

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA**

ANTONIO ALVARO BUSO JUNIOR

**Dinâmica dos Espodossolos, da vegetação e do clima durante o
Quaternário tardio na região nordeste do estado do Espírito Santo**

**Piracicaba
2015**

ANTONIO ALVARO BUSO JUNIOR

**Dinâmica dos Espodossolos, da vegetação e do clima durante o
Quaternário tardio na região nordeste do estado do Espírito Santo**

**Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear
na Agricultura da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Doutor em Ciências**

**Área de Concentração: Energia Nuclear na
Agricultura e no Ambiente**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda

Piracicaba

2015

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Buso Junior, Antonio Alvaro

Dinâmica dos Espodossolos, da vegetação e do clima durante o Quaternário tardio na região nordeste do estado do Espírito Santo / Antonio Alvaro Buso Junior; orientador Luiz Carlos Ruiz Pessenda. - - Piracicaba, 2015.

162 p.: il.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Carbono 14 2. Datação geológica 3. Demospongiae 4. Holoceno 5. Isótopos estáveis 6. Paleoclimatologia 7. Paleoecologia – Mata Atlântica 8. Pleistoceno recente 9. Pólen 10. Solo de tabuleiro costeiro I. Título

CDU (56 : 57) + 902.67

Dedico aos meus pais, Alvaro e Margarida.

Que transmitiram os valores para minha formação moral,
me ensinaram o amor e o respeito à natureza,
e me incentivaram e apoiaram durante toda a minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Luiz Pessenda, pela orientação e amizade ao longo de quase dez anos.

Aos amigos do Laboratório ^{14}C pela convivência e apoio.

A todos os pesquisadores e estudantes que fazem parte do ProjES, que compartilharam seus conhecimentos e experiências.

Aos funcionários da Reserva Natural Vale e da Reserva Biológica de Sooretama, pelo suporte nas atividades de campo e por compartilharem seus conhecimentos sobre a natureza local.

Aos funcionários do CENA/USP que sempre apoiaram nas mais diversas áreas, tais como a Seção de Pós-Graduação, a Biblioteca e a Informática.

À professora Cecília Volkmer-Ribeiro por me orientar no trabalho com os poríferos.

À professora Sonia Tatum e ao René Rocca pela ajuda e orientação nas datações LOE.

Ao professor Francis Mayle, à Monica e à Valentina, por me receberem em sua casa enquanto estive em Edimburgo.

Aos meus familiares e amigos, pelo incentivo durante todos esses anos.

À minha noiva, Karen, pelo companheirismo e compreensão.

Esse trabalho foi beneficiado pelos seguintes apoios financeiros:

- FAPESP: processos 2010/18091-4 e 2011/00995-7.
- CNPq: processos 245858/2012-1 SWE/CSF, 2007-3/471751, 2012-5/470210 e 2013-0/405060.
- CAPES/PROEX.

Solidões vastas assim têm qualquer cousa de imponente e eu me sentia humilhado diante desta natureza tão possante e austera; minha imaginação se assustava, quando eu pensava que as matas imensas que me cercavam se estendiam para o norte, muito além do Rio Grande de Belmonte; que elas ocupam toda a parte leste da Província de Minas Gerais; que cobrem, sem qualquer interrupção, as do Espírito Santo e do Rio de Janeiro, parte da Província de São Paulo, completamente a de Santa Catarina, o norte e o oeste da Província do Rio Grande do Sul e que, além das Missões, irão, possivelmente, unir-se as do Paraguai setentrional.

Auguste de Saint-Hilaire

RESUMO

BUSO JUNIOR, A. A. **Dinâmica dos Espodosolos, da vegetação e do clima durante o Quaternário tardio na região nordeste do estado do Espírito Santo.** 2015. 162 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

Esse trabalho, realizado na região nordeste do estado do Espírito Santo, é dividido em duas partes. A primeira envolve a caracterização da precipitação polínica moderna da vegetação de mata de tabuleiros e de duas fisionomias de vegetação de muçununga. A segunda consiste na reconstrução paleoambiental no Quaternário tardio, com base em estudo interdisciplinar aplicado a Espodosolos e sedimento lacustre. A caracterização da precipitação polínica moderna mostrou que a mata de tabuleiros é marcada por maiores taxas de acumulação polínica, maiores frequências de Urticaceae/Moraceae e presença de táxons raros, tais como *Glycydendron*, *Rinorea*, *Hydrogaster*, *Viola* e outros. A vegetação da muçununga arborizada foi caracterizada por taxa de acumulação polínica intermediária, altas frequências de *Byrsonima*, e frequências mais elevadas de Araliaceae, *Doliocarpus* e *Lundia*. A vegetação de muçununga campestre é caracterizada por menores taxas de acumulação polínica e maiores frequências de Poaceae, Cyperaceae e Asteraceae. A comparação desses resultados com amostra superficial de sedimento lacustre mostrou que em amostras sedimentares o sinal polínico de mata de tabuleiros pode ser mascarado pela alta frequência de espécies semi-aquáticas das famílias Poaceae e Cyperaceae, e por altas frequências de espécies pioneiras, tais como *Cecropia*. O estudo de reconstrução do paleoambiente permitiu a elaboração de um modelo para a evolução das manchas de Espodosolo da região, as quais sustentam as diferentes fisionomias da vegetação de muçununga. Segundo esse modelo, essas manchas seriam originárias da transformação do Argissolo devido a fatores relacionados ao relevo e a paleoclimas mais úmidos. Entretanto, não é possível descartar a possibilidade de que algumas manchas de Espodosolo tenham se originado em sedimentos intrinsecamente arenosos relacionados ao Pós-Barreiras. O estudo também permitiu inferir flutuações do paleoclima durante o Quaternário tardio. Um clima mais úmido no intervalo aproximado de 31000-23000 anos cal. AP, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, é inferido com base no início do processo de podsolização e no desenvolvimento de algumas das atuais manchas de Espodosolo. O intervalo seguinte, aproximadamente entre 23000-8000 anos cal. AP, é inferido como menos úmido que o anterior, com base na expansão pontual de plantas C4 observada na matéria-orgânica do solo, e na ausência do sinal polínico de mata de tabuleiros entre 11000-8000 anos cal. AP no sedimento lacustre. O último intervalo, entre cerca de 7000 anos cal. AP até hoje, é inferido como mais úmido, com base no início do registro polínico em área de Espodosolo alagado e formação de horizonte B espódico secundário, e também na expansão das matas de tabuleiros observada no sinal polínico do sedimento lacustre. O registro polínico sedimentar mostra a presença de táxons com distribuição disjunta entre os biomas Amazônia e Mata Atlântica desde cerca de 8500 anos cal. AP. O registro polínico, a matéria-orgânica sedimentar e a matéria-orgânica dos solos não mostram indícios de expansão de campos e savanas com predomínio de plantas C4 durante os últimos 17000 anos cal. AP, o que pode indicar que a região pode ter sido um refúgio florestal durante os períodos menos úmidos do Pleistoceno tardio e do Holoceno.

Palavras-chave: Paleoecologia. Paleoclima. Palinologia. Espodosolo. Biogeografia.

ABSTRACT

BUSO JUNIOR, A. A. **Late Quaternary dynamics of Spodosols, vegetation and climate at the northeastern region of Espírito Santo state.** 2015. 162 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

This study was carried out at the northeastern region of the Espírito Santo State, Brazil. It is organized in two main parts. The first one is related to the characterization of the modern pollen rain of the “tabuleiros” forest vegetation and of two distinct physiognomies of mussununga vegetation. The second part consists of the late Quaternary paleoenvironment reconstruction, based on interdisciplinary study applied in Spodosols and lake sediment. The modern pollen rain of the “tabuleiros” forest is characterized by the highest pollen accumulation rates, highest frequencies of Urticaceae/Moraceae, and the presence of less frequent and rare taxa as *Glycydendron*, *Rinorea*, *Hydrogaster*, *Virola*, and others. The wooded mussununga vegetation is characterized by intermediate pollen accumulation rates, high frequencies of *Byrsonima*, and high frequencies of Araliaceae, *Doliocarpus* and *Lundia* when compared with the other vegetation types. The grassland mussununga vegetation is characterized by the lowest pollen accumulation rates, and the highest frequencies of Poaceae, Cyperaceae and Asteraceae. The comparison of these results with the pollen assemblage from lake sediment surface sample shows that in sediment samples the “tabuleiros” forest signal may be masked by high frequencies of semi aquatic herbs, mainly Poaceae and Cyperaceae, and pioneer species, especially *Cecropia*. The paleoenvironment reconstruction study allowed the development of a model for the evolution of Spodosol spots in the region, which sustain the distinct physiognomies of the mussununga vegetation. According to this model, these Spodosol spots originate from the transformation of the Ultisol due to factors related to the relief and more humid paleoclimate events. However, some of these Spodosol spots may have evolved on intrinsically sandy Post-Barreiras sediments. The paleoenvironment study also allowed some inferences about late Quaternary climate fluctuations. Based on the beginning of the podsolization process and on the evolution of some Spodosol spots, the climate during the interval from ~31,000-23,000 cal yr BP may have been humid, without dry period along the year. The next interval, from ~23,000 to 8000 cal yr BP is inferred less humid than the previous one, based on the spatially restricted expansion of C4 plants, observed in the soil organic matter, and on the absence of the “tabuleiros” forest pollen signal, from ~11,000 to 8000 cal yr BP, in the lake sediment. The climate of the last interval, from ~7000 yr cal BP to the present, is inferred more humid than the previous one, based on the beginning of the pollen record in a flooded Spodosol site, and on the expansion of the “tabuleiros” forest in the pollen record of the lake sediment. Geographically disjunct taxa between Amazonia and Atlantic Forest biomes are present in the pollen record from the lake sediment since ~8500 cal yr BP to the present. Pollen records, and sediment and soil organic matter do not show the expansion of grasslands or savannas dominated by C4 plants during the last 17,000 cal yr BP, which may indicate that the region probably was a forest refuge during the less humid intervals of late Pleistocene and Holocene.

Keywords: Paleoecology. Paleoclimatology. Palynology. Spodosol. Biogeography.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Flutuações do clima desde o Quaternário tardio no sul e sudeste do Brasil.....	16
1.2	A teoria dos refúgios.....	16
1.3	A conexão pretérita entre os biomas Amazônia e Mata Atlântica.....	18
1.4	A floresta dos tabuleiros.....	19
1.5	Vegetação de muçununga.....	19
1.6	Espodossolos.....	20
1.7	Abordagem interdisciplinar.....	21
1.7.1	Datação por luminescência optiamente estimulada (LOE).....	21
1.7.2	Datação ¹⁴ C.....	22
1.7.3	Análises de carbono e nitrogênio.....	23
1.7.4	Análises de bioindicadores.....	24
2	OBJETIVOS.....	25
3	HIPÓTESES.....	26
4	ÁREA DE ESTUDO.....	27
4.1	Fisiografia regional.....	27
4.2	Geologia.....	28
4.3	Clima.....	29
4.4	Solos.....	29
4.5	Vegetação.....	30
5	ESTUDO DA CHUVA POLÍNICA MODERNA.....	31
5.1	Material e métodos.....	31
5.1.1	Coleta e tratamento laboratorial.....	31
5.2	Resultados e discussão.....	36
5.2.1	Levantamento florístico.....	36
5.2.2	Precipitação polínica moderna.....	44
5.2.3	Grãos de pólen e esporos mais frequentes ($\geq 1\%$) em cada ponto e tipo de vegetação.....	51
5.2.4	Tipos de pólen e esporos exclusivos nos tipos de vegetação.....	58
5.2.5	Super-representação de alguns tipos polínicos.....	58
5.2.6	Táxons exóticos.....	59
5.2.7	Diferenciação palinológica dos tipos de vegetação.....	60
5.2.8	Comparação com amostra superficial de sedimento lacustre.....	63

6	ESTUDO DO PALEOAMBIENTE.....	66
6.1	Material e métodos	66
6.1.1	Pontos estudados e coletas realizadas	66
6.1.2	Datações	73
6.1.3	Análises de carbono e nitrogênio	76
6.1.4	Bioindicadores.....	77
6.2	Resultados e discussão	78
6.2.1	Espodossolos	78
6.2.2	Testemunho sedimentar da Lagoa Canto Grande	112
7	CONCLUSÕES	135
7.1	Precipitação polínica moderna	135
7.2	Origem e evolução dos Espodossolos	135
7.3	Dinâmica da vegetação durante o Quaternário tardio	136
7.4	Inferências paleoclimáticas para o Quaternário tardio	137
	REFERÊNCIAS	138

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004), dois grandes biomas florestais ocorrem no Brasil, a Amazônia e a Mata Atlântica. O bioma Mata Atlântica estende-se por toda a faixa continental litorânea leste do país, desde o nordeste até o sul; nas regiões sul e sudeste o bioma se expande para o oeste, alcançando fronteiras com o Paraguai e a Argentina, e sobre o Planalto meridional até o Rio Grande do Sul. Os principais tipos de vegetação florestal da Mata Atlântica são a Floresta Ombrófila Densa, a Floresta Ombrófila Aberta, a Floresta Ombrófila Mista, a Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Estacional Decidual.

A distribuição geográfica do bioma Mata Atlântica apresentada por IBGE (2004) é coincidente com a delimitação das florestas atlânticas *sensu lato* apresentada por Oliveira-Filho e Fontes (2000). Segundo esses autores, por ocuparem uma vasta área, as florestas atlânticas brasileiras localizam-se em regiões com distintas características geográficas e climáticas. Além de ocorrerem em um gradiente de latitude entre seus extremos norte e sul, ocorrem também a diferentes distâncias em relação ao mar e a diferentes altitudes, o que resulta em uma variedade de pressões climáticas relacionadas à precipitação e temperatura, e diferenças florísticas entre as regiões (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000).

Apesar da destruição à qual foi submetida, estudos recentes demonstram que a Mata Atlântica ainda abriga grande diversidade biológica. Além da alta biodiversidade, a Mata Atlântica apresenta também alto endemismo. Como exemplo, estima-se que entre as suas 2160 espécies de vertebrados, 526 sejam endêmicas, e das cerca de 20 mil espécies de plantas vasculares, por volta de 8 mil sejam restritas a esse bioma (CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL, 2000; MORELLATO; HADDAD, 2000).

No entanto, a alta biodiversidade da Mata Atlântica não é explicada somente como produto das condições ambientais atuais. As histórias de evolução e extinção locais (PRANCE, 1982; MACDONALD, 2003) e fatores estocásticos, como por exemplo, a oportunidade de colonização de um local por determinadas espécies (RICKLEFS, 2003), também podem ser explicativos de sua atual biodiversidade.

O estudo aqui apresentado procura contribuir para o melhor conhecimento dos atuais padrões de biodiversidade da Mata Atlântica da região nordeste do estado do Espírito Santo por meio de um enfoque paleoecológico. A abordagem interdisciplinar utilizada procurou combinar diferentes ferramentas e técnicas para desvendar os padrões e processos ecológicos relacionados à dinâmica da vegetação regional desde o Pleistoceno tardio. Entre as questões

abordadas estão as flutuações do paleoclima e suas influências nos solos e na dinâmica da vegetação, a teoria dos refúgios florestais e a hipótese de conexão pretérita entre a Amazônia e a Mata Atlântica.

1.1 Flutuações do clima desde o Quaternário tardio no sul e sudeste do Brasil

Os estudos de reconstrução paleoambiental no Brasil muito contribuíram para uma melhor compreensão das mudanças do paleoclima do sul e sudeste do Brasil ao longo do Quaternário tardio. Para o último máximo glacial (UMG – cerca de 20000 anos cal. AP) a maioria dos trabalhos tem inferido clima menos úmido e/ou mais frio, com base na expansão de campos tropicais, campos subtropicais e savanas (BEHLING, 1997a; 1997b; 2003, BEHLING; LICHTER, 1997; BEHLING et al., 2002; 2004; GOUVEIA et al., 2002, PESSEDA et al., 2004; SAIA et al., 2008; LEDRU et al., 2009). Alguns estudos, no entanto, não encontraram sinais de retração florestal durante o UMG, inferindo clima úmido mesmo para esse período (PESSEDA, et al., 2009).

A maior parte dos trabalhos baseados em palinologia e isótopos de carbono da matéria-orgânica dos solos têm inferido clima menos úmido na maioria das regiões do bioma Mata Atlântica durante o Holoceno inferior e médio (BEHLING, 1997b; 2003; BEHLING et al., 2004; GOUVEIA et al., 2002; GARCIA et al., 2004; PESSEDA et al., 2004; LEDRU et al., 2009). Grande parte desses trabalhos sugere mudança para clima mais úmido ao longo do Holoceno superior.

1.2 A teoria dos refúgios

A teoria dos refúgios florestais do Quaternário foi, inicialmente, proposta por Haffer (1969) para a Amazônia, e, posteriormente, defendida por outros autores, tais como Mori et al. (1981) e Prance (1982), também para a região da Mata Atlântica. De acordo com essa teoria, em alguns momentos do Quaternário, alterações climáticas em escala global causaram a fragmentação das florestas tropicais durante períodos mais secos. Os fragmentos florestais persistentes, em regiões de clima local favorável, constituíram-se refúgios para a biota tropical. O isolamento geográfico entre tais fragmentos permitiu a ocorrência da especiação alopátrica entre as populações isoladas (MACDONALD, 2003).

Prance (1982) apresentou um mapa com os possíveis refúgios florestais do continente sul-americano, os quais incluem áreas nos litorais do nordeste, do sul da Bahia e norte do Espírito Santo, e dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo (Figura 1).

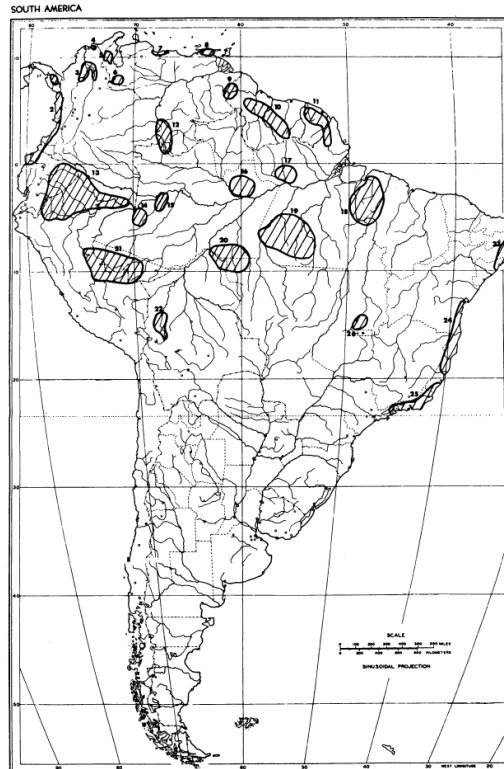


Figura 1 – Os refúgios florestais do Quaternário sugeridos por Prance (1982)

Atualmente, a teoria dos refúgios não é aceita com unanimidade pela comunidade científica, principalmente para a região Amazônica, seja pela ausência de evidência palinológica sobre a fragmentação da floresta tropical, seja por indícios que a especiação em animais das florestas tropicais possa ter ocorrido em períodos anteriores ao Quaternário (PENNINGTON et al., 2004). Cenários alternativos são propostos para os períodos menos úmidos do Quaternário, tais como a expansão das florestas semidecíduas, com o confinamento de táxons de floresta ombrófila nas matas ciliares (PENNINGTON; PRADO; PENDRY, 2000), e a manutenção das densas florestas tropicais, enriquecidas com táxons adaptados a temperaturas mais amenas (COLINVAUX, 1998).

Por outro lado, muitos dos trabalhos evidenciam retração da cobertura florestal durante o último máximo glacial e também durante os períodos menos úmidos do Holoceno inferior e médio para as regiões sul e sudeste da Mata Atlântica (SERVANT et al., 1989; LEDRU, 1993; BEHLING; LICHTER, 1997; BEHLING, 1998; LEDRU et al., 1998; STEVAUX, 2000; BEHLING et al., 2004; PESSENDA et al., 2004; SAIA et al., 2008; PESSENDA et al., 2009; LEDRU et al., 2009). Tais trabalhos foram, entretanto, realizados em pontos localizados fora dos refúgios florestais indicados por Prance (1982).

Em um estudo realizado em Linhares, região nordeste do estado do Espírito Santo, em área de floresta atlântica dos tabuleiros, Buso Junior et al. (2013b) verificaram a presença da vegetação florestal durante todo o Holoceno, inferindo clima predominantemente úmido para a região durante esse período. Ao contrário dos trabalhos citados anteriormente, esse estudo foi conduzido no interior de um dos refúgios florestais propostos por Prance (1982) (Figura 1), o que pode indicar que, pelo menos durante os períodos menos úmidos do Holoceno inferior e médio, a floresta dos tabuleiros na região nordeste do Espírito Santo funcionou como um refúgio florestal.

1.3 A conexão pretérita entre os biomas Amazônia e Mata Atlântica

A ocorrência de táxons vegetais com distribuição disjunta entre a Amazônia e encaves florestais na região semi-árida nordestina levou à formulação da hipótese de conexão pretérita entre a Amazônia e a Mata Atlântica (DE ANDRADE-LIMA, 1986; RIZZINI, 1967).

Outros autores também discutiram essa hipótese, como por exemplo, Mori e Prance (1981) com base na distribuição de *Lecythis pisonis*, e Delprete (1999) com base na distribuição dos gêneros relacionados *Kutchubaea* e *Riodocea*. Santos et al. (2007) verificaram maior semelhança entre a vegetação amazônica e os encaves florestais nordestinos, quando em comparação com a Mata Atlântica localizada ao sul do Rio São Francisco. Segundo os autores, tais relações sugerem a ocorrência de conexões florestais entre a Amazônia e a Mata Atlântica durante períodos do Terciário e do Quaternário.

Os momentos nos quais essa conexão estava ativa e os caminhos migratórios utilizados pelos táxons amazônicos e atlânticos são questões a serem esclarecidas. Coimbra-Filho e Câmara (1996) sugerem que essa conexão existia até recentemente, através da costa atlântica nordestina, sendo interrompida pela colonização européia. Segundo Oliveira-Filho e Ratter (1995) a migração pode ter ocorrido pela rede de florestas ciliares existentes no cerrado e no semi-árido brasileiro.

Algumas poucas evidências palinológicas têm contribuído com o tema em questão. De Oliveira et al. (1999) encontraram evidências da ocorrência de táxons amazônicos e atlânticos, há cerca de 10500 anos AP, em área atualmente ocupada pela caatinga no vale do Rio Icatu, Bahia. Buso Junior et al. (2013b) verificaram a ocorrência de táxons amazônicos desde cerca de 8000 anos cal. AP na floresta de tabuleiros do norte do estado do Espírito Santo.

1.4 A floresta dos tabuleiros

De acordo com Rizzini (1997) a floresta dos tabuleiros se estende desde Pernambuco até o Rio de Janeiro, com área central localizada ao sul da Bahia e norte do Espírito Santo. Ocorre sobre estreita faixa litorânea formada pelos depósitos terciários da Formação Barreiras. Em sua classificação da vegetação brasileira, Veloso et al. (1991) incluem as florestas de tabuleiro em dois tipos de vegetação: (i) Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e (ii) Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas.

Em relação à composição florística da mata de tabuleiro, Rizzini (1997) aborda a ocorrência de elementos (gêneros e espécies) típicos das florestas amazônicas, elementos endêmicos, e elementos comuns às outras florestas do sudeste brasileiro. A existência de táxons vegetais endêmicos nas florestas de tabuleiros levou vários autores a sugerir a região entre o sul da Bahia e o norte do Espírito Santo como um dos centros de endemismo das florestas tropicais costeiras do Brasil (MORI et al., 1981; PRANCE, 1982; RIZZINI, 1997; THOMAS et al., 1998).

1.5 Vegetação de muçununga

Intercaladas na floresta de tabuleiros, principalmente ao longo das costas norte do Espírito Santo e sul da Bahia, ocorrem formações vegetais distintas da matriz florestal dominante, as comunidades vegetais de muçununga, que apresentam fisionomias desde campestres até florestais (THOMAS, 2003; MEIRA NETO et al., 2005). As fisionomias campestres são, algumas vezes, denominadas de campos nativos, tal como em Peixoto e Gentry (1990).

Ocorrem sobre manchas de solo arenoso, com presença de camada impermeável a cerca de um a dois metros de profundidade, que provoca alagamento em períodos chuvosos (SIMONELLI, 1998; MEIRA NETO et al., 2005). Estudos realizados em muçunungas localizadas em Caravelas e Mucuri, na Bahia, e em Linhares, Espírito Santo, caracterizaram os substratos que sustentam esse tipo de vegetação como Espodossolos (SIMONELLI, 1998; SANTOS et al., 2004; MEIRA NETO et al., 2005; SECRETTI, 2013).

Saporetto-Junior et al. (2012) correlacionaram as propriedades físicas dos Espodossolos à composição florística de diferentes tipos de vegetação de muçununga. Os autores encontraram dois grupos funcionais de espécies. O primeiro grupo é relacionado às áreas de campos, e é composto por espécies tolerantes ao estresse hídrico. Esse estresse é causado tanto pelo alagamento na estação chuvosa, quanto pelo déficit de água na estação seca. As principais características dos solos das muçunungas herbáceas colonizadas por tais

espécies tolerantes é a maior proporção de areia grossa, que causa menor capacidade de retenção de água no solo, e localização menos profunda do horizonte B espódico cimentado, característica responsável pelo alagamento na estação das chuvas. O segundo grupo funcional relaciona-se às fisionomias de savana arborizada até florestal, composto por árvores, arbustos, bambus e ervas de grande porte, não tolerantes ao estresse hídrico. Muçunungas com tais fisionomias estão relacionadas a solos com maior concentração de areia fina e maior profundidade do horizonte cimentado, e apresentam maior riqueza de espécies.

IBGE (1987) apresenta um modelo sobre a origem e o desenvolvimento da vegetação de muçununga (Figura 2). De acordo com esse modelo o ambiente de formação dos solos remonta ao Quaternário recente, quando cursos d'água barrados pela acumulação fluviomarinha causaram o alagamento de depressões rasas, ocasionando a formação de lagoas e áreas pantanosas. Com o assoreamento, ocorreu a formação de uma camada laterítica impermeável. A posterior abertura de novos canais de drenagem possibilitou a colonização dessas áreas com vegetação arbustiva e arbórea. Sequencialmente instalou-se vegetação campestre intercalada por nanofanerófitos, culminando nas áreas mais bem drenadas, no desenvolvimento da Savana Parque.

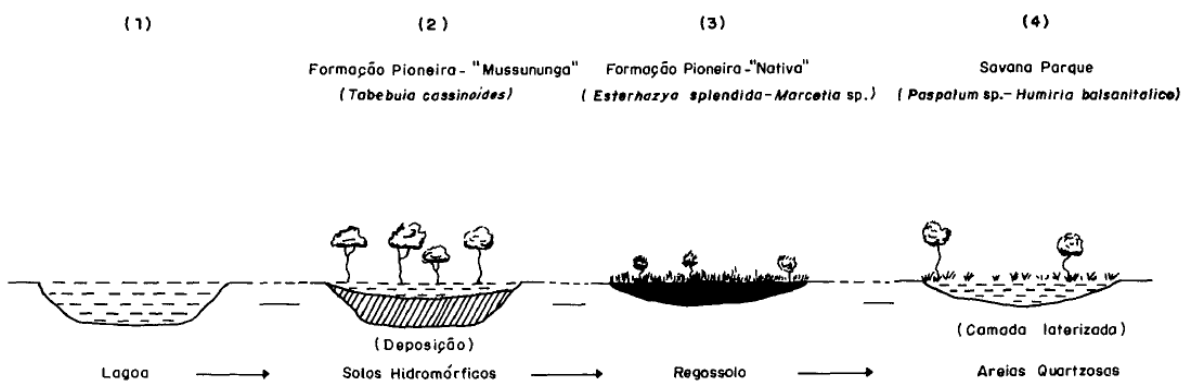


Figura 2 – Modelo explicativo para a origem e evolução da vegetação de muçununga, culminando na Savana Parque (IBGE, 1987)

1.6 Espodossolos

No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) Espodossolo é uma classe representada por solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte B espódico. Esse é um horizonte subsuperficial com acumulação iluvial de matéria-orgânica associada a complexos de sílica-alumínio ou húmus-alumínio, podendo ou não conter ferro.

O horizonte B espódico ocorre subjacente ao horizonte eluvial E, ou ao horizonte A, ou a um horizonte orgânico superficial. Usualmente os Espodossolos apresentam a sequência de horizontes A, E, B espódico, C, com nítida diferenciação entre os mesmos (Figura 3).

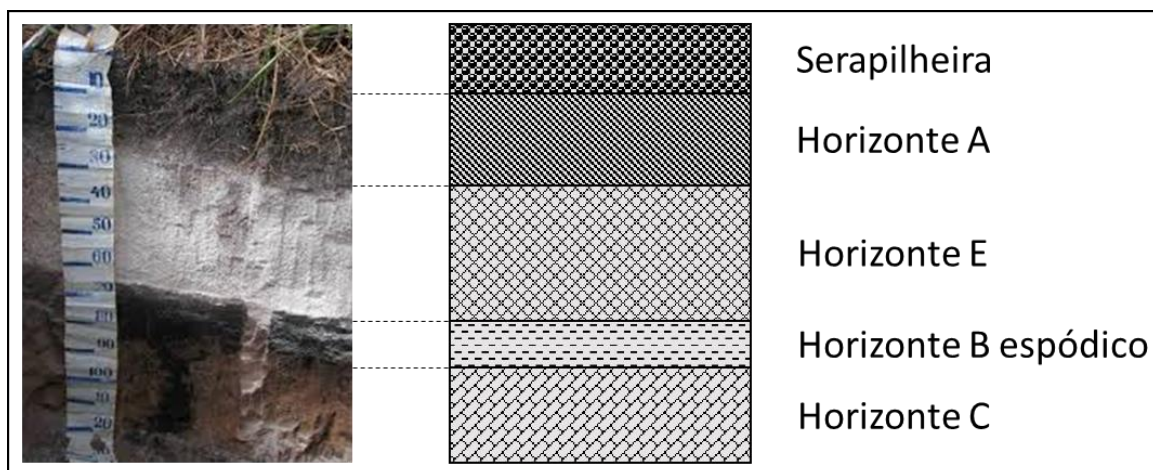


Figura 3 – Ilustração de um perfil de Espodossolo

O processo de podzolização, ou de formação do Espodossolo, pode ser simplificado como a eluviação de matéria-orgânica humificada e alumínio das camadas superiores do solo e sua iluviação no horizonte B (EMBRAPA, 2013). Assim, em um Espodossolo a dinâmica da matéria-orgânica faz com que o húmus, originado principalmente da vegetação de cobertura, seja removido dos horizontes superiores (A e E) e acumulado no horizonte B espódico.

1.7 Abordagem interdisciplinar

A interpretação paleoambiental é favorecida quando diferentes ferramentas são utilizadas em conjunto, pois os resultados obtidos se complementam. Dessa forma, o presente trabalho baseia-se em uma abordagem interdisciplinar, com o emprego das seguintes ferramentas:

1.7.1 Datação por luminescência opticamente estimulada (LOE)

A datação LOE pode ser aplicada a materiais que contenham quartzo ou feldspato, tais como cerâmicas, rochas e sedimentos. Os cristais de quartzo e feldspato armazenam em sua estrutura a energia da radiação existente no meio em que se encontram, e podem liberá-la sob a forma de luz quando estimulados pela exposição à luz ou ao calor. Quando esses cristais são estimulados em laboratório, pode-se medir a intensidade da luz liberada e correlacioná-la

diretamente à dose de radiação recebida do meio ambiente (paleodose). Quanto mais intensa a luz liberada, maior a paleodose e maior o tempo de acumulação de energia na estrutura dos cristais. Dessa forma, caso a taxa de dose de radiação (dose anual) recebida pelos cristais seja conhecida, é possível calcular o tempo decorrido desde o último momento em que esses cristais foram expostos à luz ou ao calor. Essa é a idade da amostra datada pela técnica LOE (ROCCA, 2012).

1.7.2 Datação ^{14}C

O isótopo radioativo ^{14}C (meia-vida aproximada de 5730 anos) é formado naturalmente na alta atmosfera. Uma vez formado na atmosfera o ^{14}C é convertido em CO_2 e entra no ciclo global do carbono, juntamente com os isótopos estáveis ^{12}C e ^{13}C . Nesse ciclo o carbono é incorporado aos organismos vivos pela fotossíntese e pela cadeia alimentar. Enquanto a planta ou o animal vivem, continuamente incorporam os diferentes isótopos de carbono aos seus tecidos, mantendo constante a sua relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$. No entanto, com a morte do organismo cessa a incorporação de carbono. A partir desse momento somente a desintegração radioativa ocorrerá, o que resulta, ao longo do tempo, na redução do conteúdo de ^{14}C na matéria-orgânica restante (BROECKER, 2003).

O método de datação por ^{14}C fundamenta-se na mensuração da quantidade do isótopo radioativo restante em materiais de origem orgânica. A partir dessa mensuração é possível calcular o tempo decorrido desde a morte do organismo (TEIXEIRA et al., 2009). Por apresentar meia-vida relativamente curta, o ^{14}C permite a datação de amostras de até cerca de 57 mil anos.

A medição da quantidade de ^{14}C em uma amostra pode ser realizada pela mensuração da radioatividade emitida pelos átomos restantes, como, por exemplo, na cintilação líquida. Nessa técnica, quanto menor a radioatividade detectada, menor a quantidade de ^{14}C . Mais recentemente, a datação ^{14}C passou também a ser realizada pela técnica de *accelerator mass spectrometry* (AMS). Essa técnica se baseia na contagem dos átomos de ^{14}C presentes na amostra. Em comparação com a técnica de cintilação líquida a técnica de AMS permite a datação de amostras um pouco mais antigas, menores e com menor margem de erro (BROECKER, 2003).

Em meados do século XX os cientistas verificaram que nem sempre as idades obtidas pela datação ^{14}C correspondiam as idades reais conhecidas de algumas amostras. Esses desvios foram atribuídos a alterações na relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ do CO_2 da atmosfera do passado, causadas por perturbações no fluxo de raios cósmicos para a atmosfera terrestre. Com essa

descoberta foram iniciados os trabalhos de calibração da idade ^{14}C com os anos de calendário. Uma das fontes de comparação das idades ^{14}C com os anos de calendário são os anéis de crescimento de árvores, estudados pela dendrocronologia. As idades não calibradas ^{14}C são expressas pela unidade anos antes do presente (anos AP), enquanto que as respectivas idades calibradas são expressas pela unidade anos calendário antes do presente (anos cal. AP).

A partir dos anos de 1950 e 1960 os testes nucleares realizados pelos Estados Unidos e pela União Soviética causaram o aumento da concentração de ^{14}C na atmosfera. Em janeiro de 1963 a concentração de ^{14}C atmosférico havia dobrado em relação ao período anterior aos testes nucleares (BROECKER, 2003). Como consequência da alteração na relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ causada pelo ^{14}C de origem antrópica, as idades obtidas pela datação ^{14}C consideram o ano de 1950 como o presente.

A datação ^{14}C tornou-se uma poderosa ferramenta em estudos arqueológicos e em investigações sobre paleoclimas recentes, pois permitiu pela primeira vez a datação de materiais orgânicos (TEIXEIRA et al., 2009).

1.7.3 Análises de carbono e nitrogênio

O uso das composições elementar e isotópica do carbono e do nitrogênio no estudo da dinâmica da vegetação se baseia na determinação da origem da matéria-orgânica preservada nos sedimentos e no perfil dos solos, a qual pode ser originária de diversas fontes, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Características elementares e isotópicas das diferentes fontes de matéria-orgânica

Fonte da matéria-orgânica	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
Plantas vasculares C3	≥ 20	entre -33‰ e -22‰	$\approx +1\text{‰}$
Plantas vasculares C4	≥ 20	entre -17‰ e -9‰	$\approx +1\text{‰}$
Fitoplâncton de água-doce	entre 4 e 10	entre -33‰ e -22‰	$\approx +8\text{‰}$
Fitoplâncton marinho	entre 4 e 10	$\approx -21\text{‰}$	$\approx +8\text{‰}$

Fonte: Rau et al. (1989); Boutton (1991); Meyers (2003); Wilson et al. (2005)

O emprego das análises isotópicas e elementares de carbono e nitrogênio em estudos paleoambientais tem permitido a reconstrução da dinâmica da vegetação, sobretudo da dinâmica floresta-campo, com as respectivas inferências paleoclimáticas (BOUTTON, 1991; PESSENDA et al., 2004; 2009; BUSO JUNIOR et al., 2013b).

1.7.4 Análises de bioindicadores

O estudo de restos de animais e plantas preservados em solos e sedimentos, juntamente com as técnicas descritas anteriormente, permite a compreensão das interações das comunidades biológicas com o ambiente físico, objeto de estudo da paleoecologia e fonte de importantes informações para a reconstrução paleoambiental. Os bioindicadores analisados nesse trabalho são grãos de pólen e esporos, e espículas de esponjas continentais.

O registro palinológico (pólen e esporos preservados em sedimentos) pode fornecer a história da dinâmica da vegetação de um determinado local e, dessa forma, permitir a inferência das mudanças climáticas da região durante o período analisado (VON POST, 1946; COLINVAUX et al., 1999). A informação obtida com base no registro palinológico fóssil é tanto mais aprofundada quanto maior for o conhecimento sobre a ecologia e a distribuição geográfica das espécies presentes nesse registro. Dessa forma, o estudo da precipitação polínica moderna permite a caracterização do conjunto de grãos de pólen e esporos produzidos e depositados por ecossistemas terrestres atuais, tornando mais aprofundada interpretação do registro fóssil (SALGADO-LABOURIAU, 2007).

Espículas silicosas de esponjas continentais também podem ser preservadas em sedimentos, e seu estudo pode permitir o conhecimento da evolução das condições ambientais, principalmente em relação aos ambientes aquáticos, na área estudada ao longo do tempo (VOLKMER-RIBEIRO et al., 2006; VOLKMER-RIBEIRO; MACHADO, 2007).

2 OBJETIVOS

Com base no exposto os objetivos desse trabalho, restritos à região nordeste do estado do Espírito Santo, são:

- a) Estudar a chuva polínica moderna da vegetação de floresta de tabuleiros e de muçununga para auxílio aos trabalhos de reconstrução paleoambiental;
- b) Estudar a dinâmica da vegetação durante o Quaternário tardio;
- c) Verificar desde quando os táxons com distribuição disjunta entre os biomas Amazônia e Mata Atlântica ocorrem no registro sedimentar da região de Linhares;
- d) Estudar a evolução temporal das áreas de vegetação de muçununga;
- e) Inferir as flutuações climáticas durante o Quaternário tardio.

3 HIPÓTESES

- a) É possível distinguir o sinal polínico de três diferentes tipos de vegetação ocorrentes na área da Reserva Natural Vale (muçununga herbácea, transição e floresta);
- b) A região nordeste do estado do Espírito Santo apresentou-se como um refúgio florestal durante os períodos menos úmidos do Quaternário tardio;
- c) Os táxons amazônicos atualmente presentes na floresta de tabuleiros do nordeste do estado do Espírito Santo colonizaram a região desde o Pleistoceno tardio;
- d) As atuais áreas de vegetação de muçununga localizadas em meio às florestas, na região nordeste do estado do Espírito Santo, evoluíram conforme o modelo apresentado por IBGE (1987) (Figura 2).

4 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudos compreende um grande fragmento de vegetação natural preservado na região nordeste do estado do Espírito Santo, formado pela Reserva Biológica de Sooretama e pela Reserva Natural Vale, além da região do entorno, conforme mostrado na Figura 4.

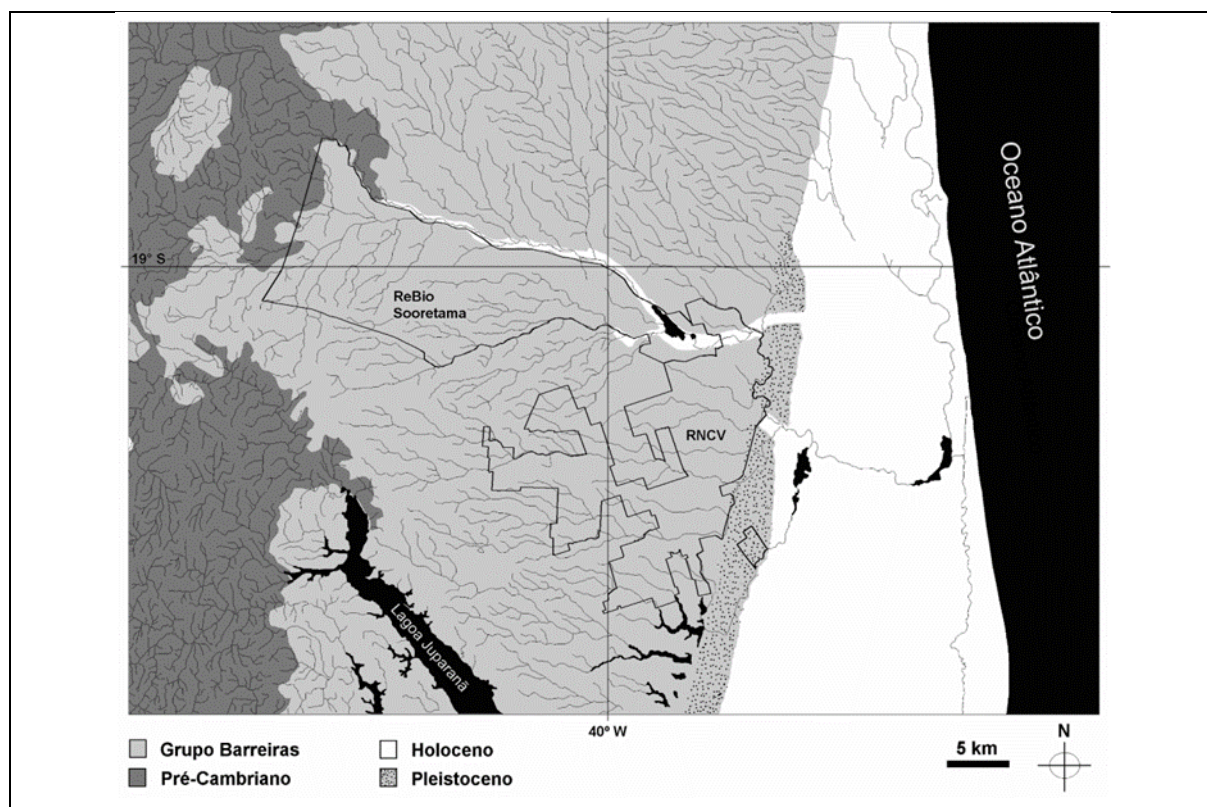


Figura 4 – Mapa de localização da Reserva Biológica de Sooretama e da Reserva Natural Vale. De acordo com IBGE (1979a; 1979b; 1987)

4.1 Fisiografia regional

Conforme Suguio e Martin (1981), na costa norte do estado do Espírito Santo podem ser identificadas três províncias geomorfológicas (Figura 4). Na porção localizada mais a oeste, ergue-se uma cadeia montanhosa de origem pré-cambriana, que apresenta um padrão dendrítico de drenagem. Ao leste da cadeia montanhosa ocorrem os depósitos terciários do Grupo Barreiras, os quais formam uma planície suavemente inclinada em direção ao mar, recortada por uma rede de drenagem angular subparalela. A planície costeira, de origem quaternária, possui um padrão de drenagem difuso e é formada por sedimentos arenosos marinhos e sedimentos argilo-arenosos fluviais, em alguns locais recobertos por uma camada turfosa pouco profunda.

4.2 Geologia

Conforme o mapeamento geológico realizado por IBGE (1987), a geologia da área de estudo é composta por rochas metamórficas e ígneas do pré-Cambriano, sedimentos terciários do Grupo Barreiras e depósitos pleistocênicos e holocênicos (Figura 4).

O Grupo Barreiras constitui os tabuleiros costeiros do norte do Espírito Santo. Sua origem é atribuída ao Terciário superior, pela sedimentação em ambiente continental de material clástico originário de rochas metamórficas e ígneas pré-cambrianas localizadas a oeste (IBGE, 1987).

Os depósitos pleistocênicos são constituídos por terraços arenosos afastados vários quilômetros da atual linha de costa e se relacionam ao final da penúltima transgressão marinha (IBGE, 1987).

Os depósitos holocênicos são representados por terraços arenosos de origem marinha, os quais ocupam grande parte da planície costeira quaternária. São áreas com altitudes menores que os terraços pleistocênicos, normalmente entre alguns centímetros e pouco mais de quatro metros acima do atual nível do mar. Apresentam evidentes cristas de cordões litorâneos, finas, próximas e paralelas entre si. Ocorre também sedimentação de pântanos e manguezais holocênicos, representados por ambientes de planície deltaica, tais como pântanos, lagoas, canais fluviais e áreas de inundação. A litologia é representada por areias quartzosas, areias silticas e siltes argilosos com matéria-orgânica e depósitos rasos de turfa (IBGE, 1987; PETRÓLEO BRASILEIRO, 1972).

Também estão presentes depósitos holocênicos continentais. O Holoceno fluviolagunar distribui-se nas calhas dos cursos d'água. Inclui não somente sedimentos de origem fluvial, mas também originários de antigas lagunas e manguezais que se desenvolveram desde o início da última transgressão marinha. Litologia constituída principalmente por areias e siltes argilosos ricos em matéria-orgânica (IBGE, 1987).

Os depósitos holocênicos continentais e marinhos da costa norte do Espírito Santo foram denominados em Petróleo Brasileiro (1972) por Formação Linhares.

4.3 Clima

Com base em dados da estação meteorológica existente na RNCV para o período de 1975 a 2002, a época do ano de menor precipitação ocorre entre os meses de maio a agosto, conforme mostrado na Tabela 2 e na Figura 5. O clima local pode ser classificado como Aw de Köppen, com médias anuais de precipitação de 1215 mm no período. De acordo com os critérios de Nimer (1979) o clima local é classificado como tropical quente e úmido, com dois meses de estação seca.

Tabela 2 – Precipitação e temperatura (médias mensais) para o período de 1975 a 2002

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
P (mm)	163	82	135	84	54	35	48	41	70	114	214	173	1215
T (°C)	25,7	25,9	25,4	24,0	22,3	20,7	20,2	20,5	21,7	23,3	24,3	25,4	23,3

Dados obtidos pela estação meteorológica da Reserva Natural Vale.

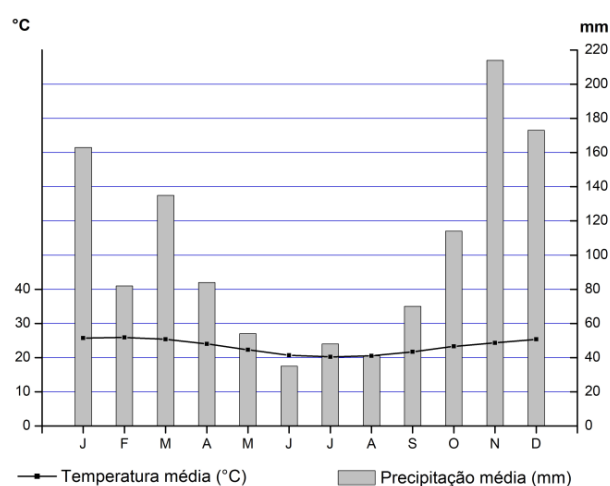


Figura 5 – Diagrama climático mensal para o período de 1975 a 2002, com base em dados coletados pela estação meteorológica da Reserva Natural Vale

4.4 Solos

Santos et al. (2004) realizaram um levantamento dos solos da Reserva Biológica de Sooretama e da Reserva Natural Vale. Esse levantamento mostrou que as principais classes de solo são o Argissolo amarelo, associado à floresta tropical, em relevo plano ou suave ondulado, e o Espodossolo, associado a restingas, campos higrofilos e floresta tropical. Ocorrem também Gleissolos indiscriminados e Organossolos nas áreas de várzea, além de pequenas manchas de Latossolo vermelho a oeste, associado a floresta tropical, e de Neossolos quartzarênicos a leste, associados a restingas.

Secretti (2013) realizou a caracterização e a classificação de solos sob vegetação de muçununga na área da Reserva Natural Vale. Quase todos os perfis estudados foram classificados como Espodossolos Ferrihumilúvicos, com exceção de um perfil classificado como Espodossolo Humilúvico.

4.5 Vegetação

De um modo geral, a cobertura vegetal natural da área de estudo é representada por: (i) Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, (ii) Formações Pioneiras, e (iii) vegetação de muçununga (IBGE, 1987).

A principal formação florestal da área de estudo é a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, denominada floresta dos tabuleiros na região norte do estado do Espírito Santo (IBGE, 1987). Na área da Reserva Natural Vale o estrato superior é formado por árvores de até 35 metros de altura e a submata é aberta (PEIXOTO; ROSA; JOELS, 1995; THOMAS, 2003). A composição florística encontrada é similar às de outras florestas neotropicais úmidas de baixada, como a riqueza de espécies da família Fabaceae e a presença de Annonaceae, Sapotaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae e Bignoniaceae entre as 10 famílias com maior número de espécies. Myrtaceae também apresenta grande número de espécies, característica compartilhada com outras florestas da costa atlântica brasileira (PEIXOTO; GENTRY, 1990).

As Formações Pioneiras da área de estudos são aquelas com influência marinha, influência fluviomarinha e influência fluvial. Apresentam fisionomias variáveis, de herbácea a arbórea (IBGE, 1987).

A vegetação de muçununga ocorre em meio à mata de tabuleiro, apresentando fisionomias diversas, desde campestres até florestais. Essa vegetação foi tratada com detalhes no item 1.5 desse trabalho.

5 ESTUDO DA CHUVA POLÍNICA MODERNA

Como apresentado no item 1.7.4 o estudo da precipitação polínica moderna é importante para a caracterização dos ecossistemas atuais e melhor interpretação do sinal polínico fóssil. Com base nisso, essa parte do trabalho apresenta o estudo da chuva polínica moderna na região de Linhares, que objetivou a caracterização do sinal polínico moderno da mata de tabuleiros e da vegetação de muçununga.

5.1 Material e métodos

5.1.1 Coleta e tratamento laboratorial

A amostragem da precipitação polínica moderna foi realizada por meio de coletores artificiais montados de acordo com Bush (1992). Cada coletor consiste em um funil de plástico, contendo em seu interior um filtro de fibra de vidro e malha de viscose/rayon, montado em uma garrafa plástica perfurada em sua parte superior. Os coletores são presos a uma estaca de madeira, a cerca de 1,2 m de altura em relação ao solo (Figura 8). Quando instalados, a distância entre cada coletor é de cerca de 30 metros.

O método utilizado para extração dos grãos de pólen e esporos presentes nos coletores é similar ao “método de lavagem” apresentado em Gosling et al. (2003), com uso de KOH, tabletes de *Lycopodium*, HF, e acetólise. O resíduo final foi montado em lâminas de microscopia de luz, com uso de glicerina líquida como meio de montagem.

Em cada amostra (um coletor durante um intervalo de coleta), foram contados pelo menos 150 grãos de pólen (GOSLING et al., 2009). Grãos de pólen e esporos contados em cada ponto de coleta foram agrupados em ervas terrestres, ervas aquáticas, árvores e arbustos (inclui lianas lenhosas), esporos terrestres, e pólen indeterminado (inclui grãos danificados). A base para o cálculo das porcentagens é a soma polínica, a qual inclui grãos de pólen de táxons aquáticos, arbóreos/arbustivos, herbáceos e indeterminados. Esporos não estão incluídos na soma polínica. A taxa de acumulação polínica (PAR – grãos . cm⁻². ano⁻¹) para cada amostra é baseada na área do funil utilizado e no intervalo de tempo de coleta. A PAR de cada ponto de coleta é a média das PARs das amostras desse ponto.

A contagem e identificação dos palinomorfos das amostras de precipitação polínica moderna foi realizada em microscópio de luz Zeiss, modelo Axioskop 40. A identificação foi feita com base em coleções de referência do Laboratório ¹⁴C do CENA/USP.

Três pontos foram selecionados para o estudo da precipitação polínica moderna (Tabela 3 e Figuras 6 a 9).

Tabela 3 – Pontos de coleta para os estudos de chuva polínica

Nome e código do ponto	Vegetação	Distribuição dos coletores	Coordenadas e altitude
Nativo da Gávea (G)	Campo nativo e muçununga arbórea em transição para floresta.	2 linhas, 5 coletores cada.	19°12'29''S 39°57'46''W 24 m.a.s.l.
Bomba d'Água (B)	Floresta de tabuleiro	4 linhas, 4 coletores cada.	19°06'31.5''S 39°53'28.6''W 31 m.a.s.l.
Joeirana Vermelha (JV)	Floresta de tabuleiro	2 linhas, 8 coletores cada.	19°04'15.2''S 39°53'56.2''W 35 m.a.s.l.

