia</i>	+		+	+
<i>Dicranoglossum</i>	+		+	+
<i>Dicranopteris</i>	+		+	+
<i>Huperzia</i>	+		+	+
<i>Hymenophyllum</i>	+		+	+
<i>Gleichenia</i>			+	+
<i>Lophosoria</i>	+			+
<i>Lycopodiella</i>			+	+
<i>Lycopodium</i>				+
<i>Lycopodium</i>				+
Mariattiaceae				+
<i>Microgramma</i>	+		+	+
<i>Ophioglossum</i>			+	
<i>Osmunda</i>	+		+	+
Polypodiaceae				+
<i>Plagiogyria</i>				+
Pteridaceae	+		+	+
<i>Schizaea</i>				+
<i>Selaginella</i>	+		+	+
Vittariaceae				+

Os palinogramas foram confeccionados por meio do programa de computação Tilia e TiliaGraf (Grimm, 1987) e são apresentados nas Figuras 2, 3 e 4. O resumo dos resultados palinológicos, em estudos de amostras no Perfil 2, está expresso na Figura 5.

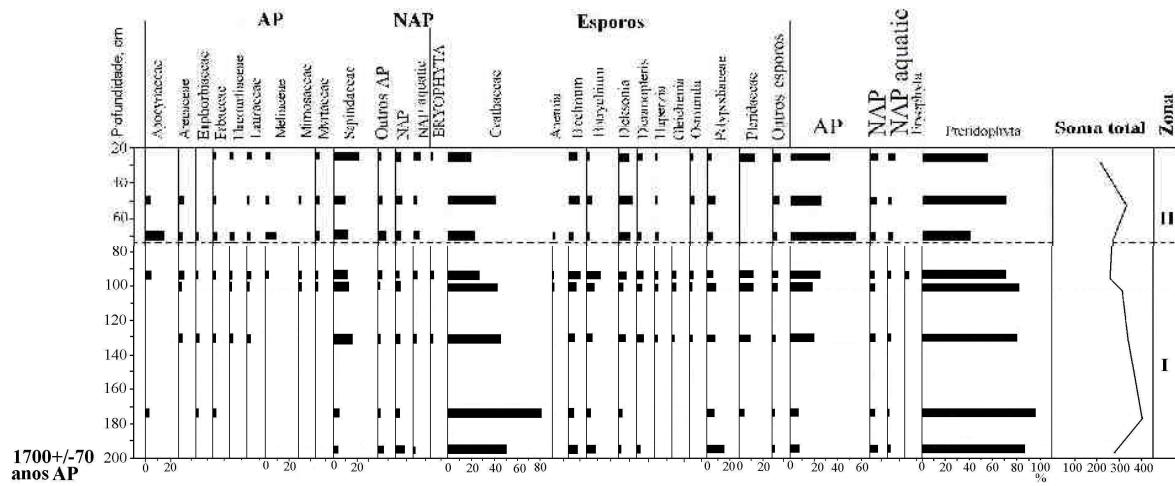


Figura 4. Palinodiagrama de porcentagem nas amostras do Perfil 2.

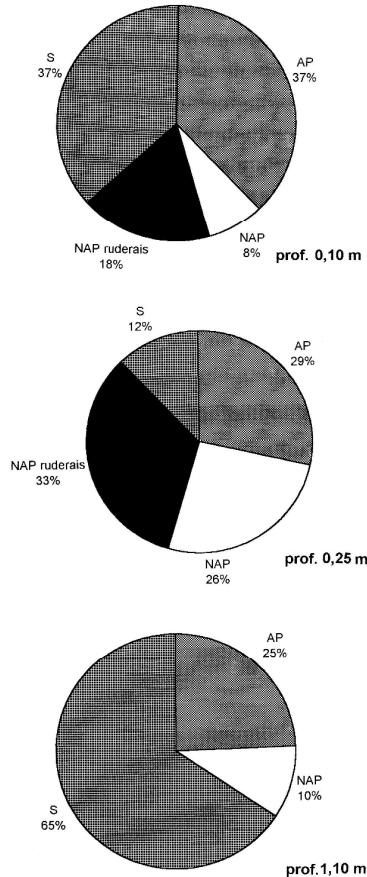


Figura 5. Diagramas de porcentagem de pólen e esporos nas amostras do Perfil 2: AP - pólen arbóreo, NAP - pólen herbáceo, NAP ruderáis - pólen de plantas herbáceas daninhas, invasoras e introduzidas; S - esporos de briofitas e pteridófitos.

