

Palinologia holocênica do testemunho Bom Jesus, margem leste da ilha do Marajó, Pará, Amazônia

Lívia Cardoso da Silva RODRIGUES¹, Cristina do Socorro Fernandes de SENNA²

RESUMO

A porção superior (1,25m) do testemunho de sondagem Bom Jesus (TBJ), coletado no limite campo-mangue da Fazenda Bom Jesus, município de Soure, ilha do Marajó, Pará, Brasil, foi estudada através de análise palinológica de alta resolução objetivando a determinação da composição, abundância e diversidade de tipos polínicos bioindicadores de modificações na paleovegetação durante o Holoceno. 16 amostras sedimentares de 2cm³ foram tratadas de acordo com metodologia padrão em palinologia. Os programas Tilia e Tilia Graph foram utilizados para a construção dos diagramas palinológicos de abundância e concentração. A base do testemunho foi datada por ¹⁴C em 2730 ± 40 anos A.P. Foram definidas três zonas palinológicas. A presença de pólen de *Rhizophora* com abundância máxima de 88% apontou dominância de mangue ao longo de todo o testemunho sedimentar. Variações recorrentes na hidrodinâmica da baía do Marajó, caracterizadas por pulsos erosivos de curto período, parecem ter provocado redução na dominância de mangue. O incremento na abundância de tipos polínicos bioindicadores de campo inundável associados a elementos de restinga e floresta, evidenciam a migração do campo inundável sobre o manguezal. Os dados indicam correlação com outros registros polínicos holocênicos de transgressão marinha para a costa norte amazônica no Holoceno Superior.

PALAVRAS-CHAVE: palinologia, manguezal; planície costeira, Holoceno, Amazônia.

Palynological study of Holocene sediments of Bom Jesus core, east margin of the Marajó Island, Pará, Amazonia

ABSTRACT

The upper portion (1.25 m) of the sediment core Bom Jesus (TBJ), was collected in the field-mangrove limit of Bom Jesus Farm, municipality of Soure, island of Marajó, Pará, Brazil, was studied through pollen analysis high resolution aimed at determining the composition, abundance and diversity of the pollen types bioindicators of changes in the palaeobotany. 16 samples of sedimentary 2cm³ were treated according to standard methodology. Tilia and Tilia Graph software were used for to construct abundance and concentration palynological diagrams. The core base was dated by ¹⁴C in 2730 ± 40 years AP. Three palynological zones were identified. The mangrove ecosystem was dominant all sedimentary sequence of the TBJ core and was represented mainly for *Rhizophora* pollen type, which reaches 88% of the maximum relative abundance. Variations applicant hydrodynamics in the Marajó bay, characterized by short pulses of erosive period, seem to have caused reduction in the dominance of mangroves. The increase in the abundance of types growth bioindicators of field associated with elements of swamp forest and restinga, indicate the migration of the field on the mangrove swamp. The data show correlation with other palynological records of Holocene marine transgression to the north coast in the Upper Amazon Holocene.

KEYWORDS: palynology, mangrove, coastal plain, Holocene, Amazon.

¹ Museu Paraense Emílio Goeldi. E-mail: licrodrigues@yahoo.com.br

² Museu Paraense Emílio Goeldi. E-mail: csenna@museu-goeldi.br

INTRODUÇÃO

A palinologia tem sido utilizada em ambientes de sedimentação da planície costeira equatorial norte da América do Sul para a reconstrução de paleoambientes e entendimento das variações do nível do mar durante o Holoceno. Esta porção da costa norte amazônica, compreende desde a Venezuela até o Estado do Maranhão no Brasil, e apresenta o mangue como principal ecossistema, formando um cinturão contínuo do Maranhão até o Amapá na fronteira com a Guiana Francesa (Rodrigues & Senna, 2005).

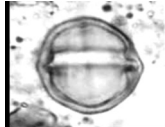
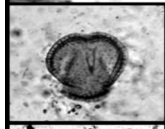
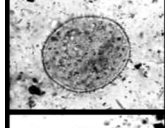
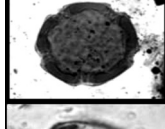
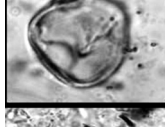

A partir das pesquisas palinológicas iniciadas na Venezuela (Müller, 1959; Rull *et al.*, 1989), Guiana (Van der Hammen, 1963), Suriname (Roeleveld, 1969; Laeyendecker-Roosenburg, 1966) e Guiana Francesa (Tissot & Marius, 1992) foram identificados três eventos climáticos no limite Pleistoceno/Holoceno pós-glacial e no Holoceno: o primeiro de transgressão marinha no Holoceno inferior (10.000-7.000 anos A.P.¹) foi caracterizado pelo desenvolvimento de bosques de mangue, com dominância do gênero *Rhizophora*; o segundo foi evidenciado por uma regressão marinha no Holoceno médio (a partir de 5.000 anos A.P) com a substituição de mangues por pântanos

de água doce ou igapós e com dominância dos gêneros *Symphonia*, *Ilex* e *Mauritia*; o último episódio caracterizou-se por nova transgressão marinha no Holoceno tardio (a partir de 3.630 anos A.P.) evidenciado pela retomada dos ambientes de água doce por manguezais (Senna & Absy, 2002).

No Brasil estes dados foram corroborados pelos registros polínicos da planície costeira dos Estados do Maranhão (Behling & Costa, 1997) e Pará (Behling & Costa, 2001; Behling *et al.*, 2001; Behling, 2001; Senna, 2002; Senna & Oliveira, 2002; Senna *et al.*, 2005; Behling *et al.*, 2004; Cohen *et al.*, 2005; Vedel *et al.*, 2005) (Tabela. 1).

A ilha do Marajó situa-se no setor insular estuarino da zona costeira paraense, ¹localizada entre a foz dos rios Amazonas e Gurupi (Alves *et al.*, 2005). A margem leste da ilha apresenta planície costeira constituída por sedimentos holocênicos de origem flúvio-marinha, cuja porção interna (supramaré) é caracterizada por campos inundáveis, atingidos pela ação das marés durante o período chuvoso e nas marés de sizígia (França, 2003). A porção de intermaré é caracterizada por manguezais associados a restingas e várzeas de maré.

Tabela 1- Resumo de pesquisas palinológicas realizadas na costa norte amazônica. Summary of palinological research of north coastal amazonica.

