



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E EVOLUÇÃO DO CERRADO NO NORTE DE
MINAS GERAIS DURANTE A PRIMEIRA METADE DO HOLOCENO E SUAS
IMPLICAÇÕES SOBRE OCUPAÇÕES HUMANAS PRÉ-HISTÓRICAS

Juliano Henrique Fonseca Soares

MONOGRAFIA n° 228

Ouro Preto, maio de 2017

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E EVOLUÇÃO DO CERRADO NO
NORTE DE MINAS GERAIS DURANTE A PRIMEIRA
METADE DO HOLOCENO E SUAS IMPLICAÇÕES SOBRE
OCUPAÇÕES HUMANAS PRÉ-HISTÓRICAS**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof^ª. Dra. Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof. Dr. Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. José Geraldo Arantes de Azevedo Brito

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. Dr. Luís Antônio Rosa Seixas

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Nº 228

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E EVOLUÇÃO DO CERRADO NO NORTE DE MINAS GERAIS DURANTE A PRIMEIRA METADE DO HOLOCENO E SUAS IMPLICAÇÕES SOBRE OCUPAÇÕES HUMANAS PRÉ-HISTÓRICAS

Juliano Henrique Fonseca Soares

Orientadora

Raquel Franco Cassino

Monografia do Trabalho Final de Graduação apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do Título de Engenheiro Geólogo e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação em cumprimento ao disposto no Programa de Voluntários de Iniciação Científica – ano 2017

OURO PRETO

2017

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral: Raquel Franco Cassino

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do
Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

S676m	Soares, Juliano Henrique Fonseca. Mudanças climáticas e evolução do cerrado no norte de Minas Gerais durante a primeira metade do holoceno e suas implicações sobre ocupações hunamas pré-históricas [manuscrito] / Juliano Henrique Fonseca Soares. - 2017. 52f.: il.: color; graf; tabs; mapas. Orientadora: Profª. Dra. Raquel Franco Cassino. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia. 1. Paleoeologia. 2. Cerrados. 3. Geografia humana. I. Cassino, Raquel Franco. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título. CDU: 551.8(815.1)
-------	---

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Mudanças Climáticas e Evolução do Cerrado no Norte de Minas Gerais Durante a Primeira Metade do Holoceno e Suas Implicações sobre Ocupações Humanas Pré-Históricas

AUTOR: JULIANO HENRIQUE FONSECA SOARES

ORIENTADORA: Profa. Raquel Franco Cassino

Aprovada em: 15 de maio de 2017

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Raquel Franco Cassino

DEGEO/UFOP

Profa. Maria Paula Delicio

DEGEO/UFOP

Prof. Cláudio Lana

DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 15/05/2017

Dedico este trabalho a meus pais

Agradecimentos

A todos aqueles que me acompanharam e ajudaram neste processo longo e enriquecedor, deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

Gostaria de agradecer a minha mãe, Sandra, pelo amor incondicional, por ter me acompanhado e apoiado a cada dia da minha vida, que me ajudou a ser quem sou e me instruiu a seguir meu coração.

Agradeço também a meu pai, Jader, pelo apoio imensurável, por acreditar em mim todos os dias e não me deixar cair. Por ser uma base tão forte e um exemplo para mim.

Aos meus irmãos Alexandre, Flavia e Jaderson, por me guiarem e compartilharem tantos momentos comigo.

Agradeço a professora Raquel por me orientar neste processo, pela paciência, companheirismo, sinceridade e amizade ao longo deste trabalho. Por ter proporcionado esta oportunidade e tornar este momento possível.

Aos professores do DEGEO pelo conhecimento transferido e por tornar possível minha formação profissional.

Agradeço aos amigos da faculdade que cultivei com tanto carinho e que fizeram desse caminho uma passagem muito mais prazerosa e divertida.

Aos colegas de sala, pelas horas e madrugadas de estudos, além do apoio extremamente importante nas provas e trabalhos.

Aos amigos que fiz no intercâmbio, por compartilharem essa experiência tão incrível, por dividirem as dores, os medos e as angústias.

Agradeço ao pessoal do OcupaUFOP pela contribuição incrível para minha formação pessoal e humana nesta última fase. Pelos ensinamentos e por ajudarem a me tornar um cidadão mais crítico e consciente.

Por fim agradeço a UFOP e ao CNPq pela oportunidade de estudar em uma universidade pública e por fornecerem a oportunidade de um intercâmbio no Reino Unido que me trouxe tantos aprendizados pessoais e profissionais.

Sumário

Agradecimentos	xi
Resumo	xv
Abstract	xvii
1- INTRODUÇÃO	1
2- OBJETVO	1
3- REFERENCIAL TEÓRICO	2
3.1-EVOLUÇÃO CLIMÁTICA NO CERRADO BRASILEIRO	2
3.2- OCUPAÇÃO HUMANA NO CERRADO BRASILEIRO	5
3.3- PALINOLOGIA DO CERRADO	6
4- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	8
5- MATERIAIS E MÉTODOS	9
5.1- COLETA E PREPARAÇÃO.....	9
5.2- ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA	10
5.3- MÉTODOS NUMÉRICOS	10
6- RESULTADOS	13
6.1- ZONA A: DE 9.750 A 9.050 ANOS CAL AP	14
6.2- ZONA B: DE 9.050 A 8.300 ANOS CAL AP	18
6.3- ZONA C: DE 8.300 A 7.600 ANOS CAL AP	22
7- DISCUSSÃO	32
7.1- RECONSTITUIÇÃO PALEOCLIMÁTICA.....	32
7.2- O HIATO ARCAICO (ARChAIC GAP)	34
8- CONCLUSÃO	36
9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
10- ANEXOS	40