Um levantamento florístico simplificado foi realizado com o apoio do Sr. Geovane Siqueira, curador do Herbário da Reserva Natural Vale, em cada ponto durante a instalação dos coletores, no início do primeiro intervalo de coleta. Esse levantamento consistiu em identificar todos os indivíduos arbóreos, lianas lenhosas e arbustos, e as ervas mais abundantes, no entorno de cada coletor.

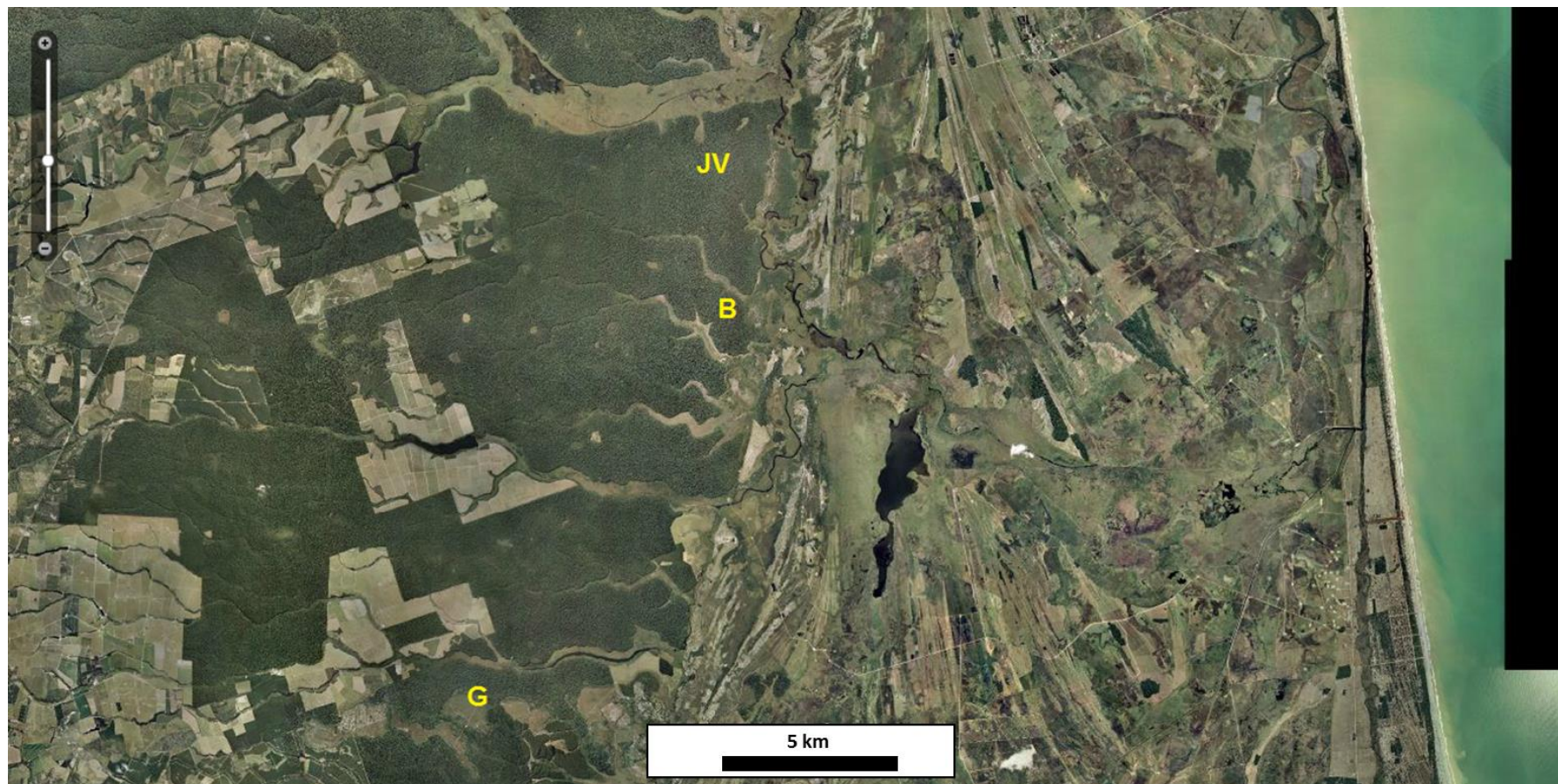


Figura 6 – Pontos selecionados para a amostragem de chuva polínica. JV e B: pontos em floresta; G: ponto em campo e savana arborizada

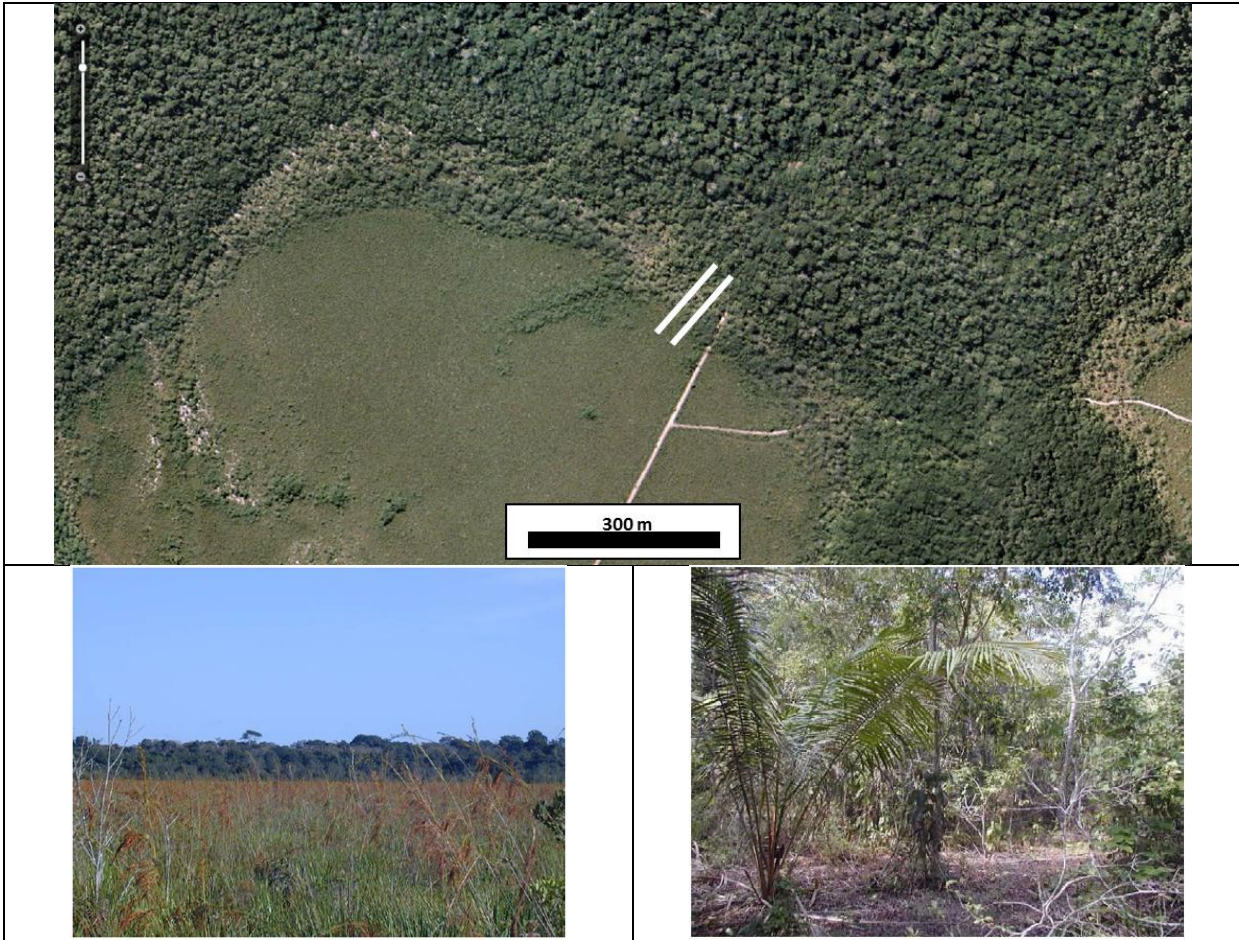


Figura 7 – Ponto G. Painel superior: distribuição aproximada dos coletores (2 linhas, 5 coletores cada). Painéis inferiores: campo, com domínio de Cyperaceae e Poaceae (esquerda); área arborizada (direita).

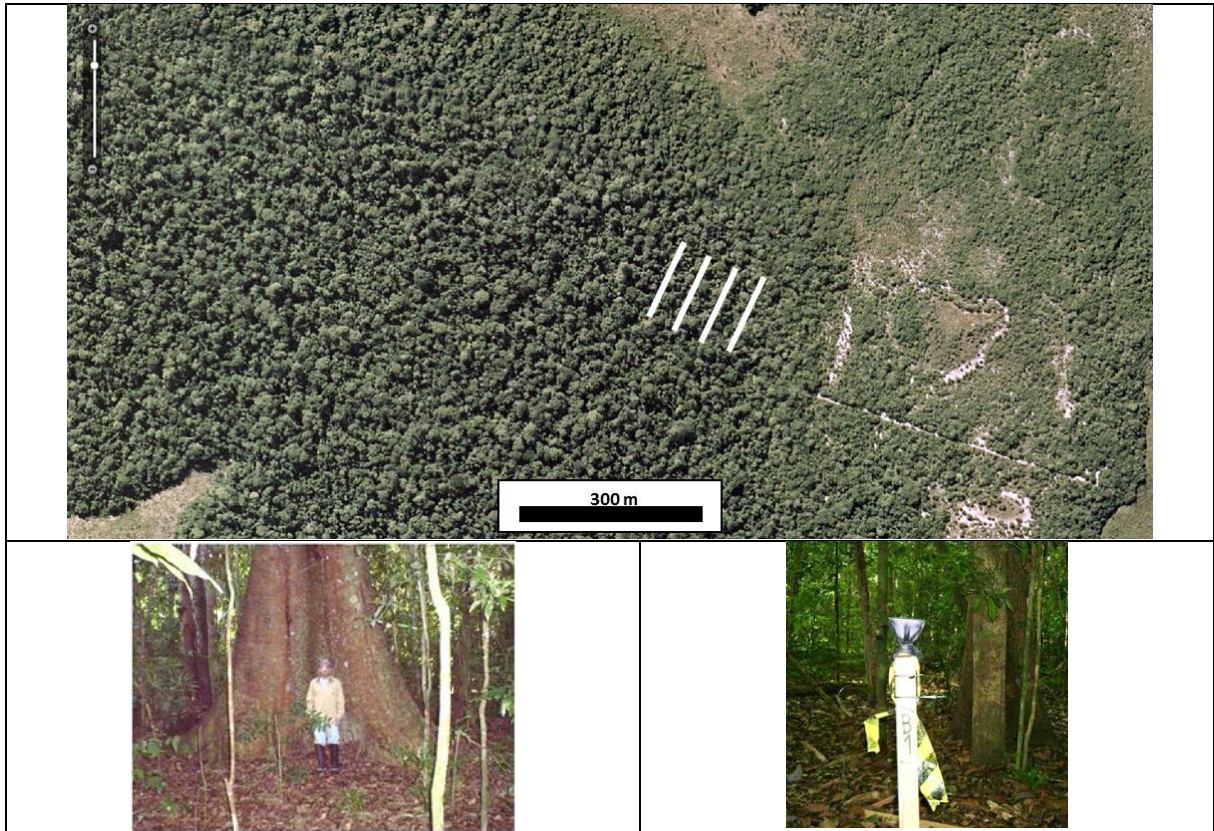


Figura 8 – Ponto B. Painel superior: distribuição aproximada dos coletores (4 linhas, 4 coletores cada); Painéis inferiores: ilustração da submata aberta do ambiente florestal, com a presença de um grande indivíduo de *Ficus gomelleira* (esquerda); Ilustração de um coletor instalado no ponto B (direita)

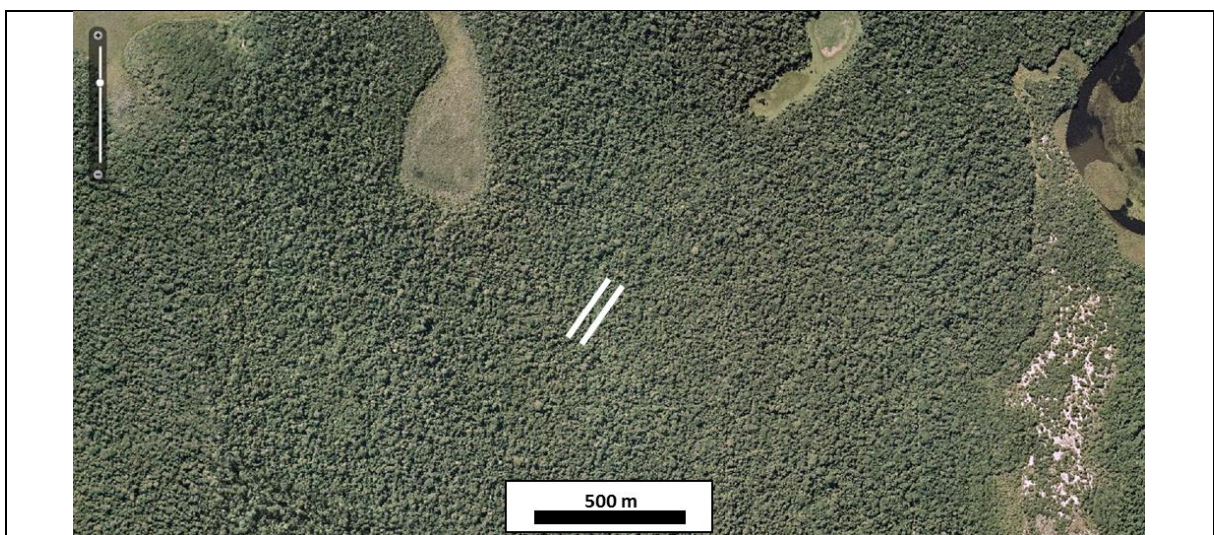


Figura 9 – Ponto JV. Distribuição aproximada dos coletores (2 linhas, 8 coletores cada).

A Tabela 4 apresenta os intervalos de coleta da chuva polínica em cada ponto. Entretanto, no presente estudo foram analisados somente os intervalos de coleta de novembro/2009 a julho/2011 para os pontos G e B (total de 20 meses), e de julho/2010 a julho/2011 para o ponto JV (total de 12 meses).

Tabela 4 - Intervalos de tempo de coleta da chuva polínica em cada ponto

Ponto	Fev/09-Nov/09	Nov/09-Jul/11	Jul/10-Jul/11	Jul/11-Jul/12	Jul/12-Set/13
# meses:	10	20	12	12	14
G					
B					
JV					

Áreas em cinza claro indicam a disponibilidade de amostras para cada ponto. Áreas em cinza escuro indicam os intervalos de coleta analisados nesse estudo.

5.2 Resultados e discussão

5.2.1 Levantamento florístico

O ponto G representa uma transição abrupta entre uma vegetação de muçununga com fisionomia campestre para uma vegetação de muçununga mais arborizada, sendo esta última transicional entre o campo e a mata de tabuleiro. De acordo com Santos et al. (2004) e Secretti (2013), o Nativo da Gávea está localizado sobre uma mancha de Espodosolo. Na área da vegetação de muçununga campestre a transição entre os horizontes E e B espódico localiza-se a cerca de 80 cm de profundidade (SECRETI, 2013). Na área da muçununga arborizada essa transição não foi encontrada até a profundidade de 130 cm (BUSO JUNIOR, 2010).

No ponto G os coletores G1 e G6 foram instalados dentro da vegetação de campo, a uma distância de cerca de 30 metros da transição da área arborizada. Os demais coletores foram instalados dentro da área arborizada. Nesse estudo não pretendeu-se avaliar a distribuição da chuva polínica dentro de cada ponto, no entanto, os coletores G1 e G6 são considerados separadamente devido às diferenças na estrutura e composição de espécies da vegetação. Os resultados do levantamento florístico realizado no ponto G são apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Nove espécies de ervas e arbustos, de oito famílias botânicas, foram encontradas no entorno dos coletores G1 e G6 (Tabela 5). As espécies mais abundantes são as ervas *Lagenocarpus rigidus* (Cyperaceae) e *Renvoizea trinii* (Poaceae). Essas espécies dominam a vegetação campestre.

Tabela 5 – Táxons botânicos no entorno dos coletores G1 e G6

Família	Espécie
Cyperaceae	<i>Lagenocarpus rigidus</i>
Dilleniaceae	<i>Doliocarpus lancifolius</i>
Ericaceae	<i>Gaylussacia brasiliensis</i>
Fabaceae	<i>Acosmium bijugum</i>
Humiriaceae	<i>Humiria balsamifera</i> <i>Vantanea bahiensis</i>
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.
Poaceae	<i>Renvoizea trinii</i>
Rubiaceae	<i>Pagamea guianensis</i>

Cinquenta e oito espécies, em 31 famílias botânicas, foram encontradas na área arborizada do ponto G (Tabela 6). As famílias com maior número de espécies são Myrtaceae (6 spp.), Poaceae (6 spp.), Fabaceae (5 spp.), Arecaceae (3 spp.), Bignoniaceae (3 spp.), Cyperaceae (3 spp.), Lauraceae (3 spp.), Sapindaceae (3 spp.), Burseraceae (2 spp.), Humiriaceae (2 spp.) e Rubiaceae (2 spp.).

Tabela 6 – Espécies de plantas no entorno dos coletores instalados na área arborizada ponto G

Família	Espécie
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>
Apocynaceae	<i>Himatanthus phagedaenica</i>
Araliaceae	<i>Schefflera selloi</i>
Arecaceae	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> <i>Attalea humilis</i> <i>Desmoncus orthacanthos</i>
Asteraceae	<i>Mikania diversifolia</i>
Bignoniaceae	<i>Lundia cordata</i> <i>Lundia virginalis</i> <i>Mansoa difficilis</i>
Boraginaceae	<i>Cordia magnoliaefolia</i>
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> <i>Protium icicariba</i>
Clusiaceae	<i>Vismia ferruginea</i>
Cyperaceae	<i>Cyperaceae</i> sp. <i>Rhynchospora exaltata</i> <i>Scleria olyroides</i>
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium arachnoideum</i>
Dilleniaceae	<i>Doliocarpus lancifolius</i>
Euphorbiaceae	<i>Joannesia princeps</i>
Fabaceae	<i>Acosmium bijugum</i> <i>Machaerium</i> sp. <i>Swartzia apetala</i> <i>Zollernia latifolia</i> <i>Inga</i> sp.
Humiriaceae	<i>Humiriastrum spiritu-sancti</i> <i>Vantanea bahiensis</i>
Lauraceae	<i>Licaria bahiana</i> <i>Ocotea notata</i> <i>Ocotea</i> sp.

continua

Tabela 6 – Espécies de plantas no entorno dos coletores instalados na área arborizada ponto G

Família	Espécie
Lecythidaceae	<i>Eschweilera ovata</i>
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i>
Malvaceae	<i>Pavonia multiflora</i>
Melastomataceae	<i>Miconia cf. cinnamomifolia</i>
Myrtaceae	<i>Calyptranthes brasiliensis</i>
	<i>Eugenia rotundifolia</i>
	<i>Eugenia sp.</i>
	<i>Eugenia squamiflora</i>
	<i>Eugenia vernicosa</i>
	<i>Myrcia splendens</i>
Ochnaceae	<i>Ouratea aff. Multiflora</i>
Peraceae	<i>Pera glabrata</i>
Poaceae	<i>Andropogon sp.</i>
	<i>Merostachys sparsiflora</i>
	<i>Olyra latifolia</i>
	<i>Parodiolyra micranta</i>
	<i>Poaceae sp.</i>
	<i>Renvoizea trinii</i>
Rubiaceae	<i>Amaioua intermedia</i>
	<i>Palicourea blanchetiana</i>
Salicaceae	<i>Casearia arborea</i>
Sapindaceae	<i>Cupania emarginata</i>
	<i>Cupania oblongifolia</i>
	<i>Cupania zanthoxyloides</i>
Schizaeaceae	<i>Lygodium volubile</i>
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>
Verbenaceae	<i>Lantana glutinosa</i>
Vittaceae	<i>Vitex cf. montevidensis</i>

Os pontos B e JV são representativos da mata de tabuleiros. Ambos os pontos apresentam submata aberta, copa alta e árvores emergentes (ver Figura 8).

O ponto B apresentou 108 espécies, em 37 famílias (Tabela 7). As famílias com maior número de espécies são Myrtaceae (18 spp.), Fabaceae (12 spp.), Malvaceae (9 spp.), Sapotaceae (8 spp.), Moraceae (5 spp.), Arecaceae (4 spp.), Lecythidaceae (4 spp.), Sapindaceae (4 spp.), Anacardiaceae (3 spp.), Chrysobalanaceae (3 spp.), Meliaceae (3 spp.), Apocynaceae (2 spp.), Burseraceae (2 spp.), Elaeocarpaceae (2 spp.), Euphorbiaceae (2 spp.), Nyctaginaceae (2 spp.), Rubiaceae (2 spp.), Salicaceae (2 spp.), Urticaceae (2 spp.) e Violaceae (2 spp.).

Tabela 7 – Táxons botânicos no entorno dos coletores instalados no ponto B (floresta)

Família	Espécie
Achariaceae	<i>Carpotroche brasiliensis</i>
Anacardiaceae	<i>Astronium concinnum</i>
	<i>Astronium graveolens</i>
	<i>Spondias cf. macrocarpa</i>
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>
	<i>Geissospermum laeve</i>
Araceae	<i>Philodendron pedatum</i>
Arecaceae	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i>
	<i>Attalea humilis</i>
	<i>Polyandrococos caudescens</i>
	<i>Syagrus botryophara</i>
Asteraceae	<i>Piptocarpha venulosa</i>
Bignoniaceae	<i>Adenocalymma cymbalum</i>
Bixaceae	<i>Bixa arbórea</i>
Burseraceae	<i>Crepidospermum atlanticum</i>
	<i>Protium aff. warmingianum</i>
Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i>
Cardiopteridaceae	<i>Citronella paniculata</i>
Caricaceae	<i>Jacaratia spinosa</i>
Chrysobalanaceae	<i>Couepia schotti</i>
	<i>Exellodendron gracile</i>
	<i>Licania kunthiana</i>
Combretaceae	<i>Terminalia kuhlmannii</i>
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea aff. granulosa</i>
	<i>Sloanea eichleri</i>
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum columbinum</i>
Euphorbiaceae	<i>Joannesia princeps</i>
	<i>Senefeldera multiflora</i>
Fabaceae	<i>Albizia polycephala</i>
	<i>Apuleia leiocarpa</i>
	<i>Dialium guianense</i>
	<i>Hymenaea rubriflora</i>
	<i>Inga aff. cylindrica</i>
	<i>Inga edulis</i>
	<i>Inga hispida</i>
	<i>Lonchocarpus cultratus</i>
	<i>Melanoxylon brauna</i>
	<i>Moldenhawera papillanthera</i>
	<i>Piptadenia adiantoides</i>
	<i>Vatairea heteroptera</i>
Lecythidaceae	<i>Cariniana legalis</i>
	<i>Couratari asterotricha</i>
	<i>Eschweilera ovata</i>
	<i>Lecythis pisonis</i>
Malvaceae	<i>Ceiba pubiflora</i>
	<i>Eriotheca macrophylla</i>
	<i>Hydrogaster trinervis</i>
	<i>Luehea mediterranea</i>
	<i>Pachira stenopetala</i>
	<i>Pseudobombax grandiflorum</i>
	<i>Pterygota brasiliensis</i>

continua

Tabela 7 – Táxons botânicos no entorno dos coletores instalados no ponto B (floresta)

Família	Espécie
	<i>Quararibea penduliflora</i>
	<i>Sterculia speciosa</i>
Melastomataceae	<i>Mouriri glazioviana</i>
Meliaceae	<i>Trichilia casaretti</i>
	<i>Trichilia lepidota</i>
	<i>Trichilia silvatica</i>
Moraceae	<i>Brosimum glaziovii</i>
	<i>Ficus gomelleira</i>
	<i>Ficus sp.</i>
	<i>Naucleopsis oblongifolia</i>
	<i>Sorocea guilleminiana</i>
Myristicaceae	<i>Virola gardneri</i>
Myrtaceae	<i>Campomanesia espiritosantensis</i>
	<i>Campomanesia guazumifolia</i>
	<i>Campomanesia laurifolia</i>
	<i>Campomanesia sp.</i>
	<i>Eugenia batingabranca</i>
	<i>Eugenia brasiliensis</i>
	<i>Eugenia excelsa</i>
	<i>Eugenia macrosperma</i>
	<i>Eugenia platyphylla</i>
	<i>Eugenia prasina</i>
	<i>Eugenia sp.</i>
	<i>Eugenia tinguyensis</i>
	<i>Marlierea excoriata</i>
	<i>Myrcia lineata</i>
	<i>Myrciaria aureana</i>
	<i>Plinia grandifolia</i>
	<i>Plinia involucrata</i>
	<i>Psidium aff. macrospermum</i>
Nyctaginaceae	<i>Guapira cf. subferruginosa</i>
	<i>Guapira opposita</i>
Peraceae	<i>Pera glabrata</i>
Poaceae	<i>Olyra latifolia</i>
Rubiaceae	<i>Guettarda angelica</i>
	<i>Simira glaziovii</i>
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>
Salicaceae	<i>Casearia ulmifolia</i>
	<i>Macrothumia kuhlmannii</i>
Sapindaceae	<i>Cupania cf. scrobiculata</i>
	<i>Cupania rugosa</i>
	<i>Pseudima frutescens</i>
	<i>Talisia intermedia</i>
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum lucentifolium</i>
	<i>Chrysophyllum splendens</i>
	<i>Ecclinusa ramiflora</i>
	<i>Manilkara bela</i>
	<i>Microphollis aff. gnaphaalocladus</i>
	<i>Microphollis crassipedicellata</i>
	<i>Pouteria bangii</i>
	<i>Pouteria pachycalyx</i>

continua

Tabela 7 – Táxons botânicos no entorno dos coletores instalados no ponto B (floresta)

Família	Espécie
Schoepfiaceae	<i>Schoepfia oblongifolia</i>
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>
Urticaceae	<i>Cecropia glaziovi</i> <i>Cecropia hololeuca</i>
Violaceae	<i>Amphirrhox longifolia</i> <i>Rinorea bahiensis</i>

O ponto JV apresentou 128 espécies em 44 famílias, a maior parte sendo árvores e arbustos, no entanto também estão presentes ervas terrestres e epífitas (Tabela 8). As famílias com maior número de espécies são Myrtaceae (19 spp.), Sapotaceae (16 spp.), Fabaceae (15 spp.), Malvaceae (8 spp.) Araceae (6 spp.), Annonaceae (4 spp.), Meliaceae (4 spp.), Anacardiaceae (3 spp.), Araceae (3 spp.), Bignoniaceae (3 spp.), Chrysobalanaceae (3 spp.), Lecythidaceae (3 spp.), Combretaceae (2 spp.), Euphorbiaceae (2 spp.), Lauraceae (2 spp.), Menispermaceae (2 spp.), Moraceae (2 spp.), Nyctaginaceae (2 spp.), Rubiaceae (2 spp.), Salicaceae (2 spp.) e Sapindaceae (2 spp.).

Tabela 8 – Táxons botânicos no entorno dos coletores instalados no ponto JV (floresta)

Família	Espécie
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> <i>Spondias sp.</i> <i>Thyrsodium schomburgkianum</i>
Annonaceae	<i>Annona cacans</i> <i>Guatteria macropus</i> <i>Oxandra sp.</i> <i>Rollinia laurifolia</i>
Apocynaceae	<i>Geissospermum laevis</i>
Araceae	<i>Philodendron sp.</i> <i>Phylodendron pedatum</i> <i>Syngonium vellozianum</i>
Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatum</i>
Arecaceae	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> <i>Astrocaryum tucuma</i> <i>Attalea humilis</i> <i>Bactris bahiensis</i> <i>Geonoma elegans</i> <i>Syagrus botryophora</i>
Bignoniaceae	<i>Sparattosperma leucanthum</i> <i>Tabebuia obtusifolia</i> <i>Tynanthus elegans</i>
Boraginaceae	<i>Cordia trichoclada</i>
Bromeliaceae	<i>Bromelia sp.</i>
Burseraceae	<i>Protium sp.</i>
Caricaceae	<i>Jacaratia spinosa</i>
Celastraceae	<i>Maytenus cestrifolia</i>

continua

Tabela 8 – Táxons botânicos no entorno dos coletores instalados no ponto JV (floresta)

Família	Espécie
Chrysobalanaceae	<i>Exellodendron gracile</i> <i>Hirtella hebeclada</i> <i>Parinari parvifolia</i>
Combretaceae	<i>Buchenavia pabstii</i> <i>Terminalia glabrescens</i>
Connaraceae	<i>Rourea glaziovii</i>
Cyperaceae	<i>Cyperaceae sp.</i>
Euphorbiaceae	<i>Glycydendron amazonicum</i> <i>Joannesia princeps</i>
Fabaceae	<i>Andira ormosioides</i> <i>Bauhinia sp.</i> <i>Copaifera langsdorfii</i> <i>Dialium guianensis</i> <i>Inga aff. cylindrica</i> <i>Inga capitata</i> <i>Inga flagelliformis</i> <i>Inga hispida</i> <i>Machaerium sp.</i> <i>Melanoxylum brauna</i> <i>Piptadenia paniculata</i> <i>Swartzia acutifolia</i> <i>Swartzia linharensis</i> <i>Swartzia myrtifolia</i> <i>Zollernia sp.</i>
Lauraceae	<i>Ocotea conferta</i> <i>Ocotea lancifolia</i>
Lecythidaceae	<i>Couratari asterotricha</i> <i>Eschweilera ovata</i> <i>Lecythis lurida</i>
Malpighiaceae	<i>Byrsonima cacaophylla</i>
Malvaceae	<i>Eriotheca macrophylla</i> <i>Hydrogaster trinervis</i> <i>Luehea mediterranea</i> <i>Pavonia calyculosa</i> <i>Pseudobombax longiflorum</i> <i>Quararibea penduliflora</i> <i>Sterculia elata</i> <i>Sterculia speciosa</i>
Marantaceae	<i>Ischnosiphon gracilis</i>
Melastomataceae	<i>Mouriri arborea</i>
Meliaceae	<i>Guarea aff. juglandiformis</i> <i>Trichilia elegans</i> <i>Trichilia silvatica</i> <i>Trichilia sp.</i>
Menispermaceae	<i>Abuta convexa</i> <i>Abuta sp.</i>
Monimiaceae	<i>Mollinedia marquetiana</i>
Moraceae	<i>Clarisia racemosa</i> <i>Sorocea guilleminiana</i>
Myristicaceae	<i>Virola sp.</i>

continua

Tabela 8 – Táxons botânicos no entorno dos coletores instalados no ponto JV (floresta)

Família	Espécie
Myrtaceae	<i>Calyptranthes lucida</i>
	<i>Campomanesia espiritosantensis</i>
	<i>Campomanesia laurifolia</i>
	<i>Campomanesia sp.</i>
	<i>Eugenia bahiensis</i>
	<i>Eugenia batingabranca</i>
	<i>Eugenia brasiliensis</i>
	<i>Eugenia cf. moonioides</i>
	<i>Eugenia excelsa</i>
	<i>Eugenia ligustrina</i>
	<i>Eugenia macrosperma</i>
	<i>Eugenia platyphylla</i>
	<i>Eugenia sp.</i>
	<i>Gomidesia sp</i>
	<i>Marlierea excoriata</i>
	<i>Marlierea obversa</i>
	<i>Marlierea sucrei</i>
	<i>Myrcia lineata</i>
	<i>Plinia stictophylla</i>
	Nyctaginaceae
	<i>Neea floribunda</i>
Schoepfiaceae	<i>Schoepfia oblongifolia</i>
Orchidaceae	<i>Vanilla sp.</i>
Passifloraceae	<i>Passiflora sp.</i>
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium glabrum</i>
Rubiaceae	<i>Coussarea contracta</i>
	<i>Posoqueria latifolia</i>
Rutaceae	<i>Zanthoxylum sp.</i>
Salicaceae	<i>Casearia commersoniana</i>
	<i>Casearia sp.</i>
Sapindaceae	<i>Allophylus petiolatus</i>
	<i>Cupania sp</i>
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>
	<i>Chrysophyllum splendens</i>
	<i>Ecclinusa ramiflora</i>
	<i>Manilkara salzmannii</i>
	<i>Micropholis crassipedicellata</i>
	<i>Micropholis cuneata</i>
	<i>Micropholis gardneriana</i>
	<i>Micropholis sp</i>
	<i>Pouteria aff. bapeba</i>
	<i>Pouteria aff. filipes</i>
	<i>Pouteria aff. hispida</i>
	<i>Pouteria coelomatica</i>
	<i>Pouteria cuspidata</i>
	<i>Pouteria durlandii</i>
	<i>Pouteria peduncularis</i>
	<i>Pradosia lactescens</i>
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>
Urticaceae	<i>Cecropia glaziovii</i>
Violaceae	<i>Rinorea bahiensis</i>
Vochysiaceae	<i>Qualea megalocarpa</i>

5.2.2 Precipitação polínica moderna

A Tabela 9 apresenta as somas de pólen em cada coletor analisado. Um total de 129 tipos de pólen e esporos foram identificados nesse estudo. Esses tipos são apresentados na Tabela 10, juntamente com seus resultados de contagem, PAR e porcentagem, agregado por ponto de estudo.

Tabela 9 – Soma de pólen em cada coletor e ponto de estudo

<u>Ponto G (campo)</u>		<u>Ponto G (transição)</u>		<u>Ponto B (floresta)</u>		<u>Ponto JV (floresta)</u>	
Coletores	Soma de pólen	Coletores	Soma de pólen	Coletores	Soma de pólen	Coletores	Soma de pólen
G1	247	G2	145	B1	184	JV1	250
G6	191	G3	191	B2	172	JV2	--
		G4	443	B3	180	JV3	149
		G5	342	B4	152	JV4	146
		G7	252	B5	177	JV5	--
		G8	319	B6	202	JV6	169
		G9	247	B7	180	JV7	--
		G10	228	B8	200	JV8	189
				B9	156	JV9	156
				B10	146	JV10	184
				B11	220	JV11	176
				B12	226	JV12	141
				B13	173	JV13	145
				B14	--	JV14	--
				B15	--	JV15	166
				B16	--	JV16	146
	<hr/>		<hr/>		<hr/>		<hr/>
	438		2167		2368		2017

Intervalos de amostragem:

Pontos G e B: Nov/09 – Jul/11 (20 meses)

Ponto JV: Jul/10 – Jul/11 (12 meses)

Tabela 10 – Contagens, PAR e porcentagens para cada tipo polínico, agregado por ponto de estudo

	Contagens				Porcentagens				PAR (grãos.cm ⁻² .ano ⁻¹)			
	Campo	Transição	Floresta	Floresta	Campo	Transição	Floresta	Floresta	Campo	Transição	Floresta	Floresta
			B	JV			B	JV			B	JV
Ervas aquáticas												
<i>Echinodorus</i>	0	0	3	0	0%	0%	0%	0%	0	0	2	0
Nymphaeaceae/Pontederiaceae	0	0	0	2	0%	0%	0%	0%	0	0	0	2
<i>Potamogeton</i>	0	1	0	0	0%	0%	0%	0%	0	1	0	0
<i>Typha</i>	1	12	3	5	0%	1%	0%	0%	1	7	1	5
Árvores e arbustos												
<i>Abuta</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	1
<i>Alchornea/Aparisthium</i>	15	73	88	92	3%	3%	4%	5%	21	41	48	97
<i>Alibertia/Amaioua/Anisomeris</i>	0	0	14	0	0%	0%	1%	0%	0	0	7	0
<i>Alnus</i>	0	1	0	2	0%	0%	0%	0%	0	0	0	2
Anacardiaceae	5	157	81	44	1%	7%	3%	2%	5	125	52	64
<i>Andira/Bowdichia/Dalbergia</i>	0	0	0	21	0%	0%	0%	1%	0	0	0	25
Araliaceae	1	28	2	0	0%	1%	0%	0%	1	21	1	0
Arecaceae	6	41	208	73	1%	2%	9%	4%	8	29	188	105
<i>Aspidosperma</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Banara</i>	0	0	3	0	0%	0%	0%	0%	0	0	1	0
<i>Bixa</i>	1	0	0	0	0%	0%	0%	0%	2	0	0	0
<i>Buchenavia</i>	0	0	0	2	0%	0%	0%	0%	0	0	0	2
<i>Byrsonima</i>	21	551	90	29	5%	25%	4%	1%	23	347	46	35
<i>Caryocar</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Casearia</i>	0	2	2	14	0%	0%	0%	1%	0	1	1	21
<i>Cecropia</i>	8	49	32	66	2%	2%	1%	3%	9	29	13	108
<i>Celtis</i>	2	4	19	21	0%	0%	1%	1%	2	2	7	34
Chrysobalanaceae	0	0	3	0	0%	0%	0%	0%	0	0	1	0
<i>Chrysophyllum</i>	1	19	2	3	0%	1%	0%	0%	1	10	3	2

continua

Tabela 10 – Contagens, PAR e porcentagens para cada tipo polínico, agregado por ponto de estudo

	Contagens				Porcentagens				PAR (grãos.cm ⁻² .ano ⁻¹)			
	Campo	Transição	Floresta		Campo	Transição	Floresta		Campo	Transição	Floresta	
			B	JV			B	JV			B	JV
<i>Cissus</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Cordia</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	1
<i>Coussapoa</i>	3	17	10	8	1%	1%	0%	0%	6	12	8	15
<i>Crepidospermum/Protium</i>	6	18	107	21	1%	1%	5%	1%	10	10	42	35
<i>Croton</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Cybianthus</i>	0	1	0	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Cybistax/Tabebuia/Zeyheria</i>	0	0	0	4	0%	0%	0%	0%	0	0	0	3
<i>Dalechampia</i>	0	0	0	2	0%	0%	0%	0%	0	0	0	4
<i>Davilla</i>	0	0	0	5	0%	0%	0%	0%	0	0	0	12
<i>Doliocarpus</i>	2	11	1	1	0%	1%	0%	0%	4	7	1	2
<i>Dulacia</i>	0	0	0	3	0%	0%	0%	0%	0	0	0	5
<i>Elaeocarpus</i>	0	0	1	5	0%	0%	0%	0%	0	0	0	4
<i>Eriotheca</i>	0	0	2	3	0%	0%	0%	0%	0	0	1	7
<i>Eschweilera</i>	0	0	6	7	0%	0%	0%	0%	0	0	2	8
<i>Ficus</i>	0	1	10	3	0%	0%	0%	0%	0	1	13	3
<i>Forsteronia</i>	0	5	0	8	0%	0%	0%	0%	0	3	0	9
<i>Gallesia</i>	0	6	4	2	0%	0%	0%	0%	0	4	1	5
<i>Garcinia</i>	0	0	56	0	0%	0%	2%	0%	0	0	108	0
<i>Gaylussacia</i>	0	1	0	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Glycydendron</i>	0	1	20	7	0%	0%	1%	0%	0	1	7	15
<i>Guapira</i>	0	3	3	12	0%	0%	0%	1%	0	3	1	13
<i>Guettarda</i>	0	1	19	0	0%	0%	1%	0%	0	1	10	0
<i>Hedyosmum</i>	0	0	3	0	0%	0%	0%	0%	0	0	1	0
<i>Helicteres</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	1
<i>Himatanthus</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	1

continua

Tabela 10 – Contagens, PAR e porcentagens para cada tipo polínico, agregado por ponto de estudo

	Contagens				Porcentagens				PAR (grãos.cm ⁻² .ano ⁻¹)			
	Campo	Transição	Floresta	Floresta	Campo	Transição	Floresta	Floresta	Campo	Transição	Floresta	Floresta
			B	JV			B	JV			B	JV
<i>Humiria</i>	0	4	0	0	0%	0%	0%	0%	0	2	0	0
<i>Humiriastrum/Vantanea</i>	0	2	0	0	0%	0%	0%	0%	0	1	0	0
<i>Hydrogaster</i>	0	1	0	19	0%	0%	0%	1%	0	1	0	36
<i>Ilex</i>	0	0	1	8	0%	0%	0%	0%	0	0	0	8
<i>Joannesia</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	2
<i>Luehea</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Lundia</i>	1	37	0	1	0%	2%	0%	0%	2	30	0	2
<i>Machaerium</i>	0	1	2	1	0%	0%	0%	0%	0	1	1	1
<i>Macrobium</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	1
Malpighiaceae	0	7	9	10	0%	0%	0%	0%	0	5	3	14
Margaritaria	0	1	1	1	0%	0%	0%	0%	0	0	1	1
<i>Maytenus</i>	0	2	0	2	0%	0%	0%	0%	0	1	0	2
Melastomataceae/Combretaceae	39	28	95	41	9%	1%	4%	2%	70	17	50	67
Meliaceae	0	1	0	1	0%	0%	0%	0%	0	1	0	1
Mimosoideae	0	2	5	126	0%	0%	0%	6%	0	1	2	461
<i>Moldenhawera</i>	0	0	5	0	0%	0%	0%	0%	0	0	2	0
<i>Molopanthera</i>	1	8	0	0	0%	0%	0%	0%	1	6	0	0
<i>Myroxylon</i>	0	0	0	2	0%	0%	0%	0%	0	0	0	3
Myrtaceae	51	285	243	143	12%	13%	10%	7%	71	198	102	240
<i>Pachira</i>	0	0	16	0	0%	0%	1%	0%	0	0	11	0
<i>Pavonia</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Peltogyne</i>	0	2	0	0	0%	0%	0%	0%	0	1	0	0
<i>Pera</i>	0	2	0	125	0%	0%	0%	6%	0	1	0	229
<i>Phyllostylon</i>	0	0	5	16	0%	0%	0%	1%	0	0	2	26
<i>Pinus</i>	1	2	6	5	0%	0%	0%	0%	2	1	2	6

continua

Tabela 10 – Contagens, PAR e porcentagens para cada tipo polínico, agregado por ponto de estudo

	Contagens				Porcentagens				PAR (grãos.cm ⁻² .ano ⁻¹)			
	Campo	Transição	Floresta	Floresta	Campo	Transição	Floresta	Floresta	Campo	Transição	Floresta	Floresta
			B	JV			B	JV			B	JV
<i>Piperaceae</i>	1	0	4	1	0%	0%	0%	0%	1	0	2	1
<i>Pleurisanthes</i>	0	0	1	2	0%	0%	0%	0%	0	0	0	3
<i>Podocarpus</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	1
<i>Proteaceae/Sapindaceae</i>	61	190	23	55	14%	9%	1%	3%	63	115	17	100
<i>Pseudobombax</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	2
<i>Pterocarpus</i>	0	1	1	0	0%	0%	0%	0%	0	1	0	0
<i>Rapanea</i>	1	8	6	5	0%	0%	0%	0%	1	4	5	9
<i>Rhizophora</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Rinorea</i>	0	1	9	0	0%	0%	0%	0%	0	1	5	0
<i>Rourea</i>	0	0	5	0	0%	0%	0%	0%	0	0	2	0
<i>Salacia</i>	0	0	0	7	0%	0%	0%	0%	0	0	0	12
<i>Sapium</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Sapotaceae</i>	6	0	17	42	1%	0%	1%	2%	11	0	11	61
<i>Schoepfia</i>	0	0	2	1	0%	0%	0%	0%	0	0	1	1
<i>Sebastiania</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	1	0
<i>Senefeldera</i>	0	0	10	0	0%	0%	0%	0%	0	0	8	0
<i>Senna</i>	0	1	1	0	0%	0%	0%	0%	0	1	1	0
<i>Simarouba</i>	0	7	133	58	0%	0%	6%	3%	0	6	83	95
<i>Sloanea</i>	0	0	4	103	0%	0%	0%	5%	0	0	3	180
<i>Solanaceae</i>	0	1	0	5	0%	0%	0%	0%	0	1	0	6
<i>Stephanopodium</i>	0	0	0	7	0%	0%	0%	0%	0	0	0	4
<i>Sterculia</i>	0	0	11	4	0%	0%	0%	0%	0	0	4	4
<i>Swartzia</i>	0	0	1	2	0%	0%	0%	0%	0	0	0	5
<i>Symphonia</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	4
<i>Symplocos</i>	0	0	1	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	2

continua

Tabela 10 – Contagens, PAR e porcentagens para cada tipo polínico, agregado por ponto de estudo

	Contagens				Porcentagens				PAR (grãos.cm ⁻² .ano ⁻¹)			
	Campo	Transição	Floresta	Floresta	Campo	Transição	Floresta	Floresta	Campo	Transição	Floresta	Floresta
			B	JV			B	JV			B	JV
<i>Tetracera</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Tournefortia</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	2
<i>Trema</i>	1	4	3	10	0%	0%	0%	0%	1	1	1	11
Urticaceae/Moraceae	29	90	300	210	7%	4%	13%	10%	44	52	147	310
<i>Vigna</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	1
<i>Virola</i>	0	1	8	23	0%	0%	0%	1%	0	1	2	35
<i>Vismia</i>	0	0	7	1	0%	0%	0%	0%	0	0	2	1
<i>Vochysia</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Waltheria</i>	0	0	0	2	0%	0%	0%	0%	0	0	0	5
<i>Weinmania</i>	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	2
<i>Zanthoxylum</i>	0	1	0	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
Ervas terrestres												
Amaranthaceae	2	4	9	2	0%	0%	0%	0%	2	3	4	2
Asteraceae	24	26	39	11	5%	1%	2%	1%	20	15	19	13
<i>Begonia</i>	1	0	0	0	0%	0%	0%	0%	1	0	0	0
<i>Borreria</i>	6	17	19	16	1%	1%	1%	1%	6	10	11	26
<i>Caperonia</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Coccocypselum/Declieuxia</i>	0	1	0	0	0%	0%	0%	0%	0	1	0	0
Cyperaceae	42	110	143	80	10%	5%	6%	4%	53	67	66	103
<i>Hibiscus/Urena</i>	0	0	1	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
<i>Laurembergia</i>	0	1	0	1	0%	0%	0%	0%	0	0	0	4
Poaceae	60	113	94	82	14%	5%	4%	4%	62	67	42	103
Polygalaceae	0	3	0	0	0%	0%	0%	0%	0	2	0	0
Esporos terrestres												

continua

Blechnaceae	4	20	102	82	1%	1%	4%	4%	4	12	49	102
Cyatheaceae	0	0	1	2	0%	0%	0%	0%	0	0	0	4
<i>Lycopodiella</i>	0	1	0	0	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
Monolete	33	65	78	43	8%	3%	3%	2%	37	36	34	55
Polypodiaceae	0	32	57	19	0%	1%	2%	1%	0	25	21	26
Pteridaceae	0	0	3	0	0%	0%	0%	0%	0	0	1	0
Trilete	3	13	15	9	1%	1%	1%	0%	4	8	6	11
Indeterminados												
Tipo morfológico 4CPeq	0	0	3	107	0%	0%	0%	5%	0	0	3	139
Outros indeterminados	39	199	321	201	9%	9%	14%	10%	47	126	156	282

A Tabela 11 apresenta os resultados para cada grupo, agregado por local.

5.2.3 Grãos de pólen e esporos mais frequentes ($\geq 1\%$) em cada ponto e tipo de vegetação

A Figura 10 apresenta as porcentagens dos tipos mais frequentes de grãos de pólen e esporos, detalhado por coletor, e agregado por ponto estudado e tipo de vegetação.

5.2.3.1 Campo (coletores G1 e G6)

O campo apresentou a menor PAR total entre todos os pontos estudados (593 grãos.cm⁻².ano⁻¹). A precipitação polínica moderna é dominada por grãos de pólen de árvores e arbustos (60%), ervas terrestres (31%), esporos (9%) e grãos indeterminados (9%).

O grupo árvores e arbustos compreende principalmente Proteaceae/Sapindaceae (14%), Myrtaceae (12%), Melastomataceae/Combretaceae (9%), Urticaceae/Moraceae (7%), *Byrsonima* (5%), *Alchornea/Aparisthium* (3%), *Cecropia* (2%), Anacardiaceae, Arecaceae, *Coussapoa*, *Crepidospermum/Protium* e Sapotaceae (1%).

O ponto de campo apresentou a maior frequência de ervas terrestres (31%) quando comparado com os outros pontos. Poaceae (14%), Cyperaceae (10%), Asteraceae (5%) e *Borreria* (1%) são os táxons mais frequentes (Figura 10). Altas porcentagens de Poaceae e Cyperaceae podem refletir a dominância das espécies *Renvoizea trinii* e *Lagenocarpus rigidus* no local, tal como observado durante os trabalhos de campo.

A porcentagem de esporos terrestres nos coletores localizados no campo (9%) é representada principalmente por esporos monoletes não identificados (8%), e Blechnaceae e triletes não identificados (1%). Ervas aquáticas apresentaram frequências abaixo de 1%.

Altas frequências de Asteraceae, Melastomataceae/Combretaceae, Myrtaceae, Proteaceae/Sapindaceae e *Byrsonima* são provavelmente relacionadas à proximidade dos coletores G1 e G6 à área arborizada, onde esses táxons ocorrem. No entanto, sabe-se que algumas espécies das famílias Asteraceae, Myrtaceae e Melastomataceae ocorrem no campo estudado (FERREIRA et al., 2014), embora não tenham sido encontrados no entorno imediato dos coletores durante os trabalhos de levantamento florístico.

Os táxons Urticaceae/Moraceae, *Alchornea/Aparisthium* e *Cecropia*, embora tenham apresentado frequências elevadas na precipitação polínica, não foram encontrados no levantamento florístico realizado tanto na área de campo quanto na área arborizada do ponto G, e também não são relacionados por Ferreira et al. (2014) como presentes no Nativo da Gávea.

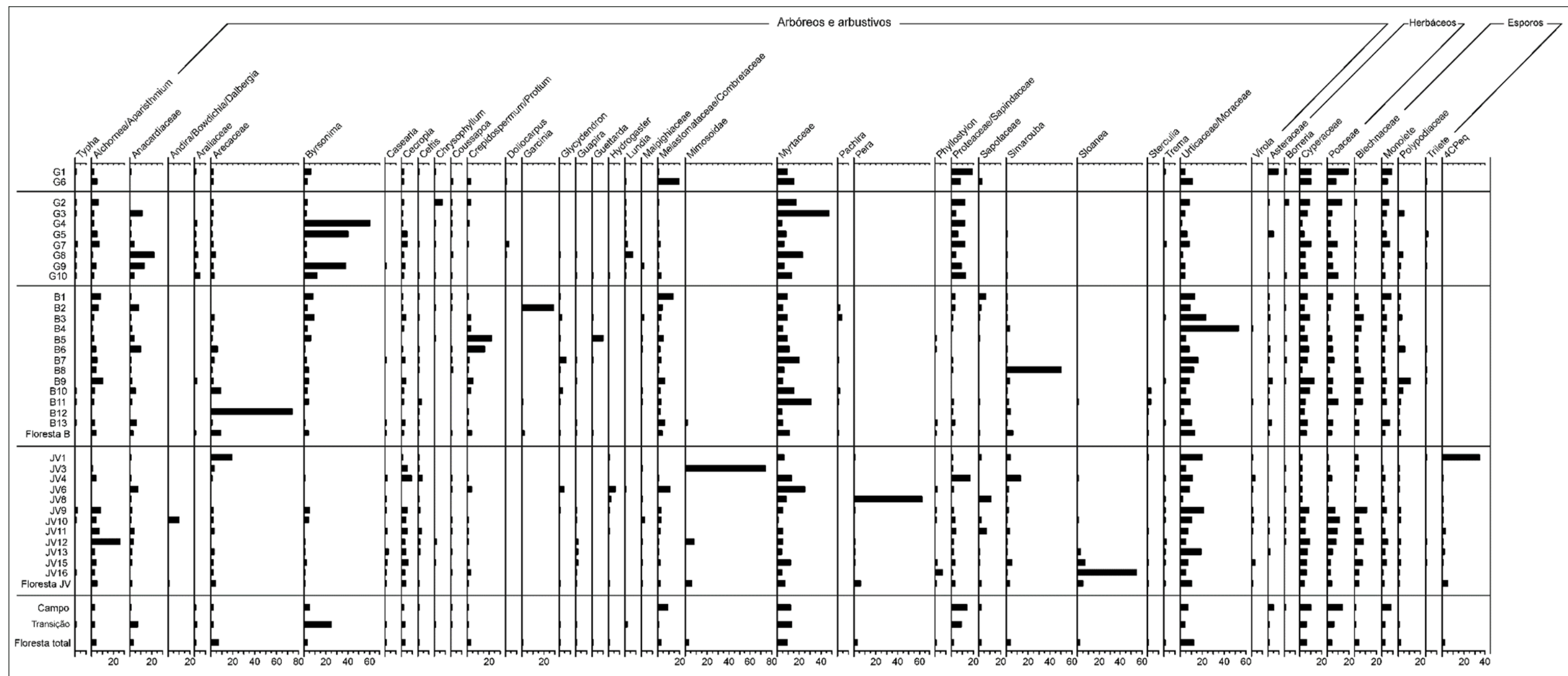


Figura 10 – Diagrama polínico de porcentagem, detalhado por coletores, e agregado por ponto e tipo de vegetação

5.2.3.2 Área arborizada

A PAR total para a área arborizada do ponto G é de 1476 grãos.cm⁻².ano⁻¹ e se assemelha à PAR encontrada por Gosling et al. (2009) para um trecho de savana arborizada da Bolívia (~1800 grãos.cm⁻².ano⁻¹). As maiores frequências são de árvores e arbustos (78%), seguido por ervas terrestres (13%), esporos terrestres (6%), ervas aquáticas (1%) e grãos indeterminados (9%).