Evento Marinho	Datação (Anos A.P.)	Local	Ambiente	Tipo polínico	Palinomorfos			
Transgressão	Últimas décadas	Taperebal	Mangue	Rhizophora		Rhizophora		
	650 - 530	Pesqueiro	Mangue	Rhizophora				
	A partir de 1000	Península de Bragança	Mangue	Rhizophora				
	2.170 - Atual	Bragança						
	2.350 - Atual	Lago da Aranha	Mangue	Avicennia				Avicennia
	2.750 - 740	Barra Velha	Mangue	Rhizophora				
	3.130 - Atual	Lago Curuçá	Mangue	Rhizophora				
	3.630 - Atual	Crispim	Mangue	Rhizophora				
A partir de 2.000								
Regressão	4.943 - 2.350	Lago da Aranha	Pântano, água doce	Mauritia, Symphonia		Mauritia		
	5.600 - 3.100	Lago Curuçá		Mauritia				
	5.950 - 5.750	Taperebal						
	6.620 - 3.630	Crispim	Pântano, água doce	Mauritia				
	A partir de 5.000	Guiana Francesa	Savana inundável	Cyperaceae, Gramineae				Symphonia
Transgressão	Anterior a 6.500	Taperebal	Mangue	Avicennia, Rhizophora				
	6.850 - 4.943	Lago da Aranha	Mangue	Rhizophora				
	7.250 - 5.600	Lago Curuçá	Mangue	Rhizophora				
	7.000	Playa Medina, Venezuela	Mangue	Rhizophora				
	7.450 - 6.700	Lago Aquiri, Maranhão	Mangue			Cyperaceae		
	7.640 - 6.620	Crispim						
	7.000 - 5.000							
	8.600	Guiana	Mangue	Avicennia, Rhizophora				
9.000 - 5.000	Guiana Francesa	Mangue	Rhizophora		Gramineae			
A partir de 10.000	Suriname	Mangue	Rhizophora					

Correlação entre variações do nível do mar, tipos polínicos dominantes e registro fotográfico de palinomorfos. Correlation between changes sea level, dominant pollen types and microphotograph of palinomorphs.

¹ Anos A.P.: Tradução do termo B.P. (before present), que significa "Antes do Presente", isto é, antes do ano de 1950

Segundo França e Souza Filho (2003) o registro dos movimentos da linha de costa da margem leste da ilha indica processos erosivos e mudanças no limite interno dos manguezais do município de Soure, no contato com os campos inundáveis e com o planalto costeiro. A sensibilidade deste ecossistema costeiro, diante de mudanças ambientais, associadas à dinâmica de sedimentação de curta duração, ou a eventos climáticos ou tectônicos de maior duração, demanda pesquisas que contribuam para a conservação deste ambiente, considerando sua importância ecológica e sócio-econômica para as populações locais e a ampla exploração desta área pelo turismo.

Esta pesquisa objetivou a interpretação paleoecológica de tipos polínicos bioindicadores de paleoambientes holocênicos encontrados no testemunho sedimentar Bom Jesus e a correlação destes resultados com os dados relacionados para a costa norte amazônica.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo - Localiza-se no município de Soure, margem leste da Ilha de Marajó, Estado do Pará, Brasil, nas coordenadas geográficas (0°43'40"S e 48°31'02"W) (Figura 1). O clima é tropical úmido com temperatura média anual de 27,3° e sazonalidade definida entre período chuvoso, de dezembro a maio, e período seco, de junho a novembro. A região é dominada por regime de meso a macromarés (França, Souza Filho & El-Robrini, 2007).

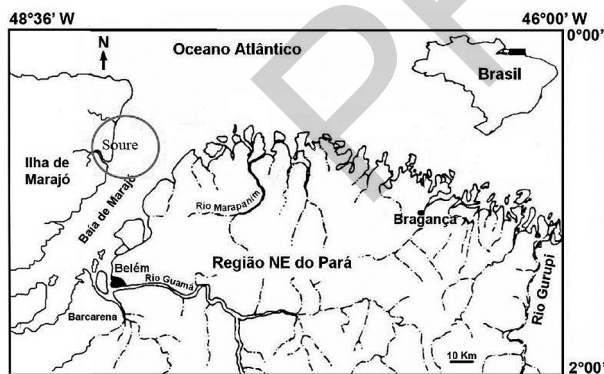


Figura 1 - Localização da área de estudo, planície costeira do município de Soure, ilha do Marajó, PA. (Adaptado de ALVES *et al.*, 2005).

A influência flúvio-marinha compõe diferentes formações vegetais como os campos inundáveis com Gramineae, Leguminosae e Cyperaceae (IDESP, 1974; Amaral *et al.*, 2007); manguezal, definido principalmente pela presença de *Rhizophora racemosa* G.F.W.Mayer, *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* L., *Laguncularia racemosa* Gaertn. e *Acrostichum aureum* L. (França, Souza Filho & El-Robrini, 2007); restingas (Santos & Rosário, 1988; Bastos *et al.*, 2003;

Costa Neto *et al.*, 1996); várzeas de maré e florestas de terra firme (IDESP, 1974; Amaral *et al.*, 2007).

Sondagem - O testemunho sedimentar Bom Jesus (TBJ) de 4,2m foi coletado através de vibra core (Mendes, 1994) a 4 km da linha de costa atual, no contato campo-mangue da porção de supramaré da planície costeira do município de Soure; dentro dos limites da Fazenda Bom Jesus, na coordenada geográfica 00°39'32"S – 48°31'8,67"W (França, 2003).

Para a análise palinológica foi utilizada apenas a porção superior do testemunho, 1,25m dividido em 16 amostras sedimentares de 2cm³ coletadas a cada 5cm ou de acordo com mudanças na sedimentação. Amostras compreendendo o intervalo 0 - 14 cm não foram coletadas, devido à contaminação por aterro utilizado na estrada que liga a Fazenda Bom Jesus a uma comunidade de pescadores.

O tratamento físico-químico das amostras seguiu metodologia padrão em análise palinológica (Erdtman, 1952, 1960; Feagri & Iversen, 1950). Para o cálculo da concentração (grãos/cm³) foi adicionado o marcador palinológico *Kochia scoparia* (L.) Schrad. (Salgado-Labouriau & Rull, 1986). Foram montadas três lâminas permanentes em gelatina glicerina para cada nível sedimentar. Para a identificação de palinómorfs foi utilizada a coleção de referência do Laboratório de Palinologia e Paleoecologia da Amazônia do Museu Paraense Emílio Goeldi – LAPPAM, além de artigos de palinotaxonomia, paleopalínologia e melissopalínologia.