Índice de Figuras

Figura 1- Cobertura do bioma Cerrado sobre o território brasileiro. Retirado de Henriques, 2005	4
Figura 2- Assinatura polínica moderna sobre o Cerrado e outras florestas brasileiras. Retirado de Ledru, 2002.....	7
Figura 3- Localização do ponto de coleta do testemunho que embasa este trabalho na Fazenda São José, em Buritizeiro, no norte do estado de Minas Gerais. Retirado do Google Earth.....	8
Figura 4- Análise de <i>Cluster</i> sobre as amostras analisadas e o agrupamento em zonas polínicas	11
Figura 5- Análise de componentes principais mostrando o agrupamento baseado na similaridade das amostras recentes para determinação de ambientes ecológicos.....	12
Figura 6- Diagramas polínicos de concentração de a) grupos ecológicos; e dos grupos b) Poaceae e c) Arvores do Cerrado.....	25
Figura 7- Diagramas polínicos de concentração dos grupos a) Matas; b) Campos; e c) Ervas e Arbustos do Cerrado.....	26
Figura 8- Diagramas polínicos de concentração dos grupos a) Vereda, Campo Úmido e Brejo; b) Algas; c) Esporos; d) Ambientes Variados e e) Não Identificados.....	27
Figura 9- Diagramas polínicos de porcentagem de a) grupos ecológicos; e dos grupos b) Poaceae e c) Arvores do Cerrado	28
Figura 10- Diagramas polínicos de porcentagem dos grupos a) Matas; b) Campo; c) Ervas e Arbustos do Cerrado.....	29
Figura 11- Diagramas polínicos de porcentagem dos grupos a) Vereda, Campo Úmido e Brejo b) Algas; c) Esporos; d) Ambientes Variados; e) Não Identificados	30
Figura 12- Análise de componentes principais das amostras fósseis mostrando a) os táxons mais influentes e representativos, b) a relação das amostras fósseis com zonas delimitadas por análogos modernos e c) a evolução da Vereda São José ao longo do período analisado	31
Figura 13: Resumo da evolução climática na vereda São José. As sobreposições em azul correspondem a climas úmidos e as sobreposições em laranja, climas relativamente mais secos.	32
Figura 14- Frequência de esqueletos humanos encontrados em Lagoa Santa e suas respectivas idades ¹⁴ C. Retirado de Araujo <i>et al.</i> 2005.	35

Resumo

O período Quaternário foi marcado por diversos eventos de glaciações ao longo do último 2,6 milhões de anos. Mesmo o Holoceno, caracterizado por uma época de relativa estabilidade climática em um período interglacial, foi marcado por variações menores nos seus 11.700 anos. Estas mudanças marcaram a superfície terrestre causando modificações nos biomas, correntes de ventos, cultura e vegetação, inclusive no Cerrado brasileiro. Através de análises sobre palinomorfos da primeira metade do Holoceno, retirados do sedimento de uma vereda no norte do estado de Minas Gerais, foi possível reconstituir a vegetação e inferir sobre as possíveis mudanças climáticas nesta região entre 9.750 e 7.600 anos antes do presente. Em meio a algumas variações climáticas, este intervalo foi bem marcado pela diminuição da umidade e a implementação de um clima mais seco no Cerrado brasileiro, que causou algumas mudanças, inclusive sobre culturas de povos indígenas que habitavam a região. Estas mudanças podem ter sido um dos principais fatores para que tribos indígenas pré-históricas abandonassem a região de Minas Gerais e o Cerrado brasileiro em busca de melhores condições de sobrevivência. Portanto, este trabalho consiste em detalhar e precisar as mudanças climáticas nesta região através de análises palinológicas. Entender as mudanças climáticas e as devidas consequências no passado, nos permite compreender melhor nosso clima atual e as possíveis alterações que possam ocorrer.

Abstract

The Quaternary period has been marked by many glacial events for the last 2,6 million years. Even the Holocene, a time of relative climate stability in an interglacial period, was marked by smaller changes during its 11,700 years. These changes affected the Earth surface, causing changes in its biomes, winds, cultures and vegetation, including the Brazilian Cerrado. In this study, the palynological analysis of samples from the first half of the Holocene, taken from a core collected on a palm swamp located in northern Minas Gerais state, it was possible to reconstruct the vegetation and infer about the possible climate changes that happened in this region between 9,750 and 7,600 years BP. Among other climate variations, this interval was marked by a decrease in humidity and by the onset of a dry climate on the Brazilian Cerrado, which caused some impacts, including changes in the culture of prehistoric populations that lived in the region. This climate change could be one of the main causes of the abandonment of archaeological sites by human populations in Minas Gerais state and in the Cerrado, searching for better conditions of life. Therefore, this study will detail the climate changes that happened in this region through palynological analysis. Understanding the climate changes and its consequences in the past allow us to comprehend our current climate dynamics and the possible impacts of future climate changes.

1- INTRODUÇÃO

Apesar do Holoceno ser caracterizado por um período de relativa estabilidade climática, o clima no Cerrado brasileiro foi marcado por várias mudanças durante esta época (Salgado-Labouriau, 2007). Segundo trabalhos anteriores como Meyer *et al* (2014) e Barros *et al* (2011), um período de clima seco predominou sobre o Cerrado brasileiro em torno de 8.000 anos antes do presente (AP), causando mudanças na vegetação e culturas humanas. Buscando aprofundar o conhecimento sobre este período mais seco da primeira metade do Holoceno, foram analisadas amostras do testemunho de vereda da Fazenda São José, no norte do estado de Minas Gerais, para traçar a evolução climática e da vegetação, e inferências sobre o comportamento humano. Através do estudo palinológico, palinomorfos provenientes deste sedimento foram identificados e quantificados para uma amostragem comparativa da paleo-vegetação do Cerrado mineiro.

O testemunho da vereda da Fazenda São José, que, em sua integralidade, abrange o período entre aproximadamente 16.000 anos AP e o presente, foi previamente datado e analisado por Cassino (2014), que também identificou um clima seco na primeira metade do Holoceno nesta região. Contudo, o testemunho tendo sido analisado com uma baixa precisão temporal, a análise de amostras suplementares deste intervalo se mostrou necessária para trazer informações mais precisas sobre as mudanças climáticas e suas possíveis consequências. Este trabalho tem, portanto, o intuito de analisar e detalhar o clima no norte de Minas Gerais no intervalo entre 9.750 e 7.600 anos calibrados antes do presente (cal AP), a partir da análise palinológica de amostras do testemunho da vereda da Fazenda São José.

Entender o desenvolvimento do clima e a evolução ambiental no passado é um passo importante para entendermos nossa influência sobre o clima atual e as possíveis consequências que podemos sofrer frente a um cenário de estresse climático.

