

Registros Palinológicos das Mudanças Climáticas na Amazônia Brasileira Durante o Neógeno

Maria Lúcia Absy
Silane Aparecida Ferreira da Silva

Atualmente, estudos relacionados às mudanças climáticas têm recebido grande atenção devido ao aquecimento global provocado pelo aumento nas concentrações de CO₂ resultantes, principalmente, de atividade humana. Isso tem gerado uma ampla discussão mundial, além de políticas que visem à diminuição de emissões de CO₂ para as próximas décadas. Alguns modelos climáticos sugerem drásticas modificações na terra, ocasionadas pelo aquecimento global, principalmente mudanças em ecossistemas importantes como a Amazônia. Previsões desses modelos sugerem que a maior floresta tropical do mundo estará com seus dias contados se a temperatura global permanecer aumentando em taxas iguais às observadas atualmente (Cox et al., 2000).

Mudanças climáticas ocorreram de forma cíclica durante o passado do planeta, sendo as do Pleistoceno e Holoceno as mais conhecidas e discutidas. Nesse período, importantes eventos ocorreram no clima e na biota amazônica. De acordo com Adams et al., (1990), as alternâncias entre as fases glaciais e interglaciais nas zonas continentais tropicais foram acompanhadas por mudanças profundas no tipo de vegetação e biomassa, causando extinção, diferenciação e mudanças na distribuição geográfica de plantas e animais.

Mudanças Climáticas Ocorridas durante Pleistoceno e Holoceno e a Teoria dos Refúgios

O Pleistoceno (que vai de cerca de 1.8 milhões a 10 mil anos atrás) iniciou com mudanças climáticas globais. Durante as glaciações, além da queda na temperatura, ocorreu um rebaixamento do nível do mar de cerca de 100 metros durante as fases de expansão glacial relativas às fases interglaciais. Oscilações entre climas mais quentes e mais frios também ocorreram, correspondendo com os ciclos de alternância das fases glaciais e interglaciais (Absy, 2000). A última fase interglacial ocorreu há cerca de 120,000 anos Antes do Presente (A. P) e foi seguida por uma fase glacial de intensidades variáveis que terminou há 10 mil anos A. P, quando iniciou a atual fase interglacial e a mais recente época do Quaternário, o Holoceno (Fig. 1).

Fanerozóico

Cenozóica ⁺		Paleozóica ⁺	
Neógeno [#]		Permiano [#]	299 ± 0,8 Ma
Holoceno	11,5 ± 0 ka	Carbonífero [#]	359,2 ± 2,5 Ma
Pleistoceno	1,8 ± 0 Ma	Devoniano [#]	416 ± 2,8 Ma
Plioceno	5,3 ± 0 Ma	Siluriano [#]	443,7 ± 1,5 Ma
Mioceno	23,03 ± 0 Ma	Ordoviciano [#]	488,3 ± 1,7 Ma
Paleogeno[#]		Cambriano [#]	542 ± 1,0 Ma
Oligoceno	33,9 ± 0,1 Ma	Proterozóico*	2,5 Ga-542 Ma
Eoceno	55,8 ± 0,2 Ma	Arqueano*	~3,85-2,5 Ga
Paleoceno	65,5 ± 0,3 Ma	Hadeano*	4,6(?) ~ 3,85 Ga
Mesozóica⁺			
Cretáceo [#]	145,5 ± 4,0 Ma		
Jurássico [#]	199,6 ± 0,6 Ma		
Triássico [#]	251 ± 0,4 Ma		

Fig. 1. Escala de tempo Geológico. (1 Ga=10⁹ (um bilhão), 1 Ma=10⁶ (um milhão), 1ka=10³ (um milhar de anos)).*Eon + Era # Período, sem símbolos- Épocas. Extraído de: Winge, M. et. al. 2001.