As partículas de carvão foram diferenciadas pela forma (irregular, retangular, oval e oval irregular). Algumas partículas de carvão encontradas nas amostras foram fotografadas em fotomicroscópio

Olympus (Figura 6). Quanto ao tamanho, foram medidas de largura e comprimento de formas retangulares, e diâmetro menor e maior de partículas de forma oval. Em contagem, foram incluídas

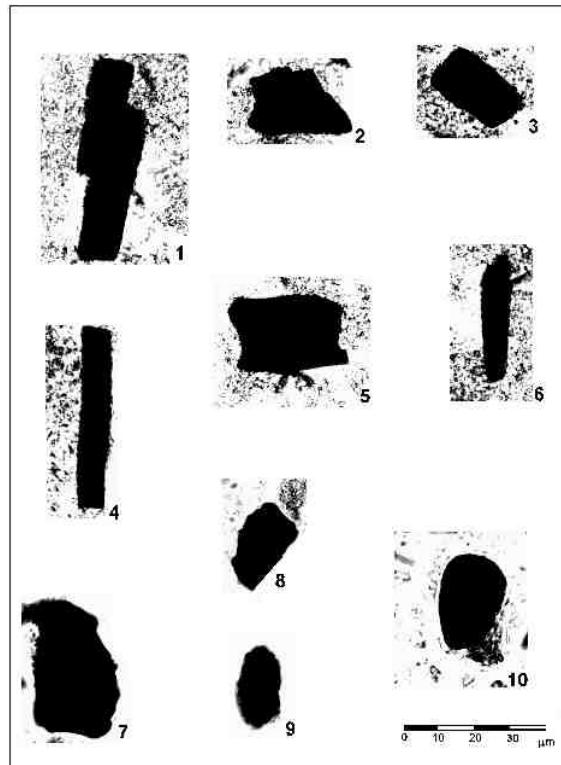


Figura 6. Os tipos morfológicos de partículas de carvões encontrados: 1 - contorno retangular, Perfil 1, 1,73-1,95 m; 2 - contorno irregular, Perfil 1, 1,73-1,95 m; 3 - contorno retangular, Perfil 1, 1,0-1,30 m; 4 - contorno retangular, Perfil 1, 1,73-1,95 m; 5 - contorno irregular, Perfil 2, 0,0-0,10 m; 6 - contorno retangular, Perfil 1, 0,50-0,75 m; 7 - contorno irregular, Perfil 2, 0,0-0,10 m; 8 - contorno irregular, Perfil 1, 0,50-0,75 m; 9 - contorno oval, Perfil 2, 0,0-0,10 m; 10 - contorno oval irregular, Perfil 2, 0,0-0,10 m.

também as partículas pequenas de diâmetro maior ($< 10 \mu\text{m}$). A freqüência de tipos diferentes de partículas de carvão pela forma e tamanho, nas amostras do Perfil 1 e Perfil 2, é representada nas Figuras 7 e 8.

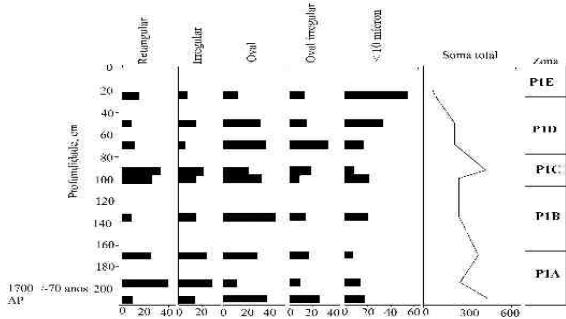


Figura 7. Diagrama de porcentagem de partículas de carvão nas amostras do Perfil 1.

