



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI**



**ANÁLISE PALINOLÓGICA DO TESTEMUNHO BOM JESUS, PLANÍCIE  
COSTEIRA INTERNA DO MUNICÍPIO DE SOURE, ILHA DO MARAJÓ/PA**

**LÍVIA CARDOSO DA SILVA RODRIGUES**

**BELÉM – PA  
2007**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI**



**ANÁLISE PALINOLÓGICA DO TESTEMUNHO BOM JESUS, PLANÍCIE  
COSTEIRA INTERNA DO MUNICÍPIO DE SOURE, ILHA DO MARAJÓ/PA**

**LÍVIA CARDOSO DA SILVA RODRIGUES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Botânica Tropical, para obtenção do título de Mestre em Botânica.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Cristina do Socorro Fernandes de Senna

**BELÉM – PA  
2007**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI**



**ANÁLISE PALINOLÓGICA DO TESTEMUNHO BOM JESUS, PLANÍCIE  
COSTEIRA INTERNA DO MUNICÍPIO DE SOURE, ILHA DO MARAJÓ/PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Botânica Tropical, para obtenção do título de Mestre em Botânica.

**LÍVIA CARDOSO DA SILVA RODRIGUES**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr<sup>a</sup>. Cristina do Socorro Fernandes de Senna  
Orientadora  
Museu Paraense Emilio Goeldi - MPEG

---

Dr<sup>a</sup>. Maria Lúcia Absy  
1<sup>o</sup> Examinador  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia Aguiar de Barros  
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
2<sup>o</sup> Examinador

---

Prof. Dr. Mário Augusto Gonçalves Jardim  
Museu Paraense Emilio Goeldi – MPEG  
3<sup>o</sup> Examinador

---

Prof. Dr. Francisco Plácido Magalhães de Oliveira  
Universidade Federal do Pará – UFPA/Campus Altamira - PA  
Suplente

## DEDICATÓRIA

À Zuleide e Ananias, meus pais, fontes de amor eterno.

## AGRADECIMENTOS

À Dra. Cristina Senna pela orientação, contribuição em minha formação pessoal e principalmente, por estimular minha independência como aluna e como profissional durante o mestrado.

À Dra. Carmena França da UFPA, por ceder o testemunho TBJ utilizado na análise palinológica.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de ensino, durante um ano (2006), o quê realmente fez a diferença para a realização desta dissertação.

Ao Museu Paraense Emilio Goeldi/MCT, na pessoa de Dra. Maria de Lourdes Ruivo por disponibilizar o uso das dependências do CCTE e à coordenação de Botânica, na pessoa de Dra. Maria de Nazaré Bastos pela infra-estrutura cedida ao longo do curso e para a finalização da dissertação.

À UFRA e à Coordenação do Curso de Botânica Tropical na pessoa do Dr. Ubiratan Moreira dos Santos, principalmente, pelo apoio na finalização deste trabalho.

À Dra. Márcia Barros da UFRJ, pela valiosa contribuição na orientação do uso dos programas TILIA e TILIA GRAPH, por disponibilizar trabalhos de palinotaxonomia e pelo auxílio nas identificações dos tipos polínicos.

À Dra. Ana Albernaz, da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia do Museu Goeldi, pela atenção e sugestões nas análises estatísticas na primeira etapa de trabalho.

Ao Dr. Mário Jardim pela atenção durante o curso de mestrado, por aceitar o convite para a pré-banca e pelas críticas e sugestões em relação a este trabalho.

Ao técnico Luis Carlos Batista Lobato, da Coordenação de Botânica do Museu Goeldi, pela identificação das espécies botânicas nas coletas de campo em Barcarena e Soure, e pela disponibilidade em ajudar sempre que possível. Valeu Luis!

Aos técnicos Paulo Sarmiento e Álvaro da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia do Museu Goeldi, pelo apoio nas etapas de laboratório.

À minha família, Zuleide, Ananias, Vívian, Bruno e Moisés pelo incentivo, mesmo de longe, em mais uma etapa importante da minha vida e à minha avó Francisca (Fram), pelo carinho e preocupação na reta final do trabalho.

À Berna Leão, Bernica, amiga de longa data, companheira de todas as horas e parceira no trabalho de equipe.

À amiga Brenda Oliveira da Costa, Brendix, pelo apoio científico e artístico e principalmente por tornar a tecnologia mais simples para mim.

Aos amigos, Fábio Pamplona, pela ajuda nas primeiras etapas de trabalho, etapas de campo e durante as disciplinas do mestrado; Elves Barreto pela companhia adorável durante todo o mestrado e Cleber Serrão pela ajuda preciosa e fundamental na finalização desta dissertação.

Ao técnico Altenir Sarmiento do CBO/MPEG, pela atenção e por toda a paciência em me auxiliar na formatação e na impressão deste trabalho.

Aos amigos da Paleontologia, principalmente, as queridas Sue e Samantha, e todos os alunos que dividiram as horas, por vezes intermináveis, na microscopia do CCTE, pela troca de experiências valiosas em conversas sempre muitíssimo bem humoradas.

Aos queridos amigos da turma do mestrado em Botânica Tropical/2005 pela companhia em mais uma etapa da minha vida profissional e aos demais alunos da Dra. Cristina Senna pelo convívio durante este período.

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS .....	ii
LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE TABELAS .....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT. ....	x
1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 - Palinologia e reconstrução paleoecológica .....	4
2.2 - Palinologia do Quaternário e a costa norte amazônica, .....	6
2.3 - Planície Costeira dos Estados do Pará e Maranhão.....	10
3 - MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1 - Área de estudo .....	16
3.1.1 - Contexto regional.....	16
3.1.2- Caracterização morfológica .....	17
3.1.3- Mudanças morfológicas da margem leste da ilha do Marajó.....	19
3.1.4- Localização e acessos.....	21
3.1.5- Clima .....	21
3.1.6- Hidrografia .....	22
3.1.7- Cobertura vegetal .....	22
A) Campo inundável .....	22
B) Floresta .....	24
C) Mata de restinga .....	24
D) Manguezal .....	25
3.2 - ANÁLISE PALINOLÓGICA .....	28
3.2.1 -Testemunho de sondagem .....	28
3.2.2 - Amostras de superfície.....	31
3.2.3 - Material botânico .....	32
3.2.4 - Processamento e descrição do testemunho .....	32
3.2.5 - Extração de sub-amostras.....	33
3.2.6 - Datações radiocarbônicas.....	34
3.2.7 - Preparação das amostras sedimentares.....	34
3.2.8 - Montagem de lâminas permanentes .....	35
3.2.9 - Identificação e contagem de palinomorfos .....	36
3.2.10 - Abundância relativa e concentração de tipos polínicos .....	36
3.2.11 - Cálculo da Taxa de sedimentação .....	37
3.2.12- Diagramas polínicos.....	38
3.2.13 - Índices Ecológicos .....	38
3.2.14 - Associação das assembléias polínicas com as formações vegetais.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
4.1 - Sedimentos de superfície.....	40
4.1.1- Descrição sedimentar .....	40

4.1.2- Análise palinológica dos sedimentos de superfície.....	41
4.1.3- Deposição atual de palinomorfos na superfície sedimentar .....	49
4.2 - Sedimentos Quaternários.....	50
4.2.1- Análise sedimentológica do testemunho TBJ .....	50
4.2.2- Datação Radiocarbônica .....	52
4.2.3- Descrição das zonas palinológicas .....	53
4.4 - Assembléias polínicas e deposição sedimentar do testemunho TBJ.....	63
5 - CONCLUSÃO .....	67
<b>6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>68</b>
APÊNDICES .....	74

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema das camadas constituintes do grão de pólen.....	4
Figura 2: Esquema dos tipos de ornamentação da exina.....	5
Figura 3: Registros palinológicos Quaternários da costa norte amazônica.....	7
Figura 4: Registros palinológicos Holocênicos da zona costeira do Estado do Pará.....	10
Figura 5: Mapa de localização dos Setores da Zona Costeira Paraense.....	16
Figura 6: Mapa morfológico da zona costeira de Soure e Salvaterra.....	18
Figura 7: Reflexos do recuo da linha decorrentes de erosão costeira.....	20
Figura 8: Mapa de localização da área de estudo, planície costeira de Soure.....	21
Figura 9: Campos naturais, na planície aluvial, Fazenda Bom Jesus, Ilha do Marajó.....	23
Figura 10- Vegetação de mata de restinga.....	25
Figura 11- Manguezal da planície de supramaré de Soure.....	27
Figura 12- <i>Acrostichum aureum</i> , pteridófito característica de borda de mangue.....	28
Figura 13- Método de sondagem vibratória.....	29
Figura 14- Localização do testemunho TBJ.....	30
Figura 15- Locais de coleta das amostras de superfície.....	31
Figura 16- Procedimento de coleta de superfície.....	31
Figura 17- Material botânico.....	32
Figura 18- Perfil estratigráfico “Bom Jesus” - TBJ.....	33
Figura 19- Curvas de saturação das amostras de superfície.....	40
Figura 20- Índices ecológicos para os sedimentos de superfície.....	42
Figura 21- Diagrama palinológico de presença dos táxons encontrados nas amostras de superfície de solo da Fazenda Bom Jesus.....	45
Figura 22: Diagrama palinológico de porcentagem dos táxons encontrados nas amostras de superfície de solo da Fazenda Bom Jesus.....	46

Figura 23- Diagrama palinológico de porcentagem por formação vegetal dos táxons encontrados nas amostras de superfície de solo da Fazenda Bom Jesus.....	47
Figura 24- Diagrama palinológico de concentração dos táxons encontrados nas amostras de superfície de solo da Fazenda Bom Jesus.....	48
Figura 25: Diagrama palinológico de concentração por formação vegetal dos táxons encontrados nas amostras de superfície de solo da Fazenda Bom Jesus.....	49
Figura 26- Desenho esquemático do testemunho TBJ.....	52
Figura 27- Índices ecológicos calculados para os 16 intervalos sedimentares do testemunho TBJ.....	56
Figura 28- Diagrama palinológico de presença dos táxons encontrados no testemunho TBJ.....	59
Figura 29- Diagrama palinológico de porcentagem dos táxons encontrados no testemunho TBJ.....	60
Figura 30- Diagrama palinológico de porcentagem por formação vegetal dos táxons encontrados no testemunho TBJ.....	61
Figura 31- Diagrama palinológico de concentração dos táxons encontrados no testemunho TBJ.....	62
Figura 32- Diagrama palinológico de concentração por formação vegetal dos táxons encontrados no testemunho TBJ.....	63

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Quadro resumo de pesquisas palinológicas realizadas na costa norte amazônica. Correlação entre variações do nível do mar e tipos polínicos dominantes.....	15
Tabela 2 – Peso, cor e litologia dos sedimentos de superfície da Fazenda Bom Jesus, planície costeira de Soure, Ilha do Marajó/PA.....	40
Tabela 3 – Lista dos tipos palinológicos identificados nos sedimentos de superfície do solo da Fazenda Bom Jesus, planície costeira de Soure, Ilha do Marajó/PA.....	43
Tabela 4 – Litologia, peso e cor dos níveis sedimentares do testemunho TBJ.....	51
Tabela 5 – Idade convencional e calibrada do testemunho TBJ, Ilha do Marajó - Pará, Brasil.....	52
Tabela 6 – Lista dos táxons identificados nos sedimentos Quaternários do testemunho TBJ, planície costeira de Soure, Ilha do Marajó/PA.....	56

## RESUMO

A Ilha do Marajó apresenta a planície costeira leste caracterizada pela ocorrência de manguezais associados a outros ecossistemas como restingas, várzeas de maré e campos inundáveis. Com objetivo de determinar a composição, abundância e diversidade de tipos polínicos, para a compreensão de possíveis modificações nas comunidades vegetais dessa área, em função de variações paleoambientais, paleoecológicas e paleoclimáticas, foi realizada análise palinológica de alta resolução em 1,25 m da porção superior do testemunho de sondagem TBJ de 4,20m de profundidade, coletado na Fazenda Bom Jesus, município de Soure, PA.. As amostras sedimentares de 2cm<sup>3</sup> foram coletadas e tratadas de acordo com metodologia padrão em análise palinológica. A correlação entre os diagramas palinológicos de abundância, presença e concentração, e os índices ecológicos de riqueza, diversidade e equitabilidade, associados a mudanças na abundância e composição de tipos polínicos ao longo da seqüência sedimentar, possibilitou a definição de três zonas palinológicas, datado na base em 2730 ± 40 anos A.P.. A dominância de mangue ao longo de todo o testemunho foi evidenciada pela presença de pólen de *Rhizophora*, cuja abundância máxima atingiu 88%. Variações recorrentes na hidrodinâmica da baía do Marajó, caracterizadas por pulsos erosivos de curto período, parecem ter provocado redução na dominância de espécies de mangue, acompanhada pelo incremento na abundância de tipos polínicos bioindicadores de campo inundável associados a elementos de restinga e floresta. A análise polínica de sedimentos de superfície permitiu o conhecimento da deposição atual de palinomorfos, evidenciando a migração do campo inundável sobre o manguezal, corroborando os dados do testemunho sedimentar. A correlação com outros registros polínicos holocênicos realizados ao longo da costa norte amazônica, indicou que 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.

**Palavras-Chave:** palinologia, manguezal; planície costeira, Holoceno, Amazônia.

## ABSTRACT

The Marajó Island located at Pará State presents a coastal plain composed by several coastal ecosystems as mangroves, sandy flats, forests tidal flooded and grasses seasonal flooded. This work goal to study modifies of the vegetation this place as the result of climatic, ecologic and environmental changes on course of the Superior Holocene. The high resolution pollen analysis was applied according conventional method for Quaternary Palynology on 6 superficial mud samples and others 16 mud sediment samples obtained of the top portion TBJ core (1,25 m depth) with 4,20 m total depth, obtained from Bom Jesus Farm, Soure County by applications of the vibracore method. The results revealed modifications on the composition and relative abundance of pollen types, along of the sedimentary sequence, dated at  $2730 \pm 40$  years B. P. Three palaeocozones was defined for relative abundance pollen diagrams, concentration pollen diagrams and presence/absence pollen diagrams. The results of the pollen analysis on superficial samples show that there is an actual replace of the mangrove by migration of the grasses seasonal flooded, under erosion conditions, which originate beach ridges deposits near to the ocean. 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. However, hydrological variation was repeated and seems have cased locally a reduction of the mangrove forest and the increase of the pollen elements of the others coastal ecosystems mentioned. Ecological index as species richness, diversity (Shannon's index) and Equability was applied on pollen data for evaluation of the impacts these environmental changes. Thus, the present study contributed for the knowledge on vegetation history of the Amazonian Coastal Plain during Upper Holocene.

**Key-words:** Palynology, mangrove, coastal plain, Holocene, Amazonia.

## 1 - INTRODUÇÃO

A ilha do Marajó, pertencente ao setor insular estuarino da zona costeira paraense, integra a costa norte amazônica, cujos mosaicos de cobertura vegetal caracterizam diferentes ecossistemas como restingas, várzeas, igapós e manguezais. Típicos de planícies lamosas, os manguezais, bordejam baías estuarinas, associando-se a outros ecossistemas costeiros e continentais, formando um cinturão contínuo do Maranhão até o Amapá na fronteira com a Guiana Francesa (RODRIGUES E SENNA, 2005).

A paleoecologia, através de registros polínicos, tem se mostrado como uma ferramenta fundamental para o entendimento de paleoclimas e variações do nível do mar (transgressão e regressão marinha) durante o Holoceno, em ambientes de sedimentação inseridos na costa norte amazônica. Estudos palinológicos pioneiros, iniciados há mais de quatro décadas, segundo Senna (2002) nas três Guianas e Venezuela, possibilitaram a identificação, a partir das assembléias polínicas, de três eventos climáticos significativos no limite Pleistoceno/Holoceno pós-glacial e no Holoceno. O primeiro, de transgressão marinha, refere-se à transição pós-glacial Pleistoceno-Holoceno (10.000-7.000 anos A.P.), o segundo, de regressão marinha, teve início em 5.000 anos A.P. e o último episódio, de nova transgressão marinha, a partir de 3.630 anos A.P.

Na zona costeira do Pará e Maranhão, a reconstrução de paleoambientes holocênicos, através da análise palinológica, apesar de mais recente, corrobora os dados citados e auxilia no conhecimento da evolução das comunidades vegetais estuarinas, associando-as a paleoclimas, variações do nível relativo do mar, a diferenciadas taxas de sedimentação e erosão e ocupações pré-históricas (RODRIGUES E SENNA, 2005).

Desta maneira, a sensibilidade dos ecossistemas costeiros diante de mudanças ambientais, associada à dinâmica de sedimentação de curta duração, ou a eventos climáticos ou tectônicos de maior duração, demanda pesquisas que contribuam para a conservação destes ambientes, considerando sua importância sócio-econômica para as populações locais e a ampla exploração destas áreas pelo turismo.

Neste contexto, na reconstrução de paleovegetação utilizam-se bioindicadores paleoecológicos, denominados, “palinomorfos”, tais como: grãos de pólen e esporos de pteridófitas. A deposição destes bioindicadores se dá, preferencialmente em ambientes redutores (sem oxigênio) propícios à preservação da exina, camada mais externa e resistente dos grãos de pólen, tais como turfeiras, fundos de lagos, baías tranqüilas e pântanos (SENN, 2002).

2002). A identificação destes palinomorfos refletirá a vegetação existente no entorno destes locais e, conseqüentemente, as variações ocorridas nestas comunidades ao longo do tempo.

Na análise palinológica são consideradas características morfológicas dos grãos de pólen de cada espécie vegetal, como forma, número de aberturas e ornamentação da exina, bem como, a abundância e a frequência de ocorrência dos táxons presentes no sedimento analisado, para a definição de ecozonas e parâmetros ecológicos característicos dos ambientes pretéritos, associando-os a impactos naturais e/ou antrópicos.

Contudo, a relação entre vegetação e espectro polínico depositado, torna-se mais complexa em regiões tropicais, devido à grande diversidade biológica, às síndromes de polinização e aos processos de sedimentação. Segundo Bauermann et. al., (2002) plantas entomófilas (polinizadas por insetos), por exemplo, produzem uma quantidade menor de grãos se comparadas às plantas anemófilas (polinizadas pelo vento), fator que deve ser considerado para evitar distorções na interpretação dos diagramas polínicos.

Desta forma informações sobre produção, liberação, transporte e sedimentação de grãos de pólen e esporos, bem como, aspectos tafonômicos ligados à sedimentação, devem ser considerados para o melhor entendimento das associações polínicas em ambientes Quaternários como a zona estuarina da ilha do Marajó.

Vale ressaltar que ambientes como deltas e estuários são muito recentes, pois foram formados depois da última glaciação, há cerca de 14 mil anos atrás, durante a última grande regressão marinha (SALGADO-LABOURIAU, 2007). Além da influência das marés, os estuários recebem material marinho que se mistura com o material trazido pelos rios, como grãos de pólen e esporos. Desta forma, a reconstrução da vegetação torna-se complexa e a interpretação paleoecológica fortemente relacionada com a hidrodinâmica regional e local.

Entretanto, a possibilidade de se ter fontes diferenciadas de palinomorfos requer a coleta de sedimentos de superfície sedimentar, visando à identificação de material autóctone ou alóctone, ou seja, se o material depositado é de origem local ou de longa distância.

Corroborando os estudos palinológicos da costa norte amazônica, esta pesquisa objetivou a interpretação paleoecológica, considerando a composição, abundância, e diversidade dos tipos polínicos bioindicadores de paleoambientes holocênicos, encontrados em sedimentos estuarinos do testemunho Bom Jesus (TBJ), de 1,25m de profundidade, coletado no limite campo/mangue da planície costeira da porção leste da ilha do Marajó, Pará. Foram considerados também datações  $^{14}\text{C}$  para correlações bioestratigráficas, determinando zonas palinológicas e parâmetros ecológicos relacionados com as assembléias de

palinomorfos, como riqueza, diversidade e equitabilidade; além de definir a influência continental ou marinha conferida aos paleoambientes amazônicos.

A utilização destes bioindicadores ambientais, em sedimentos Quaternários (Neógeno Superior), tem contribuído sobremaneira no conhecimento de mudanças climáticas locais e regionais, assim como, da ação antrópica nas zonas costeiras. Tal reconstrução paleoecológica é possível, uma vez que, nesta era geológica, não ocorreram extinções significativas de plantas.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Palinologia e reconstrução paleoecológica

A Palinologia é o estudo dos grãos de pólen, esporos, cistos de algas, e outras partículas biológicas, presentes no ar, nos sedimentos e rochas sedimentares, ou seja, em qualquer matriz orgânica ou inorgânica que os conserve (SALGADO-LABOURIAU, 1994). Os principais elementos constituintes da análise palinológica, grãos de pólen e esporos, são denominados palinomorfos.

O pólen é o elemento fecundante das plantas superiores e tem a função de proteger o gametófito masculino até o crescimento do tubo polínico no estigma da flor. É constituído por duas membranas: a intina, que envolve o protoplasma e é composta por celulose e pectina; e a exina, membrana externa, formada por composto estável de politerpeno, a esporopolenina, que garante grande resistência e elasticidade à perda de água, bem como, à fossilização em sedimentos.

Segundo Erdtman (1952), a exina subdivide-se em nexina, camada mais interna e sem ornamentação, representada por nexina 1 e 2; e sexina, cujo padrão de deposição e ornamentação segue código genético característico de cada espécie vegetal. A sexina abrange os elementos tectais ou esculturais, teto e columela (Figura 1). As columelas são pequenos cilindros ou bastões de sexina/ectexina que sustentam um teto. Faegri (1956) admite uma nomenclatura baseada na coloração por fucsina: ectexina, que corresponde à sexina e nexina 1 e cora com fucsina; e endexina, correspondente à nexina 2 (SALGADO-LABOURIAU, 2007).

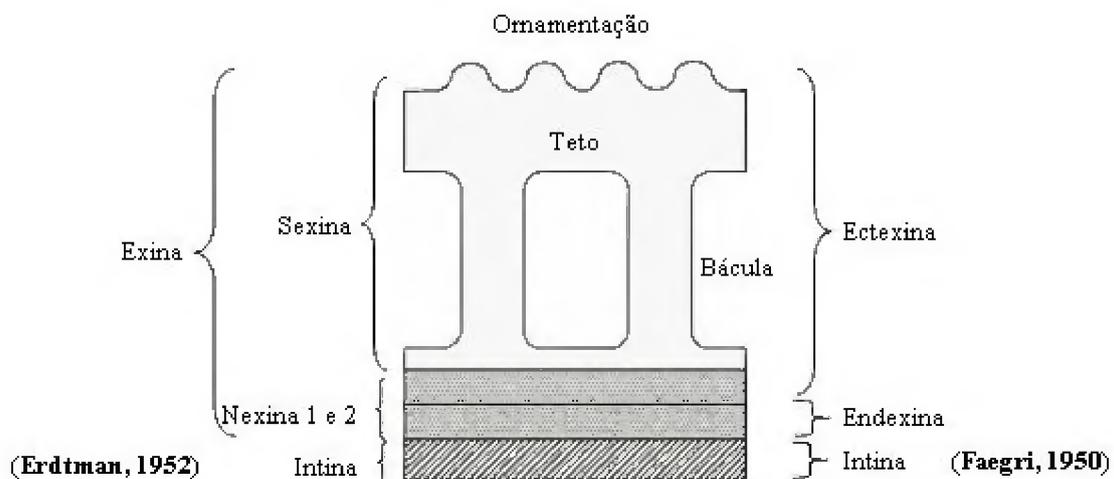


Figura 1– Esquema das camadas constituintes do grão de pólen (Adaptado de KAPP, 2000).

A superfície de grãos de pólen e esporos pode apresentar diferentes padrões de ornamentação: estriada, reticulada, lisa, perfurada, com espinhos, verrugas, pilas, etc. (Figura 2). Os tipos com ornamentação mais elaborada, geralmente são entomófilos (polinizados por insetos), enquanto os grãos lisos ou menos elaborados podem ter dispersão pelo vento (anemofilia) e pela água (hidrofilia). No entanto, polinização entomófila e anemófila não são tipos invariáveis, ou seja, mutuamente exclusivos (BAUERMANN et al., 2002).

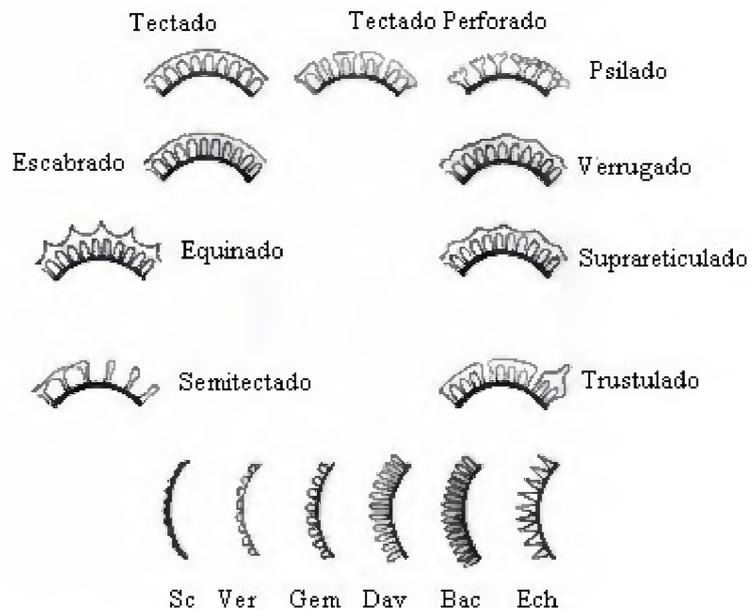


Figura 2 – Esquema de tipos de ornamentação da exina (Adaptado de COLINVAUX et al., 1999).

Os esporos são estruturas reprodutivas assexuadas de briófitas e pteridófitas (ABSY e ABSY & SERVANT, 1993). Não apresentam divisão sexina-nexina e não têm aberturas. Os tipos trilete (forma de ípsilon, Y) e o monolete (forma alongada) são cicatrizes de contato entre os grãos que se conectam em tetrade. Os esporos sem cicatriz são denominados aletas (SALGADO-LABOURIAU, 2007).

Para a análise palinológica são considerados caracteres morfológicos dos grãos de pólen como tamanho, forma, número de aberturas e ornamentação da exina. Em estudos paleoecológicos através da análise estratigráfica de fósseis, ou palinomorfos contidos em sedimentos, são avaliados, além dos caracteres morfológicos, a abundância e a frequência de ocorrência dos taxa presentes no sedimento analisado, definindo a partir das assembléias polínicas, zonas e parâmetros ecológicos característicos da vegetação e ambiente pretéritos, relacionando-os aos impactos naturais e antrópicos.