A teoria dos refúgios postulada por Haffer (1969) afirma que, em certos períodos secos do Pleistoceno, a Floresta Amazônica ficou reduzida a áreas isoladas ou refúgios, onde espécies de animais e plantas sobreviveram sob drásticas condições climáticas. As pesquisas desenvolvidas por Haffer (1969) e por Vanzolini (1970,1973)) foram baseadas, respectivamente, na distribuição atual de pássaros e lagartos na Amazônia. Essa teoria estimulou inúmeros especialistas a escreverem sobre a complexa história das mudanças climáticas na Amazônia. Colinvaux (1993) e Colinvaux et al. (2001), entretanto, afirmaram que tais fragmentações da floresta não ocorreram; enquanto Salo (1987) questionou as evidências do isolamento da floresta. Por sua vez, Van der Hammen & Hooghiemstra (2000), baseando-se, principalmente, em estudos palinológicos, apresentaram uma detalhada e importante revisão crítica sobre a história da vegetação na Amazônia, do clima e da diversidade de plantas, que reforça a proposta de Haffer.

Recentemente, Haffer & Prance (2001) enfatizaram que áreas extensas de florestas tropicais úmidas persistiram durante os períodos secos do Terciário e Quaternário, especialmente aquelas localizadas próximas de relevos de superfícies nas periferias da Amazônia, onde, provavelmente, originaram muitas espécies e subespécies de plantas e animais existentes atualmente. Segundo esses autores, essas áreas de refúgios úmidos devem ter sido separadas por vários tipos de savanas e florestas secas, bem como por outros tipos de vegetação intermediária. De acordo com Van der Hammen (2001) a avaliação de Haffer & Prance (2001) é uma honesta e respeitada análise do status de várias teorias propostas para explicar aspectos da biogeografia e da biodiversidade amazônica, usando os dados providos por colegas especializados em outras áreas de pesquisas.

Metodologia

A história da vegetação revelada por registros palinológicos

A resposta da floresta face às mudanças climáticas pode ser também observada por meio da análise de pólen e esporos que se preservam em sedimentos.

Os grãos de pólen constituem uma estrutura reprodutiva masculina de plantas superiores, tais como: Gimnospermas e Angiospermas. Esporos são as estruturas reprodutivas assexuadas de plantas vasculares inferiores como as Pteridófitas. Graças à exina (resistente parede externa dos grãos de pólen e esporos) tanto o pólen quanto os esporos ficam bem preservados por milhares de anos (Fig. 2a e 2b).



Fig. 2a. Fotos de grãos de pólen: a) sedimentos do Holoceno (Quaternário) e b) do Mioceno que possuem a mesma afinidade botânica. 1) Grãos de *Humiria*. (a) Localidade: sondagem Lago do Caju, profundidade: 42 cm. e (b) Localidade: amostras do Alto Amazonas e 2) Grãos de Poaceae. (a) Localidade: sondagem CSS-2 Carajás (PA), profundidade: 602-604 cm. (b) Localidade: amostras do Alto Solimões.

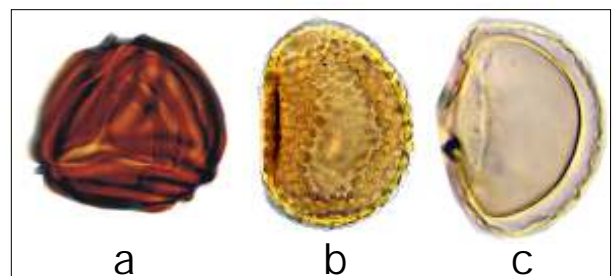


Fig. 2b. a) Esporo de *Magnastriatites grandiosus* (Mioceno). Localidade: Alto Amazonas, amostras de subsuperfície; b) Monolete verrugado. Localidade: sondagem Costa da Terra Nova (Ilha do Careiro), profundidade: 14 m; c) Esporo de *Isoetes* Pteridófito aquática. Localidade: sondagem CCS-10, Carajás, profundidade 332 cm - 334 cm.

De acordo com Cronquist (1988), a maioria das espécies de Angiospermas ocorre nos trópicos, o que explica a rica diversidade de espécies da Floresta Amazônica, que contribui para uma grande variedade de pólen e esporos.