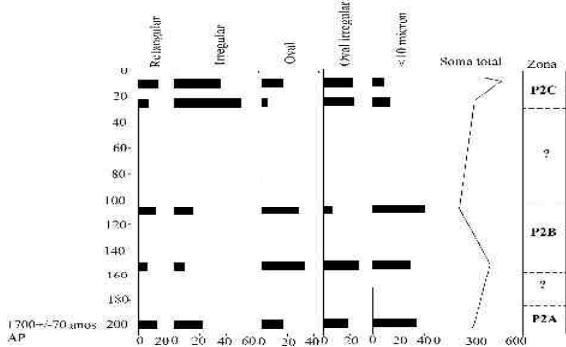


Figura 8. Diagrama de porcentagem de partículas de carvão nas amostras do Perfil 2.

Resultados

Com base nas mudanças significativas na proporção entre pólen arbóreo e herbáceo, esporos de briófitas e pteridófitos foram determinados as duas palinozonas (I e II).

Palinozona I - corresponde ao intervalo 0,70-2,10 m no Perfil 1 e ao intervalo 0,70-2,00 m no Perfil 2. No Perfil 2, os intervalos desta zona são condicionais, pois o material palinológico encontrado em algumas amostras é muito pobre e não permite fazer as conclusões detalhadas.

No Perfil 1, esta zona é caracterizada pelo predomínio de diversas espécies de pteridófitos (80,0 – 88,9%), representadas pelas *Alsophila* (6,8-36,8%), *Blechnum* (4,3-7,5%), *Cyathaceae* (17,0-29,5%), *Microgramma* (1,4-8,9%) e *Pterideae* (0,4-10,0%). A quantidade de pólen de plantas arbóreas varia de 6,1 a 18,2%. Pólen de *Apocynaceae*, *Arecaceae*, *Bignoniaceae*, *Euphorbiaceae*, *Flacourtiaceae*, *Lauraceae*, *Meliaceae*, *Mimosaceae*, *Myrsinaceae*,

Sapindaceae e *Ulmaceae* é representado. Em todas as amostras, nesta zona, a quantidade de pólen das plantas herbáceas, tanto terrestres quanto aquáticas, é insignificante, atingindo freqüência de 1,4 a 5,4%. Pólen das plantas herbáceas pertence às famílias de *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Liliaceae*, *Polygonaceae*, *Poaceae*, entre outras (Tabela 1). Pólen de plantas mesófilas e aquáticas é representado pelas espécies de *Cyperaceae* e *Typhaceae* (Figura 4).

Contadas junto com pólen e esporos, as partículas de carvão compõem 45,0-75,0%. Partículas de carvão são bem frequentes, especialmente na parte inferior do Perfil 1 (intervalo 1,95-2,10 m e 1,30-1,75 m). Predominam as partículas de forma retangular (Figura 6). São freqüentes as partículas de forma oval ou oval irregular (Figura 7). As três zonas foram determinadas pelo tipo de contorno, tamanho de partículas de carvão e freqüência (%) nas amostras.

Zona P1A (int. 1,70-2,10 m) - predominam as partículas de contorno retangular (comprimento 25-70 μm , largura 15-20 μm). São abundantes as partículas de contorno oval e oval irregular (D maior 18-35 μm , D menor 10-25 μm). As partículas pequenas, $< 10 \mu\text{m}$, são raras.

Zona P1B (1,35-1,70 m) - aumentam de partículas de carvão de contorno oval (D maior 20-60 μm , D menor 15-30 μm). São raras as partículas de contorno retangular, irregular, oval, irregular e de tamanhos $< 10 \mu\text{m}$.

Zona PIC (0,75-1,35 m) - predominam as partículas de contorno retangular e irregular (comprimento 40-200 μm , largura 20-40 μm). Aumenta a freqüência de partículas de contorno oval (D maior 10-38 μm , D menor 5-15 μm). As partículas de contorno irregular e pequenas, $< 10\%$, são menos abundantes.

No Perfil 2, pólen e esporos se encontram somente em algumas amostras. Rara ocorrência de palinomorfos nas amostras é causada por grande porcentagem de areia fina nos sedimentos que são desfavoráveis para preservação de matéria orgânica. Palinozona é caracterizada pelo predomínio de esporos de pteridófitos. Pólen arbóreo e pólen herbáceo são relativamente raros e não são variáveis (Tabela 1). Foi observada a quantidade notável de partículas de carvão (até 80%) (Figura 3).