Tal relação é possível, segundo Absy e Servant (1993), visto que, cada região apresenta um espectro polínico característico de seu tempo e espaço de deposição em camadas sucessivas, resultantes da dispersão de grande quantidade de pólen na atmosfera na forma de “chuva polínica”.

Desta maneira, a deposição destes bioindicadores em ambientes redutores propícios à preservação pela resistência da exina, tais como turfeiras, fundos de lagos, baías tranquilas e pântanos, registra, ao longo do tempo geológico, mudanças ocorridas nas comunidades vegetais que habitaram a região.

A identificação dos palinomorfos, geralmente no nível de família ou gênero e, se possível, de espécie, é realizada pela comparação com equivalentes modernos, a partir de coleções de referência (palinoteca) e de literatura especializada como Atlas palinológicos e artigos de palinotaxonomia, paleoecologia e melissopalínologia.

A utilização destes bioindicadores ambientais, em sedimentos Quaternários (Neógeno Superior), tem contribuído sobremaneira no conhecimento de mudanças climáticas locais e regionais, bem como, da ação antrópica nas zonas costeiras. Tal reconstrução paleoecológica é possível, uma vez que, nesta era geológica, não ocorreram extinções significativas de plantas.

Corroborando os estudos palinológicos da costa norte amazônica, esta pesquisa objetivou a interpretação paleoecológica de tipos polínicos bioindicadores de paleoambientes holocênicos encontrados em um testemunho sedimentar obtido na planície costeira de supramaré de Soure, ilha do Marajó, através de análise palinológica de alta resolução, em intervalos de 5 cm, associada à datação em  $^{14}\text{C}$ , diagramas polínicos e índices ecológicos.

## **2.2 - Palinologia do Quaternário e a costa norte amazônica,**

A costa norte amazônica é integrada por diferentes formações vegetais características de ecossistemas como manguezais, restingas e várzeas de maré. Entretanto, os manguezais representam o principal ecossistema da planície costeira equatorial norte da América do Sul, com 1.200 km de extensão e 82.596,43  $\text{Km}^2$  de área, somente no Estado do Pará, entre a foz dos Rios Amazonas e Gurupi (ALVES et al., 2005). Típicos de planícies lamosas, os manguezais bordejam baías estuarinas, geralmente, associados com outros ecossistemas costeiros e continentais, formando um cinturão contínuo do Maranhão até o Amapá na fronteira com a Guiana Francesa.

A paleoecologia, através de registros polínicos, tem se mostrado como uma ferramenta fundamental para o entendimento de paleoclimas e variações do nível do mar (transgressão e regressão marinha) durante o Holoceno, em ambientes de sedimentação, inseridos na costa norte amazônica.

Estudos palinológicos sobre a paleovegetação da costa norte amazônica abrangem desde a Venezuela, Guiana, Suriname até a Guiana Francesa. No Brasil, as pesquisas concentram-se nos Estados do Pará e Maranhão (Figura 3). Entretanto, pesquisas pioneiras nas três Guianas e Venezuela, foram iniciadas há mais de quatro décadas, enquanto os estudos mais recentes concentram-se na costa Atlântica do Estado do Pará.

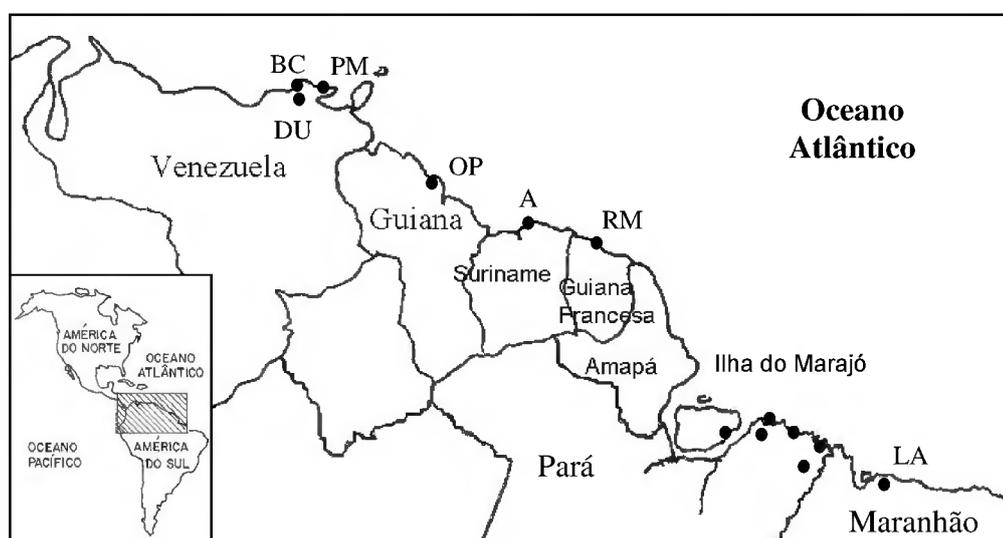


Figura 3- Registros palinológicos do Quaternário da costa norte amazônica. BC=Bacia Carioco; DU=Delta Unare; PM=Playa Medina; OP=Ponte Ogle; A=Aliança; RM=Rio Mana; LA=Lago Aquiri, Maranhão.

Müller (1959), a partir de amostras de superfície e de três testemunhos do delta do Orinoco, Venezuela, investigou a influência das áreas fonte e do tipo de polinização sobre a distribuição de material polínico retrabalhado e de algumas espécies características de diferentes ambientes. O tipo *Rhizophora*, por exemplo, tem dominância nas assembléias polínicas, em relação a outros taxa de mangue, como *Avicennia*. Sua distribuição é de longa distância, com alta produção polínica e dispersão anemófila, considerando ainda o incremento dado a sua dispersão pela brisa marinha na zona costeira.

Em contrapartida, o autor afirma que sistemas fechados como pântanos, têm a distribuição polínica restrita com a deposição do material retrabalhado, relacionada aos períodos de inundação e à ação das chuvas. Grãos de pólen de *Symphonia globulifera*, por

exemplo, tipo entomófilo, grande e ornamentado, é geralmente encontrado próximo à planta mãe.

Ainda segundo o autor, as Polypodiaceae não apresentam ambiente definido, entretanto, algumas espécies podem ser consideradas como marcadores de área de transição, como *Acrostichum aureum*, tipo característico de borda de mangue. Müller também cita a ocorrência do tipo anemófilo *Alnus* (Betulaceae), característico de vegetação Andina, cuja distribuição à longa distância dá-se por transporte fluvial.

Quanto aos testemunhos citados pelo autor, os diagramas polínicos evidenciam a alternância entre pólen de *Rhizophora*, característico de ambiente costeiro, e *Terminalia* (Combretaceae), gênero associado à ambiente continental. Müller afirma a alternância na comunidade vegetal, como resultante de mudanças no regime hidrológico do delta, em decorrência de variações climáticas ocorridas no Pleistoceno ou Holoceno.

Corroborando o trabalho de Müller, Hofmann (2002) afirma que a distribuição e abundância de pólen e esporos em sedimentos de superfície de três localidades no delta do Orinoco: Cano Guaneira, Floresta de mangue e Pântano de palmeiras, são fortemente influenciadas pela composição florística, produção polínica e sistemas de polinização das espécies que compõem a comunidade vegetal.

Segundo Hofmann, o levantamento florístico incompleto fora complementado pela classificação criada pelo próprio Müller, baseada no tipo de solo e no tempo de inundação a qual a área foi submetida. O mangue caracterizado pela dominância de *Rhizophora mangle* e pela ocorrência de *Avicennia nitida*, *Laguncularia racemosa*, *Crenea maritima* e *Cyperus* sp., apresenta a menor porcentagem de pólen alóctone, devido à baixa diversidade, elevada produção polínica e dominância de algumas espécies.

Segundo a autora as assembléias polínicas de planície inundada contendo Cyperaceae, Gramineae, *Mauritia flexuosa*, *Montrichardia arborescens*, *Heliconia* sp., e herbáceas, caracterizam sistemas fechados, como o pântano de palmeiras, cuja distribuição de palinórfos está relacionada com inundações periódicas através dos canais de drenagem.

A floresta mista de Cano Guaneira, segundo Hofmann (2002), composta por Bombacaceae, Gramineae, Cyperaceae, *Cecropia*, *Inga*, *Paullinea*, *Pachira* aquática, *Pterocarpus officinalis*, *Symphonia globulifera*, *Euterpe oleracea*, *Manicaria* sp., além de lianas e pteridófitas estabelecidas nas áreas de menor inundação e de elevada intensidade luminosa, apresenta menor porcentagem de pólen autóctone, por se tratar de sistema fluvial aberto, apresentar maior diversidade e conseqüentemente, menores chances de representação da vegetação pelas assembléias polínicas.

Rull et al. (1999) analisaram sedimentos costeiros de um testemunho sedimentar de 9.4m de profundidade na península de Playa Medina, Venezuela, aliado à datação de fragmento de madeira de *Rhizophora* de  $6.960 \pm 70$  anos A.P. A assembléia palinológica encontrada foi semelhante à dos manguezais caribenhos atuais, uma vez que, a transgressão marinha datada de 7.000 anos A.P., promoveu a substituição de savana, representada por Sapotaceae, Myrtaceae e Anacardiaceae, por mangues com dominância de *Rhizophora*. A rara ocorrência de *Avicennia* deve-se a fatores antrópicos.

Os estudos de Van der Hammen (1963) para a planície costeira da Guiana, revelaram grandes mudanças nos padrões de vegetação, observadas nos diagramas polínicos em três períodos do Quaternário: O último interglacial, o último glacial e o Holoceno. Trabalhos realizados em 1978, pelo mesmo autor, demonstraram que há 45.000 anos A.P., a planície costeira era dominada por um cinturão de mangue com dominância de *Rhizophora*. Substituída, posteriormente, por savana herbácea, associada à regressão marinha e clima seco entre 18.000 – 13.000 anos A.P. No Holoceno, o contínuo aumento do nível do mar, datado de 8.600 anos A.P., demonstra o retorno para um clima mais úmido, favorecendo o aparecimento de bosques de mangue, com a ocorrência de *Avicennia*, seguida de pólen de *Rhizophora*.

Segundo Roeleveld (1969) o progressivo aumento do nível do mar pós-glacial na transição Pleistoceno-Holoceno, em sítios arqueológicos (Hertenrits) no Suriname, datado em torno de  $10.304 \pm 100$  anos A.P. favoreceu a formação de extensos bosques de mangue com dominância de *Rhizophora*.

Segundo Laeyendecker-Roosenburg (1966) as interpretações para os últimos 2.000 anos evidenciam dois eventos transgressivos com o estabelecimento de bosques de mangue, o mais novo datado de 1.265 anos A.P., além de evento regressivo intermediário com indicadores de clima seco tais como pólen de Cyperaceae, Gramineae e Compositae.

De acordo com Tissot & Marius (1992) as análises palinológicas de testemunhos de 22,4m de profundidade, na Guiana Francesa, revelam que entre 9.000 – 5.000 anos A.P. a transgressão marinha holocênica, favoreceu a presença de floresta de mangue com dominância do pólen de *Rhizophora*, posteriormente substituído a partir de 5.000 anos A.P. por grãos de pólen indicadores de savana inundável, tais como Cyperaceae e Gramineae.

Rull (1998) em revisão sobre as pesquisas palinológicas realizadas na costa norte amazônica, aponta os principais trabalhos desenvolvidos nesta área, dos quais alguns fazem parte da presente revisão bibliográfica. O autor sugere que as correlações entre salinidade, sucessão de vegetação costeira, ambientes sedimentares, ação antrópica e variações do nível

do mar, durante o último máximo glacial na Amazônia, são úteis para o estabelecimento de predições e perspectivas sobre os ecossistemas costeiros frente às mudanças globais. O autor sugere ainda que em trabalhos futuros, seja utilizada a análise de alta resolução aliada à necessidade de maior número de trabalhos taxonômicos nestes ecossistemas.

### 2.3 - Planície Costeira dos Estados do Pará e Maranhão

Para a planície costeira dos Estados do Pará e Maranhão as pesquisas palinológicas apresentam registros mais recentes (Figura 4).

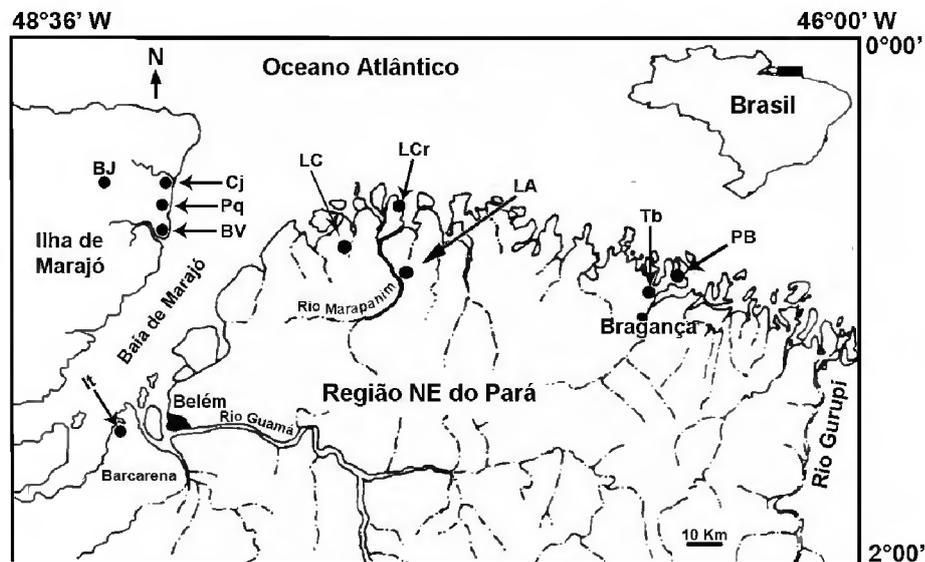


Figura 4 – Registros palinológicos Holocênicos da zona costeira do Estado do Pará. BJ=Bom Jesus; Cj=Cajúuna; Pq=Pesqueiro; BV=Barra Velha; It=Itupanema; LC=Lagoa Curuçá; LCr=Lago Crispim; LA=Lago Aranha; Tb=Taperebal; PB=Península de Bragança (SENNA et al, 2007).

De acordo com Behling & Costa (1997) os diagramas polínicos e as datações por  $^{14}\text{C}$  em sedimentos do lago Aquiri, Estado do Maranhão, Brasil, indicam ocorrência de manguezais no começo do Holoceno, caracterizando transgressão marinha entre 7.450 e 6.700 anos A.P.

Segundo Behling & Costa (2001) o diagrama polínico para o lago do Crispim, município de Marapanim, Pará, evidenciou três zonas palinológicas de variação. Da base para o topo do testemunho, houve um contínuo aumento do nível do mar. Em 7.640 anos A.P. o lago fora substituído por floresta densa representada por pólen de *Symphonia*, *Virola*, *Clusia* e *Byrsonima*. Na zona intermediária, há um decréscimo do pólen de mangue, ao contrário de gradual aumento de pólen de *Mauritia/Mauritiella*, indicando provável regressão marinha, com a presença de pântanos de palmeiras (6.620 – 3.630 anos A.P.). Na zona superior, mais

recente (3.630 anos A. P.), evidenciou-se outra transgressão marinha, propiciando a formação de manguezais próximos ao lago do Crispim, a substituição de palmeiras por Cyperaceae, formando um pântano herbáceo, além do recobrimento de florestas e restingas por campos salinos.

Na península de Bragança, Pará, segundo Behling et al. (2001), a partir de sondagens em três áreas de manguezal, realizadas em Bosque de Avicennia, Campo Salino e Furo do Chato, houve substituição de ecossistema florestal, caracterizado pela presença de pólen de Myrtaceae, Virola, Anacardium e Mimosa anterior a 5.200 anos A. P. por manguezais. Registros datados em torno de 5.120 A. P. apontam a cobertura da porção mais elevada da península por mangue sugerindo mais alto nível marinho.

Na Lagoa Curuçá, Pará, de acordo com Behling (2001), os registros palinológicos apontam ocorrência de mangue, principalmente pólen de Rhizophora, entre 7.250 – 5.600 anos A.P. A redução na quantidade de pólen de Rhizophora e a substituição de mangue, a partir de 5.500 anos A.P., por pólen de Mauritia/Mauritiella, Arecaceae, evidencia um evento regressivo. Novo período transgressivo é definido a partir de 3.100 anos A.P., considerando a presença de Gramineae e Byrsonima devido provavelmente à ação antrópica na região.

Segundo Senna (2002), a análise palinológica do testemunho Lago da Aranha, coletado no limite mangue/várzea do estuário do rio Marapanim, município de Magalhães Barata, Pará, aponta três zonas de variação da paleovegetação. Da base para o topo, a datação mais antiga,  $6.850 \pm 40$  anos A. P. corresponde à dominância de mangue pela presença de pólen de Rhizophora. Em  $4.943 \pm 40$  anos A.P. a redução de pólen de Rhizophora e a ocorrência de pólen de Mauritia e Symphonia, evidencia a substituição de mangue por vegetação de pântano de água doce, caracterizando regressão marinha. Na zona superior, a partir de  $2.350 \pm 40$  anos A. P., ocorre nova transgressão marinha, com a implantação de florestas de mangue, tendo, no entanto, Avicennia como tipo polínico dominante, seguido pelo pólen de Rhizophora associado a elementos de várzea como Machaerium, Euterpe, Hibiscus e Pterocarpus.

Senna & Oliveira (2002) comparam os vários paleoambientes holocênicos ao longo da costa leste da América do Sul, através da análise de similaridade (Índice de Jaccard), abundância, composição, riqueza, diversidade (índice de Shannon) e equitabilidade (índice de Sheldon) de tipos polínicos encontrados ao longo do testemunho do Lago da Aranha. Os menores valores de diversidade foram registrados na base, caracterizada por paleovegetação de mangue com dominância de duas espécies ( $H' = 0,4$ ), resultante de transgressão marinha. Entretanto, na porção referente aos elementos de igapó, caracterizada por evento regressivo, a

diversidade atinge seu maior valor ( $H' = 3,34$ ) e 57 espécies. Na porção superior, nova transgressão marinha está relacionada com a ocorrência de mangue associado a elementos de várzea, apresentando diversidade próxima ao do igapó ( $H' = 3$ ), com 30 espécies.

Senna et al. (2005) corroboram os dados citados, associando ao registro palinológico, a análise de diatomáceas do referido testemunho de sondagem. Além dos 105 tipos polínicos já conhecidos foram identificadas 73 espécies de diatomáceas. A análise palinológica evidenciou três biozonas, fortemente relacionadas com as variações do nível do mar durante o Holoceno, enquanto a pesquisa diatomológica definiu cinco biozonas.

Nos estudos de Behling et al. (2004), para Barra Velha e Praia do Pesqueiro na ilha do Marajó, Pará, a análise dos testemunhos, indicou três zonas. O estabelecimento de vegetação característica de mangue ocorre em Barra Velha (2.750 anos A.P.) com substituição de palmeiras, como *Euterpe/Geonoma*, *Mauritia* e *Iriartea*; floresta amazônica (2-18%) composta por *Moraceae/Urticaceae*, *Fabaceae*, *Alchornea* e *Cecropia*; vegetação característica de restinga (0-3%) com *Byrsonima* e *Anacardium* e herbáceas (5-24%) como *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Asteraceae*, *Chenopodiaceae/Amaranthaceae*, *Borreria*. Na Praia do Pesqueiro a substituição das formações vegetais citadas, com porcentagens similares a Barra Velha, apresenta datação mais recente (650 A.P.). A dominância crescente do pólen de *Rhizophora*, por todo o período registrado, com rara ocorrência dos tipos entomófilos *Avicennia* e *Laguncularia* é corroborada por sua elevada produção polínica e dispersão anemófila.

Na porção intermediária, segundo os autores, entre 2.750-740 A.P. em Barra Velha e entre 650-530 A.P. para a Praia do Pesqueiro, ocorre substituição de vestígios de vegetação herbácea e arbustiva, com contínua redução das áreas de restinga, por mangue. Tal comportamento é observado até a porção superior, (230 anos até o presente) em Barra Velha e (150 anos até o presente) na Praia do Pesqueiro, sugerindo elevação do nível do mar, durante os últimos 200 – 250 anos, associada a um período de maior influência da descarga do rio Amazonas pela ocorrência do pólen Andino, como *Alnus*, nas amostras sedimentares. A ocorrência de microforaminíferos em ambos os testemunhos indica contínua influência marinha nas áreas em questão e a formação de pasto em Barra Velha, durante as últimas décadas, indica ação antrópica na área.

Integrando dados estratigráficos com análise palinológica, Cohen et al. (2005), a partir de nove testemunhos de 1m de profundidade, indica dois períodos de clima seco com relativa baixa frequência de inundação durante os últimos 1.000 anos para a península de Bragança. Os eventos ocorridos entre 1.130 e 1.510 AD e 1.560 estendendo-se até o final do século XIX, estariam relacionados com a “Pequena Idade do Gelo” (LIA – Little Ice Age), caracterizada

pelo avanço de geleiras na Europa e Andes. No norte do Brasil, tal evento estaria relacionado com um período erosivo do Amazonas, confirmado pelo fato de 80% da descarga deste rio ser oriunda dos Andes, associado a clima seco na América do Sul. O estudo evidencia também a migração de manguezais para áreas mais elevadas da península durante as últimas décadas, sugerindo aumento relativo do nível do mar associado ao contexto global de derretimento de geleiras, devido ao aumento de temperatura, durante os últimos 150 anos.

Segundo Vedel et al. (2005), a análise palinológica do testemunho Taperebal, de 450 cm, obtido numa porção mais elevada da península de Bragança, registra três zonas palinológicas de mudanças na paleovegetação. Neste estudo, os autores utilizam a proporção entre a abundância de *Rhizophora* e *Avicennia*, relacionando-a a diferentes tipos de mangue e a mudanças do nível do mar.

Desta forma, segundo os autores, a primeira zona palinológica (antes de 6.500 anos A.P.) indica a cobertura da área por trechos de floresta amazônica (15-20%) caracterizada pelos tipos polínicos de *Arecaceae*, *Moraceae/Urticaceae*, *Sapotaceae* e *Protium*, seguida por restinga (6-14%) contendo *Malpighiaceae*, *Ilex*, *Mimosa* e *Anacardium*; outras herbáceas e tipos arbustivos (6%) como *Fabaceae*, *Anacardiaceae* e *Phyllanthus*; campos salinos (15-25%) com *Cyperaceae* e *Gramineae*, além de mangue dominado por *Avicennia* com *Rhizophora* (25-50%) e *Laguncularia*. Neste período, a presença significativa de tipos florestais e a baixa concentração de mangue indicam baixa frequência de inundação e nível relativo do mar mais baixo que o atual, entretanto, a ocorrência de microforaminíferos aponta incursão marinha, provavelmente, durante as marés de sizígia.

Ainda segundo os autores, a zona palinológica seguinte (a partir de 6.500 anos A.P.) marcada pela expansão de mangue com dominância de *Rhizophora* (50-70%) e retração dos outros ecossistemas indica elevação do nível do mar e maior influência marinha na área. O hiato de sedimentação ocorrido entre 115 e 85 cm (5.950-5.750 anos A.P.), caracterizado pela ausência de grãos de pólen preservados, sugere regressão do nível do mar durante o Holoceno médio.

Segundo Vedel et al (2005) a sucessão na dominância de *Avicennia* por grãos de pólen de *Rhizophora* associa-se à elevada produção polínica desta espécie anemófila, bem como, à influência de fatores ambientais na composição e distribuição de ecossistemas costeiros, destacando-se a salinidade, frequência de inundação das marés, aliado à tolerância das espécies a essas mudanças. O estabelecimento de mangue dominado por *Rhizophora* confirma a elevação do nível do mar, ocorrida nas últimas décadas.

Na tabela 1 é apresentada uma síntese das pesquisas palinológicas realizadas na costa norte amazônica. Os sítios analisados estão relacionados com os eventos de variação do nível do mar, suas respectivas datações, ambiente característico e tipo polínico dominante.

Tabela 1- Resumo de pesquisas palinológicas realizadas na costa norte amazônica. Correlação entre variações do nível do mar, tipos polínicos dominantes e registro fotográfico de palinómorfos.

Evento Marinho	Datação (anos A.P)	Local	Ambiente	Tipo polínico	Palinómorfos		
Transgressão	Últimas décadas	Taperebal	Mangue	<i>Rhizophora</i>		<i>Rhizophora</i>	
	650 - 530	Pesqueiro	Mangue	<i>Rhizophora</i>			
	A partir de 1.000	Península de Bragança	Mangue	<i>Rhizophora</i>			
		2.170 - Atual	Bragança				
		2.350 - Atual	Lago da Aranha	Mangue	<i>Avicennia</i>		<i>Avicennia</i>
		2.750 - 740	Barra Velha	Mangue	<i>Rhizophora</i>		
		3.130 - Atual	Lago Curuçá	Mangue	<i>Rhizophora</i>		
		3.630 - Atual	Crispim	Mangue	<i>Rhizophora</i>		
	A partir de 2.000						
Regressão	4.943 - 2.350	Lago da Aranha	Pântano, água doce	<i>Mauritia, Symphonia</i>		<i>Mauritia</i>	
	5.600 - 3.100	Lago Curuçá		<i>Mauritia</i>			
	5.950 - 5.750	Taperebal					
	6.620 - 3.630	Crispim	Pântano, água doce	<i>Mauritia</i>		<i>Symphonia</i>	
	A partir de 5.000	Guiana Francesa	Savana inundável	Cyperaceae, Gramineae			
Transgressão	Anterior a 6.500	Taperebal	Mangue	<i>Avicennia, Rhizophora</i>		Cyperaceae	
	6.850 - 4.943	Lago da Aranha	Mangue	<i>Rhizophora</i>			
	7.250 - 5.600	Lago Curuçá	Mangue	<i>Rhizophora</i>			
	7,000	Playa Medina, Venezuela	Mangue	<i>Rhizophora</i>			
	7.450 - 6.700	Lago Aquiri, Maranhão	Mangue				
	7.640 - 6.620	Crispim					
	7.000 - 5.000						
	8,600	Guiana	Mangue	<i>Avicennia, Rhizophora</i>		Gramineae	
	9.000 - 5.000	Guiana Francesa	Mangue	<i>Rhizophora</i>			
A partir de 10.000	Suriname	Mangue	<i>Rhizophora</i>				

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Área de estudo

##### 3.1.1 - Contexto regional

A zona costeira do Estado do Pará possui 1.200 km de extensão perfazendo uma superfície de 82.596,43 Km<sup>2</sup> entre a foz dos Rios Amazonas e Gurupi e apresenta segundo ALVES et al. (2005), uma diferenciação fisiográfica em três setores: Setor Costa Atlântica do Salgado Paraense; Setor Insular Estuarino e Setor Continental Estuarino (Figura 5).