Além dos grãos de pólen e dos esporos, outros microfósseis podem ser preservados em sedimentos, como por exemplo: foraminíferos, diatomáceas etc. Os primeiros, eminentemente marinhos, são protozoários que possuem uma carapaça calcária e registram a presença de antigos mares. As diatomáceas, que são algas de água doce ou marinha, indicam a presença de antigos lagos e mares. Em amostras de sedimentos da Amazônia é freqüente a presença de *Botryococcus*, alga de água doce (Fig.3).

A análise de grãos de pólen e esporos contidos em sedimentos é uma das técnicas que vêm sendo usadas como uma importante ferramenta para indicar as mudanças da vegetação e clima no decorrer do tempo. Essa técnica, desenvolvida em 1916 pelo geólogo sueco Lennart von Post, tem sido um instrumento valioso na reconstrução da história de uma região.

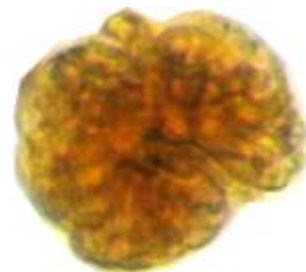


Fig. 3. *Botryococcus* uma alga característica de ambiente de água doce. Localidade: sondagem CSS-2 Carajás (PA), Profundidade: 2,50 m.

Relações entre os sedimentos e os grãos de pólen

Os grãos de pólen das espécies polinizadas pelo vento são os mais importantes para o estudo em sedimentos, mormente para correlações a longa distância. Geralmente, essas espécies produzem grandes quantidades de pólen que são liberadas e dispersadas na atmosfera como “chuva de pólen” (Faegri & Iversen, 1966) que cai lentamente em camadas sucessivas sobre a superfície da terra.

Dado que as condições sejam favoráveis à preservação do pólen e esporos, caso não fiquem expostos à atmosfera por um longo período de tempo, eles podem ser levados pelo vento ou carregados por riachos para os lagos e pântanos (Livingstone, 1969).

Palinólogos cujas pesquisas estão limitadas, principalmente, às rochas do Cretáceo e de idade Cenozóica podem, na maioria das vezes, associar o pólen e os esporos às famílias, gêneros e, algumas vezes, às espécies das plantas atuais (Gray, 1965). O Cretáceo corresponde ao último período da Era Mesozóica e antecede os períodos do Terciário e Quaternário, ambos pertencentes a mais recente das eras geológicas: a Cenozóica (Fig. 1).

Além de servir como registro de mudanças da vegetação, a palinologia também apresenta uma outra valiosa função: a de fazer inferências de idade para a rocha ou sedimentos, em que está contida uma associação de grãos característicos de determinada era geológica, ou seja, plantas que se extinguíram, mas que deixaram registros de sua curta aparição (Fig. 4). Esse método é extremamente eficiente na datação relativa de sedimentos que não apresentam componentes possíveis de serem datados por métodos absolutos.



Fig. 4. Importantes grãos e esporos utilizados como marcadores de idade no Mioceno. Foto a esquerda corresponde ao esporo *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* que tem seu primeiro aparecimento no Mioceno Médio. A foto a direita e do pólen *Grimsdalea magnaclavata* que aparece a partir do final do Mioceno médio e extinta atualmente.

Um exemplo da utilização desse método pode ser observado em sedimentos fossilíferos do Estado do Acre (Silva, 2004), reconhecido por paleontólogos por apresentar muitas localidades ricas em vertebrados, invertebrados e restos vegetais.

Estudos realizados nessa região, baseados na presença de pólen de *Echitricolporites spinosus* que tem afinidade botânica com Asteraceae, uma família representada principalmente por ervas e arbustos, permitiram datar vários sítios paleontológicos como sendo de idade Neomiocênica.

A ausência de uma associação polínica mais recente ou mais antiga rejeita outras idades para essas localidades. Além desse importante resultado, conhecendo a idade da associação é possível juntar todas as informações e fazer uma interpretação paleoambiental abrangendo todos os dados disponíveis tanto de fauna como de flora (Fig.5).