Zona P2A (prof. 2,00 m) - predominam partículas de contorno irregular (comprimento 30-200 μm , largura 15-40 μm) e de tamanho $< 10 \mu\text{m}$.

Zona P2B (int. 1,10-1,53 m) - observa-se freqüência notável de partículas de forma oval e oval irregular (D maior 12-44 μm , D menor 5-12 μm) e de tamanho $< 10 \mu\text{m}$.

Palinozona II - corresponde ao intervalo 0,00-0,70 m no Perfil 1 e no Perfil 2.

Perfil 1 - aumento significativo em pólen arbóreo (23,6-49,7%) e diminuição na diversidade taxonômica e na frequência relativa (%) de esporos de pteridófitos. A quantidade de pólen herbáceo continua a ser relativamente baixa, entre 6,1 e 9,4%. Pólen arbóreo é representado pelas espécies de Annonaceae, Apocynaceae, Arecaceae, Bignoniaceae, Boraginaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Flacourticaceae, Lauraceae, Meliaceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Sapindaceae e Tiliaceae. Entre esporos (soma total - 43,6-70,8%), predominam as espécies de *Alsophila* e *Cyathea*. Encontram-se as espécies de *Blechnum*, *Dicksonia*, *Dicranopteris* e *Pteris*. Pólen herbáceo compõe 3,5-5,9%, os mais frequentes são Asteraceae, Chenopodiaceae, Onagraceae, Poaceae, Polygonaceae e Cyperaceae. Na amostra do intervalo 0,25-0,50 m, a frequência de pólen arbóreo diminui para 23,6%. No caso de esporos de pteridófitos, mesmo ocorrendo diminuição na diversidade, a sua quantidade continua a ser significativa, até 70,8%.

Na comparação com palinozona I, a quantidade de partículas de carvão diminui para 25,0-32,0% (Figura 2).

Zona P1D (int. 0,25-0,70 m) - predomínio de partículas de carvão de contorno oval (D maior 20-30 μm , D menor 10-17 μm) e de tamanho < 10 μm .

Zona PIE (int. 0,00-0,25 m) - aumento significativo na freqüência de partículas de carvão de tamanho < 10 μm . Partículas de contorno oval (D maior 15-30 μm , D menor 10-15 μm) são mais raras.

No Perfil 2, esta palinozona é também caracterizada pelo aumento na quantidade e variedade de pólen arbóreo (28,0-37,5%), representado pelas espécies de Apocynaceae, Arecaceae, *Calliandra*, *Celtis*, Clethraceae, Euphorbiaceae, *Ilex*, Lauraceae, Magnolia, Meliaceae, Myrtaceae, *Rapanea*, Rubiaceae e Solanaceae. Por sua vez, pólen herbáceo aumenta para 25,5-59,5% e é representado pelas espécies de Apiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Convolvulaceae, Lamiaceae, Poaceae e Polygonaceae. A quantidade total de pólen aquático de Cyperaceae, Polygalaceae e Typhaceae aumenta até 6,2%. Para amostra da profundidade 0,25 m, o pólen de plantas ruderáis (*Convolvulus* e *Ipomea*) apresenta valores até 33,0% e, para amostra de profundidade 0,10 m, esse pólen compõe até 18,0%, o que é considerado quantidade anômala e, por sua vez, coincide com a presença de pólen de milho (*Zea mays* L.) e quantidade, também anômala, de pólen de *Sambucus* (Figura 5 e Tabela 1). A freqüência de partículas de carvão no topo na

zona I aumentou significativamente até 60,0% (Figura 3).

Zona P2C (0,00-0,10 m) - predominam partículas de carvão de contorno irregular (comprimento 20-70 μm , largura 10-15 μm) e oval irregular (D maior 13-67 μm , D menor 12-35 μm) (Figura 8).

Discussão

As duas palinozonas correspondem às duas principais fases no desenvolvimento da vegetação e delineiam a história evolutiva da mata ripária, nesta região, conectada com as mudanças climáticas ocorridas durante o Holoceno Tardio.