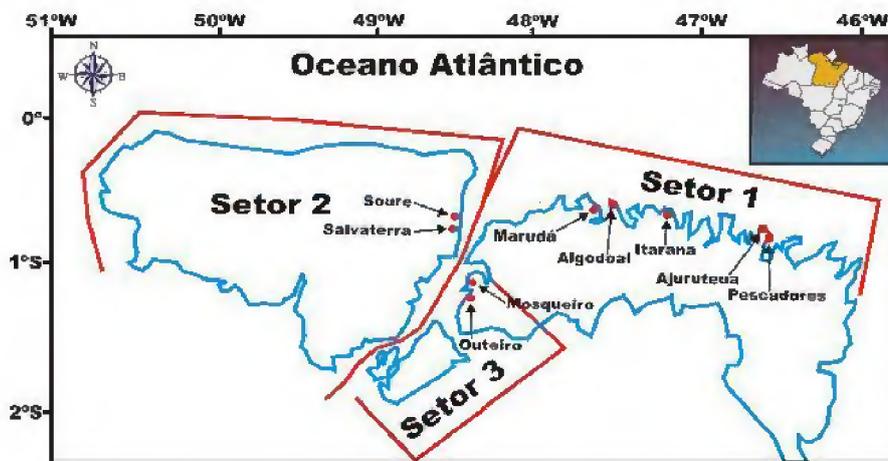


Figura 5 – Mapa de localização dos Setores da Zona Costeira Paraense (ALVES et al., 2005).

Pertencente ao setor Insular Estuarino, o arquipélago do Marajó é um complexo flúvio-marinho composto por dezenas de ilhas localizadas na porção do litoral amazônico denominada de golfão marajoara (AMARAL et al., 2007). Na ilha do Marajó, maior ilha do arquipélago, com 48.000Km<sup>2</sup>, a influência flúvio-marinha, representada pelos canais de drenagem e pela dinâmica costeira, compõem os diversos ecossistemas característicos da região. A zona costeira deste setor apresenta feições diversas, resultantes da atuação de processos geomorfológicos ligados às mudanças relativas do nível do mar, à neotectônica e à dinâmica costeira, durante o Cenozóico Superior.

Na margem leste da Ilha, encontram-se os municípios de Soure e Salvaterra, caracterizados por apresentar contrastes na compartimentação do relevo, na geologia e litologia, no gradiente costeiro e na distribuição dos ecossistemas, distinguindo-se duas principais unidades morfológicas: planalto e planície costeira.

A planície costeira, abrangendo cerca de 377,18 km<sup>2</sup> é constituída por sedimentos argilosos e arenosos holocênicos de origem flúvio-marinha, apresenta cotas abaixo de 5 m,

sendo alcançada pelas marés e ondas da Baía do Marajó, favorecendo o desenvolvimento de manguezais e praias-barreiras de baixo gradiente (FRANÇA, 2003). As praias do setor planície costeira são caracterizadas pela forma retilínea com a ocorrência de canais de maré, restingas e manguezais associados com largas faixas de areia com declividade moderada. A morfologia das praias da zona costeira paraense está condicionada pela ação das ondas a partir de meso-macromarés entre 3,5 e 6,5m, sendo, portanto modeladas por processos de erosão e progradação da linha de costa. (ALVES et al., 2005).

### **3.1.2- Caracterização morfológica**

A planície costeira de Soure é definida por diferentes processos deposicionais. Segundo o modelo de sedimentação proposto, por França (2003), durante o Holoceno Médio e Superior ocorreu avanço da linha de costa em direção a Baía do Marajó, ou seja, estabeleceu-se um processo progradacional, caracterizado por deposição lamosa com a subsequente colonização por floresta de mangue. Entretanto, a ocorrência de curtos períodos erosivos é evidenciada pela presença de antigas linhas de costa, sendo formadas sob condições de maior energia, com o retrabalhamento de sedimentos costeiros, indicando retrogradação, ou recuo da linha de costa, gerando depósitos arenosos, colonizados pela vegetação de restinga.

A caracterização dos ambientes de deposição está fortemente relacionada com o tipo de sedimento encontrado nestes locais, incluindo ainda sua origem e evolução. Desta forma, a planície de maré lamosa com o manguezal é originada através de processos progradacionais, enquanto os depósitos arenosos de praia-barreira e duna, com vegetação de restinga associada, são características de períodos de retrogradação (FRANÇA, 2003).

Segundo França (2003), as planícies de maré são unidades morfológicas formadas ao longo de costas de declive suave, paralelas à linha de costa, dominadas por maré, em estuários ou costas abertas. São ambientes caracterizados por baixos níveis de energia e pelo transporte, seguido pela deposição de sedimentos finos como areia fina, silte e argila. Na porção interna da planície costeira, próximo à linha de maré mais alta de sizígia (zona de supramaré), a sedimentação é lamosa, em função da atuação das correntes de baixa energia, por tempo mais prolongado.

Segundo França (2003), a planície de supramaré corresponde aos campos naturais ou campos inundáveis, na porção interior da planície costeira, formando faixas entre 200 e 2.300 m de largura, entre o planalto costeiro e a planície lamosa de intermaré. É constituído por

sedimentos clásticos quaternários, cuja origem está relacionada aos processos de afogamento e colmatagem de paleocanais, que ligavam o interior da Ilha à Baía do Marajó e ao Oceano Atlântico, entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno (Figura 6).

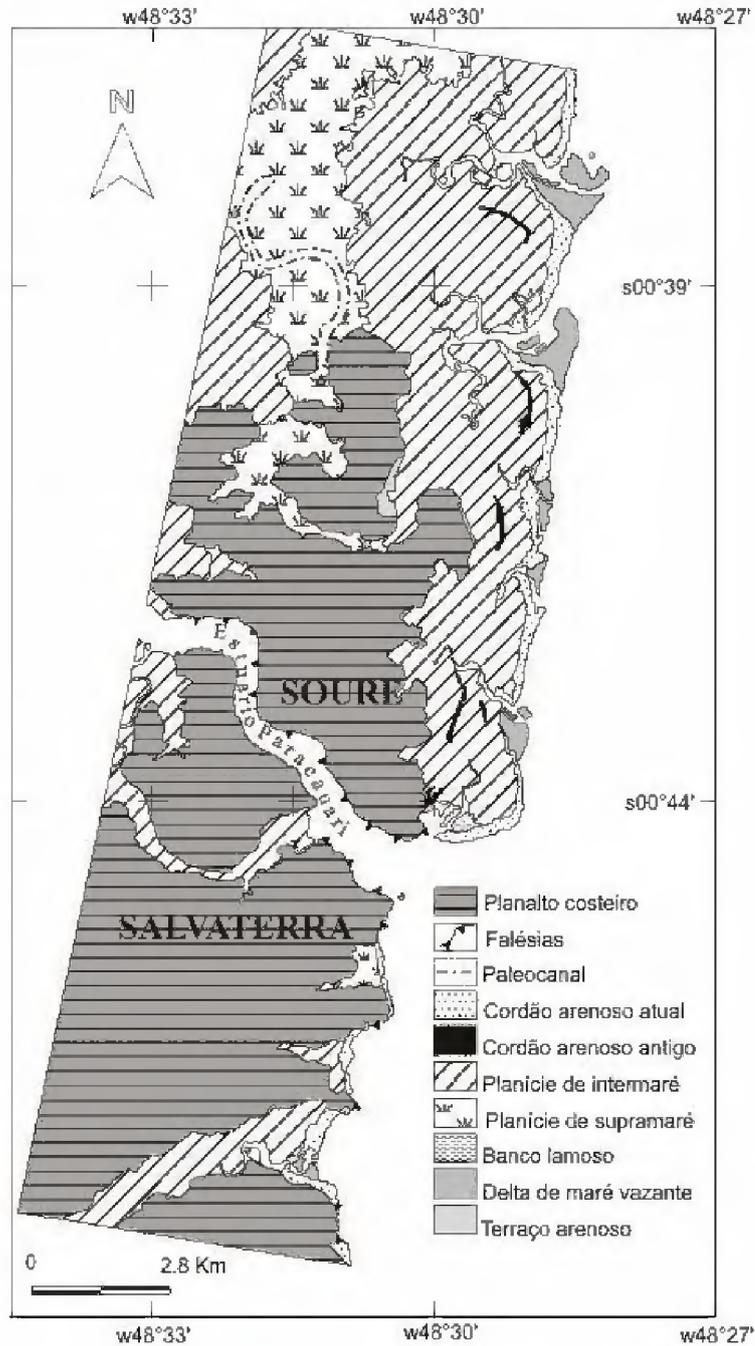


Figura 6 – Mapa morfológico da zona costeira de Soure e Salvaterra, elaborado a partir da interpretação de fotografias aéreas de 1996 e imagem Landsat TM 5 de 1995 (FRANÇA, 2003).

O contato da planície aluvial com a planície de intermaré é gradacional. Entretanto, na direção ao planalto costeiro, há um pequeno ressalto topográfico, com a vegetação mudando abruptamente de vegetação de campo para mata secundária.

A planície lamosa de intermaré, correspondente aos manguezais, estende-se por aproximadamente 155,95 km<sup>2</sup> e apresenta larguras que variam de 1 a 3,8 km. Limita-se a oeste com o planalto costeiro e a planície lamosa de supramaré, à leste com os cordões de dunas e praias, e ao sul com o rio Paracauari.

### **3.1.3- Mudanças morfológicas da margem leste da ilha do Marajó**

As mudanças de longo, médio e curto período, dependem da escala de observação utilizada. Segundo Forbes & Liverman (1996) apud França e Souza Filho (2003), as de longo e médio período são progressivas, correspondendo a processos cumulativos, envolvendo períodos de dezenas a milhares de anos, relacionando fases de progradação e retrogradação com as variações do nível médio do mar e movimentos tectônicos.

Em contrapartida, as mudanças de curto período estariam relacionadas a flutuações cíclicas, ocorridas no período de dias ou de um ano, controladas pela sazonalidade. Segundo os autores, este controle cíclico pode estar relacionado com a alternância entre períodos úmidos e secos, de regime de ondas, de ocorrência de marés de sizígia e do transporte sedimentar.

A linha de maré alta de sizígia foi utilizada por França e Souza Filho (2003) como geoindicador do movimento da linha de costa da margem leste da ilha do Marajó, a partir da aplicação do sensoriamento remoto (imagens Landsat) durante o período de 1986 a 2001. A linha de costa é representada pelo limite entre o manguezal e o cordão praial (FRANÇA, 2003).

Nesse contexto, o setor Cajuúna e setores adjacentes evidenciaram as maiores áreas de erosão de manguezais durante os últimos 15 anos. A retrogradação costeira, ou seja, o recuo da linha de costa é refletido pela migração dos cordões praias sobre o mangue, soterrando e destruindo árvores adultas, originando terraços lamosos, onde a vegetação de mangue não consegue se fixar pela ação das ondas (Figura 7).

Segundo França (2003), o registro dos movimentos da linha de costa é acompanhado por mudanças no limite interno dos manguezais, no contato com os campos inundáveis e com o planalto costeiro, provavelmente com a migração do campo sobre o mangue.



Figura 7- Reflexos do recuo da linha de costa, decorrente de erosão costeira: A) migração de cordões arenosos sobre mangue; B) morte de árvores adultas, tronco caído em destaque, C) formação de terraços de lama, em destaque.

### 3.1.4- Localização e acessos

A área de estudo localiza-se no município de Soure, Ilha de Marajó, Estado do Pará, nas coordenadas geográficas ( $0^{\circ}43'40''\text{S}$  e  $48^{\circ}31'02''\text{W}$ ) na porção interna da planície costeira, dentro dos limites da Fazenda Bom Jesus. A distância do município de Soure em relação à Belém é de aproximadamente 86 km e o acesso é por via fluvial, aérea ou rodoviária (Figura 8).

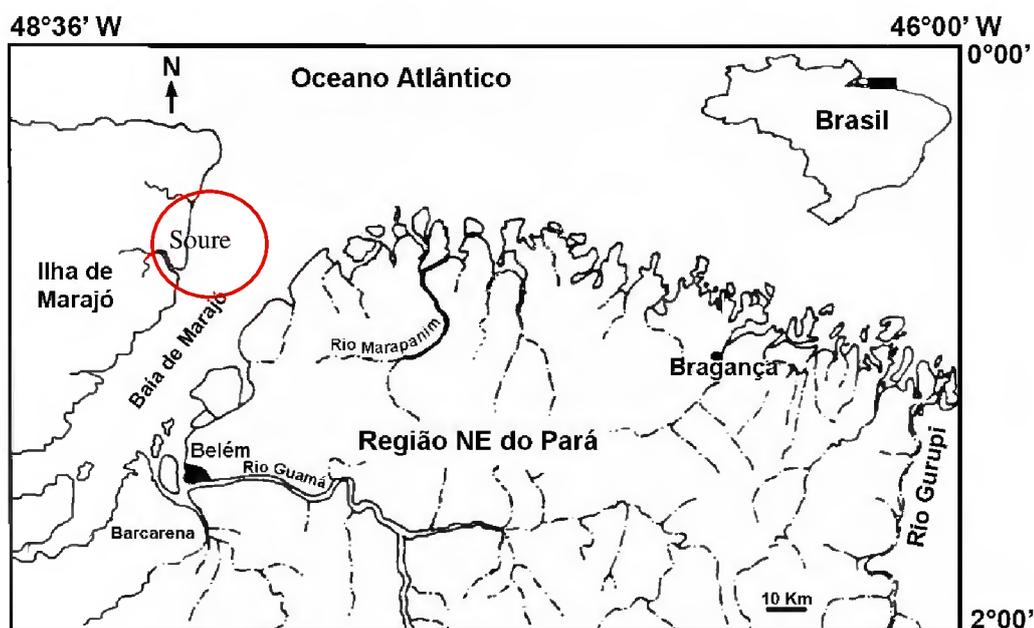


Figura 8– Localização da área de estudo, planície costeira do Município de Soure, ilha do Marajó (Adaptado de ALVES et al., 2005).

### 3.1.5- Clima

O clima da margem leste da Ilha de Marajó é tropical úmido do tipo Awi de Köppen. Apresenta temperatura média anual de  $27,3^{\circ}\text{C}$  e pluviosidade anual superior a 3.000 mm. A sazonalidade é dividida entre o período chuvoso, de dezembro a maio, com precipitação média de 2.566 mm (86 % do total anual de chuvas); e período seco, de junho a novembro, com média de 414,3 mm de chuvas, equivalentes a 14 % do total pluviométrico anual. A redução das chuvas favorece a maior penetração das marés, tornando salobra a água superficial (FRANÇA, 2003).

### **3.1.6- Hidrografia**

Na planície costeira, a rede de drenagem é composta por canais de maré. O fluxo e refluxo das marés provocam inversão dos cursos e correntes de maré, favorecendo processos erosivos e contribuindo com aporte sedimentar para as praias. Os canais de maré têm orientação preferencial W-E e S-N, e os deltas de maré vazante, orientação S-N (FRANÇA, 2003). A margem leste da Ilha de Marajó pertence a uma região dominada por um regime de meso a macromarés, cuja variação das marés de sizígia alcança valores máximos de 3,6 a 4,7m (DHN, 2007). As principais drenagens estão representadas pelos canais do Uruci, Araruna, Glória, Barco, Pesqueiro e Cajuúna.

### **3.1.7- Cobertura vegetal**

A investigação paleoecológica de grãos de pólen e esporos em sedimentos requer o conhecimento da vegetação da área de estudo, para que a correspondência entre a assembléia polínica encontrada e a vegetação atual seja estabelecida. Entretanto, a publicação mais antiga referente à vegetação da porção leste da Ilha do Marajó (IDESP, 1974) é incompleta, pois não considera algumas formações vegetais como restinga e manguezal. Na mais recente, Amaral et al. (2007), afirmam que o conjunto vegetacional da ilha é composto por campos naturais, florestas de terra firme, florestas úmidas suscetíveis à inundação durante o inverno, várzeas, igapós, restingas e manguezais, entretanto, o referido estudo concentra-se na vegetação dos campos naturais.

#### **A) Campo inundável**

De acordo com IDESP (1974), a vegetação da Ilha do Marajó é composta por campos naturais, campos com ilhas de vegetação arbustiva e/ou arbórea, denominados “tesos”, várzeas e mata ciliar constituída por espécies de mangue. A vegetação dos campos naturais é representada, principalmente, por Gramineae (44 espécies), Leguminosae (41 espécies), Cyperaceae (16 espécies). Outras famílias apresentam no máximo seis espécies cada, tais como Rubiaceae, Euphorbiaceae, Acanthaceae, Polygonaceae, Compositae entre outras.

Segundo Amaral et al. (2007) a origem e manutenção deste ambiente relacionam-se principalmente aos períodos de inundação característicos do Marajó, durante o período chuvoso (dezembro a maio) (Figura 9A), além de fatores edáficos (solo) e hidrológicos. Neste ambiente há predominância do estrato herbáceo, destacando-se: *Cyperus luzulae*, *Cyperus sesquiflorus*, *Eleocharis minima*, *Fimbristylis anua*, *Fimbristylis capillaris*, *Phyllanthus hyssopifolioides*, *Hyptis atrorubens*, *Mimosa polydactyla*, *Aeschynomene evenia*, *Desmodium barbatum*, *Ludwigia hyssopifolia*, *Axonopus purpusii*, *Panicum laxum* e *Oldenlandia corymbosa*, podendo ainda apresentar mosaicos de vegetação com a presença de palmeiras, tais como *Mauritia flexuosa* (buriti) e *Mauritiella aculeata* (Figura 9B).



Figura 9. (A) Período chuvoso: Campos naturais na planície fluvial, Fazenda Bom Jesus, Ilha do Marajó, Junho/2006. (B) Período seco: Campos naturais com a drenagem principal e palmeiras, Dezembro/2006.

Nos campos com vegetação arbustiva-arbórea foram registradas 84 espécies distribuídas em 40 famílias botânicas, destacando-se: *Ocotea laxiflora*, *Paliocourea longiflora*, *Paullinia pinnata*, *Sesbania exasperata*, *Solanum stramonifolium*, *Alchornea fluvialis*, *Byrsonima chrysophylla* e *Simaba guianensis*, além de *Astrocaryum mumbaca*, *Bactris maraja*, *Euterpe oleracea*, *Protium apiculatum*, *Alchornea fluviatilis*, *Inga cayannensis*, *Virola surinamensis*, *Miconia eriodonta*, *Tibouchina aspera*, *Paullinia pinnata*, *Tapirira guianensis*, *Protium heptaphyllum*, entre outras.

Corroborando os dados supracitados, França (2003) afirma que as cotas topográficas inferiores a 5m são cobertas por vegetação aluvial campestre, característica de brejo herbáceo, várzea e de solos úmidos areno-argilosos, destacando-se as espécies: *Eleocharis interstincta* R. Br., *Eleocharis mutata* R. et Sch., *Fimbristylis capillaris* (L.) Kunth., *Xyris jupicai*

L.C.Rich., *Borreria laevis* (Lam.) Gris., *Tonina fluviatilis* Aubl., *Nymphoides indica* O. Kuntze, *Panicum* sp. e *Hidrolea spinosa* L.

## **B) Floresta**

Segundo Amaral et al. (2007) os ecossistemas ligados ao ambiente continental, região central do Marajó, são representados por floresta pluvial e campos naturais. A denominação Floresta pluvial abrange as tipologias: Floresta de terra firme, aluvial inundável mista com palmeiras, aluvial inundável, de várzea e secundária, apresentando um total de 450 espécies distribuídas entre 82 famílias botânicas, destacando-se: *Caryocar glabrum*, *Cedrela odorata*, *Pouteria* sp., *Attalea maripa*, *Euterpe oleracea*, *Tachigalia myrmecophilla*, *Swartzia laurifolia*, *Tabebuia serratifolia*, *Inga* sp., *Cecropia* sp., entre outras.

Amaral et al. (2007) afirmam que as florestas de várzea constituem-se na tipologia mais representativa de ambientes inundáveis da Amazônia. Sua origem, transporte e deposição de sedimentos estão associados às bacias de rios de água barrenta, cujas nascentes localizam-se na Cordilheira dos Andes. Formadas durante o Holoceno, as florestas de várzea apresentam solos do tipo glei hidromórfico, bem como, espécies adaptadas à elevada frequência de inundação, mais pronunciada durante o período chuvoso (dezembro a maio) no Marajó, cujos campos baixos e várzeas de maré, permanecem inundados durante três a quatro meses.

No Marajó, este ambiente é caracterizado pela ocorrência de: *Virola surinamensis*, *Carapa guianensis*, *Astrocaryum murumuru*, *Symphonia globulifera*, *Pachira aquatica*, *Macaranga acaciifolia*, *Pterocarpus santalinoides*, *Mauritia flexuosa*, *Mauritiella aculeata*, *Oenocarpus bacaba*, *Bactris maraja*, *Euterpe oleracea*, *Geonoma aspidifolia*, entre outras.

## **C) Mata de restinga**

Segundo Bastos (1996) as restingas constituem-se em unidade fitogeográfica, geralmente estabelecida em substrato arenoso, entre o oceano e o continente. Sua origem está relacionada aos processos geológicos e geomorfológicos costeiros, apresentando um número de comunidades vegetais diversificadas, chegando ao máximo de sete no litoral do Pará (Bastos et al. , 2003 e Santos & Rosário, 1988).

Segundo Lisboa et al. (1993) apud Costa Neto et al. (1996), na Reserva Ecológica do Bacurizal, na ilha do Marajó, *Chrysobalanus icaco* L., *Anacardium occidentale* L. e *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth. são espécies características.

Durante a etapa de campo realizada em junho de 2006, para coleta de sedimentos de superfície e levantamento da vegetação da planície costeira de Soure, foi observada a formação Mata de Restinga (Figura 10), ao longo da estrada que leva à comunidade Cajuúna, integrante da Reserva Extrativista Marinha de Soure - RESEX Soure. As espécies *Acacia farnesiana*, *Ouratea microdonta*, *Polygala apressa*, *Protium heptaphyllum*, *Terminalia dichotoma*, *Alibertia edulis*, *Curatella americana*, *Dioclea virgata*, *Coccoloba latifolia*, *Genipa americana* e *Annona glabra*, característica da transição entre restinga e mangue, foram identificadas e coletadas com auxílio do técnico Luis Carlos Lobato, da Coordenação de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi.



Figura 10. Vegetação de mata de restinga, estabelecida sobre cordões arenosos praias, no interior da planície lamosa, representando eventos erosivos, ao longo do processo de progradação da linha de costa atual, Dezembro/2006.

#### **D) Manguezal**

Segundo Adaime (1987) apud Senna (2002) as florestas de mangue colonizam ambientes costeiros situados entre os trópicos de Câncer (30°N) e Capricórnio (30°S), com um desenvolvimento ótimo próximo ao Equador. São ambientes de transição entre áreas marinhas e terrestres e estão sujeitos ao regime de marés.

Os manguezais representam o principal ecossistema da planície costeira equatorial do norte da América do Sul, com 270.000 ha de área, só no litoral NE do Estado do Pará (SENNA & PANTOJA, 1994), ocorrendo associado a outros ecossistemas como restingas e várzeas de maré. Segundo Schaeffer-Novelli et al. (2000), as espécies botânicas características deste ecossistema, apresentam peculiaridades fisiológicas e adaptativas, que condicionam a persistência destes indivíduos em ambientes inundados, salinos, pouco oxigenados e de substrato lamoso não consolidado, ou seja, a zona de intermaré.

Segundo Prada-Gamero, Vidal-Torrado e Ferreira (2004) apud Freitas (2005), o solo deste ecossistema é do tipo halomórfico, desenvolvendo-se a partir de solos marinhos e fluviais, com predominância de frações finas, argila e silte, elevada quantidade de matéria orgânica e sais solúveis em decorrência do contato com o mar.

A cobertura vegetal deste ecossistema segue o padrão de elevada abundância e baixa diversidade, quando comparada a outros ambientes, entretanto, segundo Almeida (1996), o desenvolvimento e a distribuição da flora podem variar de acordo com condicionantes ambientais, uma vez que, áreas com baixo teor salino podem ser colonizadas por espécies de outros ecossistemas.

Segundo Freitas (2005), em estudo realizado na Reserva Extrativista Marinha de Soure – Resex Soure, o manguezal Turé apresenta *Rhizophora racemosa* G.F.W.Mayer como tipo dominante, além de *Avicennia germinans* L., *Laguncularia racemosa* Gaertn., *Pterocarpus santalinoides* Aubl. e *Acrostichum aureum*, pteridófito característica de borda de mangue, cuja presença evidencia a diminuição de salinidade do meio, sendo considerado, portanto, bioindicador de ambiente de transição. No manguezal Encantado, entretanto, foi registrada a ocorrência de *Rhizophora harissonii* Leechman, como espécie típica, além de *Pterocarpus santalinoides* Aubl. e *Annona glabra* L.

Segundo França (2003), na planície costeira de intermaré de Soure, o mangue é caracterizado pela ocorrência de *Rhizophora racemosa* G.F.W. Meyer, *Rhizophora mangle* L., *Avicennia schaueriana* Stapf & Leech, *Avicennia germinans* L. Stearn e *Laguncularia racemosa* Gaertn. Nas áreas internas da planície costeira e ao longo das margens de alguns canais de maré, onde a topografia é mais elevada, observa-se a ocorrência de *Cocus nucifera* Mart, coexistindo com o mangue, devido provavelmente à ação antrópica e à propagação de brotos pelas correntes de maré.

Durante a etapa de campo, em Junho de 2006, foi observada a formação Manguezal ao longo da estrada que corta a Fazenda Bom Jesus, no limite com os campos naturais, cuja presença de búfalos é característica da paisagem marajoara (Figuras 11A e 11B). As espécies *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Rabdadenia biflora*, *Annona glabra*, característica da transição entre restinga e mangue e *Acrostichum aureum*, característico de borda de mangue (Figuras 12A e 12B), área de transição para ambientes com baixa salinidade, foram identificadas e coletadas com auxílio do técnico Luis Carlos Lobato, da Coordenação de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi.