Em cada amostra, foram contados 300 grãos de pólen a partir de curvas de saturação (Rull, 1987). Os taxa identificados foram agrupados nas categorias de mangue, campo inundável, mata de restinga, floresta e várzea. Os palinómorfs das demais categorias como pólen exótico, microforaminíferos, algas, fungos, pólen não identificado e briófitas/pteridófitas foram contados separadamente e excluídos da soma polínica. Os programas Tília e Tília Graph (Grimm, 1987) foram utilizados para construção dos diagramas palinológicos de abundância relativa e concentração.

Para datação por ¹⁴C uma amostra sedimentar do intervalo (117-121cm) foi enviada para o Laboratório Beta Analytic Inc. Florida, U.S.A. A taxa de sedimentação foi calculada a partir da datação ¹⁴C, possibilitando a datação das demais zonas palinológicas por extrapolação.

RESULTADOS

O testemunho TBJ é constituído da base até 80 cm por sedimento lamoso. Entre (80-40 cm) o sedimento é lamoso com lâminas de areia. (40-25 cm) corresponde à lama cinza a negra com grânulos e seixos de laterita. (25-0 cm) corresponde a sedimento areno-argiloso com grânulos e seixos de laterita típicos da Formação Barreiras.

Foram registrados 82 tipos polínicos, restando 16 tipos ainda não identificados, 10 tipos de briófitas/pteridófitas além de algas e microforaminíferos. São apresentados os agentes de polinização, segundo Hoffmann (2002), para alguns táxons identificados, visando o melhor entendimento na relação entre o agente de polinização e a concentração polínica (Tabela 2). Três zonas palinológicas foram definidas. A base do testemunho sedimentar foi datada em 2.730 ± 40 anos A.P. (Beta 232412), indicando que a porção do testemunho TBJ analisada foi depositada durante o Holoceno Superior.

BJ-I (123-89 cm): sedimento lamoso dominado por vegetação de mangue, (2730 ± 40 anos A.P. – Beta 232412) evidenciada pela presença abundante de pólen de *Rhizophora* (79,33-69%) (Figuras 2 e 3), (21000 a 42000 grãos de pólen/cm³) (Figura 4), seguido de *Avicennia* em baixa porcentagem (< 2%). Outros táxons arbóreos, bioindicadores de várzea de maré como *Arecaceae*, *Leguminosae* (1%), *Mauritia*, ocorrem associados a *Gramineae* e *Cyperaceae* (1%), indicando a presença de campo inundável, ou área pantanosa próxima, entretanto, em baixas porcentagens, ou sem concentrações

Tabela 2- Lista dos táxons identificados nos sedimentos holocênios do testemunho TBJ, planície costeira de Soure, Ilha do Marajó/PA. Táxon list of TBJ core, coastal plane of Soure, Marajó island/PA.

Família	Táxons	Hábito	Ambiente	Polinizador (Hoffmann, 2002)
Alismataceae	<i>Sagittaria</i>	liana	campo inundável	
Amaranthaceae	<i>Alternanthera</i>	erva	campo inundável	
Amaranthaceae	Amaranthaceae	erva	campo inundável	
Amaranthaceae	<i>Chamissoa</i>	erva	campo inundável	
Anacardiaceae	Anacardiaceae	árvore	floresta	abelhas, mariposas, besouros
Anacardiaceae	<i>Anacardium</i>	árvore	mata de restinga	
Anacardiaceae	<i>Tapirira</i>	árvore	várzea	
Annonaceae	<i>Annona</i>	árvore, arbusto	mata de restinga	besouros
Apiaceae	Apiaceae	erva	mata de restinga	
Apocynaceae	Apocynaceae	árvore, lianas	campo inundável	borboletas, abelhas
Aquifoliaceae	<i>Ilex</i>	arbusto/árvore	várzea	inseto
Araceae	Araceae	erva epífita	campo inundável	inseto
Araliaceae	<i>Didymopanax</i>	arbusto/árvore	várzea	
Arecaceae	Arecaceae	árvore	várzea	
Arecaceae	<i>Mauritia/ Mauritiella</i>	árvore	floresta	abelhas, besouros
Arecaceae	tipo 1	árvore	várzea	
Arecaceae	tipo 2	árvore	várzea	
Arecaceae	tipo 3	árvore	várzea	
Arecaceae	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	árvore	várzea	abelhas
Arecaceae	<i>Astrocaryum</i>	árvore	várzea	
Betulaceae	<i>Alnus</i>	árvore	pólen exótico	vento
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	árvore	floresta	pássaros, morcegos, mariposas
Bignoniaceae	Bignoniaceae	árvore	floresta	
Bombacaceae	<i>Paquirá aquatica</i> Aubl.	árvore	várzea	
Bombacaceae	<i>Bombax</i>	árvore	várzea	
Boraginaceae	Boraginaceae	árvore		
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March.	árvore	várzea	
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i> L.	árvore	várzea	pássaros
Clusiaceae	<i>Callophyllum</i>	árvore	várzea	
Compositae	<i>Mikania</i>	liana	campo inundável	
Compositae	<i>Vernonia</i>	liana	campo inundável	
Convolvulaceae	<i>Merremia</i>	liana	campo inundável	borboleta
Cyperaceae	Cyperaceae tipo 1	erva	campo inundável	vento
Cyperaceae	Cyperaceae tipo 2	erva	campo inundável	
Dilleniaceae	Dilleniaceae	erva	mangue	
Euphorbiaceae	<i>Sapium</i>	árvore	mata de restinga	
Euphorbiaceae	<i>Alchornea</i>	árvore	floresta	
Fabaceae	<i>Centrosema</i>	liana	mata de restinga	abelhas
Fabaceae	<i>Machaerium</i>	árvore		