Estágio 1 - corresponde à palinozona I, que se iniciou há cerca de ^{14}C 1.700 \pm 70 anos AP. Neste estágio, a distribuição da floresta ripária foi restrita, sendo as espécies de Apocynaceae, Arecaceae, Lauraceae, Meliaceae e Sapindaceae as mais frequentes e, secundariamente, as espécies de Euphorbiaceae, Fabaceae, Flacourticaceae e Mimosaceae. Predominavam *Alsophila*, *Anogramma*, *Anemia*, *Blechnum*, *Botrychium*, *Cyathaceae*, *Dicksonia*, *Dicranoglossum*, *Gleichenia*, *Lophosoria*, *Lycopodiella*, *Lycopodium*, *Marratiaceae*, *Microgramma*, *Osmunda*, *Pterideae* e *Selaginella*. A ocorrência de plantas herbáceas foi restrita. As áreas abertas de campo foram ocupadas por alguns pteridófitos e por plantas herbáceas de Asteraceae, Chenopodiaceae, Polygonaceae e Poaceae. A vegetação aquática constitui-se, basicamente, de Cyperaceae, Typhaceae e, juntamente com *Lycopodium*, *Lycopodiella*, *Osmunda*, *Selaginella* e *Sphagnum*, distribuía-se nas áreas pantanosas. A presença significativa de partículas de carvão, nos sedimentos formados nesta fase, evidencia a ocorrência de queimadas naturais durante os períodos, provavelmente prolongados, de seca.

A variedade e frequência entre pólen e esporos e a presença significativa de partículas de carvão evidenciam o domínio de um clima mais seco que o atual, principalmente no início de estágio. É possível admitir que o desenvolvimento da mata ripária, nesta região, foi prejudicado pelas queimadas naturais durante os períodos de seca. No final deste estágio, aumentou a quantidade e diversidade de pteridófitos e plantas de mata ripária.

Uma análise de distribuição de partículas de carvão pelo tipo de contorno e tamanho nos dois perfis indica diferença entre os dois locais. No local do Perfil 1, a presença significativa de partículas de carvão de contorno retangular, irregular e frequência rara de pequenas (< 10 μm) partículas no início desse estágio (zona P1A) pode evidenciar que houve

queimadas significativas perto do local. As próximas queimadas ocorreram mais longe do local, o que evidenciam as abundantes partículas de contorno oval (zona P1B). No final desse estágio (zona P1C), as queimadas aconteceram bem perto do local, o que evidenciam as partículas abundantes de contorno retangular e irregular (consideradas como partículas *in situ*), depositadas perto de fonte de queimadas, tanto que houve as outras fontes de queimadas (constância de partículas de contorno oval e oval irregular).

No local do Perfil 2, onde menos amostras foram analisadas, são abundantes as partículas de carvão de contorno oval e oval irregular e de tamanho $< 10 \mu\text{m}$, as quais podem provar as ocorrências de queimadas naturais bem longe do local deste perfil.

As informações paleoclimáticas fornecidas, neste estudo, corroboram em grande parte os estudos desenvolvidos por Stevaux (2000) e para a região Nordeste do Estado do Paraná e Sudeste do Mato Grosso do Sul, que identificam um período mais seco ao final do Holoceno Médio e início do Holoceno Tardio. Essa mudança climática seria de tal ordem que promoveria a retração da vegetação arbórea em detrimento de cobertura vegetal mais escassa. Essa fisiografia permitiria a mobilização eólica da areia fina da cobertura sedimentar, principalmente no lado matogrossense, levando a formar, em determinados locais, dunas eólicas isoladas (Parolin e Stevaux, 2001).