2- OBJETVO

O objetivo geral deste trabalho é analisar de forma mais detalhada a evolução do Cerrado no norte de Minas Gerais (Brasil) entre 9.750 e 7.600 anos cal AP, a partir da análise palinológica de amostras do testemunho da vereda da Fazenda São José. Portanto, este trabalho irá identificar e detalhar um provável período de seca em torno de 8.000 anos AP, além de

inferir as possíveis consequências que esta mudança climática causou na região do Cerrado brasileiro.

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- Identificar e quantificar os palinomorfos de três amostras do testemunho da vereda da Fazenda São José (TFSJ-114, TFSJ-106 e TFSJ-98).
- Relacionar e comparar os dados polínicos destas amostras com as outras amostras do testemunho.
- Comparar os conjuntos polínicos das amostras estudadas com um banco de dados de conjuntos polínicos modernos.
- Interpretar as mudanças ambientais a partir dos dados palinológicos e relacioná-las com dados sobre a paleoecologia e sobre a ocupação humana do Cerrado disponíveis na literatura.

3- REFERENCIAL TEÓRICO

3.1-EVOLUÇÃO CLIMÁTICA NO CERRADO BRASILEIRO

O período Quaternário teve início há aproximadamente 2,6 milhões de anos antes do presente (AP) e foi marcado por intensas mudanças climáticas ao redor de todo o globo (Meyer *et al.*, 2014). Foi principalmente marcado pela intercalação de períodos glaciais e períodos com temperaturas mais elevadas, denominados interglaciais. Este período é subdividido em duas épocas, Pleistoceno e Holoceno. O Pleistoceno foi caracterizado por intensa intercalação de período glaciais e interglaciais, de durações variadas, entre o intervalo de 2,6 milhões de anos AP a 11.700 mil anos AP (Suguio, 2010 e Meyer *et al.*, 2014). Já o Holoceno é caracterizado pelo maior período interglacial do Quaternário, que teve início há 11.700 anos AP e perdura até hoje (Meyer *et al.*, 2014). Já é sabido que as glaciações criaram grandes geleiras e calotas polares, predominantemente no hemisfério norte, mas as mudanças climáticas durante o Quaternário tiveram consequências ao longo de toda a superfície terrestre, como mudanças do padrão dos ventos, precipitação e umidade relativa da atmosfera, inclusive nos biomas da América do Sul (Meyer *et al.*, 2014).

O Holoceno, apesar de apresentar um grande período interglacial, não teve o clima estático e constante ao longo dos últimos 11.700 anos. Diversas variações climáticas foram estudadas e observadas ao longo desse período. Variações capazes de mudar o clima, culturas,

a produtividade agrícola e a dinâmica de biomas ao longo de todo o planeta (Salgado-Labouriau, 2007). No Cerrado brasileiro não foi diferente. Através de instrumentos capazes de estudar e analisar amostras naturais como rochas, sedimentos, gelo e fósseis, é possível traçar e interpretar as mudanças climáticas que influenciaram na consolidação destes registros.

Durante o Último Máximo Glacial no hemisfério norte, entre 20.000 e 18.000 anos AP, o clima na América do Sul também foi frio e seco. A escassez de acúmulo sedimentar no registro geológico demonstra esta característica, assim como indícios da redução de regiões como pântanos e veredas, além da ausência de pólenes de plantas arbóreas e a abundância de gramíneas (Ledru, 2002). Os lagos secaram e o Cerrado brasileiro não podia se desenvolver com o clima que predominava nesta época, no final do Pleistoceno (Ledru, 2002). Após 18.000 anos AP é possível observar a retomada de registros sedimentares, mas ainda assim traziam informações de um clima seco e pouco favorável ao desenvolvimento do Cerrado. Para Salgado-Labouriau (2005) o clima seco, que causou restrição de lagos e pântanos, perdurou até 10.000 anos AP, no início do Holoceno. Após 10.000 anos AP a umidade volta a aumentar, mas ainda assim caracterizando um ambiente semi-árido, onde as regiões de pântanos e veredas eram restritas (Ledru, 2002). A retomada de um clima relativamente mais quente e úmido permitiu o desenvolvimento de uma vegetação mais espaçada e aberta que precedeu o desenvolvimento do Cerrado a partir de 9.000 anos AP, quando o clima se torna mais úmido (Ledru, 2002). Alguns estudos indicam, no entanto, a volta de condições mais secas em torno de 8.000 anos cal AP (Meyer *et al.*, 2014; Cassino, 2014). A ocorrência, extensão e magnitude deste período seco em torno de 8.000 anos cal AP são o objeto de estudo deste trabalho. A partir daí, na segunda metade do Holoceno, o clima se torna mais quente e úmido, como o clima atual, e permite o bom desenvolvimento da vegetação do Cerrado assim como dos pântanos e veredas.

O Cerrado é um bioma predominante no território brasileiro, classificado como um tipo de Savana, que cobre grande parte do Brasil, atingindo aproximadamente 2.000.000 Km² de seu território (figura 1) (Henriques, 2005). A vegetação é bastante variada, composta por um mosaico de diferentes tipos de vegetação, que vão de ervas e gramíneas a árvores lenhosas de copas espaçadas (Henrique, 2005). O Cerrado está adaptado a um clima sazonal, com uma estação seca prolongada e uma estação chuvosa (Meyer *et al.*, 2014). De forma geral, a vegetação apresenta espécies com troncos e galhos retorcidos, que podem apresentar-se bem espaçadas ou em fitofisionomias como o Cerradão, onde as copas das árvores quase se encontram (Salgado-Labouriau, 2005). Diversos tipos de vegetação ocorrem neste bioma, como

campos sujos, limpos e rupestres, caracterizados pela abundância de gramíneas e vegetação herbácea; matas secas, decíduas, semidecíduas, ciliares e de galeria, caracterizadas por vegetação de porte arbóreo lenhoso; formações brejosas com ervas e plantas aquáticas; além do cerrado *sensu stricto* com uma cobertura menor de gramíneas e maior de vegetação arbustiva-arbórea; e veredas com seus buritizais (Salgado-Labouriau, 2005). Esta última de fundamental relevância para este trabalho.