Tabela 2- Continuação

Família	Táxons	Hábito	Ambiente	Polinizador (Hoffmann, 2002)
Flacourtiaceae	<i>Casearia</i>	árvore	mata de restinga	
Gramineae	Gramineae	erva	campo inundável	vento
Lamiaceae	<i>Hyptis</i>	erva	floresta	abelhas, pássaros
Lauraceae	<i>Ocotea</i>	árvore	várzea	
Caesalpiniaceae	<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.	liana	floresta	pássaros
Caesalpiniaceae	<i>Bauhinia</i>	liana, árvore	floresta	pássaros
Caesalpiniaceae	<i>Cassia</i>	árvore, arbusto	floresta	pássaros
Caesalpiniaceae	<i>Schizolobium</i>	árvore	floresta	pássaros
Caesalpiniaceae	<i>Crudia</i>	árvore		pássaros
Caesalpiniaceae	<i>Macrolobium</i>	árvore	várzea	pássaros
Caesalpiniaceae	<i>Tachigalia</i>	árvore		pássaros
Mimosaceae	Mimosaceae	árvore	floresta	
Mimosaceae	<i>Acacia</i>	árvore, liana	mata de restinga	
Mimosaceae	<i>Anadenanthera</i>	árvore		
Mimosaceae	<i>Dinizia</i>	árvore	floresta	
Mimosaceae	<i>Entada</i>	liana	mata de restinga	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i>	árvore	mata de restinga	
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis</i>	arbusto	mata de restinga	abelhas
Malvaceae	<i>Hibiscus</i>	arbusto	mata de restinga	
Meliaceae	<i>Trichilia</i>	árvore	várzea	
Memecylaceae	<i>Tibouchina</i>	arbusto	campo inundável	
Memecylaceae	tipo 1	árvore		
Memecylaceae	tipo 2	árvore		
Memecylaceae	tipo 3	árvore		
Memecylaceae	<i>Miconia</i>	árvore	várzea	
Moraceae	<i>Cecropia</i>	árvore	floresta	vento, inseto
Myrtaceae	Myrtaceae	árvore, arbusto	campo inundável	insetos
Ochnaceae	<i>Ouratea</i>	árvore, arbusto	mata de restinga	
Onagraceae	<i>Ludwigia</i>	erva aquática	campo inundável	
Polygalaceae	Polygalaceae	liana, erva, arbusto	mata de restinga	
Proteceae	<i>Roupala</i>	árvore	floresta	
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i> L.	árvore	mangue	Anemófila
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora</i> tipo 1	árvore	mangue	Anemófila
Rubiaceae	<i>Psycotria</i>	arbusto, erva	mata de restinga	insetos, aves, morcegos
Rubiaceae	<i>Borreria</i>	erva	mata de restinga	
Sapindaceae	<i>Paullinea</i>	liana	mata de restinga	insetos
Sapindaceae	<i>Cupania</i>	árvore	mata de restinga	
Solanaceae	<i>Solanum</i>	árvore, arbusto	floresta	
Tiliaceae	<i>Apeiba</i>	árvore	várzea	
Ulmaceae	<i>Celtis</i>	arbusto, liana	floresta	
Ulmaceae	<i>Trema</i>	árvore	floresta	
Verbenaceae	<i>Avicennia germinas</i> L. Stearn.	árvore	mangue	abelhas
Pteridófito/Briófito	Esporo monolete	erva/liana	ampla distribuição	vento/água
Pteridófito/Briófito	Esporo trilete liso	erva/liana	ampla distribuição	vento/água
Pteridófito/Briófito	Esporo trilete rugoso	erva/liana	ampla distribuição	vento/água
Pteridófito/Briófito	Polypodiaceae	erva/liana	ampla distribuição	vento/água
Pteridófito/Briófito	<i>Acrostichum aureum</i> L.	erva/liana	ampla distribuição	vento/água
Pteridófito/Briófito	Polypodium tipo	erva/liana	ampla distribuição	vento/água
Pteridófito/Briófito	Polypodium rugoso	erva/liana	ampla distribuição	vento/água
Pteridófito/Briófito	Selaginellaceae	erva/liana	ampla distribuição	vento/água
Pteridófito/Briófito	Esporo c/ espinhos	erva/liana	ampla distribuição	vento/água

Tabela 2- Continuação

Família	Táxons	Hábito	Ambiente	Polinizador (Hoffmann, 2002)
Microforaminífero	Microforaminífero		aquático marinho	
Algas	Algas		aquático marinho	

significativas. Provavelmente, a substituição desta vegetação pelo mangue se deu em virtude de transgressão marinha a partir de 5.000 anos A.P., registrada em vários pontos da costa norte amazônica (Behling, 2001; Behling *et al.*, 2001; Senna, 2002). No entanto, entre (99-89 cm) ocorre retração do manguezal, com a redução na dominância de *Rhizophora* (72%-69 %), em contraste com aumento da abundância de Cyperaceae (4,23%) e Gramineae (9,15%), de *Avicennia* (3%) e Leguminosae (2%), bem como, de esporos de Briófitas/ Pteridófitas (10%). A ocorrência de um microforaminífero indica maior contribuição marinha neste período.

BJ-II (89-45 cm): sedimentos lamosos com níveis de areia (2002 anos A.P.) com dominância de pólen de *Rhizophora* (76%-70,67%) (Figuras 2 e 3). A abundância de *Rhizophora* atinge 88%, com concentração um pouco maior que em BJ-I (23000-52000 grãos/ cm³) (Figura 4). *Avicennia* tipo mantém a mesma porcentagem e concentração da zona subjacente. Gramineae e Cyperaceae (2%) permanecem acompanhadas por baixas porcentagens de Arecaceae, Combretaceae/Melastomataceae, Leguminosae, Rubiaceae e Ulmaceae.

A diminuição da abundância do pólen de *Rhizophora* (70,67%) entre 59-45 cm é acompanhada pelo aumento de Gramineae (4%) e Cyperaceae (2%), além da presença de outros grãos de pólen bioindicadores de ambiente úmido, a partir de 59 cm, como Apocynaceae, Anacardiaceae, Araliaceae/ Euphorbiaceae, Bignoniaceae, Compositae, Fabaceae, Leguminosae, Solanaceae, *Ocotea*

e *Protium*, também em baixas porcentagens (<2%) e sem concentrações significativas. A presença de esporos de Pteridófitas manteve-se em torno de 5%. A ocorrência de microforaminíferos foi registrada nos intervalos (84-82 cm) e (53-51 cm), ratificando a indicação de conexão com a água do mar.

BJ-III (45-14 cm): sedimentação lamosa com presença de seixos de laterita (1012 anos A.P.). A elevada abundância relativa de *Rhizophora* (83,33%-67,33%) (Figura 2) é acompanhada por uma diminuição da concentração (43000-16000 grãos/ cm³) deste palinomorfo (Figura 4). Elementos de *Avicennia* mantêm abundância e concentração das zonas subjacentes (1%-3%), acompanhados pela presença de Arecaceae, Bignoniaceae e Solanaceae (1%). No intervalo (38-36 cm) foi registrada a ocorrência de grão de pólen exótico do gênero *Alnus*, Betulaceae.

A partir de 23 cm a sedimentação passa a areno-argilosa com seixos de laterita, caracterizada por incremento na abundância de Gramineae (4%-12%). O decréscimo na porcentagem de *Rhizophora* (67,33%) é acompanhado pelo incremento de Cyperaceae (5%) e pela presença de *Tibouchina* e *Macrolobium* (1%), típicos de ambientes de várzea. O aumento expressivo de esporos de briófitas/ pteridófitas (2,33% - 25,67%) reforça as condições úmidas do ambiente e a presença de outro microforaminífero no intervalo (16-14 cm) indica novamente, maior contribuição marinha neste período.