Estágio 2 - corresponde à palinozona II, em que os dados palinológicos evidenciam expansão na área de mata ripária e aumento na diversidade das plantas florestais. As espécies predominantes pertenciam às famílias Annonaceae, Apocynaceae, Arecaceae, Aquifoliaceae, Bignoniaceae, Boraginaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Lauraceae, Meliaceae, Mimosaceae, Moraceae-Urticaceae e Sapindaceae. Ocorreu também, nesta fase, expansão das áreas pantanosas, e os pteridófitos apresentavam menor diversidade que a fase anterior. Entre elas predominavam as espécies de Cyathaceae, *Blechnum*, *Dicksonia*, *Dicranopteris* e *Microgramma*, que se distribuíram nas florestas, campos e pântanos. O aumento na precipitação atmosférica, ocorrido durante esta fase, provavelmente, foi o responsável pela expansão da mata ripária.

No local do Perfil 1, esta conclusão sobre mudanças do clima coincide com a frequência de partículas de carvão (zonas P1d e P1E). A diminuição de frequência de partículas de carvão, por sua vez, confirma a redução de incêndios espontâneos naturais. Encontram-se, predominantemente, as partículas de contorno oval e de tamanho $< 10 \mu\text{m}$. Daquele

tempo, houve fontes de queimadas situadas bem longe do local do perfil 1.

No local do Perfil 2, observa-se também o aumento da mata ripária. No final deste estágio, floresta ripária foi reduzida como resultado de desmatamento para lavoura ou pastagem executado por queimadas artificiais. Isso fica evidente pela redução da frequência de pólen arbóreo e pelo aumento na frequência de partículas de carvão de contorno irregular. O predomínio de partículas de tamanho grande (às vezes, até $200 \mu\text{m}$) de contorno irregular, presença de partículas de contorno oval irregular, pouca porção de partículas de contorno oval e de tamanho $< 10 \mu\text{m}$ evidenciam que houve fonte de queimada dentro desse local ou nas áreas próximas. Pólen de *Cereales*, como *Zea mays* L., identificado nas amostras de profundidade 0,10 e 0,25 m, pode evidenciar o desenvolvimento de atividade agrícola. Outro indicador de fator antrópico é a quantidade anômala de pólen de *Convolvulus* e *Ipomea*. Para Kuprianova e Alyoshina (1972), a maior quantidade de espécies destas famílias ocorre nos solos tipo *nutrient-rich*, desenvolvidos próximos a habitações ou juntamente a assentamentos humanos. A anomalia na quantidade de pólen de *Sambucus* também pode estar relacionada à introdução pelo homem.

A variedade de famílias de árvores e arbustos, de acordo com dados palinológicos obtidos, é comparável, em traços gerais, com a composição taxonômica de plantas atuais nativas da floresta ripária do alto rio Paraná, descritas pelos botânicos citados neste trabalho.

Conclusão

Com base em dados de palinomorfos e partículas de carvão, pode-se afirmar que o desenvolvimento ambiental e a floresta ripária, durante o Holoceno Tardio, deram-se em dois estágios principais. Estas fases correspondem a mudanças climáticas que alteraram a cobertura vegetal regional, bem como o regime hidrológico do rio Paraná. As partículas de carvão forneceram informações importantes não apenas no tocante às mudanças climáticas, mas na avaliação das atividades antropogênicas nesta região, desde sua ocupação.

O primeiro estágio da evolução ambiental (cerca de 1.700 ± 70 anos AP) é caracterizado pelo predomínio de várias espécies de pteridófitos clima mais seco do que o atual e pelo desenvolvimento discreto de florestas ripárias subtropicais. A presença constante de partículas de carvão em quantidade significativa sugere a ocorrência de incêndios frequentes, ocorridos durante períodos de clima mais seco.

A segunda fase é diferenciada pela expansão da floresta ripária e pelo incremento na variedade taxonômica da vegetação arbórea conectado com aumento nas precipitações atmosféricas e ascensão do lençol freático (esta causada principalmente pela alteração do regime hidrológico do rio). Ao final desta fase, surgem fortes evidências de intervenção humana para desenvolver a agricultura, tais como a ocorrência de plantas cultivadas (milho), anômala quantidade de plantas ruderais e introduzidas, o que provocou rápida retração da floresta ripária e redução na sua diversidade. O desenvolvimento de pastagens pode evidenciar a diminuição na diversidade da vegetação de campo, incluindo os pteridófitos.

Aumento significativo de quantidade de partículas de carvão, em amostra correspondente somente ao local do Perfil 2, indica queimadas habituais de origem artificial, ligadas ao desmatamento na região, e coincide com dados palinológicos sobre aumento de plantas cultivadas, ruderais e introduzidas.