As veredas apresentam espécies adaptadas a ambientes úmidos e ocupam regiões planas ou fundos de vales. Normalmente acompanham linhas de drenagem mal definidas e estão quase sempre encharcadas (Munhoz *et al.*, 2011). O principal representante da vereda é a palmeira Buriti (*Mauritia* sp.), que cresce ao longo de sua extensão e caracteriza de forma convicta a vereda. As veredas também têm um papel fundamental para manutenção do equilíbrio geocológico e hidrológico na região em que se desenvolvem. Este ambiente é responsável pela contenção da erosão do solo e proteção de nascentes, além de servir como local de pouso para aves e fornecer refúgio, água, alimento e abrigo para a fauna terrestre e aquática (Munhoz *et al.*, 2011). Além disso, apresentam o nível de base hidrológico e conseguem receber e acumular sedimentos provenientes das regiões mais proximais. Por isso, a coleta do testemunho que embasa este trabalho foi feita em uma vereda no Cerrado brasileiro.



Figura 1- Cobertura do bioma Cerrado sobre o território brasileiro. Retirado de Henriques, 2005

3.2- OCUPAÇÃO HUMANA NO CERRADO BRASILEIRO

No final do Último Máximo Glacial há 18.000 anos AP, os seres humanos começaram a ocupar diversas regiões pela primeira vez, e o Cerrado brasileiro também se demonstrou um ambiente favorável para o assentamento de tribos constituídas basicamente por caçadores e coletores. As informações sobre os primeiros registros do Homem no Brasil ainda são bastante contraditórias. Um consenso nos trabalhos arqueológicos demonstra que a partir de 12.000 anos AP o Homem teve sistemas ocupacionais bem estabelecidos na região central do Brasil, inclusive em Minas Gerais (Barbosa & Schmitz, 2008; Guimarães, 2011 e Kipnis & Ybert, 2005). Pelo menos dois sistemas ocupacionais estavam bem estabelecidos nesta época, no Vale do Guaporé e nas regiões das Coxilhas Gaúchas (Barbosa & Schmitz, 2008). Existem evidências da ocupação humana no Brasil antes desta data como registros de indústrias líticas que datam de até 48.000 anos AP em Pedra Furada no Piauí. Porém, estes dados são carregados de incertezas quanto à datação, o nível estratigráfico e problemas tafonômicos, o que torna estes dados pouco convincentes (Kipnis & Ybert, 2005). Portanto, é possível afirmar que a ocupação humana aconteceu com êxito na região central do Brasil no final do Pleistoceno e início do Holoceno.

O Cerrado possui características que o tornam um ambiente favorável ao assentamento pioneiro de seres humanos. Sua diversidade de espécies da fauna e da flora é notável, o que gera uma fonte de alimentação rica em nutrientes para tribos indígenas compostas por caçadores-coletores. Além disso, os inúmeros rios que cortam e correm por todo o bioma, fornecem uma fonte de água e ambientes para o assentamento humano, além da presença da fauna regional. O Cerrado também apresenta uma gama grande e diversificada de abrigos naturais, favoráveis ao desenvolvimento de grupos humanos. E por último, o clima do Cerrado, sem excessos de variação de temperatura, é propício para a fixação e permanência de populações (Barbosa & Schmitz, 2008). Portanto, é fácil entender os motivos de povos pré-históricos se adaptarem e se desenvolverem ao longo da região do Cerrado Brasileiro.

O Cerrado se tornou um ambiente propício às ocupações humanas devido seu clima favorável. Contudo, um estresse climático na região pode mudar a maneira com que a população interage com o espaço em que se encontra. Mudanças climáticas modificam o ambiente e, com isso, a cultura e técnicas dos povos viventes neste ambiente acabam por se modificar. É comum termos estudos apontando mudanças culturais e até mesmo de regiões devido a estresses climáticos, que forcem a movimentação humana (Barbosa & Schmitz, 2008). Em uma cultura

de caçadores-coletores, as mudanças ambientais são responsáveis diretas pela variabilidade das organizações sociopolíticas e das estratégias de subsistência (Kipnis & Ybert, 2005). Isso justifica a diversidade de técnicas, regiões e culturas humanas que se expandiram no período pós-glacial, como forma de se adaptarem ao ambiente para sobrevivência. Portanto, mudanças climáticas atingiram diretamente culturas sul-americanas pré-históricas, e foram grandes responsáveis pela migração e movimentação humana durante o Holoceno.

3.3- PALINOLOGIA DO CERRADO

A Palinologia é um método amplamente utilizado para o estudo de ambiente antigos e recentes. Através do estudo sobre grãos de pólen e esporos, além de outros possíveis palinomorfos, podemos reconstituir ambientes ecológicos antigos, inferindo sobre a ecologia e o clima em determinada região e época. Para uma boa análise palinológica, os grãos de pólen devem apresentar boa dispersão, ser produzido em quantidade significativa e estar bem preservados no sedimento coletado (Ledru, 2002). Contudo, um problema sobre os grãos de pólen do Cerrado é a polinização por insetos de quase todos os táxons, que dificulta a preservação, com exceção da Poaceae e Cyperaceae, que são polinizadas pelo vento e atingem uma área ampla (Ledru, 2002). A Palinologia também é usada para estudar e classificar ambientes e biomas recentes, através da identificação de espécies vegetais pelos grãos de pólen e esporos. Em mais de um século de estudos sobre o pólen do Cerrado, destacam-se os trabalhos da Maria Léa Salgado-Labouriau, que contribuiu de forma significativa para a descrição, análise, reconstituição paleoambiental e taxonomia de grãos provenientes da flora do Cerrado brasileiro.

Informações obtidas através dos grãos de pólen e esporos, juntamente com dados sobre a flora do Cerrado e de datação, permitem inferir e interpretar o clima e o ambiente que predominava no passado do Cerrado brasileiro. As espécies vegetais do Cerrado são bastante diversificadas. Predominantemente, no nível mais baixo das estruturas vegetais, encontramos gramíneas e algumas ervas, onde crescem arbustos e, no nível mais alto, árvores normalmente baixas de troncos retorcidos (Salgado-Labouriau, 2005). Em todos os tipos de Cerrado, as famílias dominantes são Poaceae, Asteraceae e Fabaceae (Salgado-Labouriau, 2005). Poaceae (Gramínea) é a família mais dominante atingindo 74% dos táxons do Cerrado, seguida de Fabaceae, Caesalpiniaceae e Mimosaceae, pertencentes às leguminosas e atingindo cerca de 3,2% (Ledru, 2012). No Cerrado encontram-se cerca de 90 famílias de dicotiledôneas, 8 de

monocotiledôneas e algumas espécies de pteridófitas (Salgado-Labouriau, 2005). Portanto, mesmo com uma grande diversidade de espécies, é possível a classificação do perfil polínico do Cerrado brasileiro.