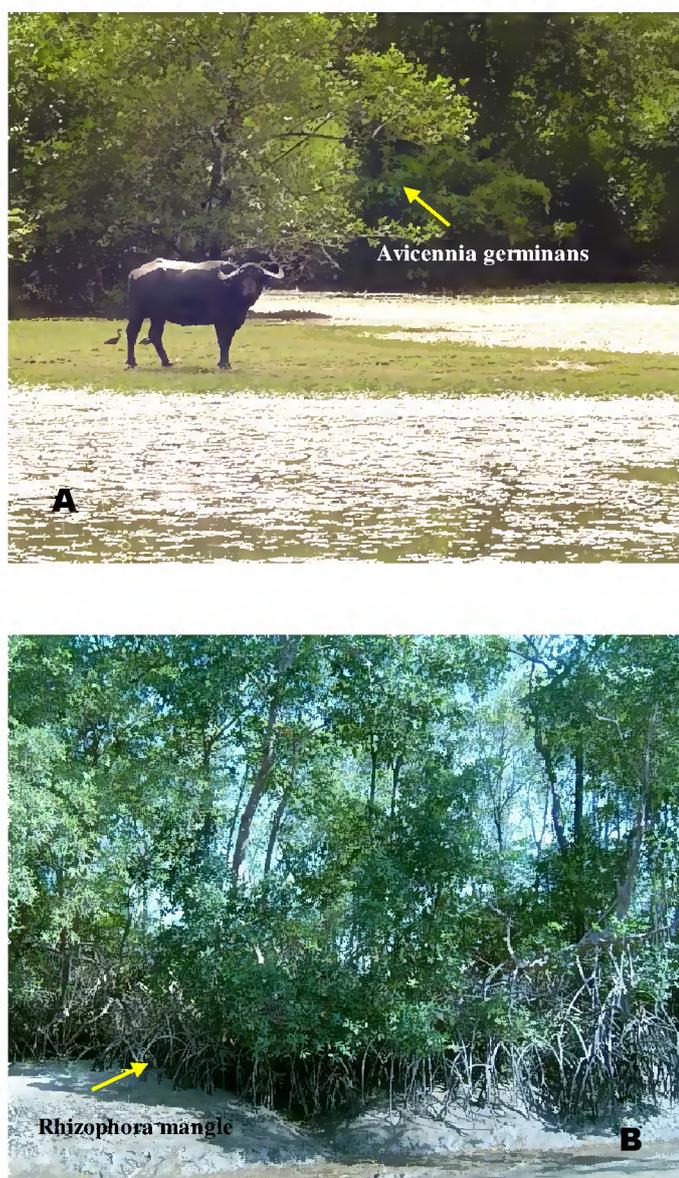


Figura 11- (A) Manguezal da planície de supramaré de Soure, com a espécie *Avicennia germinans*, em destaque, e a presença de búfalos na área de estudo, Junho/2006. (B) Manguezal da planície costeira de Soure, destacando-se a espécie *Rhizophora mangle*, Dezembro/2006.



Figura 12 - (A e B) *Acrostichum aureum*, pteridófito característica de borda de mangue, indicada pela seta, Junho/2006.

### 3.2 - ANÁLISE PALINOLÓGICA

O método empregado na reconstituição paleoambiental da área de estudo compreendeu a etapa de campo e os procedimentos laboratoriais. As técnicas adotadas para o tratamento físico-químico dos sedimentos da superfície do solo, do testemunho sedimentar TBJ e a contagem e representação dos dados em diagramas palinológicos foram baseadas em Salgado-Labouriau & Rull (1986); Von Post apud Faegri & Iversen (1950) e Erdtman (1952; 1960).

#### 3.2.1 - Testemunho de sondagem

A técnica utilizada para a coleta do testemunho Bom Jesus (TBJ) foi a sondagem vibratória ou vibracore, que consiste em um motor à gasolina, que transmite vibrações de 700 rpm a um cabeçote de aço onde são acoplados tubos de alumínio de 6m de comprimento e 7,5 cm de diâmetro. As vibrações transmitidas ao tubo desagregam a areia e fluidizam a argila, que aderem à parede do tubo, permitindo sua inserção no pacote sedimentar (MENDES, 1994) (Figura 13).

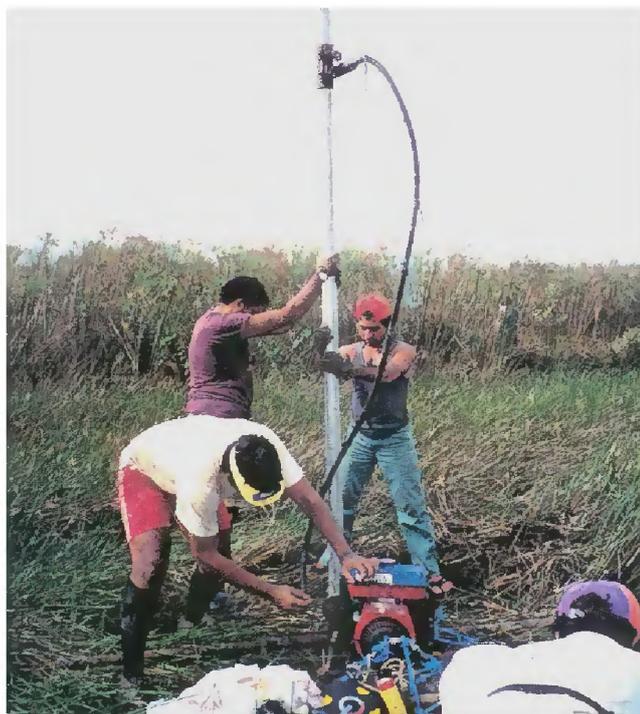


Figura 13 – Método de sondagem vibratória, segundo Mendes (1994) Fonte: SENNA (2002).

O testemunho TBJ totalizando 4,2m foi coletado a 4 km da linha de costa atual, no contato campo-mangue da planície de supramaré; porção interior da planície costeira do município de Soure; dentro dos limites da Fazenda Bom Jesus, na coordenada geográfica  $00^{\circ}39'32''\text{S} - 48^{\circ}31'8,67''\text{W}$  (Figura 14). A coleta do testemunho Bom Jesus foi realizada pela Dra. Carmena França, do Centro de Geografia da Universidade Federal do Pará-UFPA, no período de 19 a 22 de Dezembro de 2001, para sua tese de doutorado e cedido para o presente estudo. Para a análise palinológica foram utilizados apenas 1,25 m do testemunho total.

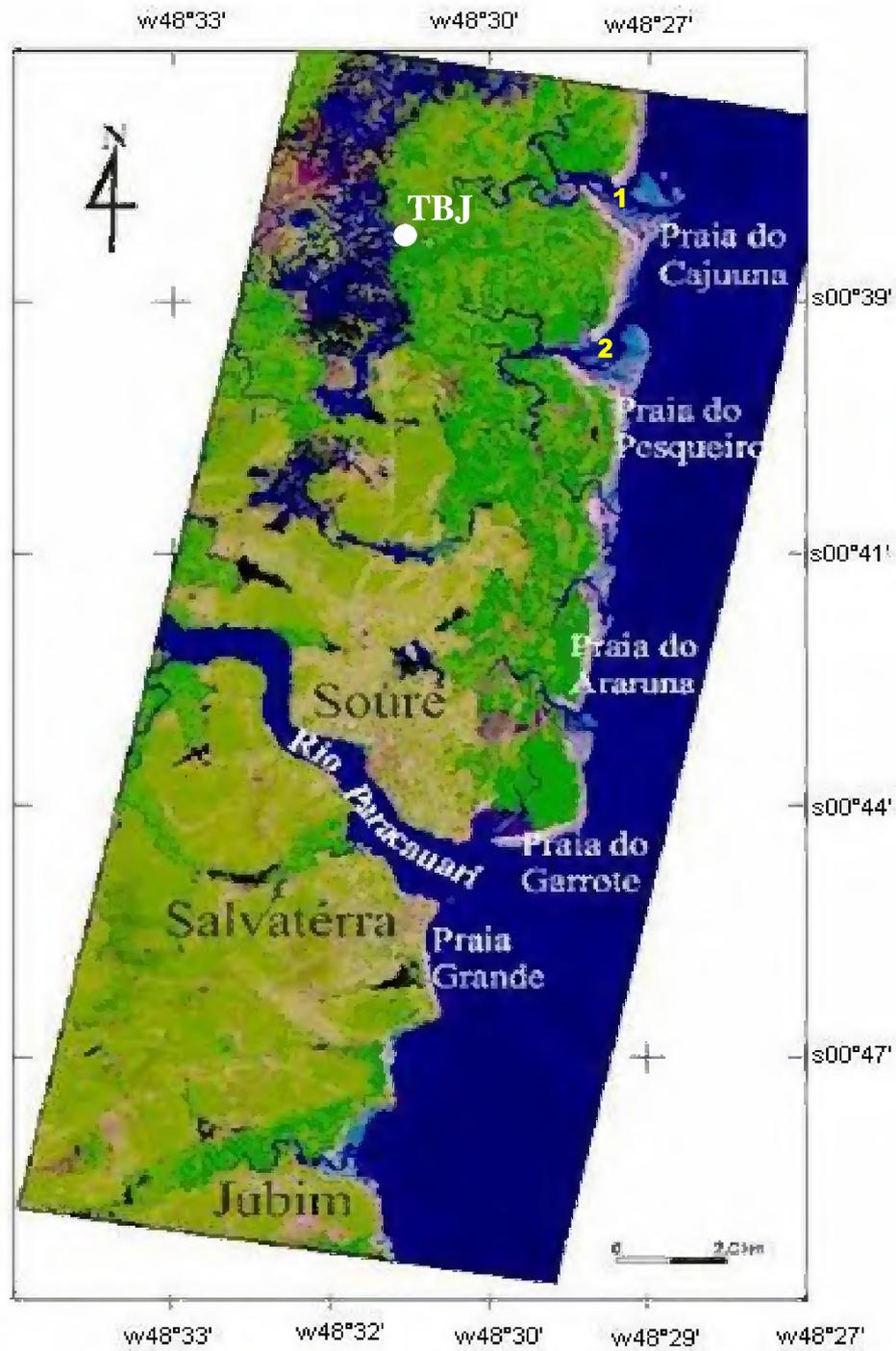


Figura 14- Localização do testemunho de sondagem TBJ, planície costeira de supramaré de Soure, ilha do Marajó, onde ocorrem o Canal do Cajuúna (1) e o Canal do Pesqueiro (2). Adaptado de (FRANÇA, 2003).

### 3.2.2 - Amostras de superfície

Em 15 e 16 de Junho de 2006, durante a etapa de campo, foi realizada a coleta de 10 amostras de superfície sedimentar da Fazenda Bom Jesus, em pontos escolhidos aleatoriamente, próximo ao local de coleta do testemunho TBJ, caracterizado pelo limite entre as formações Campo inundável e Manguezal, bem como, ao longo da estrada (três amostras do lado direito e três do lado esquerdo) que liga a Fazenda Bom Jesus à comunidade de pescadores de Cajuúna, através do Programa Luz para Todos do Governo Federal (Figuras 15A e 15B).

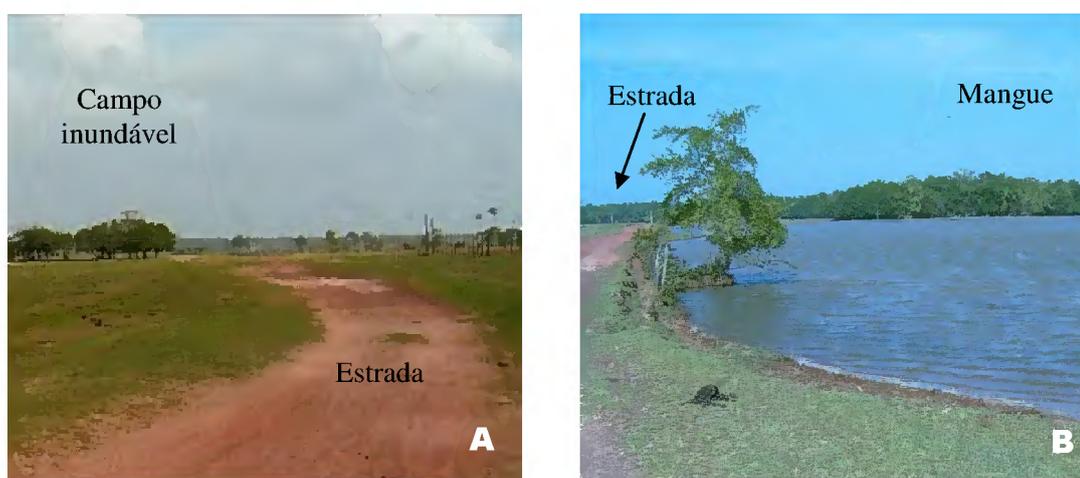


Figura 15 – Locais de coleta das amostras de superfície no limite entre o campo inundável, à esquerda (A) e o manguezal, à direita. (B), onde foi construída a estrada que corta a Fazenda Bom Jesus em direção à comunidade pesqueira de Cajuúna, Junho/2006.

Os sedimentos superficiais foram coletados, nos locais escolhidos, com auxílio de espátulas de aço inoxidável e acondicionados em tubos de polietileno (Figura 16).



Figura 16 – Procedimento de coleta de sedimento de superfície. Junho/2006

A análise palinológica destas amostras objetivou o conhecimento da deposição atual de grãos de pólen na área de estudo, determinando se a origem desses palinomorfos seria alóctone ou autóctone.

Segundo Rull (1987), o número mínimo de 300 grãos de pólen, contados em cada lâmina, é suficiente para que os cálculos de abundância e concentração sejam confiáveis. Considera-se também, o critério de saturação da riqueza de espécies, que consiste em seguir a contagem até que nenhuma nova taxa apareça. As curvas de saturação para as amostras de superfície foram realizadas através do programa BIOESTAT 2.0 (AYRES et al., 2003).

### 3.2.3 - Material botânico

Foi realizada coleta de material botânico de espécies diagnósticas dos diversos ecossistemas encontrados na área de estudo, para a confecção de exsicatas a serem incorporadas no herbário João Murça Pires do Museu Paraense Emílio Goeldi. Foram coletados também, botões florais maduros de diversas espécies para a confecção de lâminas de referência para a palinoteca da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi - CCTE/MPEG (Figuras 17A, 17B e 17C).



Figura 17- Material botânico fértil. A) *Rhizophora*; B) *Acrostichum*; C) *Byrsonima*. Junho/2006.

### 3.2.4 - Processamento e descrição do testemunho

O testemunho Bom Jesus foi descrito e analisado ressaltando-se as estruturas sedimentares e a granulometria. Tais procedimentos foram realizados pela Dra. Carmena França no laboratório do Centro de Geografia da UFPA (Figura 18). Entretanto, nova descrição sedimentar, foi realizada pela Dra. Cristina Senna, para o melhor entendimento dos

termos geológicos, durante a coleta das amostras de 5 em 5 cm. O procedimento foi realizado no Laboratório de Palinologia e Paleoecologia da Amazônia – LAPPAM, CCTE/MPEG, considerando somente a porção a ser utilizada na análise palinológica de alta resolução, destacada na figura 18.

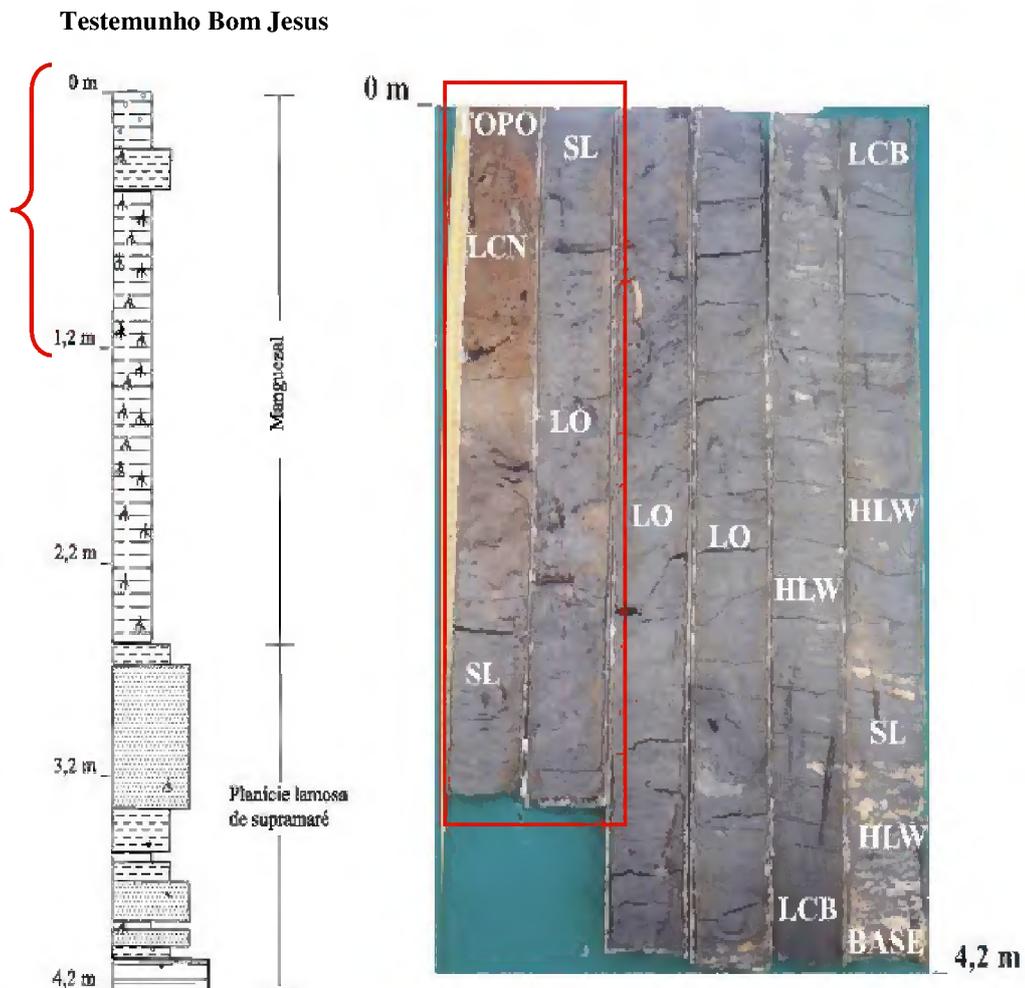


Figura 18 – Perfil estratigráfico “Bom Jesus” - TBJ - **Base:** (HLW): Acamamento heterolítico lenticular a wave; (SL): Lama cinza escura stripe lamination; (LCB): Lama cinza escura e marcas de bioturbação; **Parte média e topo:** (LO): lama cinza escura a negra, abundância de fragmentos orgânicos; (LCN): lama cinza escura a negra com grânulos e seixos de laterita. (FRANÇA, 2003). Em destaque, porção utilizada na análise palinológica.

### 3.2.5 - Extração de sub-amostras

As subamostras sedimentares do testemunho TBJ foram retiradas com o auxílio de espátulas de aço inoxidável, em intervalos regulares, de 5 em 5 cm, ou de acordo com modificações de litologia e coloração do testemunho sedimentar, sendo acondicionadas em

cubos de acrílico de 8cm<sup>3</sup>. Posteriormente, destes cubos, foram coletadas as sub-amostras de 2cm<sup>3</sup> para a análise palinológica, totalizando 16 amostras sedimentares. Amostras do topo do testemunho, compreendendo o intervalo 0 - 14 cm não foram coletadas, pois estavam contaminadas pelo recente aterro da estrada que liga a Fazenda Bom Jesus à comunidade de pescadores de Cajuúna, através do Programa Luz para Todos do Governo Federal.

Para a análise palinológica de superfície foram coletadas sub-amostras de 2cm<sup>3</sup> diretamente dos tubos de polietileno contendo o material sedimentar de superfície.

### **3.2.6 - Datações radiocarbônicas**

Uma amostra sedimentar, situada no intervalo 117-121 cm, foi coletada para datação e enviada para o Laboratório de Datação Radiocarbônica Beta Analytic, Flórida – EUA, para análise por <sup>14</sup>C, através de acelerador de partículas (Accelerator Mass Spectrometry-MAS Standard Analysis).

### **3.2.7 - Preparação das amostras sedimentares**

**1-** Introdução de pólen exótico *Kochia scoparia* (Chenopodiaceae) em 2cm<sup>3</sup> de sedimento acondicionados em cápsulas de porcelana. A quantidade exata de grãos contidos em um miligrama de pólen é de 60.543,88 (SALGADO-LABOURIAU & RULL, 1986), para o cálculo de concentração de palinomorfos por cm<sup>3</sup> de sedimento retirado de cada nível.

**2-** Adição de Hidróxido de Potássio (KOH) a 10%, dobrando-se o volume inicial da amostra para eliminação dos ácidos orgânicos. A mistura é homogeneizada com bastão de vidro e levada à fervura em chapa aquecedora por 5 minutos.

**3-** Transferência das amostras para tubos de centrífuga de 25 ml, através de bateamento, para a eliminação de frações mais grosseiras. O sedimento é continuamente lavado com água destilada e decantado por centrifugação (1000 rpm, por 5 minutos), até atingir o pH da água utilizada para a lavagem.

**4-** Tamisação do material, com água destilada, em filó de nylon dobrado quatro vezes (para retirada de macro-restos) colocado em funil de vidro e acoplado a um Becker. Transferência do material para tubos de centrífuga de 25 ml.

**5-** Desidratação das amostras com 10 ml de ácido acético glacial PA.

**6-** Adição de 10 ml de solução de acetólise, produzida a partir da mistura de anidrido acético e ácido sulfúrico, na proporção de 9:1, para dissolução de matéria orgânica, celulose e acetilação da exina (ERDTMAN, 1952, 1960). O ataque é realizado em banho-maria por 2 a 5 minutos.

**7-** Lavagem do material, uma vez em ácido acético glacial e duas vezes em água destilada, centrifugando-se e decantando-se a cada vez, acrescentando-se a cada etapa aquosa, algumas gotas de etanol. Transferência das amostras para tubos de polietileno com água destilada.

**8-** Adição de 5 ml de ácido fluorídrico PA a 40% (HF) para dissolução de sílica (FAEGRI & IVERSEN, 1950). Transferência do material para beakers de polietileno, aumentando a superfície de contato por uma noite. Transferência para tubos de polietileno, lavando uma vez com água destilada. Centrifugar (1000 rpm, por 5 minutos) e decantar.

**9-** Adição de 10 ml de ácido clorídrico a 10% (HCl) para a eliminação de fluoratos. Em seguida, deixar o material em repouso por uma hora. Lavar e centrifugar as amostras com água destilada até atingir o pH da água utilizada na lavagem (pH= 6-7).

**10-** Decantar e etiquetar os tubos

### **3.2.8 - Montagem de lâminas permanentes**

Foram montadas 3 lâminas permanentes por amostra sedimentar utilizando-se gelatina glicerinada (KISSER, 1935 apud ERDTMAN, 1952). Uma gota do material processado foi colocada sobre a lâmina com uma pequena porção de gelatina, aquecendo-se em lamparina a álcool e misturando-se ligeiramente com auxílio de um estilete previamente flambado para evitar contaminação por uso anterior. A lâmina é recoberta por lamínula de 24 x 32 mm.

Para a lutagem utilizam-se pequenos fragmentos de parafina colocados sobre a lamínula aquecendo-se em lamparina a álcool (MÜLLER, 1947). As lâminas são viradas sobre papel para secagem. O excesso de parafina é então retirado com auxílio de uma lâmina

de aço inoxidável e de um pano limpo e seco. As lâminas foram identificadas e incorporadas à palinoteca do LAPPAM/CCTE/ MPEG.

### **3.2.9 - Identificação e contagem de palinomorfos**

Os palinomorfos (grãos de pólen, esporos de pteridófitas, fungos, algas microscópicas e microforaminíferos) foram identificados através da comparação com seus equivalentes modernos, procurando atingir a categoria taxonômica mais baixa possível, a de espécie. Em geral, porém, chega-se ao nível de família ou gênero. Na identificação é procedida observação em microscópio de luz, registro fotográfico dos grãos de pólen, para a comparação com a coleção de referência de palinomorfos atuais do LAPPAM-CCTE/MPEG, e utilização de literatura especializada como Atlas palinológicos, artigos de palinotaxonomia, paleopalinologia e melissopalinologia.

Tal literatura inclui trabalhos de Absy (1975), Barros et al. (1999), Bissa (1998), Bove & Barth (1992), Carreira et al. (1991a), Carreira et al. (1991b), Carreira et al. (1996), Carreira & Barth (2003), Colinvaux et al. (1999), Erdtman (1952), More & Webb (1978), Rodrigues (2006), Roubick & Moreno (1991), Salgado-Labouriau (1973), São Thiago (2005), Senna (2002) e Sivestre-Capelato & Melhem (1997).

Para cada nível sedimentar e amostras de superfície foram contados 300 grãos de pólen, de acordo com Rull (1987), em microscópio ótico MOTIC BA 400, utilizando-se a objetiva de 40x e a de 100x (imersão) para identificação dos palinomorfos, incluindo os grãos de pólen exótico. Na soma polínica foram considerados apenas os grãos de pólen, excetuando-se as demais categorias taxonômicas definidas. As fotomicrografias foram realizadas com máquina digital Sony 6.0 DSC-S500. O registro fotográfico dos tipos polínicos encontra-se em anexo.

### **3.2.10 - Abundância relativa e concentração de tipos polínicos**

Para o cálculo da abundância relativa, expressa em porcentagens, e da concentração dos palinomorfos encontrados no testemunho sedimentar TBJ foi utilizado o Programa Tília (GRIMM, 1987). O cálculo da abundância relativa, expressa a porcentagem de grãos de pólen/ tipo polínico em cada amostra sedimentar analisada. A abundância relativa representa as mudanças relativas do conjunto da vegetação, isto é, em função de soma polínica de 100%

(300 grãos de pólen), ressaltando o predomínio de um táxon sobre o outro. Contudo, não informa a abundância independente de cada tipo, sendo necessário o cálculo da concentração.

$$\text{Abundância relativa} = \frac{\text{contagem do tipo polínico por nível} \times 100}{300}$$

O cálculo da concentração expressa o número de palinomorfos/cm<sup>3</sup>, possibilitando a análise de cada tipo independentemente da soma polínica. O total de cada táxon por nível amostrado é relacionado a uma quantidade padrão de pólen exótico (*Kochia scoparia*) contida em 1mg, cujo valor é de 60.543,88, segundo Salgado-Labouriau e Rull (1986), e ao peso de *Kochia scoparia* utilizada na etapa de tratamento das amostras em laboratório.

Logo, o valor de *Kochia* introduzida (KI) na amostra é: 60.543,88 x peso da *Kochia* utilizada, estabelecendo-se a concentração de cada palinomorfo a partir da equação (RIBEIRO, 1994):

$$\text{Concentração} = \frac{\text{contagem do tipo polínico por nível} \times (\text{KI})}{\text{Contagem de Kochia por nível}}$$

### 3.2.11 - Cálculo da Taxa de sedimentação

A datação por <sup>14</sup>C obtida em laboratório especializado deve ser apresentada em todos os diagramas palinológicos referentes ao testemunho sedimentar. A partir deste dado pode-se calcular a taxa de sedimentação do testemunho, utilizando-se uma regra de três simples entre a profundidade do testemunho utilizado e a datação obtida. O objetivo é definir o tempo necessário para sedimentar 1 cm de sedimento. A partir deste resultado é calculada a taxa de sedimentação correspondente a 1 ano. O conhecimento desta taxa possibilita a datação (extrapolada) dos intervalos de base de todas as ecozonas definidas.