Os resultados apresentados são os primeiros, nesta região, analisados com base em palinomorfos e partículas de carvão de sedimentos subaéreos, em que, geralmente, a concentração de matéria orgânica é muito baixa. Mas os dados obtidos indicam a sua importância nos estudos de sedimentos continentais subaéreos para as reconstruções paleoambientais, paleoclimáticas e avaliação de impacto antrópico.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Centro e Estudos de Geologia Costeira e Oceânia/Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CECO/IG/UFRGS) pelas facilidades oferecidas no desenvolvimento deste trabalho. Os autores agradecem ao Dr. Paulo E. de Oliveira, pelas sugestões, crítica e conselhos úteis para melhorar a apresentação deste trabalho.

Referências

- BARCZYSZYN, O. *Paleossolos na planície de inundação do rio Paraná: caracterização e interpretação paleoambiental*. 2001. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente)-Instituto de Geociências, Unesp, Rio Claro, 2001.
- BARCZYSZYN, O. et al. Paleossolo da planície de inundação do rio Paraná e suas implicações paleohidrológicas e climáticas. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 8., 2001, Imbé. *Boletim de resumos...* Imbé: UFRGS, 2001. p. 356-357.
- BARTH, O.M. et al. Morfologia do pólen anemófilo e alegizante no Brazil VI: Gramineae, Palmae, Typhaceae, Cyperaceae, Cupressaceae e Combretaceae. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 74, n. 3/4, p. 347-359, 1976.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE, Brazil. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, Amsterdam, v. 129, n. 3-4, p. 407-422, 1997.
- BOBROV, A.E. et al. Sporae Pteridophytorum et pollen Gymnopermum Monocotyledonearumque Florae Partis Europaeae URSS. Leningrad: Nauka, 1983. (Em russo).
- BOULTKER, M.C. An approach to a standard terminology for palynodebris. In: TRAVERSE, A. (Ed.). *Sedimentation of organic matter*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. p. 199-216.
- BURNEY, D.A. Late Quaternary stratigraphic charcoal records from Madagascar. *Quat. Res.*, San Diego, v. 28, n. 1, p. 274-280, 1987.
- CAMPOS, J.B.; SOUZA, M.C. Vegetação. In: VAZZOLER, A.E.A.M. et al. (Ed.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p. 333-344.
- CAMPOS, J.B. et al. Structure, composition and spatial distribution of three species in a remnant of the semideciduous seasonal alluvial forest of the Upper Paraná River Floodplain. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, Curitiba, v. 43, n. 2, p. 185-194, 2000.
- CLARC, R.L. Pollen and charcoal evidence for the effect of Aboriginal burning on the vegetation of Australia. *Archaeol. Ocean.*, Sydney, v. 18, p. 32-37, 1983.
- CLARC, R.L. Particle motion and the theory of charcoal analysis: source area, transport, deposition and sampling. *Quat. Res.*, San Diego, v. 30, p. 81-91, 1988a.
- CLARC, R.L. Charcoal-stratigraphic analysis on petrographic thin section: recent fire history in northwest Minnesota. *Quat. Res.*, San Diego, v. 30, p. 67-80, 1988b.
- CORDEIRO, R.C.; TURCQ, B. Comparação dos fluxos de deposição de partículas de carvão em diferentes escalas temporais relacionadas a mudanças paleoambientais e mudanças do uso da terra. In: REQUI/I CQPLI, 5., 2001, Lisboa. *Resumos...* Lisboa: Universidade de Lisboa, 2001. p. 398-401.
- CORDEIRO, R.C. et al. Conexão clima, vegetação e ciclo do carbono durante o Holoceno. In: REQUI/I CQPLI, 5., 2001, Lisboa. *Resumos...* Lisboa: Universidade de Lisboa, 2001. p. 317-319.
- EARLE, C.J. et al. Charcoal in north central Alaskan lake sediments: relationships to fire and Late Quaternary vegetation history. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Amsterdam, v. 92, n. 1/2, p. 83-95, 1996.
- FAEGRI, K.; IVERSEN, J. *Textbook of pollen analysis*. Oxford: Blackwell Scientific, 1975.
- GARCIA, M.J. Palinologia de Turfeiras Quaternárias, do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil: Parte II. Gymnospermae e Magnoliophyta. *Rev. Univ. Guarulhos - Geocinc.*, Guarulhos, v. 3, n. 6, p. 84-107, 1998.