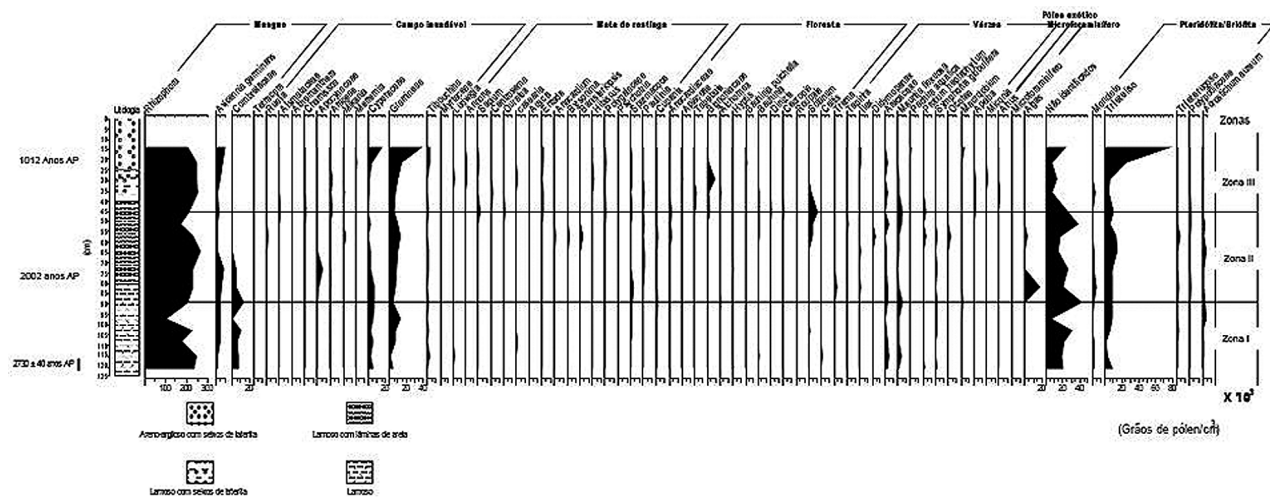


Figura 2 - Diagrama palinológico de abundância relativa dos táxons encontrados no testemunho TBJ.

Imagens em
baixa resolução, é
necessário enviar
em boa resolução.

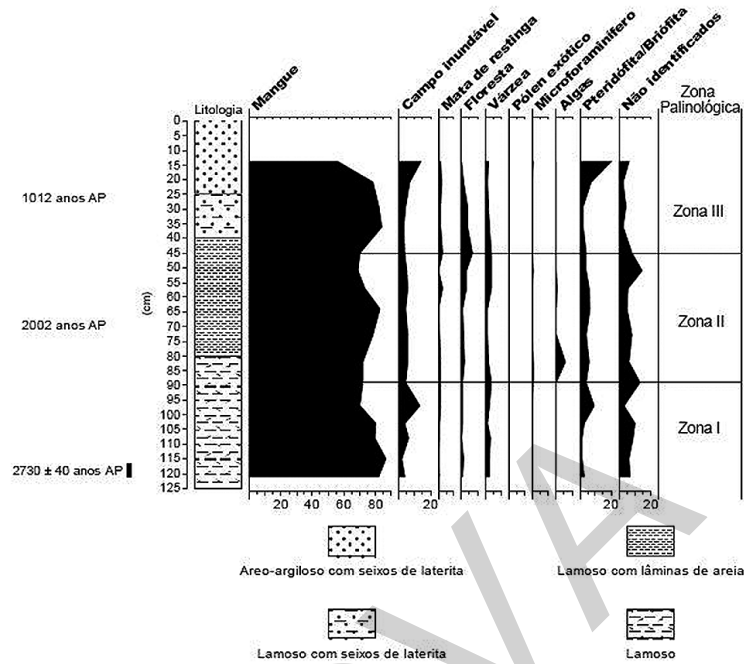


Figura 3 - Diagrama palinológico de abundância relativa por formação vegetal dos táxons encontrados no testemunho TBJ.

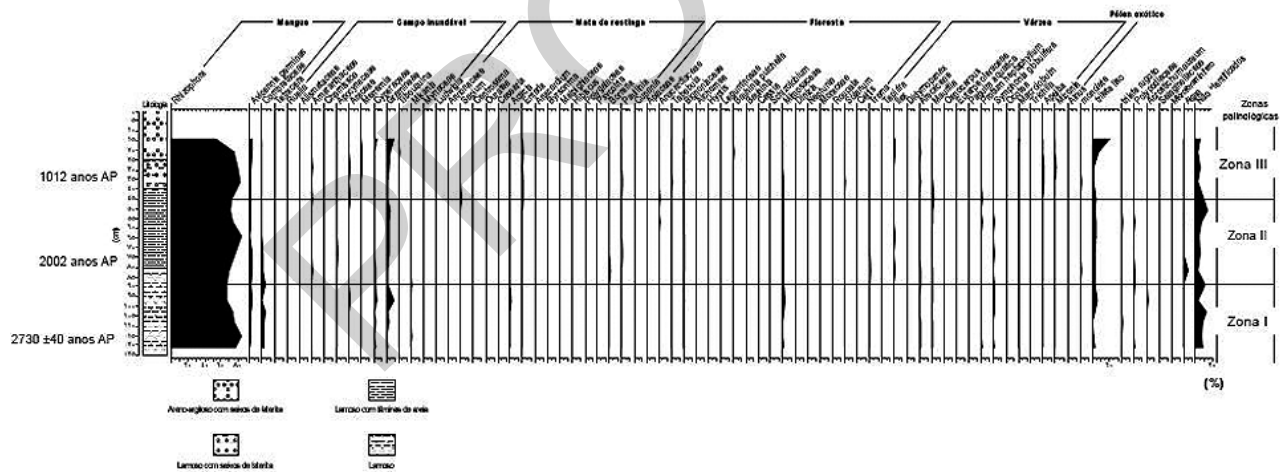


Figura 4 - Diagrama palinológico de concentração dos táxons encontrados no testemunho TBJ.

DISCUSSÃO

O aporte de palinomorfos foi considerado de origem flúvio-marinha, representado em sua maioria por pólen alóctone, o que segundo Müller (1959), demonstra forte relação com a composição local da vegetação. A ocorrência de pólen exótico de longa distância, *Alnus*, típico dos Andes, indica que este grão foi transportado até a área de estudo, possivelmente, a partir de maior descarga do Rio Amazonas, de acordo com Müller (1959), Behling *et al.* (2004) e Cohen *et al.* (2005).