Os tipos de árvores e arbustos mais frequentes na precipitação polínica são *Byrsonima* (25%), Myrtaceae (13%), Proteaceae/Sapindaceae (9%), Anacardiaceae (7%), Urticaceae/Moraceae (4%), *Alchornea/Aparisthium* (3%), Arecaceae, *Cecropia* e *Lundia* (2%), Araliaceae, *Chrysophyllum*, *Coussapoa*, *Crepidosperrum/Protium*, *Doliocarpus* e Melastomataceae/Combretaceae (1%).

As ervas mais frequentes são Poaceae e Cyperaceae (5%), e Asteraceae e *Borreria* (1%). Os esporos representam 6% da PAR total da savana arborizada, representados principalmente por monoletes psilados (3%), Blechnaceae, Polypodiaceae e triletes não determinados (1%). Entre as ervas aquáticas somente *Typha* apresentou frequências mais significativas (1%).

Embora Urticaceae/Moraceae, *Alchornea/Aparisthium*, *Cecropia*, *Chrysophyllum*, *Coussapoa*, *Borreria*, Blechnaceae e Polypodiaceae tenham apresentado frequências relevantes na precipitação polínica moderna, tais táxons não foram encontrados no levantamento florístico realizado nas proximidades dos coletores, e também não estão presentes no levantamento realizado por Ferreira et al. (2014) na mesma área.

5.2.3.3 Floresta

Os resultados obtidos nos coletores instalados nos dois pontos florestais (B e JV) são apresentados de forma separada. Posteriormente, são apresentados e discutidos os resultados consolidados para esses dois pontos florestais.

5.2.3.3.1 Floresta (ponto B)

A PAR total no ponto B é de 1454 grãos.cm⁻².ano⁻¹. A precipitação polínica no ponto B é dominada por grãos de pólen originários de árvores e arbustos (73%), seguido por ervas terrestres (13%) e esporos terrestres (11%). Grãos indeterminados perfazem um total de 14%.

Os táxons mais frequentes entre os tipos arbóreos e arbustivos são Urticaceae/Moraceae (13%), Myrtaceae (10%), Arecaceae (9%), *Simarouba* (6%),

Crepidospermum/Protium (5%), *Alchornea/Aparisthium*, *Byrsonima*, Melastomataceae/Combretaceae (4%), Anacardiaceae (3%), *Garcinia* (2%), *Alibertia/Amaioua/Anisomeris*, *Cecropia*, *Celtis*, *Clycydendron*, *Guettarda*, *Pachira*, Proteaceae/Sapindaceae e Sapotaceae (1%).

Os táxons mais frequentes dentro do grupo de ervas terrestres são Cyperaceae (6%), Poaceae (4%), Asteraceae (2%) e *Borreria* (1%). Os tipos mais frequentes entre os esporos são monoletes da família Blechnaceae (4%), monoletes não determinados (3%), monoletes verrucados da família Polypodiaceae (2%) e triletes indeterminados (1%). Grãos de pólen de ervas aquáticas são representados principalmente por *Echinodorus* e *Typha*, mas apresentam frequência menor que 1%.

5.2.3.3.2 Floresta (JV)

O ponto JV apresentou a maior PAR total (3469 grãos.cm⁻².ano⁻¹). A precipitação polínica é representada principalmente por táxons arbóreos/arbustivos (75%), seguido por herbáceos terrestres (10%) e esporos terrestres (8%), com um total de 15% de grãos indeterminados.

Os tipos de árvores e arbustos mais frequentes são Urticaceae/Moraceae (10%), Myrtaceae (7%), Mimosoideae e *Pera* (6%), *Alchornea/Aparisthium* e *Sloanea* (5%), Arecaceae (4%), *Cecropia*, Proteaceae/Sapindaceae e *Simarouba* (3%), Anacardiaceae, Melastomataceae/Combretaceae e Sapotaceae (2%), *Andira/Bowdichia/Dalbergia*, *Byrsonima*, *Casearia*, *Celtis*, *Crepidospermum/Protium*, *Guapira*, *Hydrogaster*, *Phyllostylon* e *Virola* (1%).

Cyperaceae e Poaceae (4%), e Asteraceae e *Borreria* (1%) são as ervas terrestres com maiores frequências na chuva polínica do ponto JV. Esporos de samambaias terrestres são representados principalmente por Blechnaceae (4%), monoletes psilados (2%) e Polypodiaceae (1%). Ervas aquáticas apresentam baixa frequência (<1%), representadas principalmente por grãos de pólen de *Typha* e Nymphaeaceae/Pontederiaceae.

5.2.3.3.3 Floresta (pontos B e JV consolidados)

Considerando os pontos B e JV em conjunto, como representativos da precipitação polínica moderna da floresta de tabuleiros, a PAR total é de 2461 grãos.cm⁻².ano⁻¹. Árvores e arbustos compreendem 74% da soma de pólen, seguidos por ervas terrestres (11%) e esporos terrestres (9%). Grãos indeterminados perfazem 14%.

Os mais frequentes tipos polínicos de árvores e arbustos são Urticaceae/Moraceae (12%), Myrtaceae (9%), Arecaceae (6%), *Alchornea/Aparisthium* e *Simarouba* (4%), Anacardiaceae, *Byrsonima*, *Crepidospermum/Protium*, Melastomataceae/Combretaceae, Mimosoideae e *Pera* (3%), *Cecropia*, Proteaceae/Sapindaceae e *Sloanea* (2%), *Celtis*, *Garcinia*, *Glycydendron*, Sapotaceae e *Virola* (1%).

Entre as ervas terrestres as mais frequentes são Cyperaceae (5%), Poaceae (4%), Asteraceae e *Borreria* (1%). Blechnaceae (4%), monoletes psilados (3%), Polypodiaceae (2%) e triletes (1%) são os tipos de esporos terrestres mais frequentes no ambiente florestal. Entre os grãos indeterminados, o tipo polínico denotado pelo código 4CPeq (Figura 10) apresentou frequência relativamente alta em ambiente florestal (3%).

Embora tenham apresentado frequências significativas, os táxons arbóreo/arbustivos *Alchornea/Aparisthium* e *Garcinia*, o táxon herbáceo *Borreria* e pteridófitas das famílias Blechnaceae e Polypodiaceae não foram encontrados nos levantamentos florísticos dos pontos B e JV. No entanto, espécies pertencentes aos táxons *Alchornea/Aparisthium* e *Garcinia* (= *Rheedia*) são encontrados nas matas de tabuleiro da Reserva Natural Vale (JESUS; ROLIM, 2005), e sua ausência no levantamento florístico pode ser resultado da metodologia utilizada no levantamento.

A PAR média do ambiente florestal encontrada nesse estudo ($2461 \text{ grãos.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) é muito menor do que aquela encontrada por Behling et al. (1997) em um trecho de Mata Atlântica em Santa Catarina ($12465 \text{ grãos.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$). É também menor que a PAR encontrada em floresta ombrófila da Bolívia ($\sim 16000 \text{ grãos.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) em um estudo realizado por Gosling et al. (2009). No entanto, a PAR média do ambiente florestal é intermediária entre os valores encontrados por esses últimos em ecossistemas de floresta estacional semidecídua ($\sim 5000 \text{ grãos.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) e savana arborizada ($\sim 1800 \text{ grãos.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) da Bolívia. Essas diferenças entre a PAR do ambiente florestal de Linhares e as PARs encontradas em áreas de floresta tropical de Santa Catarina e da Bolívia podem ser explicadas pelo fato de o presente estudo se basear em um tempo relativamente curto de amostragem (1,67 ano para o ponto B e 1 ano para o ponto JV), podendo ser influenciado por flutuações interanuais na produção polínica. Podem também ser explicadas por diferenças nas estruturas dessas áreas de floresta, pois maiores valores de PAR estão normalmente associados a tipos de vegetação com dossel fechado e com muitas espécies na submata (GOSLING et al., 2009).

5.2.4 Tipos de pólen e esporos exclusivos nos tipos de vegetação

Tipos exclusivos dos coletores G1 e G6 instalados no campo:

- Táxon arbóreo/arbustivo: *Bixa*.
- Erva terrestre: *Begonia*.

Os tipos a seguir são exclusivos da área arborizada:

- Táxon aquático: *Potamogeton*;
- Árvores e arbustos: *Cybianthus*, *Gaylussacia*, *Humiria*, *Humiriastrum/Vantanea*, *Peltogyne* e *Zanthoxylum*.
- Ervas terrestres: *Coccocypselum/Declieuxia* e Polygalaceae.

Vários tipos são exclusivos da chuva polínica do ambiente florestal (pontos B e JV em conjunto):

- Táxons aquáticos: *Echinodorus* e Nymphaeaceae/Pontederiaceae;
- Árvores e arbustos: *Abuta*, *Alibertia/Amaioua/Anisomeris*, *Andira/Bowdichia/Dalbergia*, *Aspidosperma*, *Banara*, *Buchenavia*, *Caryocar*, Chrysobalanaceae, *Cissus*, *Cordia*, *Croton*, *Cydistax/Tabebuia/Zeyheria*, *Dalechampia*, *Davilla*, *Dulacia*, *Elaeocarpus*, *Eriotheca*, *Eschweilera*, *Garcinia*, *Hedyosmum*, *Helicteres*, *Himatanthus*, *Ilex*, *Joannesia*, *Luehea*, *Macrobium*, *Moldenhawera*, *Myroxylon*, *Pachira*, *Pavonia*, *Phyllostylon*, *Pleurisanthes*, *Podocarpus*, *Pseudobombax*, *Rhizophora*, *Rourea*, *Salacia*, *Sapium*, *Schoepfia*, *Sebastiania*, *Senefeldera*, *Sloanea*, *Stephanopodium*, *Sterculia*, *Swartzia*, *Symphonia*, *Symplocos*, *Tetracera*, *Tournefortia*, *Vigna*, *Vismia*, *Vochysia*, *Waltheria* e *Weinmannia*.
- Esporos terrestres: Cyatheaceae e Pteridaceae.
- Ervas terrestres: *Caperonia* e *Hibiscus/Urena*.

5.2.5 Super-representação de alguns tipos polínicos

Alguns tipos polínicos parecem estar superrepresentados em alguns coletores (Figura 10). Isso pode fazer com que a importância desses tipos na precipitação polínica seja superestimada.

Por exemplo, as porcentagens de grãos de pólen de Arecaceae nos coletores B12 (74%) e JV1 (19%) são muito maiores que aquelas encontradas nos demais coletores (de 0% a 9%). Essa super-representação é observada também em outros tipos polínicos e pode ter sido causada pela instalação do coletor em grande proximidade ao indivíduo produtor:

- *Andira/Bowdichia/Dalbergia*: 10% no coletor JV10, de 0 a 1% nos demais coletores;
- *Garcinia*: 29% no coletor B2, de 0 a 1% nos demais coletores;
- Mimosoideae: 74% no coletor JV3, e 9% no JV12, de 0 a 2% nos demais coletores;
- *Pera*: 63% no coletor JV8, de 0 a 1% nos demais coletores;
- *Simarouba*: 51% no coletor B8 e 13% no coletor JV4, de 0% a 5% nos demais coletores;
- *Sloanea*: 55% no coletor JV16 e 8% no JV15, de 0% a 3% nos demais coletores;
- Tipo morfológico 4CPeq: 34% no coletor JV1, de 0% a 3% nos demais coletores;

Além disso, os resultados mostram que nos três tipos de vegetação ocorrem táxons com frequências relativamente altas, mas que não são encontrados na proximidade dos coletores. Como importante exemplo desse caso, temos o tipo polínico *Alchornea/Aparisthium*, o qual foi encontrado em todos os pontos estudados com porcentagens relativamente altas (campo = 3%; área arborizada = 3%; floresta = 4%). Em seu estudo realizado na Bolívia, Gosling et al. (2009) encontraram uma superepresentação do táxon *Alchornea* tanto na floresta ombrófila quanto na savana arborizada. Segundo os autores, a superepresentação de alguns táxons deve estar relacionada tanto à quantidade de pólen produzido quanto à estratégia utilizada para dispersão dos grãos, com espécies anemófilas tendendo a ser superepresentadas na precipitação polínica.

5.2.6 Táxons exóticos

Grãos de pólen de *Alnus* foram encontrados nas precipitações polínicas da área arborizada transicional e do ambiente florestal. A presença desse táxon na chuva polínica de Linhares é provavelmente resultado de transporte aéreo de longa distância, considerando que esse táxon não ocorre naturalmente no Brasil.

Transporte aéreo de longa distância também pode ser a causa da presença de grãos de pólen bissacados em todos os pontos estudados. Esses grãos bissacados podem ter sido produzidos por espécies do gênero *Podocarpus*, táxon distribuído em diversas formações florestais do Brasil, mas ausente na Floresta Atlântica das terras baixas. No entanto, esses grãos bissacados podem também ter sido produzidos por espécies do gênero *Pinus*, o qual pode ocorrer de forma cultivada na região.

5.2.7 Diferenciação palinológica dos tipos de vegetação

Gosling et al. (2009) encontraram uma relação entre a PAR e a estrutura da vegetação. Segundo esses autores, a floresta ombrófila apresenta PAR total maior que a floresta estacional semidecídua, e esta, por sua vez, possui PAR maior que a savana arborizada. Concluíram que essa diferença no influxo polínico dos diferentes tipos de vegetação é associada à maior produção polínica em ambientes com estrutura florestal. No estudo aqui apresentado também foram encontradas diferenças na PAR dos três tipos de vegetação estudados, as quais podem ser também correlacionadas às estruturas desses tipos de vegetação. Dessa forma, a PAR no ambiente florestal ($2461 \text{ grãos.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) é superior à PAR do ambiente arborizado transicional ($1476 \text{ grãos.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$), e essa última é superior à PAR da área de campo ($593 \text{ grãos.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$).

A seguir é apresentada uma discussão sobre a composição taxonômica do sinal polínico de cada tipo de vegetação sob estudo. Inicialmente foi realizado um levantamento sobre a ocorrência dos diferentes táxons constituintes da chuva polínica nos ecossistemas estudados. Foram utilizados o trabalho de Jesus e Rolim (2005), relativo à florística e fitossociologia da mata de tabuleiro da Reserva Natural Vale, e o estudo de Ferreira et al. (2014) sobre a florística e fitossociologia do Nativo da Gávea, ponto G no presente estudo. Foram também utilizados os levantamentos florísticos expeditos realizados nos pontos G, B e JV, além de informações coletadas nas exsicatas do herbário da Reserva Natural Vale.

5.2.7.1 Campo

As principais características da precipitação polínica no ambiente de campo (coletores G1 e G6) são a baixa PAR ($593 \text{ grãos.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) e as frequências relativamente altas de ervas terrestres (31%), principalmente Poaceae (14%), Cyperaceae (10%) e Asteraceae (5%) (Figura 11). Com exceção de Melastomataceae/Combretaceae e Myrtaceae, a maior parte dos grãos de pólen de árvores e arbustos na precipitação polínica do campo é provavelmente originada da vegetação circundante (área arborizada e floresta), contribuindo para a diluição do sinal dos tipos herbáceos. Gosling et al. (2009) relataram valores baixos de PAR em tipos abertos de vegetação e a diluição do sinal das gramíneas pelo influxo de grãos de pólen da vegetação circundante.

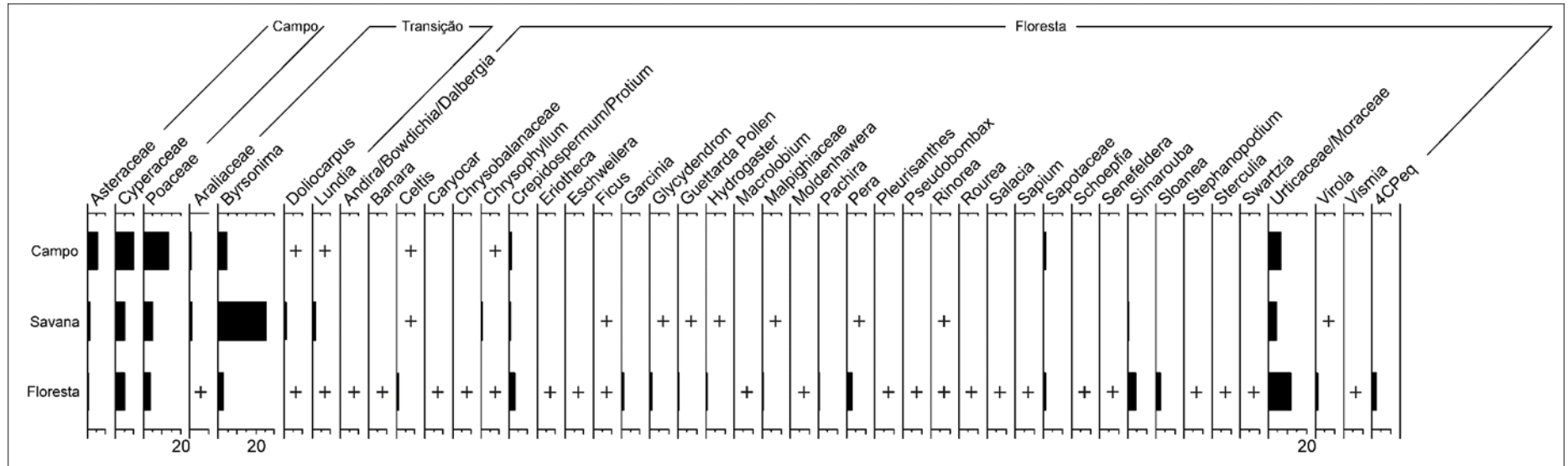


Figura 11 – Tipos indicadores da precipitação polínica moderna dos ambientes estudados. Valores em porcentagem. O símbolo + indica presença

5.2.7.2 Área arborizada

A precipitação polínica na área arborizada adjacente ao campo nativo apresenta alta frequência de *Byrsonima* (25%) (Figura 11). Isso provavelmente não é resultado de superepresentação em poucos coletores, pois metade dos coletores instalados nesse ponto apresentou altas porcentagens desse táxon (Figura 10). A frequência de *Byrsonima* na área arborizada mostrou-se muito maior que na floresta (3%), apesar da presença de espécies desse gênero também no ecossistema florestal.

Outros táxons representativos da precipitação polínica da área arborizada são *Lundia*, com frequência de 2%, *Doliocarpus* (1%) e *Araliaceae* (1%). De acordo com informações do herbário da Reserva Natural Vale, espécies do gênero *Lundia*, embora possam ocorrer na mata de tabuleiro, estão normalmente associados aos campos nativos, restingas e capoeiras. *Doliocarpus* é um gênero encontrado no Nativo da Gávea (FERREIRA et al., 2014). Espécies da família Araliaceae podem ser encontrados também em ecossistema florestal (JESUS; ROLIM, 2005), mas no presente estudo a frequência de Araliaceae na área transicional foi muito mais significativa que na área de floresta.

5.2.7.3 Floresta

Urticaceae/Moraceae apresentou maior frequência no ambiente florestal (12%), onde espécies pertencentes a esses táxons estão presentes (Figura 11). No entanto, Urticaceae/Moraceae apresenta frequências relativamente altas também no campo (7%) e na área arborizada (4%), muito embora espécies dessas famílias não tenham sido encontradas no levantamento florístico e também não sejam relatadas por Ferreira et al. (2014) para o Nativo da Gávea. Nesses dois ambientes a PAR média apresenta baixo valor quando comparado com a PAR da floresta (campo = 44 grãos.cm⁻².ano⁻¹; área arborizada = 52 grãos.cm⁻².ano⁻¹; floresta = 228 grãos.cm⁻².ano⁻¹). Isso sugere o transporte de grãos de pólen das florestas circundantes, onde esse tipo polínico está presente. Gosling et al. (2009) encontraram superepresentação da família Moraceae em seu estudo realizado na Bolívia, sugerindo que grãos de pólen dessa família são transportados a longa distância. Portanto, o tipo polínico Urticaceae/Moraceae parece ser um bom indicador da vegetação florestal na região da mata de tabuleiros de Linhares, no entanto seu sinal deve ser interpretado com cautela, pois frequências menores que 10% podem indicar uma distância maior da mata de tabuleiro em relação ao local estudado.

Alguns tipos exclusivos da precipitação polínica no ambiente florestal representam espécies geralmente restritas às matas de tabuleiro (*Andira/Bowdichia/Dalbergia*, *Banara*,

Caryocar, Chrysobalanaceae, *Eriotheca*, *Garcinia*, *Macrolobium*, *Moldenhawera*, *Pachira*, *Pleurisanthes*, *Pseudobombax*, *Salacia*, *Sapium*, *Schoepfia*, *Senefeldera*, *Sloanea*, *Stephanopodium* e *Sterculia*). A maior parte desses tipos apresentou frequência inferior a 1%, e alguns (*Caryocar*, *Macrolobium*, *Pseudobombax* e *Sapium*) apresentaram contagem de apenas 1 grão. Outros (*Andira/Bowdichia/Dalbergia*, *Garcinia* e *Sloanea*) foram superepresentados em alguns coletores. No entanto, a estreita relação desses táxons com o ambiente florestal sugere que eles possam ser utilizados, juntamente com outros táxons presentes no conjunto polínico, como indicadores da floresta de tabuleiros da região de Linhares.

Os tipos polínicos *Celtis*, *Chrysophyllum*, *Ficus*, *Glycydendron*, *Guettarda*, *Hydrogaster*, *Rinorea*, *Rourea*, Sapotaceae e *Virola* também ocorreram na precipitação polínica fora do ambiente florestal, no entanto, na maioria das vezes apresentam frequências maiores na chuva polínica da floresta. Se considerarmos que a maioria das espécies representadas por esses tipos sejam árvores e arbustos ocorrentes somente na floresta, podemos também considera-los bom indicadores do sinal polínico de mata de tabuleiro, muito embora ocorram normalmente em baixas frequências ($\leq 1\%$).

Os tipos *Crepidospermum/Protium*, *Eschweilera*, Malpighiaceae, *Pera*, *Simarouba*, *Swartzia* e *Vismia*, representam espécies que podem ocorrer também fora do ambiente florestal da mata de tabuleiro, no entanto, ainda em áreas com representativa presença de árvores e arbustos, tais como capoeiras e áreas transicionais como aquela estudada no entorno no Nativo da Gávea. A maior parte desses táxons apresentou frequências baixas ($\leq 1\%$) no ambiente florestal e foi ausente na precipitação polínica da área de campo (*Eschweilera*, Malpighiaceae, *Swartzia* e *Vismia*). Outros apresentaram frequências maiores na precipitação polínica da floresta, mas também ocorreram, em menor frequência, na precipitação da área arborizada do ponto G (*Crepidospermum/Protium*, *Pera* e *Simarouba*).

Por fim, o tipo polínico não identificado 4CPEq apresentou frequência bastante alta (3%) no ambiente florestal. Embora superepresentado em um único coletor, a ausência desse tipo nos coletores localizados fora da floresta e a sua presença em vários coletores do ambiente florestal, sugere que ele possa ser utilizado como indicador da precipitação polínica da mata de tabuleiro.

5.2.8 Comparação com amostra superficial de sedimento lacustre

Os resultados obtidos nesse estudo podem ser comparados com a amostra superficial (4 cm) do testemunho sedimentar MAC-C da Lagoa do Macuco, analisado por Buso Junior et

al. (2013b). Pelo fato de a Lagoa do Macuco estar localizada em uma região com predomínio da mata de tabuleiro, essa amostra pode ser considerada como representativa do sinal polínico desse ecossistema. No entanto, além da vegetação florestal, ocorrem no entorno da lagoa, e também em seu interior, importantes comunidades de vegetação pioneira com influência fluvial, compostas por plantas terrestres pioneiras, tais como *Cecropia* sp., semi-aquáticas, principalmente das famílias Poaceae e Cyperaceae, além de plantas aquáticas, tais como *Salvinia* sp., *Utricularia* sp., *Tonina fluviatilis*, *Typha* sp., *Cabomba* sp. etc.

Para realizar essa comparação, a soma de pólen, base para o cálculo das porcentagens dos táxons presentes no sedimento, inclui somente os tipos herbáceos, arbóreos e arbustivos, e indeterminados, excluindo-se os tipos aquáticos e os esporos.

A amostra superficial do testemunho MAC-C apresenta predomínio de táxons arbóreos e arbustivos (51%), seguido de táxons herbáceos (43%), táxons aquáticos (36%) e esporos (10%). Tipos indeterminados correspondem a 6%.

Os principais táxons de plantas arbóreas e arbustivas são *Cecropia* (24%), Urticaceae/Moraceae (9%), *Alchornea/Aparisthmium* (5%), Melastomataceae/Combretaceae (4%), *Hedyosmum* (2%), Myrtaceae (2%), *Chrysophyllum* (1%) e *Rapanea* (1%). Os tipos herbáceos são representados principalmente por Cyperaceae (34%), Poaceae (6%) e *Begonia* (2%). Entre os tipos aquáticos ocorre o predomínio de *Potamogeton* (33%), Nymphaeaceae/Pontederiaceae (1%) e *Salvinia* (1%). Os esporos terrestres mais frequentes são monoletes psilados (4%), Pteridaceae (3%), Dennstaedtiaceae (1%) e Osmundaceae (1%).

A alta frequência de *Cecropia* (24%) não foi observada nos ambientes de estudo da precipitação polínica moderna (campo, transição e floresta = 2%). No entanto, essa alta frequência pode ser explicada, pois *Cecropia* é um táxon pioneiro que, no caso da Lagoa do Macuco, ocupa áreas de colonização recente, inclusive ilhas de vegetação flutuante. Por sua vez, a frequência mais alta de *Hedyosmum* na Lagoa do Macuco pode ser explicada pela presença desse táxon em áreas alagáveis (SOUZA; LORENZI, 2008).

A frequência de Urticaceae/Moraceae no sedimento (9%) é menor que aquela sugerida como indicativa da presença da mata de tabuleiro (superior a 10%). No entanto, deve-se levar em consideração que na Lagoa do Macuco o sinal de Urticaceae/Moraceae deve sofrer redução pela grande frequência de táxons adaptados a áreas alagáveis. Assim, a frequência de Cyperaceae no sedimento superficial, que não encontra paralelo na precipitação polínica moderna, e que se relaciona à abundância de ervas semi-aquáticas que habitam as margens da lagoa, contribui para a diluição do sinal polínico de táxons indicativos da mata de tabuleiro, tal como Urticaceae/Moraceae.

Além de Urticaceae/Moraceae, o sedimento superficial da Lagoa do Macuco apresenta outros táxons constituintes do sinal polínico de matas de tabuleiro, tais como *Celtis*, *Chrysophyllum*, *Ficus*, *Rinorea*, Sapotaceae, *Sloanea* e o tipo indeterminado 4CPeq. Com exceção de *Chrysophyllum*, tais táxons apresentam frequências baixas, menores que 1%. No entanto, esses valores concordam com aqueles obtidos para a precipitação polínica em ambiente de floresta de tabuleiros, onde esses táxons também apresentaram baixas frequências. A ausência de outros táxons raros, mas importantes para a caracterização do sinal polínico da mata de tabuleiro da região de Linhares (tais como *Caryocar*, *Glycydendron*, *Malpighiaceae*, *Pera*, *Pseudobombax*, *Virola*, etc), pode estar relacionada ao esforço amostral utilizado na análise polínica do sedimento, o qual consistiu em interromper a contagem quando da totalização de 300 grãos representativos de táxons arbóreos e arbustivos. Na amostra em questão a grande quantidade de grãos de pólen de *Cecropia* (145 grãos contados) contribuiu para a rápida totalização dos 300 grãos arbóreos e interrupção da contagem, impedindo que tipos raros, mas importantes para caracterização da mata de tabuleiro, fossem encontrados.

Uma das diferenças primeiramente notadas quando comparamos o conjunto polínico da amostra superficial do testemunho MAC-C com os conjuntos dos coletores artificiais é a grande porcentagem de táxons aquáticos no sedimento lacustre. Esses táxons apresentam frequência de 36% no sedimento, enquanto que nenhum dos ambientes amostrados no estudo de chuva polínica moderna apresentou porcentagem superior a 1%. No entanto, a alta representatividade de táxons aquáticos concorda com o ambiente representado pela amostra sedimentar.

Com base na comparação dos conjuntos polínicos presentes na precipitação moderna e no sedimento lacustre superficial da região de mata de tabuleiros de Linhares, é possível concluir que o sinal polínico da vegetação florestal pode ser mascarado pelo forte sinal de plantas semi-aquáticas (principalmente das famílias Cyperaceae e Poaceae), e também pelo sinal de plantas pioneiras, tais como *Cecropia*. Portanto, amostras sedimentares que apresentem altas frequências de Cyperaceae, Poaceae, *Cecropia* e táxons aquáticos e, ao mesmo tempo, frequências de Urticaceae/Moraceae em torno de 10%, com a presença de táxons raros, mas indicativos de mata de tabuleiro, podem ser interpretados como a presença local da vegetação florestal de tabuleiro, em proximidade a áreas colonizadas por vegetação pioneira com influência fluvial.

6 ESTUDO DO PALEOAMBIENTE

O estudo do paleoambiente envolveu a análise de solos de muçunungas e de sedimento lacustre.

6.1 Material e métodos

6.1.1 Pontos estudados e coletas realizadas

A Tabela 12 sintetiza as informações básicas sobre cada ponto, como coordenadas geográficas e coletas realizadas.

A coleta de amostras de solos no Nativo da BR, Nativo da Caingá, Nativo da Gávea e Nativo da Mantegueira foi realizada por meio da abertura de trincheiras.

Tabela 12 – Pontos estudados e coletas realizadas

Local	Coordenadas	Substrato	Coletas e análises
Solos			
Nativo da BR	19°06,836'S 40°03,395'W	Espodossolo ^(a) campo nativo.	em Amostras de solo para datação ¹⁴ C (horizonte B espódico).
Nativo da Caingá	19°05,792'S 39°54,871'W	Espodossolo ferrihumilúvico órtico ^(b) e Espodossolo humilúvico hidromórfico ^(b) , em área de campo nativo.	Amostras de Espodossolo ferrihumilúvico e Espodossolo humilúvico para datação ¹⁴ C e análises isotópicas. Plantas dominantes para análise isotópica de carbono.
Nativo do Flamengo	19°09'49,1''S 39°56'20,7''W	Espodossolo ^(a) sob camada de turfa, em muçununga alagável.	Testemunho de 57 cm de profundidade para palinologia, análise isotópica de C e N, datação ¹⁴ C e análise de espículas de esponjas.
Nativo da Gávea	19°12,680'S 39°57,842'W	Espodossolo ferrihumilúvico ^(b) em campo nativo.	Amostras de solo para datação LOE (horizonte E) e datação ¹⁴ C (horizonte B espódico).
Nativo da Mantegueira	19°09,197'S 40°03,939'W	Espodossolo ferrihumilúvico ^(b) em campo nativo.	Amostras de solo para datação LOE (horizonte E) e datação ¹⁴ C (horizonte B espódico).
Sedimento			
Lagoa Canto Grande	19°16'01,4''S 39°56'41,9''W	Sedimento lacustre	Testemunho sedimentar de 136 cm para análise palinológica, datação ¹⁴ C, e análises de C e N.

^(a) De acordo com Santos et al. (2004). ^(b) De acordo com Secretti (2013).

A seguir é apresentada uma breve caracterização dos pontos estudados, com base na bibliografia e observações de campo.

6.1.1.1 Nativo da BR

O Nativo da BR (Figura 12) está localizado na Reserva Natural Vale. Atualmente é parcialmente recortado pela BR101. É uma área de vegetação aberta, com predomínio de cobertura herbácea, dominada pela gramínea *Renvoizea trinii* e pela ciperácea *Lagenocarpus rigidus*. Apresenta duas pequenas ilhas de vegetação arbórea em seu interior. O solo é classificado como Espodossolo de acordo com Santos et al. (2004), com transição para o horizonte B espódico a cerca de 140 cm de profundidade. Não ocorre acúmulo de serapilheira na superfície do solo. Foi aberta uma trincheira para coleta de uma amostra do horizonte B espódico.

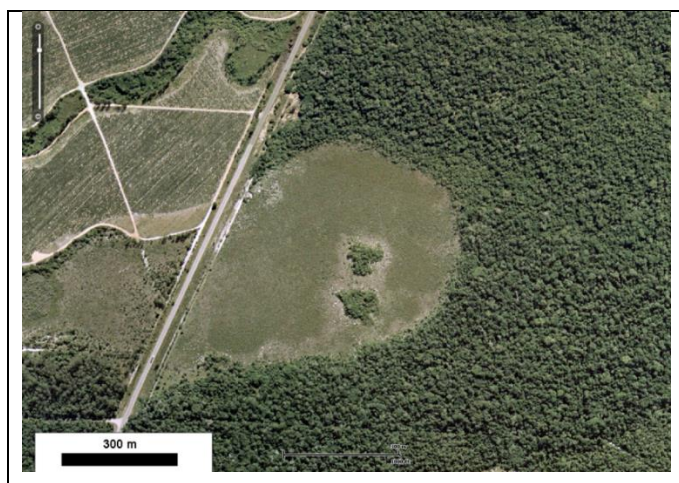


Figura 12 – Nativo da BR

6.1.1.2 Nativo da Caingá

O Nativo da Caingá é uma área de vegetação predominantemente herbácea em cujo entorno ocorre a floresta de tabuleiros (Figura 13).

O substrato da maior parte do Nativo da Caingá é classificado como Espodossolo humilúvico hidromórfico, com um horizonte H hístico (orgânico) de 0 a 88 cm, seguido pelos horizontes A, E e B espódico, com a transição entre esses horizontes localizada a uma profundidade de 113 cm (SECRETI, 2013). No entanto, aproximadamente na região central do campo a vegetação graminóide é rala e o solo torna-se exposto, mostrando-se bastante arenoso. Nesse local o solo foi classificado como Espodossolo ferrihumilúvico órtico, com a transição entre os horizontes E e B espódico localizada a 58 cm de profundidade (SECRETI, 2013).

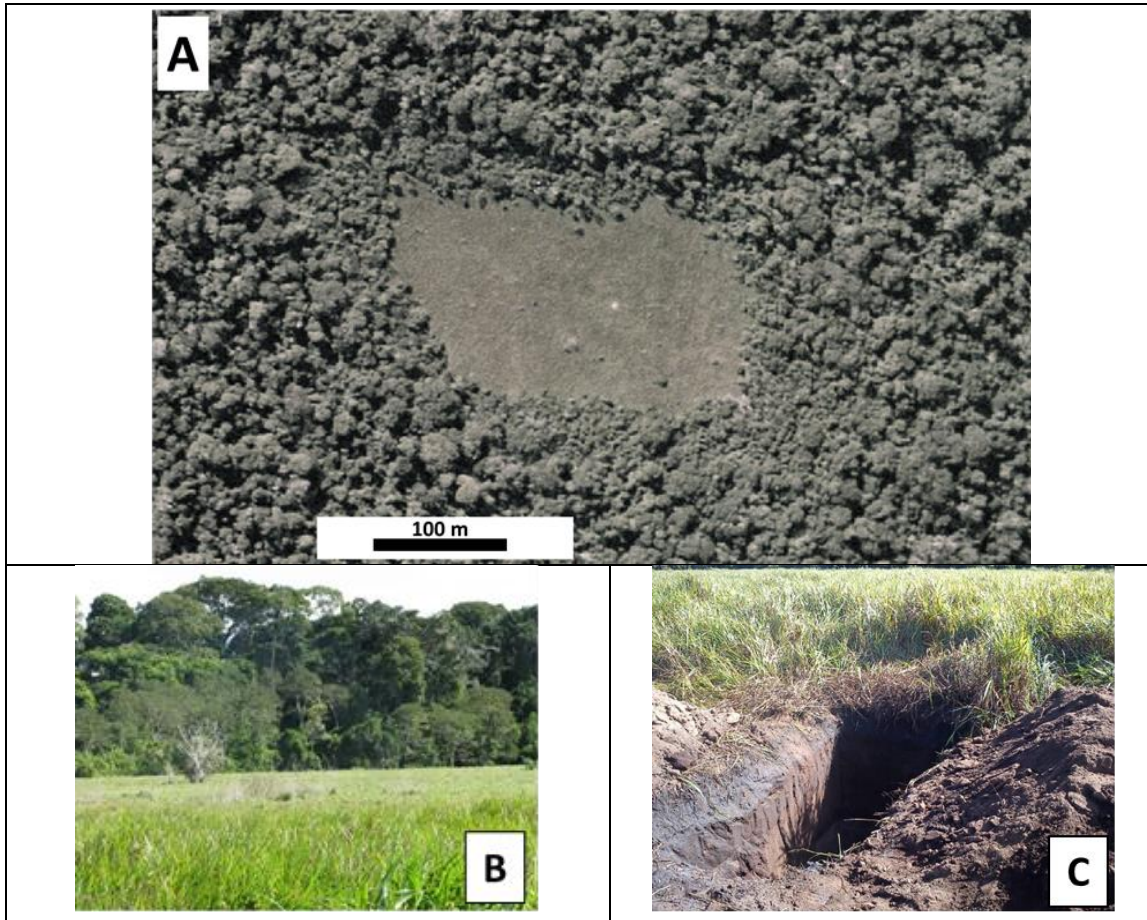


Figura 13 – Nativo da Caingá. A) Vista aérea do nativo com a floresta de tabuleiros em seu entorno e a pequena mancha de Espodossolo ferrihumilúvico em seu centro; B) Foto no local, mostrando a cobertura de gramíneas e a transição para a mata de tabuleiros; C) Espodossolo humilúvico que predomina no local

Foram abertas duas trincheiras, uma no Espodossolo ferrihumilúvico (Nativo da Caingá P1, localizado no centro do campo nativo), com amostragens por horizontes pedológicos (A: 0-11 cm; E: 11-58 cm; Bh: 58-74 cm; Bhsm1: 74-103 cm; Bhsm2: 103-120 cm; de acordo com Secretti, 2013), e outra no Espodossolo humilúvico (Nativo da Caingá P2, a cerca de 40 metros do perfil P1), com amostragens a cada 5 centímetros.

A espécie dominante no Nativo da Caingá é *Digitaria horizontalis* (Poaceae), a qual forma uma cobertura bastante densa, sem exposição da superfície do solo. A mata de tabuleiros do entorno do campo nativo apresenta espécies arbóreas das famílias Annonaceae, Arecaceae, Bignoniaceae, Burseraceae, Fabaceae, Chrysobalanaceae, Lecythidaceae, Meliaceae, Moraceae, Myrtaceae, Ochnaceae, Rubiaceae e outras.

6.1.1.3 Nativo do Flamengo

O Nativo do Flamengo constitui-se de uma área circular de vegetação aberta, com predomínio de cobertura herbácea e com árvores esparsamente distribuídas (Figura 14). Está localizado próximo ao entroncamento das estradas da Gávea e do Flamengo. A vegetação local pode ser classificada como uma muçununga alagável com acúmulo de turfa, circundada por muçununga arbórea não alagável. Um rápido levantamento sobre as principais espécies vegetais ocorrentes na área é apresentado na Tabela 13.

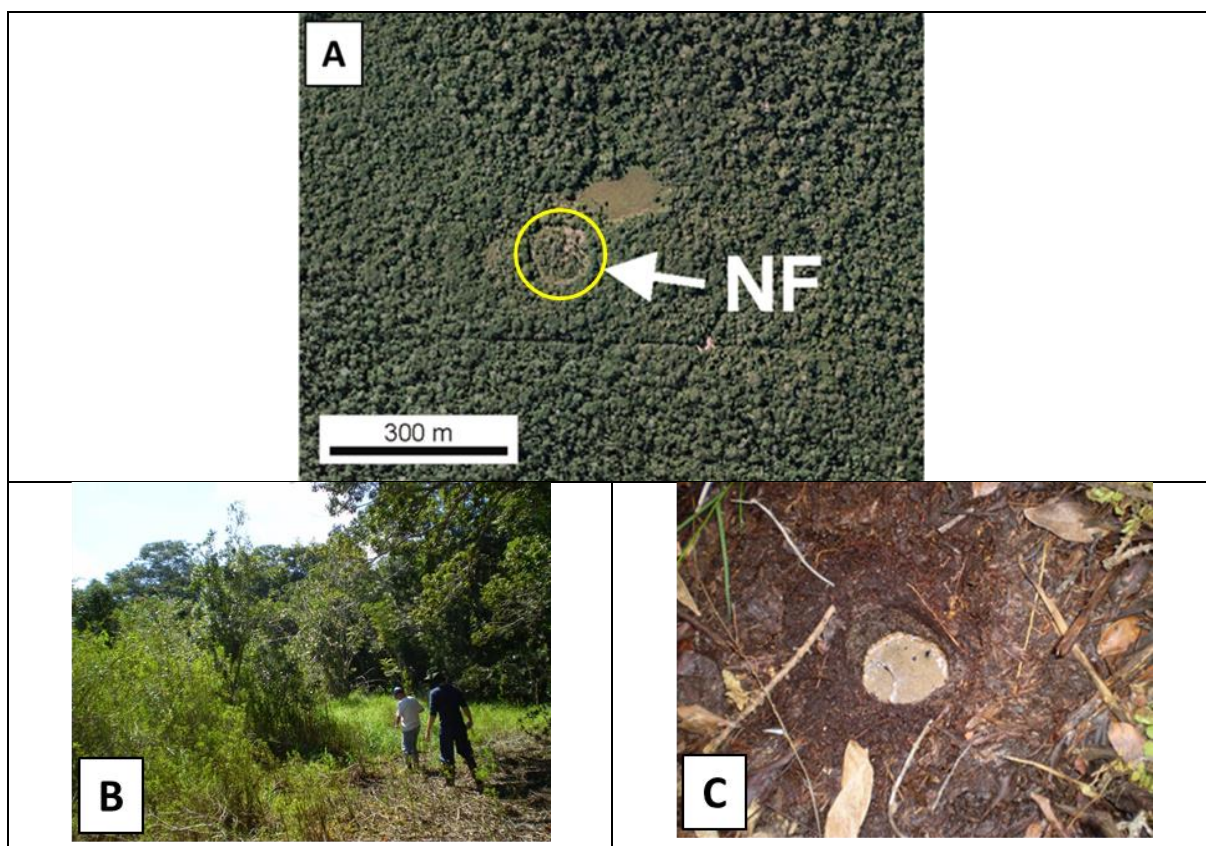


Figura 14 – Nativo do Flamengo. A) Imagem aérea (seta); B) Foto do local, mostrando a transição entre a muçununga arbórea (direita) e a muçununga alagável (esquerda); C) Foto ilustrando o material turfoso em superfície e o acúmulo de água em subsuperfície

O Nativo do Flamengo está localizado em uma grande área de Espodossolo mapeada por Santos et al. (2004). O local apresenta acumulação de material turfoso em superfície (Figura 14) e mostrou-se bastante encharcado em subsuperfície mesmo durante a estação seca (julho/2009).

Tabela 13 – Espécies vegetais encontradas no Nativo do Flamengo

	Nome científico	Localização
Cyperaceae	<i>Cyperus distatus</i>	I
	<i>Fuirena umbellata</i>	I
Lauraceae	<i>Ocotea pulchella</i>	I
Melastomataceae	<i>Tibouchina urceolaris</i>	I
Salviniaceae	<i>Salvinia</i> sp	I
Myrsinaceae	<i>Myrsine rubra</i>	I e B
Eriocaulaceae	<i>Paepalanthus tortilis</i>	B
Myrtaceae	<i>Campomanesia</i> sp	B
Fabaceae	<i>Aeschynomene fluminensis</i>	T
Poaceae	<i>Panicum</i> sp (ou <i>Megathyrsus</i> sp)	T

Legenda:

I – Interior da muçununga alagável

B – Borda da muçununga alagável

T – Transição muçununga alagável – muçununga arbórea

A coleta do testemunho no Nativo do Flamengo foi realizada pela introdução vertical de um tubo de alumínio com cerca de 7 cm de diâmetro, além da coleta manual da camada mais superficial da serapilheira.

6.1.1.4 Nativo da Gávea

O Nativo da Gávea é uma extensa área de vegetação herbácea, dominada pela gramínea *Renvoizea trinii* e pela ciperácea *Lagenocarpus rigidus* (Figura 15). Descrição mais detalhada da vegetação pode ser encontrada no item 5.2.1 desse trabalho e no estudo de Ferreira et al. (2014). O substrato é classificado como Espodossolo ferrihumilúvico, com a transição entre os horizontes E e B espódico localizada em profundidades variando de 60 a 90 cm (SECRETI, 2013). Não há acúmulo de serapilheira na superfície do solo, a qual mostra-se exposta em meio à cobertura graminóide.

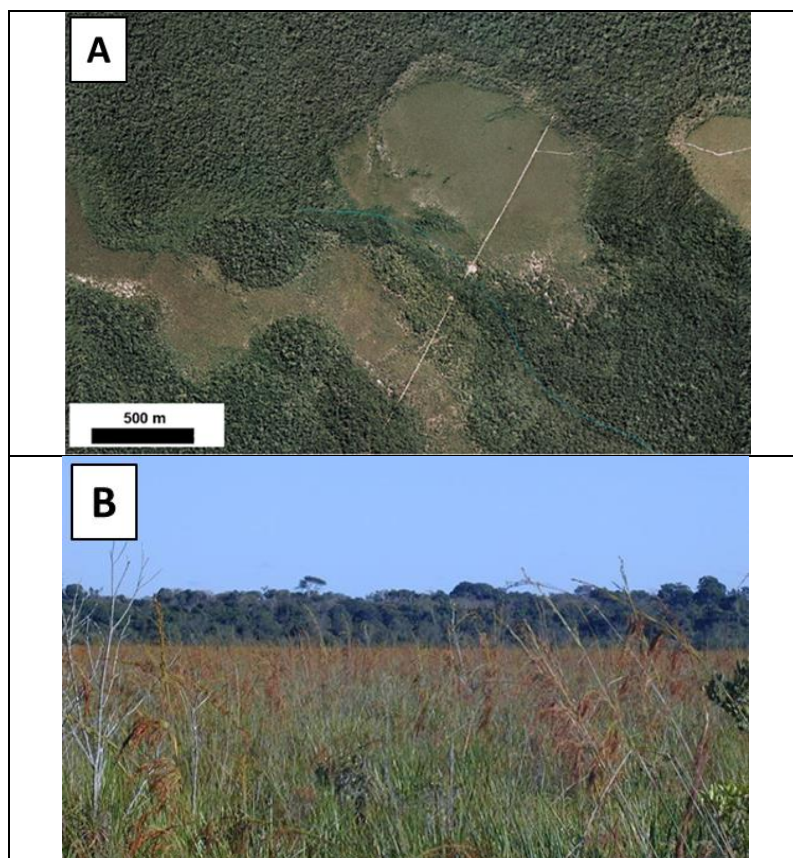


Figura 15 – Nativo da Gávea; A) Vista aérea; B) Foto do local mostrando em primeiro plano a vegetação herbácea e ao fundo a transição para a mata de tabuleiro

Nesse local foi aberta uma trincheira onde foram realizadas as coletas de duas amostras do horizonte E para datação LOE (33 cm e 85 cm) e uma amostra do horizonte B espódico para datação ^{14}C (91-111 cm).

6.1.1.5 Nativo da Mantegueira

O Nativo da Mantegueira é uma mancha de vegetação herbácea dominada pela gramínea *Renvoizea trinii* (Figura 16). Pequenas árvores e arbustos, tais como *Tabebuia elliptica* e *Humiria balsamifera*, também ocorrem de forma esparsa em seu interior. Em sua margem sul ocorre vegetação de muçununga arbórea, com espécies das famílias *Arecaceae*, *Bromeliaceae*, *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Fabaceae*, *Nyctaginaceae* e outras. Em sua margem norte ocorre transição abrupta para a mata de tabuleiro. A composição florística e a fitossociologia do Nativo da Mantegueira são apresentadas em Ferreira et al. (2014).

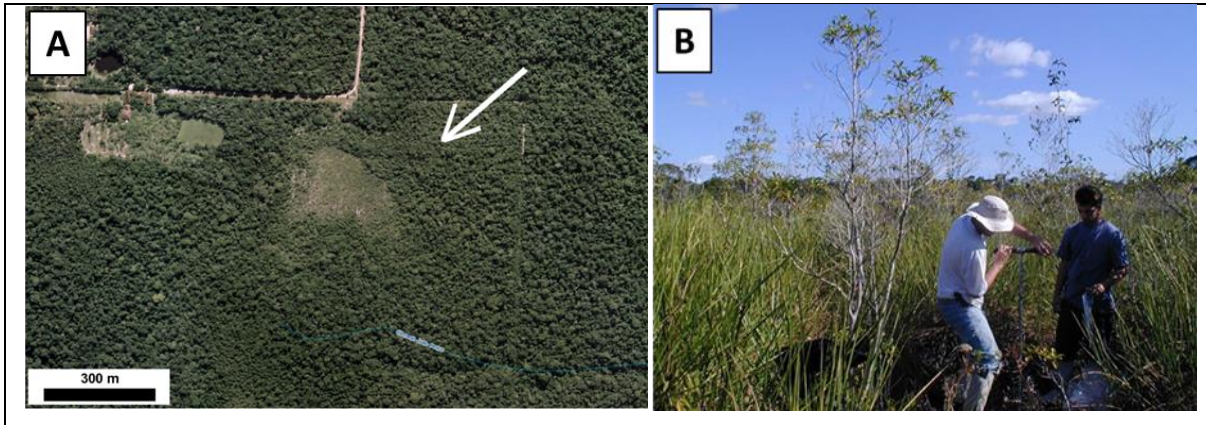


Figura 16 – Nativo da Mantegueira; A) Vista aérea; B) Foto no interior do nativo mostrando a vegetação dominada por *Renvoizea trinii* com presença esparsa de árvores e arbustos

O substrato do Nativo da Mantegueira é um Espodossolo ferrihumilúvico com a transição entre os horizontes E e B espódico ocorrendo em profundidades de 61 a 143 cm (SECRETI, 2013). Não ocorre acúmulo de serapilheira na superfície do solo, a qual mostra-se exposta em meio à cobertura herbácea.

Foi aberta uma trincheira para coleta de duas amostras do horizonte E para datação LOE (32 cm e 138 cm) e uma amostra do horizonte B espódico para datação ^{14}C (150-158 cm).

6.1.1.6 Lagoa Canto Grande

A vegetação do entorno da Lagoa Canto Grande (Figura 17) está muito alterada pela ação humana, sendo que somente pequenos trechos a noroeste apresentam cobertura de vegetação natural, constituída principalmente por mata de tabuleiro e campo nativo. A lagoa encontra-se muito próxima ao Nativo da Gávea, sendo que algumas das drenagens que alimentam a lagoa aparentam se originar nesse campo. A sudeste a lagoa faz limite com cordões litorâneos de origem pleistocênica (IBGE, 1987).