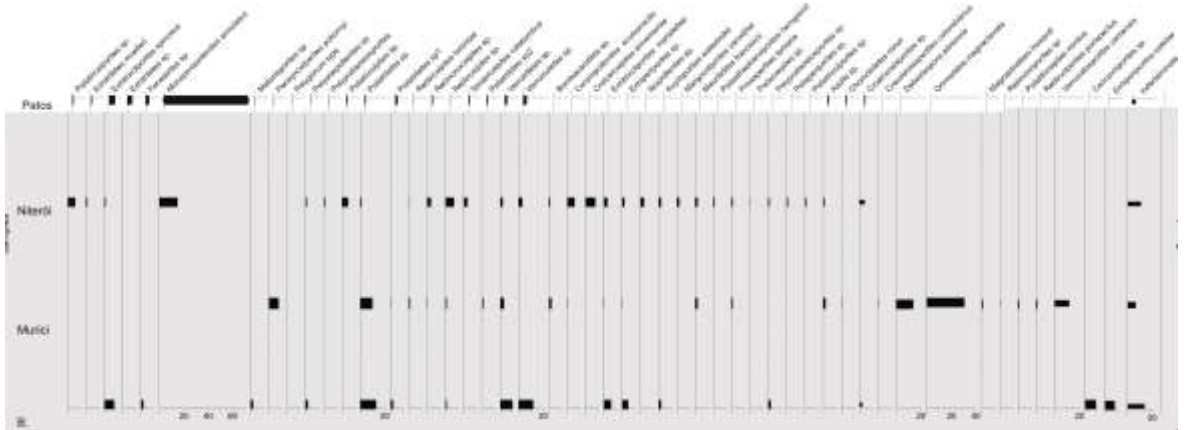


Fig. 5. Diagrama polínico onde estão representadas algumas das espécies encontradas em amostras de superfície de distintas localidades fossilíferas do Acre.

Um outro exemplo da relevância dessas pesquisas é demonstrado em estudos palinológicos realizados por Hoorn (2006) na Amazônia Colombiana. Esses estudos mostram que as altas percentagens encontradas do pólen de *Rhizophora*, planta encontrada atualmente em ambientes costeiros, permitiram inferir que águas do Mar do Caribe atingiram a região durante o Mioceno Médio.

Contudo, é inegável a importância das pesquisas palinológicas em sedimentos bem mais recentes que, por exemplo, permitiram inferir os períodos mais secos e úmidos causados pelas flutuações do nível da água durante o Holoceno na Amazônia Central (Absy, 1979, 1985). Meggers (2001) utiliza esses mesmos dados como uma ferramenta para explicar as substituições na seqüência arqueológica marajoara.

Métodos de coleta e preparação dos grãos de pólen e esporos

Os sedimentos de lagos são os preferidos para a análise de palinofloras. Para cada local que deve ser investigado, são necessárias informações, tais como: mapa da localidade, descrição da localidade com fotos e esquemas, dados geológicos, coordenadas UTM ou GPS, lista da vegetação local e das áreas circunvizinhas, amostras da “chuva de pólen” atual (Kümmel & Raup, 1965). A relação entre a “chuva de pólen” e os tipos encontrados na vegetação local é de considerável importância para uma melhor interpretação dos tipos polínicos encontrados nas amostras de sedimentos e do diagrama polínico.

Após a escolha da área de estudo, a coleta de sedimentos poderá ser feita por meio de sondas que podem ser operadas manualmente ou por equipamentos mais complexos como as sondas rotativas a motor, que são geralmente usadas para obter amostras de níveis mais profundos. As amostras para a

análise palinológica devem ser coletadas desde a superfície até a profundidade desejada e obtidas a cada 5 ou 10 cm. Após a coleta devem ser transportadas para o laboratório e preparadas em condições que evitem contaminação com grãos de pólen e esporos atuais ou com sedimentos de outras idades.