Profundidade (cm) -----datação <sup>14</sup> C obtida	Resultado em anos ----- 1 cm
1 cm ----- X	1 ano ----- X
<b>X = Resultado em anos</b>	<b>X = Taxa (cm/ano)</b>

### 3.2.12- Diagramas polínicos

A partir dos dados obtidos no programa Tilia, são construídos os diagramas polínicos através do programa Tilia Graph (GRIMM, 1987), onde são representados graficamente os resultados das análises quantitativa e qualitativa dos palinomorfos. São realizadas as correlações bioestratigráficas, as associações palinológicas e definidas as zonas palinológicas, considerando as abundâncias relativas e absolutas, curvas de saturação e concentração dos grãos de pólen e esporos. Os diagramas apresentam as datações  $^{14}\text{C}$  obtidas através de laboratório especializado. Esses diagramas mostram as variações das porcentagens e concentrações dos palinomorfos ao longo dos níveis estratigráficos e desse modo, podem indicar as principais mudanças da vegetação através do tempo.

### 3.2.13 - Índices Ecológicos

A análise através de índices ecológicos avalia o impacto das mudanças ambientais sobre a comunidade vegetal (PINTO-COELHO, 2002). A diversidade está relacionada com o número de tipos presentes (riqueza), enquanto a equitabilidade expressa a uniformidade de distribuição dos grãos encontrados entre os tipos polínicos identificados (HURLBERT, 1971 apud RULL, 1987). A utilização dos índices ecológicos pode auxiliar na definição das zonas palinológicas e na interpretação das mudanças na abundância relativa dos táxons identificados nas assembléias polínicas. Para o testemunho TBJ a diversidade foi medida utilizando-se o Índice de Shannon e o índice de Sheldon para a análise da equitabilidade, a partir do programa PAST 1.40. Os cálculos foram aplicados para todos os níveis sedimentares, com os tipos polínicos identificados em nível de gênero, família e alguns em espécie.

**A) Riqueza (S):** Número total de táxons presentes em cada amostra sedimentar.

**B) Diversidade de Shannon ( $H'$ ):**  $H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$

$(p_i = n_i/N)$  = N ° de indivíduos de cada táxon       $N_i$  = N ° total de organismos

**C) Equitabilidade de Sheldon (E):**  $E = H' / \log_2 S$        $S$  = N ° de espécies

### 3.2.14 - Associação das assembléias polínicas com as formações vegetais

Os dados florísticos e fitossociológicos das formações vegetais integrantes da área de estudo, resultantes de revisão de literatura e da etapa de campo (Junho de 2006), foram associados à abundância relativa e à concentração de cada tipo polínico ou palinomorfo encontrado na análise sedimentar. Os palinomorfos foram relacionados a grupos ecológicos (de acordo com o seu habitat natural), ou taxonômicos (de acordo com suas afinidades taxonômicas), definindo-se as seguintes categorias:

- A) **Mangue:** caracterizado por *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*.
- A) **Campo inundável:** caracterizado por Gramineae, Cyperaceae, *Sagittaria*, *Chamissoa* e *Ludwigia*, entre outros táxons.
- B) **Mata de restinga:** caracterizada por Leguminosae Caesalpinoideae, *Byrsonima*, *Banisteriopsis*, *Cupania*, *Centrosema*, *Casearia*, *Borreria*, entre outros táxons.
- C) **Floresta:** caracterizada por Leguminosae Mimosoideae, *Tabebuia*, *Anacardium*, *Hyptis*, *Celtis*, *Cecropia*, entre outros táxons.
- D) **Várzea:** caracterizada por *Didymopanax*, *Protium*, *Apeiba*, *Tapirira*, *Euterpe oleracea*, *Mauritia flexuosa* e *Paquira aquatica* entre outros táxons.
- E) **Pólen exótico:** caracterizada por tipo polínico alóctone.
- F) **Microforaminíferos:** organismos marinhos calcários comuns nas amostras sedimentares marinhas e estuarinas.
- G) **Algas:** organismos unicelulares fotossintetizantes.
- H) **Pólen não identificado:** grãos de pólen cuja identificação não foi possível em função da má preservação ou do desconhecimento do táxon.
- I) **Pteridófita/Briófita:** Plantas avasculares produtoras de esporos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Sedimentos de superfície

#### 4.1.1- Descrição sedimentar

Dentre as 10 amostras de superfície coletadas, apenas 6 amostras foram selecionadas para a análise palinológica, excetuando-se as amostras com quantidade significativa de areia. No entanto, apenas três (BJ11, BJ13 e BJ16) atingiram a contagem polínica mínima de 300 grãos de pólen, excetuando-se esporos e microforaminíferos. A descrição sedimentar evidenciou a composição argilosa das amostras, porém com coloração diferenciada. A descrição sedimentar das amostras é mostrada na tabela 2.

Tabela 2 – Peso, cor e litologia dos sedimentos de superfície da Fazenda Bom Jesus, planície costeira de Soure, Ilha do Marajó/PA:

Amostra	Peso (g/cm <sup>3</sup> )	Cor (Munsell, 1975)	Textura
BJ 11	2.4263	3/10Y	Argiloso
BJ 13	2.5425	2.5Y/ 4/3	Argiloso
BJ 16	2.7575	10YR – 3/3 a 3/1	Argiloso

A partir das curvas de saturação, realizadas no programa BioEstat 2.0, apenas para as amostras cuja contagem polínica mínima foi atingida (BJ11, BJ13 e BJ16), verificou-se que as três amostras sedimentares foram suficientes para um esforço de contagem satisfatório (Figura 19).

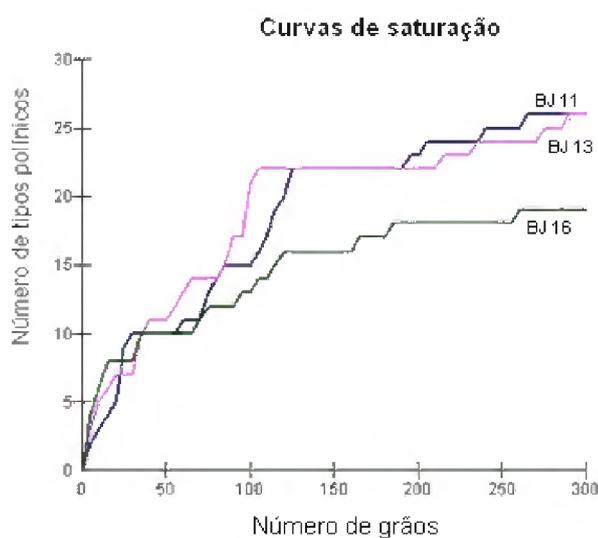


Figura 19 – Curvas de saturação das amostras de superfície.

#### 4.1.2- Análise palinológica dos sedimentos de superfície

##### A) Amostra SBJ 11

Amostra constituída de sedimento argiloso coletada sobre mangue morto. Neste material estão presentes 31 taxa, dos quais 26 são tipos polínicos ( $H'=1,9$ ). A equitabilidade desta amostra foi baixa ( $J = 0,5$ ). A predominância de mangue está representada pela abundância de *Rhizophora* e *Avicennia*, correspondendo, respectivamente, a 43% dos tipos polínicos (9.000 grãos de pólen/cm<sup>3</sup>) e 5,33% (1.000 grãos de pólen/cm<sup>3</sup>). A vegetação de campo inundável está representada por Gramineae 24% (5.000 grãos de pólen/cm<sup>3</sup>) e Cyperaceae 4,67% (1.000 grãos de pólen/cm<sup>3</sup>). Os taxa de ampla distribuição atingiram, individualmente, menos de 1%, sendo citados apenas como presentes. Arecaceae atingiu (3%). Os tipos não identificados correspondem a 10% dos tipos polínicos. Observa-se também a presença de esporos de Pteridófita/Briófita (4%) e algas (3%).

##### B) Amostra SBJ 13

Amostra constituída de sedimento argiloso, coletada à esquerda da estrada próxima ao ponto de coleta do testemunho TBJ. A composição da assembléia de palinomorfos é representada por 33 taxa, dos quais 23 são tipos polínicos. A diversidade aumenta ( $H'=2,08$ ), assim como a equitabilidade ( $J=0,66$ ) e, neste ponto, há predominância de campo inundável com Cyperaceae (31% - 5.000 grãos de pólen/cm<sup>3</sup>) e Gramineae (22,67% - 4.000 grãos de pólen/cm<sup>3</sup>). A vegetação de mangue apresenta diminuição brusca da abundância de *Rhizophora* (18% - 3.000 grãos de pólen/cm<sup>3</sup>) e leve aumento de *Avicennia* (6,33% - 1.000 grãos de pólen/cm<sup>3</sup>). Os taxa com 1% são Anacardiaceae, Bignoniaceae, Labiatae e *Mauritia*. Arecaceae (2%), não identificados (9%), um aumento na abundância de Pteridófita/Briófita (7,28%) é observado e algas ocorrem em baixa porcentagem (1,82%).

##### C) Amostra SBJ 16

Amostra composta por sedimento argiloso, coletada à direita da estrada próxima ao ponto de coleta do testemunho TBJ. Foram encontrados 23 taxa, a diminuição da diversidade é refletida pelo menor número de tipos polínicos, 19 ( $H'=1,7$ ) e a equitabilidade mantém-se

próxima a da amostra anterior ( $J=0,60$ ). O predomínio da vegetação de campo inundável é representado por pólen de Gramineae (36% - 13.000 grãos de pólen/cm<sup>3</sup>) e Cyperaceae (14,67 % - 5.000 grãos de pólen/cm<sup>3</sup>). A vegetação característica de mangue é representada pelo aumento da abundância de Rhizophora (30,33 % - 11.000 grãos de pólen/cm<sup>3</sup>) e Avicennia (2,33 %). Observa-se também Bignoniaceae (3%) e Arecaceae (1,33%). Não identificados (9 %). A abundância de Pteridófita/Briófita atinge seu valor mais elevado (13,54 %) dos quais 9,22 % correspondem a esporo trilete rugoso. Algas não foram encontradas nesta amostra.

Quanto aos índices ecológicos há um decréscimo na riqueza de espécies entre SBJ11 e SBJ16. Entretanto, quanto à diversidade e equitabilidade os valores encontrados para os referidos índices ecológicos foram muito próximos (Figura 20).

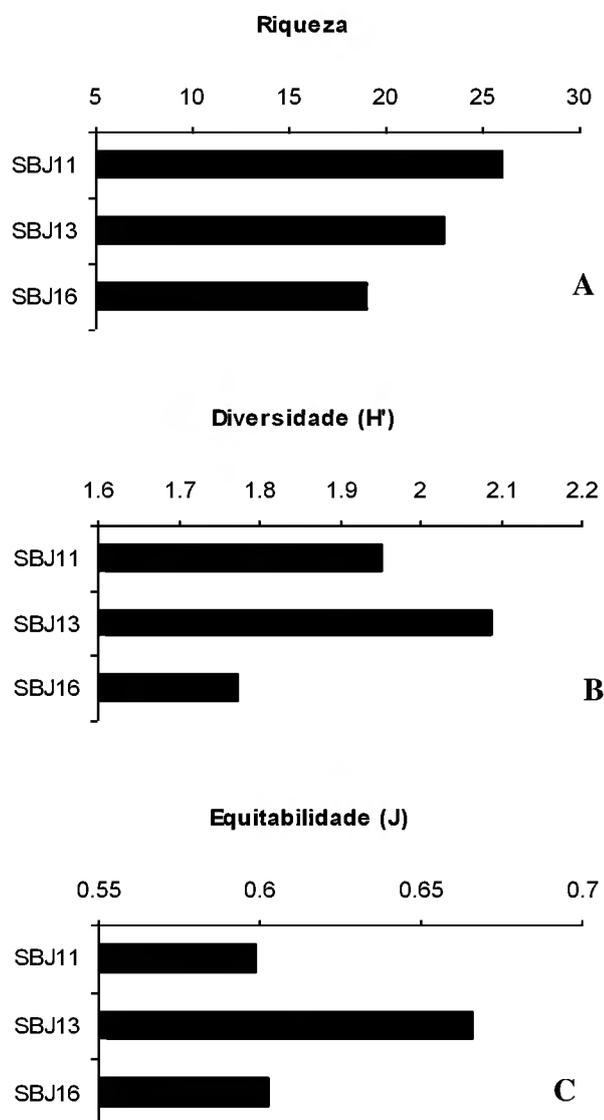


Figura 20- Índices ecológicos (Riqueza, Diversidade e Equitabilidade) para as amostras de superfície.

Na tabela 3 estão listados os tipos polínicos identificados nas amostras de superfície sedimentar com seus respectivos hábitos e formação vegetal. Os tipos polínicos estão representados em registro fotográfico no apêndice (Pranchas 01 a 15).

Tabela 3 - Lista dos tipos palinológicos identificados nos sedimentos de superfície sedimentar da Fazenda Bom Jesus, planície costeira de Soure, Ilha do Marajó/PA:

<b>Família</b>	<b>táxon</b>	<b>Hábito</b>	<b>Formação vegetal</b>
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora</i>	árvore	mangue
Verbenaceae	<i>Avicennia germinans</i>	árvore	mangue
Combretaceae	<i>Laguncularia</i>	árvore	mangue
Apocynaceae	Apocynaceae	árvore, liana	campo inundável
Araceae	Araceae	erva, epífita	campo inundável
Asteraceae	<i>Mikania</i>	liana	campo inundável
Cyperaceae	Cyperaceae	erva	campo inundável
Gramineae	Gramineae	erva	campo inundável
Onagraceae	<i>Ludwigia</i>	erva aquática	campo inundável
Euphorbiaceae	<i>Sapium</i>	árvore	mata de restinga
Sapindaceae	<i>Paullinia</i>	liana	mata de restinga
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis</i>	liana, arbusto	mata de restinga
Anacardiaceae	Anacardiaceae	árvore	floresta
Bignoniaceae	Bignoniaceae	árvore, liana	floresta
Lamiaceae	<i>Hyptis</i>	erva	floresta
Ulmaceae	<i>Celtis</i>	arbusto, liana	floresta
Arecaceae	Arecaceae	arbóreo	várzea
Arecaceae	<i>Mauritia/ Mauritiella</i>	arbóreo	várzea
Araliaceae	<i>Didymopanax</i>	árvore, arbusto	várzea
Bombacaceae	<i>Paqaira aquatica</i>	árvore	várzea
Caesalpiniaceae	<i>Maclobium</i>	árvore	várzea
Pteridófita/Briófita	Pteridófita/Briófita	erva	ampla distribuição
Algas	Algas		aquático

Os dados polínicos de abundância relativa, concentração e presença/ausência das amostras de superfície estão representados em diagramas palinológicos (Figuras 21 a 25), evidenciando a predominância de campo inundável sobre o mangue.

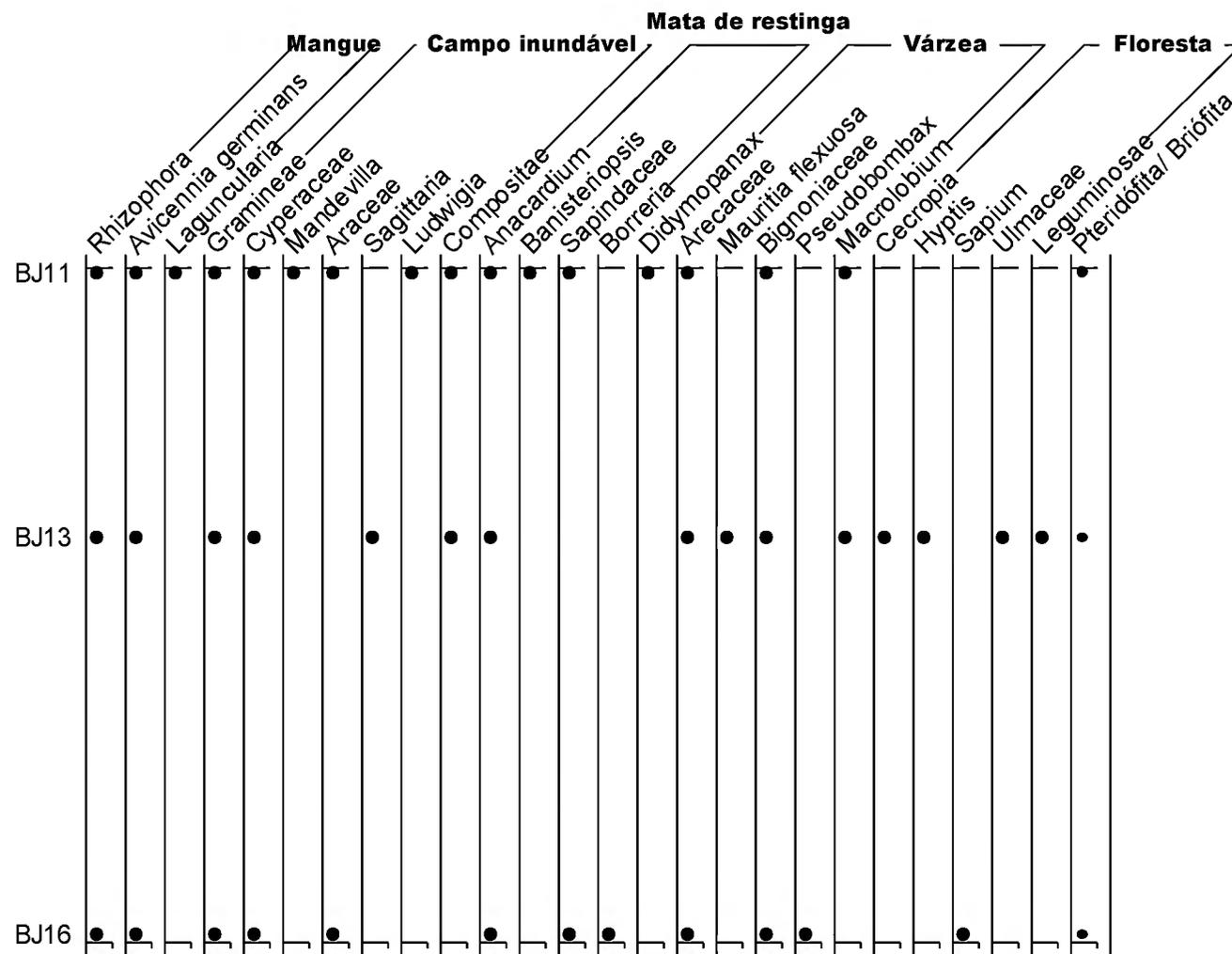


Figura 21 – Diagrama palinológico de presença dos táxons encontrados nas amostras de superfície sedimentar da Fazenda Bom Jesus.

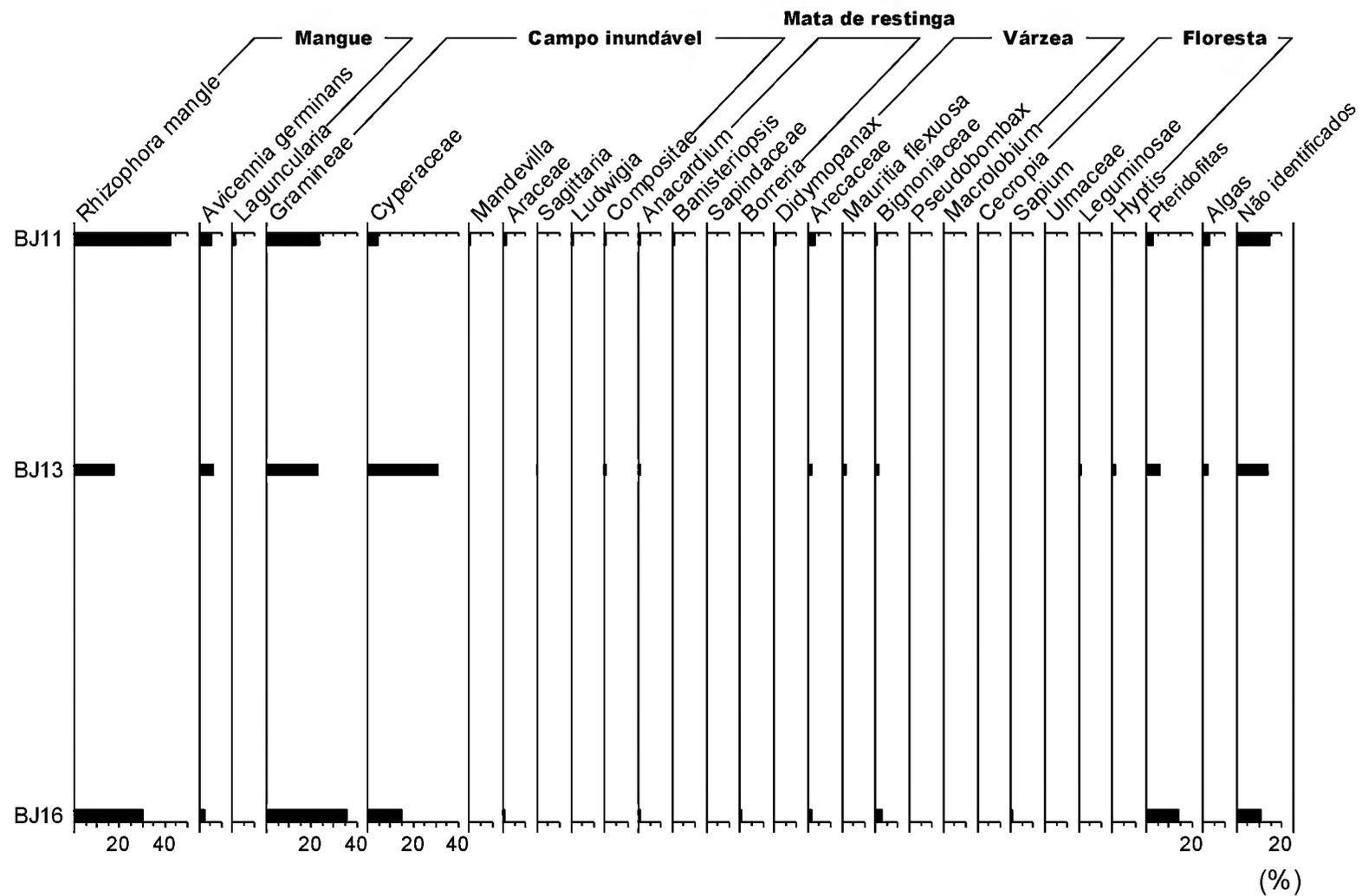


Figura 22- Diagrama palinológico de abundância relativa dos táxons encontrados nas amostras de superfície da Fazenda Bom Jesus, agrupados por formação vegetal e outras categorias taxonômicas, indicando o tipo polínico dominante em cada amostra sedimentar.

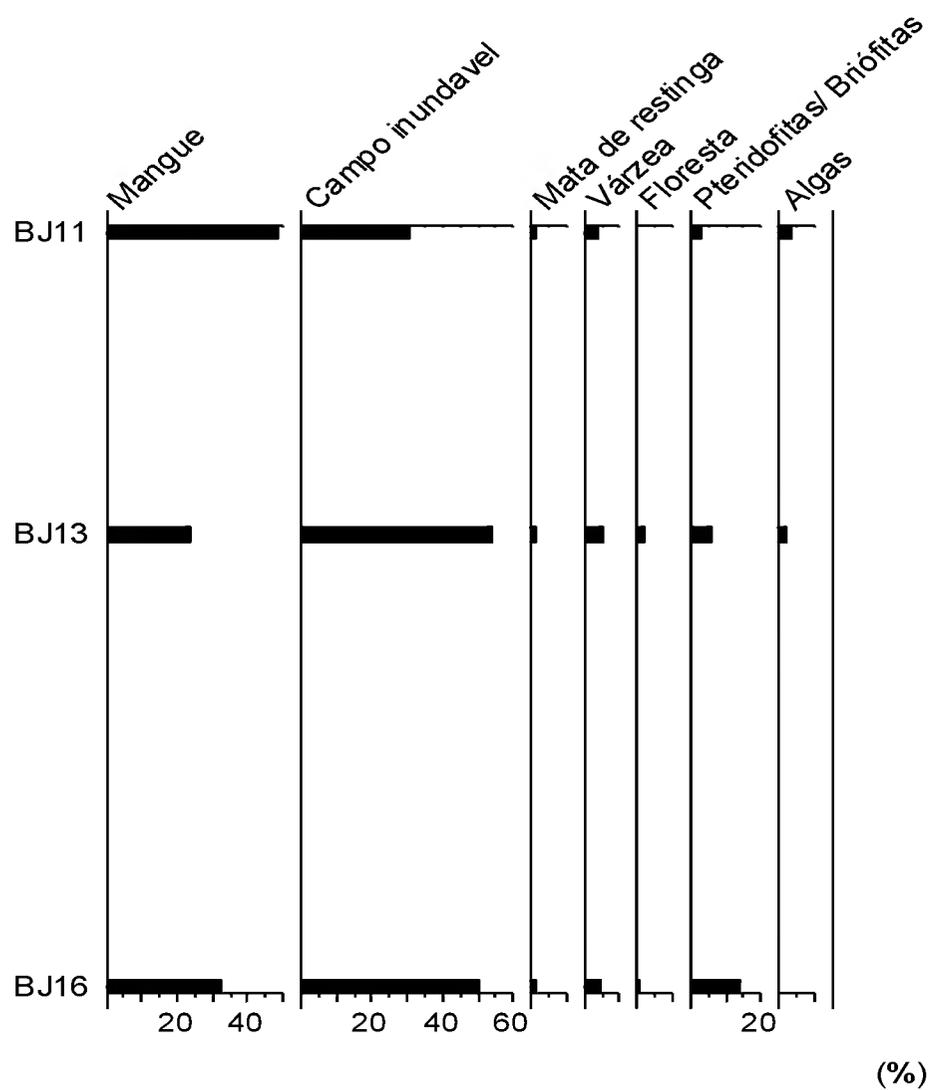


Figura 23- Diagrama palinológico de abundância relativa por formação vegetal das amostras de superfície da Fazenda Bom Jesus, evidenciando a formação vegetal dominante em cada amostra sedimentar.