A dominância de mangue ao longo de todo o testemunho sedimentar é representada pela elevada abundância do pólen de *Rhizophora* (Figura 2). Os valores de abundância maiores que 60%, indicam não só a adaptação deste ecossistema a hidrodinâmica local, mas seu estabelecimento, provavelmente, em período mais antigo, durante o Máximo Transgressivo Holocênico a partir de 5.000 anos A.P. A dominância de *Rhizophora* é ainda ratificada por sua elevada produção polínica e dispersão anemófila, potencializada pela brisa marinha da zona costeira (Hofmann, 2002).

O último episódio registrado para a costa norte amazônica através de análise polínica é definido por nova transgressão marinha indicando a retomada dos espaços com composição florística característica de ambientes de água doce, por bosques de mangue, com dominância de *Rhizophora* no Marajó (2750 anos A. P), segundo Behling *et al.* (2004), e *Avicennia*, seguida de pólen de *Rhizophora* nas Guianas (Van der Hammen, 1963). Somente os dados palinológicos do lago Aquiri, no Maranhão, registram a presença contínua de manguezais durante todo o Holoceno, segundo Behling & Costa (1997) (Tabela 1).

Os resultados encontrados a partir do testemunho Bom Jesus corroboram os dados palinológicos citados para a costa norte amazônica, entretanto, evidenciaram mudanças periódicas na composição da comunidade vegetal da margem leste da ilha do Marajó. Tal comportamento cíclico está caracterizado nas zonas palinológicas I e III, cujo aumento ou diminuição na dominância de mangue, representado pelo pólen de *Rhizophora*, é acompanhado por diminuição ou aumento da abundância de bioindicadores característicos de campo inundável, associados a elementos de várzea, restinga e floresta. Acréscimos maiores na abundância relativa de bioindicadores de floresta, várzea e restinga são registrados somente a partir da zona palinológica II, cuja porção sedimentar corresponde à deposição lamosa com lâminas de areia (Figura 3).

Na zona palinológica II, a diminuição da dominância de mangue indica que, nestes períodos, as condições ambientais foram mais favoráveis a colonização por outros táxons como Gramineae e Cyperaceae, característicos de campo inundável, associados ainda a elementos de várzea como *Macrobium*, *Mauritia flexuosa* Mart. e *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March.

Os dados palinológicos do testemunho TBJ também correspondem a processos recorrentes, provavelmente relacionados a pulsos climáticos ou mudanças hidrodinâmicas na foz do rio Amazonas, incluindo a ilha do Marajó, citados por França e Souza Filho (2003). Segundo estes autores, eventos descontínuos de progradação da linha de costa da margem leste da ilha são interrompidos por pulsos erosivos de curto período e de intensidade moderada, causados por alterações na hidrodinâmica local, com a deposição de cordões arenosos praias, sem, no entanto, promover uma substituição de ecossistemas durante o período avaliado, fato evidenciado através da análise palinológica em questão.

Deve-se considerar também, que o testemunho sedimentar TBJ foi coletado a 4 km da linha de costa atual, na porção interna da planície costeira, porção a qual, segundo França e Souza Filho (2003), apresenta as maiores taxas de erosão da porção leste da ilha do Marajó. Tal processo, identificado pelo soterramento de árvores adultas de mangue, com a formação

de terraços lamosos, onde a vegetação de mangue não consegue se fixar é caracterizado pela sedimentação arenosa, em condições de maior energia. A recorrência na mudança de sedimentação é registrada sob a forma de cordões arenosos, no interior do mangue, indicando antigas linhas de costa, colonizadas por vegetação adaptada à sedimentação arenosa, justificando a ocorrência de mata de restinga, intercalada com o mangue de supramaré.

Desta forma, os processos erosivos atuantes na linha de costa da planície costeira de Soure são registrados de maneira mais sutil na planície interna ou de supramaré. A descrição sedimentar realizada para a porção média do testemunho de sondagem TBJ aponta a ocorrência de sedimentação lamosa com níveis de areia, denominada "stripe lamination", por França (2003), corroborando a hipótese de formação de linhas de costa sucessivas, em processo progradação, descontínuo. Assim, o processo erosivo, caracterizado por sedimentação arenosa sob condições de maior energia, segundo França e Souza Filho (2003), durante os últimos 15 anos na planície costeira de Soure está correlacionado com a última fase transgressiva citada para a costa norte amazônica (Tabela 1).

Tal situação pode estar associada à alternância entre períodos úmidos e secos, influenciados provavelmente, pela variação climática, responsável também pelas prováveis mudanças na hidrodinâmica local. A ocorrência de microfossílicos e outros elementos marinhos na planície costeira de supramaré, observado nas três zonas palinológicas (Figura 2) sugere maior influência da salinidade em períodos secos. Tal situação, decisiva para a permanência de algumas espécies vegetais de mangue, pode ser explicada pelo atual isolamento relativo da referida área, alimentada somente nas marés de sizígia, o que lhe confere a situação de manguezal de supramaré.

A datação ^{14}C da base do testemunho TBJ (2730 ± 40 anos A.P. – Beta 232412) reforça a correspondência entre os eventos marinhos ocorridos na zona costeira paraense, principalmente, os registros de Behling *et al.* (2004) para Barra Velha, na ilha do Marajó, cuja datação radiocarbônica da base do testemunho de sondagem é de 2.750 anos AP. Contudo, Behling *et al.* (2004) afirmam que a subida do nível do mar registrada na península de Bragança (Cohen & Lara, 2003) durante os últimos 30 anos, não é claramente definida no Marajó, devido à influência fluvial da área não ser diretamente submetida ao oceano. Ainda segundo estes autores, a vegetação de restinga seria menos freqüente em locais mais elevados da planície costeira dominada por manguezal.

Entretanto, a presente análise palinológica indica a ocorrência de grãos de pólen bioindicadores de restinga associados aos tipos polínicos de mangue ao longo do Holoceno Superior, registrados a partir da formação de cordões arenosos em períodos erosivos recorrentes para a

planície costeira (França e Souza Filho, 2003). A análise indica que o evento de transgressão marinha caracterizado pela presença de mangue com dominância de *Rhizophora*, apresenta peculiaridades relativas à hidrodinâmica da baía do Marajó, evidenciadas pela diminuição da abundância relativa do mangue e do incremento na vegetação de campo inundável associado a outros ecossistemas.

Pode-se afirmar, portanto, que a partir da análise palinológica do testemunho TBJ, associada às datações ¹⁴C e à correlação com outros registros polínicos holocênicos, realizados ao longo da costa norte amazônica, os eventos registrados para a planície costeira de supramaré do município de Soure, estão inseridos em evento regional de transgressão marinha, registrado por toda a zona costeira paraense no Holoceno Superior.