Além da preparação das amostras de sedimentos, que permitirá separar e concentrar os palinomorfos encontrados no material coletado, deverá ser feita também a preparação da palinoflora atual para facilitar a identificação.

Um dos métodos de preparação das amostras de sedimentos inclui o tratamento do sedimento com hidróxido de potássio a 10% (KOH) solução aquosa para remover os ácidos húmicos (Faegri & Iversen, 1966), seguido pela acetólise (Erdtman, 1960).

É necessária uma separação gravitativa pelo uso de um líquido pesado (por exemplo, uma mistura de bromofórmio álcool etílico 2:1). Essa densidade permitirá que os fragmentos minerais afundem, enquanto os grãos de pólen, esporos e outros materiais orgânicos flutuem (Faegri & Iversen, 1966).

Após a preparação, o resíduo contendo os palinomorfos é montado com gelatina glicerinada em lâminas de vidro para a análise microscópica.

A identificação dos grãos de pólen e esporos encontrados nas amostras é feita consultando a literatura especializada e por comparação com a coleção de palinomorfos atual.

Diagrama polínico

Para facilitar o estudo das mais importantes flutuações da palinoflora pertencentes às diferentes taxas encontradas nas amostras, é elaborado um diagrama polínico, onde são representados os resultados das análises da palinoflora de cada localidade estudada.

Esse diagrama é normalmente constituído de duas partes: (1) o diagrama geral onde estão representadas as percentagens de pólen de plantas que possuem afinidades ecológicas, e (2) curvas individuais representando as percentagens esporo-polínicas de cada táxon.

As mudanças mais marcantes nas frequências polínicas delineiam os limites entre as palinozonas onde uma associação de planta foi substituída por outra. Desse modo, de acordo com a significância das flutuações de percentagens polínicas, o diagrama é dividido em palinozonas que podem ser indicadas por letras: A, B, C etc.

Uma viagem à Floresta Amazônica através de um túnel do tempo

As amostras para análises palinológicas podem também ser obtidas por duas maneiras; uma mais contínua (através dos testemunhos) e a outra mais pontual (através dos afloramentos). A primeira, com maior resolução, porém com alto custo para obtenção, são amostras de testemunhos de sondagens (normalmente perfuradas para prospecção do petróleo), que apresentam informações completas, desde amostras mais antigas até mais recentes, ou seja, um registro contínuo do que foi preservado ao longo do tempo. Como os grãos de pólen e esporos são depositados e melhor preservados em ambientes aquáticos ou pantanosos, isso vai criando um registro sucessivo onde os grãos mais antigos vão sendo depositados antes dos mais recentes ao longo de milhões de anos e preservando-se nessa sucessão (lei geológica da sucessão de estratos), se as condições geológicas e ambientais assim o permitir.

O outro método é conhecido por coleta de amostras de afloramentos, ou seja, são camadas que normalmente ficam expostas quando são cortadas por rios ou estradas, aqui denominadas de “barrancos”, e que, apesar de não apresentarem a continuidade temporal dos testemunhos, apresentam características idênticas às da unidade geológica em que o investigador procura informações. A coleta é feita de modo a obter várias amostras em diferentes níveis estratigráficos, com a respectiva descrição litológica do nível amostrado e seu geo-referenciamento.

Essas amostras são levadas para o laboratório e preparadas com químicos, de modo que a parte inorgânica seja eliminada. O protocolo a ser seguido com essa metodologia química pode ser

encontrado na literatura especializada (Tschudy, 1969; Wood, et al., 1996). Como resultado final, obtém-se um concentrado com muita matéria orgânica e, conseqüentemente, muitos palinomorfos. A etapa seguinte é a confecção da lâmina que será minuciosamente estudada em um microscópio.

As espécies encontradas são descritas, desenhadas, e são dados nomes para cada morfotipo de acordo com suas características morfológicas. Muitos grãos têm uma particularidade morfológica, sendo possível sua determinação em nível genérico. As morfo-espécies são então, comparadas com grãos atuais para se identificar sua afinidade botânica e conseqüentemente a respectiva afinidade ecológica. Morfo-espécies com afinidades ecológicas semelhantes são agrupadas em categorias para ser feita uma inferência sobre a estrutura e composição florística de cada amostra.