- GRIMM, E.C. CONISS: a fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Perg. J.*, Texas, v. 13, p. 13-35, 1987.
- LAMEGO SIMÕES FILHO, F.F. et al. *Records of climate variations in northern Amazon during the Holocene*. In: REQUI/I e CQPLI, 5, 2001, Lisboa. *Resumos...* Lisboa: Universidade de Lisboa, 2001. p. 320-323.
- LEDRU, M.P.; CECANTINI, M. Contribuição ao estudo da evolução paleoambiental da Lagoa do Caço: resultados da Botânica, Ecologia, Palinologia e micropartículas de carvões. In: VIII CONGRESSO da ABEQUA, 8., 2001, Imbé. *Boletim de resumos...* Imbé: UFRGS, 2001. p. 332.
- KUPRIANOVA, L.A.; ALYOSHINA, L.A. *Pollen and spores of plants from the flora of European part of the USSR*. Leningrad: Nauka, 1972.
- MANUM, S.B. Dinocysts in tertiary Norwegian Greenland Sea sediments (D.S.D.P. Leg. 38) with observations on palynomorphs and palynodebris in relation to environment. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Washington, D.C., v. 38, p. 897-921, 1976.
- NEVES, P.C.P.; LORSCHETTER M.L. Palinologia de sedimentos de uma mata tropical paludosa (Terra de Areia, Planície Costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil): descrições taxonômicas: parte II. Gimnospermas e angiospermas. *Acta Geol. Leopold.*, São Leopoldo, v. 18, n. 41, p. 45-82, 1995.
- PAROLIN, M.; STEVAUX, J.C. Clima seco e formação de dunas eólicas durante o Holoceno Médio e Taquaruçu, MS. *Pesquisa em Geociências*, Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 233-241, 2001.
- PATTERSON, W.A. et al. Microscopic charcoal as a fossil indicator of fire. *Quat. Sci. Rev.*, Elsevier, v. 6, p. 3-23, 1987.
- ROMAGNOLO, M.B.; SOUZA, M.C. Análise florística e estrutural de florestas ripárias do alto rio Paraná, Taquaruçu, MS. *Acta Bot. Bras.*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 163-174, 2000.
- SOUZA, D.C.; SOUZA, M.C. Levantamento da florística das tribos Psychotriaceae, Coussareae e Morindeae (Rubiaceae) na região de Porto Rico, alto rio da Paraná. *Acta Sci. Biol. Sci.*, Maringá, v. 20, n. 2, p. 207-212, 1998.
- SOUZA, M.C. et al. Levantamento florístico. In: VAZZOLER, A.E.A.M. et al. (Ed.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 1997. p. 345-370.
- STEVAUX, J.C. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Paraná River: correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. *Quat. Int.*, Oxford, v. 72, p. 73-85, 2000.
- STEVAUX, J.C. et al. Late Holocene soil formation in flood plain of the Paraná River (SE, Brazil): paleohydrological and paleoenvironmental implications. In: INQUA-SEQS CONFERENCE. The Ukraine Quaternary Explored, 2001, Kiev. *Abstracts...* Kiev: Academia Nacional de Ciências da Ucrânia, 2001. p. 90.
- SUGUIO, K. A situação dos conhecimentos sobre os paleoclimas do Holoceno no Brasil. *Revista Universidade Guarulhos - Geociências*, Guarulhos, v. 2, n. esp., p. 194-196, 1997.
- SWAIN, A.M. A history of fire and vegetation in northeastern Minnesota as recorded in lake sediments. *Quat. Res.*, San Diego, v. 3, p. 383-396, 1973.
- TRAVERSE, A. *Paleopalynology*. London: Unwin Hyman, 1988.

Received on July 07, 2008.

Accepted on September 30, 2008.