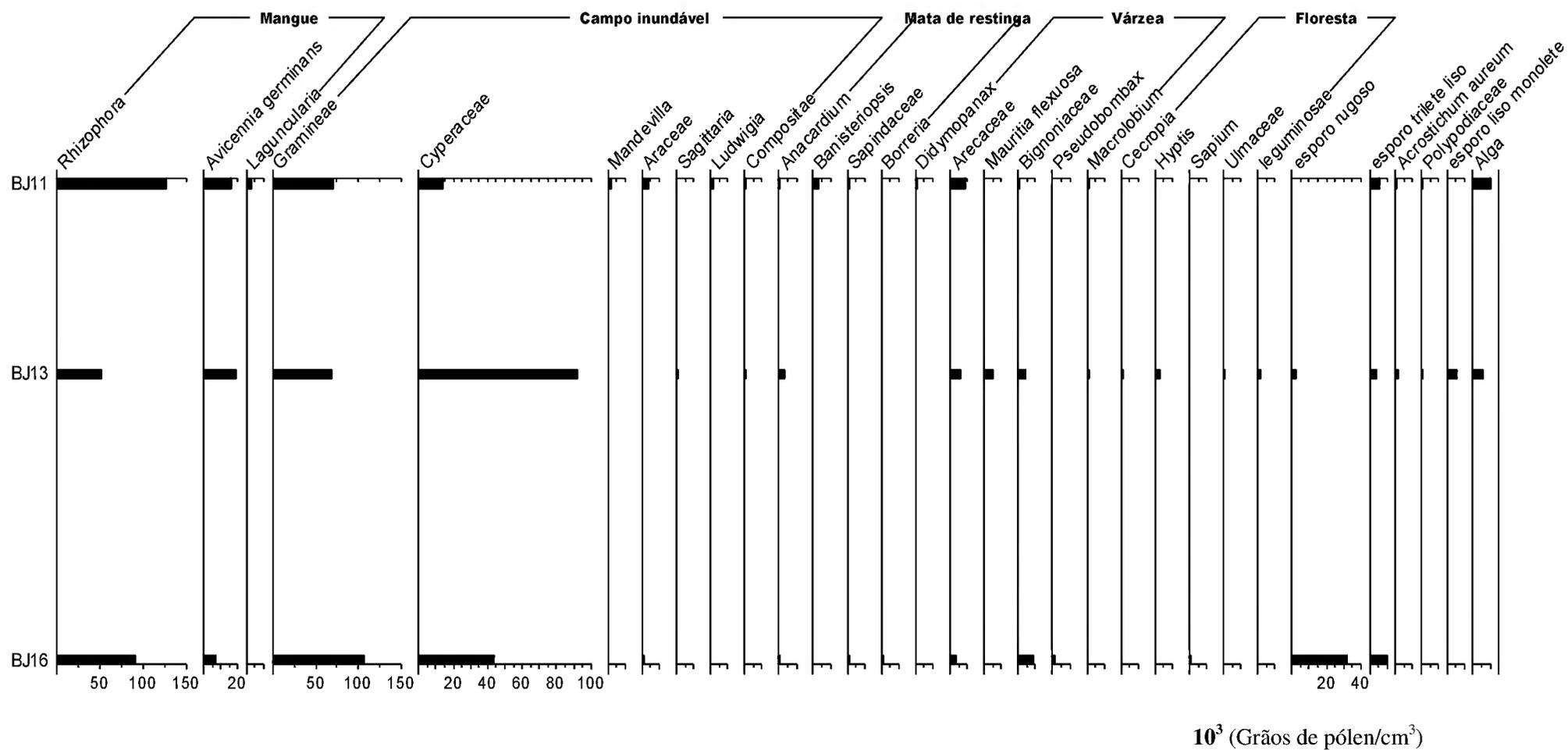


Figura 24- Diagrama palinológico de concentração dos táxons encontrados nas amostras de superfície da Fazenda Bom Jesus. Observam-se os tipos polínicos dominantes e os maiores valores de concentração para os tipos polínicos anemófilos.

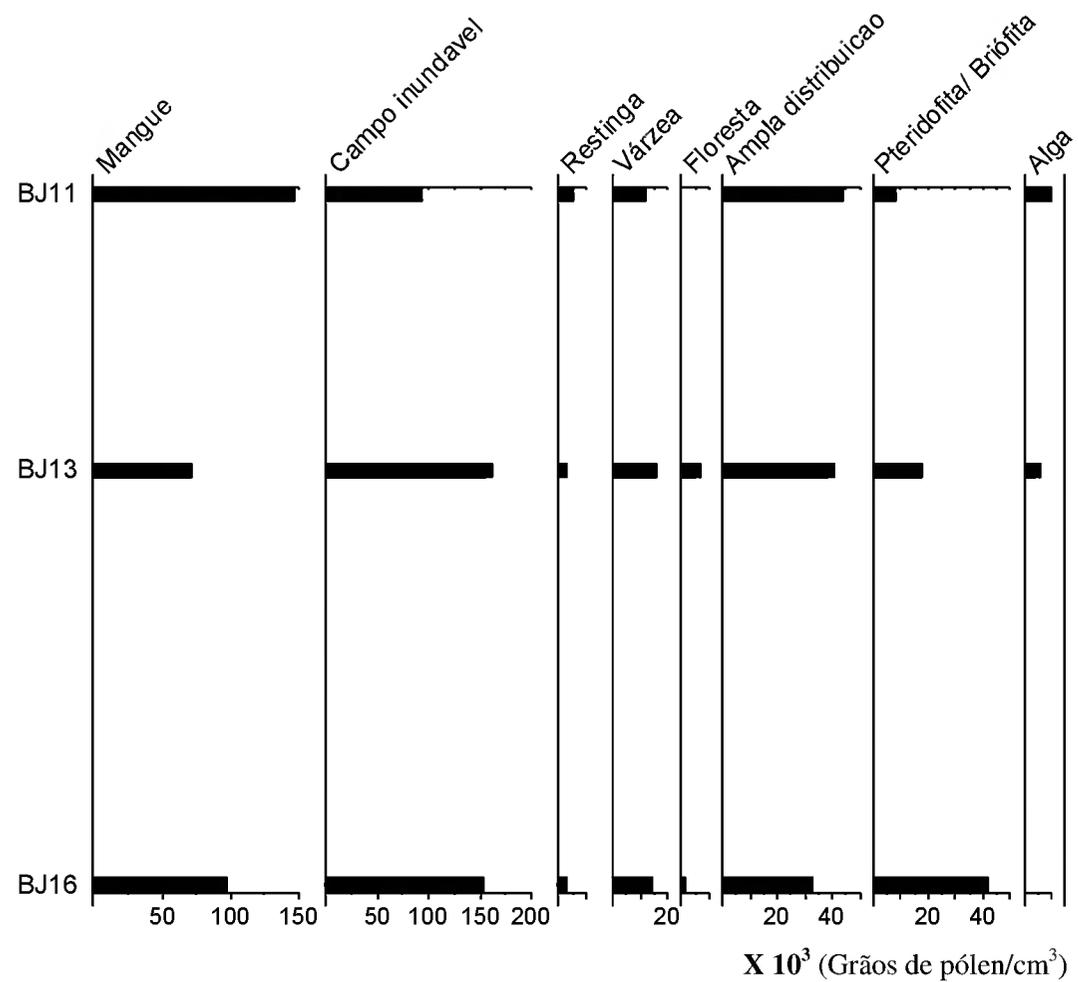


Figura 25- Diagrama palinológico de concentração por formação vegetal das amostras de superfície de solo da Fazenda Bom Jesus, indicando a formação vegetal cuja concentração é mais expressiva.

#### 4.1.3- Deposição atual de palinomorfos na superfície sedimentar

Os grãos de pólen encontrados nas amostras de superfície apresentaram bom estado de preservação, com a exceção de alguns esporos danificados por corrosão, devido provavelmente, à exposição destes durante o período de estiagem.

A análise palinológica das três amostras de superfície sedimentar evidenciou a dominância de campo inundável, apontada pelas amostras BJ13 e BJ16, acompanhada pela presença de táxons bioindicadores de mangue, mais abundantes em BJ11. Nos gráficos de porcentagem e concentração de grãos de pólen (Ver figuras 22 e 24), a vegetação de campo inundável está representada pelos tipos anemófilos, Cyperaceae e Gramineae, acompanhados por elementos de várzea, em baixas porcentagens, como *Macrolobium* e *Mauritia*; tipo polínico grande encontrado sempre próximo da planta mãe (MÜLLER, 1959). A ocorrência de táxons característicos de mangue como *Rhizophora* e, principalmente, *Avicennia* confirma a existência de manguezal nas proximidades do campo, pois segundo Müller (1959) e Behling et al. (2001), ao contrário de *Rhizophora*, o tipo entomófilo *Avicennia* não é encontrado a grande distância da área fonte.

Segundo Bauermann et al. (2002) a dispersão pelo transporte fluvial é a principal fonte de palinomorfos em ambientes estuarinos, entretanto Hofmann (2002) afirma que a deposição e preservação de grãos de pólen e esporos em ambientes alimentados por canais de drenagem dependem da hidrodinâmica local, uma vez que, os grãos sofrem redistribuição na superfície do solo durante o período chuvoso. O período seco, no entanto, determina a deposição seletiva dos grãos, principalmente esporos, devido à sua exposição frente à oxidação, ficando preservados somente aqueles com parede mais grossa e resistente.

Quanto aos índices ecológicos, há um decréscimo na riqueza de espécies entre SBJ11 e SBJ16. A abundância relativa de *Rhizophora* (43%) e *Avicennia germinans* (5,33%) aponta a dominância de mangue na amostra SBJ11, ratificada pela equitabilidade ( $J=0,5$ ), caracterizada por expressar distribuição concentrada, aliada a baixa diversidade para o ambiente de mangue. O resultado da análise corrobora os dados de Senna & Oliveira (2002) para paleomangue identificado na base do testemunho do lago da Aranha, caracterizado pela baixa diversidade de espécies e abundância relativa concentrada, evidenciando a dominância de um ou dois tipos polínicos. No entanto, SBJ11 apresenta maior riqueza de espécies (26 tipos polínicos), sugerindo que apesar da dominância de mangue, o local parece ter sido colonizado por espécies de outros ambientes.

De acordo com Senna & Oliveira (2002) valores maiores de diversidade ( $H' = 3,34$ ) e equitabilidade para o testemunho do Lago da Aranha indicaram a ocorrência de igapó ou de mangue associado a elementos de várzea. Na amostra de superfície SBJ13, entretanto, os maiores valores de diversidade ( $H' = 2,08$ ) e equitabilidade ( $J = 0,66$ ), indicam a prevalência do ambiente de campo inundável sobre o manguezal, evidenciando condições favoráveis para o estabelecimento de outras espécies. A equitabilidade aponta uma distribuição mais uniforme das abundâncias entre os táxons presentes na amostra.

Na mostra SBJ16 a dominância de campo inundável é mantida, contudo, esta amostra apresenta a menor riqueza de espécies e equitabilidade ( $J = 0,6$ ) próxima a de SBJ11, fato relacionado, provavelmente, com o aumento na abundância relativa de *Rhizophora* (30%) em relação à amostra anterior (18%) e com a expressiva abundância de Pteridófitas/Briófitas (13,4%), indicando ambiente úmido.

Ratificando a influência da composição da comunidade vegetal proposta por Muller (1959) e corroborada por Hofmann (2002), em análises de sedimentos de superfície no Delta do Orinoco, a análise palinológica indica a expansão do campo sobre o mangue, contrariando o fato de *Rhizophora* ser também tipo anemófilo de alta produção polínica e encontrado a longa distância da área fonte.

Desta forma, os dados palinológicos corroboram a hipótese de França e Souza Filho (2003), uma vez que, o processo erosivo relacionado com o recuo da linha de costa na margem leste da ilha do Marajó, originado a partir da interação com a hidrodinâmica local é de fato, acompanhado pela expansão dos ambientes limítrofes ao continente, ou seja, pela migração do campo sobre as áreas de mangue.

## **4.2 - Sedimentos Quaternários**

### **4.2.1- Análise sedimentológica do testemunho TBJ**

O testemunho TBJ possui 1,25 m de profundidade, divididos em 16 níveis sedimentares: 14-16cm; 21-23cm; 29-31cm; 36-38cm; 45-47cm; 51-53cm; 57-59cm; 64-66cm; 73-75cm; 82-84cm; 89-91cm; 97-99cm; 103-105 cm; 108-110 cm; 115- 117cm e 121-123 cm.

Na figura 26 está representada a porção do testemunho TBJ utilizada para a análise palinológica com a descrição sedimentar.

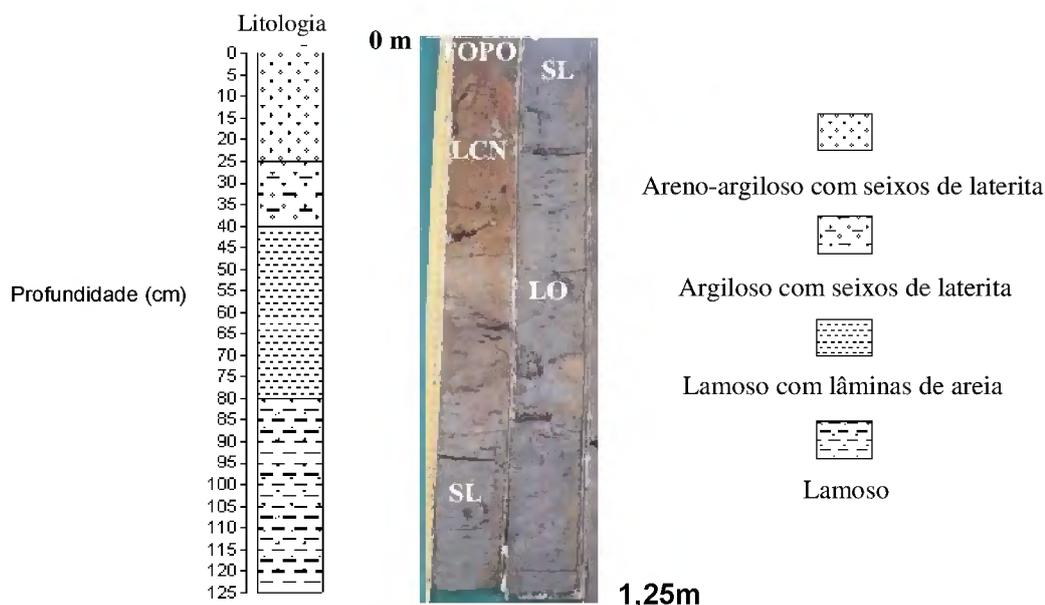


Figura 26 – Desenho esquemático do testemunho sedimentar TBJ, utilizado para a análise palinológica, com descrição sedimentar.

Da base até 80 cm, o testemunho é constituído de sedimento lamoso. Entre 80 e 40 cm observa-se sedimentação lamosa com lâminas de areia. De 40 cm a 25 cm a sedimentação corresponde à lama cinza a negra com grânulos e seixos de laterita. A partir de 25 cm até o topo do testemunho de sondagem a sedimentação corresponde a sedimento areno-argiloso com grânulos e seixos de laterita típicos da Formação Barreiras (FRANÇA, 2003). Na tabela 4 são apresentados peso, cor e litologia dos níveis sedimentares do testemunho TBJ.

Tabela 4 – Litologia, peso e cor dos níveis sedimentares do testemunho TBJ, município de Soure, Ilha do Marajó, Pará.

Profundidade	Peso g/cm <sup>3</sup>	Cor Munsell (1975)	Textura
14-16 cm	1,9918	10 YR 5/3 a 6/1	Areno-argiloso com grânulos e seixos de laterita típicos do Barreiras
21-23 cm	2,1167	10 YR 5/3 a 6/1	Areno-argiloso com grânulos e seixos de laterita típicos do Barreiras
29-31 cm	2,3283	10 YR 5/3 a 6/1	Argila cinza escura a negra com grânulos e seixos de laterita
36-38 cm	1,9636	10 YR 5/3 a 6/1	Argila cinza escura a negra com grânulos e seixos de laterita

Profundidade	Peso g/cm <sup>3</sup>	Cor Munsell (1975)	Textura
45-47 cm	1,857	Gley2 3/10 B	Argiloso com porções de areia
51-53 cm	1,8207	Gley2 3/10 B	Argiloso com porções de areia
57-59 cm	2,0202	Gley2 3/10 B	Argiloso com porções de areia
64-66 cm	1,9394	Gley2 3/10 B	Argiloso com porções de areia
73-75 cm	1,825	Gley2 3/10 B	Argiloso com porções de areia
82-84 cm	1,8565	Gley2 4/10 B	Argiloso
89-91 cm	1,7946	Gley2 4/10 B	Argiloso
97-99 cm	1,7913	Gley2 4/10 B	Argiloso
103-105 cm	2,2295	Gley2 4/10 B	Argiloso
108-110 cm	2,2935	Gley2 4/10 B	Argiloso
115-117 cm	2,214	Gley2 4/10 B	Argiloso
121-123 cm	2,2237	Gley2 4/10 B	Argiloso

#### 4.2.2- Datação Radiocarbônica

A tabela 5 apresenta o resultado para a amostra sedimentar datada no Laboratório Beta Analytic, Flórida, EUA, a partir de acelerador de partículas (AMS).

Tabela 5 – Idade calibrada do testemunho TBJ, planície costeira de Soure, Ilha do Marajó - Pará, Brasil.

Profundidade (cm)	Código	Idade <sup>14</sup> C	Taxa de sedimentação
117-121	Beta- 232412	2.730 ± 40 anos A.P.	0,4 mm/ano

A partir da datação obtida no Beta Analytic foi possível calcular a taxa de sedimentação de 0,4mm/ano para a área de estudo. A referida datação,  $2.730 \pm 40$  anos A.P., indica que a porção analisada do testemunho TBJ (1,25cm) foi depositada durante o Holoceno Superior.

#### 4.2.3- Descrição das zonas palinológicas

A partir da análise de alta resolução (de 5 em 5 cm) dos 16 intervalos sedimentares do testemunho TBJ, foram registrados 88 tipos polínicos, restando 16 tipos ainda não identificados, 9 tipos de Pteridófitas/Briófitas além de algas e microforaminíferos. Foram definidas três zonas palinológicas que correspondem às mudanças na comunidade vegetal ocorridas nos últimos  $2.730 \pm 40$  anos A.P. (Beta 232412) na porção de supramaré da planície costeira de Soure, ilha do Marajó.

**BJ-I** (123-89 cm): Zona palinológica marcada por sedimento lamoso dominado por vegetação de mangue, evidenciada pela presença abundante de pólen de *Rhizophora* (79,33-69%), ( $21000$  a  $42000$  grãos de pólen/cm<sup>3</sup>), seguido de *Avicennia* em baixa porcentagem (< 2%). Outros táxons arbóreos, bioindicadores de várzea de maré como *Arecaceae*, *Mauritia*, *Leguminosae* (1%) ocorrem associados à *Gramineae* e *Cyperaceae* (1%), indicando a presença de campo inundável, ou área pantanosa próxima, entretanto, em baixas porcentagens, ou sem concentrações significativas. Provavelmente, a substituição desta vegetação pelo mangue deu-se 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, entretanto, indica maior contribuição marinha neste período. A diversidade varia entre 0,9 e 1,4, enquanto a riqueza específica sofre decréscimo de 28 a 16 tipos polínicos.

**BJ-II** (89-45 cm): Zona palinológica constituída de sedimentos lamosos com níveis de areia também definida pela dominância de pólen de *Rhizophora* (76%-70,67%). Nesta zona, a abundância de *Rhizophora* alcança 88%, com a concentração um pouco maior que em BJ-I ( $23000$ - $52000$  grãos/ cm<sup>3</sup>). *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 variação dos valores de diversidade é semelhante a da zona anterior, de 0,6 a 1,4.

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, Leguminosae, Anacardiaceae, Compositae, Euphorbiaceae/Araliaceae, Fabaceae, Solanaceae e Bignoniaceae, *Ocotea*, *Protium*, também em baixas porcentagens (<2%) e sem concentrações significativas. Neste nível, diversidade e riqueza atingem seus maiores valores, 1,5 e 38 respectivamente. A presença de esporos 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): Neste intervalo, ocorre sedimentação lamosa, entretanto, com presença de seixos de laterita. A zona palinológica mostra elevada abundância relativa de *Rhizophora* (83,33%-67,33%), enquanto a concentração diminui consideravelmente (43000-16000 grãos/ cm<sup>3</sup>). Elementos de *Avicennia* mantém abundância e concentração das zonas subjacentes (1%-3%), acompanhada pela presença de Arecaceae, Solanaceae e Bignoniaceae (1%).

No intervalo (38-36 cm) foi registrada a ocorrência de grão de pólen exótico do gênero *Alnus*, Betulaceae. A presença desse tipo polínico, 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 partir de 23 cm até a superfície 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%), característicos de ambiente de várzea. O aumento expressivo de esporos de Pteridófito/Briófito (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.

Os gráficos referentes aos índices ecológicos aplicados aos 16 níveis sedimentares do testemunho TBJ encontram-se na figura 27.

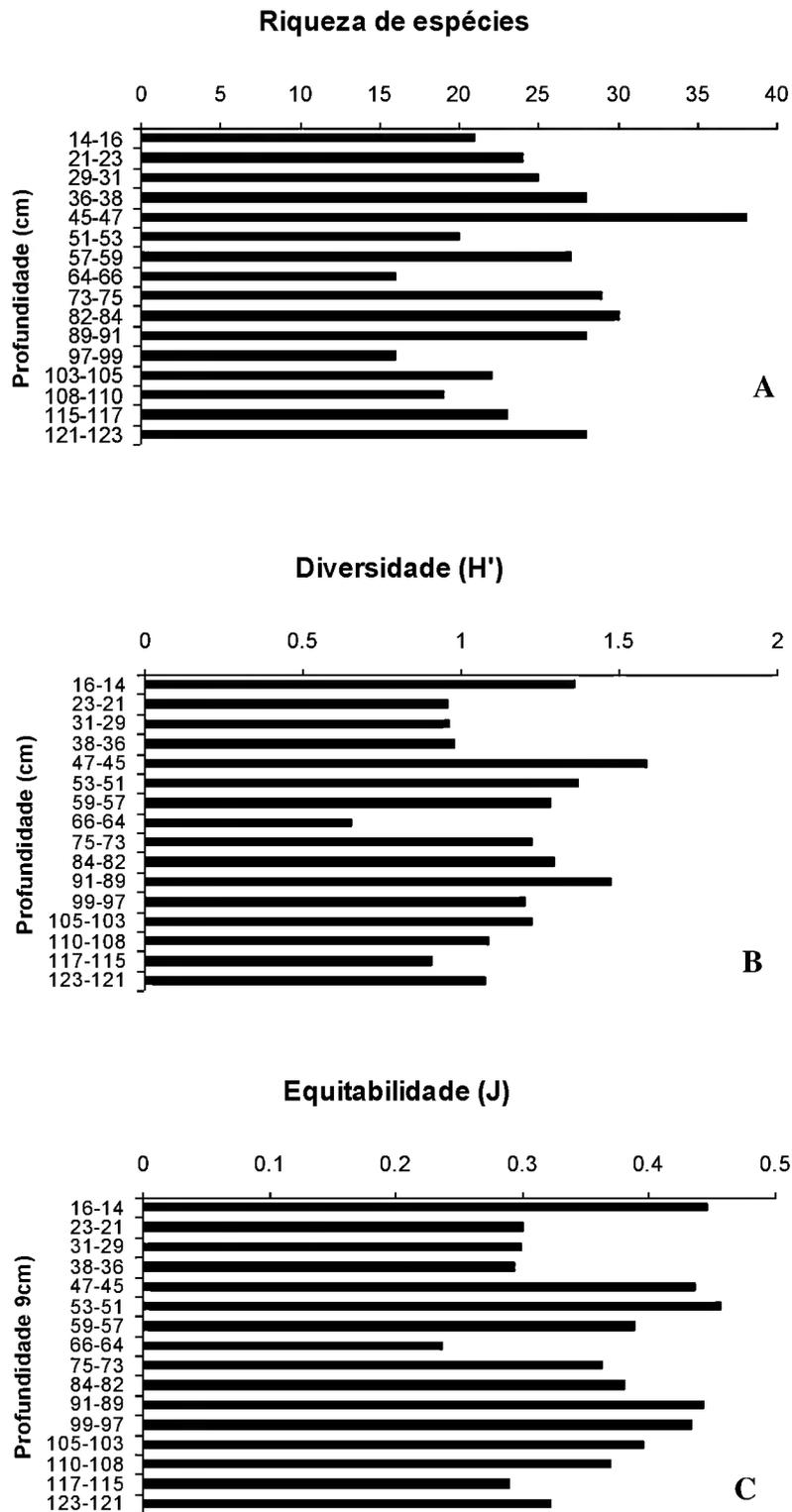


Figura 27- Índices ecológicos (Riqueza, Diversidade e Equitabilidade) para os 16 intervalos sedimentares do testemunho TBJ.

A análise dos índices ecológicos evidenciou aumento e diminuição recorrentes de riqueza, diversidade e equitabilidade, entre os níveis sedimentares, relacionados com variações na abundância de bioindicadores de campo inundável associados a outros ambientes e com a diminuição da dominância de mangue (menores porcentagens de *Rhizophora*)

Os maiores valores de equitabilidade são acompanhados pelo aumento da diversidade, representados pelos intervalos (89-91 cm) onde ( $H'=1.47$  e  $J=0,44$ ) e (45-47 cm) onde ( $H'=1.5$  e  $J=0.43$ ), bem como, pelos maiores valores de riqueza, 28 e 38 espécies, respectivamente, que delimitam as zonas palinológicas descritas para o testemunho sedimentar TBJ.

Na tabela 6 estão listados todos os tipos polínicos identificados, relacionados ao hábito e ao tipo de formação vegetal, divididos nas categorias de mangue, várzea, campo inundável, restinga e floresta. Para alguns táxons identificados na análise palinológica, são apresentados os agentes de polinização, segundo Hoffmann (2002), visando o melhor entendimento na relação entre o agente de polinização e a concentração polínica. O registro fotográfico dos tipos polínicos encontrados no testemunho TBJ encontra-se no apêndice (Pranchas 32 a 46).

Tabela 6- Lista dos táxons identificados nos sedimentos Quaternários do testemunho TBJ, planície costeira de Soure, Ilha do Marajó/PA.