O resultado que o Cerrado apresenta frente à assinatura polínica é bem definido. Táxons como *Byrsonima*, *Didymopanax* (sinônimo de *Schefflera*) e *Curatella* são indicadores do bioma Cerrado. *Curatella* não produz muito pólen para o registro, devido a sua eficiente polinização, ao contrário da *Byrsonima* e *Didymopanax* que são super-representadas devido a sua grande produção de pólen (Ledru, 2002). Outros táxons sub-representados são *Qualea* e *Caryocar*. *Vellozia* e *Borreria*, que são boas indicadoras de campo cerrado e, para as veredas, é essencial a presença de grãos de pólen de *Mauritia* (Buriti), uma vez que é o principal indicador deste ambiente (Ledru, 2002). Cyperaceae é uma família bastante comum em todos os ambientes do Cerrado e produz uma quantidade grande de grãos de pólen, mas também é um bom indicador do ambiente de vereda. Este padrão polínico que difere o bioma Cerrado dos outros biomas pode variar nos quesitos ambiente, clima e qual o tipo de Cerrado estava presente na região. *Byrsonima* e *Ilex*, por exemplo, são bem representados em associações florestais, que se desenvolvem em regiões do Cerrado quando há altos índices de umidade. Já táxons como Poaceae, *Borreria* e *Cuphea*, estão associados a campos abertos e aumentam sua frequência com a tomada de um clima mais seco (Ledru, 2002). Essas relações estão exemplificadas no

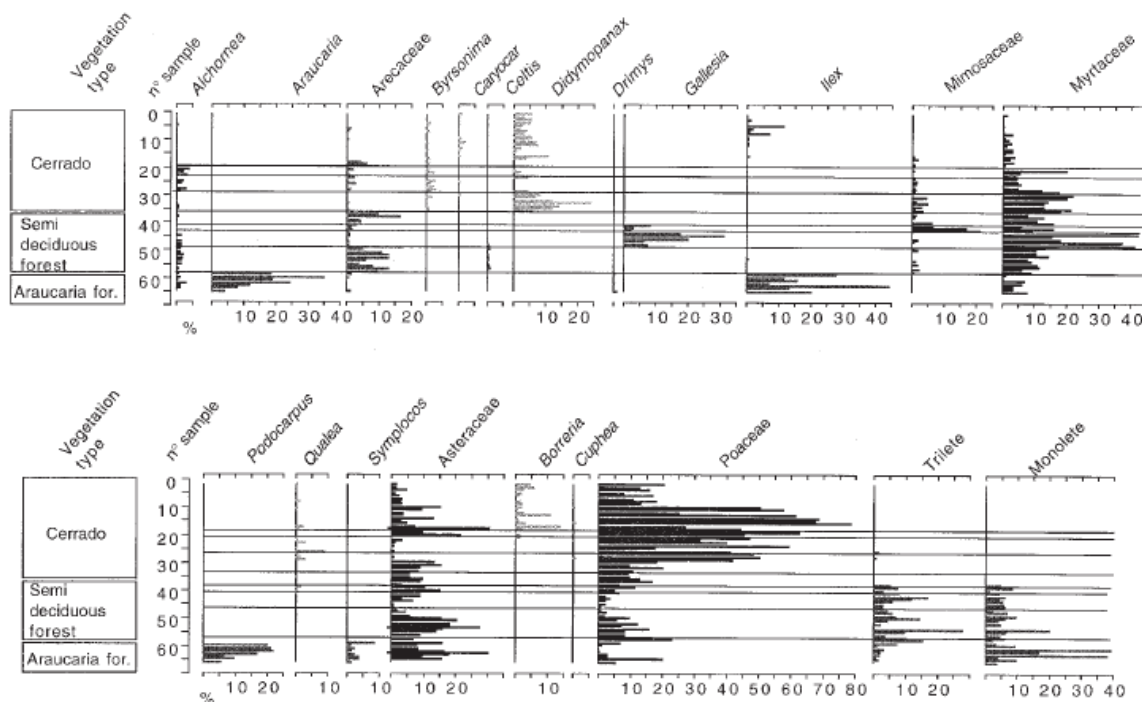


Figura 2- Assinatura polínica moderna sobre o Cerrado e outras florestas brasileiras. Retirado de Ledru, 2002.

diagrama na figura 2, também retirada do trabalho de Ledru (2002), onde podemos observar a diferença do padrão polínico para Cerrado, florestas semi-decíduas e florestas de araucária, mais úmidas. Portanto, esta assinatura polínica é de fundamental importância para interpretação de ambientes antigos, mas também pode variar de acordo com os parâmetros em que a região em análise se encontra, como tipo de vegetação e umidade.

4- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A coleta do testemunho para a análise polínica deste trabalho foi realizada na vereda da Fazenda São José, nas proximidades do município de Buritizeiro, no norte do estado de Minas Gerais (Figura 3). A Fazenda São José está situada nas coordenadas 17°04'S, 45°06'W. Para acessar o local saindo de Buritizeiro, é necessário seguir pela BR-365 no sentido W e virar à direita na MG-161. Após 40 Km na rodovia MG-161, vire à esquerda e chegará na vereda na Fazenda São José.