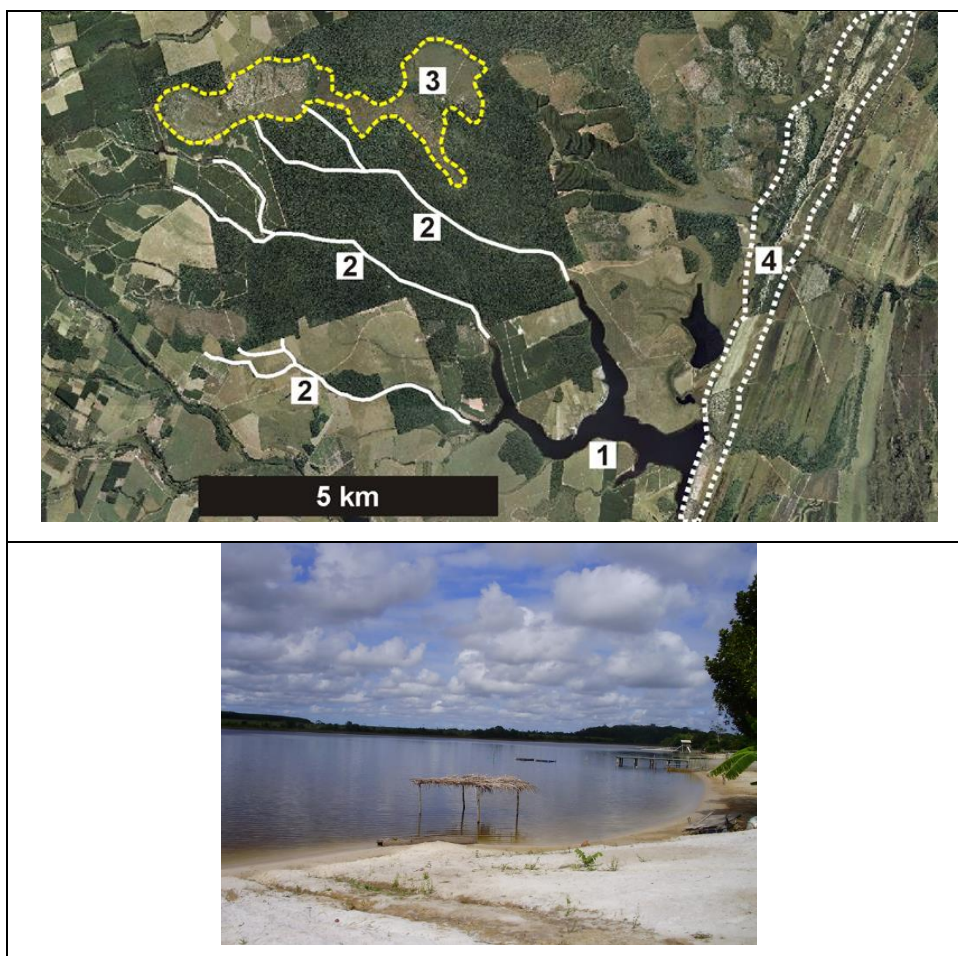


Figura 17 – Lagoa Canto Grande. Painel superior: vista aérea, mostrando a lagoa (1), algumas drenagens que alimentam a lagoa (2), o Nativo da Gávea (3), e os cordões litorâneos pleistocênicos (4); Painel inferior: foto de um trecho da lagoa

Para a coleta do sedimento da Lagoa Canto Grande foi utilizado amostrador de pistão (LIVINGSTONE, 1955) montado sobre plataforma flutuante (COLINVAUX et al., 1999). No laboratório, os tubos coletores, com o testemunho sedimentar em seu interior, foram abertos longitudinalmente em duas metades para a retirada das subamostras a cada dois centímetros.

6.1.2 Datações

6.1.2.1 Datação ^{14}C

A matéria-orgânica dos solos foi datada pela fração humina, conforme o protocolo descrito por Pessenda et al. (1996), o qual consiste na remoção manual de macrofragmentos orgânicos e posteriores tratamentos ácidos e básicos para remoção de ácidos fúlvicos e húmicos. Excepcionalmente, devido a sua baixa concentração de carbono, as amostras do

Nativo do Flamengo foram pré-tradadas somente com a remoção manual de macrofragmentos e hidrólise ácida.

O procedimento adotado nos pré-tratamentos físico e químico das amostras de sedimento lacustre consistiu na remoção manual de macro-fragmentos contaminantes seguido de hidrólise ácida, conforme Pessenda et al. (2008).

Os pré-tratamentos utilizados em cada amostra são resumidos na Tabela 14.

Tabela 14 – Amostras utilizadas para datação ^{14}C e seus respectivos pré-tratamentos

Local/amostra	Prof.(cm)	Substrato	Pré-tratamento
<u>Nativo da BR</u>			
BR P1' 140-150	140-150	Horizonte B espódico	Extração da humina
<u>Nativo da Caingá (P1)</u>			
Caingá P1' 69-78	69-78	Horizonte B espódico	Extração da humina
<u>Nativo da Caingá (P2)</u>			
Caingá P2 18-28	18-28	Horizonte H	Hidrólise (HCl 2%; 60°C; 4 horas)
Caingá P2 22-24	22-24	Horizonte H	Extração da humina
Caingá P2 42-44	42-44	Horizonte H	Extração da humina
Caingá P2 52-63	52-63	Horizonte H	Extração da humina
Caingá P2 106-114	106-114	Horizonte E	Extração da humina
<u>Nativo Flamengo</u>			
NF 23-21	21-23	Solo encharcado	Hidrólise (HCl 1%; a frio; 4 horas)
NF 49-47	47-49	Solo encharcado	Hidrólise (HCl 1%; 60°C; 1 hora)
NF 51-49	49-51	Solo encharcado	Hidrólise (HCl 2%; a frio; 4 horas)
<u>Nativo da Gávea</u>			
P1 91-111	91-111	Horizonte B espódico	Extração da humina
<u>Nativo da Mantegueira</u>			
P6 150-158	150-158	Horizonte B espódico	Extração da humina
<u>Lagoa Canto Grande</u>			
LCGB02-04	02-04	Sedimento	Hidrólise (HCl 4%; 60°C; 4 horas)
LCGB22-24	22-24	Sedimento	Hidrólise (HCl 4%; 60°C; 4 horas)
LCGB48-50	48-50	Sedimento	Hidrólise (HCl 4%; 60°C; 4 horas)
LCGB60-62	60-62	Sedimento	Hidrólise (HCl 4%; 60°C; 4 horas)
LCGB64-66	64-66	Sedimento	Hidrólise (HCl 4%; 60°C; 4 horas)
LCGB68-70	68-70	Sedimento	Hidrólise (HCl 4%; 60°C; 4 horas)
LCGB78-80	78-80	Sedimento	Hidrólise (HCl 4%; 60°C; 4 horas)
LCGB92-94	92-94	Sedimento	Hidrólise (HCl 4%; 60°C; 4 horas)
LCGB124-126	124-126	Sedimento	Hidrólise (HCl 4%; 60°C; 4 horas)
LCGB132-134	132-134	Sedimento	Hidrólise (HCl 4%; 60°C; 4 horas)

Amostras maiores, ou com maior concentração de carbono, foram datadas no próprio Laboratório ^{14}C do CENA/USP por meio de cintilação líquida (PESSENDA; CAMARGO, 1991). Amostras menores, ou com menor concentração de carbono, foram submetidas à combustão a 600°C na linha de síntese de benzeno do Laboratório ^{14}C do CENA/USP para obtenção do CO_2 e encaminhadas para datação AMS na Universidade da Geórgia,

Estados Unidos, ou para o Laboratório de AMS da Universidade Federal Fluminense. Os resultados obtidos (em anos AP) foram calibrados de acordo com Hogg et al. (2013), os quais são expressos em anos cal. AP, em intervalos com erro de 2σ .

No testemunho sedimentar da Lagoa Canto Grande as idades calibradas das amostras datadas foram utilizadas para a construção de uma cronologia no software Tilia, versão 1.7.16 (GRIMM, 1992), com base em interpolação linear. Essa cronologia foi utilizada para a interpolação e extrapolação das idades de amostras não datadas.

6.1.2.2 Datação LOE

A coleta de amostras para datação LOE foi realizada na base e no topo do horizonte E dos Espodossolos do Nativo da Gávea e do Nativo da Mantegueira. Essas amostras foram coletadas por meio da introdução horizontal de tubos de alumínio com cerca de 30 cm de comprimento (Figura 18).

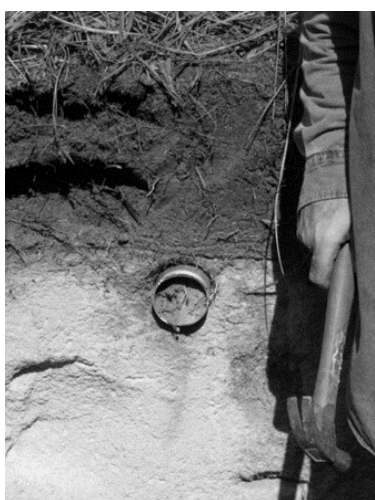


Figura 18 – Coleta de amostra para datação LOE no Nativo da Gávea

Os procedimentos analíticos foram realizados em câmara escura no Laboratório de Vidros e Datação da FATEC, sob orientação da Prof. Dra. Sonia Hatsue Tatumi. Para o tratamento químico foram utilizados de 50 a 100 ml das amostras, os quais foram tratados com lavagens em H_2O_2 a frio, HF 20%, durante 1 hora a frio, e HCl 20% a frio. As amostras foram secas e peneiradas para obtenção da fração entre 75 e 150 μm (ROCCA, 2012).

Para a detecção da luminescência por estimulação foi utilizado o equipamento Daybreak modelo 1100 da Daybreak Nuclear and Medical Systems. A paleodose foi estimada com base no protocolo de múltiplas alíquotas (MAR). As amostras tratadas foram divididas em 6 frações. Uma dessas frações foi utilizada como amostra natural, sem sofrer irradiação no

laboratório. As demais frações foram expostas ao sol e irradiadas com diferentes doses. Em seguida, a amostra natural e as irradiadas foram divididas em várias alíquotas, as quais foram pré-aquecidas até 260°C durante 10 segundos e estimuladas com luz ultravioleta (ROCCA, 2012).

Para determinação da dose anual foi utilizada espectrometria gama, com base nas radiações de urânio, tório e potássio.

6.1.3 Análises de carbono e nitrogênio

Os resultados das análises isotópicas de carbono e de nitrogênio são expressos pela unidade relativa “ δ ”, determinada em relação aos padrões internacionais VPDB e ar atmosférico, conforme mostrado nas equações 1 e 2:

$$\delta^{13}\text{C}(\text{‰}) = \frac{R_{amostra} - R_{VPDB}}{R_{VPDB}} \times 1000 \quad (1)$$

Onde $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ para a razão isotópica do carbono.

$$\delta^{15}\text{N}(\text{‰}) = \frac{R_{amostra} - R_{ar}}{R_{ar}} \times 1000 \quad (2)$$

Onde $R = {}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$ para a razão isotópica do nitrogênio.

As análises elementares envolvem a mensuração do carbono orgânico total – COT e do nitrogênio total – N total, expressos em porcentagem do peso seco da amostra. Através desses valores foram também calculadas as razões C/N para amostras de sedimento. As análises foram realizadas no Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA-USP, em espectrômetro de massas ANCA GSL, com uma precisão de 0,1% e 0,02%, respectivamente.

6.1.3.1 Plantas

As amostras de plantas foram lavadas em água desionizada e posteriormente secas em estufa a uma temperatura não superior a 50° C. Em seguida foram trituradas em moinho e homogeneizadas. Para realização da análise isotópica e elementar de carbono é utilizada uma quantidade entre 0,5 e 1 miligrama de amostra.

6.1.3.2 Solos e sedimentos

O procedimento adotado no pré-tratamento das amostras utilizadas para análises isotópicas e elementares é baseado em métodos descritos em Pessenda et al. (1996).

As amostras de solo do Nativo da Caingá foram secas ao ar, peneiradas em malha de 210 μm , limpas de raízes e outros fragmentos vegetais e animais, e homogeneizadas. Amostras coletadas no ponto Caingá P1 (Espodossolo ferrihumilúvico) foram analisadas somente em relação ao carbono. Amostras coletadas no ponto Caingá P2 (Espodossolo humilúvico) foram analisadas quanto ao carbono e ao nitrogênio. Entre 3 e 32 mg do material peneirado foram utilizados para análise de carbono, e entre 52 e 75 mg para análise de nitrogênio.

O testemunho do Nativo do Flamengo foi analisado a cada dois centímetros. Inicialmente foram retirados raízes e outros fragmentos vegetais contaminantes. Em seguida as amostras foram secas em estufa a cerca de 50 °C. Foram utilizadas massas entre 2 e 42 mg para análise de carbono, e entre 11 e 50 mg para análise de nitrogênio

O testemunho sedimentar coletado na Lagoa Canto Grande foi submetido às análises de C e N a cada dois centímetros. Das amostras de sedimento foram retirados raízes e outros fragmentos vegetais contaminantes. Em seguida as amostras foram secas em estufa a cerca de 50 °C. Foram utilizadas massas entre 3 e 21 mg para análise de carbono, e entre 21 e 69 mg para análise de nitrogênio.

6.1.4 Bioindicadores

6.1.4.1 Espículas de esponjas

Amostras do Nativo da Caingá e do Nativo do Flamengo foram tratadas com H_2O_2 a quente (cerca de 50 °C) para remoção da matéria-orgânica e, posteriormente, lavadas com água destilada. Em seguida foi adicionada solução de HCl 10%, também a quente (cerca de 50°C), durante 10 minutos. As amostras foram novamente lavadas com água, e os resíduos guardados imersos em água em frascos identificados. O material silicoso resultante foi seco e montado em lâminas de microscopia de luz com uso de Naphrax ou Entellan como meio de montagem.

6.1.4.2 Palinologia

Para o testemunho de sedimento lacustre da Lagoa Canto Grande foram utilizadas sub-amostras de 1 cm^3 , enquanto que para o testemunho de Espodossolo alagado coletado no Nativo do Flamengo foram utilizadas sub-amostras de 2 cm^3 .

As sub-amostras do Nativo do Flamengo, por serem constituídas em sua maioria por areia grossa, foram previamente peneiradas em malha de 350 µm com KOH 5%. O tratamento polínico para as amostras de sedimento e de Espodossolo baseia-se no método apresentado por Colinvaux et al. (1999), com adição de pastilhas de *Lycopodium* exótico (BENNINGHOFF, 1962), dissolução de sílica com HF, remoção de matéria-orgânica com KOH 5% e acetólise. O resíduo final foi montado em lâminas de microscopia de luz, com o uso de glicerina líquida como meio de montagem.

A contagem consistiu na leitura de pelo menos três lâminas para cada sub-amostra, até a totalização de no mínimo 200 grãos de táxons arbóreos ou arbustivos. A soma de pólen inclui tipos arbóreos/arbustivos, herbáceos e indeterminados, e é a base para o cálculo das porcentagens.

Os cálculos de porcentagem, concentração e influxo, bem como a construção dos diagramas, foram realizados com o uso do software Tilia, versão 1.7.16 (GRIMM, 1992). Para análise de agrupamentos foi utilizado o software CONISS (GRIMM, 1987).

6.2 Resultados e discussão

Inicialmente são apresentados e discutidos os resultados obtidos nas diferentes amostras de Espodossolo. Em seguida é apresentada uma discussão integrada dos dados obtidos nos Espodossolos.

Os resultados do testemunho sedimentar da Lagoa Canto Grande são apresentados e discutidos no final.

6.2.1 Espodossolos

6.2.1.1 Datações ¹⁴C

A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos nos diferentes pontos de estudo de Espodossolo, os quais são discutidos a seguir.

Com exceção do Nativo do Flamengo, não foram observadas inversões nos demais pontos estudados. Entretanto, a inversão observada nas profundidades de 49-51 cm e 47-49 cm do Nativo do Flamengo pode ser justificada com base nos diferentes pré-tratamentos utilizados nessas amostras. A hidrólise utilizada na amostra localizada a 47-49 cm foi realizada a quente, sendo portanto mais agressiva que a hidrólise a frio realizada na amostra localizada a 49-51 cm, resultando em uma maior remoção de ácidos fúlvicos e uma maior idade.

A fração humina da matéria-orgânica do solo dos diferentes pontos apresentou idades variando de 34346 ± 326 anos A.P. (38890 anos cal. A.P.), no horizonte B espódico do Nativo da Mantegueira, a 1035 ± 29 anos A.P. (880 anos cal. A.P.) a 22-24 cm de profundidade do horizonte H do perfil P2 do Nativo da Caingá.

Tabela 15 – Resultados das datações ^{14}C

Local/amostra	Prof. (cm)	Código do Laboratório	Idade ^{14}C (anos AP)	Idade calibrada 2σ (anos cal. AP)	Média (anos cal. AP)
<u>Nativo da BR</u>					
BR P1' 140-150	140-150	LACUFF140147	8647 ± 97	9908-9428	9668
<u>Nativo da Caingá (P1)</u>					
Caingá P1' 69-78	69-78	LACUFF140426	23619 ± 158	27953-27446	27700
<u>Nativo da Caingá (P2)</u>					
Caingá P2 22-24	22-24	LACUFF140421	1035 ± 29	957-803	880
Caingá P2 18-28	18-28	CENA1190	1210 ± 70	1266-936	1101
Caingá P2 42-44	42-44	LACUFF140422	18917 ± 97	22998-22477	22738
Caingá P2 52-63	52-63	UGAMS11690	25110 ± 60	29393-28847	29120
Caingá P2 106-114	106-114	UGAMS11691	26150 ± 70	30782-30076	30429
<u>Nativo do Flamengo</u>					
NF 23-21	21-23	LACUFF150039	1937 ± 51	1991-1713	1852
NF 49-47	47-49	LACUFF150040	5906 ± 40	6788-6555	6672
NF 51-49	49-51	UGAMS15861	5320 ± 30	6181-5941	6061
<u>Nativo da Gávea</u>					
P1 91-111	91-111	LACUFF140146	12282 ± 97	14682-13820	14251
<u>Nativo da Mantegueira</u>					
P6 150-158	150-158	LACUFF150041	34346 ± 326	39654-38126	38890

UGAMS: Laboratório AMS da Universidade da Geórgia; LACUFF: Laboratório AMS da Universidade Federal Fluminense; CENA: Laboratório ^{14}C do CENA/USP.

As idades obtidas na fração humina do horizonte B espódico dos diferentes pontos variaram de 38890 anos cal. AP no Nativo da Mantegueira, a 9668 anos cal. AP no Nativo da BR. Como apresentado anteriormente, os Espodossolos são caracterizados pela ocorrência do horizonte B espódico em subsuperfície, o qual é formado pela acumulação iluvial de matéria-orgânica originada dos horizontes superiores (EMBRAPA, 2013). Dessa forma, as idades ^{14}C obtidas na matéria-orgânica do horizonte B espódico dos Espodossolos indicam uma mistura de matéria-orgânica e, de modo geral, tende a ser rejuvenescida devido à constante iluviação de matéria-orgânica mais recente e a oxidação da matéria-orgânica mais antiga (PERRIN et al., 1964).

No entanto, de acordo com Buurman e Jongmans (2005) os Espodossolos oligotróficos tropicais, com reduzida atividade biológica, apresentam maior tempo de residência da matéria-orgânica no horizonte B espódico. Por sua vez, Perrin et al. (1964) consideram o horizonte B espódico de Espodossolos oligotróficos como biologicamente inertes, com baixa ciclagem de matéria-orgânica, situação na qual as idades ^{14}C obtidas refletiriam uma idade mínima para a formação desse horizonte.

Caso as idades ^{14}C obtidas para os horizontes B espódicos dos perfis estudados sejam consideradas como idades mínimas de formação desses horizontes, as diferenças entre os perfis podem indicar diferenças substanciais entre as idades de início de acumulação desse horizonte: Nativo da BR (9668 anos cal. AP); Nativo da Gávea (14251 anos cal. AP); Nativo da Caingá (27700 anos cal. AP); Nativo da Mantegueira (38890 anos cal. AP). Considerando que todas as extrações da fração humina tiveram a mesma qualidade analítica, as diferenças de idade podem estar associadas ao tempo mínimo de estabelecimento da vegetação de cobertura em cada local (ou seja, a vegetação de cobertura do Nativo da BR é mais recente e a do Nativo da Mantegueira mais antiga), mas também podem estar relacionadas à razão entre a concentração de humina mais recente e a concentração de humina mais antiga no horizonte espódico.

Situação semelhante foi observada por Schwartz (1988) em Espodossolos do Congo, cujas idades obtidas na matéria-orgânica de horizontes B espódicos sugerem distintos períodos de formação desses horizontes, um entre 40000 e 30000 anos AP, e outro por volta de 10000 anos AP, sempre associados a momentos de clima mais úmido.

6.2.1.2 Datações LOE

A Tabela 16 apresenta os resultados das datações LOE realizadas em amostras coletadas nos horizontes E dos Espodossolos do Nativo da Gávea e do Nativo da Mantegueira.

Tabela 16 – Resultados das análises LOE

Local e amostra	Profundidade (cm)	Dose anual (10^{-6} Gy/ano)	Dose acumulada (Gy)	Idade (anos)	Erro (anos)
Nativo da Gávea (GT33)	33	565±46	11	19336	±2556
Nativo da Gávea (GB85)	85	328±51	122	371409	±76821
Nativo da Mantegueira (MT32)	32	569±83	22	38965	±7628
Nativo da Mantegueira (MB138)	138	556±63	233	419213	±68833

Em ambos os pontos estudados não ocorrem inversões de idades, sendo as amostras mais profundas de idades superiores às amostras mais superficiais. A idade da amostra superficial do Nativo da Mantegueira (38965 ± 7628 anos) é cerca de duas vezes mais antiga do que a idade obtida para a amostra superficial do Nativo da Gávea (19336 ± 2556 anos), e as amostras basais dos dois pontos possuem idades semelhantes (419213 ± 68833 e 371409 ± 76821 anos, respectivamente).

As idades LOE em ambos os pontos são similares àquelas obtidas por Tatum et al. (2008) para Sedimentos Pós-Barreiras no nordeste do estado do Pará. Nesse estudo, no entanto, os autores consideraram que as amostras mais antigas (com idades entre 112000 ± 14000 anos e 430000 ± 60000 anos), por apresentarem evidências de bioturbação, foram depositadas em condições subaquosas, refletindo, então, o tempo de deposição em sítios deposicionais anteriores.

Conforme apresentado na Tabela 17, tanto no Nativo da Gávea quanto no Nativo da Mantegueira, as idades LOE obtidas para as amostras inferiores dos horizontes E são muito superiores às idades ^{14}C obtidas para as amostras dos horizontes B espódicos. Essa diferença reflete os materiais e as técnicas utilizadas, os quais datam eventos distintos: a datação LOE data o momento de sedimentação dos grãos de quartzo, enquanto que a datação ^{14}C data a dinâmica da matéria-orgânica presente no solo, que se infiltra a partir da superfície.

Tabela 17 – Datações LOE e ^{14}C realizadas nos nativos da Gávea e Mantegueira

Horizonte	Profundidade (cm) ¹	Datação	Idade ²
Nativo da Gávea			
E	33	LOE	19336 ±2556
E	85	LOE	371409 ±76821
B espódico	101	^{14}C	14251
Nativo da Mantegueira			
E	32	LOE	38965 ±7628
E	138	LOE	419213 ±68833
B espódico	154	^{14}C	38890

(1) Profundidade média, para amostras do horizonte B espódico;

(2) Anos cal. AP para datações ^{14}C .

Fatores pedogenéticos, tais como os efeitos do intemperismo e a pedoturbação, também devem ser levados em conta quando da interpretação das idades LOE, pois podem interferir nas idades obtidas pelas técnicas de luminescência.

Como resultado do intemperismo, a iluviação e concentração de elementos radioativos em horizontes mais profundos dos perfis estudados pode resultar em maiores taxas de dose de irradiação nesses horizontes e maiores doses acumuladas nas amostras analisadas (JEONG et al., 2007; STOCKMANN et al., 2013).

A pedoturbação causada por processos biológicos do solo, principalmente nos 25 cm superiores do perfil, pode transportar grãos para a superfície do solo, expondo os grãos de quartzo à luz solar e reduzindo sua dose acumulada. Esses mesmos processos biológicos podem transportar grãos com menores doses acumuladas para camadas mais profundas do solo, misturando-os com os grãos “mais antigos”. Portanto, a movimentação vertical causada pelos processos biológicos pode levar a obtenção de menores idades LOE em amostras mais superficiais (STOCKMANN et al., 2013). Em Caravelas, Bahia, Sarcinelli et al. (2013) estudaram a influência das colônias de cupins na determinação de características superficiais dos solos de vegetação de muçununga. Os autores mostraram a importância da pedoturbação causada por esses organismos, relacionando maiores concentrações de nutrientes, carbono orgânico e argila nos montes formados por cupinzeiros, os quais podem representar volumes totais de até 10,5 m³ por hectare.

6.2.1.3 Análise de C e N

Valores isotópicos e elementares de carbono de plantas dominantes e da matéria-orgânica dos solos do Nativo da Gávea e do Nativo da Mantegueira são apresentados por Buso Junior et al. (2013b). As análises evidenciaram o predomínio de plantas de ciclo fotossintético C3 ($\delta^{13}\text{C}$ de -30,3‰ a -27,5‰) na vegetação atual, bem como o predomínio de matéria-orgânica originada de plantas C3 ao longo dos perfis estudados, tanto no Nativo da Gávea ($\delta^{13}\text{C}$ de -28,4‰ a -25,3‰), quanto no Nativo da Mantegueira ($\delta^{13}\text{C}$ de -28,9‰ a -27,6‰).

Os resultados das análises de C e N obtidos no Nativo da Caingá e no Nativo do Flamengo são inicialmente apresentados e discutidos somente com relação aos horizontes e profundidades. A relação desses resultados com as idades ^{14}C calibradas é feita somente quando da discussão em conjunto com os resultados dos bioindicadores e também na interpretação conjunta dos pontos de Espodossolos.

6.2.1.3.1 Nativo da Caingá

A Tabela 18 apresenta os resultados das análises de $\delta^{13}\text{C}$ realizadas nas plantas coletadas no Nativo da Caingá.

Tabela 18 – Composição isotópica de carbono de plantas coletadas no Nativo da Caingá

Espécie	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Ponto P1	
Poaceae sp	-12,79
Ponto P2	
<i>Digitaria horizontalis</i> (Poaceae)	-14,54
Mata do entorno	
<i>Polyandrococos caudescens</i> (Arecaceae)	-33,90
<i>Eugenia excelsa</i> (Myrtaceae)	-34,80
<i>Ocotea</i> sp. (Lauraceae)	-34,70
<i>Marlierea obversa</i> (Myrtaceae)	-32,36
<i>Ouratea</i> sp. (Ochnaceae)	-34,98

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ indicam o predomínio de plantas C4 no interior do Nativo da Caingá. A gramínea *Digitaria horizontalis* ($\delta^{13}\text{C}=-14,54\text{‰}$) é dominante na maior parte do campo nativo, sobre Espodossolo humilúvico, formando densa cobertura herbácea. Poaceae sp ($\delta^{13}\text{C}=-12,79\text{‰}$), ocorre somente na mancha de Espodossolo ferrihumilúvico do centro do campo nativo. As plantas coletadas na vegetação de mata de tabuleiro que ocorre no entorno do nativo são todas de ciclo fotossintético C3.

Os resultados das análises de carbono da matéria-orgânica do Espodossolo ferrihumilúvico do centro do Nativo da Caingá (perfil P1) são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Resultados da análise de carbono nos horizontes do perfil P1 do Nativo da Caingá

Horizonte	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
A (0-11 cm)	2,23	-16,20
E1 (11-29 cm)	0,55	-16,17
E2 (29-58 cm)	0,18	-17,21
Bh (58-74 cm)	7,69	-22,92
Bhsm1 (74-103 cm)	2,79	-23,93
Bhsm2 (103-120 cm)	1,87	-25,00

As concentrações de carbono orgânico total no perfil P1 do Nativo da Caingá variaram de 0,2 a 7,7%. Maiores concentrações de carbono orgânico foram encontradas no horizonte B espódico (7,7%, 2,8% e 1,9%), seguido do horizonte A (2,2%), e do horizonte E (0,2 a 0,6%). Esses valores refletem a dinâmica da matéria-orgânica nos Espodossolos, com a lixiviação da matéria-orgânica dos horizontes superiores e sua acumulação no horizonte B espódico. Quando da classificação do solo em estudo, Secretti (2013) encontrou uma tendência similar para a concentração do carbono orgânico total.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram de -25,0‰ (plantas C3) na base do horizonte B espódico a -16,2‰ (plantas C4) nos horizontes E1 e A. De acordo com a dinâmica da matéria-orgânica em Espodossolos, pode-se supor que o sinal isotópico de carbono do horizonte B espódico esteja sendo enriquecido pela constante entrada e acumulação de carbono originado dos horizontes superiores. Assim, o valor de -22,9‰ obtido no topo do horizonte B espódico pode ser considerado como indicativo de uma mistura de matéria-orgânica mais antiga, originada de plantas C3, com matéria-orgânica mais recente, originada de plantas C4. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados nos horizontes E1 e A, por sua vez, refletem o predomínio de plantas C4 que ocorre atualmente no Nativo da Caingá.

A Tabela 20 e a Figura 19 apresentam os resultados das análises de C e N realizadas nas amostras coletadas no perfil P2 (Espodossolo humilúvico) do Nativo da Caingá.

Tabela 20 – Resultados das análises isotópicas e elementares realizadas nas amostras do perfil P2 do Nativo da Caingá

Profundidade (cm)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	N total (%)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C/N
H0					
3	23,56	-16,01	0,93	3,10	25,26
8	4,29	-16,60	0,32	3,64	13,24
H1					
13	4,22	-16,66	0,32	3,70	13,20
18	5,65	-17,31	0,34	3,68	16,43
23	11,05	-17,61	0,61	3,72	18,09
H2					
28	13,25	-18,30	0,83	3,61	15,99
33	8,16	-20,38	0,44	3,67	18,55
38	7,01	-22,20	0,33	3,14	21,24
43	7,95	-23,29	0,28	2,76	28,28
48	10,22	-24,20	0,31	2,53	32,76
53	10,38	-25,23	0,43	2,53	23,92
58	14,51	-25,75	0,46	2,51	31,62

continua

H3						
	63	12,06	-25,80	0,42	2,44	28,92
	70	7,96	-26,19	0,22	2,48	36,00
	75	3,93	-26,03	0,14	2,25	28,50
	80	1,80	-26,06	0,10	2,18	18,19
	85	1,69	-26,00	0,06	2,89	29,67
A						
	92	2,60	-26,49	0,07	2,87	35,08
	97	1,01	-26,36	0,09	2,24	11,66
	102	2,65	-26,10	0,09	2,28	30,44
E						
	107	1,26	-25,75	0,06	2,79	22,45
	112	1,51	-26,02	0,09	2,47	17,76
Bh						
	119	0,76	-24,67	0,06	2,88	12,29
	123	1,32	-24,97	0,07	2,59	18,58

Horizontes pedológicos de acordo com Secretti (2013).

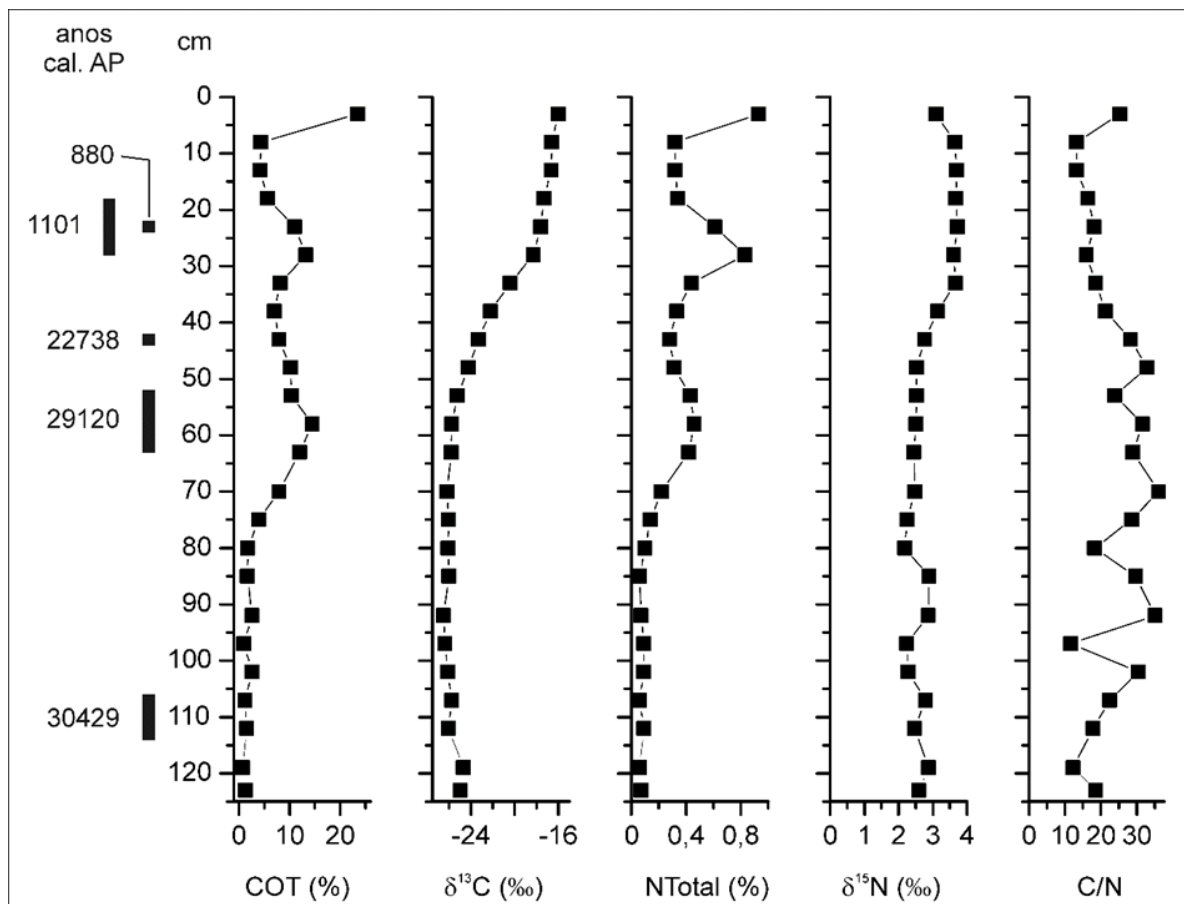


Figura 19 – Resultados das análises de carbono e nitrogênio efetuadas no perfil P2 do Nativo da Caingá e idades calibradas das datações ^{14}C

Os valores de COT no Nativo da Caingá variaram entre 0,8% e 23,6%. As menores concentrações de carbono orgânico ocorreram nas amostras coletadas nos horizontes Bh, E, A e na base do horizonte H (de 0,8% a 2,7%). Amostras coletadas no horizonte H (H3 a H0) apresentaram concentrações mais elevadas, variando entre 3,9% e 23,6%.

As concentrações de N total variaram entre 0,06% e 0,9%, e as variações observadas seguem tendências similares às aquelas observadas para o carbono orgânico total (Figura 19). Os menores valores são observados nas amostras coletadas nos horizontes Bh, E, A, e base do horizonte H, (de 0,06% a 0,1%). Valores mais elevados ocorrem nas amostras localizadas no horizonte H, acima de 80 cm (de 0,14% a 0,9%).

De um modo geral, as concentrações de COT e N total refletem a distribuição esperada da matéria-orgânica em um perfil de Espodosolo com horizonte H em superfície. As menores concentrações de carbono e nitrogênio ocorrem no horizonte E (eluvial), e as maiores concentrações ocorrem no horizonte hístico, constituído predominantemente de material orgânico vegetal (EMBRAPA, 2013).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre -26,5‰ e -16,0‰ ao longo do perfil. Os valores obtidos entre 123 e 48 cm (horizontes Bh, E, A, até a metade inferior do H) variaram entre -26,5‰ e -24,2‰. A partir da metade inferior do horizonte H (43 cm) é observada constante tendência de enriquecimento isotópico, com os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variando de -23,3‰ até -16,0‰ na amostra superficial. O enriquecimento isotópico de carbono a partir de 43 cm pode indicar a mudança da vegetação de cobertura, inicialmente constituída por plantas de ciclo fotossintético C3, gradualmente substituídas por plantas de ciclo C4. Os sinais isotópicos das amostras mais superficiais refletem a atual vegetação de cobertura, composta por gramínea C4.

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ mostraram-se relativamente constantes ao longo do perfil, variando de +2,2‰ a +3,7‰. Os valores mais enriquecidos (+3,1‰ a +3,7‰) são observados na metade superior do horizonte H e, de um modo geral, sugerem uma mistura de matéria-orgânica terrestre e aquática.

Os valores de C/N variaram entre 11,7 e 36,0, apresentando valores mais elevados da base do perfil até, aproximadamente, a metade inferior do horizonte H (43 cm). A partir de então, ocorre uma tendência de queda dos valores de C/N até o topo, com exceção da amostra superficial que volta a apresentar valor mais elevado. Os valores sugerem um predomínio de matéria-orgânica terrestre em alguns pontos (C/N entre 10 e 20) com maior influência aquática.

As análises de carbono e nitrogênio para as amostras entre a base e a metade inferior do horizonte H indicam plantas terrestres C3 como a principal fonte da matéria-orgânica. Algumas poucas amostras nesse intervalo apresentam valores C/N mais reduzidos (≈ 12) que podem indicar maior aporte de matéria-orgânica originada de fitoplâncton de água doce. Amostras localizadas na metade superior do horizonte H (33 cm ao topo) sugerem tendência de mudança da vegetação de cobertura: os valores de $\delta^{13}\text{C}$ enriquecem em direção ao topo do perfil, juntamente com leve enriquecimento do $\delta^{15}\text{N}$ e redução de C/N. Isso sugere que tanto plantas C4 como fitoplâncton passaram a contribuir com maior aporte de matéria-orgânica a partir desse momento.

6.2.1.3.2 Nativo do Flamengo

A coleta resultou em um testemunho com 57 cm de profundidade, além da camada de serapilheira com cerca de 5 cm de espessura. O testemunho coletado no Nativo do Flamengo é apresentado na Figura 20.

De sua base até cerca de 17 cm o testemunho do Nativo do Flamengo é composto por areia grossa. Variações de cor nesse intervalo (de cinza claro a negro) parecem indicar variações no conteúdo de matéria-orgânica misturada à areia. Os 16 cm superiores são compostos por matéria-orgânica em diferentes estágios de decomposição. A serapilheira (de 0 a -5 cm) é composta por material vegetal pouco decomposto.

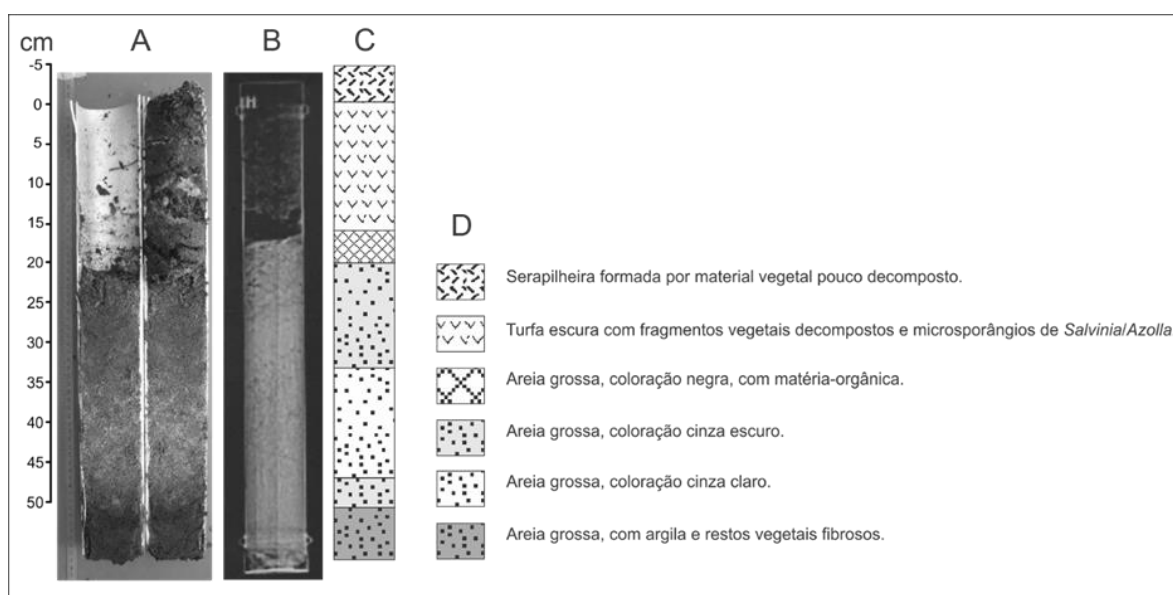


Figura 20 – Testemunho coletado no Nativo do Flamengo. A) Fotografia do testemunho cortado em duas metades. B) Radiografia do testemunho ainda fechado. C) e D) Descrição do testemunho

A Tabela 21 e a Figura 21 apresentam os resultados das análises de carbono e nitrogênio realizadas no testemunho do Nativo do Flamengo.

Os valores de COT no testemunho do Nativo do Flamengo variaram entre 0,8% e 56,2%. As menores concentrações ocorreram no intervalo entre 48 e 22 cm de profundidade (de 0,8% a 3,3%). As maiores concentrações ocorreram entre 56 e 50 cm (de 4,9% a 8,9%) e entre 22 e 2 cm (de 4,0% a 56,2%).

Tabela 21 – Resultados das análises isotópicas e elementares realizadas no testemunho coletado no Nativo do Flamengo

Profundidade (cm)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	N total (%)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C/N
2	42,32	-28,36	0,20	1,24	209,5
4	48,17	-28,09	0,42	0,79	114,1
6	56,21	-28,35	0,31	0,49	184,3
8	55,03	-28,26	0,39	0,77	141,5
10	46,04	-28,13	0,30	0,57	155,0
12	51,59	-28,23	0,39	0,18	131,6
14	26,29	-27,69	0,38	0,67	69,2
16	26,10	-27,48	0,55	0,75	47,8
18	12,37	-27,56	0,20	1,28	62,8
20	4,01	-26,94	0,11	1,20	35,8
22	1,79	-26,79	0,11	1,05	16,9
24	3,33	-25,97	0,11	1,03	29,2
26	3,03	-25,77	0,08	3,25	39,4
28	2,03	-26,06	0,04	2,15	46,0
30	1,94	-26,17	0,04	1,96	44,1
32	1,59	-26,62	0,03	1,62	49,8
34	1,92	-26,96	0,03	2,31	62,1
36	1,49	-27,44	0,02	1,61	82,6
38	0,80	-27,77	0,03	0,52	28,4
40	0,90	-27,96	0,02	1,06	37,4
42	2,01	-27,99	0,03	1,96	69,3
44	2,15	-27,98	0,04	0,52	50,0
46	3,21	-28,10	0,02	0,88	152,7
48	2,44	-28,30	0,03	0,34	71,7
50	4,86	-27,90	0,06	0,53	86,7
52	5,51	-27,28	0,04	0,06	128,1
54	7,46	-27,03	0,06	0,60	124,3
56	8,88	-27,13	0,07	-0,14	128,7

Os valores de N total variaram entre 0,02% e 0,6%, e seguem uma distribuição similar àquela observada para o COT. As menores concentrações ocorrem nas amostras entre 48 e 28 cm de profundidade (de 0,02% a 0,04%), e as maiores concentrações nas amostras 56 e 54 cm (0,06% a 0,07%) e de 26 cm ao topo (0,08% a 0,55%).

A distribuição das concentrações de nitrogênio total e, principalmente, de carbono orgânico ao longo do testemunho do Nativo do Flamengo parece refletir a distribuição da matéria-orgânica normalmente observada em Espodossolos. Dessa forma, um horizonte

iluvial B espódico (entre 56 e 50 cm) localizado subjacente ao horizonte eluvial E (entre 48 e 22 cm) indicaria a migração da matéria-orgânica da vegetação de cobertura ao longo do perfil. Essa interpretação é corroborada pelo mapa de distribuição de solos da Reserva Natural Vale, elaborado por Santos et al. (2004), no qual o lugar ocupado pelo Nativo do Flamengo é classificado como uma mancha de Espodosolo.

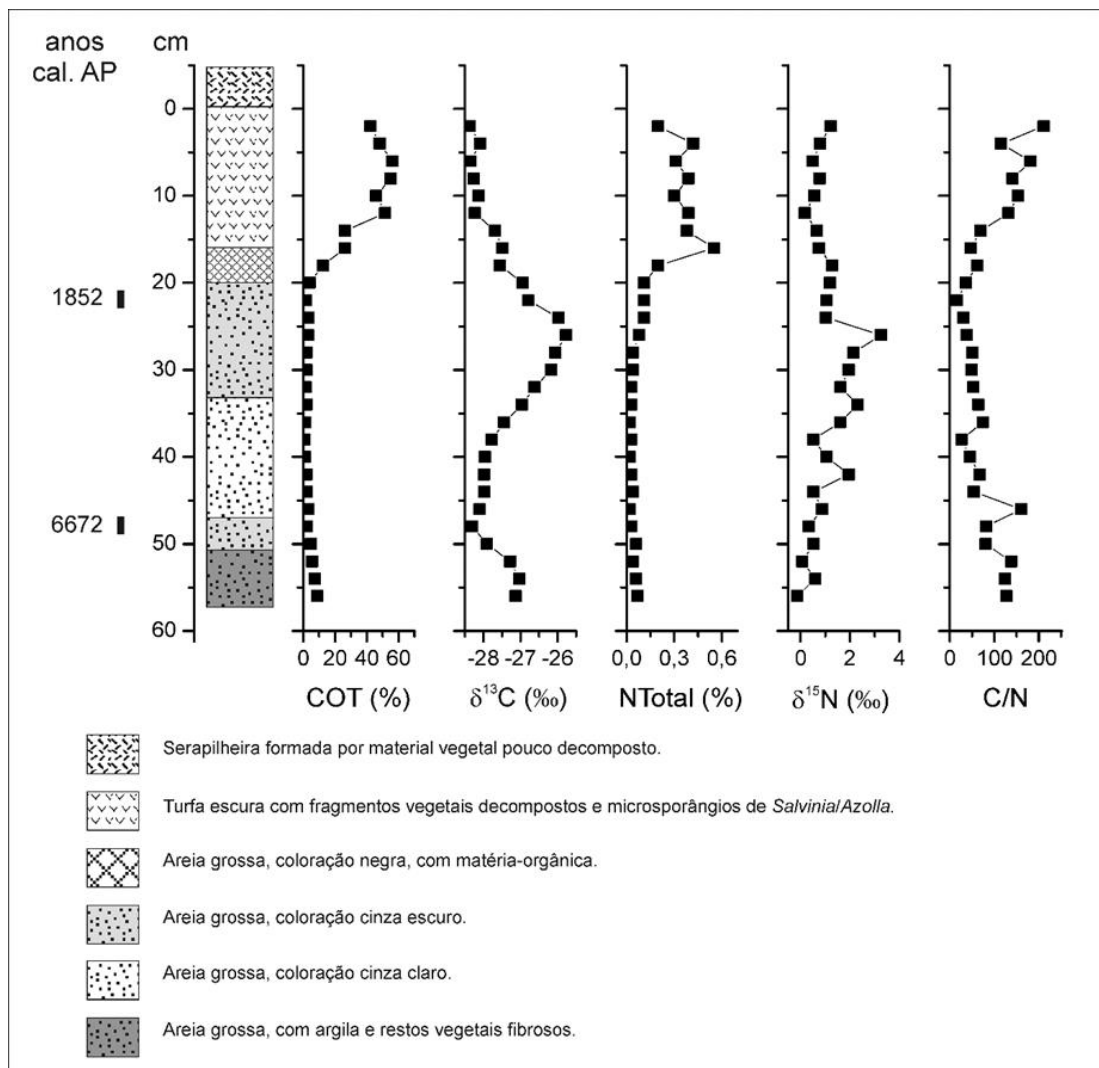


Figura 21 – Resultados das análises de C e N no testemunho do Nativo do Flamengo

As altas concentrações de carbono obtidas nas amostras entre 20 e 2 cm são resultado do acúmulo de material vegetal nas camadas mais superficiais, levando à formação de um material turfoso, sugerindo um ambiente redutor causado pelo acúmulo de água.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre -28,4‰ e -25,8‰. Tendências para valores mais enriquecidos são observadas nas amostras de 56 a 52 cm (de -27,3‰ a -27,0‰), e nas amostras entre 34 e 20 cm (de -27,0‰ a -25,8‰). A variação do $\delta^{13}\text{C}$ permanece dentro dos

valores esperados para matéria-orgânica originada de plantas vasculares de ciclo fotossintético C3 e para fitoplâncton de água-doce (Tabela 1).

Os valores de C/N variaram de 16,9 a 209,5. Os maiores valores ocorrem entre 56 e 46 cm (71,7 a 152,7) e entre 14 e 2 cm (69,2 a 209,5). Quando os valores de C/N são analisados em conjunto com os valores de $\delta^{13}\text{C}$, indicam matéria-orgânica originada principalmente de plantas vasculares C3 ao longo de todo o testemunho (Tabela 1 e Figura 22).

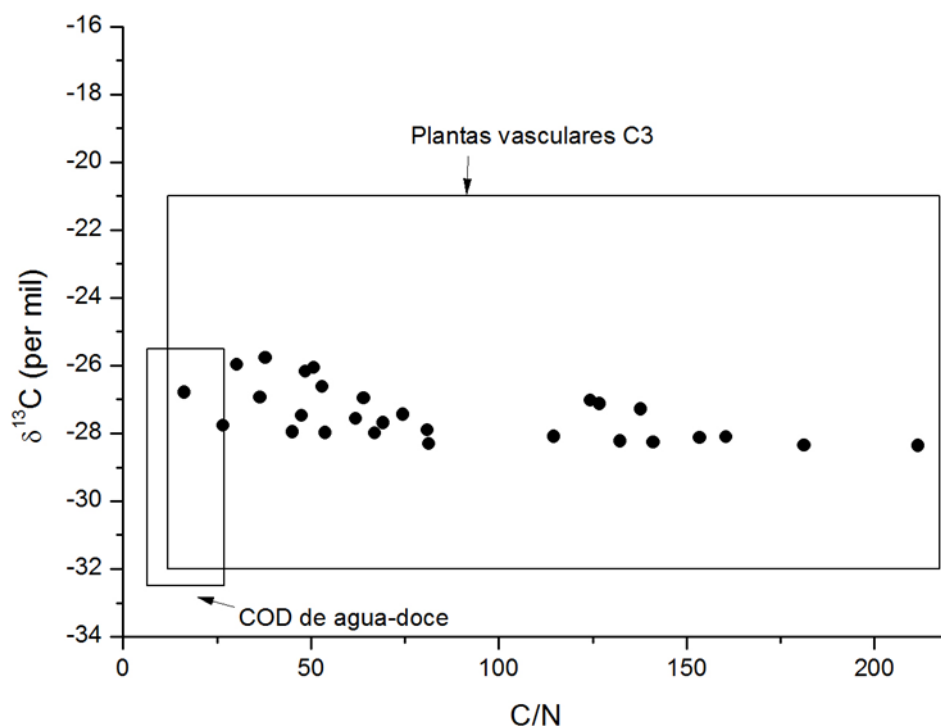


Figura 22 - C/N e $\delta^{13}\text{C}$ das amostras do testemunho NF. Os intervalos representativos das diferentes fontes de matéria-orgânica são baseados em Wilson et al. (2005)

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram entre $-0,14\text{‰}$ e $+3,3\text{‰}$, com tendência de enriquecimento isotópico das amostras mais basais até a profundidade de 26 cm (Figura 21). Esses valores mais enriquecidos podem tanto indicar maior aporte de matéria-orgânica fitoplanctônica (Tabela 1), quanto ser resultado do processo de denitrificação devido as condições anaeróbias do substrato (MARIOTTI et al., 1984). De 24 cm até o topo os valores são mais empobrecidos, variando de $+0,18\text{‰}$ a $+1,28\text{‰}$.

6.2.1.4 Espículas de esponjas

6.2.1.4.1 Nativo da Caingá

Somente duas amostras foram investigadas para a presença de espículas de esponjas no perfil P2 do Nativo da Caingá (8 cm e 28 cm). Os resultados qualitativos mostram a presença de megascleras e gemoscleras de *Racekiela sheilae* (VOLKMER-RIBEIRO et al., 1988) em ambas as amostras do horizonte H (Figura 23).

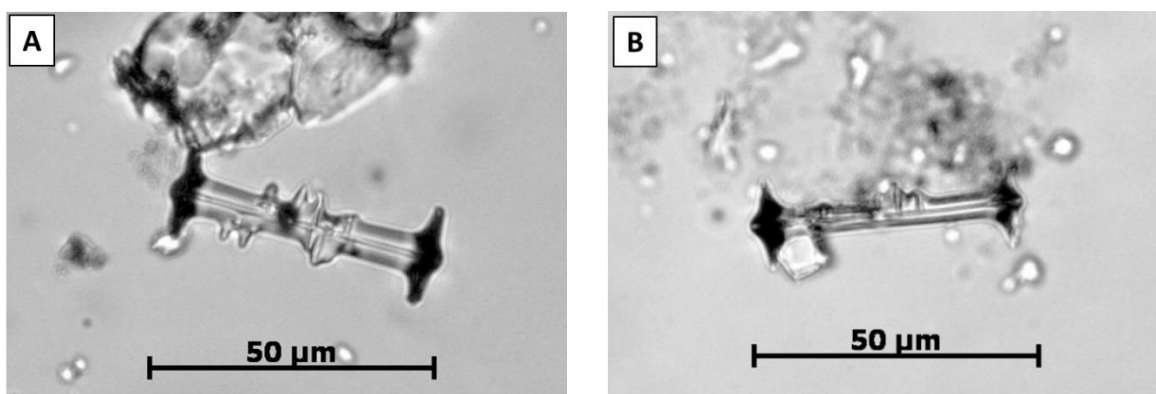


Figura 23 – Gemoscleras da classe curta de *Racekiela sheilae* encontradas nas profundidades de 8 cm (A) e 28 cm (B) do perfil P2 do Nativo da Caingá

Com base em um levantamento realizado em ambientes costeiros no Rio Grande do Sul Volkmer-Ribeiro e Machado (2007) verificaram que *Racekiela sheilae* coloniza preferencialmente lagoas muito rasas e temporárias, ou campos alagados, sempre de água-doce, próximos a paleodunas, formando delgadas crostas sobre caules de pequenas macrófitas ou sobre conglomerados de areia e cascalho. Assim, as autoras sugerem que as espículas de *Racekiela sheilae* possam ser utilizadas como indicadoras desse tipo de ambiente quando encontradas substratos quaternários.