Família	Táxons	Hábito	Ambiente	Agente de polinização
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>	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>	árvore	várzea	
Bombacaceae	<i>Bombax</i>	árvore	várzea	
Boraginaceae	Boraginaceae	árvore		
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i>	árvore	várzea	
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i>	árvore	várzea	pássaros
Clusiaceae	<i>Callophyllum</i>	árvore	várzea	

Família	Táxons	Hábito	Ambiente	Agente de polinização
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		
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	
Caesalpinaceae	<i>Bauhinia pulchella</i>	liana	floresta	pássaros
Caesalpinaceae	<i>Bauhinia</i>	liana, árvore	floresta	pássaros
Caesalpinaceae	<i>Cassia</i>	árvore, arbusto	floresta	pássaros
Caesalpinaceae	<i>Schizolobium</i>	árvore	floresta	pássaros
Caesalpinaceae	<i>Crudia</i>	árvore		pássaros
Caesalpinaceae	<i>Macrolobium</i>	árvore	várzea	pássaros
Caesalpinaceae	<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
Onnaceae	<i>Ouratea</i>	árvore, arbusto	mata de restinga	
Onnaceae	<i>Ludwigia</i>	erva aquática	campo inundável	
Polygalaceae	Polygalaceae	liana, erva, arbusto	mata de restinga	
Proteaceae	<i>Roupala</i>	árvore	floresta	
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	árvore	mangue	Anemófila
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora tipo 1</i>	árvore	mangue	Anemófila
Rubiaceae	<i>Psychotria</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>	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>	erva/liana	ampla distribuição	vento/água
Pteridófito/Briófito	<i>Polypodium</i> tipo	erva/liana	ampla distribuição	vento/água
Pteridófito/Briófito	<i>Polypodium</i> 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
Microforaminífero	Microforaminífero		aquático marinho	
Algas	Algas		aquático marinho	

Os dados polínicos de abundância relativa, concentração e presença/ausência dos 16 níveis sedimentares do testemunho TBJ estão representados em diagramas palinológicos (Figuras 28 a 32).

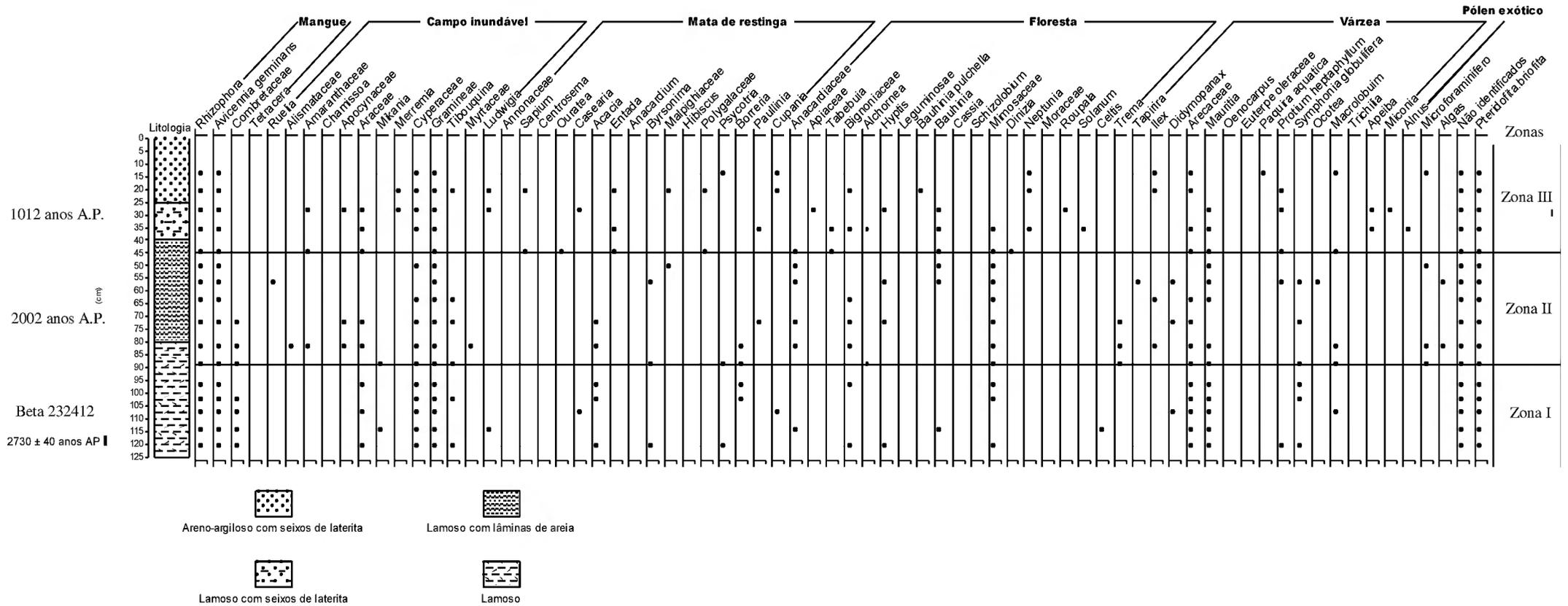


Figura 28- Diagrama palinológico de presença de palinomorfos encontrados no testemunho TBJ, indicando a ocorrência de 72 táxons agrupados por formação vegetal e outras categorias taxonômicas.

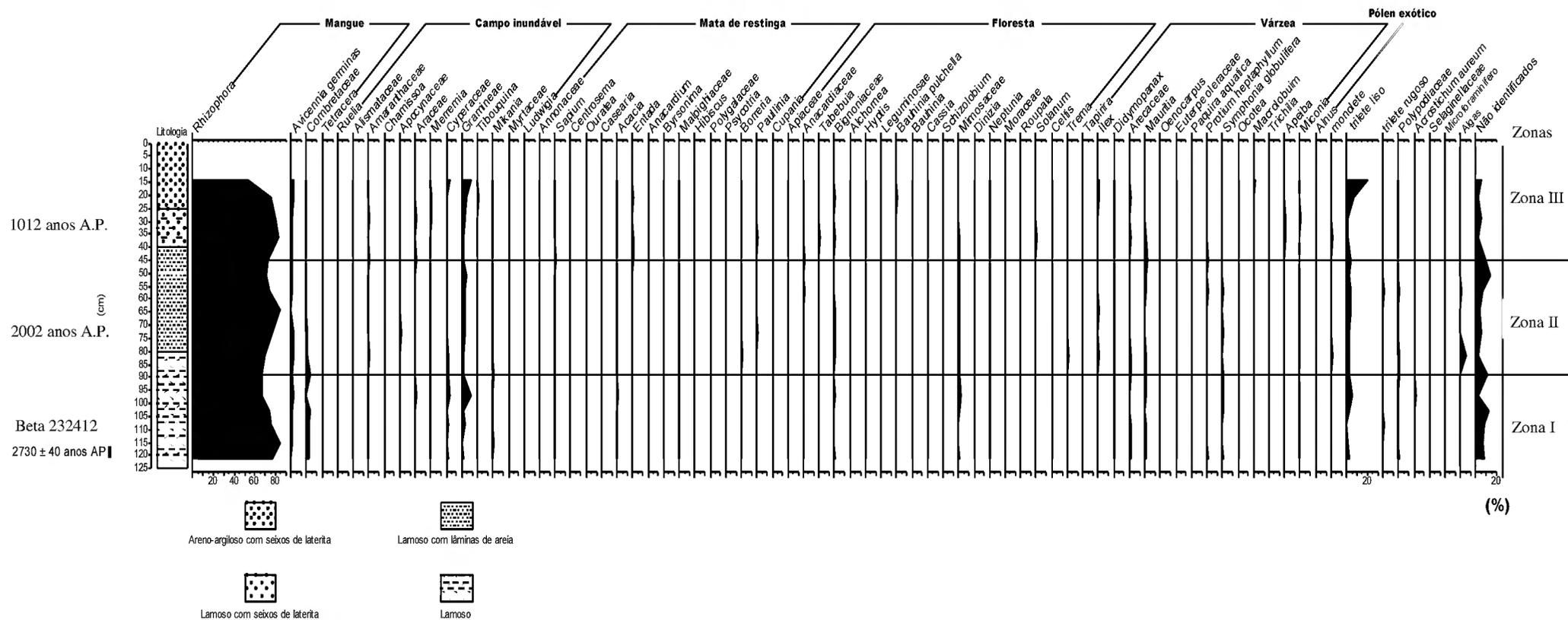


Figura 29 – Diagrama palinológico de porcentagem dos palinomorfos encontrados no testemunho TBJ, indicando o tipo polínico dominante ao longo do testemunho sedimentar.

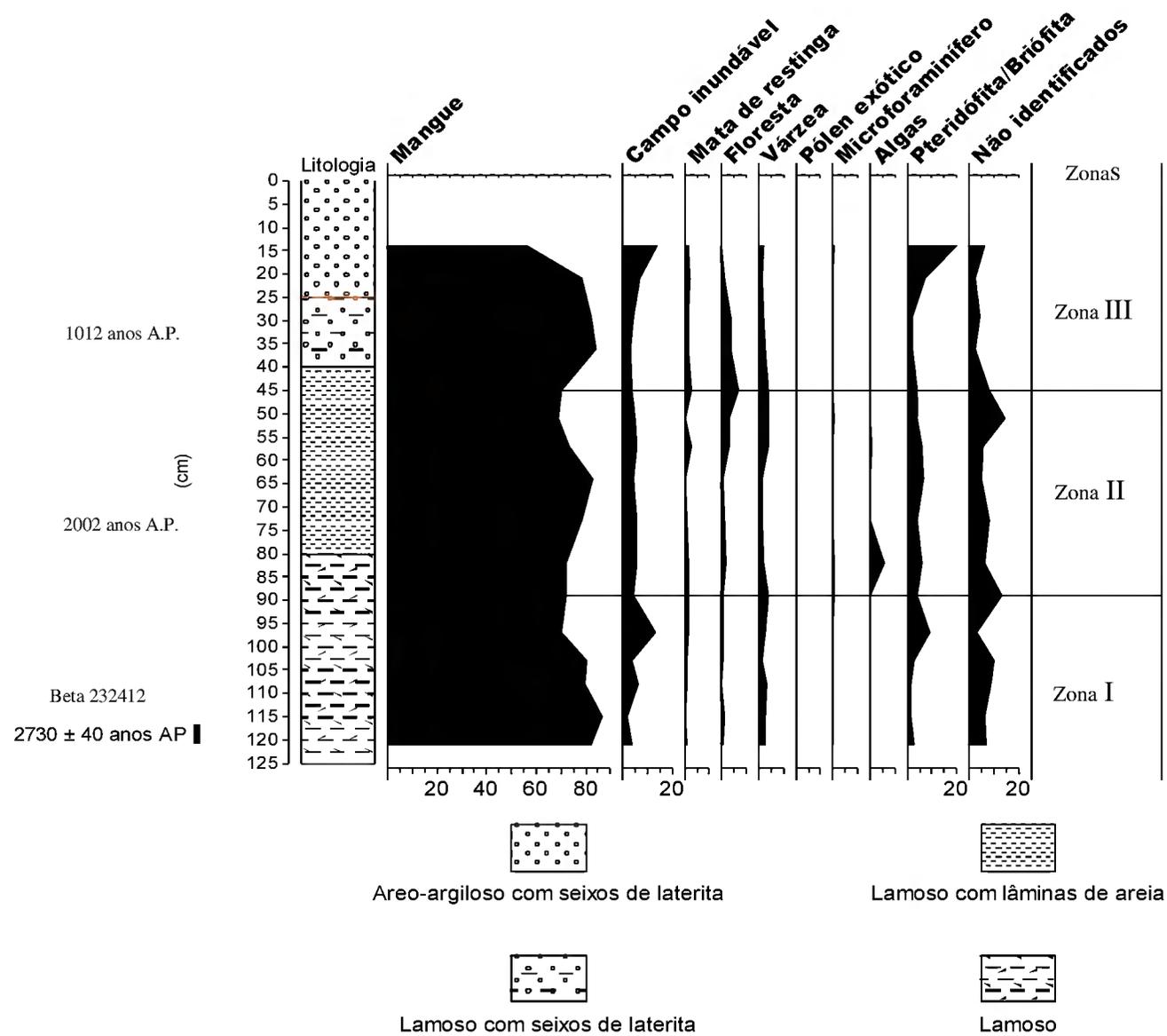


Figura 30- Diagrama palinológico de porcentagem por formação vegetal dos palinomorfos encontrados no testemunho TBJ, indicando a formação vegetal dominante ao longo do testemunho acompanhada pelas demais formações vegetais e categorias taxonômicas.

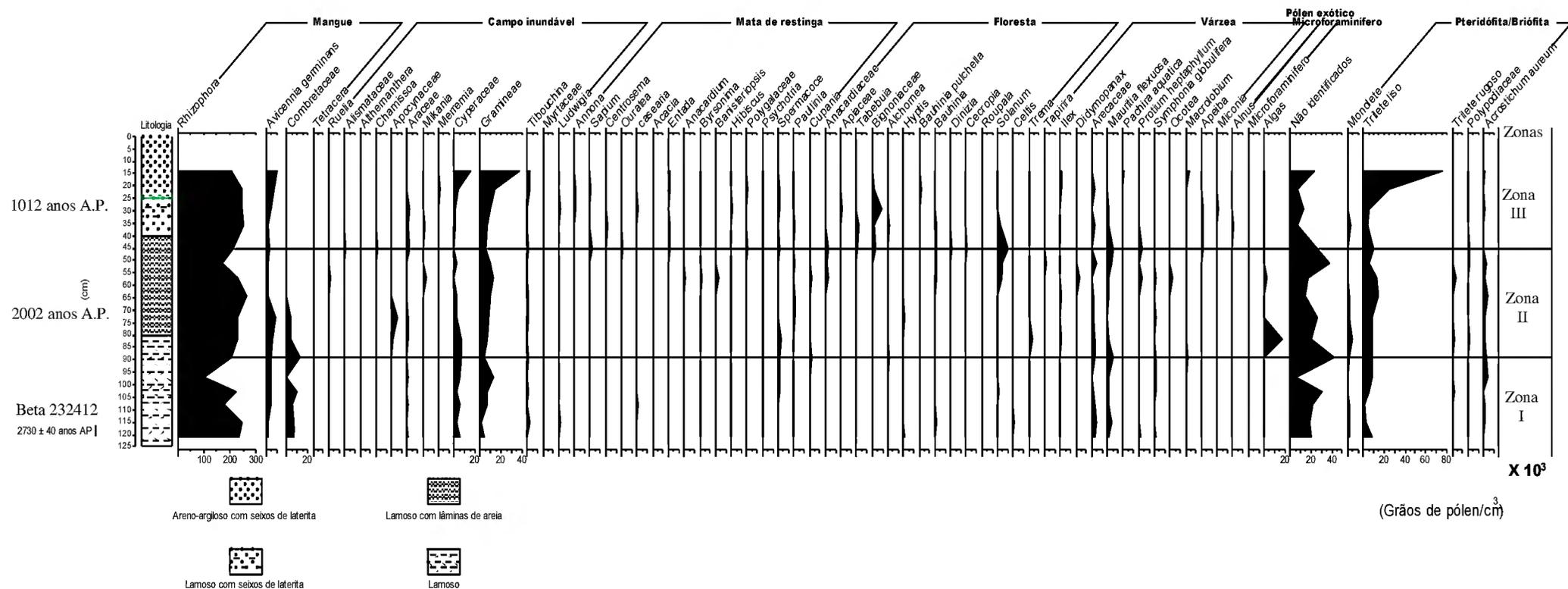


Figura 31- Diagrama palinológico de concentração (grãos/cm<sup>3</sup>) dos palinóforos encontrados no testemunho TBJ. Observam-se os valores de concentração mais expressivos para os tipos polínicos anemófilos.

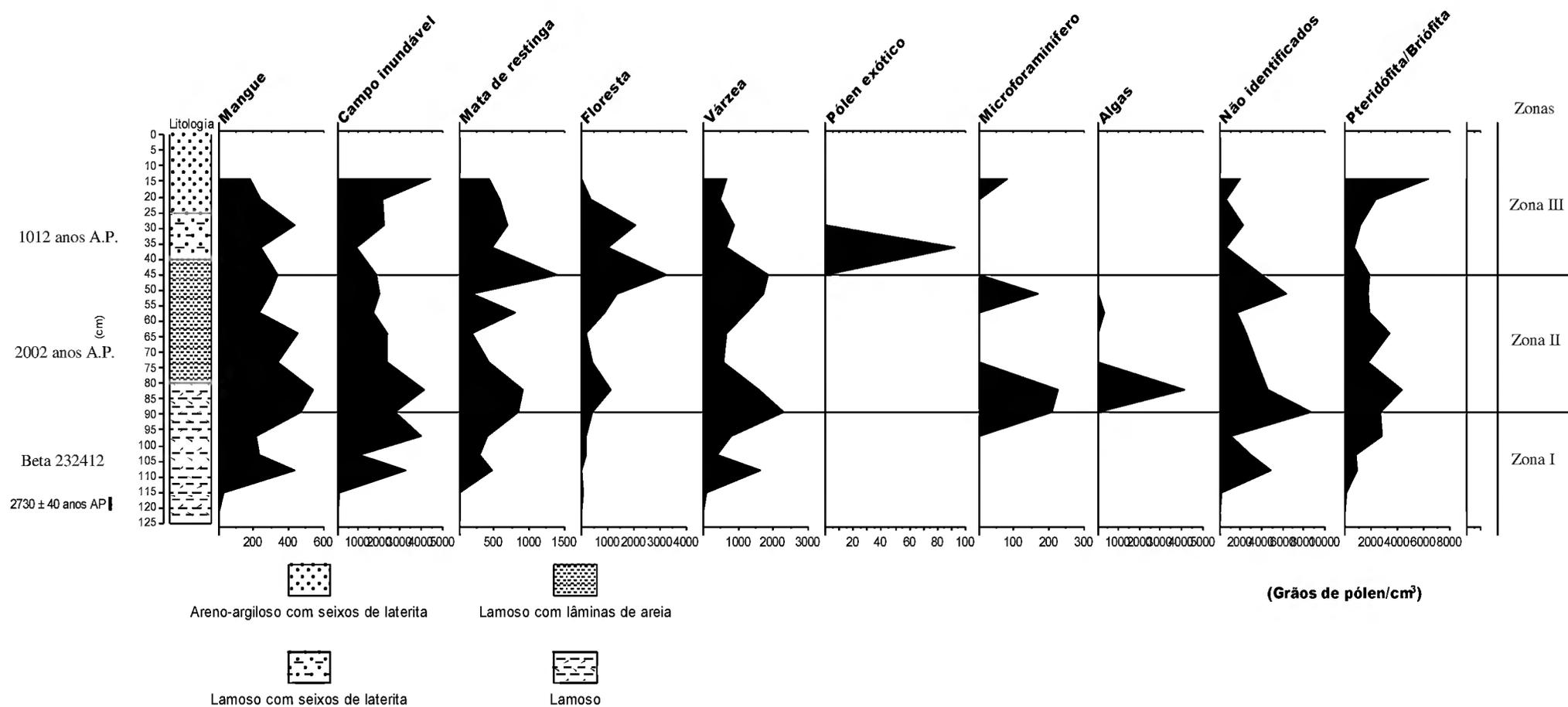


Figura 32- Diagrama palinológico de concentração por formação vegetal dos palinomorfos encontrados no testemunho TBJ.

#### 4.4 - Assembléias polínicas e deposição sedimentar do testemunho TBJ

A observação dos dados obtidos a partir da análise palinológica do testemunho TBJ, aponta a influência flúvio-marinha como principal fonte de palinómorfs. As assembléias polínicas encontradas estão fortemente relacionadas com a composição local da vegetação, o quê, segundo Müller (1959), infere maior contribuição de pólen autóctone, isto é, do próprio local, embora com alguma contribuição de áreas adjacentes. Tal resultado corroborado pela análise de superfície, também relacionado com a drenagem local, ratifica a influência fluvial, no aporte de sedimentos e de palinómorfs. A ocorrência de pólen exótico de longa distância, *Alnus*, indicando transporte pelo Rio Amazonas, corroborando os dados de Müller (1959), em período semelhante ao registrado por 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*. Os valores de abundância maiores que 60%, indicam não só a adaptação deste ecossistema à hidrodinâmica local, mas seu estabelecimento, provavelmente, em período mais antigo, durante o Máximo transgressivo Holocênico a partir de 5.000 anos A.P. Tal probabilidade reside no fato de que a idade extrapolada, obtida através da taxa de sedimentação, da base da porção basal da sedimentação lamosa do referido testemunho com profundidade de (250 cm) corresponde a 5.640 anos A.P.

Nesse contexto, os estudos palinológicos para a costa norte amazônica, evidenciam através das assembléias polínicas, a ocorrência de três eventos climáticos significativos durante o Holoceno Superior. A dominância de *Rhizophora* é ainda ratificada por sua elevada produção polínica e dispersão anemófila, potencializada pela brisa marinha da zona costeira, segundo Hofmann (2002).

O último episódio registrado para a costa norte amazônica, através de análise polínica é definido por nova transgressão marinha. O evento aponta 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* na Guianas (VAN der HAMMEN, 1963) e lago da Aranha (2.350 ± 40 anos A.P.) segundo Senna (2002). Somente os dados palinológicos do lago Aquiri, no Maranhão, registram a presença contínua de manguezais durante todo o Holoceno, segundo Behling e Costa (1997).

Entretanto, a análise do testemunho TBJ aponta eventos descontínuos de progradação da linha de costa, interrompidos por pulsos erosivos de curto período e de intensidade moderada, causando uma mudança na hidrodinâmica local, conseqüentemente com a deposição de cordões arenosos praias, sem, no entanto, promover uma substituição de ecossistemas durante o período avaliado. A análise palinológica (Ver figuras 30 e 31) evidencia uma periodicidade na mudança da comunidade vegetal, definida nas assembléias polínicas, pela diminuição ou aumento na dominância de mangue, representado pelo pólen de *Rhizophora*, acompanhados por aumento e diminuição da abundância de bioindicadores característicos de campo inundável, associados a elementos de várzea, restinga e floresta.

No diagrama de porcentagem por formação vegetal (Figura 30) observa-se a presença de todas as formações vegetais ao longo da seqüência sedimentar, entretanto, a diminuição da dominância de mangue é acompanhada pelo incremento na abundância relativa de campo inundável nas zonas palinológicas I e III, enquanto um acréscimo maior na abundância de floresta, várzea e restinga é registrado somente a partir da zona II. (Figura 30), cuja porção sedimentar corresponde à deposição lamosa com lâminas de areia.

O caráter de evento recorrente condicionado pela hidrodinâmica local é também corroborado pela análise dos índices ecológicos de riqueza, diversidade e equitabilidade. Os maiores valores de equitabilidade são acompanhados pelo aumento da diversidade, representados pelos intervalos (89-91 cm) onde ( $H'=1.47$  e  $J=0,44$ ) e (45-47 cm) onde ( $H'=1.5$  e  $J=0.43$ ), bem como, pelos maiores valores de riqueza, 28 e 38 espécies, respectivamente, que delimitam as zonas palinológicas descritas para o testemunho sedimentar TBJ. A análise dos índices ecológicos ratifica a relação entre valores de diversidade e equitabilidade apresentados por Senna & Oliveira (2002) para o Lago da Aranha, Pará, indicando os maiores valores para porções do testemunho sedimentar cuja composição é característica de igapó ou de mangue associado a outros ecossistemas.

Neste contexto, a diminuição da dominância de mangue é refletida pelo incremento na diversidade e equitabilidade, como também, na riqueza de espécies, indicando 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 *Mauritia flexuosa*, *Macrolobium* e *Protium heptaphyllum*. Tal expansão do campo sobre o mangue foi corroborada pelas análises de superfície sedimentar da Fazenda Bom Jesus.

Estas interpretações tornaram-se possíveis, tendo em vista a aplicação de análise palinológica de alta resolução, isto é, aquela realizada em intervalos mais curtos, neste caso, de 5 em 5 cm, possibilitando o registro do comportamento da vegetação de maneira mais detalhada, favorecendo o conhecimento de processos recorrentes, provavelmente relacionados a pulsos climáticos ou de mudanças hidrodinâmicas na foz do rio Amazonas, incluindo a ilha do Marajó. Desta forma, a escala de observação utilizada para o testemunho sedimentar TBJ, evidencia um evento de curto período, citado por França e Souza Filho (2003), controlado pela hidrodinâmica da baía do Marajó.

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 entre os canais do Cajuúna e Pesqueiro (ver figura 14), a qual, segundo França e Souza Filho (2003), apresenta as maiores taxas de erosão da porção leste da ilha do Marajó. Tal processo, refletido 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 mudança de sedimentação, em períodos recorrentes, é registrada sob a forma de cordões arenosos, no interior do mangue, indicando antigas linhas de costa. A colonização destas áreas é feita 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 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 progradacional, descontínuo.

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 microforaminíferos e outros elementos marinhos na planície costeira de supramaré, observado nas três zonas (Figura 28) pode mostrar maior influência da salinidade, em períodos secos. Vale ressaltar que atualmente, a salinidade na porção interna da planície costeira de Soure aumenta consideravelmente, no período seco, chegando a 19, ao contrário da Baía do Marajó, onde não ultrapassa 8. Esta 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  $^{14}\text{C}$  da base do testemunho TBJ ( $2730 \pm 40$  anos A.P.) 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 2750 anos AP.

Desta forma, 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. A análise polínica, de alta resolução, aplicada ao testemunho sedimentar TBJ evidenciou a alternância, entre períodos de diminuição na dominância de mangue com incremento da abundância de bioindicadores de campo inundável, e a relação destes eventos recorrentes de curto período com a hidrodinâmica da Baía do Marajó.

Pode-se afirmar, portanto, que a partir da análise palinológica do testemunho TBJ, associada às datações  $^{14}\text{C}$ , aos índices ecológicos 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.

## 5 - CONCLUSÃO

- As assembléias polínicas registradas estão relacionadas com a composição florística local e regional. O aporte de sedimentos e palinomorfos são de origem flúvio-marinha. A distribuição atual destes palinomorfos é provavelmente definida pela sazonalidade em um ciclo climático anual e pela drenagem local, por se tratar de sistema estuarino.

- 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*, 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.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSY, M.L., ABSY & SERVANT, M.1993. **A história do clima e da vegetação pelo estudo do pólen.** *Ciência Hoje* 16 (93): 26-30.

ABSY, M.L. 1975. **Pólen e esporos do Quaternário de Santos, Brasil.** *Hoehnea*, 5: 1-26.

ABSY, M.L. & SENNA, C. 2003. **Os manguezais da costa norte brasileira.** Organizado por Marcus. E. B. Fernandes. Maranhão: Fundação Rio Bacanga. 29-44.

ADAIME, R.R. 1987. **Estrutura, produção e transporte em um manguezal.** Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileiros. Síntese de Conhecimentos. (1): 80-99.

ALMEIDA, S.S. 1996. **Estrutura e florística em áreas de manguezais paraenses: Evidências da influência do estuário amazônico.** *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra: v. 1, p. 93-100.*

ALVES, M.A.M.S.; EL - ROBRINI, M.; SOUSA FILHO, P. W.; FARIAS D. R. & FRANÇA, C. F. 2005. **Morfodinâmica das praias de meso-macromarés da Zona Costeira do Estado do Pará.** In: X Congresso da Abequa - Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Guarapari, ES. CD-ROOM de resumos, n° 0258. pdf..

AMARAL, D.D. et al. 2007. **Campos e florestas das bacias dos rios Atuí e Anajás, ilha do Marajó, Pará.** Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. Coleção Adolpho Ducke. 110p.