A Amazônia e o Clima há 50 Milhões de Anos

Efeitos do clima sobre a vegetação durante o Cenozóico

Alguns eventos relativos ao efeito do clima sobre a vegetação durante o passado podem ser ressaltados, tais como: a alta diversidade encontrada no Eoceno logo após o maior evento de aquecimento climático do Cenozóico, que ocorreu durante o Paleoceno (Jaramillo, 2002) quando a temperatura aumentou em cerca de 12 °C (Zachos et al., 2001); a expansão de plantas C4 em resposta à aridez ocorrida desde o Mioceno, ocasionada pela baixa concentração de CO₂ (Pagani et al., 1999); ou até mesmo, a aparente fragmentação da floresta por vegetação tipo savana, ocorrida durante o Quaternário (Van der Hammen & Absy, 1994; Absy et al., 1991). Outros importantes eventos climáticos globais ocorreram durante o Mioceno principalmente devido a flutuações climáticas que oscilaram entre períodos quentes (Mioceno Médio) até períodos mais frios (Zachos et al., 2001) que desencadearam nas eras glaciais ocorridas em períodos mais recentes.

A evolução paleoclimática do Mioceno tem sido baseada em estudos de isótopos estáveis de sedimentos retirados do fundo do mar, que apresentam seqüências completas, e o registro de mudanças na temperatura da água e, conseqüentemente, temperatura continental (Zachos et al., 2001; Holbourn et al., 2005). Esses estudos indicam que, durante o Mioceno Médio (17-15 Ma), a temperatura da Terra aumentou em cerca de 7 °C (Zachos et al., 2001). Esse evento também foi registrado em estudos paleobotânicos na Europa Central (Morsbrugger et al., 2005).

Logo após o aquecimento global do Mioceno Médio, baixos níveis na concentração de CO₂ seguidos por queda da temperatura podem ser registrados, resultando nas glaciações durante o Quaternário (Zachos et al., 2001). Os mecanismos que comandaram o clima durante o passado ainda permanecem desconhecidos, porém muito discutidos. Dentre eles, podem ser ressaltados: movimentos orbitais da Terra (Tiwari, 1987; Pagani et al., 1999); concentração de CO₂ controlada por intemperismos, eventos tectônicos (Pagani et al., 1999; Flower, 1999) e aumento no nível do mar. Sendo esses mecanismos responsáveis pela liberação de grandes cargas de CO₂ na atmosfera.

Em oposição ao cenário global, a Amazônia não foi modificada pelo aquecimento global ocorrido no Mioceno Médio devido à presença da, então recente, Cordilheira Andina, que funcionou como um bloqueio que permitiu o aprisionamento da umidade atmosférica, e, conseqüentemente, as condições climáticas foram semelhantes às atuais com alto índice de pluviosidade e também umidade (Kaandorp et al., 2005). De acordo com esses autores, apesar de condições climáticas favoráveis, a floresta não existiu devido à presença de grandes corpos de água que também só poderiam ser sustentados por alta precipitação.

Entretanto, pela heterogeneidade e pela grande extensão da Amazônia, esses dados devem ser mais bem apurados, haja vista os estudos existentes atualmente serem pontuais e embasados em escalas de tempo que ainda não são bem estabelecidas em todos os conhecidos para vários sítios paleontológicos.

Paleoecologia da América do Sul

Uma grande parte do conhecimento paleoecológico atual da América do Sul é provida por dados palinológicos como demonstram alguns dos trabalhos realizados na Guiana, Suriname, Brasil, Colômbia, Venezuela, Equador e Argentina, que destacamos a seguir.