Esse resultado corrobora a interpretação feita com base nos dados de carbono e nitrogênio, segundo a qual a metade superior do horizonte H (33 cm ao topo) mostra tendência de aumento do aporte de matéria-orgânica de fitoplâncton. Portanto, desde cerca de 1000 anos cal. AP, o Nativo da Caingá pode ter sido caracterizado como um ambiente de lagoa temporária, ou campo alagado, sujeito a inundação sazonal.

6.2.1.4.2 Nativo do Flamengo

Os resultados obtidos na análise de espículas de esponjas realizada no testemunho do Nativo do Flamengo são apresentados na Tabela 22 e na Figura 24.

Os resultados obtidos no Nativo do Flamengo indicam que espículas de esponjas estão presentes em quase todo o testemunho, com exceção das camadas mais basais. De 50 a 30 cm de profundidade são encontradas somente megascleras e gemoscleras de *Racekiela sheilae*. Nas camadas mais superficiais (20, 10 e 4 cm) as espículas de *Racekiela sheilae* continuam presentes, mas em conjunto com gemoscleras de *Anheteromeyenia vitrea* (BUSO JUNIOR et al., 2012).

Tabela 22 – Espículas de esponjas encontradas no testemunho coletado no Nativo do Flamengo

Profundidade (cm)	Descrição das espículas encontradas
4	Gemoscleras e megascleras de <i>Racekiela sheilae</i> , e gemoscleras de <i>Anheteromeyenia vitrea</i> .
10	Gemoscleras e megascleras de <i>Racekiela sheilae</i> e gemoscleras de <i>Anheteromeyenia vitrea</i> .
20	Gemoscleras e megascleras de <i>Racekiela sheilae</i> e gemoscleras de <i>Anheteromeyenia vitrea</i> .
30	Gemoscleras e megascleras de <i>Racekiela sheilae</i> .
40	Gemoscleras e megascleras de <i>Racekiela sheilae</i> .
50	Gemoscleras e megascleras de <i>Racekiela sheilae</i> .

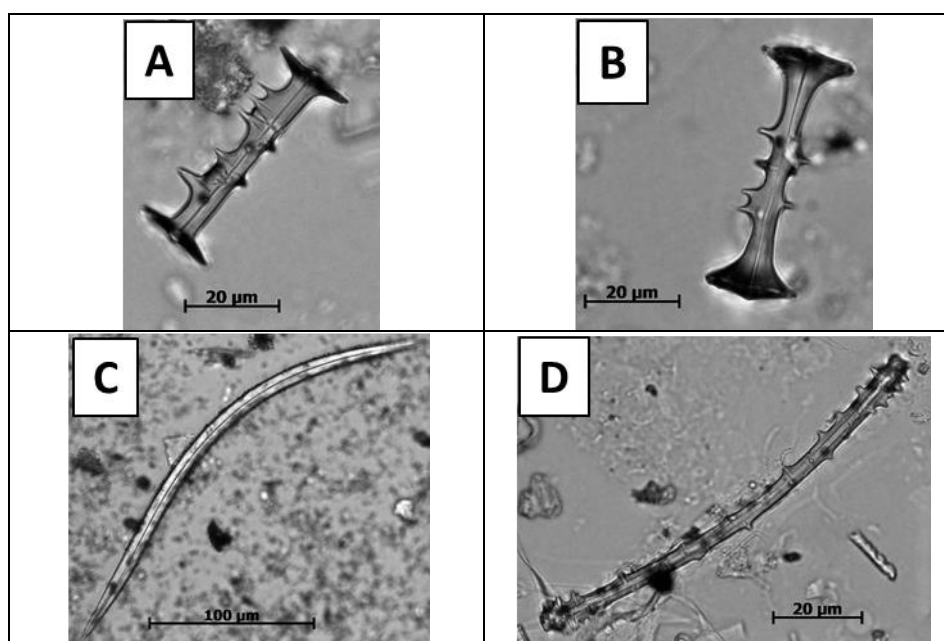


Figura 24 – Espículas de esponjas encontradas no testemunho coletado no Nativo do Flamengo; A) e B) Gemoscleras da classe curta de *Racekiela sheilae*; C) Megasclera de *Racekiela sheilae*; D) Gemosclera de *Anheteromeyenia vitrea*

Anheteromeyenia vitrea ocorre atualmente no Nativo do Flamengo e é, até o momento, exclusiva desse local, onde foi coletado seu exemplar tipo (BUSO JUNIOR et al., 2012). Portanto, o ambiente conhecido para a ocorrência dessa espécie é caracterizado pelas condições atualmente presentes no Nativo do Flamengo: área de vegetação aberta circundada por muçununga arbórea; apresenta predomínio de cobertura herbácea, mas com árvores esparsamente distribuídas; local sujeito a alagamentos sazonais, com cobertura superficial de turfa e serapilheira, com subsuperfície encharcada mesmo na estação seca.

A distribuição dos conjuntos de espículas ao longo do testemunho do Nativo do Flamengo sugere que o intervalo de 50 a 30 cm (cerca de 7000 a 2000 anos cal. AP) represente um ambiente de lagoa temporária muito rasa, com vegetação de pequeno porte (de ervas a pequenos arbustos), ou um campo temporariamente alagado. A partir de cerca de 2000 anos cal AP, a ocorrência de *Anheteromeyenia vitrea* indica a mudança para condições semelhantes às atuais, com maior presença de espécies arbóreas no interior do campo nativo e maior acumulação de material turfoso e serapilheira em superfície.

6.2.1.5 Palinologia

De acordo com Larocque e Campbell (1998) o húmus presente em determinados tipos de solos pode apresentar algumas características vantajosas para estudos palinológicos. Além da facilidade de amostragem e de obtenção de réplicas, o sinal polínico preservado no húmus é representativo da vegetação local, permitindo o estudo de fenômenos ecológicos tais como a competição interespecífica, a sucessão ecológica e o efeito direto do homem sobre a vegetação. Ainda segundo os autores, apesar dessas vantagens, o uso do húmus para estudos palinológicos não é muito comum, pois a ele são atribuídas características tais como a má preservação dos grãos de pólen, estratigrafia duvidosa e a dificuldade de se estabelecer uma datação confiável.

Dimbleby (1952) mostrou que perfis de Espodossolos na Inglaterra podem preservar grandes quantidades de pólen e esporos, cuja estratigrafia representa o histórico de mudanças da vegetação local. Larocque e Campbell (1998) relacionam vários estudos palinológicos realizados em Espodossolos, todos eles em regiões temperadas e boreais do hemisfério norte.

A seguir são apresentados os resultados da análise palinológica realizada no testemunho coletado no Nativo do Flamengo. Como dito anteriormente, o solo do local não foi diretamente classificado. Sua denominação como Espodossolo é baseada no mapa de solos apresentado por Santos et al. (2004), sendo aparentemente corroborada pela distribuição do carbono orgânico ao longo do perfil, como apresentado anteriormente.

A Tabela 23 apresenta os resultados das contagens de grãos de pólen e esporos obtidas em 11 amostras do testemunho do Nativo do Flamengo.

Tabela 23 – Dados de contagem da análise polínica realizada nas amostras do Nativo do Flamengo

Tipos	Amostras (cm)										
	Ser.	4	10	16	20	26	32	36	40	46	50
Aquáticos											
Echinodorus	0	0	0	0	9	5	2	1	1	1	0
Laurembergia	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Nymphaeaceae/Pontederiaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Potamogeton	0	0	130	241	37	0	0	0	0	0	0
Salvinia/Azolla	29	13	125	32	145	200	111	64	59	53	33
Typha	8	2	4	5	39	6	5	0	3	0	0
Utricularia	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0
Arbóreos e arbustivos											
Abuta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Actinostemon/Euphorbia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Alchornea/Aparisthmium	60	119	37	49	39	22	32	13	26	15	7
Anacardiaceae	19	39	8	25	10	12	26	29	21	32	33
Araliaceae	2	1	0	0	3	3	0	0	1	0	0
Arecaceae	8	1	21	39	24	21	4	3	5	9	4
Bauhinia	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Caryocar	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Casearia	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Cecropia	8	3	24	10	6	1	0	1	1	0	0
Celtis	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
Chrysobalanaceae	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Chrysophyllum	1	0	2	1	6	11	3	4	3	0	0
Coussapoa	1	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0
Crepidosperrum/Protium	0	1	1	2	1	2	1	0	0	0	0
Croton	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	1
Dioclea	0	0	0	0	0	1	6	1	1	0	0
Eriotheca	0	0	1	0	1	4	3	0	1	1	3
Ficus	0	2	2	0	1	1	1	0	0	0	0
Forsteronia	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gallesia	0	1	1	1	2	6	0	1	0	0	0
Glycydendron	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Guapira	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Hedyosmum	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0
Hibiscus/Urena	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0
Ilex	1	0	4	3	6	2	4	2	1	4	1
Kielmeyera	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Machaerium	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Malpighiaceae	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Maytenus	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Melastomataceae/Combretaceae	20	9	25	15	27	36	49	41	40	45	32
Meliaceae	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
Mimosoideae	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Myroxylon	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Myrtaceae	10	11	9	16	29	60	63	83	112	79	72
Pachira	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Parkia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pinus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Proteaceae/Sapindaceae	1	1	0	1	0	6	7	6	12	6	4
Pseudobombax	0	0	0	0	0	3	1	3	0	1	1
Pterocarpus	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rapanea	65	10	22	15	15	0	2	0	0	1	7
Rhamnidium	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhedia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
Rinorea	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Sapium	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0

continua

Tabela 23 – Dados de contagem da análise polínica realizada nas amostras do Nativo do Flamengo

Tipos	Amostras (cm)										
	Ser.	4	10	16	20	26	32	36	40	46	50
Sapotaceae	0	0	0	2	1	2	3	0	0	0	0
Sebastiania	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Senefeldera	1	1	0	1	1	2	1	3	0	1	0
Senna	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Simarouba	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sloanea	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Solanaceae	0	0	1	1	0	0	0	1	3	0	2
Swartzia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Symplocos	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
Trema	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0
Urticaceae/Moraceae	6	10	28	13	19	2	1	6	0	2	3
Virola	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Zanthoxylum	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0
Herbáceos											
Amaranthaceae	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	17	9	15	13	30	45	47	31	35	27	22
Begonia	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
Borreria	0	1	0	0	0	4	2	1	0	0	0
Bromeliaceae	1	0	0	0	1	1	5	1	3	0	4
Coccocipsum/Declieuxia	0	0	0	0	1	1	2	0	2	1	0
Cyperaceae	52	23	302	101	58	15	3	1	0	17	4
Ludwigia	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Plukenetia	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	5	4	6	11	144	385	493	294	308	151	175
Polygonum	0	0	1	0	3	8	6	0	2	1	0
Sauvagesia	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Xyris	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Esporos terrestres											
Cyatheaceae	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
Lycopodiella	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lygodium	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
Monolete	18	36	29	3	9	22	5	18	1	18	4
Onychium	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Polypodiaceae	4	9	6	7	15	59	41	19	31	28	24
Pteridaceae	0	0	0	4	10	17	8	3	2	6	3
Trilete	0	0	5	3	4	9	4	3	1	1	2
Indeterminados											
4CPeq	1	0	0	4	2	15	2	5	0	3	2
Outros indeterminados	26	26	28	32	81	114	148	80	141	73	67
Ervas aquáticas											
Arbóreas e arbustivos	217	213	205	204	206	207	211	200	231	200	202
Herbáceos	76	38	326	127	240	461	558	328	350	198	206
Esporos terrestres	22	45	42	17	39	110	62	43	35	53	33
Indeterminados	27	26	28	36	83	129	150	85	141	76	69
Soma de pólen											
Marcador exótico	320	277	559	367	529	797	919	613	722	474	477
	217	141	284	125	642	591	294	316	966	1314	2935

Ser = serapilheira.

Com exceção da amostra 56 cm, a qual mostrou-se estéril, as demais apresentaram grãos de pólen e esporos bem preservados, tanto as camadas turfosas, quanto as arenosas. Foram identificados 89 tipos polínicos, classificados em aquáticos, arbóreos/arbustivos, herbáceos e esporos. Além desses tipos, é também quantificado separadamente o tipo polínico não identificado 4CPeq, o qual mostrou-se relevante no estudo da chuva polínica (item 5.2.7.3). A Figura 25 apresenta o diagrama polínico de porcentagens de alguns tipos selecionados.

As porcentagens encontradas nas amostras do Nativo do Flamengo mostram predomínio de tipos arbóreos/arbustivos (23% a 77%), herbáceos (14% a 61%) e aquáticos (5% a 78%) ao longo do perfil. Esporos de pteridófitas terrestres também ocorreram em todas as amostras, mas em porcentagens bem menores (5% a 16%). Os grãos indeterminados variaram de 5% a 20%.

A análise de agrupamentos pelo CONISS (GRIMM, 1987), realizada com base nas contagens dos tipos aquáticos, arbóreos/arbustivos, esporos, e do tipo morfológico 4CPeq, permitiu a identificação de três zonas polínicas, conforme descrição a seguir.

Zona polínica NF-I (de 7043 a 2037 anos cal. AP; 50 a 23 cm):

Nesse intervalo ocorre o predomínio de táxons herbáceos terrestres (42-61%), seguido por arbóreos e arbustivos (23-42%), ervas aquáticas (7-27%) e esporos terrestres (5-14%). As porcentagens de grãos indeterminados variaram de 14% a 20%.

Entre os tipos herbáceos ocorre o predomínio de Poaceae (32-54%) e Asteraceae (5-6%). Cyperaceae apresenta frequências relativamente baixas ao longo dessa zona polínica (0-4%). Os principais táxons arbóreos/arbustivos são Myrtaceae (7-17%), Melastomataceae/Combretaceae (5-10%), *Alchornea/Aparisthmium* (2-4%) Anacardiaceae (2-7%), Proteaceae/Sapindaceae (1-2%), Arecaceae (0-3%), *Rapanea* (0-2%), *Chrysophyllum* (0-1%) e Urticaceae/Moraceae (0-1%). O tipo *Rheedia* ocorreu somente na amostra basal (50 cm), com frequência de 6%. Os táxons de ervas aquáticas são representados quase que exclusivamente por esporos de *Salvinia/Azolla* (7-25%). Esporos de samambaias terrestres são dominados por Polypodiaceae (3-7%), monoletes psilados (0-4%), Pteridaceae (0-2%) e triletes (0-1%).

A principal característica da zona polínica NF-I são as altas frequências de Poaceae, as quais deveriam ser de ciclo fotossintético C3, de acordo com os valores de $\delta^{13}\text{C}$ discutidos anteriormente. De acordo com o estudo da chuva polínica apresentado no item 5.2.7.1, frequências relativamente altas dos táxons herbáceos Poaceae, Cyperaceae e Asteraceae

(totalizando cerca de 30%) foram encontradas em ambiente de campo aberto em proximidade com a vegetação florestal. As altas frequências de Poaceae em conjunto com as altas porcentagens de *Salvinia/Azolla*, e as baixas porcentagens de Urticaceae/Moraceae, indicam que a mata de tabuleiro provavelmente não ocorria no ponto estudado. Dessa forma, o conjunto polínico da zona NF-I sugere um ambiente dominado por Poaceae, com a possível presença esparsa de árvores e arbustos dos táxons Melastomataceae/Combretaceae e Myrtaceae, em uma área sujeita a alagamentos temporários e periódicos. Essa interpretação é corroborada pela análise das espículas de esponjas (Tabela 22), segundo a qual a presença exclusiva de gemoscleras de *Racekiela sheilae* indicam um ambiente de campo temporariamente alagado, ou uma lagoa temporária no intervalo de 50 a 30 cm.

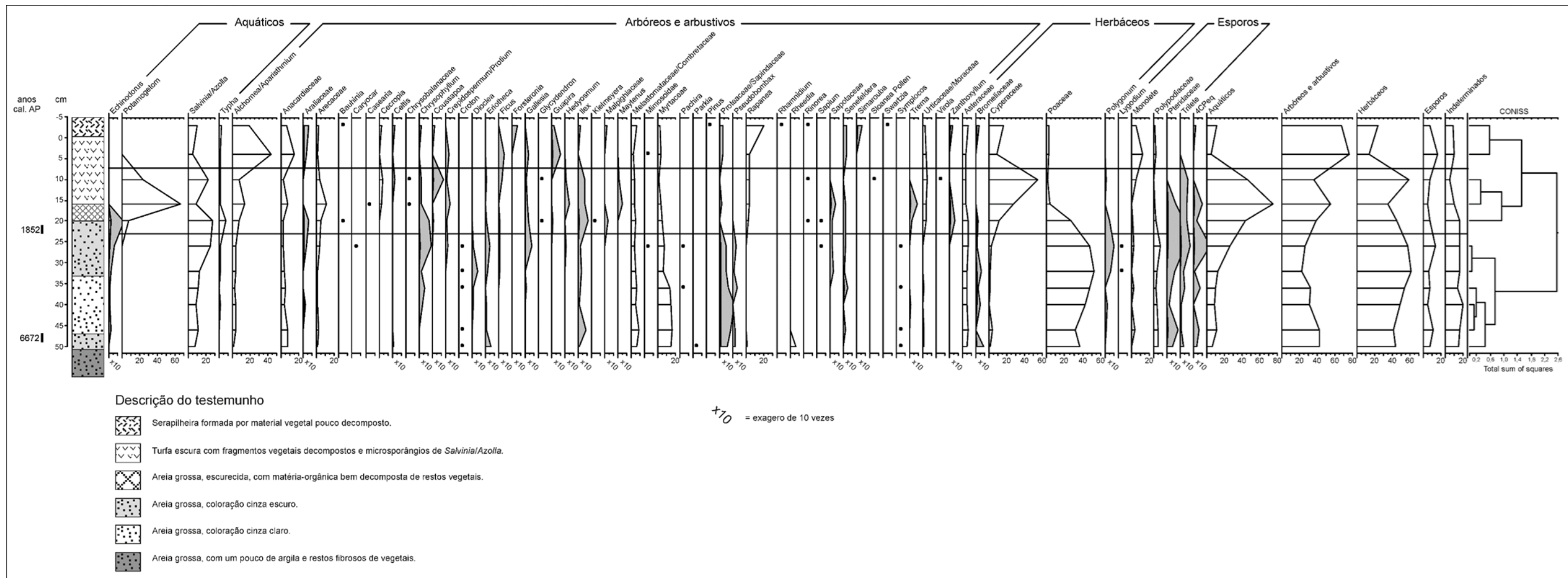


Figura 25 – Nativo do Flamengo. Diagrama polínico de porcentagens de táxons selecionados e de grupos ecológicos

Mesmo que em baixas frequências, alguns táxons presentes na zona polínica NF-I podem ser considerados bons indicadores da chuva polínica da mata de tabuleiro (item 5.2.7.3). Assim, a presença de *Celtis*, *Caryocar*, *Chrysophyllum*, *Eriotheca*, *Pachira*, *Pseudobombax*, *Sapium*, Sapotaceae, *Senefeldera*, e do tipo indeterminado 4CPeq, pode indicar a proximidade da mata de tabuleiro, talvez no entorno do Nativo do Flamengo Além desses tipos, a presença de *Parkia* também corrobora a proximidade da floresta, muito embora esse táxon não tenha sido encontrado no estudo da chuva polínica moderna.

O tipo *Rheedia* encontrado somente na amostra basal do testemunho NF se assemelha a *Rheedia brasiliensis*, conforme comparações com material proveniente do herbário da Reserva Natural Vale. De acordo com informações constantes nas exsicatas do mesmo herbário, *Rheedia brasiliensis* é uma árvore com ocorrência em ambientes de muçunungas e restingas no estado do Espírito Santo. De acordo com Pereira e Assis (2000) e Bittrich et al. (2013), *Rheedia brasiliensis* é uma espécie com ocorrências em restingas não alagadas no estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Assim, caso se considere o tipo *Rheedia* como representante de *Rheedia brasiliensis*, pode-se inferir que o local estudado, pelo menos no início da zona polínica NF-I, apresentava substrato arenoso, típico de restingas litorâneas, e também de campos nativos e muçunungas da região de Linhares.

Zona polínica NF-II (de 2037 a 823 anos cal. AP; 23 a 7 cm):

A idade de 823 anos cal. AP que delimita o final da zona polínica NF-II é extrapolada. Essa zona polínica é dominada por ervas aquáticas (44 a 76%), seguido por ervas terrestres (35 a 58%), árvores e arbustos (37 a 56%), e esporos terrestres (5 a 16%). Grãos indeterminados correspondem a frequências de 5 a 16%.

Os táxons aquáticos são representados por *Potamogeton* (7-66%), *Salvinia/Azolla* (9-27%), *Typha* (1-7%) e *Echinodorus* (0-2%). Os principais tipos herbáceos são Cyperaceae (11-54%), Poaceae (1-27%) e Asteraceae (3-6%). Árvores e arbustos são dominados por *Alchornea/Aparisthium* (7-13%), *Arecaceae* (4-11%), *Melastomataceae/Combretaceae* (4-5%), *Urticaceae/Moraceae* (4-5%), *Rapanea* (3-4%), *Anacardiaceae* (1-7%), *Myrtaceae* (1-6%), *Cecropia* (1-4%), *Ilex* (1%), *Chrysophyllum* (0-1%), *Coussapoa* (0-1%), *Crepidospermum/Protium* (0-1%), *Hedyosmum* (0-1%), *Maytenus* (0-1%), Sapotaceae (0-1%), *Trema* (0-1%) e *Zanthoxylum* (0-1%). Os esporos terrestres mais importantes são monoletes psilados (1-5%), Polypodiaceae (1-3%) e triletes (1%). O tipo indeterminado 4CPeq apresenta frequências de 0% a 1%.

A zona polínica NF-II é marcada pelo aumento das porcentagens de táxons aquáticos. Esses táxons, apresentam frequências maiores que aquelas obtidas para o sedimento superficial da Lagoa do Macuco (item 5.2.8). A situação geomorfológica do Nativo do Flamengo, sem uma clara conexão com cursos de água, sugerindo uma bacia de sedimentação fechada, deve favorecer a obtenção de um sinal polínico local. Dessa forma, as altas porcentagens e a maior diversidade de táxons aquáticos reflete a colonização local por tais táxons, e indica maior frequência ou intensidade do alagamento. O aumento dos valores de COT e Ntotal (Figura 21) e a própria litologia do testemunho, indicam maior acumulação de matéria-orgânica a partir de cerca de 20 cm de profundidade, o que pode ser indicativo de condições mais redutoras do sedimento, corroborando a interpretação de maior frequência ou intensidade do alagamento a partir de cerca de 2000 anos cal. AP realizada com base na palinologia.

Assim como na amostra superficial do sedimento da Lagoa do Macuco, altas porcentagens de Cyperaceae podem representar vegetação semi-aquática que se desenvolvia no local durante a zona polínica NF-II. De acordo com os valores de $\delta^{13}\text{C}$ as espécies de Cyperaceae deveriam ser, em sua maior parte, de ciclo fotossintético C3. Também o táxon arbóreo *Ilex*, que surge com frequências mais significativas nessa zona polínica, pode indicar um ambiente sujeito a alagamentos periódicos (ROLIM et al., 2006).

As maiores frequências de Urticaceae/Moraceae sugerem maior proximidade da vegetação florestal. A contínua presença de táxons indicadores da mata de tabuleiros (*Celtis*, Chrysobalanaceae, *Chrysophyllum*, *Crepidospermum/Protium*, *Eriotheca*, *Ficus*, *Glycydendron*, Malpighiaceae, *Rinorea*, *Sapium*, Sapotaceae, *Senefeldera*, *Sloanea*, *Virola* e tipo morfológico 4CPeq), mesmo que em baixas frequências, indica a existência da mata de tabuleiros no entorno do Nativo do Flamengo desde a zona polínica anterior.

Zona polínica NF-III (de 823 anos cal. AP ao presente; 7 cm ao topo):

Intervalo com predomínio de táxons arbóreos e arbustivos (68-77%) e herbáceos (14-24%). Também ocorrem táxons aquáticos (5-12%) e esporos terrestres (7-16%). Grãos indeterminados apresentam frequências de 8% e 9%.

Os principais táxons arbóreos/arbustivos são *Alchornea/Aparisthmium* (19-43%), *Rapanea* (4-20%), Anacardiaceae (6-14%), Melastomataceae/Combretaceae (3-6%), Myrtaceae (3-4%), Urticaceae/Moraceae (2-4%), *Cecropia* (1-3%), Arecaceae (0-3%), Araliaceae (0-1%), *Ficus* (0-1%), *Forsteronia* (0-1%), *Guapira* (0-1%) e *Simarouba* (0-1%). Os principais tipos herbáceos são Cyperaceae (8-16%), Asteraceae (3-5%) e Poaceae (1-2%).

Entre os táxons aquáticos ocorre o predomínio de *Salvinia/Azolla* (5-9%) e *Typha* (1-3%). Os esporos são representados principalmente por monoletes psilados (6-13%) e Polypodiaceae (1-3%).

A zona polínica NF-III é marcada pelo aumento das porcentagens de táxons arbóreos e arbustivos, com redução das porcentagens de táxons herbáceos e aquáticos. Entre os táxons arbóreos mais característicos desse conjunto, o tipos *Alchornea/Aparisthium* e *Rapanea* representam árvores pioneiras, muitas vezes associadas a várzeas e matas ciliares (MARCHANT et al., 2002). A maior frequência de *Rapanea* ocorre na amostra da serapilheira, o que concorda com as observações realizadas em campo, quando foi verificado que *Myrsine* (= *Rapanea*) *rubra* coloniza tanto áreas internas ao Nativo do Flamengo quanto suas bordas. Portanto, podemos concluir que a zona polínica NF-III testemunha a implantação da vegetação atualmente presente no local, a qual é composta por espécies arbóreas e arbustivas esparsamente distribuídas, juntamente com espécies de Cyperaceae e Poaceae, além de plantas aquáticas que ocorrem em maiores quantidades durante a estação chuvosa.

A presença de táxons indicativos da vegetação florestal de tabuleiros, tais como *Celtis*, *Chrysophyllum*, *Crepidospermum/Protium*, *Ficus*, Malpighiaceae, *Rinorea*, *Senefeldera*, *Simarouba* e *Swartzia*, além de porcentagens de Urticaceae/Moraceae relativamente baixas, sugere a presença da vegetação de mata de tabuleiro no entorno do ponto estudado, tal como observado nas zonas polínicas anteriores. No entanto, em qualquer uma das três zonas polínicas estudadas, não deve ser descartada a possibilidade de que tais táxons, tidos como indicadores da mata de tabuleiro, representem espécies da vegetação de muçununga arbórea que ocorre no entorno do Nativo do Flamengo.

6.2.1.6 Integração dos dados dos Espodossolos

De acordo com Dubroeuq e Volkoff (1998), normalmente se admite que em regiões tropicais a evolução dos Espodossolos ocorra sobre substratos arenosos, relacionados a depósitos geológicos originalmente pobres em argilas. No entanto, esses autores sugerem que Espodossolos da bacia do Rio Negro, na Amazônia, tenham se originado pela transformação lateral de Latossolos e Argissolos, através da eluviação de argila, e formação dos horizontes alábico e espódico.

Assim, embora os dados aqui apresentados não sejam suficientes para o estudo da gênese dos Espodossolos, não sendo esse um dos objetivos do presente trabalho, pode-se levantar duas hipóteses sobre a origem dos mesmos: (i) os Espodossolos estudados se desenvolveram sobre sedimentos quaternários originalmente arenosos, como parece ser a

proposta apresentada por IBGE (1987) e ilustrada na Figura 2; (ii) os Espodossolos se originaram da transformação dos Argissolos da região.

Com relação à primeira hipótese, em nenhum dos pontos estudados foram observadas estruturas sugestivas de deposição sedimentar. Como exemplo, a radiografia do testemunho coletado no Nativo do Flamengo (Figura 20) não mostra estruturas sedimentares. Entretanto, é importante considerar que as idades LOE obtidas no Nativo da Gávea e no Nativo da Mantegueira são similares às aquelas obtidas para sedimentos arenosos Pós-Barreiras por Tatum et al. (2008). Tais sedimentos, segundo Rossetti et al. (2013), podem ser representados por depósitos arenosos maciços sobrejacentes à Formação Barreiras.

A segunda hipótese já foi proposta por Moreau et al. (2006) e Oliveira et al. (2010), os quais sugeriram que Espodossolos sobre a Formação Barreiras do sul da Bahia tenham se formado pela destruição da argila dos solos do entorno. Oliveira et al. (2010) sugerem que o Espodossolo humilúvico órtico sobre a Formação Barreiras ainda esteja em processo de podzolização, com o horizonte E ainda não desenvolvido. Caso essa proposição seja considerada válida, o Espodossolo humilúvico hidromórfico do perfil P2 do Nativo da Caingá poderia representar um estágio intermediário entre o solo sob floresta do entorno (Argissolo amarelo distrófico, segundo Santos et al., 2004) e o Espodossolo ferrihumilúvico órtico do perfil P1.

As idades ^{14}C obtidas para a fração húmica do perfil P2 (Figura 26) indicam que a distribuição observada da matéria-orgânica, que caracteriza um Espodossolo humilúvico com horizonte superficial orgânico bastante desenvolvido, ocorre pelo menos desde 31000 anos cal. AP. Quando as idades ^{14}C do perfil P2 são comparadas com a idade obtida no perfil P1 verifica-se que os dados seriam compatíveis com uma cronosequência na qual o Espodossolo humilúvico hidromórfico teria se desenvolvido anteriormente ao Espodossolo ferrihumilúvico órtico.

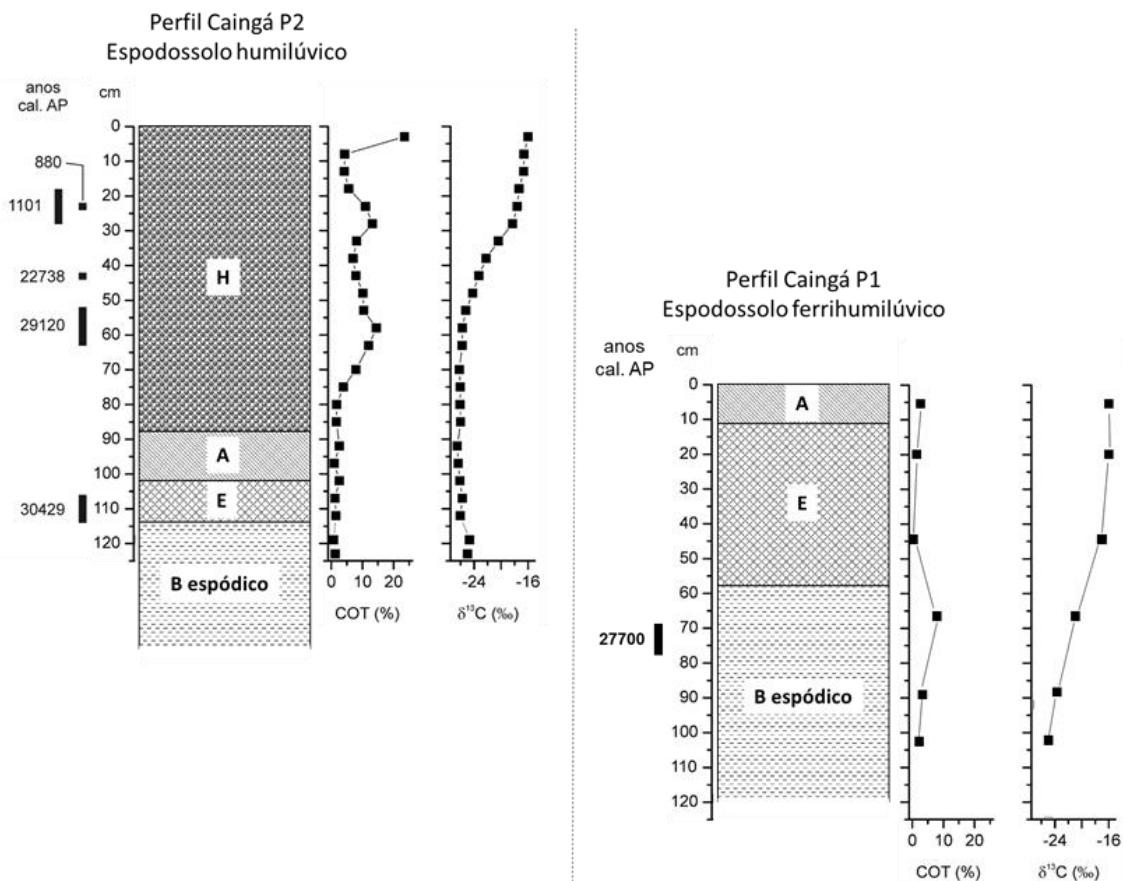


Figura 26 – Perfis P1 e P2 do Nativo da Caingá com suas idades ^{14}C calibradas e valores de COT e $\delta^{13}\text{C}$. A diferença de altitude entre os dois perfis é aproximada. Classificação dos perfis e profundidades dos horizontes de acordo com Secretti (2013)

De acordo com Buurman e Jongmans (2005), o horizonte E dos Espodossolos tende a se tornar mais profundo ao longo do tempo, seguindo um mecanismo que envolveria a redissolução do complexo matéria-orgânica-metal do topo do horizonte B e sua reprecipitação a profundidades maiores. No Nativo da Caingá o horizonte E é muito mais espesso no perfil P1 (Figura 26), sugerindo, então, um maior tempo de evolução do horizonte E no perfil P1 do que no perfil P2. Isso aparentemente corrobora a proposta de Oliveira et al. (2010) sobre o desenvolvimento incipiente do horizonte E no Espodossolo humilúvico, e sugere uma possível evolução do Espodossolo encontrado no perfil P2 para o Espodossolo do perfil P1.

Lucas et al. (1996) apresentam um modelo de evolução de Espodossolos a partir de solos ferralíticos na Guiana Francesa que segue esse padrão de desenvolvimento centrífugo. Nesse modelo o Espodossolo se desenvolve a partir do centro de um platô, avançando em direção às suas margens. Esse processo é intimamente ligado ao movimento da água de percolação, com a formação de uma rede de drenagem que se inicia no centro do platô, onde o lençol freático é mais próximo à superfície. O processo leva à exportação de minerais e

matéria-orgânica, e ao empobrecimento do solo da região central. Consequentemente ocorre uma retroalimentação positiva, com a solução do solo sendo exportada mais rapidamente do solo da região central, intensificando a eluviação de matéria-orgânica e metais dessa região. Processo similar foi sugerido por Dubroeuq e Volkoff (1998) para a região da bacia do Rio Negro, resultando, em alguns locais, no rebaixamento e aplainamento do terreno, levando à transformação de superfícies suavemente onduladas, recobertas por Argissolos, em superfícies planas e arenosas, recobertas por Espodosolos.

Caso um processo semelhante tenha ocorrido no Nativo da Caingá (Figura 27 A-C), ele deve ter sido resultado do relevo plano existente em Linhares, bem como de um clima passado provavelmente mais úmido que o atual. Deve ter envolvido, inicialmente, a formação (Figura 27 B) e, posteriormente, a destruição do horizonte hístico da região central do campo nativo (Figura 27 C). Assim, a acumulação da matéria-orgânica no horizonte hístico deve ter se iniciado há pelo menos 31000 anos cal. AP, em um provável ambiente de maior umidade, propício à acumulação de matéria-orgânica e colonizado por plantas C3, tal como evidenciado nas idades ^{14}C e no $\delta^{13}\text{C}$ do perfil P2 (Figura 26).

No intervalo aproximado de 23000-1000 anos cal AP os valores de $\delta^{13}\text{C}$ indicam que ocorre um processo aumento dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e redução da acumulação de matéria-orgânica. (perfil P2, Figura 26). O enriquecimento isotópico indica aumento da participação de matéria-orgânica de plantas C4. Pode-se inferir que essa colonização por plantas C4 iniciada nesse intervalo seja em resposta tanto a um ambiente com maiores temperaturas, quanto menor umidade, ou ambos. No entanto a redução da acumulação da matéria-orgânica sugere condições mais oxidantes e menor quantidade de água no solo. Em torno de 1000 anos cal. AP a matéria-orgânica alcança valores bastante enriquecidos de $\delta^{13}\text{C}$, típicos de plantas C4.

No entanto, o perfil P2 (Figura 26) deixa claro as condições atuais estabeleceram-se muito recentemente. Desde pelo menos 880 anos cal. AP até o presente a acumulação de matéria-orgânica é significativamente maior. Isso sugere que as condições ambientais nesses últimos 880 anos sejam mais úmidas que no período de 23000-1000 anos cal. AP. Como apresentado anteriormente, foram encontradas gemoscleras de *Racekiela sheilae* nas profundidades de 28 e 8 cm do perfil P2, o que indicam a presença de ambiente sazonalmente alagado no Nativo da Caingá, pelo menos nos últimos 1000 anos.

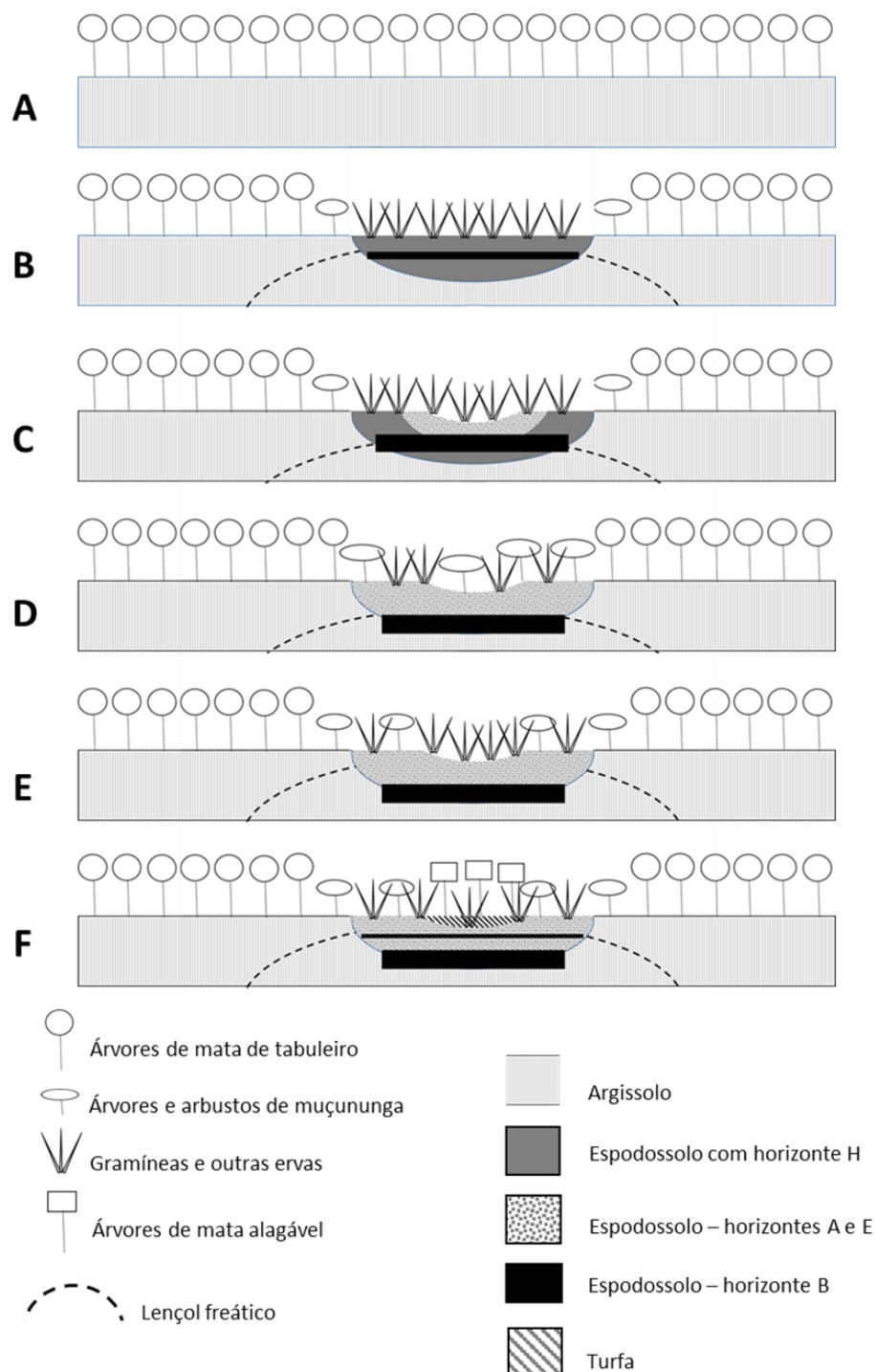


Figura 27 – Modelo para a evolução dos Espodossolos a partir da transformação dos Argissolos em Linhares, baseado em Lucas et al. (1996) e Dubroeuq e Volkoff (1998). (A) Situação inicial, com a mata de tabuleiro sobre Argissolo; Em (B) ocorre elevação do lençol freático e formação de Espodossolo com horizonte H, e consequente deslocamento da floresta e formação de uma área de vegetação aberta; (C) destruição do horizonte H no centro da mancha de Espodossolo e espessamento do horizonte E (situação semelhante àquela encontrada no Nativo da Caingá); Em (D) o horizonte H é destruído em toda a mancha de Espodossolo, com aumento da espessura do horizonte E (situação semelhante àquelas encontradas no Nativo da BR, Nativo da Gávea, Nativo da Mantegueira e na muçununga do entorno do Nativo do Flamengo); Em (E) ocorre nova elevação do lençol freático, agora no centro de uma mancha de Espodossolo, com deslocamento da vegetação anterior; Em (F) há a formação de um horizonte B espódico secundário, acumulação superficial de turfa, e implantação de uma mata alagável (situação semelhante àquela encontrada no Nativo do Flamengo)

A aparente adequação do modelo de desenvolvimento de Espodossolos proposto por Lucas et al. (1996) ao substrato do Nativo da Caingá permite supor que as demais manchas de Espodossolo estudadas tenham se originado pelo mesmo processo. Assim, os nativos da BR, da Gávea e da Mantegueira, embora apresentem idades distintas da matéria-orgânica preservada no horizonte B espódico, representariam estágios mais avançados na evolução do Espodossolo (Figura 27 D). As idades ^{14}C da matéria-orgânica nesse horizonte provavelmente representariam idades mínimas de início de sua formação, sendo que o início do processo de podzolização seria mais antigo. Essas manchas de Espodossolo abrigariam vegetação de muçununga com diferentes fisionomias, desde campos a florestas, dependendo da granulometria do material arenoso, e também da profundidade da transição entre os horizontes E e B espódico, tal como evidenciado por Saporetti-Junior et al. (2012).

No entanto, como mencionado anteriormente, a semelhança das idades LOE a idades obtidas em datações de amostras da Sedimentação Pós-Barreiras (TATUMI et al., 2008), não permite descartar a hipótese de que algumas das manchas de Espodossolos estudadas tenham se originado por um processo distinto, no qual o material de origem seria intrinsecamente arenoso. Portanto, as duas hipóteses sobre a evolução dos Espodossolos podem ser consideradas válidas e terem ocorrido ao longo do tempo, dependendo da origem do substrato.

O Nativo do Flamengo, por outro lado, parece requerer uma discussão particular de seus dados. Como mencionado anteriormente, esse ponto localiza-se em uma área classificada como uma mancha de Espodossolo ferrocárbico órtico, de acordo com Santos et al. (2004) (Figura 28). Os autores descrevem um perfil nessa área (perfil nº3, página 50 da referida obra), no qual o Espodossolo apresenta horizonte E bastante espesso (de 8 a 171 cm), e horizonte B espódico profundo (a partir de 171 cm). Esse substrato é muito diferente daquele encontrado no interior do Nativo do Flamengo (Figura 20). A distribuição e as profundidades dos horizontes descritos por Santos et al. (2004) refletem uma distribuição de matéria-orgânica de certa forma similar àquelas observadas nos Nativos da BR, Gávea e Mantegueira.

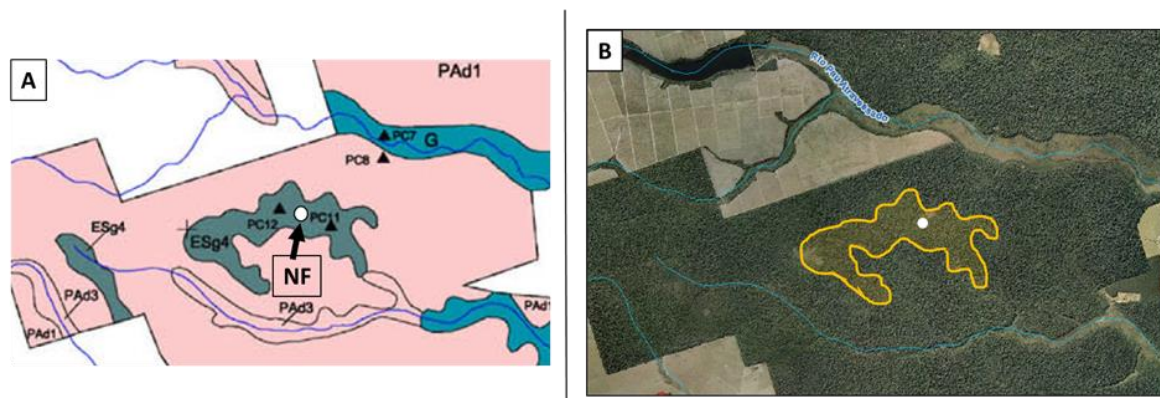


Figura 28 – Localização do Nativo do Flamengo dentro de uma mancha de Espodossolo. (A) detalhe do mapa de solos apresentado por Santos et al. (2004); (B) imagem de satélite com a localização da mancha de espodossolo com vegetação de muçununga florestal e o Nativo do Flamengo

Tomando como base as datações da fração húmica do horizonte B espódico dos nativos da BR (9668 anos cal. AP), Caingá P1 (27700 anos cal. AP), Gávea (14251 anos cal. AP) e Mantegueira (38890 anos cal. AP), pode-se supor que a matéria-orgânica do horizonte B espódico da área de Espodossolo mapeada por Santos et al. (2004) deva apresentar uma idade mínima superior à idade obtida próxima a base do testemunho NF (6672 anos cal. AP). Isso indicaria que a acumulação de matéria-orgânica no testemunho NF seja muito mais recente que a acumulação ocorrida no horizonte B espódico da mancha de Espodossolo na qual ele se encontra (Figura 28), além de ocorrer a uma profundidade muito menor.

Um modelo de transformação de Espodossolos apresentado por Dubroeuq e Volkoff (1998) para a região da bacia do Rio Negro (Amazônia) talvez possa fornecer algumas bases para o entendimento do que ocorre no Nativo do Flamengo. Segundo esse modelo, a elevação do lençol freático até próximo à superfície do solo, normalmente no centro de uma área plana recoberta por Espodossolo, pode originar o desenvolvimento de um horizonte subsuperficial compacto, o qual pode favorecer a retenção de água e o desenvolvimento de uma mata alagável e turfa. O desenvolvimento posterior, com retenção de resíduos orgânicos da vegetação, pode levar à formação de um horizonte espódico secundário, à maior dissolução dos grãos de quartzo, e à redução da espessura do manto arenoso superficial, originando uma depressão alagável.

Esse modelo parece ser satisfatório para explicação das observações realizadas em campo e das características encontradas no testemunho do Nativo do Flamengo.

A palinologia do testemunho NF indica que no início da zona polínica NF-I (~7000 anos cal. AP) o local não deveria apresentar cobertura de turfa, pois a presença de *Rheedia brasiliensis* nesse momento, sugere substrato superficialmente arenoso, à semelhança do solo de restinga ou de muçunungas existentes atualmente na área da Reserva Natural Vale (Figura 27 D). Nas amostras subsequentes, *Rheedia brasiliensis* não mais ocorre, provavelmente sendo deslocada pela recente elevação do lençol freático, que teria tornado a área alagável, pelo menos em parte do ano. Essa condição de alagamento temporário é indicada desde o início do registro, pela presença de esporos de *Salvinia/Azolla* e gemoscleras de *Racekiella sheilae*. Então, a área teria evoluído de uma muçununga arbórea para um campo alagável (Figura 27 E) no início da zona polínica NF-I, permanecendo nessa condição até o final dessa zona polínica (~2000 anos cal. AP).

A zona polínica NF-II mostra um aumento da diversidade e da frequência de táxons de plantas aquáticas, mudança de cobertura de Poaceae para Cyperaceae, e maior acumulação de matéria-orgânica. Essas mudanças observadas na transição da zona polínica NF-I para a NF-II sugerem maior intensidade e duração dos alagamentos, podendo ser resultado do início de formação de um horizonte subsuperficial compacto, tal como sugerido no modelo de Dubroeuq e Volkoff (1998). Esse horizonte aparentemente está presente na base do testemunho NF (Figura 20). Durante a zona polínica NF-II se desenvolvem as características do solo favoráveis a implantação da mata alagável (Figura 27 F), a qual apresenta sua efetiva implantação na zona polínica NF-III (~800 anos cal. AP até hoje).

Dessa forma, o Nativo do Flamengo representaria um estágio evolutivo posterior e mais recente na evolução do Espodossolo, o qual se caracterizaria pela formação de um horizonte espódico secundário, e a formação de uma depressão alagável, com solo raso, em meio a uma área maior de Espodossolo mais profundo.

6.2.1.7 Inferências paleoclimáticas com base nos dados dos Espodossolos

A evolução dos Espodossolos e a dinâmica da vegetação descritas acima permitem algumas inferências paleoclimáticas para a região de Linhares desde cerca de 31000 anos cal. AP até hoje.

O início do processo de podsolização no Nativo da Caingá há cerca de pelo menos 31000 anos cal. AP poderia ter sido causado pela maior proximidade do lençol freático em relação a superfície do solo (Figura 27 B), tal como proposto no modelo de Lucas et al. (1996). Isso poderia ser o resultado de um clima mais úmido na região do nordeste do Espírito Santo há cerca de 31000 anos cal. AP. Considerando a maior acumulação de matéria-orgânica e o

sinal isotópico de plantas C3 observados no perfil P2 do Nativo da Caingá, esse período mais úmido aparentemente se prolongou até cerca de 23000 anos cal. AP. Essa interpretação encontra apoio em alguns trabalhos de reconstrução paleoambiental realizados no sudeste do Brasil. Com base em palinologia e análises de C e N, Pessenda et al. (2009) inferiram clima predominantemente úmido para a região de Mata Atlântica de altitude, Reserva de Curucutu (SP), no intervalo de 28460-19450 anos AP (cerca de 33000 a 23000 anos cal. AP). Cruz et al. (2006a), com o estudo do $\delta^{18}\text{O}$ de um espeleotema coletado na caverna de Santana, sugerem uma alteração no padrão sazonal da precipitação para a região sudeste do Brasil entre 32 e 25 mil anos, com maior persistência da precipitação de verão e manutenção da precipitação de inverno, tendo como provável resultado chuvas bem distribuídas ao longo de todo o ano.

A redução da acumulação da matéria-orgânica no horizonte hístico do perfil P2 do Nativo da Caingá e a colonização por plantas C4, no intervalo aproximado de 23000 a 1000 anos cal. AP, podem ser interpretados como um período provavelmente menos úmido que o anterior. No entanto, a grande diferença de idade entre amostras muito próximas dificulta o estabelecimento do início e do fim desse intervalo. Essa interpretação de clima menos úmido para o intervalo de 23000 a 1000 anos cal. AP não é corroborada pelo estudo realizado por Pessenda et al. (2009) em Curucutu, que inferiram clima predominantemente úmido para esse intervalo. Além de a diferença de altitude entre Linhares e Curucutu poder acarretar diferenças climáticas locais, essa discrepância também pode ser explicada com base em estudos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ em espeleotemas de São Paulo e Santa Catarina, realizados por Cruz et al. (2006a, b). Segundo esses autores, o período aproximado de 21000 a 15000 anos AP é marcado por intensificação das monções de verão e redução da influência das frentes frias de origem polar, principalmente a partir de 19000 anos AP, na região sudeste do Brasil. Assim, devido a sua localização mais ao norte, a região de Linhares poderia experimentar um clima com sazonalidade bastante acentuada, com chuvas de verão e seca no inverno. Nesse mesmo intervalo, a região de Curucutu, localizada mais ao sul, não estaria sujeita a invernos tão secos, pois as frentes frias seriam suficientes para manter uma quantidade adequada de chuvas durante o inverno.