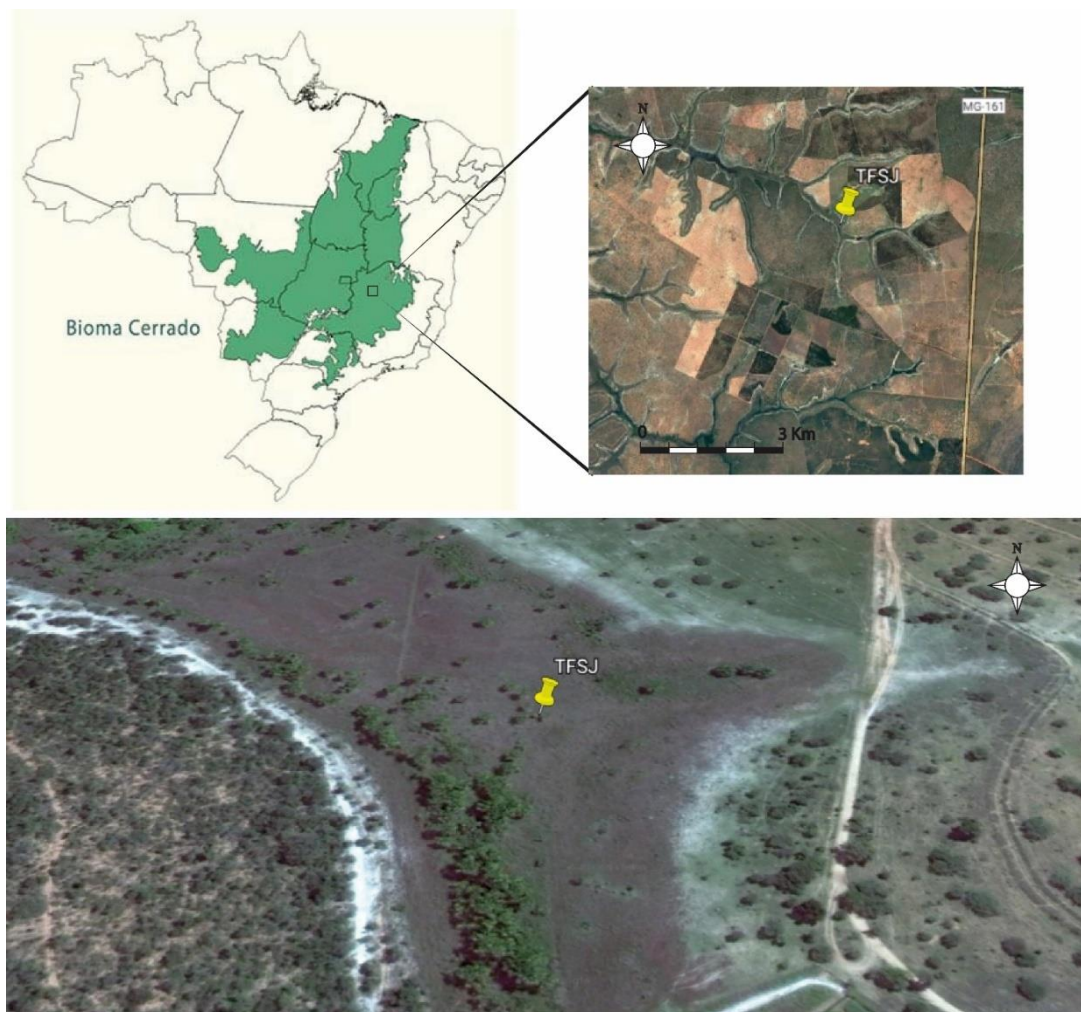


Figura 3- Localização do ponto de coleta do testemunho que embasa este trabalho na Fazenda São José, em Buritizeiro, no norte do estado de Minas Gerais. Retirado do Google Earth

5- MATERIAIS E MÉTODOS

5.1- COLETA E PREPARAÇÃO

As sete amostras nas quais esse trabalho se embasa foram retiradas do testemunho já descrito e analisado da tese de doutorado de Cassino (2014). As amostras retiradas são correspondentes ao período entre 9.750 e 7.600 anos calibrados antes do presente (cal AP) para uma análise mais precisa e detalhada sobre um possível período seco que ocorreu no Cerrado brasileiro. O testemunho foi retirado na borda da vereda da Fazenda São José, utilizando-se o testemunhador tipo *Russian*, e preparadas no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO/UFOP) através do método padrão para palinologia.

Foi retirado 1 cm³ de sedimentos de cada amostra para tratamentos físico-químicos. Foi adicionado aproximadamente 1 mg de grãos de *Kochia scoparia* como contaminante externo para comparação e análise de concentrações de outros táxons em cada 1 cm³ de sedimento. As amostras foram tratadas com 10 ml de KOH 10%, posteriormente com 20 ml de HCl 37% e finalmente, 20 ml de HF. Foi colocado ácido acético diversas vezes, enquanto as amostras eram centrifugadas e lavadas com água destilada. Por fim, as amostras foram acetolizadas com uma mistura de 9 partes de anidrido acético para 1 parte de ácido sulfúrico. Com o resíduo de cada amostra, foram feitas duas lâminas microscópicas montadas com gelatina glicerizada.

Para a datação do testemunho, três amostras foram enviadas ao laboratório *Beta Analytic Inc.* nos Estados Unidos para serem submetidas ao método de radiocarbono por Espectrometria de Massa com Aceleradores (EMA). As amostras correspondiam à base, ao meio e ao topo do testemunho, de forma que a calibração feita pelo programa *Calib 7.1.0*, determinava a idade das outras amostras considerando uma taxa de deposição constante. Embora a taxa de sedimentação das veredas seja relativamente constante, variações nos processos de sedimentação podem ocorrer devido a mudanças no clima e na pluviosidade. Portanto as idades estipuladas para as outras amostras é apenas uma aproximação das idades reais de sedimentação. A amostra TFSJ-94, contida nas amostras analisadas para este trabalho, foi datada diretamente pelo laboratório, portanto sua idade calibrada é, provavelmente, mais próxima possível do real.

5.2- ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

Para a análise quantitativa e qualitativa, as lâminas preparadas foram observadas em microscópio, na objetiva de aumento 1000x. As lâminas foram percorridas metodologicamente, de forma a varrer toda a lâmina sem riscos de dupla contagem dos grãos. Foram classificados e contados grãos de pólen, esporos e algas. Cada palinomorfo foi descrito e classificado em família, gênero ou espécie. Cada palinomorfo identificado foi fotografado e organizado em uma tabela do Excel com o ambiente onde são encontrados e o hábito da família. Estas tabelas e as estampas de fotos são encontradas nos Anexos deste trabalho. Algumas famílias apresentam grãos com estruturas muito similares entre os gêneros, e como uma classificação imprecisa é melhor que uma classificação errônea para parâmetros de interpretação, estes grãos foram identificados apenas em nível de família.

Os palinomorfos foram identificados e, para classificação, foram utilizados catálogos e estampas polínicas provenientes principalmente do guia *Neotropical Pollen Database* (Bush & Weng, 2006) e dos trabalhos com descrições polínicas de Salgado-Labouriau (1973) e Rull (2003). Após a classificação, cada palinomorfo foi agrupado em família, gênero ou espécie e assim continuava até atingir o número de 200 grãos de pólen contados para cada amostra, retirados os esporos, as algas e os grãos do contaminante *Kochia scoparia*. Esse procedimento foi feito para as três amostras analisadas. Após analisar duas lâminas da amostra TFSJ-98, este valor não foi atingido devido à escassez de grãos neste nível. Condição esta que será melhor analisada nos resultados e discussões.