AYRES, M. et al. 2003. **Bio Estat 2.0: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas:** Editora Sociedade Civil Mamirauá/Brasília. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

BARROS, M.A.; BARTH, O.M.; COSTA, K. M. R. 1999. **Catálogo sistemático de pólen das plantas arbóreas do Brasil meridional. XXXII: Anacardiaceae.** *Leandra*, (14): 17-24.

BASTOS, M.N.C. 1996. **Caracterização das formações vegetais da restinga da Princesa, ilha de Algodal - Pará.** Universidade Federal do Pará, Tese de doutorado, Belém 261p.

BASTOS, M.N.C; SENNA, C.S.F; COSTA NETO, S.V. 2003. **Comunidades vegetais em paisagens litorâneas do Estado do Pará: as restingas do Crispim e de Algodal.** In: *Gente e Ambiente.* Organizado por Lurdes Gonçalves Furtado & Helena Doris A. Barbosa Quaresma. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. P. 239-258.

BAUERMANN, S.G.; MARQUES-TOIGO, M.; NEVES, P.C.P. 2002. **Aspectos tafonômicos em palinologia do Quaternário.** *Pesquisas: Botânica*, 52: 223-239.

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 Curuça 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.

BISSA, W.M. 1998. **Reconstituição dos paleoambientes de uma planície Holocênica no curso inferior do Rio Ribeira, Município de Iguape, São Paulo.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências – Geografia). Universidade de São Paulo. 90p.

BOVE, C.P.; BARTH, O.M. 1992. **Catálogo Sistemático de Pólen das Plantas Arbóreas do Brasil Meridional. XXV: Bignoniaceae.** Rev. Brasil. Biol., 52 (2): 283-292.

CARREIRA, L.M.M.; SILVA, M.F.; LOPES, J.R.C.; NASCIMENTO, L.A.S. 1996. **Catálogo de pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira.** Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. Coleção Adolpho Ducke. 137p.

CARREIRA, L.M.M.; BARTH, O.M. 2003. **Atlas de pólen da vegetação de canga da Serra dos Carajás, Pará.** Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. Coleção Adolpho Ducke. 112p.

CARREIRA, L.M. M; LOBATO, E.S.P.; RAPOSO, R.C. 1991a. **Morfologia polínica de plantas cultivadas no Parque do Museu Goeldi. V. Família Malpighiaceae.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Botânica. 7 (2):441-453.

CARREIRA, L.M. M; RAPOSO, R.C.; LOBATO, E.S.P. 1991b. **Morfologia polínica de plantas cultivadas no Parque do Museu Goeldi. VI. Família Euphorbiaceae.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Botânica. 7 (1): 157-175.

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. **Composição florística e fitofisionomia da restinga do Crispim, Município de Marapanim, Pará**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Botânica. 12 (2): 237-249.

DHN. Diretoria de Hidrografia e Navegação. [www.mar.mil.br/dhn/dhn/index.html](http://www.mar.mil.br/dhn/dhn/index.html). Acessado 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.

FAEGRI, K. & IVERSEN, J. 1950. **Textbook of Modern Pollen Analysis**. E. Munksgaard, Copenhagen, Denmark.

FRANÇA, C.F. de. 2003. **Morfologia e mudanças costeiras na margem leste da Ilha de Marajó (PA)**. Tese de Doutorado (Doutorado em Geologia) Universidade Federal do Pará, Belém. 144p.

FRANÇA, C.F. de; SOUZA FILHO, P.W.M. 2003. **Análise de mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da ilha de Marajó (PA) em imagem landsat**. Revista Brasileira de Geociências, v. 33. 12p.

FREITAS, M.S.C. 2005. **Estrutura da vegetação de bosque de manguezal. Reserva extrativista marinha de Soure/PA**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 70p.

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. **Estudos integrados da Ilha do Marajó**. Belém. 333p.

KAPP, R.O. 2000. **Pollen and spores**. American Association of stratigraphic palynologists Foundation Publication.

KISSER, J. 1935. **Bemerkuen zum Einschluss in glycerin gelatine**. Z. Wiss. Mikr. 51p.

LAEYENDECKER – ROOSENBERG, 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. **Padrões de diversidade florística na reserva ecológica do Bacurizal, em Salvaterra, ilha do Marajó, Pará.** Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica, 9 (2): 223-248.

MENDES, A. C. 1994. **Estudo sedimentológico e estratigráfico dos sedimentos holocênicos da costa do Amapá, setor entre a ilha de Maracá e o Cabo Orange.** Dissertação de Mestrado, Belém/Pará, Universidade Federal do Pará. 274 p.

MORE, P.D. & WEBB, J.A. 1978. **An Illustrated Guide to Pollen Analysis.** Hodder and Stoughton. London. 133p.

MÜLLER, I. 1947. **Die pollen analytische 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. **Caracterização polínica de mal de Apis mellifera L. em áreas de floresta secundária no município de Igarapé - Açu/ Pará.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica. Belém. 14 (2): 159-176.

RIBEIRO, M. B. 1994. **Paleovegetação e Paleoclima no Quaternário Tardio da Vereda de Águas Emendadas - DF.** Universidade de Brasília/Instituto de Geociências, Tese de mestrado, Brasília, 110 p.

RODRIGUES, L.C.S.; SENNA, C.S.F. 2005. **Registros palinológicos em sedimentos holocênicos da costa norte amazônica.** Congresso X Congresso da ABEQUA. Workshop Baías. CD-ROM Resumos Expandidos. Guarapari/Espírito Santo.

RODRIGUES, I.D. 2006. **Estudos palinológicos em sedimentos do Holoceno do Lago Caracaranã, Roraima, Brasil.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Biológicas – Botânica). Universidade Federal do Amazonas / Instituto de Pesquisas da Amazônia. 120p.

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-VILARRÚBIA, T. & ESPINOZA, N. P. 1999. **Palynological record of 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. **História Ecológica da Terra**. São Paulo: Edgard Blücher. 307p.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. 1973. **Contribuição à palinologia dos Cerrados**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências. 291p.

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. **Critérios e Técnicas para o Quaternário**. São Paulo: Edgard Blücher. 440p.

SANTOS, J.U.M. dos, ROSÁRIO, C.da S. 1988. **Levantamento da Vegetação Fixadora de Dunas de Algodão - PA**. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica, 4 (1): 133-151.

SÃO THIAGO, L.E.U. 2005. **Análise palinológica no manguezal da área de proteção ambiental (APA) de Guapimirim, Rio de Janeiro, Brasil**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências – Geologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 95p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. 2000. **Brazilian mangroves**. Aquatic Ecosystem Health and Management. 3, p. 561-570.

SENNA, C. S. F. 2002. **Mudanças da Paleovegetação e dos Paleoambientes Holocênicos da Planície Costeira da Região Nordeste do Estado do Pará, entre as baías de Marapanim e Maracanã**. Tese de Doutorado apresentada à Universidade do Amazonas/ Instituto nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus-Amazonas, 115p.

SENNA, C. S. F.; RIBEIRO, F. C. P.; PAIVA, R. 2005. **Análise palinológica e diatomológica em sedimentos holocênicos da Baía de Marapanim-Estado do Pará**. X Congresso da ABEQUA. Workshop Baías. CD-ROM Resumos Expandidos. Guarapari/Espírito Santo. pdf 0296.

SENNA, C. S. F.; OLIVEIRA, D. S. 2002. **Composição, abundância e diversidade de tipos polínicos em paleoambientes holocênicos do estuário do Rio Marapanim, Estado do Pará**. In: PROST, M.T. MENDES A. (Org) Ecossistemas Amazônicos: Dinâmicas, impactos e valorização de recursos naturais, UFPA/MPEG. 15p.

SENNA, C.S.F. & PANTOJA, P.C. 1994. Impactos naturais e antrópicos em manguezais do litoral NE do Pará. Workshop ECOLAB. 12. Anais, Amapá: 9-11.

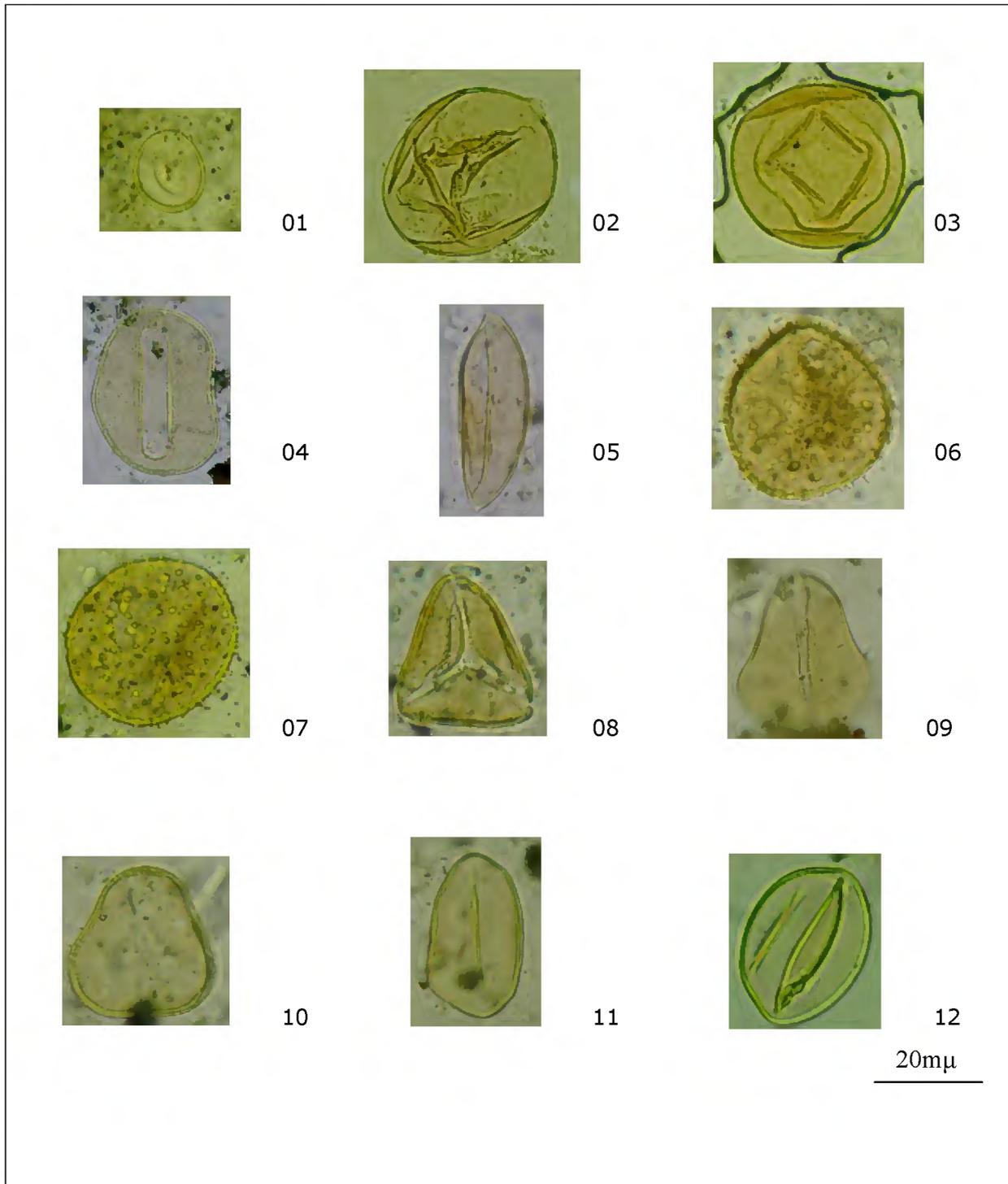
SILVESTRE-CAPELATO, M.S. F; MELHEM. T.S. 1997. **Flora polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil**. Família: 81- Leguminosae. Hoehnea. 24(1): 115-163.

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.

## APÊNDICES



**PRANCHA 01** – ANGIOSPERMAE, MONOCOTYLEDONEAE:

(X 100)

ALISMATACEAE: 1-*Sagittaria*

ARACEAE: 2 e 3 (X 40)

ARECACEAE: 4, 5-*Euterpe*, 6-7-*Mauritia flexuosa*, 8-*Astrocaryum*, 9-12- Arecaceae.



13



14



15



16



17



18



19



20



21



22

20mμ

**PRANCHA 02 – ANGIOSPERMAE, MONOCOTYLEDONEAE:**

(X 100)

CYPERACEAE: 13-18

GRAMINEAE: 19-22



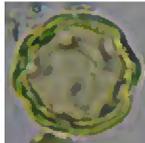
23



24



25



26



27



28



29



30



31



32



33



34

20mμ

**PRANCHA 03 – ANGIOSPERMAE, DICOTYLEDONEAE:**

(X 100)

AMARANTHACEAE: 23-24- *Alternanthera*, 25- *Amaranthaceae*, 26- *Chamissoa*

ANACARDIACEAE: 27-28- *Anacardium*, 29-30- *Tapirira*; ANNONACEAE: 31

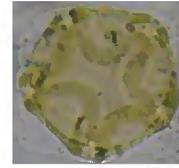
APIACEAE: 32; AQUIFOLIACEAE: 33-34- *Ilex*



35



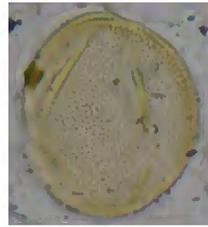
36



37



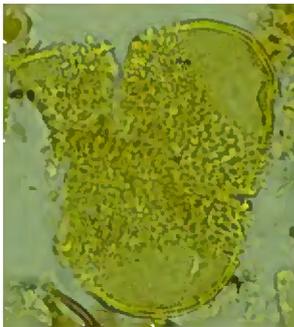
38



39



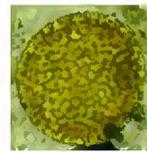
40



41



42



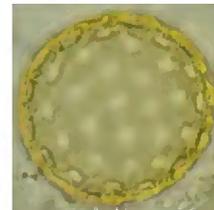
43



44



45



46

20μ

**PRANCHA 04 – ANGIOSPERMAE, DICOTYLEDONEAE:**

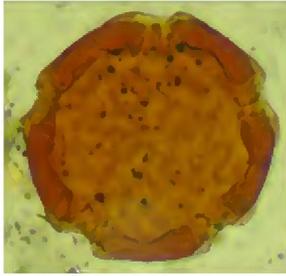
(X 100)

ARALIACEAE: 35-36- *Didymopanax*

BETULACEAE: 37- *Alnus*. BIGNONIACEAE: 38-39- *Tabebuia*, 40

BOMBACACEAE: 41- *Paqira aquática*, 42. BORAGINACEAE: 43

BURSERACEAE: 44-45 *Protium heptaphyllum*. CHENOPODIACEAE: 46- *Kochia scoparia*



47



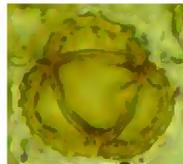
48



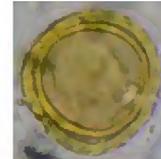
49



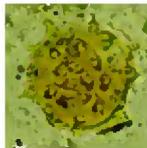
50



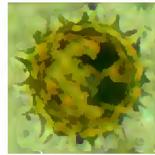
51



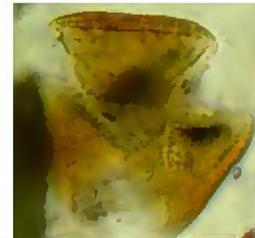
52



53



54



55



56



57

20mμ

**PRANCHA 05 – ANGIOSPERMAE, DICOTYLEDONEAE:**

(X 100)

CLUSIACEAE: 47- *Symphonia globulifera*, 48- *Callophyllum*

COMBRETACEAE: 49 – *Connocarpus*, 50.

COMPOSITAE: 51-52- *Mikania*, 53- *Vernonia*, 54.

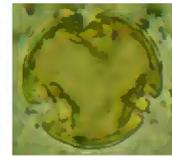
CONVOLVULACEAE: 55- *Merremia*. DILLENIACEAE: 56-57



58



59



60



61



62



63



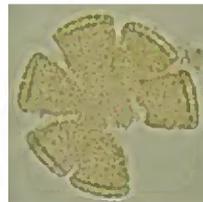
64



65



66



67

20μ

**PRANCHA 06 – ANGIOSPERMAE, DICOTYLEDONEAE:**

(X 100)

EUPHORBIACEAE: 58-59- *Sapium*, 60- *Alchornea*, 61- *Amanoa*

FABACEAE: 62-*Centrosema*, 63- *Machaerium*, 64.

FLACOURTIACEAE: 65-66- *Casearia*. LABIATEAE: 67-*Hyptis*



68



69



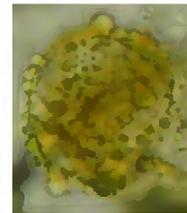
70



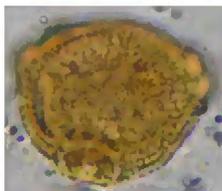
71



72



73



74



75



76



77



78

20mμ

**PRANCHA 07 – ANGIOSPERMAE, DICOTYLEDONEAE:**

(X 100)

LEG. CAESALPINIACEAE: 68-69- *Tachigalia*, 70- *Macrolobium*,  
71-72- *Cassia*, 73- *Bauhinia pulchella*, 74- *Schizolobium*, 75- *Crudia*, 76- *Symmeria*,  
77,78.



78



79



80



81



82



83



84



85



86



87



88



89

20μ

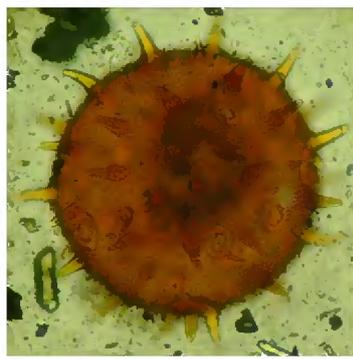
**PRANCHA 08** – ANGIOSPERMAE, DICOTYLEDONEAE:

(X 100)

LEG. MIMOSOIDEAE: 78-79- *Entada polyphylla*, 80- *Anadenanthera*, 81, 82, 83, 84- *Inga*.

MALPIGHIACEAE: 87-88-89- *Banisteriopsis*.

POLYGALACEAE: 85-86.



90



91



92



93



94



95



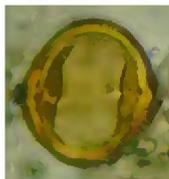
96



97



98



99



100



101

20mμ

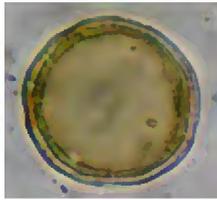
**PRANCHA 09** – ANGIOSPERMAE, DICOTYLEDONEAE: (X 100)

MALVACEAE: 90- *Hibiscus* (X 40); MELASTOMATACEAE: 91- *Tibouchina*, 92, 93, 94.

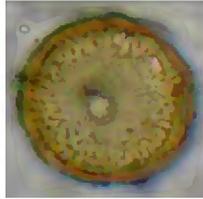
MORACEAE: 95- *Cecropia*; MYRTACEAE: 96; OCHNACEAE: 97- *Ouratea*;

PROTEACEAE: 98- *Roupala*;

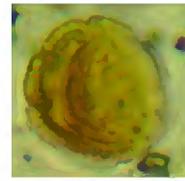
RHIZOPHORACEAE: 99-100- *Rhizophora mangle*, 101- *Rhizophora* tipo 1.



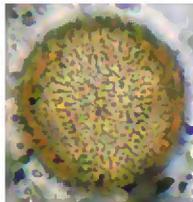
102



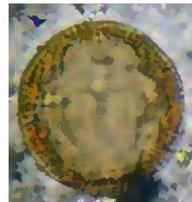
103



104



105



106



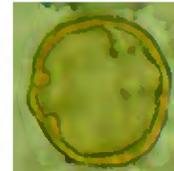
107



108



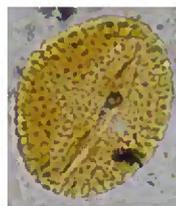
109



110



111



112



113

20µ

**PRANCHA 10** – ANGIOSPERMAE, DICOTYLEDONEAE:

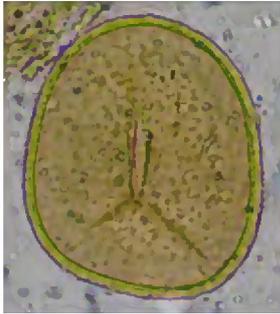
(X 100)

RUBIACEAE: 102-106- *Borreria*,

SAPINDACEAE: 107-108- *Cupania*,

SOLANACEAE: 109-110- *Solanum*,

TILIACEAE: 111- *Apeiba*; VERBENACEAE: 112-113- *Avicennia germinans*.



114



115



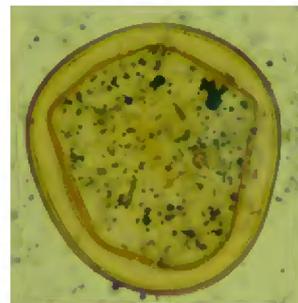
116



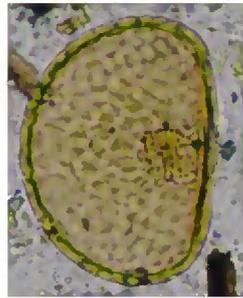
117



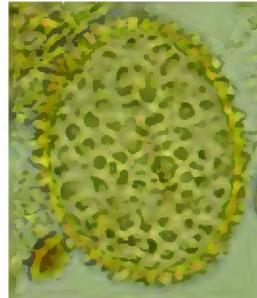
118



119



120



121



122

20mμ

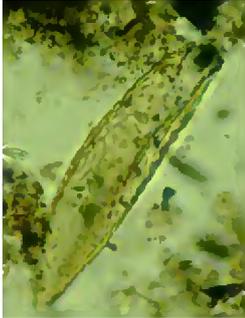
Prancha 11 – PTERIDOPHYTA:

(X 40)

Esporo Trilete rugoso: 114; Esporo trilete corroído: 115-116;

Esporo trilete liso: 117, 118- Esporo monoete liso; 119- Esporo alete.

POLYPODIACEAE: 120-121; LYCOPODIACEAE: 122.



123



124



125



128

126



127



129

20mμ

**PRANCHA 12** – OUTROS PALINOMORFOS  
ALGAE: 123-128; 129- *Pseudosquizea*

(X 100)



130



131



132



133



134



135



136

20mμ

---

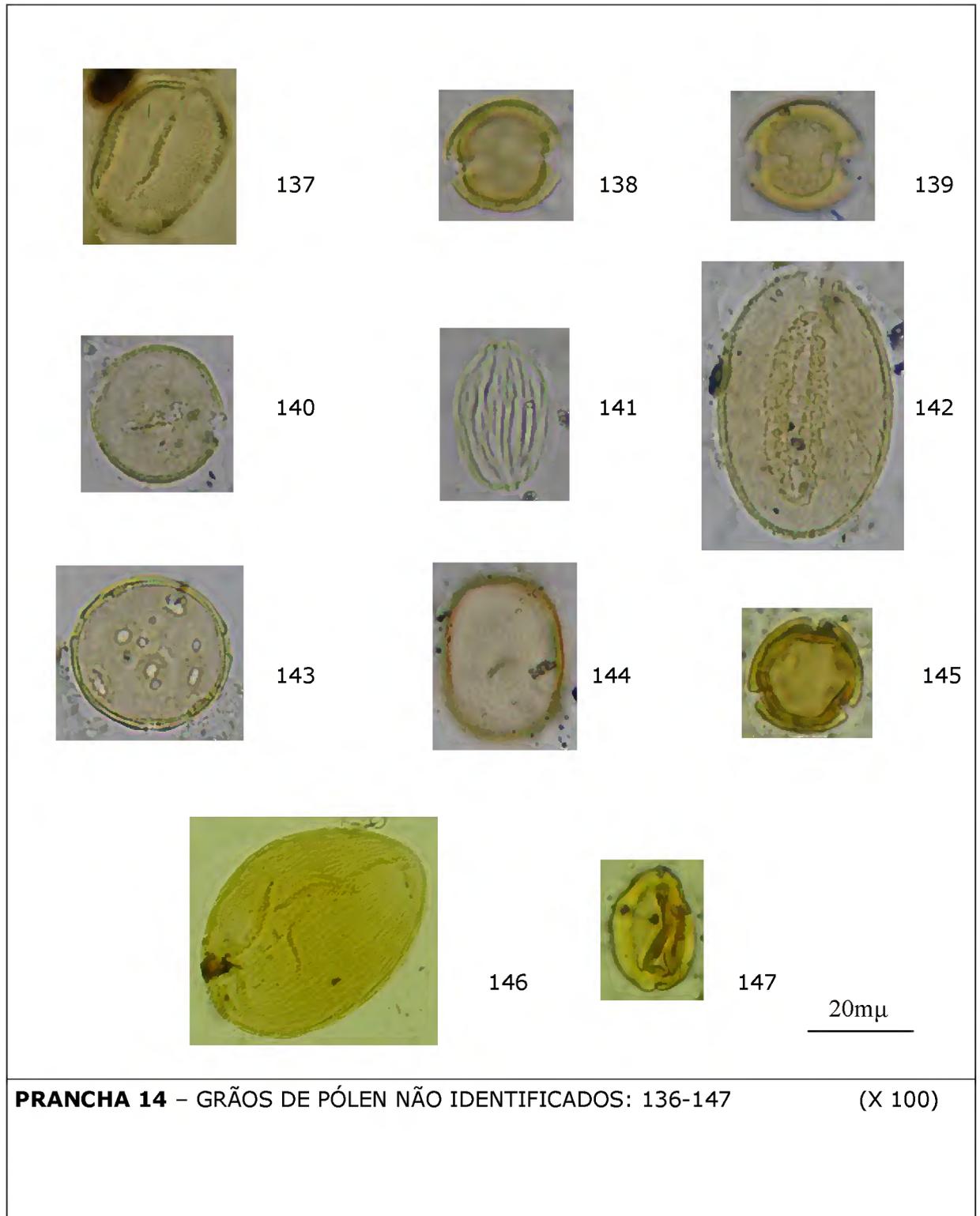
**PRANCHA 13** – OUTROS PALINOMORFOS:

(X 100)

FUNGI: 130-132

Isoetes: 133-134

MICROFORAMINIFERO: 135-136 (X 40)





148



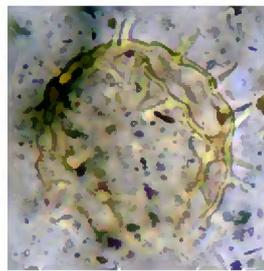
149



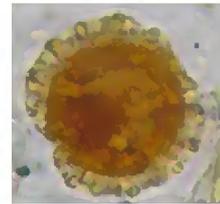
150



151



152



153



154

20μ

---

**PRANCHA 15** – OUTROS PALINOMORFOS NÃO IDENTIFICADOS:

149-153 - (X 100).

148 e 154 - (X 40).