A partir de cerca de 1000 anos cal. AP ocorre aumento na acumulação de matéria-orgânica no horizonte hístico do perfil P2, com acumulação de cerca de 25 cm em menos de 1000 anos. Além disso, a presença de gemoscleras de esponjas continentais atestam um ambiente sazonalmente alagado. Essas condições ambientais podem ter sido resultado de um clima mais úmido nos últimos 1000 anos. A presença da gramínea C4 não é incoerente com essa interpretação, pois o ambiente continua a apresentar estresse hídrico durante a estação

seca. Climas mais úmidos para o Holoceno superior foram apontados por outros autores para o bioma Mata Atlântica, tais como Behling (1997b, 2003), Behling et al. (2004), Gouveia et al. (2002), Garcia et al. (2004), Pessenda et al. (2004) e Ledru et al. (2009).

A análise palinológica do Nativo do Flamengo sugere que o início da acumulação do registro polínico há cerca de 7000 anos cal. AP, ocorreu como resposta a elevação do lençol freático (Figura 27 E). Essa elevação do lençol freático poderia ser em resposta tanto a um clima mais úmido, quanto à elevação do nível de base ocasionada pela subida do nível relativo marinho holocênico. Como apontado por diversos estudos, inclusive para a região de Linhares (BUSO JUNIOR et al., 2013a), o nível relativo marinho holocênico alcançou sua maior elevação entre 7000 e 5000 anos cal. AP. Clima mais úmido para a região de Linhares há cerca de 7000 anos cal. AP foi proposto por Buso Junior et al. (2013b). Veríssimo et al. (2012) também sugeriram clima mais úmido no Holoceno médio para o estado do Espírito Santo. Essas interpretações são contrárias à maioria dos trabalhos realizados em região de Mata Atlântica, que normalmente indicam clima mais seco durante o Holoceno inferior e médio (BEHLING 1997b; 2003; BEHLING et al., 2004; GOUVEIA et al., 2002; GARCIA et al., 2004; PESSENDA et al., 2004; LEDRU et al., 2009). No entanto, a maior umidade durante o Holoceno médio para a região de Linhares seria coerente com a intensificação das chuvas de monção, tal como proposto por Ledru et al. (1998), Cruz et al. (2005) e Wanner et al. (2008).

6.2.2 Testemunho sedimentar da Lagoa Canto Grande

6.2.2.1 Datações ^{14}C

A Tabela 24 apresenta os resultados das datações realizadas no testemunho LCGB.

Tabela 24 – Resultados das datações ^{14}C realizadas no testemunho LCGB da Lagoa Canto Grande

Local/amostra	Prof. (cm)	Código do Laboratório	Idade ^{14}C (anos AP)	Idade calibrada 2σ (anos cal. AP)	Média (anos cal. AP)
LCGB02-04	02-04	UGAMS15856	690±25	660-559	610
LCGB22-24	22-24	LACUFF140160	1841±43	1830-1595	1713
LCGB48-50	48-50	LACUFF140161	4804±149	5887-5044	5466
LCGB60-62	60-62	UGAMS15857	6140±30	7156-6859	7008
LCGB64-66	64-66	LACUFF140162	7768±56	8601-8405	8503
LCGB68-70	68-70	UGAMS15858	8120±35	9126-8779	8953
LCGB78-80	78-80	LACUFF140163	9105±67	10475-9930	10203
LCGB92-94	92-94	UGAMS15859	9200±40	10482-10230	10356
LCGB124-126	124-126	UGAMS15860	9490±40	11062-10562	10812
LCGB132-134	132-134	LACUFF140164	9586±72	11157-10607	10882

UGAMS: Laboratório AMS da Universidade da Geórgia; LACUFF: Laboratório AMS da Universidade Federal Fluminense.

As idades obtidas para o testemunho sedimentar LCGB da Lagoa Canto Grande variaram de 9586 ± 72 anos A.P. (11157-10607 anos cal. A.P.) a 133 cm de profundidade, a 690 ± 25 anos A.P. (660-559 anos cal. A.P.) a 3 cm de profundidade, e não foram observadas inversões.

6.2.2.2 Análise de C e N

Os resultados das análises de carbono e nitrogênio realizadas no testemunho LCGB da Lagoa Canto Grande são apresentados na Tabela 25 e na Figura 29. Inicialmente esses resultados são apresentados e discutidos somente com referência à profundidade. Posteriormente, quando da discussão conjunta com a palinologia, são feitas as referências com relação às idades calibradas.

Tabela 25 – Resultados das análises de C e N realizadas no testemunho LCGB da Lagoa Canto Grande

Profundidade (cm)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	N total (%)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C/N
1	7,52	-31,44	0,38	4,43	19,79
3	10,94	-31,31	0,63	4,04	17,37
5	10,70	-31,22	0,52	4,11	20,58
7	10,42	-31,38	0,48	3,84	21,71
9	8,95	-31,19	0,42	3,84	21,31
11	9,11	-31,16	0,38	3,77	23,97
13	9,29	-30,93	0,42	3,95	22,12
15	11,88	-31,59	0,63	3,73	18,86
17	8,05	-31,26	0,42	4,90	19,17
19	11,05	-31,47	0,57	3,84	19,39
21	11,43	-31,89	0,50	2,80	22,86
23	7,32	-31,50	0,36	3,71	20,33
25	9,71	-31,81	0,38	3,54	25,55
27	7,29	-30,91	0,33	4,07	22,09
29	6,92	-30,80	0,30	3,67	23,07
31	6,90	-30,86	0,29	3,16	23,79
33	6,83	-30,94	0,27	2,84	25,30
35	5,31	-30,83	0,26	2,18	20,42
37	5,97	-30,62	0,24	1,81	24,88
39	5,86	-30,50	0,26	2,84	22,54
41	5,26	-30,27	0,21	3,08	25,05
43	5,08	-30,28	0,16	3,03	31,75
45	4,54	-29,71	0,26	2,91	17,46
47	5,28	-29,83	0,15	2,81	35,20
49	11,48	-30,77	0,21	2,43	54,67
51	0,01	-26,46	0,30	2,14	0,03
53	7,17	-30,84	0,16	1,79	44,81
55	7,85	-30,79	0,39	2,57	20,13

continua

Tabela 25 – Resultados das análises de C e N realizadas no testemunho LCGB da Lagoa Canto Grande

Profundidade (cm)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	N total (%)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C/N
57	7,36	-30,69	0,15	2,45	49,07
59	6,38	-30,06	0,34	2,92	18,76
61	5,40	-29,92	0,20	3,01	27,00
63	7,35	-28,51	0,23	1,52	31,96
65	25,63	-27,89	0,78	0,02	32,86
67	31,59	-27,87	0,82	-0,42	38,52
69	34,27	-28,02	0,94	-0,07	36,46
71	37,19	-28,59	0,95	-0,28	39,15
73	35,87	-28,56	1,16	0,11	30,92
75	33,19	-28,74	0,67	0,06	49,54
77	31,08	-28,52	0,91	0,68	34,15
79	23,55	-28,37	0,83	1,28	28,37
87	4,91	-28,49	0,12	1,48	40,92
89	5,56	-28,41	0,22	2,65	25,27
91	2,82	-28,32	0,09	2,22	31,33
93	36,63	-27,91	0,11	1,61	333,00
95	7,11	-27,86	0,15	0,85	47,40
97	8,83	-27,98	0,34	1,43	25,97
99	3,43	-28,03	0,15	3,48	22,87
101	3,70	-27,51	0,08	1,28	46,25
103	1,93	-28,78	0,09	2,22	21,44
105	2,39	-28,83	0,75	3,70	3,19
107	1,10	-28,57	0,28	3,21	3,93
109	1,43	-28,64	0,56	2,88	2,55
111	2,19	-28,35	0,62	2,26	3,53
113	0,95	-28,79	0,32	2,20	2,97
115	1,84	-28,79	0,55	1,94	3,35
117	3,05	-28,94	1,03	1,03	2,96
119	2,35	-28,63	1,09	0,91	2,16
121	4,43	-28,77	1,20	1,73	3,69
123	2,54	-28,82	0,57	2,02	4,46
125	5,57	-29,00	1,54	1,68	3,62
127	3,31	-28,95	0,76	1,68	4,36
129	2,11	-28,72	0,66	1,92	3,20
131	2,26	-28,82	0,64	2,55	3,53
133	2,50	-28,69	0,82	0,90	3,05
135	0,58	-28,85	1,73	-0,22	0,34

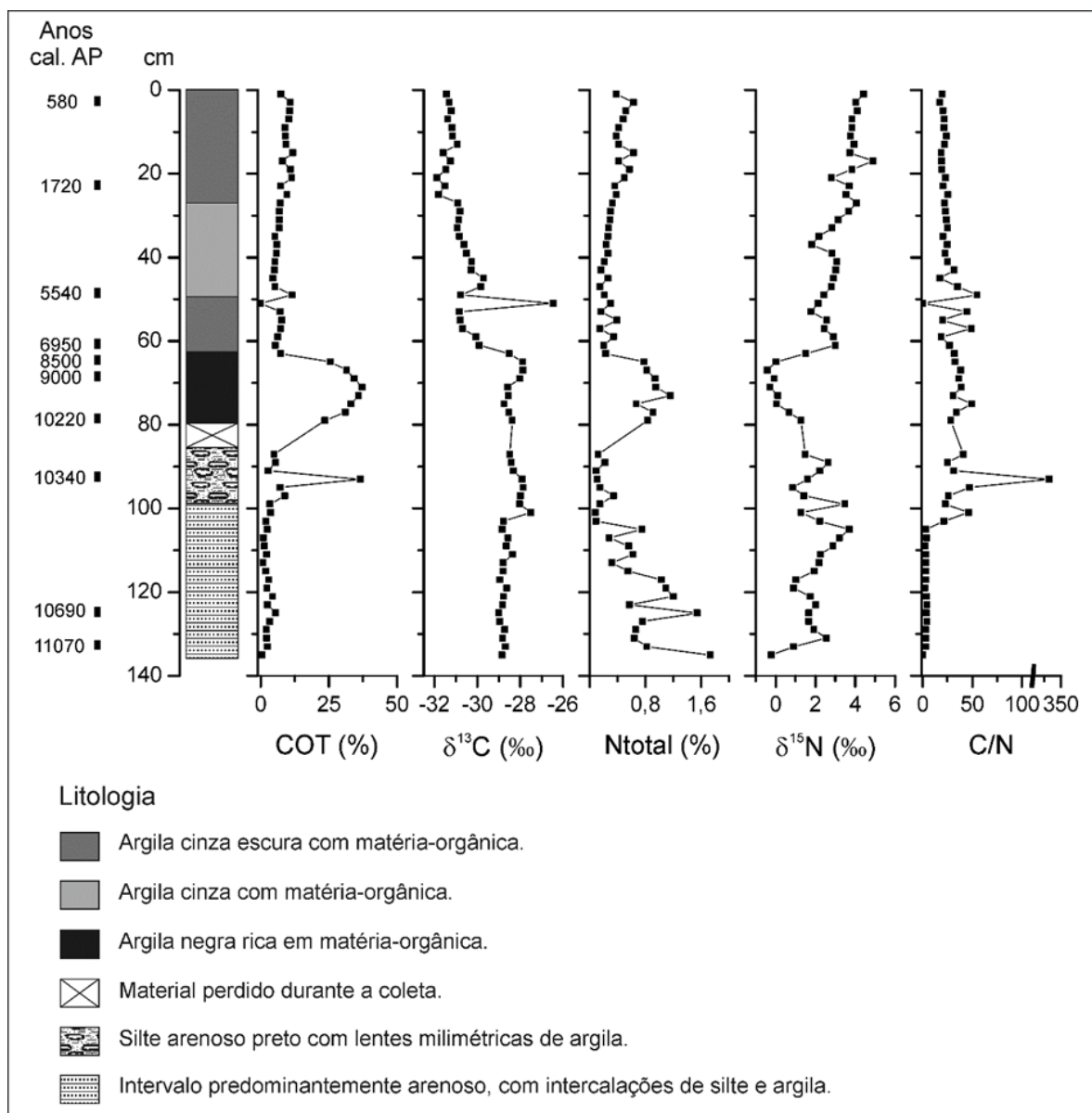


Figura 29 – Análises isotópicas e elementares de C e N no testemunho LCGB da Lagoa Canto Grande

Os valores de COT variaram entre 0,01 e 37,19%, com a maior parte do testemunho apresentando valores entre 0,58% e 10,94%, com um único intervalo, entre 79 e 65 cm, com valores consistentemente mais elevados (23,55-37,19%).

Os valores de Ntotal variaram entre 0,08 e 1,73%. De um modo geral, valores mais elevados são observados em dois intervalos: entre 135 e 105 cm (0,28-1,73%), e entre 79 e 65 cm (0,67-1,16%). As menores concentrações de nitrogênio total ocorrem entre 103 e 87 cm (0,08-0,34%). Há uma tendência geral de aumento das concentrações de nitrogênio a partir de 40 cm até o topo.

Quando os valores de COT e de Ntotal são colocados em um gráfico (Figura 30), duas distribuições distintas são observadas. Tanto as amostras do intervalo de 135 a 105 cm, quanto o intervalo de 103 a 1 cm, apresentam forte correlação entre os valores de COT e Ntotal. A extrapolação das linhas de regressão linear para valores de COT iguais a zero, indica valores próximos a zero também para o Ntotal, sugerindo que a maior parte do nitrogênio das amostras é de origem orgânica (HEDGES et al., 1986).

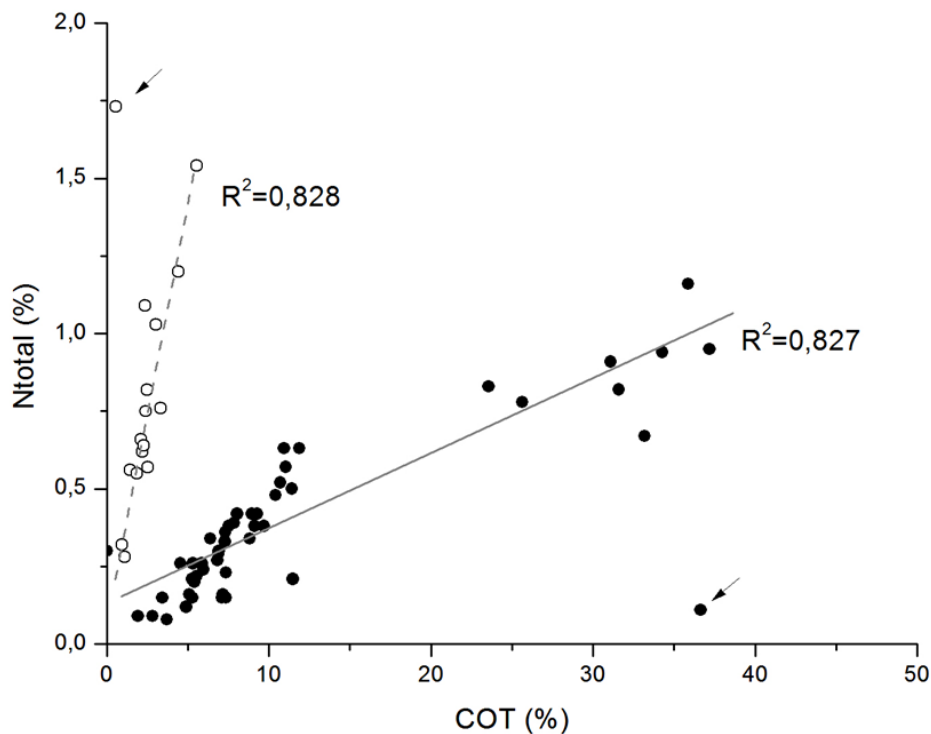


Figura 30 – Valores de COT (%) e Ntotal (%) para as amostras do testemunho LCGB e suas respectivas linhas de regressão linear. Amostras de 135 a 105 cm são indicadas por círculos claros; Amostras de 103 a 1 cm são indicadas por círculos escuros. As setas indicam as amostras não utilizadas nas análises de regressão

A composição isotópica de carbono variou entre -31,89 e -26,46‰. De um modo geral podem ser distinguidos dois intervalos: o primeiro, entre 135 e 63 cm, apresenta valores mais enriquecidos (de -27,51 a -29,00‰); o segundo intervalo, entre 61 cm e o topo, apresenta valores mais empobrecidos (de -29,71‰ a -31,89‰).

Os valores de C/N variaram de 0,34 a 333. Com exceção das amostras 135 cm, 93 cm e 51 cm, que apresentaram valores extremos (0,34, 333 e 0,03, respectivamente), as demais amostras podem ser agrupadas em dois intervalos com valores bastante distintos: de 135 a 105 cm os valores de C/N mostraram-se bastante baixos, variando de 2,16 a 4,46; o segundo intervalo, de 103 cm ao topo, apresenta C/N com valores mais elevados, de 17,37 a 54,67.

Esses dois principais intervalos definidos com base nas diferenças de C/N podem ser relacionados a distintas fontes da matéria-orgânica sedimentar, de acordo com Wilson et al. (2005). No intervalo de 135 a 105 cm os baixos valores de C/N (2,16 a 4,46), juntamente com os valores do $\delta^{13}\text{C}$ (-28,35‰ a -29,00‰), indicam aporte de carbono orgânico particulado (COP) de água-doce e matéria-orgânica originada de bactérias (Figura 31). O segundo intervalo, de 103 cm ao topo, com maiores valores de C/N (17,37 a 54,67), e valores mais empobrecidos de $\delta^{13}\text{C}$ (-27,51‰ a -31,89‰), indicam matéria-orgânica originada principalmente de plantas vasculares C3.

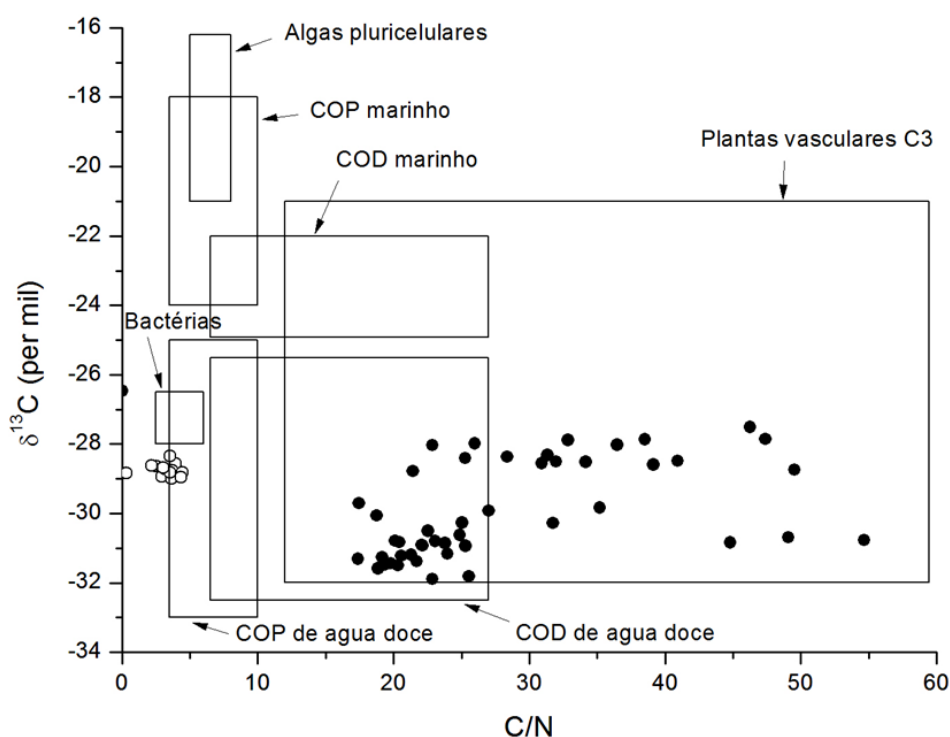


Figura 31 – C/N e $\delta^{13}\text{C}$ das amostras do testemunho LCGB. Círculos claros indicam as amostras de 135 a 105 cm; Círculos escuros indicam as amostras de 103 a 1 cm. Os intervalos representativos das diferentes fontes de matéria-orgânica são baseados em Wilson et al. (2005). A amostra 93 cm (C/N = 333) não é apresentada no gráfico. COP (carbono orgânico particulado); COD (carbono orgânico dissolvido)

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram de -0,42‰ a +4,43‰ ao longo do testemunho. De 133 a 77 cm, o $\delta^{15}\text{N}$ variou de +0,85‰ a +3,70‰, com algumas flutuações. De 77 a 65 cm, o $\delta^{15}\text{N}$ apresentou valores mais empobrecidos, de -0,42‰ a +0,68‰. Por fim, a partir de 63 cm, o $\delta^{15}\text{N}$ apresenta tendência de enriquecimento isotópico, com valores de +1,52‰ a +4,43‰.

O $\delta^{15}\text{N}$ permite um refinamento da interpretação dos dois intervalos discernidos com base nos valores de C/N. As amostras com valores mais enriquecidos de $\delta^{15}\text{N}$ no intervalo de 135 a 80 cm podem indicar a mistura de COP originado de fitoplâncton de água-doce (Tabela 1). Os valores mais empobrecidos de $\delta^{15}\text{N}$ entre 77 cm e 65 cm (-0,42 a +0,68‰), indicam que a matéria-orgânica depositada apresenta maior participação relativa de plantas vasculares C3 do que aquela depositada entre 63 cm e o topo, onde a participação do carbono originado de fitoplâncton de água-doce é maior.

6.2.2.3 Palinologia

A Tabela 26 apresenta os resultados das contagens dos diferentes tipos polínicos encontrados no testemunho LCGB da Lagoa Canto Grande. A Figura 32 apresenta o diagrama polínico de porcentagens para alguns tipos polínicos selecionados. Os grãos de pólen e esporos encontrados apresentaram-se geralmente bem preservados e em concentrações relativamente altas, variando de 133640 grãos.cm⁻³ a 961007 grãos.cm⁻³.

A análise palinológica do testemunho LCGB apresenta predomínio de grãos de pólen de táxons arbóreos/arbustivos (21-77%) e herbáceos (13-73%). Esporos de pteridófitas apresentam frequências entre 2% e 15%, e ervas aquáticas apresentam frequências bastante baixas, entre 0% e 2%. As porcentagens de grãos de pólen indeterminados variaram entre 6% e 18%.

Tabela 26 – Dados de contagem da análise polínica realizada nas amostras da Lagoa Canto Grande

Tipos	Profundidade (cm)																														
	1	5	11	13	17	23	27	29	33	37	41	45	49	55	61	65	67	71	75	79	89	91	95	101	105	111	121	127	129	133	
Aquáticos																															
Laurembergia	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ludwigia	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nymphaeaceae/Pontederiacae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Potamogeton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	
Salvinia/Azolla	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Typha	3	3	4	0	2	5	2	1	3	3	2	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	1	3	0	2	2	0	1	0	
Utricularia	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	4	6	1	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0	
Arbóreos e arbustivos																															
Abuta	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Acalypha	2	3	1	0	1	2	3	4	5	4	2	5	1	4	3	4	5	8	9	4	6	9	14	7	8	10	9	4	0	13	
Actinostemon/Euphorbia	1	0	2	0	0	2	0	0	3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Alchornea/Aparisthium	18	32	23	22	25	25	29	16	22	13	22	29	17	19	9	10	7	6	2	7	5	2	2	0	3	0	1	2	3	1	
Alibertia/Amaioua/Anisomeris	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Anacardiaceae	7	7	7	10	11	13	3	9	7	5	2	7	4	6	3	5	5	1	4	4	4	4	1	3	5	5	2	6	5	4	
Andira/Bowdichia/Dalbergia	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Araliaceae	2	3	2	1	1	2	2	3	0	0	1	1	7	4	2	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arecaceae	14	9	7	12	9	7	3	0	6	4	5	3	3	3	8	0	2	0	3	2	2	2	5	1	2	3	0	1	4	2	
Ayennia/Byttneria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Bauhinia	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Bonnetia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Byrsonima	3	0	1	5	1	1	2	0	4	1	3	1	2	1	3	2	1	1	0	1	1	1	2	0	0	0	2	1	3	4	
Calophyllum	1	2	2	1	1	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3	3	7	13	14	8	19	16	16	12	25	40	12	
Capparis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
Caryocar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Casearia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
Cecropia	25	14	30	27	16	20	39	21	49	22	26	31	15	19	10	25	13	8	10	31	32	35	28	27	36	30	26	23	15	32	
Ceiba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
Celtis	1	4	5	7	6	3	4	4	0	1	4	1	1	2	1	1	4	6	2	6	2	3	0	1	0	0	5	1	1	1	
Chamaesice/Maprounea	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	1	1	0	3	0	2	
Chrysobalanaceae	0	1	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chrysophyllum	1	2	0	1	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Copaifera	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cordia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Coussapoa	1	1	3	7	2	2	5	1	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	2	
Coussarea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
Crepidospermum/Protium	2	4	3	0	5	2	1	1	1	1	3	2	0	1	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Croton	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	4	8	6	1	3	5	2	1	4	0	1	0	0	
Cybianthus	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	1	1	2	0	0	
Dodonaea	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	1	5	1	0	1	2	3	3	
Davilla	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0	1	1	0	
Dicorynia	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Doliocarpus	0	5	1	3	3	1	4	2	2	3	0	1	0	0	6	4	1	4	0	8	9	12	26	8	10	13	7	7	3	5	
Elaeocarpus	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	
Emmotum	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Eriotheca	1	1	4	4	4	6	3	1	1	0	3	5	6	5	5	1	1	0	1	0	2	2	1	0	0	4	1	0	0	0	

continua

Tabela 26 – Dados de contagem da análise polínica realizada nas amostras da Lagoa Canto Grande

Tipos	Profundidade (cm)																													
	1	5	11	13	17	23	27	29	33	37	41	45	49	55	61	65	67	71	75	79	89	91	95	101	105	111	121	127	129	133
Eschweilera	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Faramea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	2	0	1
Ficus	4	2	6	5	4	8	1	4	3	3	2	3	9	5	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Gallesia	6	1	14	7	5	8	13	3	10	5	6	3	2	0	0	4	2	6	5	2	5	0	3	3	3	3	7	4	9	6
Glycydendron	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gordonia	0	2	1	1	4	2	3	0	0	1	1	0	1	0	2	2	2	0	3	3	6	0	2	3	3	2	2	1	0	3
Guapira	0	0	0	0	3	1	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
Guazuma	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hedyosmum	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
Himatanthus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Humiria/Vantanea	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Hydrogaster	1	0	2	2	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hyeronima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hymenaea	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hymenolobium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	1	
Ilex	16	22	21	15	16	16	19	16	16	23	14	18	16	22	29	14	10	2	3	7	6	12	8	9	5	10	5	10	8	6
Lacistema	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Laguncularia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lamanonia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Lantana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Loranthaceae	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Machaerium	0	0	2	0	2	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Macrolobium	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Macrothumia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	4	2	1	5	5	
Malpighiaceae	2	5	3	0	3	2	1	2	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	4	2	0	0	2	1	2	
Margaritaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
Maytenus	0	0	0	3	0	2	1	0	0	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Melastomataceae/Combretaceae	14	15	28	25	15	26	22	11	18	14	17	25	13	7	14	35	64	92	72	64	56	81	66	67	64	65	80	54	42	87
Meliaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mimosoideae	0	0	0	2	2	0	2	0	4	0	1	0	0	2	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0		
Molopanterha	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
Myroxylon	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
Myrtaceae	24	37	55	49	37	42	41	35	61	35	35	44	29	33	41	44	18	5	11	12	18	29	18	33	19	33	26	36	56	21
Ouratea	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0		
Parkia	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Peltogyne	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Pera	0	0	0	3	0	1	0	1	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	4	4	4	5	7	3	4	5	5	2		
Phyllostylon	0	2	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
Phytolacca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Piperaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
Pleurisanthes	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Podocarpus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Poecilanthe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
Proteaceae/Sapindaceae	3	1	4	2	4	5	2	2	2	2	6	1	3	0	2	2	1	0	0	1	6	1	3	3	6	1	2	3	1	
Rapanea	10	11	8	11	11	14	3	3	10	3	7	18	11	9	14	9	8	4	0	3	3	2	4	10	6	4	4	11	9	
Rhizophora	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	1	1	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0		

continua

Tabela 26 – Dados de contagem da análise polínica realizada nas amostras da Lagoa Canto Grande

Tipos	Profundidade (cm)																													
	1	5	11	13	17	23	27	29	33	37	41	45	49	55	61	65	67	71	75	79	89	91	95	101	105	111	121	127	129	133
Rinorea	0	0	0	0	2	1	1	0	1	0	2	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sabicea	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1
Sapium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Sapotaceae	1	2	0	0	2	5	1	1	2	2	1	0	3	1	2	1	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Schoepfia	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sebastiania	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Senefeldera	0	0	0	4	2	0	2	0	2	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Senna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Simarouba	5	3	6	11	4	10	12	3	5	2	0	6	1	1	3	7	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sloanea	1	0	0	2	1	2	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4	0	3	2	1	0	0	0
Swartzia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Symphonia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	2	1	0	1	4	1	6	6	2	1	1	3	2	5	0
Symplocos	0	2	1	0	0	1	1	3	1	1	3	2	2	2	4	5	5	0	2	6	2	6	6	7	4	5	7	3	7	3
Tetracera	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tocoyena	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tournefortia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
Trema	0	4	2	12	9	1	11	4	3	5	5	10	2	5	3	7	8	5	7	2	11	3	4	0	7	2	3	5	2	4
Urticaceae/Moraceae	39	39	67	71	37	58	93	58	59	48	38	37	45	41	41	29	27	42	44	27	11	10	8	16	23	14	12	8	8	13
Vigna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Virola	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Weinmania	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Zanthoxylum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herbáceos																														
Actinocephalus/Paepalanthus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amaranthaceae	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Anthurium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
Asteraceae	5	0	8	8	4	5	11	1	9	2	4	5	3	4	3	14	18	17	30	25	32	33	22	26	24	19	22	21	11	36
Begonia	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0	2	2	0	0	2	1	0	1	4	3	0	3	1	4	1	3	1	2	4	0
Borreria	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	1	1	2	0	0	1	2	3	2	2	3	4	2	3	2	4	2
Bromelia	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Caperonia	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coccocipselum/Declieuxia	0	0	0	0	0	1	0	1	2	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Cuphea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	2	13	21	62	114	15	5	5	6	1	2	0	1	2	2	3
Cyperaceae	31	40	31	49	40	58	70	36	69	53	49	31	15	16	27	79	185	228	277	99	79	62	102	27	86	39	59	63	12	30
Passiflora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	10	14	10	12	11	22	27	9	31	21	33	20	22	21	32	73	137	179	233	158	65	86	85	92	74	101	85	67	28	105
Polygalaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Polygonum	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sauvagesia	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	9	11	24	34	0	5	1	3	2	0	3	1	1	0	0
Smilax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	2	0	0	2
Stylosanthes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	1	1	0	0	1	2	0	0	1
Xyris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Esporos																														
Blechnaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cyatheaceae	2	1	4	2	0	5	0	2	1	2	1	0	2	0	2	1	11	26	8	9	0	9	6	6	2	18	13	6	1	4
Dennstaedtiaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

continua

Tabela 26 – Dados de contagem da análise polínica realizada nas amostras da Lagoa Canto Grande

Tipos	Profundidade (cm)																													
	1	5	11	13	17	23	27	29	33	37	41	45	49	55	61	65	67	71	75	79	89	91	95	101	105	111	121	127	129	133
Lycopodiella	0	1	0	0	1	0	1	0	0	3	2	2	2	0	2	8	3	7	3	6	0	4	3	3	2	3	1	3	3	1
Lygodium	1	2	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	2	1	0	2	2	4	0	5	4	0	1
Monolete	10	8	13	16	7	18	14	8	13	3	1	7	0	3	7	8	9	13	26	38	31	34	51	29	23	26	31	17	4	37
Osmundaceae	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polypodiaceae	3	5	1	7	1	4	3	5	2	4	2	2	3	3	7	1	6	4	2	1	2	5	2	4	2	1	1	1	2	0
Pteridaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Selaginella	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trilete	2	2	0	3	0	4	1	2	8	1	0	1	1	3	6	12	9	10	2	2	12	11	15	4	17	4	6	16	8	8
Indeterminados																														
4CPeq	1	2	2	4	2	3	3	1	1	1	0	5	2	3	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Outros indeterminados	18	39	51	44	43	37	46	28	52	36	45	35	40	41	48	46	64	83	59	72	44	53	48	51	62	45	46	60	67	53
Ervas aquáticas	3	4	6	1	4	8	5	2	5	5	3	1	0	0	0	2	7	16	9	4	1	1	2	5	2	3	2	3	1	0
Arbóreos e arbustivos	219	243	321	340	255	305	336	214	318	211	224	265	206	207	233	225	210	216	200	217	229	257	250	245	239	242	236	241	247	242
Herbáceos	47	55	54	72	57	87	110	48	112	77	95	59	43	43	69	192	383	515	693	303	189	196	223	157	192	171	177	158	63	179
Esporos terrestres	20	19	18	29	10	33	19	18	25	13	6	12	8	10	27	32	38	61	43	58	47	63	80	48	50	53	58	47	19	51
Indeterminados	19	41	53	48	45	40	49	29	53	37	45	40	42	44	48	48	64	83	59	72	45	53	48	52	62	45	46	60	67	54
Soma de pólen	285	339	428	460	357	432	495	291	483	325	364	364	291	294	350	465	657	814	952	592	463	506	521	454	493	458	459	459	377	475
Marcador exótico	21	14	20	21	16	28	29	24	32	19	31	38	20	12	15	43	57	165	191	130	74	47	30	141	105	92	56	93	50	58

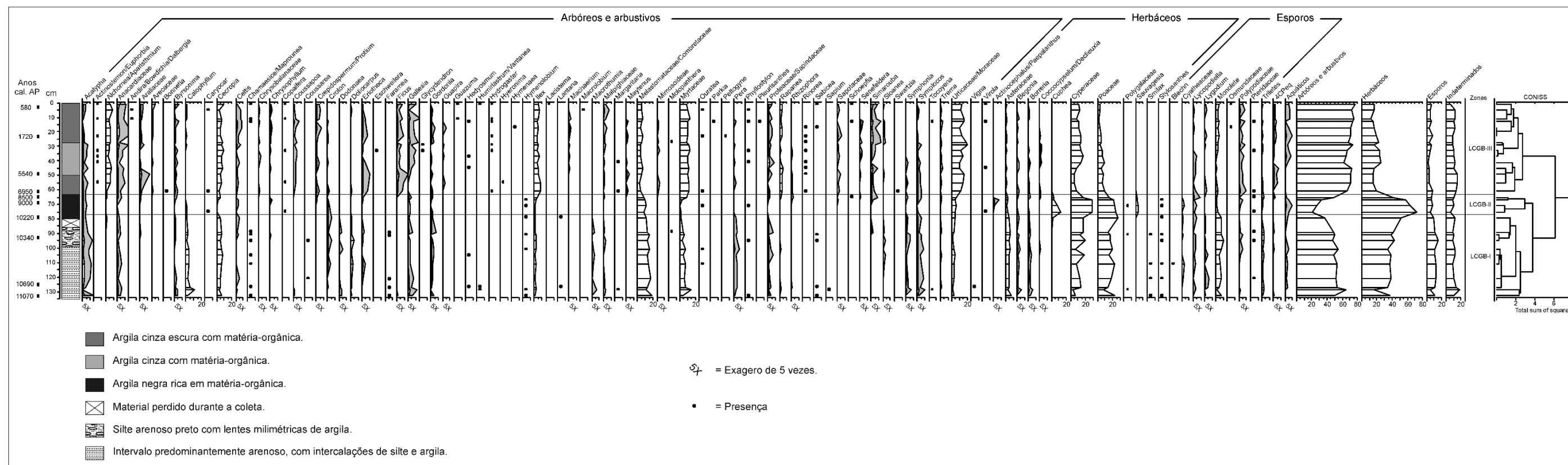


Figura 32 – Diagrama polínico de porcentagem do testemunho LCGB coletado na Lagoa Canto Grande

A análise de agrupamentos realizada pelo CONISS (GRIMM, 1987), com base nas contagens dos tipos arbóreos/arbustivos e herbáceos (com exceção de Poaceae e Cyperaceae), além do tipo morfológico 4CPeq, permitiu dividir o registro palinológico do testemunho LCGB em três zonas polínicas.

Zona polínica LCGB-I (135-77 cm; 11165-9976 anos cal. A.P.)

Intervalo com predomínio de táxons arbóreos/arbustivos (37-66%), seguido por táxons herbáceos (17-51%), esporos de pteridófitas (5-15%), e ervas aquáticas (0-1%). Grãos indeterminados variaram de 9% a 18%.

Os táxons arbóreo/arbustivos mais frequentes na Zona LCGB-I são Melastomataceae/Combretaceae (11-18%), Myrtaceae (2-15%), *Calophyllum* (1-11%), *Cecropia* (4-7%), Urticaceae/Moraceae (2-5%), *Doliocarpus* (1-5%), *Ilex* (1-2%), *Acalypha* (0-3%), *Gallesia* (0-2%), *Pera*, (0-2%), *Rapanea* (0-2%), *Symplocos* (0-2%), *Trema* (0-2%), *Alchornea/Aparisthmium* (0-1%), Anacardiaceae (0-1%), Arecaceae (0-1%), *Byrsonima* (0-1%), *Celtis* (0-1%), *Chamaesyce/Maprounea* (0-1%), *Croton* (0-1%), *Cybianthus* (0-1%), *Dodonaea* (0-1%), *Eriotheca* (0-1%), *Gordonia* (0-1%), *Macrothumia* (0-1%), Malpighiaceae (0-1%), *Margaritaria* (0-1%), *Ouratea* (0-1%), Proteaceae/Sapindaceae (0-1%), *Sloanea* (0-1%) e *Symphonia* (0-1%).

Entre os táxons herbáceos, os mais frequentes são Poaceae (7-27%), Cyperaceae (3-20%), Asteraceae (3-8%), *Begonia* (0-1%), *Borreria* (0-1%), *Cuphea* (0-3%), *Sauvagesia* (0-1%) e *Smilax* (0-1%). Esporos terrestres são representados principalmente por monoletes psilados (1-10%), Cyatheaceae (0-4%), triletes (0-3%), *Lycopodiella* (0-1%), *Lygodium* (0-1%) e Polypodiaceae (0-1%).

Com exceção de *Celtis*, *Chrysophyllum*, *Eriotheca*, *Ficus*, Malpighiaceae, *Pera* e *Sapium*, os demais táxons considerados indicadores da floresta de tabuleiros (Figura 32) estão ausentes ou ocorrem em frequências desmasiadamente baixas. No caso específico de Urticaceae/Moraceae as frequências encontradas (2-5%) são inferiores àquelas obtidas tanto nos coletores artificiais localizados dentro da mata de tabuleiros (12%), como também àquela obtida na amostra superficial da Lagoa do Macuco (9%), sendo similares às obtidas nos coletores instalados no ambiente transicional entre campo e floresta (4%).

O intervalo LCGB-I diferencia-se das demais zonas polínicas pela presença, ou maior frequência, de *Calophyllum*, *Symphonia*, *Coussarea*, *Croton*, *Cybianthus*, *Dodonaea*, *Doliocarpus*, *Faramea*, *Hymenolobium*, *Macrothumia*, *Pera*, Asteraceae, Poaceae, Polygalaceae, *Stylosanthes*, *Smilax* e Cyatheaceae. Entre tais táxons, *Calophyllum*, *Symphonia*,

Croton, *Macrothumia* e *Pera* foram encontrados em um fragmento de floresta estacional semidecidual na planície aluvial do Rio Doce (ROLIM et al., 2006), sendo que o gênero *Macrothumia* foi encontrado também na mata de tabuleiro de Linhares (Tabela 7). Os táxons *Croton*, *Dodonaea*, *Doliocarpus*, *Pera*, Polygalaceae, *Stylosanthes* e *Smilax* são encontrados na restinga de Camburi, ES (PEREIRA; ASSIS, 2000). De acordo com os registros do Herbário CVRD, o gênero arbóreo *Hymenolobium*, e o gênero herbáceo *Stylosanthes*, tipos com presença exclusiva nas zonas polínicas LCGB-I e LCGB-II, atualmente ocorrem também em muçunungas e campos nativos da Reserva Natural Vale. O tipo *Doliocarpus* mostrou-se um importante elemento da precipitação polínica moderna tanto na área de campo nativo quanto na área florestada transicional (item 5.2.7). É importante mencionar que os gêneros *Doliocarpus* e *Curatella* (família Dilleniaceae) apresentam grãos de pólen muito semelhantes, e não foi possível diferenciá-los com base nas comparações realizadas com o material de palinoteca. No entanto, os grãos encontrados são identificados como *Doliocarpus*, pois *Curatella* não ocorre atualmente na região.

As altas porcentagens de Asteraceae (3-8%), Cyperaceae (3-20%) e Poaceae (7-27%) são mais ou menos similares àquelas obtidas na precipitação polínica moderna da vegetação de campo (Asteraceae = 5%; Cyperaceae = 10%; Poaceae = 14%). No entanto, as frequências um pouco mais elevadas desses táxons, principalmente Cyperaceae, podem estar relacionadas a espécies que habitam áreas temporariamente alagáveis, tal como observado nas amostras mais recentes do Nativo do Flamengo (Figura 25). Essa interpretação sobre a ocorrência de alagamentos temporários é corroborada pelos resultados das análises de carbono e nitrogênio, segundo a qual as amostras de 135 a 80 cm indicam matéria-orgânica originada de fitoplâncton de água-doce, com maior participação de plantas C3 a partir de 103 cm. É também corroborada pela litologia observada entre 135 e 100 cm, onde as intercalações de argila/silte e areia indicariam mudanças na energia hídrica, talvez resultado de eventos de transbordamento das drenagens em períodos mais chuvosos. A baixa frequência de táxons aquáticos, representados principalmente por *Typha* e *Potamogeton*, pode indicar que os alagamentos eram de curta duração, ou também que esses táxons ocupavam áreas relativamente reduzidas.

Pereira e Assis (2000) em seu levantamento florístico em vegetação de restinga no município de Vitória (ES) distinguiu três comunidades: (i) mata seca, composta por vegetação florestal de porte entre 5 e 10 metros, estrato arbóreo com muitas espécies de Myrtaceae, estrato herbáceo com presença de Bromeliaceae, *Capparis* e outros; (ii) formação aberta de Ericaceae, relacionada a áreas com lençol freático próximo à superfície, é composta por

arbustos e pequenas árvores de até 4 metros de altura organizados em moitas, representados por *Byrsonima sericea*, *Humiria balsamifera* e outros; (iii) brejo herbáceo, onde a drenagem é deficiente, com predomínio de Poaceae e Cyperaceae, além de *Tibouchina urceolaris* (Melastomataceae), *Sauvagesia erecta* e *Cuphea sessilifolia*. Assim, os dados polínicos obtidos para o intervalo LCGB-I seriam compatíveis com a presença de um ecossistema misto de restinga seca, formação aberta de Ericaceae, e brejo herbáceo, com a distribuição espacial dessas comunidades dependente da altitude, e da frequência e duração dos alagamentos.

Esses resultados sugerem que durante a zona polínica LCGB-I a vegetação na região da Lagoa Canto Grande era distinta da atual. A ausência ou a baixa frequência da maioria dos tipos polínicos de mata de tabuleiros indicam que esse tipo de vegetação não ocorria nas proximidades. A presença de táxons de floresta aluvial, de restinga, e de campos nativos e muçunungas sugere que esses eram os principais tipos de vegetação presentes no intervalo aproximado de 11200 a 10000 anos cal. AP. Com base em estudo palinológico da Lagoa Durão, localizada ao sul da Lagoa Canto Grande, Nascimento (2012) também observou o predomínio de vegetação herbácea durante o período entre o UMG e o início do Holoceno, com a expansão da vegetação florestal a partir do Holoceno inferior.

A presença da vegetação de restinga, de campos nativos e muçunungas durante a zona polínica LCGB-I pode ser explicada com base na geomorfologia e distribuição dos solos atuais. A Lagoa Canto Grande é formada por duas drenagens principais, as quais drenam grandes áreas de campos nativos e muçunungas a oeste da lagoa (Figura 17). Os dados de datação ^{14}C obtidos no Nativo da Gávea sugerem essa área de Espodossolo existe há pelo menos 14000 anos, portanto, deveria suportar vegetação de campo nativo e muçununga no início da zona polínica LCGB-I. A leste a lagoa faz limite com cordões litorâneos de origem pleistocênica (Figura 17), os quais poderiam ter suportado vegetação semelhante a restingas e campos nativos durante essa zona polínica.

Por sua vez a vegetação de floresta aluvial presente na zona polínica LCGB-I deveria ocupar áreas marginais às drenagens. No entanto, as frequências dos táxons representativos desse tipo de vegetação sugerem que essas áreas seriam então mais amplas, provavelmente ocupando áreas que hoje encontram-se permanentemente alagadas.

A ausência de sinal polínico representativo da floresta de tabuleiro sugere que esse tipo de vegetação encontrava-se a maior distância do local de estudo. Sabe-se que atualmente, na região de Linhares, esse tipo de vegetação ocorre principalmente sobre os Argissolos. No entanto, estudos realizados na Reserva Natural Vale (BUSO JUNIOR et al., 2013b) não

evidenciaram mudança no sinal do $\delta^{13}\text{C}$ da matéria-orgânica dos Argissolos, indicando uma cobertura constante de plantas C3 durante os últimos 17000 anos.

Zona polínica LCGB-II (77-63 cm; 9976-7725 anos cal. A.P.)

O intervalo apresenta predomínio de grãos de pólen de táxons herbáceos (41-73%), seguidos de táxons arbóreos e arbustivos (21-48%), esporos de pteridófitas (5-7%) e tipos aquáticos (0-2%). Grãos de pólen indeterminados apresentam frequências de 6% a 11%.

Os tipos herbáceos mais frequentes são Cyperaceae (17-29%), Poaceae (16-24%), *Cuphea* (3-12%), Asteraceae (2-3%), *Sauvagesia* (2-4%) e *Actinocephalus/Paepalanthus* (0-1%).

Entre os tipos arbóreos e arbustivos os táxons mais frequentes na Zona LCGB-II são Melastomataceae/Combretaceae (8-11%), Myrtaceae (1-9%), Urticaceae/Moraceae (4-6%), *Cecropia* (1-5%), *Ilex*, (0-3%), *Alchornea/Aparisthmium* (0-2%), *Rapanea* (0-2%), *Simarouba* (0-2%), *Trema* (0-2%), *Acalypha* (1%), Anacardiaceae (0-1%), *Celtis* (0-1%), *Chrysophyllum* (0-1%), *Croton* (0-1%), *Doliocarpus* (0-1%), *Gallesia* (0-1%), *Hymenolobium* (0-1%), *Rhizophora* (0-1%) e *Symplocos* (0-1%).

Esporos de pteridófitas são representados em sua maioria por monoletes psilados (1-3%), Cyatheaceae (0-3%), triletes (0-3%), *Lycopodiella* (0-2%) e Polypodiaceae (0-1%), enquanto que os principais táxons aquáticos são *Potamogeton* e *Utricularia* (0-1%).

Além das altas frequências de Cyperaceae e Poaceae, a zona polínica LCGB-II é também caracterizada pela presença ou maior frequência de *Croton*, *Hymenolobium*, *Actinocephalus/Paepalanthus*, *Cuphea* e *Sauvagesia*.

Com exceção de *Celtis*, *Caryocar*, *Chrysophyllum*, *Eriotheca*, *Ficus*, Malpighiaceae, *Schoepfia*, *Senefeldera* e *Simarouba*, os demais tipos considerados indicadores da precipitação polínica de mata de tabuleiro estão ausentes ou apresentam frequências muito baixas na zona polínica LCGB-II.

Todos os tipos polínicos, com exceção de *Rhizophora* e *Actinocephalus/Paepalanthus*, apresentam redução na taxa de acumulação polínica quando da transição da zona LCGB-I para LCGB-II. Como exemplos, Melastomataceae/Combretaceae, Myrtaceae, Urticaceae/Moraceae, *Cuphea*, Cyperaceae e Poaceae, tipos arbóreos/arbustivos e herbáceos mais frequentes em LCGB-II, apresentam grande redução em seus influxos quando em comparação com LCGB-I (Figura 33).

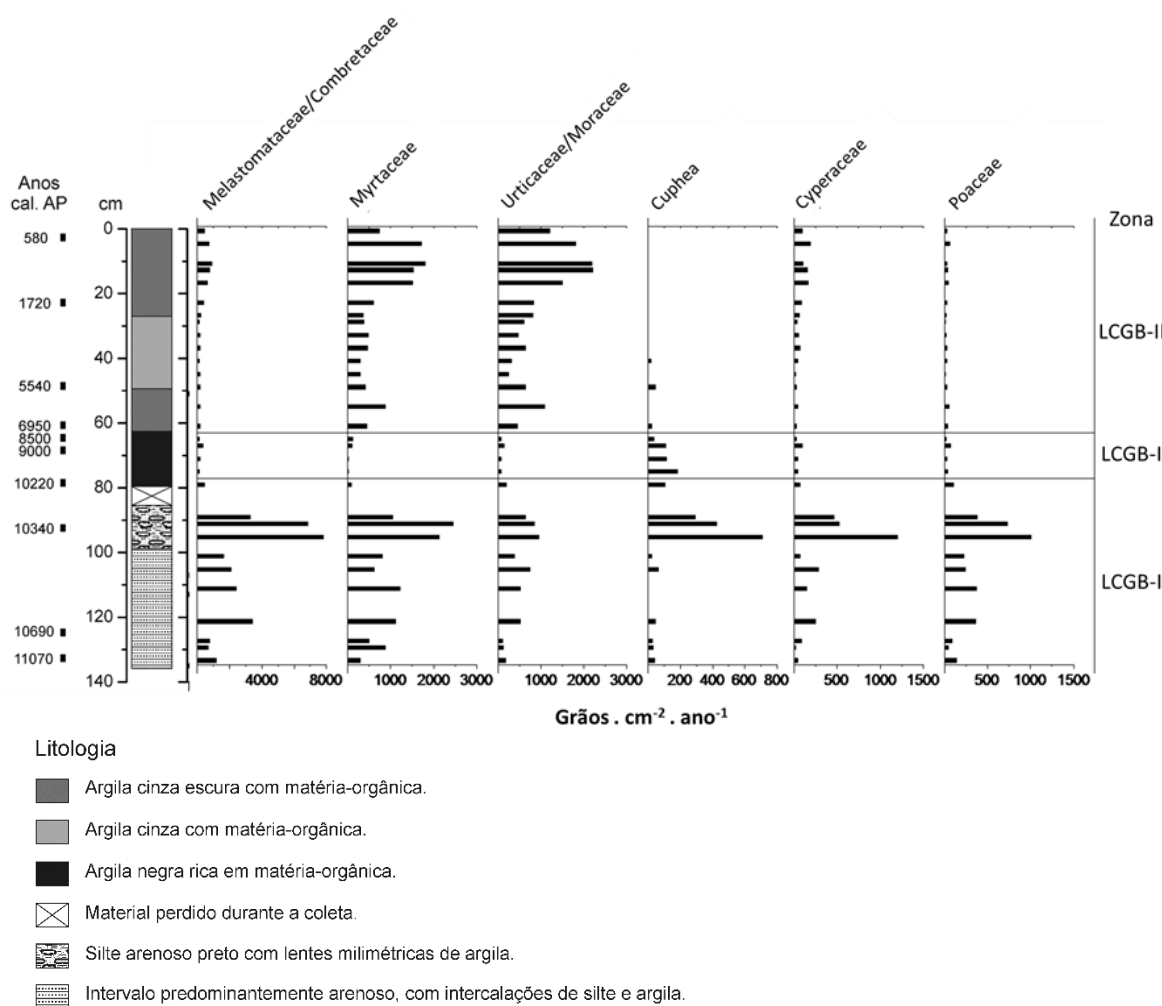


Figura 33 – Taxa de acumulação polínica de alguns tipos selecionados do testemunho LCGB

De acordo com o trabalho de Gosling et al. (2009) e os resultados obtidos no estudo da precipitação polínica moderna apresentados anteriormente (item 5.2.7), há uma relação entre a estrutura da vegetação e a taxa de acumulação polínica. Assim, as baixas taxas de acumulação polínica encontradas nos grupos arbóreo/arbustivos, herbáceos, esporos e indeterminados, durante a zona LCGB-II (Figura 34) podem indicar uma vegetação mais aberta que na zona LCGB-I.