Registros palinológicos de sedimentos costeiros da Guiana e Suriname mostram uma dominante influência das flutuações do nível do mar nas zonas de vegetação costeira (Van der Hammen, 1982). No Suriname, uma significativa extensão de savanas, durante períodos glaciais, foi registrada por Wijmstra (1969, 1971) nos estudos de depósitos Plio-Pleistocênicos da planície costeira. Os diagramas polínicos mostram que fases de savanas alternaram-se com fases de mangues e floresta pantanosa. Nas planícies costeiras da Guiana e Suriname, a predominância da vegetação de savana ocorreu durante períodos em que o nível do mar estava baixo.

Nas savanas Rupununi na Guiana, próximo à fronteira com o Brasil, a análise de pólen e datações de ^{14}C , em amostras de sedimentos do Lago Moreiru, mostraram uma expansão de savanas que coincidiram com os baixos níveis do mar. Durante parte do Holoceno, há cerca de 5,000 anos A. P. e principalmente nos últimos 3,000 anos, evidências palinológicas indicaram que savanas predominaram nessa área (Wijmstra & Van der Hammen, 1966).

No Brasil, estudos palinológicos realizados por Lorscheitter (2003) indicam uma grande influência marinha na Planície Costeira do Rio Grande do Sul entre 8,000-4,000 A.P., e o início da expansão da Floresta Atlântica após 4,000 A.P., com a regressão do nível do mar e dessalinização dos terrenos.

Dados palinológicos do Lago Fuquene na Cordilheira Oriental da Colômbia permitiram o conhecimento da história da vegetação e do clima durante o Pleistoceno nessa região (Van Geel & Van der Hammen, 1973). Mais recentemente, análises de pólen e de datações de ^{14}C , em sedimentos de duas localidades dos Llanos Orientales, Colômbia, mostraram a dinâmica entre savana aberta (*Poaceae*, *Cyperaceae*), savana lenhosa (*Byrsonima*, *Curatella* e *Didymopanax*), palmeiras de áreas alagadas (*Mauritia*, *Mauritiella*), floresta e floresta de galeria (Berrio et al. 2002).

Nos Andes Venezuelanos, estudos palinológicos do Lago Valência (Salgado-Labouriau 1980, 1982) demonstraram que no final do Pleistoceno e aproximadamente a 13,000 A.P. o clima foi muito seco e a região ocupada por uma vegetação semi-árida. A floresta tropical úmida que ocorre atualmente na área não existiu durante esse intervalo.

Análises de pólen na Amazônia Equatoriana revelaram a história das mudanças da vegetação nessa área durante os últimos 7,000 anos, incluindo evidência de atividade humana entre cerca de 2,850 anos A. P. e 800 A. P. (Bush & Colinvaux, 1988).

Na Argentina, D'Antoni & Spanner (1993) estabeleceram a relação entre os dados da dispersão atual de pólen e índices de vegetação computados de dados de sensoriamento remoto e predisseram os índices de vegetação com base nos dados polínicos. D'Antoni & Schaebitz (1995) aplicaram esse método para a reconstrução dos índices de vegetação passada, para um período de 9,000 anos.

Registros palinológicos do Quaternário na Amazônia Brasileira

Pesquisas palinológicas das extremidades sul e sudeste da Região Amazônica, atualmente coberta por floresta (Rondônia e Carajás, respectivamente), revelaram mudanças na vegetação dessas áreas. Durante o Pleistoceno Tardio, a vegetação de savana foi substituída pela floresta tropical úmida (Absy et al., 1991, Van der Hammen & Absy, 1994).

No noroeste da Amazônia, Colinvaux et al. (1996) afirmaram que, de acordo com os resultados das análises polínicas de sedimentos do Lago Pata, a floresta tropical úmida ocupou a região continuamente e que as savanas não estiveram presentes durante o último máximo glacial.

Por sua vez, Van der Hammen (2001) enfatiza que dados geológicos e paleoecológicos na Amazônia (Haffer & Prance, 2001) evidenciam claramente que os padrões de vegetação durante o último máximo glacial proveram suficiente diferenciação para permitir isolamento entre populações locais, como ocorre atualmente de forma menos extrema, onde as áreas de floresta úmida que apresentam alta biodiversidade estão separadas por áreas de florestas de ambiente seco com uma biodiversidade muito menor.