5.3- MÉTODOS NUMÉRICOS

Os táxons classificados foram separados em 10 grupos. Foram organizados 9 grupos de acordo com os ambientes ecológicos dos táxons, utilizando como base o vasto catálogo do livro *Cerrado: Ecologia e Flora*, volume 2 (Sano *et al.*, 2008) e a base online floradobrasil.jbrj.gov.br, mais a Poaceae, que constitui um grupo sozinha. Estes grupos ecológicos utilizados foram: Árvores do Cerrado; Campos; Ervas e Arbustos do Cerrado; Mata; Ambientes Variados; Vereda, Campo Úmido e Brejo; Não Identificados; Esporos e Algas. O agrupamento dos táxons analisados auxiliou na interpretação paleoecológica da região da vereda da Fazenda São José e do seu entorno.

A partir dos grupos ecológicos, foram construídos diagramas polínicos de concentração e porcentagem de cada grupo presente nas amostras do testemunho coletado. Foram feitos também diagramas de concentração e porcentagem para cada táxon identificado na análise laboratorial. Os diagramas foram construídos no programa C2 (Juggins, 2014), utilizando tabelas já pré-montadas e calculados no programa *Excel*. Das 7 amostras trabalhadas para a construção dos diagramas polínicos, 4 foram incorporadas de Cassino (2014) e intercaladas com as outras 3 analisadas para este trabalho (TFSJ-114, TFSJ-106 e TFSJ-98).

Os diagramas foram divididos em zonas polínicas A, B e C. Estas zonas foram estabelecidas por uma análise de *cluster* pelo programa estatístico ‘R’. Neste processo foram inseridos os dados percentuais de táxons de todos os grupos ecológicos, com exceção daqueles representantes das veredas. Os grupos inseridos nas análises foram ‘Árvores do Cerrado’, ‘Campos’, ‘Ervas e Arbustos do Cerrado’ e ‘Mata’. Os grupos representantes do ambiente úmido da vereda como ‘Vereda, Campo Úmido e Brejo’, ‘Algas’ e ‘Esporos’ foram retirados para que o *cluster* tivesse uma resposta voltada para os ambientes no entorno da vereda e de como as vegetações próximas se desenvolveram ao longo do período estipulado. Os táxons inseridos na análise do *cluster* foram apenas os que tinham uma representatividade relevante, ou seja, aqueles que possuíam, pelo menos em uma amostra, porcentagem acima de 1%. Esta análise tem como objetivo correlacionar as amostras de acordo com suas similaridades e agrupá-las em zonas. Esse zoneamento foi baseado no resultado do *cluster* mostrado na figura-4.

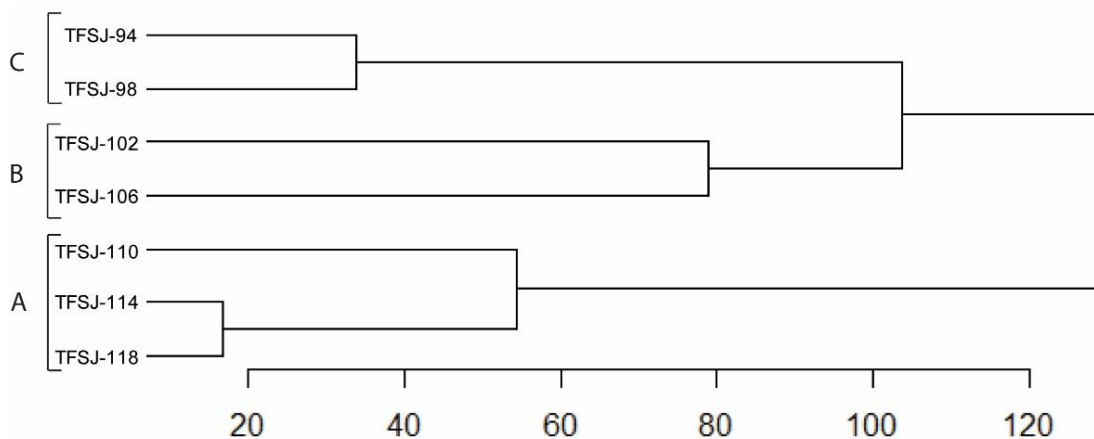


Figura 4- Análise de *Cluster* sobre as amostras analisadas e o agrupamento em zonas polínicas

Além do zoneamento baseado no *cluster*, que reflete principalmente as mudanças na vegetação ao redor da vereda, foi feita também, para gerar uma comparação direta da vegetação

atual da vereda e a vegetação que predominava entre 9.750 e 7.600 anos cal AP, uma Análise de Componentes Principais pelo programa C2. Nesta etapa, dados sobre amostras superficiais recentes da Palinologia do Cerrado foram importados de Cassino (2014). Por esta análise, os táxons atuais são comparados e agrupados em espectros polínicos que refletem o ambiente que representam. A Análise de Componentes Principais resulta em um diagrama onde a distância entre os pontos representativos das amostras demonstra a dissimilaridade entre elas e, com isso, os grupos podem ser interpretados como ambientes ecológicos onde se prevalece um determinado tipo de vegetação. Esta Análise de Componentes Principais agrupou as amostras superficiais de acordo com o demonstrado na figura 5. Estes grupos foram criados a partir de similaridades entre as amostras que caracterizam cada ambiente determinado.