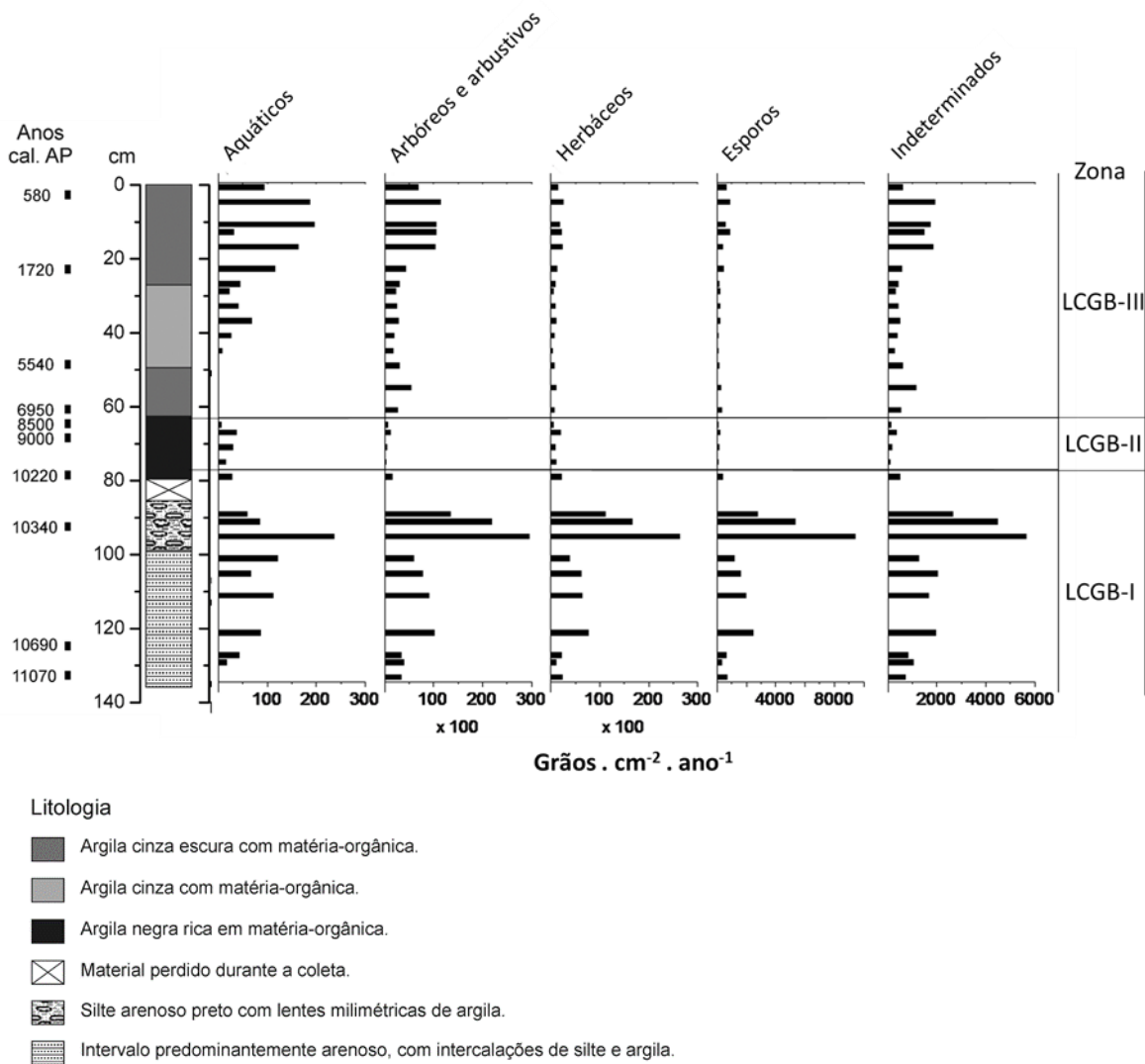


Figura 34 – Taxas de acumulação polínica dos diferentes grupos do testemunho LCGB

De acordo com os registros do Herbário CVRD, os tipos *Hymenolobium*, *Actinocephalus/Paepalanthus*, *Cuphea* e *Sauvagesia* representam espécies que atualmente ocorrem em campos nativos, muçunungas e restingas na região nordeste do Espírito Santo. Pereira e Assis (2000) verificaram o predomínio de Poaceae, Cyperaceae, Melastomataceae, *Sauvagesia* e *Cuphea* em comunidade de brejo herbáceo de restinga, em Vitória (ES). Dessa forma, a zona polínica LCGB-II seria caracterizada pela presença de comunidades de campos nativos, muçunungas e brejo herbáceo de restinga, em um ecossistema caracterizado por uma vegetação predominantemente aberta, com predomínio de Cyperaceae e Poaceae.

Essa interpretação é corroborada pela análise de C e N, segundo a qual o intervalo entre 79 e 65 cm apresenta maiores valores de COT e Ntotal, indicando maior acumulação de matéria-orgânica, valores de $\delta^{13}\text{C}$ e C/N típicos de plantas C3, e valores de $\delta^{15}\text{N}$ menos enriquecidos, indicando maior importância relativa de matéria-orgânica de plantas vasculares.

Essas características da matéria-orgânica são compatíveis com um ambiente redutor, devido a maior duração ou frequência de alagamentos, com grande aporte de matéria-orgânica originada principalmente de gramíneas e ciperáceas C3.

Frequências baixas de grãos de pólen de *Rhizophora* começam a aparecer a partir da metade superior da zona polínica LCGB-II (67 cm, cerca de 8750 anos cal. AP). Tais grãos de pólen devem ter sido transportados pelo vento desde longas distâncias, e devem estar relacionados a instalação de manguezais ao leste da planície costeira, em resposta à elevação do nível relativo marinho holocênico. Estudo realizado nessa planície costeira por França et al. (2013) mostra a ocorrência de manguezais compostos principalmente por *Rhizophora* desde 8050 anos cal. AP.

A elevação do nível relativo marinho holocênico pode ter sido uma das causas da mudança de vegetação observada entre as zonas polínicas LCGB-I e LCGB-II, levando a uma subida do nível de base, tornando o lençol freático mais próximo à superfície e tornando alagáveis as áreas ocupadas pelas restingas secas. Isso possibilitou a expansão das restingas alagadas semelhantes àquelas descritas por Pereira e Assis (2000).

Zona polínica LCGB-III (63-00 cm; 7725-409 anos cal. A.P.)

Zona polínica com predomínio de tipos arbóreos e arbustivos (62-77%). Táxons herbáceos apresentam frequências menores que aquelas das zonas polínicas anteriores (13-26%). Esporos de pteridófitas apresentam frequências de 2% a 8%, enquanto que os tipos aquáticos variam de 0% a 2%. Grãos indeterminados correspondem de 7% a 15% da soma de pólen.

Os táxons arbóreos e arbustivos mais frequentes nessa zona polínica são Urticaceae/Moraceae (10-20%), Myrtaceae (8-13%), *Cecropia* (2-14%), *Alchornea/Aparisthium* (3-9%), *Ilex* (3-8%), Melastomataceae/Combretaceae (2-7%), *Rapanea* (1-5%), Anacardiaceae (1-3%), Arecaceae (0-5%), *Ficus* (0-3%), *Gallesia* (0-3%), *Trema* (0-3%), Araliaceae (0-2%), *Celtis* (0-2%), *Coussapoa* (0-2%), *Doliocarpus* (0-2%), *Eriotheca* (0-2%), Proteaceae/Sapindaceae (0-2%), *Simarouba* (0-2%), *Acalypha* (0-1%), *Actinostemon/Euphorbia* (0-1%), *Byrsonima* (0-1%), *Calophyllum* (0-1%), *Caryocar* (0-1%), *Chamaesyce/Maprounea* (0-1%), Chrysobalanaceae (0-1%), *Chrysophyllum* (0-1%), *Copaifera* (0-1%), *Crepidospermum/Protium* (0-1%), *Croton* (0-1%), *Gallesia* (0-1%), *Guapira* (0-1%), *Hedyosmum* (0-1%), *Humiriastrum/Vantanea* (0-1%), *Lacistema* (0-1%), *Machaerium* (0-1%), Malpighiaceae (0-1%), *Maytenus* (0-1%), Mimosoideae (0-1%),

Pera (0-1%), *Phyllostylon* (0-1%), *Rinorea* (0-1%), Sapotaceae (0-1%), *Senefeldera* (0-1%), *Sloanea* (0-1%), *Symphonia* (0-1%) e *Symplocos* (0-1%).

Táxons herbáceos terrestres são representados por Cyperaceae (5-16%), Poaceae (2-9%), Asteraceae (0-2%), *Begonia* (0-1%), *Borreria* (0-1%), *Coccocypselum/Declieuxia* (0-1%) e *Cuphea* (0-1%). Os mais frequentes esporos de pteridófitas são monoletes psilados (0-4%), Polypodiaceae (0-2%), triletes (0-2%), Cyatheaceae (0-1%), *Lycopodiella* (0-1%), *Lygodium* (0-1%) e Osmundaceae (0-1%), enquanto que as ervas aquáticas são representadas principalmente por *Typha* (0-1%).

O conjunto polínico da zona LCGB-III mostra a expansão da vegetação de floresta de tabuleiros, pois com exceção de *Banara*, *Garcinia*, *Guettarda*, *Moldenhawera*, *Pachira*, *Pseudobombax*, *Rourea*, *Salacia*, *Sapium*, *Stephanopodium*, *Sterculia* e *Vismia*, os demais tipos indicadores desse ecossistema (Figura 11, item 5.2.7) estão presentes e ocorrem em frequências adequadas. O tipo *Lacistema*, exclusivo desse intervalo, ocorre como espécie arbórea climácica de mata de tabuleiros (JESUS; ROLIM, 2005), portanto pode ser considerado um indicador desse ecossistema, embora não tenha sido encontrado no estudo da chuva polínica moderna. São observados aumentos nas taxas de acumulação polínica principalmente nos grupos arbóreos/arbustivos e indeterminados que podem indicar a expansão de vegetação com estrutura florestal (Figura 34).

Os táxons indicativos das comunidades de restinga, campo nativo e muçununga (*Dodonaea*, *Doliocarpus*, *Hymenolobium*, *Sauvagesia*, *Cuphea*, *Actinocephalus/Paepalanthus*, *Stylosanthes* e Polygalaceae) tornam-se raros ou ausentes, indicando uma retração na área ocupada por esses ecossistemas.

As frequências de *Croton*, *Calophyllum*, *Macrothumia*, *Symphonia*, táxons indicativos de florestas aluviais, permanecem baixas, sugerindo que esse tipo de vegetação não apresentou expansão. A ausência de expansão da mata aluvial pode ser explicada pela formação de um ambiente lacustre. As áreas mais deprimidas, que durante a zona LCGB-I eram marginais ao curso d'água e abrigavam a mata aluvial, estariam agora permanentemente alagadas. As análises de C e N sugerem uma tendência de aumento da participação de matéria-orgânica originada de fitoplâncton de água-doce, principalmente a partir de 40 cm (~4200 anos cal. AP), o que corroboraria a hipótese de formação de uma lagoa.

6.2.2.3.1 O registro de táxons com disjunção amazônica no testemunho LCGB

Táxons arbóreos e arbustivos com distribuição disjunta entre a Amazônia e a Mata Atlântica estão presentes no registro polínico do testemunho LCGB. Com exceção de um único grão atribuído ao tipo *Abuta*, presente na amostra 129 cm, todos os demais tipos polínicos são registrados somente a partir de cerca de 8500 anos cal. A.P.: *Senefeldera* (8500 anos cal. A.P.); *Bonnetia* e *Rinorea* (7000 anos cal. A.P.); *Glycydendron* (3200 anos cal. A.P.); *Parkia* e *Pleurisanthes* (1200 anos cal. AP); *Macrolobium* (700 anos cal. A.P.).

Esses registros concordam com aqueles apresentados por Buso Junior et al. (2013b), que observaram a ocorrência de táxons com disjunção amazônica desde cerca de 8000 anos cal. AP na região nordeste do Espírito Santo. A não observação desses táxons no intervalo entre 11200 e 8500 anos cal. AP no testemunho LCGB provavelmente se relaciona ao fato de que tais táxons, além de raros no sinal polínico, são em sua maioria, árvores ocorrentes na mata de tabuleiro, a qual se localizava mais distante do ponto analisado durante esse intervalo de tempo.

6.2.2.4 Inferências paleoclimáticas com base no testemunho LCGB

As mudanças da vegetação no entorno da Lagoa Canto Grande indicadas pela palinologia e as características da matéria-orgânica preservada no testemunho LCGB permitem a elaboração de hipóteses sobre flutuações do paleoclima na região nordeste do estado do Espírito Santo.

A ausência de tipos indicativos da vegetação de mata de tabuleiro durante a zona polínica LCGB-I (11165-9976 anos cal. AP) indica que esse tipo de vegetação não ocorria no entorno do local estudado. Nessa época os tipos de vegetação mais abundantes eram a floresta aluvial, os campos nativos, muçunungas e diferentes comunidades de restinga. No entanto, valores empobrecidos de $\delta^{13}\text{C}$ indicam que não ocorreu expansão de vegetação com predomínio de plantas C4. Além disso, os valores elevados da taxa de acumulação polínica sugerem o predomínio de vegetação com estrutura florestal. Pode-se então supor que as áreas de Argissolo no entorno do ponto estudado fossem ocupadas por vegetação florestal com diferente composição de espécies, talvez uma floresta semidecídua. De qualquer forma, esse cenário sugere um clima menos úmido que o atual.

Essa interpretação concorda com o estudo da composição isotópica de carbono da matéria-orgânica dos solos da região, realizado por Buso Junior et al. (2013b), que indicou o predomínio de plantas C3 desde 17000 anos cal. AP, com base no qual foi inferido um clima úmido o suficiente para manutenção das florestas durante esse intervalo. Concorda também

com vários estudos de reconstrução paleoambiental realizados em região de Mata Atlântica que indicam clima menos úmido no Holoceno inferior e médio (BEHLING 1997b; 2003; BEHLING et al., 2004; GOUVEIA et al., 2002; GARCIA et al., 2004; PESSENDA et al., 2004; LEDRU et al., 2009), muito embora a região de Linhares aparentemente não experimentou expansão de áreas de campo e savanas com predomínio de plantas C4.

Apesar da menor resolução temporal dos dados obtidos nos Espodossolos (item 6.2.1.7), o clima menos úmido sugerido para o Holoceno inferior com base no testemunho LCGB de certa forma corrobora a inferência climática baseada nos dados obtidos no Nativo da Caingá, segundo a qual o intervalo entre 23000 e 1000 anos cal. AP foi menos úmido que os últimos 1000 anos, muito embora os limites desse intervalo sejam pouco precisos.

As principais mudanças ocorridas na vegetação durante a zona polínica LCGB-II (9976-7725 anos cal. AP) são atribuídas à elevação do lençol freático, em resposta à subida do nível relativo marinho holocênico e à consequente elevação do nível de base. O clima para esse período deve ter sido similar ao do período anterior, concordando com os trabalhos que inferem clima menos úmido para o Holoceno inferior e médio (BEHLING 1997b; 2003; BEHLING et al., 2004; GOUVEIA et al., 2002; GARCIA et al., 2004; PESSENDA et al., 2004; LEDRU et al., 2009). No entanto, pode-se também supor uma influência de climas mais úmidos sobre a vegetação durante esse período, considerando que Stríkis et al. (2011) verificaram eventos de intensificação das chuvas de monção na região norte de Minas Gerais a partir de 9200 anos cal. AP, incluindo-se um evento há 8200 anos AP.

O registro do aparecimento dos tipos representativos de vegetação de mata de tabuleiro durante a zona polínica LCGB-III (7725-409 anos cal. AP), juntamente com a elevação das taxas de acumulação polínica (Figura 34), sugere expansão da vegetação florestal de tabuleiros para áreas próximas ao local estudado. Essa expansão pode ter ocorrido em resposta a um clima mais úmido iniciado a partir do Holoceno médio. Com base na composição isotópica de espeleotemas, Cruz et al. (2005) propõem intensificação das chuvas de monção durante os últimos 7000 anos, uma possível explicação para a expansão da floresta de tabuleiros. O período mais úmido no intervalo de 7000 a 4000 anos cal. AP sugerido por Buso Junior et al. (2013b) com base na palinologia da Lagoa do Macuco, localizada 23 km ao norte da Lagoa Canto Grande, não é observado no testemunho LCGB. No entanto, frequências um pouco mais elevadas de pólen de táxons arbóreos/arbustivos, concomitantes com os valores mais baixos nas frequências de táxons herbáceos nas amostras de 61 a 41 cm (6950-4365 anos cal. AP), devem ser melhor investigadas, pois parecem sugerir um momento com maior importância relativa da vegetação florestal.

7 CONCLUSÕES

7.1 Precipitação polínica moderna

O estudo da precipitação polínica moderna permitiu a diferenciação do sinal polínico de três tipos de vegetação atualmente presentes na região de Linhares: vegetação herbácea de muçununga (campo nativo), vegetação de muçununga arborizada de transição, e mata de tabuleiros.

A muçununga com fisionomia herbácea foi caracterizada por baixas taxas de acumulação polínica, além de um conjunto polínico com frequências mais elevadas de Poaceae, Cyperaceae e Asteraceae.

O sinal polínico da vegetação de muçununga arborizada (vegetação de transição) foi caracterizado por taxas intermediárias de acumulação polínica, além de um conjunto polínico com altas frequências de *Byrsonima*, e maior representatividade de Araliaceae, *Doliocarpus* e *Lundia*.

A precipitação polínica da vegetação de mata de tabuleiro é caracterizada pela taxas mais elevadas de acumulação polínica, e por um conjunto polínico com maior riqueza de tipos, maiores frequências de Urticaceae/Moraceae, e com presença ou maiores frequências de táxons raros ou típicos de vegetação florestal. A comparação com amostra superficial de sedimento lacustre mostrou que o sinal polínico da vegetação florestal pode ser mascarado pelo forte sinal de plantas semi-aquáticas, principalmente das famílias Cyperaceae e Poaceae, e também pelo sinal de plantas pioneiras, tais como *Cecropia*.

7.2 Origem e evolução dos Espodossolos

Os dados obtidos nos Espodossolos sugerem que as diferentes manchas de Espodossolo da região de Linhares representem diferentes estágios de evolução dessa classe de solos.

As análises realizadas permitiram a formulação de um modelo explicativo para a evolução dos Espodossolos da região de Linhares a partir do Argissolo dominante. Segundo esse modelo os fatores condicionantes para o início da transformação do Argissolo seriam o relevo plano e a elevação do lençol freático sob um clima mais úmido. Sob tais condições o Argissolo sofreria lixiviação de argila e matéria-orgânica, e o processo de podsolização daria origem às manchas de Espodossolo. Manchas de Espodossolo em um estágio mais avançado de desenvolvimento poderiam ainda evoluir, novamente sob um clima mais úmido, para uma depressão com mata alagável, com a presença de horizonte espódico secundário.

No entanto, datações LOE obtidas em alguns perfis de Espodossolo podem indicar que em alguns locais os Espodossolos tenham se originado em material intrinsecamente arenoso relacionado à sedimentação Pós-Barreiras.

7.3 Dinâmica da vegetação durante o Quaternário tardio

O enfoque interdisciplinar aplicado aos Espodossolos e ao testemunho sedimentar da Lagoa Canto Grande permitiram vislumbrar aspectos da dinâmica da vegetação associados a evolução dos Espodossolos, às flutuações do paleoclima, e a mudanças do nível relativo marinho.

A evolução dos Espodossolos a partir da transformação dos Argissolos implica em mudanças pontuais da vegetação. O início do processo, com a elevação do lençol freático e a destruição do Argissolo, implica no deslocamento da vegetação de mata de tabuleiros. As subseqüentes fases da evolução do Espodossolo levam à implantação das muçunungas herbáceas ou arbóreas, as quais podem ser substituídas por brejos e matas alagáveis quando da formação de um horizonte espódico secundário em meio a uma grande mancha de Espodossolo.

Mudanças do paleoclima devem ter influenciado a vegetação também em escala regional. No intervalo aproximado de 11000-8500 anos cal. AP a vegetação na região da Lagoa Canto Grande era constituída principalmente por florestas aluviais, muçunungas e restingas de diferentes fisionomias. A mata de tabuleiros provavelmente não ocorria sobre as áreas de Argissolo próximas ao local estudado, talvez em resposta a um clima menos úmido no Holoceno inferior. Essas áreas de Argissolo talvez fossem ocupadas por vegetação florestal com diferentes estrutura e composição de espécies. Ocorre expansão das matas de tabuleiro na região da Lagoa Canto Grande a partir de cerca de 7500 anos cal. AP, provavelmente ocasionada por um clima mais úmido.

A elevação do nível relativo marinho durante o Holoceno pode ter tido importante influência na dinâmica da vegetação, especialmente em áreas com menor elevação em relação ao nível do mar. A zona polínica LCGB-II da Lagoa Canto Grande indica a expansão das áreas de brejos herbáceos de restinga a partir de cerca de 9000 anos cal. AP. Essa expansão ocorreu em detrimento das matas secas de restinga e da floresta aluvial, as quais devem ter sido deslocadas pela elevação do nível de base e alagamento das áreas mais baixas.

Os táxons com distribuição disjunta entre os biomas Amazônia e Mata Atlântica estão ausentes do registro polínico da Lagoa Canto Grande no intervalo de 11000-8500 anos cal. AP. Por ocorrerem, em sua maioria, nas matas de tabuleiros, tais táxons devem ter acompanhado a dinâmica dessa vegetação, e estariam localizados mais distantes do ponto estudado.

Não há indícios sobre a maior ocorrência de plantas C4, e expansão generalizada de savanas e campos desde os últimos 17000 anos cal. na região de Linhares. As mudanças de vegetação relacionadas a substituição de florestas por campos, e maior ocorrência de plantas C4, parecem ser restritas às manchas de Espodosolo. Essas observações corroboram a hipótese segundo a qual a região de Linhares foi um refúgio de vegetação florestal durante os intervalos de clima menos úmido do Pleistoceno tardio.

7.4 Inferências paleoclimáticas para o Quaternário tardio

Com base no início do processo de podsolização em algumas manchas de Espodosolo e na maior acumulação de matéria-orgânica no horizonte hístico do Nativo da Caingá, é inferido um clima mais úmido para o intervalo de pelo menos 31000 anos cal. AP até cerca de 23000 anos cal. AP, o qual deve ter apresentado chuvas bem distribuídas ao longo de todo o ano.

O intervalo seguinte, de 23000-8000 anos cal. AP é inferido como menos úmido, com base na expansão de plantas C4 no Nativo da Caingá e na ausência da mata de tabuleiros no entorno da Lagoa Canto Grande. Uma possível explicação para essa menor umidade seria a redução da influências das frentes frias de origem polar no intervalo de 21000-15000 anos cal. AP.

A expansão das matas de tabuleiro nas proximidades da Lagoa Canto Grande e o início da acumulação polínica no Nativo do Flamengo permitem inferir um clima mais úmido para os últimos 8000 anos cal. AP. Essa maior umidade poderia ter sido causada pela intensificação das monções de verão.

REFERÊNCIAS

- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 129, p. 407-422, 1997a.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (south Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 97, p. 109-121, 1997b.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 99, p. 143-156, 1998.
- BEHLING, H. Late glacial and Holocene vegetation, climate and fire history inferred from Lagoa Nova in the southeastern Brazilian lowland. **Vegetation History and Archaeobotany**, Heidelberg, v. 12, p. 263-270, 2003.
- BEHLING, H.; ARZ, H. W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in southeastern Brazil, inferences from the marine cores GeoB3229-2 and GeoB3202-1. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 179, p. 227-243, 2002.
- BEHLING, H.; LICHTHE, M. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical southeastern Brazil. **Quaternary Research**, San Diego, v. 48, p. 348-358, 1997.
- BEHLING, H.; NEGRELLE, R. R. B.; COLINVAUX, P. A. Modern pollen rain data from the tropical Atlantic rain forest, Reserva Volta Velha, South Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 97, p. 287-299, 1997.
- BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; ORLÓCI, L.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (campos), fire and climate dynamics, studied by highresolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 203, p. 277-297, 2004.
- BENNINGHOFF, W. S. Calculation of pollen and spores density in sediments by addition of exotic pollen in known quantities. **Pollen et Spores**, Paris, v. 4, p. 332-333, 1962.
- BITTRICH, V.; TRAD, R. J.; CABRAL, F. N.; NASCIMENTO-JUNIOR, J. E.; SOUZA, V. C.; Clusiaceae In: LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB6851>. Acesso em: 27 jan. 2015.
- BOUTTON, T. W. Stable carbon isotope ratios of natural materials. II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environments. In: COLEMAN, D. C.; FRY, B. (Ed.). **Carbon isotope techniques**. New York: Academic Press, 1991. p. 155-171.
- BROECKER, W. S. Radiocarbon. In: TUREKIAN, K. K.; HOLLAND, H. D. (Ed.). **Treatise on geochemistry**. 1. ed. San Diego: Elsevier, 2003. v. 4, p. 245-260.

BUSH, M. B. A simple yet efficient pollen trap for use in vegetation studies. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 3, p. 275-276, 1992.

BUSO JUNIOR, A. A. **Dinâmica ambiental holocênica (vegetação, clima e nível relativo marinho) baseada em estudos interdisciplinares de alta resolução, no litoral norte do estado do Espírito Santo**. 2010. 190 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

BUSO JUNIOR, A. A.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; PESSEDA, L. C. R.; MACHADO, V. S. *Anheteromeyenia vitrea* (Porifera: Demospongiae) new species of continental sponge in Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, São Leopoldo, v. 7, n. 3, p. 148-157, 2012.

BUSO JUNIOR, A. A.; PESSEDA, L. C. R.; DE OLIVEIRA, P. E.; GIANNINI, P. C. F.; COHEN, M. C. L.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; OLIVEIRA, S. M. B.; FAVARO, D. I. T.; ROSSETTI, D. F.; LORENTE, F. L.; BOROTTI FILHO, M. A.; SCHIAVO, J. A.; BENDASSOLLI, J. A.; FRANÇA, M. C.; GUIMARÃES, J. T. F.; SIQUEIRA, G. S. From an estuary to a fresh water lake: a paleo-estuary evolution in the context of Holocene sea-level fluctuations, southeastern Brazil. **Radiocarbon**, New Haven, v. 55, n. 2-3, p. 1735-1746, 2013a.

BUSO JUNIOR, A. A.; PESSEDA, L. C. R.; DE OLIVEIRA, P. E.; COHEN, M. C. L.; GIANNINI, P. C. F.; SCHIAVO, J. A.; ROSSETTI, D. F.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; OLIVEIRA, S. M. B.; LORENTE, F. L.; BOROTTI FILHO, M. A.; BENDASSOLLI, J. A.; FRANÇA, M. C.; GUIMARÃES, J. T. F.; SIQUEIRA, G. S. Late Pleistocene and Holocene vegetation, climate dynamics, and Amazonian taxa at Atlantic Rainforest – Linhares, ES, southeastern Brazil. **Radiocarbon**, New Haven, v. 55, n. 2-3, p. 1747-1762, 2013b.

BUURMAN, P.; JONGMANS, A. G. Podzolisation and soil organic matter dynamics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 125, p. 71-83, 2005.

COIMBRA-FILHO, A. F.; CÂMARA, I. G. **Os limites originais do bioma Mata Atlântica na região nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, 1996. 86 p.

COLINVAUX, P. A. A new vicariance model for Amazonian endemics. **Global Ecology and Biogeography Letters**, Oxford, v. 7, p. 95-96, 1998.

COLINVAUX, P.; DE OLIVEIRA, P. E.; PATIÑO, J. E. M. **Amazon pollen manual and atlas. Manual e atlas palinológico da Amazônia**. Amsterdam: Harwood Academic Publications, 1999. 332 p.

CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL. Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de SP, SEMAD/Instituto Estadual de Florestas-MG. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Brasília, DF: MMA/SBF, 2000. 40 p.

CRUZ JUNIOR, F. W.; BURNS, S. J.; KARMANN, I.; SHARP, W. D.; VUILLE, M.; CARDOSO, A. O.; FERRARI, J. A.; DIAS, P. L. S.; VIANNA JR, O. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. **Nature**, London, v. 434, n. 7029, p. 63-66, 2005.

CRUZ JUNIOR, F. W.; BURNS, S. J.; KARMANN, I.; SHARP, W. D.; VUILLE, M. Reconstruction of regional atmospheric circulation features during the late Pleistocene in subtropical Brazil from oxygen isotope composition of speleothems. **Earth and Planetary Science Letters**, Amsterdam, v. 248, p. 495-507, 2006a.

CRUZ JUNIOR, F. W.; BURNS, S. J.; KARMANN, I.; SHARP, W. D.; VUILLE, M.; FERRARI, J. A. A stalagmite record of changes in atmospheric circulation and soil processes in the Brazilian subtropics during the Late Pleistocene. **Quaternary Science Reviews**, Oxford, v. 25, p. 2749-2761, 2006b.

DE ANDRADE-LIMA, D. **Contribuição ao estudo do paralelismo da flora amazônica-nordestina**. Mossoro: ESAM, 1986. 30 p. (Colecao Mossoroense B, 437).

DE OLIVEIRA, P. E.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 152, p. 319-337, 1999.

DELPRETE, P. G. *Riodocea* (*Rubiaceae*, *Gardenieae*), a new genus from the Brazilian Atlantic Forest. **Brittonia**, New York, v. 51, n. 1, p. 15-23, 1999.

DIMBLEBY, G. W. The historical status of moorland in north-east Yorkshire. **New Phytologist**, London, v. 51, n. 3, p. 349-354, 1952.

DUBROEUCQ, D.; VOLKOFF, B. From oxisols to spodosols and histosols: evolution of the soil mantles in the Rio Negro basin (Amazonia). **Catena**, Amsterdam, v. 32, p. 245-280, 1998.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

FERREIRA, V. B. R.; NASCIMENTO, M. T.; DE MENEZES, L. F. T. Floristic and phytogeography pattern of native field in southeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 28, n. 3, p. 465-475, 2014.

FRANÇA, M. C.; COHEN, M. C. L.; PESSENDA, L. C. R.; ROSSETTI, D. F.; LORENTE, F. L.; BUSO JUNIOR, A. A.; GUIMARÃES, J. T. F.; FRIAES, Y.; MACARIO, K. Mangrove vegetation changes on Holocene terraces of the Doce River, Southeastern Brazil. **Catena**, Amsterdam, v. 110, p. 59-69, 2013.

GARCIA, M. J.; DE OLIVEIRA, P. E.; SIQUEIRA, E.; FERNANDES, R. S. A Holocene vegetational and climatic record from the Atlantic rainforest belt of coastal State of São Paulo, SE Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 131, p. 181-199, 2004.

GOSLING, W. D.; MAYLE, F. E.; KILLEEN, T. J.; SILES, M.; SANCHEZ, L.; BOREHAM, S. A simple and effective methodology for sampling modern pollen rain in tropical environments. **The Holocene**, New York, v. 13, p. 613-618, 2003.

GOSLING, W. D.; MAYLE, F. E.; TATE, N. J.; KILLEEN, T. J. Differentiation between Neotropical rainforest, dry forest, and savannah ecosystems by their modern pollen spectra and implications for the fossil pollen record. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 153, p. 70-85, 2009.

GOUVEIA, S. E. M.; PESSENDA, L. C. R.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; SCHEELYBERT, R.; BENDASSOLLI, J. A.; RIBEIRO, A. S.; FREITAS, H. A. Carbon isotopes in charcoal and soils in studies of paleovegetation and climate changes during the late Pleistocene and the Holocene in the southeast and centerwest regions of Brazil. **Global and Planetary Change**, Amsterdam, v. 33, p. 95-106, 2002.

GRIMM, E. C. CONISS: a Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. **Computers and Geosciences**, Elmsford, v. 13, n. 1, p. 13-35, 1987.

GRIMM, E. C. Tilia and Tilia-graph: pollen spreadsheet and graphics program. In: INTERNATIONAL PALYNOLOGICAL CONGRESS, 8., 1992, Aix-en-Provence, France. **Program and abstracts...** Heidelberg: Springer, 1992. p. 56.

HAFFER, J. Speciation in Amazonian forest birds. **Science**, Washington, DC, v. 165, n. 3889, p. 131-137, 1969.

HEDGES, J. I.; CLARK, W. A.; QUAY, P. D.; RICHEY, J. E.; DEVOL, A. H.; SANTOS, U. M. Composition and fluxes of particulate organic material in the Amazon River. **Limnology and Oceanography**, Grafton, v. 31, n. 4, p. 717-738, 1986.

HOGG, A. G.; HUA, Q.; BLACKWELL, P. G.; NIU, M.; BUCK, C. E.; GUILDERTSON, T. P.; HEATON, T. J.; PALMER, J. G.; REIMER, P. J.; REIMER, R. W.; TURNEY, C. S. M.; ZIMMERMAN, S. R. H. SHCal13 Southern Hemisphere calibration, 0-50,000 years cal BP. **Radiocarbon**, New Haven, v. 55, n. 4, p. 1889-1903, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Carta do Brasil**. Folha SE-24-Y-B-V São Mateus. Rio de Janeiro, 1979a. Escala 1:100.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Carta do Brasil**. Folha SE-24-Y-D-II Rio Doce. Rio de Janeiro, 1979b. Escala 1:100.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapa de biomas do Brasil** – primeira aproximação. Rio de Janeiro, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Carta do Brasil**. Folha SE-24 Rio Doce: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1987. 548 p. (Projeto RADAMBRASIL).

- JEONG, G. Y.; CHEONG, C.-S.; CHOI, J. H. The effect of weathering on optically stimulated luminescence dating. **Quaternary Geochronology**, Amsterdam, v. 2, p. 117-122, 2007.
- JESUS, R. M.; ROLIM, S. G. **Fitossociologia da Mata Atlântica de tabuleiro**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2005. 149 p. (Boletim Técnico, 19).
- LAROCQUE, I.; CAMPBELL, I. D. **La stratigraphie pollinique en humus de podzols**. Edmonton, Canada: Sustainable Forest Management Network, 1998. 25 p. (Working Paper, 16).
- LEDRU, M. P. Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. **Quaternary Research**, San Diego, v. 39, n. 1, p. 90-98, 1993.
- LEDRU, M. P.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; LORSCHREITER, M. L. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr B.P. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 99, p. 131-142, 1998.
- LEDRU, M. P.; MOURGUIART, P.; RICCOMINI, C. Related changes in biodiversity, insolation and climate in the Atlantic rainforest since the last interglacial. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 271, p. 140-152, 2009.
- LIVINGSTONE, D. A. A lightweight piston sampler for lake deposits. **Ecology**, Brooklyn, v. 36, n. 1, p. 137-139, 1955.
- LUCAS, Y.; NAHON, D.; CORNU, S.; EYROLLE, F. Genèse et fonctionnement des sols en milieu équatorial. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série 2A**, Paris, v. 322, p. 1-16, 1996.
- MACDONALD, G. M. **Biogeography: space, time and life**. New York: John Wiley & Sons, 2003. 518 p.
- MARCHANT, R.; ALMEIDA, L.; BEHLING, H. et al. Distribution and ecology of parent taxa of pollen lodged within the Latin American Pollen Database. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 121, p. 1-75, 2002.
- MARIOTTI, A.; LANCELOT, C.; BILLEN, G. Natural isotopic composition of nitrogen as a tracer of origin for suspended organic matter in the Scheldt estuary. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 48, p. 549-555, 1984.
- MEIRA NETO, J. A. A.; SOUZA, A. L. de; LANA, J. M. de; VALENTE, G. E. Composição florística, espectro biológico e fitofisionomia da vegetação de muçununga nos municípios de Caravelas e Mucuri, Bahia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 139-150, 2005.
- MEYERS, P. A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. **Organic Geochemistry**, Amsterdam, v. 34, p. 261-289, 2003.

MOREAU, A. M. S. S.; KER, J. C.; COSTA, L. M.; GOMES, F. H. Caracterização de solos de duas toposequências em tabuleiros costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 1007-1019, 2006.

MORELLATO, L. P. C.; HADDAD, C. F. B. Introduction: the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, Washington, DC, v. 32, n. 4, p. 786-792, 2000. Special Issue: The Brazilian Atlantic Forest.

MORI, S. A.; BOOM, B. M.; PRANCE, G. T. Distribution patterns and conservation of eastern Brazilian coastal forest tree species. **Brittonia**, New York, v. 33, n. 2, p. 233-245, 1981.

MORI, S. A.; PRANCE, G. T. The “sapucaia” group of *Lecythis* (*Lecythidaceae*). **Brittonia**, New York, v. 33, n. 1, p. 70-80, 1981.

NASCIMENTO, T. C. **Reconstituição da história quaternária da Mata Atlântica na região centro-norte do estado do Espírito Santo**. 2012. 294 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2012.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. p. 265-313.

OLIVEIRA, A. P.; KER, J. C.; SILVA, I. R.; FONTES, M. P. F.; OLIVEIRA, A. P.; NEVES, A. T. G. Spodosols pedogenesis under Barreiras Formation and sandbank environments in the South of Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 847-860, 2010.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, Washington, DC, v. 32, p. 793-810, 2000.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 52, n. 2, p. 141-194, 1995.

PEIXOTO, A. L.; GENTRY, A. Diversidade e composição florística da mata de tabuleiros na Reserva Florestal de Linhares (Espírito Santo, Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 19-25, 1990.

PEIXOTO, A. L.; ROSA, M. M. T.; JOELS, L. C. M. Diagramas de perfil e de cobertura de um trecho da floresta de tabuleiro na Reserva Florestal de Linhares (ES, Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 177-193, 1995.

PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 27, n. 2, p. 261-273, 2000.

PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A.; PELL, S. K.; BUTTERWORTH, C. A. Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**, London, v. 359, p. 515-537, 2004.

PEREIRA, O. J.; ASSIS, A. M. Florística da restinga de Camburi, Vitória, ES. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 99-111, 2000.

PERRIN, R. M. S.; WILLIS, E. H.; HODGE, C. A. H. Dating of humus podzols by residual radiocarbon activity. **Nature**, London, v. 202, n. 4928, p. 165-166, 1964.

PESSENDA, L. C. R.; CAMARGO, P. B.; Datação radiocarbônica de amostras de interesse arqueológico e geológico por espectrometria de cintilação líquida de baixa radiação de fundo. **Química Nova**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 98-103, 1991.

PESSENDA, L. C. R.; VALENCIA, E. P. E.; CAMARGO, P. B.; TELLES, E. C. C.; MARTINELLI, L. A.; CERRI, C. C.; ARAVENA, R.; ROZANSKJ, K. Natural radiocarbon measurements in Brazilian soils developed on basic rocks. **Radiocarbon**, New Haven, v. 38, n. 2, p. 203-208, 1996.

PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; VALENCIA, E. P. E. Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fossil charcoal and soil carbon isotopes. **Quaternary International**, Amsterdam, v. 114, p. 35-43, 2004.

PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; LEDRU, M.-P.; ARAVENA, R.; RICARDI-BRANCO, F. S.; BENDASSOLLI, J. A.; RIBEIRO, A. DE S.; SAIA, S. E. M. G.; SIFEDDINE, A.; MENOR, E. DE A.; OLIVEIRA, S. M. B. DE; CORDEIRO, R. C.; FREITAS, A. M. DE M.; BOULET, R.; FILIZOLA, H. F. Interdisciplinary paleovegetation study in Fernando de Noronha Island (Pernambuco State), northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 80, n. 4, p. 677-691, 2008.

PESSENDA, L. C. R.; OLIVEIRA, P. E. DE; MOFATTO, M.; MEDEIROS, V. B. DE; GARCIA, R. J. F.; ARAVENA, R.; BENDASSOLI, J. A.; LEITE, A. Z.; SAAD, A. R.; ETCHEBEHERE, M. L. The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28000 ^{14}C yr BP based on carbon isotopes and pollen records. **Quaternary Research**, San Diego, v. 71, p. 437-452, 2009.

PETRÓLEO BRASILEIRO. **Projeto Rio Doce**: geologia da parte continental. Brasília, DF, 1972. 62 p. (Relatório DIREX, 1582).

PRANCE, G. T. A review of the phytogeographic evidences for Pleistocene climate changes in the neotropics. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 69, n. 3, p. 594-624, 1982.

RAU, G. H.; TAKAHASHI, T.; DES MARAIS, D. J. Latitudinal variations in plankton $\delta^{13}\text{C}$: implications for CO_2 and productivity in past oceans. **Nature**, London, v. 341, p. 516-518, 1989.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503 p.

RIZZINI, C. T. Delimitação, caracterização e relações da flora silvestre hiléiana. Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica. **Biota Amazônica (Botânica)**, Macapá, v. 4, p. 13-36, 1967.

- RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. 747 p.
- ROCCA, R. R. **Estudo dos centros luminescentes de cristais de quartzo aplicados à datação de sedimentos por Luminescência Ópticamente Estimulada**. 2012. 112 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, Universidade São Paulo, São Paulo, 2012.
- ROLIM, S. G.; IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R.; NASCIMENTO, M. T.; GOMES, J. M. L.; FOLLI, D. A.; COUTO, H. T. Z. Composição florística do estrato arbóreo da floresta estacional semidecidual da planície aluvial do Rio Doce, Linhares, ES, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 549-561, 2006.
- ROSSETTI, D. F.; ROCCA, R. R.; TATUMI, S. H. Evolução dos sedimentos Pós-Barreiras na zona costeira da Bacia São Luís, Maranhão, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 8, n. 1, p. 11-25, 2013.
- SAIA, S. E. M. G.; PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J. A. Last glacial maximum (LGM) vegetation changes in the Atlantic Forest, southeastern Brazil. **Quaternary International**, Amsterdam, v. 184, p. 195-201, 2008.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Critérios e técnicas para o Quaternário**. 1. ed. São Paulo: Blücher, 2007. 387 p.
- SANTOS, A. M. M.; CAVALCANTI, D. R.; SILVA, J. M. C. DA; TABARELLI, M. Biogeographical relationships among tropical forests in north-eastern Brazil. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 34, p. 437-446, 2007.
- SANTOS, R. D. dos; ARAÚJO, W. S.; CLAESSEN, M. E. C.; PAULA, J. L.; SOUZA, J. L. R.; PEREZ, D. V.; SOUZA, J. S. de. **Levantamento expedito dos solos das reservas florestais de Linhares e Sooretama no estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 66 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).
- SAPORETTI-JUNIOR, A. W.; SCHAEFER, C. E. R.; SOUZA, A. L.; SOARES, M. P.; ARAÚJO, D. S. D.; MEIRA-NETO, J. A. A. Influence of soil physical properties on plants of the mussununga ecosystem, Brazil. **Folia Geobotanica**, Heidelberg, v. 47, p. 29-39, 2012.
- SARCINELLI, T. S.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; MAFIA, R. G.; NERI, A. V. Soil modification by termites in a sandy-soil vegetation in the Brazilian Atlantic rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 29, p. 439-448, 2013.
- SCHWARTZ, D. Some podzols on Bateke sands and their origins, People's Republic of Congo. **Geoderma**, Amsterdam, v. 43, p. 229-247, 1988.
- SECRETI, M. L. **Caracterização e classificação de solos de campos nativos do nordeste do Espírito Santo**. 2013. 50 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2013.
- SERVANT, M.; FOURNIER, M.; SOUBIES, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. Sécheresse holocène au Brésil (18-20° latitude Sud). Implications paléométéorologiques. **Comptes Rendus de la Academia de Science. Serie 2**, Paris, v. 309, p. 153-156, 1989.

SIMONELLI, M. **Composição florística e estrutura do estrato arbóreo de uma muçununga na Reserva Florestal de Linhares, Espírito Santo**. 1998. 101 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática** – guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APGII. 2 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 704 p.

STEVAUX, J. C. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the upper Paraná River: correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. **Quaternary International**, Amsterdam, v. 72, p. 73-85, 2000.

STOCKMANN, U.; MINASNY, B.; PIETSCH, T. J.; MCBRATNEY, A. B. Quantifying processes of pedogenesis using optically stimulated luminescence. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 64, p. 145-160, 2013.

STRÍKIS, N. M.; CRUZ, F. W.; CHENG, H.; KARMANN, I.; EDWARDS, R. L.; VUILLE, M.; WANG, X.; PAULA, M. S.; NOVELLO, V. F.; AULER, A. S. Abrupt variations in South American monsoon rainfall during the Holocene based on a speleothem record from central-eastern Brazil. **Geology**, Boulder, v. 39, n. 11, p. 1075-1078, 2011.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Significance of Quaternary sea-level fluctuations for delta construction along the Brazilian Coast. **Geo-Marine Letters**, Stroudsburg, v. 1, p. 181-185, 1981.

TATUMI, S. H.; SILVA, L. P.; PIRES, E. L.; ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; MUNITA, C. S. Datação de sedimentos Pós-Barreiras no norte do Brasil: implicações paleogeográficas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 514-524, 2008.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C.; TAIOLI, F. (Org.). **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 303 p.

THOMAS, W. W. Natural vegetation types in southern Bahia. In: PRADO, P. I.; LANDAU, E. C.; MOURA, R. T.; PINTO, L. P. S.; FONSECA, G. A. B.; ALGER, K. N. (Org.). **Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia**. Ilhéus: IESB; CI; CABS; UFMG; UNICAMP, 2003. 1 CD-ROM.

THOMAS, W. W.; CARVALHO, A. M. V. de; AMORIM, A. M. A.; GARRISON, J.; ARBELÂEZ, A. L. Plant endemism in two forests in southern Bahia, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, Heidelberg, v. 7, p. 311-322, 1998.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

VERÍSSIMO, N. P.; SAFFORD, H.F.; BEHLING, H. Holocene vegetation and fire history of the Serra do Caparaó, SE Brazil. **The Holocene**, New York, v. 22, n. 11, p. 1243-1250, 2012.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; DE-ROSA-BARBOSA, R.; TAVARES, M. C. M. *Anheteromeyenia sheilae* sp. n. e outras esponjas dulciaquícolas da região costeira do Rio Grande do Sul. (Porifera, Spongillidae). **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 68, p. 83-98, 1988.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; MARQUES, D. da M.; ROSA-BARBOSA, R. De; MACHADO, V. S. Sponge spicules in sediments indicate evolution of coastal freshwater bodies. **Journal of Coastal Research**, Talahassee, special issue 39, p. 469-472, 2006.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; MACHADO, V. S. Freshwater sponges (Porifera, Demospongiae) indicators of some coastal habitats in South America: redescrptions and key to identification. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 97, n. 2, p. 157-167, 2007.

VON POST, L. The prospect for pollen analysis in the study of the Earth's climatic history. **New Phytologist**, London, v. 45, n. 2, p. 193-217, 1946.

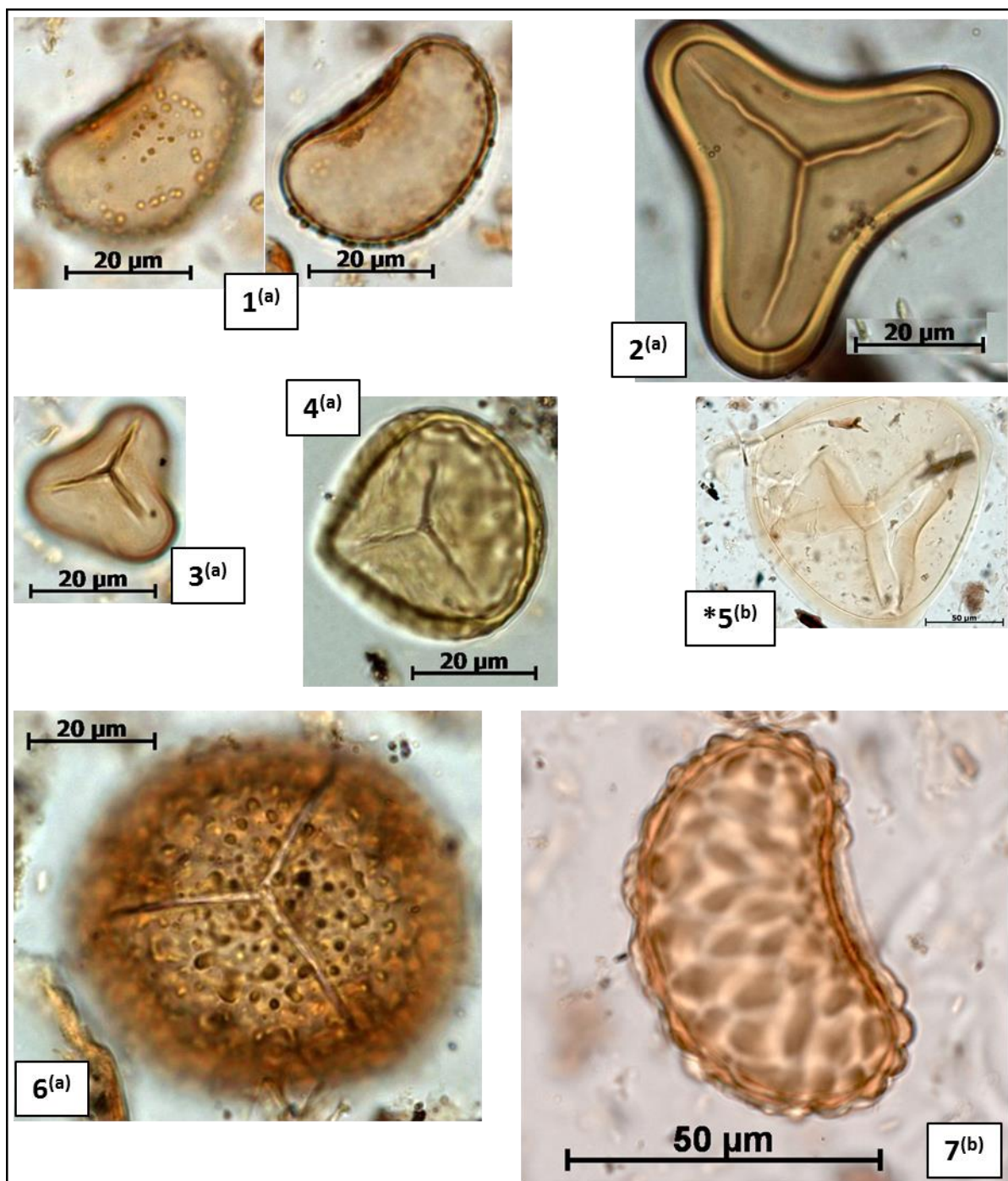
WANNER, H.; BEER, J.; BÜTIKOFER, J.; CROWLEY, T. J.; CUBASCH, U.; FLÜCKIGER, J.; GOOSE, H.; GROSJEAN, M.; JOOS, F.; KAPLAN, J. O.; KÜTTEL, M.; MÜLLER, S. A.; PRENTICE, I. C.; SOLOMINA, O.; STOCKER, T. F.; TARASOV, P.; WAGNER, M.; WIDMANN, M. Mid- to late Holocene climate change: an overview. **Quaternary Science Reviews**, Oxford, v. 27, p. 1791-1828, 2008.

WILSON, G. P.; LAMB, A. L.; LENG, M. J.; GONZALEZ, S.; HUDDARTD, D. Variability of organic $\delta^{13}\text{C}$ and C/N in the Mersey Estuary, U.K. and its implications for sea-level reconstructions studies. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, London, v. 64, n. 4, p. 685-698, 2005.

ANEXO

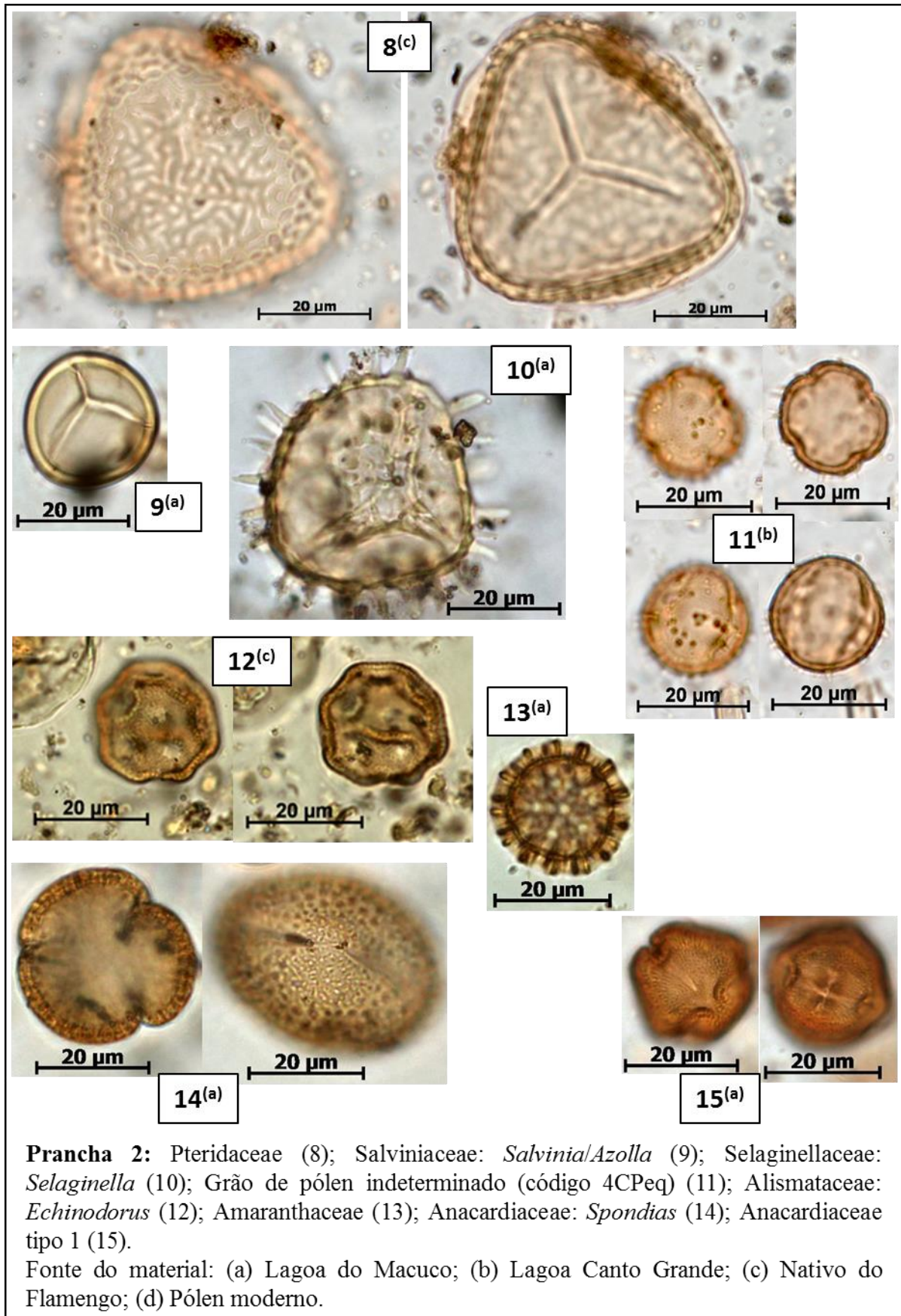
A seguir são apresentadas as fotografias de alguns tipos selecionados de grãos de pólen e esporos apresentados nesse trabalho. O material fotografado é originário de amostras de precipitação polínica moderna, do Nativo do Flamengo, da Lagoa Canto Grande, além da Lagoa do Macuco (BUSO JUNIOR, 2010), conforme indicado em cada figura.