CONCLUSÕES

O processo erosivo de retrogradação atual da linha de costa, ao qual a margem leste da ilha do Marajó está submetida, é registrado de maneira mais sutil, na planície costeira interna e está relacionado provavelmente com a migração do campo sobre as áreas de mangue. Os tipos polínicos de mangue são dominados pela ocorrência de *Rhizophora mangle* L., registrada ao longo de todo o testemunho sedimentar. Entretanto, sua dominância ora sofre decréscimo, ora aumenta, concomitante ao incremento ou diminuição da abundância de elementos de campo inundável e várzea, provavelmente influenciada por pulsos climáticos, de curta duração, definindo três zonas palinológicas, integradas a um evento transgressivo descontínuo, de maior duração.

Os eventos climáticos ocorridos no Holoceno Superior parecem ter atingido a margem leste da ilha do Marajó como um todo. Entretanto, para o restante da costa norte amazônica é necessário incrementar os estudos palinológicos, utilizando a análise palinológica de alta resolução, para interpretações paleoecológicas mais detalhadas, considerando as características fisiográficas de cada região, separadamente.

AGRADECIMENTOS

A Dra. Carmena França (Universidade Federal do Pará - UFPA) por ceder o testemunho sedimentar para a análise palinológica. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Botânica do Museu Goeldi, Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia do Museu Goeldi.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Absy, M.L., Absy & Servant, M. 1993. The history of climate and vegetation in pollen study. *Ciência Hoje*, 16 (93): 26-30 (in Portuguese).
- Absy, M.L. 1975. Pollen and spores of the Quaternary of Santos, Brazil. Pólen e esporos do Quaternário de Santos, Brasil. *Hoehnea*, 5: 1-26 (in Portuguese).
- Absy, M.L. & Senna, C. 2003. *The mangroves of the northern Brazilian coast*. Organizado por Marcus. E. B. Fernandes. Maranhão: Fundação Rio Bacanga. 29-44 (in Portuguese).
- Almeida, S.S. 1996. Structures and floristic in mangrove areas of Pará: Evidence of amazon stuary influence. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Série Ciências da Terra: v. 1, p. 93-100 (in Portuguese).
- Amaral, D.D., et al. 2007. *Fields and forests of river basins Atuaú and Anajás, Marajo island, Pará*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. Coleção Adolpho Ducke. 110P (in Portuguese).
- Ayres, M. et al. 2003. Bio Estat 2.0: *Statistics and applications in medical and biological sciences areas*: Editora Sociedade Civil Mamirauá/Brasília. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (in Portuguese)
- Barros, M.A.; Barth, O.M.; Costa, K. M. R. 1999. Pollen systematic of woody plants of southern Brazil. XXXII: Anacardiaceae. *Leandra*, (14): 17-24 (in Portuguese).
- Bastos, M.N.C; Senna, C.S.F; Costa Neto, S.V. 2003. Plant communities in coastal landscapes of the Pará state: the sandbanks of the Crispim and Algodual. In: *Gente e Ambiente*. Organizado por Lurdes Gonçalves Furtado & Helena Doris A. Barbosa Quaresma. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. p. 239-258 (in Portuguese).
- Bauermann, S.G.; Marques-Toigo, M.; Neves, P.C.P. 2002. Taphonomic aspects of the Quaternary palinology. *Pesquisas: Botânica*, 52: 223-239 (in Portuguese).
- Behling, H. & Costa, M. L. 1997. Studies on Holocene tropical vegetation, mangrove and coasts environments in the state of Maranhão, NE Brazil. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 10 (7), 93-118.
- Behling, H. & Costa, M.L. 2001. Holocene vegetational and coastal environmental changes from the Lago Crispim record in northeastern Pará state, eastern Amazonia. *Review of Paleobotany and Palynology*. 114, 145-155.
- Behling, H., Cohen, M. C. L. & Lara, R. J. 2001. Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança Peninsula in northeastern Pará, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 40: 255-309.
- Behling, H. 2001. Late quaternary environmental changes in the Lagoa da Curuçá region (eastern Amazonia, Brazil) and evidence of Podocarpus in the Amazon lowland. *Vegetation History and Archaeobotany*. 10: 175 -183.