Pesquisas palinológicas realizadas por (Absy 1979) em sedimentos do Lago Galheiro em Roraima mostraram que há 205 ± 75 anos A. P a vegetação apresentou uma completa dominância de Gramineae e poucas árvores, destacando dentre essas, a palmeira *Mauritia flexuosa*.

Resultados semelhantes foram encontrados em outra localidade de Roraima na análise de pólen em amostras de sedimentos do Lago Redondo, que apresentou uma dominância de Gramineae associada a outras plantas herbáceas, como: Compositae, Borreria e Cyperaceae há aproximadamente 2090 ± 60 anos A.P. (Absy et al. 1997).

Entretanto, pesquisas palinológicas e datações de ^{14}C em sedimentos do lago da Fazenda São Joaquim, próximo a Boa Vista, mostraram que há cerca de 3650 ± 60 anos.

A. P houve uma dominância de vegetação de floresta, evidenciada parcialmente pela presença de elementos de vegetação secundária, como: *Aparisthium*, *Cecropia* e *Piper*. (Absy et al. 1997).

Mais recentemente, registros palinológicos do Lago Caracaranã em Roraima (Rodrigues, 2006) evidenciaram um clima aparentemente mais úmido que o encontrado atualmente na área; ainda que a região deva ter sofrido a ação antrópica, haja vista os diagramas polínicos mostrarem uma associação de tipos indicadores de ambientes antropizados, tais como: presença de *Mauritia flexuosa*, *Cecropia* e picos de carvão. As análises polínicas em sedimentos do Lago Caracaranã e dos três lagos estudados de Roraima indicaram que poucas mudanças na vegetação ocorreram nas áreas de savana de Roraima, pelo menos durante os últimos 4.770 anos (Rodrigues, 2006; Rodrigues & Absy, 2005).

Na planície costeira da região nordeste do Pará, pesquisas palinológicas em sedimentos do Holoceno (Behling et al., 2001) revelaram mudanças paleoambientais que sugerem que manguezais substituíram um antigo ecossistema florestal costeiro há cerca de 5,200 anos A.P.

Correlações entre as flutuações do nível da água durante os últimos 3,000 anos inferidas de estudos de pólen e datações de ^{14}C em amostras de sedimentos de Costa da Terra Nova na Amazônia Central (Absy, 1979) foram comparadas com os períodos de migrações de algumas tribos indígenas na Amazônia (Meggers, 2001).

Estudos de pólen e datações de ^{14}C na planície costeira do Pará permitiram definir, durante o Holoceno, três fases de mudanças da vegetação, a saber: a fase mais antiga datada cerca de $6,850 \pm 40$ anos A.P. apresenta a dominância de manguezal; a fase intermediária, que indica uma regressão marinha a $4,943 \pm 40$ anos A. P. e a fase mais atual, datada de $2,350 \pm 40$ anos A.P., que é caracterizada pela presença de florestas de mangues mais diversificadas (Senna, 2002, Senna & Absy, 2003).

Os dados paleoecológicos sobre o Neógeno na Amazônia demonstram que é imprescindível o conhecimento da história desse importante ecossistema, para que se possa ter uma melhor compreensão da origem, manutenção e preservação da floresta frente às modificações do meio físico.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de estudo concedidas às autoras e pelos Projetos (Proc. 480944/2004-0 e 472563/2006-8); à CAPES pela bolsa de estudo (Doutorado Sanduíche) concedida à segunda autora; à Coordenação de Pesquisas em Botânica (CPBO) e à Divisão do Curso de Pós-Graduação em Ecologia (DCEC) do INPA pelo apoio logístico.

Simões Falcão, da Divisão de Propriedade Intelectual e Negócios do INPA (DPIN) pela valiosa ajuda, sempre que solicitada; à Isabella Dessaune Rodrigues do Curso de Pós-Graduação em Botânica do INPA pela organização das fotos.