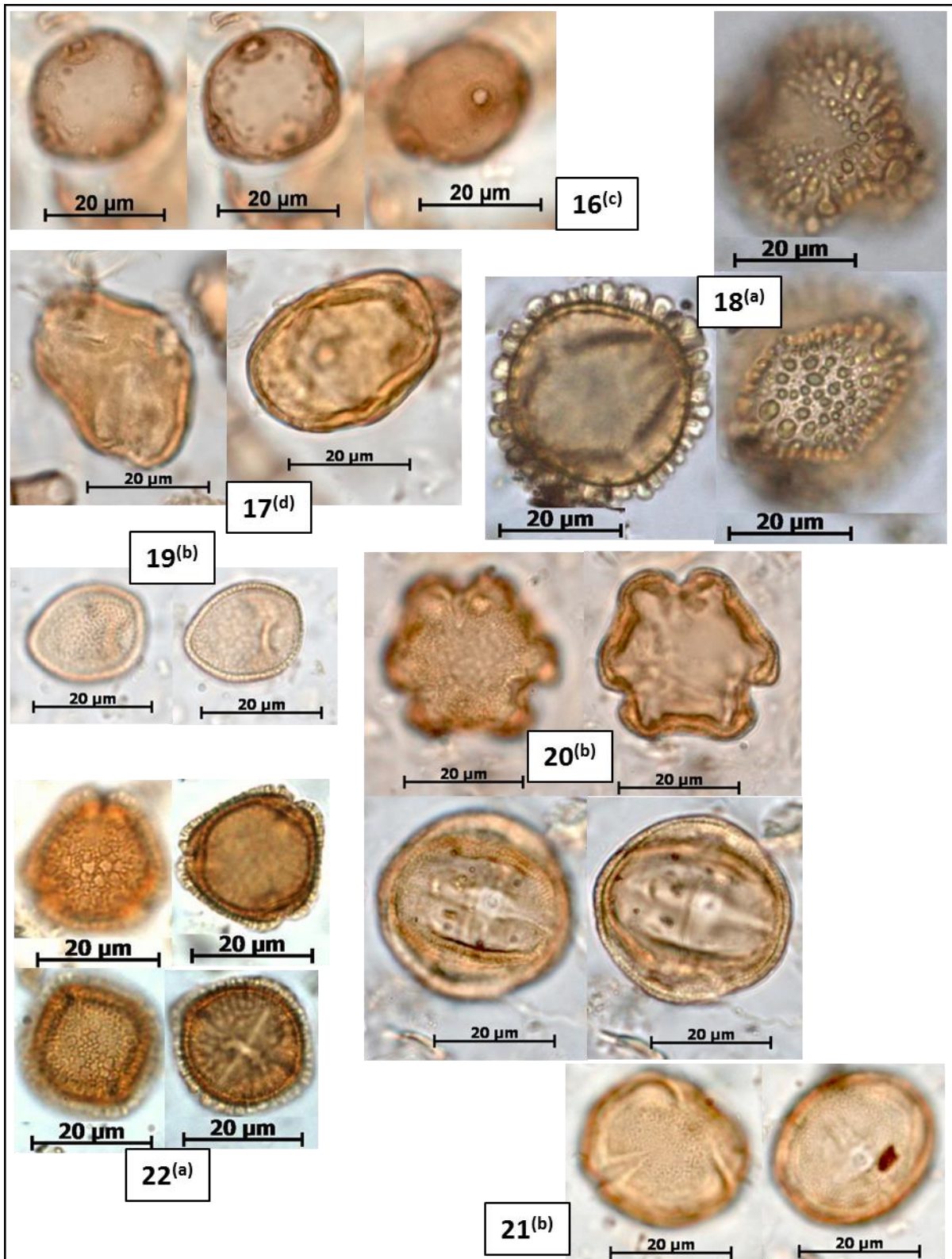
Anexo A – Pranchas dos tipos polínicos



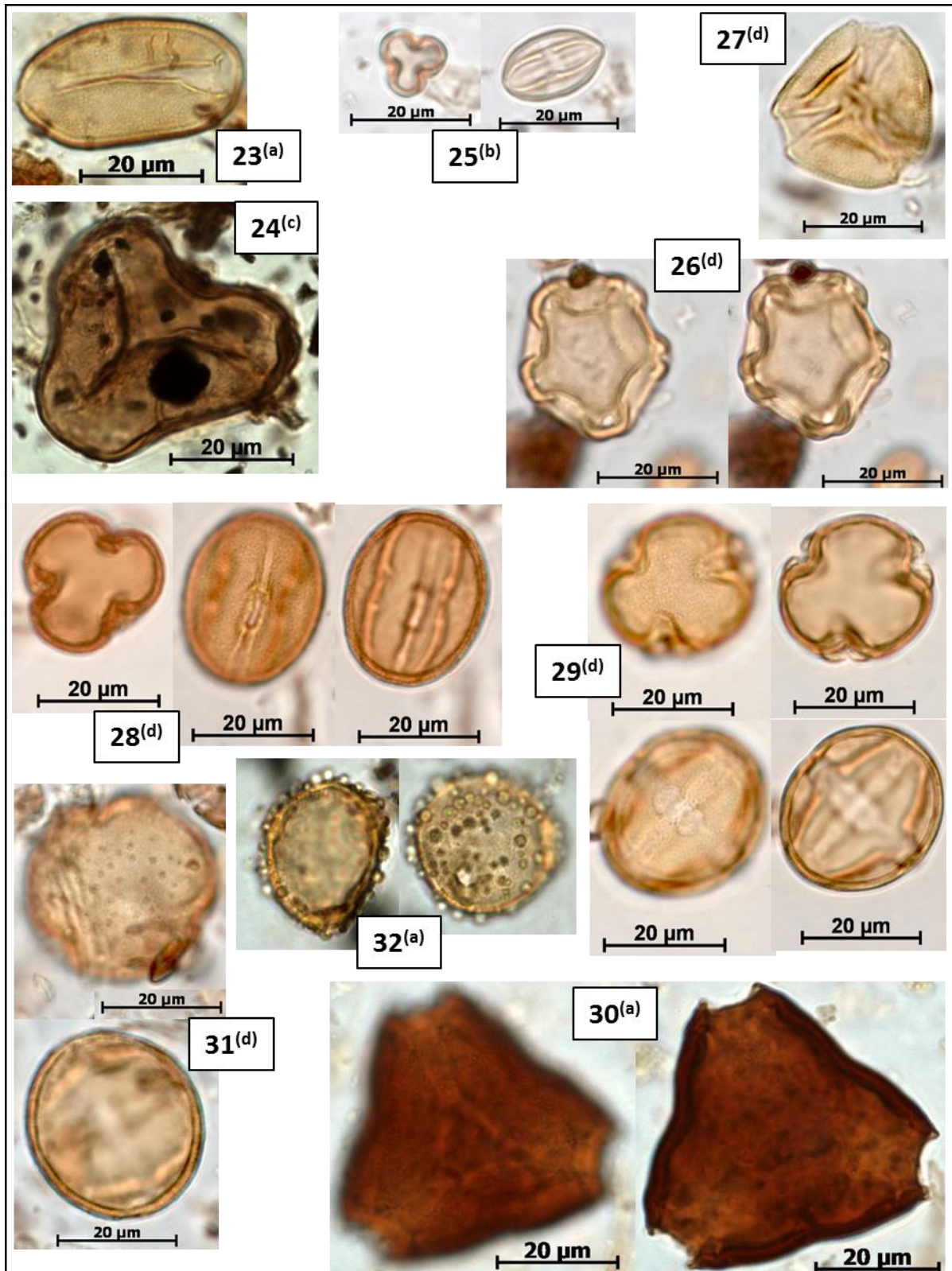
Prancha 1: Blechnaceae (1); Cyatheaceae (2); Dennstaedtiaceae (3); Lycopodiaceae: *Lycopodiella* (4); Lygodiaceae: *Lygodium* (5); Osmundaceae (6); Polypodiaceae (7) [*#5 reduzida para $\frac{1}{4}$ da escala].

Fonte do material: (a) Lagoa do Macuco; (b) Lagoa Canto Grande; (c) Nativo do Flamengo; (d) Pólen moderno.

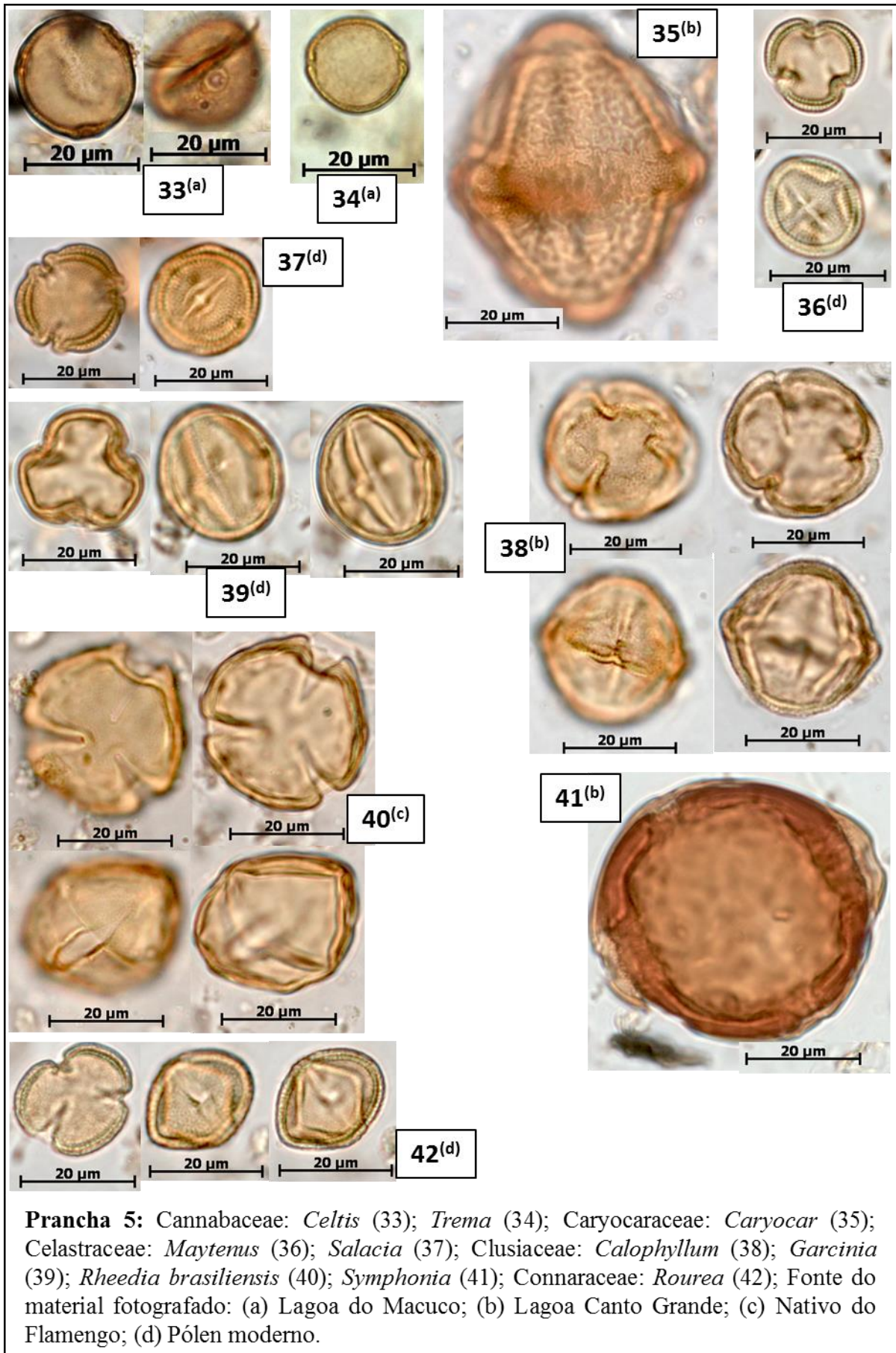


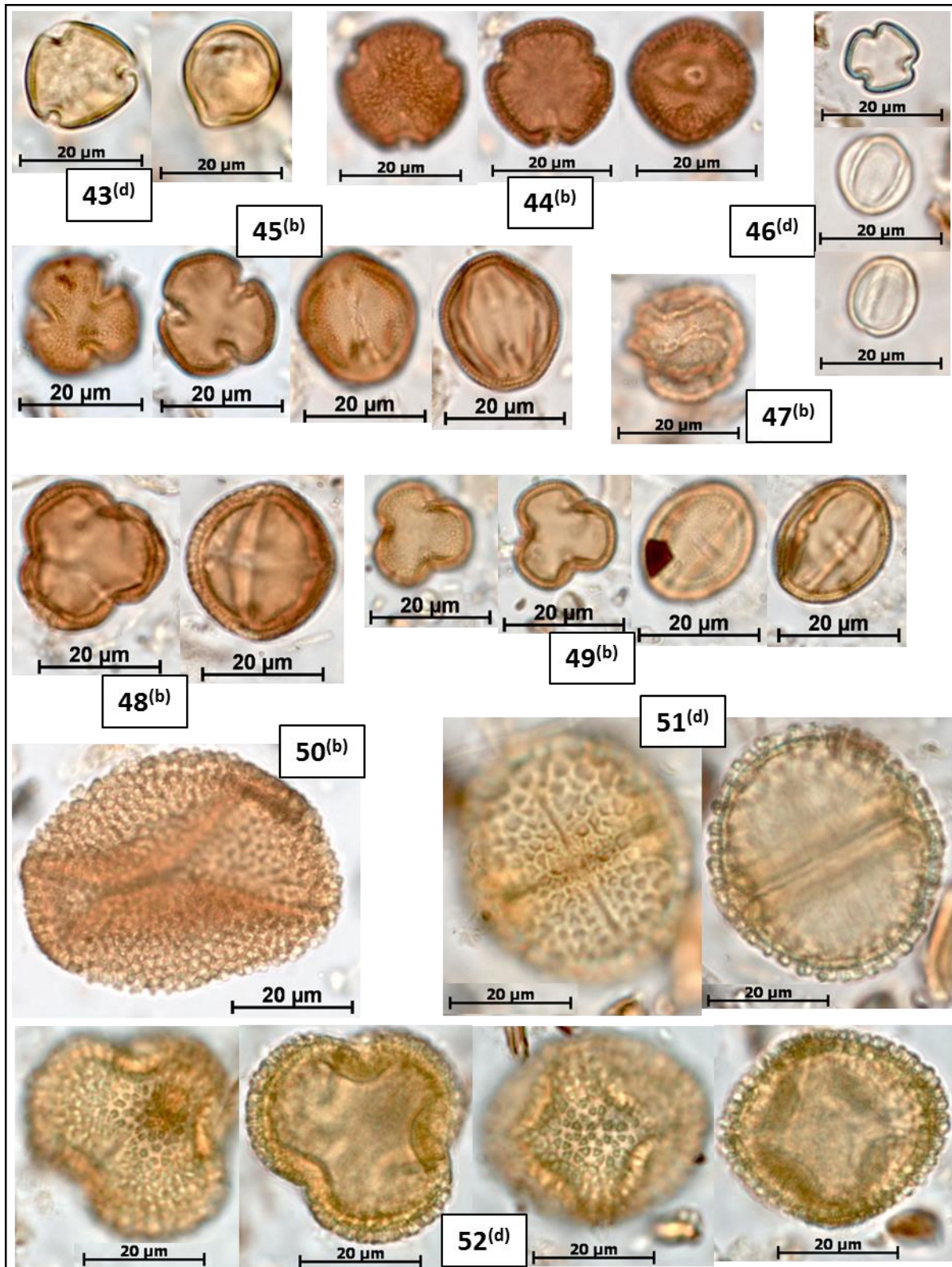


Prancha 3: Apocynaceae: *Forsteronia* (16); *Himatanthus* (17); Aquifoliaceae: *Ilex* (18); Araceae: *Anthurium* (19); Araliaceae: *Dendropanax* tipo 1 (20); *Dendropanax* tipo 2 (21); *Didymopanax* (22); Fonte do material: (a) Lagoa do Macuco; (b) Lagoa Canto Grande; (c) Nativo do Flamengo; (d) Pólen moderno.

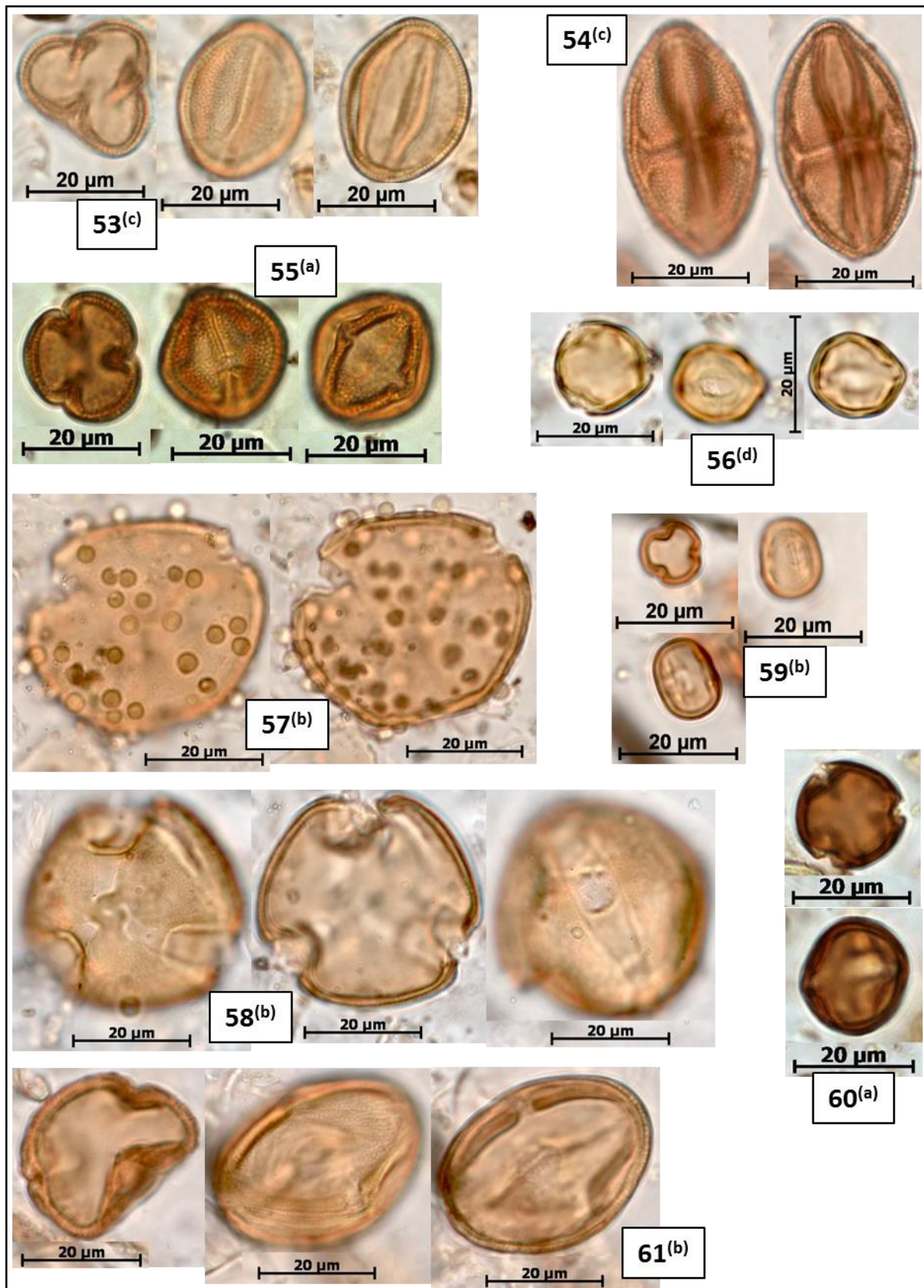


Prancha 4: Arecaceae: Arecaceae tipo 1 (23); Arecaceae tipo 2 (24); Begoniaceae: *Begonia* (25); Betulaceae: *Alnus* (26); Bignoniaceae: *Cybistax/Tabebuia/Zeyheria* (27); *Lundia* (28); Bixaceae: *Bixa* (29); Bonnetiaceae: *Bonnetia* (30); Boraginaceae: *Cordia* (31); *Tournefortia* (32); Fonte do material fotografado: (a) Lagoa do Macuco; (b) Lagoa Canto Grande; (c) Nativo do Flamengo; (d) Pólen moderno.

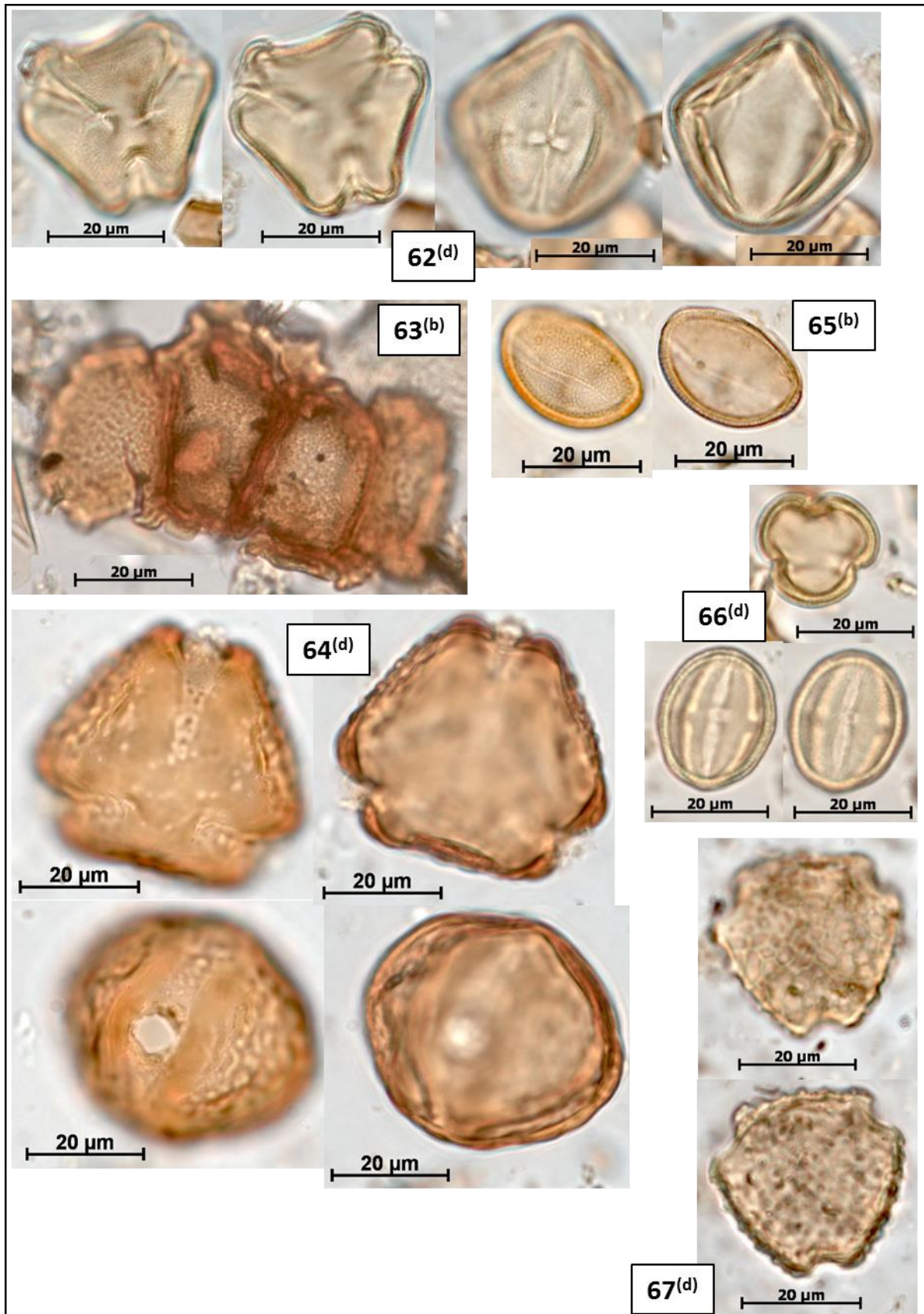




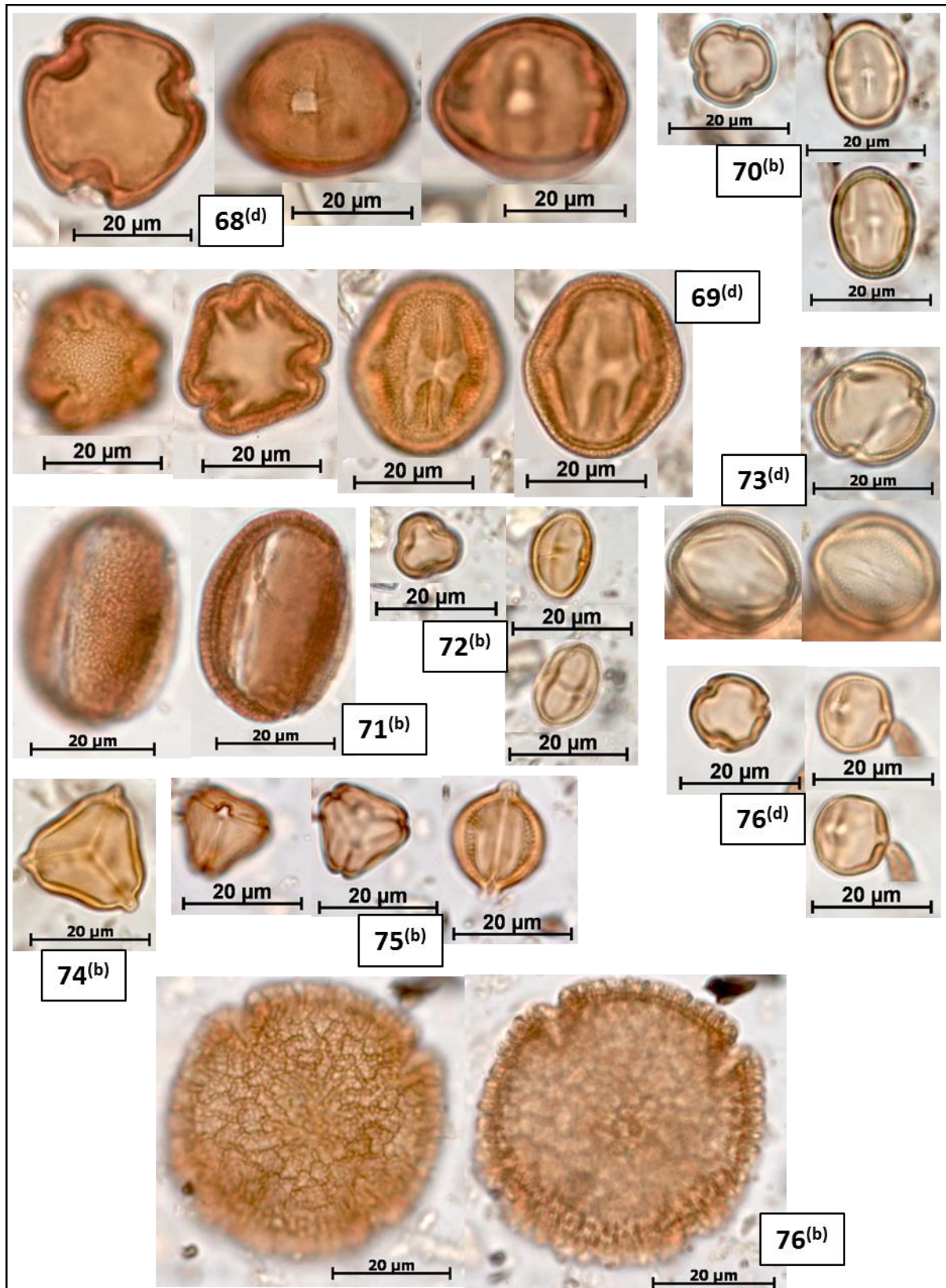
Prancha 6: Dichapetalaceae: *Stephanopodium* (43); Dilleniaceae: *Davilla* (44); *Doliocarpus* (45); Elaeocarpaceae: *Sloanea* (46); Eriocaulaceae: *Actinocephalus/Paepalanthus* (47); Euphorbiaceae: *Actinostemon/Euphorbia* (48); *Chamaesyce/Maprounea* (49); *Croton* (50); *Dalechampia* (51); *Glycydendron* (52); Fonte do material fotografado: (a) Lagoa do Macuco; (b) Lagoa Canto Grande; (c) Nativo do Flamengo; (d) Pólen moderno.



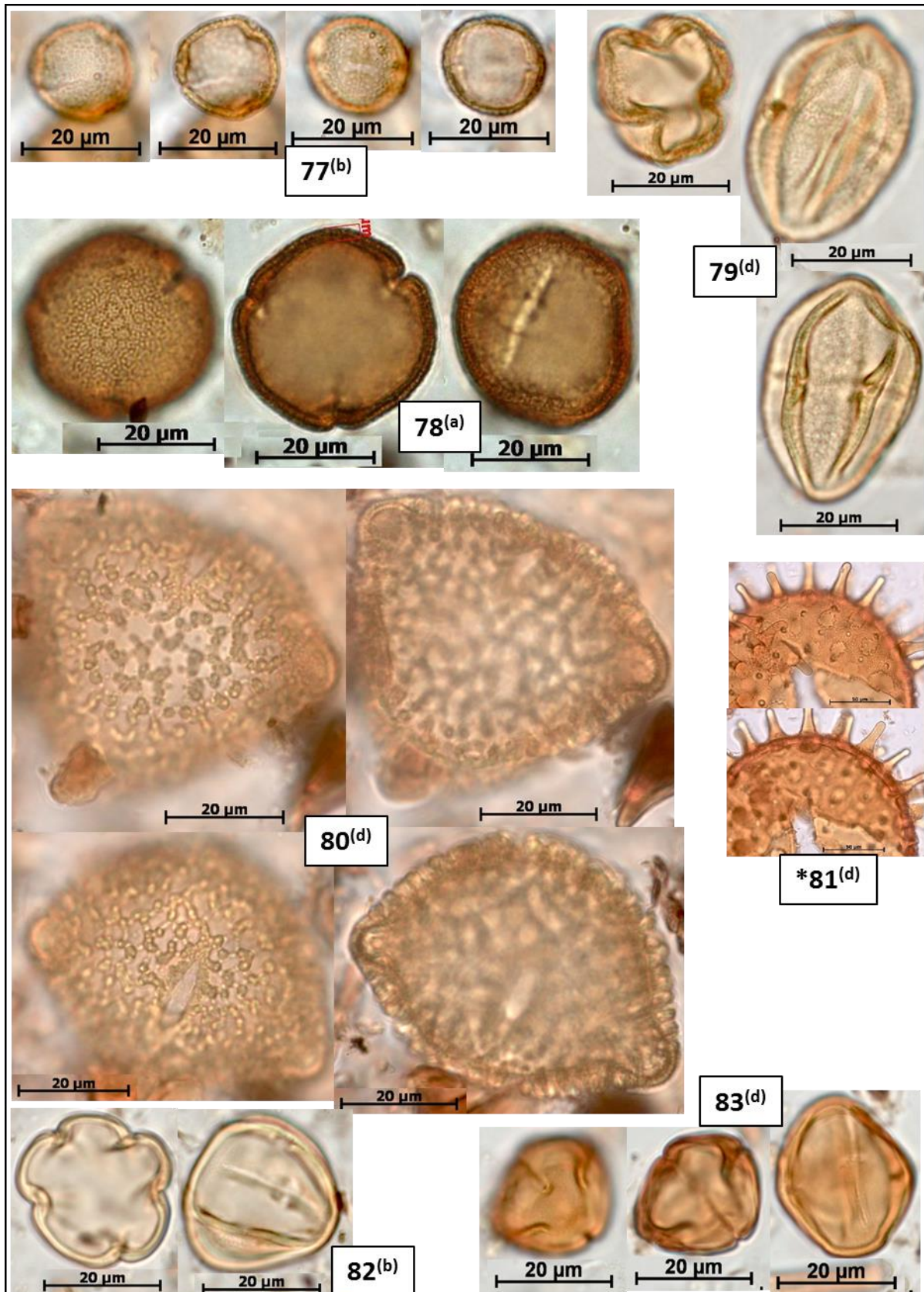
Prancha 7: Euphorbiaceae: *Plukenetia* (53); *Sapium* (54); *Senefeldera* (55); Fabaceae: *Andira/Bowdichia/Dalbergia* (56); *Bauhinia* (57); *Hymenaea* (58); *Hymenolobium* (59); *Machaerium* (60); *Macrolobium* (61). Fonte do material fotografado: (a) Lagoa do Macuco; (b) Lagoa Canto Grande; (c) Nativo do Flamengo; (d) Pólen moderno.



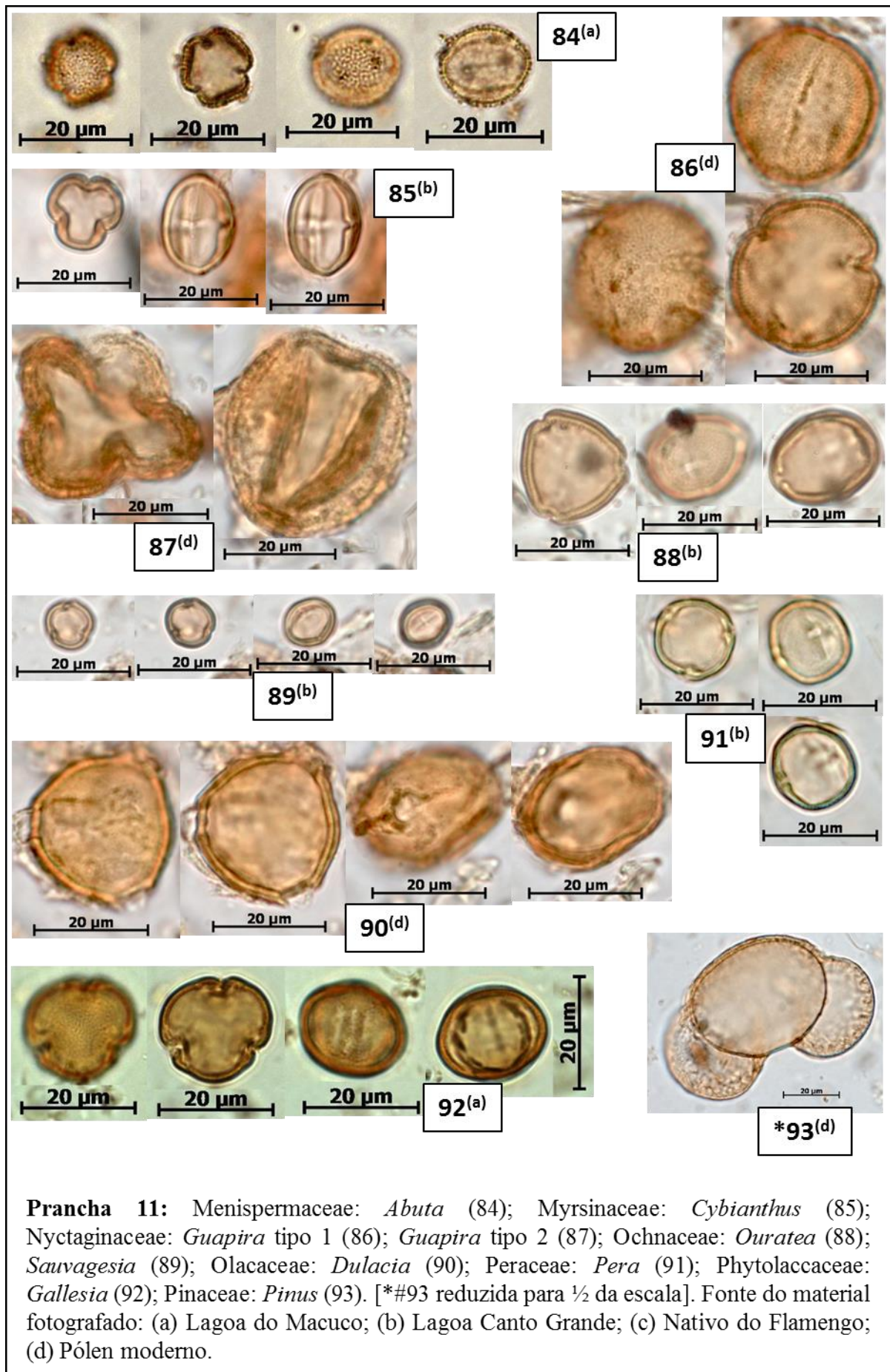
Prancha 8: Fabaceae: *Moldenhawera* (62); *Parkia* – fragmento (63); *Peltogyne* (64); *Stylosanthes* (65); *Swartzia* (66), *Vigna* (67). Fonte do material fotografado: (a) Lagoa do Macuco; (b) Lagoa Canto Grande; (c) Nativo do Flamengo; (d) Pólen moderno.

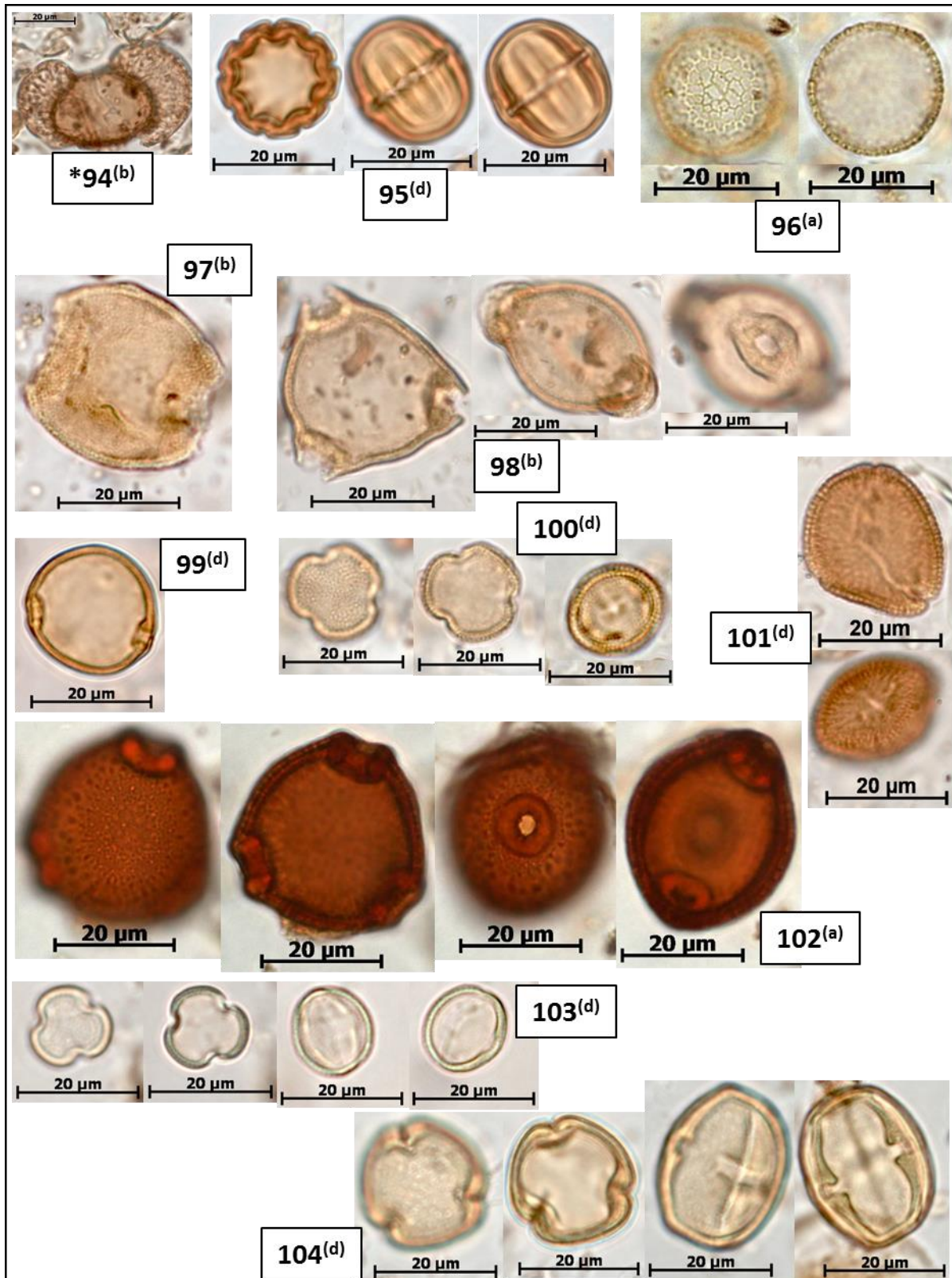


Prancha 9: Humiriaceae: *Humiria* (68); *Humirastrum/Vantanea* (69); Icacinaceae: *Emmotum* (70); *Pleurisanthes* (71); Lacistemataceae: *Lacistema* (72); Lecythidaceae: *Eschweilera* (73); Lythraceae: *Cuphea* tipo 1 (74); *Cuphea* tipo 2 (75); Malpighiaceae: *Byrsonima* (76); Malvaceae: *Ceiba* (76). Fonte do material fotografado: (a) Lagoa do Macuco; (b) Lagoa Canto Grande; (c) Nativo do Flamengo; (d) Pólen moderno.

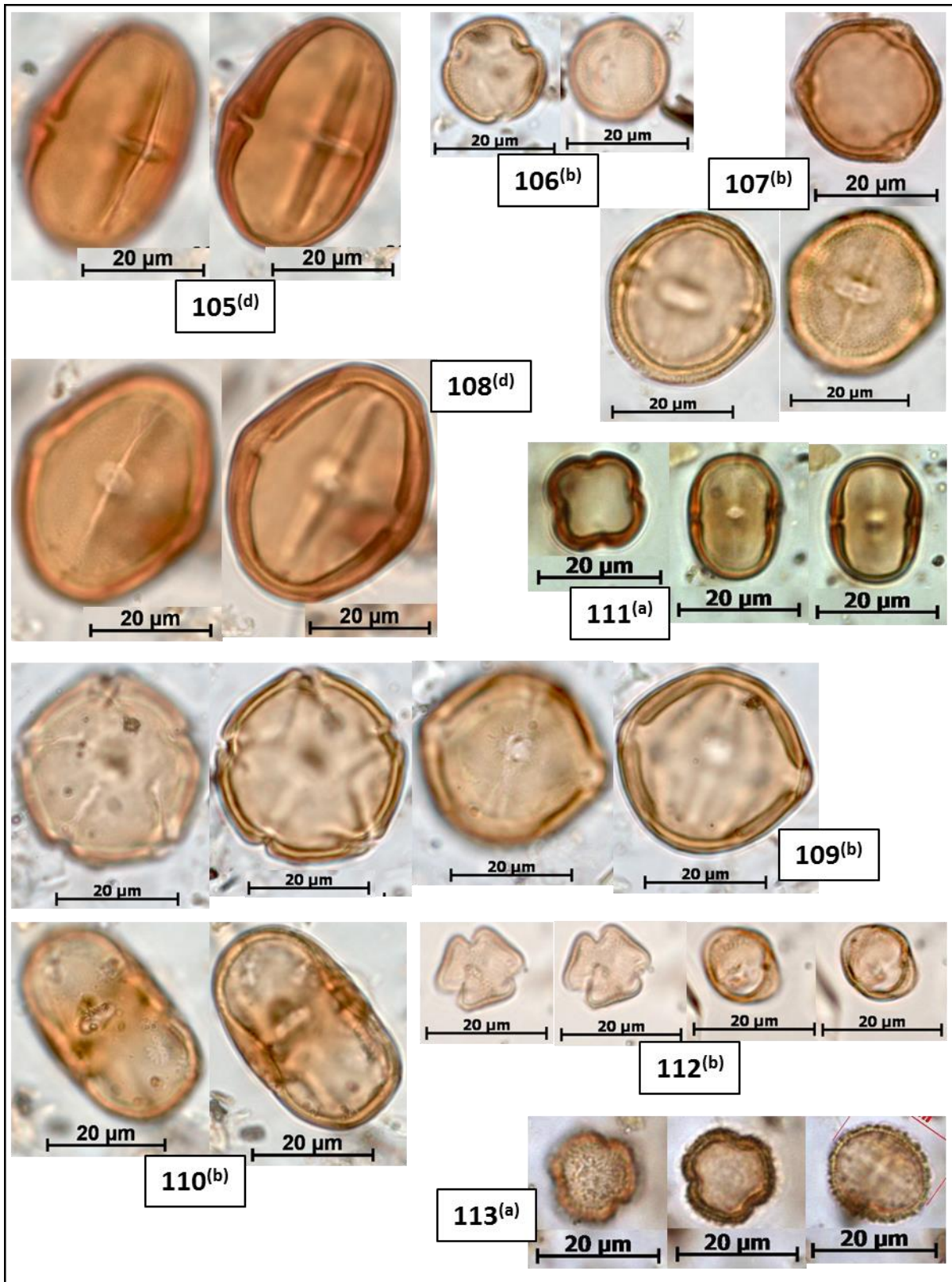


Prancha 10: Malvaceae: *Guazuma* (77); *Hydrogaster* (78); *Luehea* (79); *Pachira* (80); *Pavonia* (81); Meliaceae: *Cedrela* (82); *Trichilia* (83). [*#81 reduzida para $\frac{1}{4}$ da escala]. Fonte do material fotografado: (a) Lagoa do Macuco; (b) Lagoa Canto Grande; (c) Nativo do Flamengo; (d) Pólen moderno.

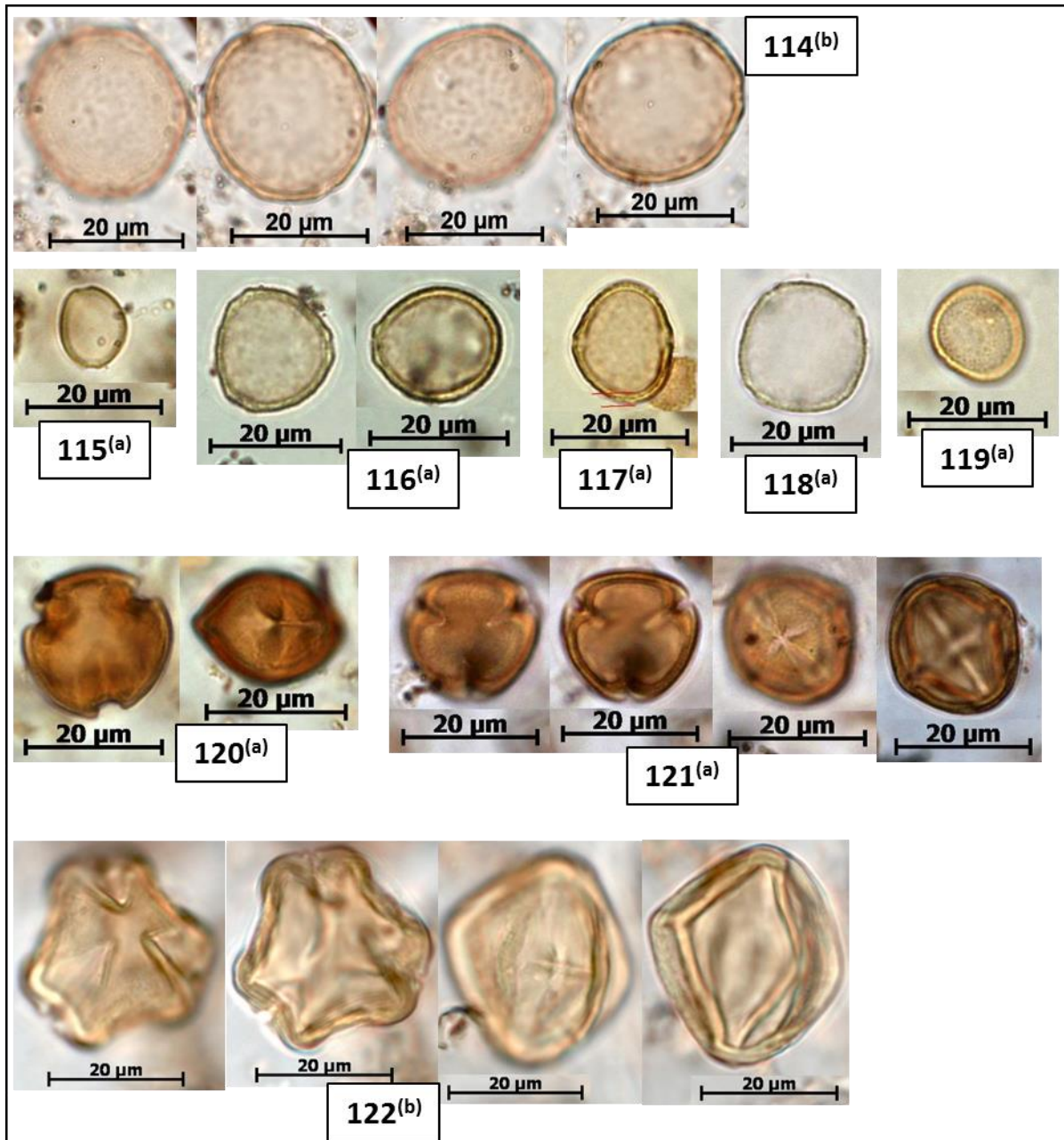




Prancha 12: Podocarpaceae: *Podocarpus* (94); Polygalaceae (95); Potamogetonaceae: *Potamogeton* (96); Rubiaceae: *Coussarea* (97); *Faramea* (98); *Guettarda* (99); *Molopanthera* (100); *Sabicea* (101); *Tocoyena* (102); Salicaceae: *Banara* (103); *Casearia* tipo 1 (104); [*#94 reduzida para $\frac{1}{2}$ da escala]. Fonte do material fotografado: (a) Lagoa do Macuco; (b) Lagoa Canto Grande; (c) Nativo do Flamengo; (d) Pólen moderno.



Prancha 13: Salicaceae: *Casearia* tipo 2 (105); *Macrothumia* (106); Sapindaceae: *Dodonaea* (107); Sapotaceae: *Manilkara* tipo 1 (108); *Manilkara* tipo 2 (109); *Micropholis* (110); *Pradosia* (111); Schoepfiaceae: *Schoepfia* (112); Simaroubaceae: *Simarouba* (113). Fonte do material fotografado: (a) Lagoa do Macuco; (b) Lagoa Canto Grande; (c) Nativo do Flamengo; (d) Pólen moderno.



Prancha 14: Ulmaceae: *Phyllostylon* (114); Urticaceae/Moraceae: *Ficus* (115); Urticaceae/Moraceae tipo 1 (116); Urticaceae/Moraceae tipo 2 (117); Urticaceae/Moraceae tipo 3 (118); Urticaceae/Moraceae tipo 4 (119); Violaceae: *Rinorea* tipo 1 (120); *Rinorea* tipo 2 (121); Vochysiaceae: *Vochysia* (122). Fonte do material fotografado: (a) Lagoa do Macuco; (b) Lagoa Canto Grande; (c) Nativo do Flamengo; (d) Pólen moderno.