- Behling, H., Cohen, M. C. L. & Lara, R. J. 2004. Late Holocene mangrove dynamics of Marajó Island in Amazonia, northern Brazil. *Vegetation History and Archaeobotany*. Published online in 20 February 2004.
- Bove, C.P.; Barth, O.M. 1992. Systematic pollen Atlas of arboreal plants in southern Brazil. XXV: Bignoniaceae. *Rev. Brasil. Biol.*, 52 (2): 283-292 (in Portuguese).
- Carreira, L.M.M.; Silva, M.F.; Lopes, J.R.C.; Nascimento, L.A.S. 1996. Pollen of legums of the brasilian Amazon. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. Coleção Adolpho Ducke. 137P (in Portuguese).
- Carreira, L.M.M.; Barth, O.M. 2003. *Pollen of plants of the Serra dos Carajás, Pará*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. Coleção Adolpho Ducke. 112P (in Portuguese).
- Carreira, L.M. M.; Lobato, E.S.P.; Raposo, R.C. 1991a. Pollen morphology of plants of the Goeldi Museum Park. V. Família Malpighiaceae. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Botânica*. 7 (2):441-453 (in Portuguese).
- Carreira, L.M. M.; Raposo, R.C.; Lobato, E.S.P. 1991b. Pollen morphology of cultivate plants at the Goeldi Museum Park. VI. Família Euphorbiaceae. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Botânica*. 7 (1): 157-175 (in Portuguese).
- Cohen, MCL; Behling, H; Lara, R. J. 2005. Amazonian mangrove dynamics during the last millennium: The relative sea-level and the Little Ice Age. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 136:93-108.
- Colinvaux, P.A.; de Oliveira, P.E.; Patino, J.E.M. 1999. *Amazon Pollen Manual and Atlas*. Harwood Academic Publishers: Singapore. 330p.
- Costa Neto, S.V; Bastos, M.N.C.; Lobato, L.C.B. 1996. Floristic composition and vegetation of the sandbank of Crispim, Marapanim municipality, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Botânica*. 12 (2): 237-249 (in Portuguese).
- DHN. Diretoria de Hidrografia e Navegação (www.mar.mil.br/dhn/dhn/index.html). Acesso: em Julho de 2007.
- Erdtman, G. 1952. *Pollen morphology and plant taxonomy: Angiosperms*. Stockholm, Almqvist & Wiksell, 539p.
- Erdtman, G. 1960. The acetolysis method in a revised description. *Sv. Bot. Tidsk Lund*, 54(4): 561-564.
- Fægri, K. & Iversen, J. 1950. *Textbook of Modern Pollen Analysis*. E. Munksgaard, Copenhagen, Denmark.
- França, C.F. de. 2003. *Morphology and coastal changes on the east bank of Marajo (PA)*. Tese de Doutorado (Doutorado em Geologia) Universidade Federal do Pará, Belém. 144P (in Portuguese).
- França, C.F. de; Souza Filho, P.W.M. 2003. Analysis of morphological changes of coastal average period on the eastern of the Marajo island (PA) in landsat image. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33. 12p (in Portuguese).
- Grimm, E.C. 1987. CONISS: A Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of the incremental sum of squares. *Computer and Geosciences*, 13: 13-35.
- Hofmann, C. C. 2002. Pollen distribution in sub-Recent sedimentary environments of the Orinoco Delta (Venezuela) – an actuo-palaeobotanical study. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 119: 191-217.
- IDESP. PARÁ. 1974. *Integrated studies of Marajo*. Belém. 333P (in Portuguese).
- Kapp, R.O. 2000. *Pollen and spores*. American Association of stratigraphic palynologists Foundation Publication.
- Kisser, J. 1935. *Bemerken for inclusion in glycerin gelatin*. Z. Wiss. Mikr. 51p.(in German).
- Laeyendecker-Roosenburg, D.M. 1966. A palynological investigation of archaeologically interesting sections in Northwestern Surinam. *Leidse. Geol. Meded.* Vol. 38: 31 – 36.
- Lisboa, P.L.B.; Lisboa, R.C.L.; Rosa, N.A. & Santos, M.R. 1993. Patterns of floristic diversity in the ecological reserve Bacurizal in Salvaterra, Marajo island, Pará. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica*, 9 (2): 223-248 (in Portuguese).
- Mendes, A. C. 1994. *Sedimentological and stratigraphic study of Holocene sediments from the coast Amapa, sector between Maraca island and Orange Cabo*. Dissertação de Mestrado, Belém/Pará, Universidade Federal do Pará. 274 p (in Portuguese).
- More, P.D. & Webb, J.A. 1978. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. Hodder and Stoughton. London. 133p.
- Müller, I. 1947. *Die pollen analitische nachweis der menschlichen Besiedlung im Federsee-und bodenseegebiet*. Planta. 36P.
- Müller, J. 1959. Palynology of Recent Orinoco delta and shelf sediments: Reports of the Orinoco shelf Expedition. *Micropaleontology*, 5 (1): 1-32.
- Oliveira, F.P.M; Carreira, L.M.M.; Jardim, M.A. 1998. Characterization of pollen honey of *Apis mellifera* L. In secondary forest in the Igarapé - Açul/ Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica*. Belém. 14 (2): 159-176 (in Portuguese).
- Roubik, D.W. & Moreno, J.E.P. 1991. *Pollen and Spores of Barro Colorado Island*. Monographs in Systematic Botany from Missouri Botanical Garden, Panama. 270 p.
- Rull, V. 1987. A note on pollen counting in palaeoecology. *Pollen et Spores*, v. XXIX (4): 471-480.
- Rull, V.; Vegas-Vilarrubia, T. & Espinoza, N. P. 1999. Palynological record f an early-mid Holocene mangrove in eastern Venezuela: Implications for sea-level rise and disturbance history. *Journal of Coastal Research*, v.15 (2): 496-504.
- Rull, V. 1998. Modern and Quaternary Palynological Studies in the Caribbean and Atlantic coasts of Northern South America: A paleoecologically-oriented review. *Bol., Soc. Venezolana de Géol.*, 23 (2): 5-24.
- Salgado-Labouriau, M. L. 1994. *Ecological history of the Earth*. São Paulo: Edgard Blücher. 307p.
- Salgado-Labouriau, M. L. 1973. *Contribution to the palynology of the Cerrado*. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências. 291P (in Portuguese).

- Salgado-Labouriau, M. L. & Rull, V. 1986. A method of introduction exotic pollen for palaeoecological analysis of sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 47: 97-103.
- Salgado-Labouriau. 2007. *Standard and techniques for the Quaternary*. São Paulo: Edgard Blüched. 440P (in Portuguese).
- Santos, J.U.M. dos, Rosário, C.da S. 1988. Survey of vegetation used for dunes the Algodal, PA. *Boletim Museu Paraense Emilio Goeldi, Série Botânica*, 4 (1): 133-151 (in Portuguese).
- São Thiago, L.E.U. 2005. *Pollen analysis in mangrove area of environment protection (APA) of Guapimirim, Rio de Janeiro, Brazil*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências – Geologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 95P (in Portuguese).
- Schaeffer-Novelli, Y. et al. 2000. Brazilian mangroves. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 3, p. 561-570.
- Senna, C. S. F. 2002. *Changes paleobotany and paleoenvironments Holocene coastal plain of the northeast region of the State of Pará between the bays Marapanim and Maracanã*. Tese de Doutorado apresentada à Universidade do Amazonas/ Instituto nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus-Amazonas, 115p. (in Portuguese)
- Senna, C. S. F.; Oliveira, D. S. 2002. Composition, abundance and diversity of pollen types in paleoenvironments River stuary Marapanim, State of Pará. Probst, M.T. mendes A. (Org). In: *Ecosystemas Amazônicos: Dinâmicas, impactos e valorização de recursos naturais*, UFPA/MPEG. 15P (in Portuguese).
- Silvestre-Capelato, M.S. F; Melhen. T.S. 1997. Pollen flora of reserve state of Fontes do Ipiranga, São paulo, Brazil. Família: 81- Leguminosae. *Hoehnea*. 24(1): 115-163 (in Portuguese).
- Tissot, C.; Marius, C. 1992. Holocene Evolution of the Mangrove Ecosystem in French Guiana: A Palynological Study. Tropical Ecosystems: *Ecology and Management*. 333 – 347.
- Van der Hammen, T. 1963. A palynological study on the Quaternary of British Guiana. *Leidse Geologische Mededelingen*, 29, 125-180.
- Vedel, V.; Behling, H.; Cohen, M.; Lara, R. 2005. Holocene mangrove dynamics and sea-level changes in northern Brazil, inferences from the Taperebal core in northeastern Para State. *Veget. Hist. Archaeobot.* 15:115-123

Recebido em 22/07/2009

Aceito em 07/01/2010

PROVA