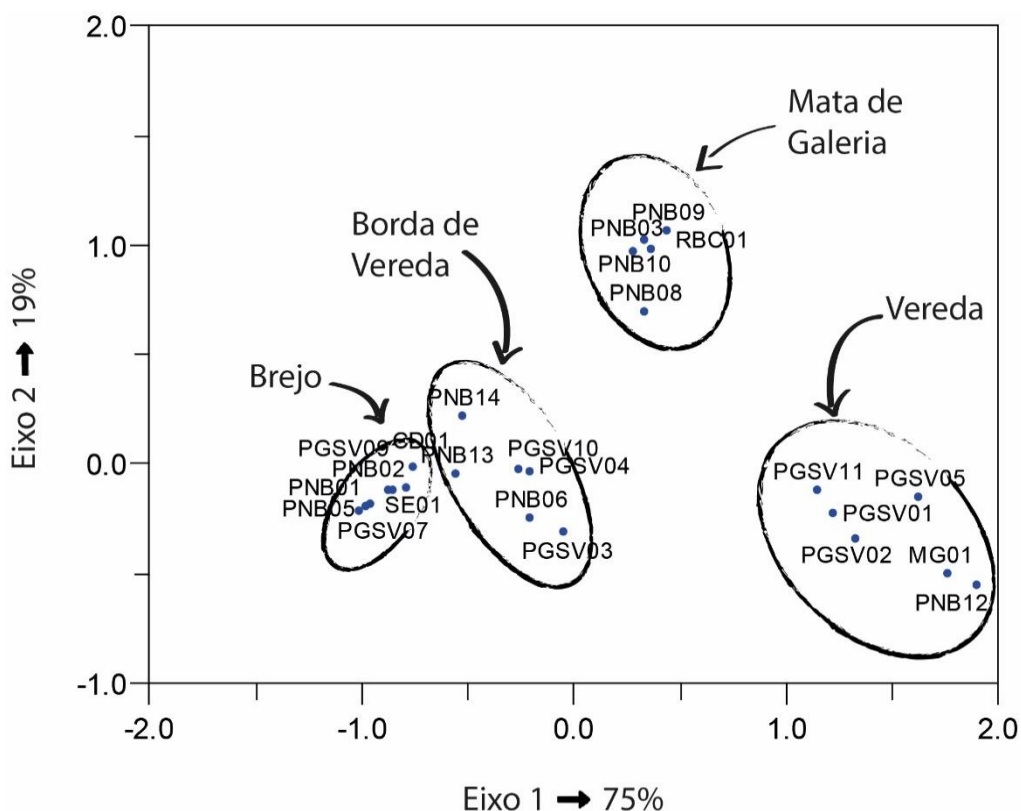


Figura 5- Análise de componentes principais mostrando o agrupamento baseado na similaridade das amostras recentes para determinação de ambientes ecológicos

Estes agrupamentos permitem uma comparação das amostras fósseis com os análogos modernos estipulados por esta Análise de Componentes Principais. Para esta comparação entre as amostras do testemunho e as amostras superficiais, foram utilizados 17 táxons selecionados das amostras fósseis para uma melhor comparação com os análogos modernos. Estes táxons são *Allophyllus*, *Alternanthera*, *Arecaceae*, *Byrsonima*., *Drosera*, *Eryngium*, *Euplassa*, *Hedyosmum brasiliense*, *Ilex*, *Mauritia flexuosa*, *Myrtaceae*, *Poaceae*, *Protium*, *Symplocos*,

Symplocos uniflora, *Tapirira* e *Xyris*. Com isso, as amostras fósseis foram plotadas no gráfico com os agrupamentos definidos, para classificar os possíveis ambientes que predominavam próximo ao ponto de coleta do testemunho. Este método permite analisar a evolução da vegetação antiga da vereda pela comparação com os espectros polínicos recentes.

6- RESULTADOS

Os resultados da análise palinológica das três lâminas analisadas neste trabalho estão apresentados na forma de diagramas polínicos de porcentagem e concentração (fig. 6-a e 9-a), que incluem também as quatro amostras retiradas de Cassino (2014). A análise de *cluster* (figura 4) foi utilizada para dividir os diagramas em três zonas paleoecológicas (Zonas A, B e C), cujas características serão descritas a seguir.

Para a descrição dos resultados obtidos, primeiramente é necessário focar nos gráficos de concentração e porcentagem de Poaceae (fig. 6-b e 9-b). Devido a vasta quantidade de grãos desta família, que corresponde às gramíneas, encontrada nas lâminas em todos os ambientes, sua influência nos resultados obtidos apresenta-se de forma bastante considerável. No testemunho da Fazenda São José, entre os períodos de 9.750 e 7.600 anos cal AP, os grãos de Poaceae chegam a atingir cerca de 80% dos táxons identificados e 45.000 grãos/cm³ (fig. 6-b e 9-b). Seus resultados influenciam diretamente o de outros táxons, principalmente porque a porcentagem de Poaceae direciona a porcentagem que cada táxon pode assumir. Por exemplo, se uma amostra, em um determinado período, apresenta porcentagem de Poaceae de 80%, apenas os 20% restantes serão distribuídos ao longo das outras espécies e famílias. Portanto, sua larga presença nas lâminas a torna muito influente sobre os outros táxons.

Neste trabalho, como descrito anteriormente, três lâminas foram analisadas para traçar os diagramas polínicos, porém, as outras quatro foram dados retirado de Cassino (2014). Contudo, se duas pessoas leem uma lâmina, a contagem e descrição estão suscetíveis a divergências em algum ponto, e é provável que distinções nesta descrição sejam observadas. Pelo fato da família Poaceae apresentar uma gama grande de grãos, estas diferenças estão mais propensas a aparecer nos gráficos de porcentagem e concentração, devido à grande proporção. Logo, as lâminas descritas para este trabalho apresentam padrões diferentes daquelas incorporadas de Cassino (2014). As amostras TFSJ-98, TFSJ-106 e TFSJ-114 apresentaram um número reduzido de grãos de Poaceae se comparadas às outras quatro lâminas, gerando um

padrão oscilatório que foge do natural (fig. 9-b). Assim, os gráficos de concentração serão mais utilizados para descrever os resultados reais, uma vez que a influência da quantidade de Poaceae não é tão significativa como nos de porcentagem. Portanto, para as descrições de resultados a seguir, este é um fator a ser considerado.

6.1- ZONA A: DE 9.750 A 9.050 ANOS CAL AP

A zona A é caracterizada por um pico na concentração de Árvores do Cerrado que atinge cerca de 1.400 grãos/cm³ correspondente a amostra TFSJ-118 (9.750 anos cal AP) fig. 6-a). Esta concentração diminui continuamente até atingir uma concentração de 400 grãos/cm³ na amostra TFSJ-110 (9.050 anos cal AP) e, a partir daí, a concentração volta a aumentar, como mostrado no gráfico da figura 6-a. O gráfico geral de porcentagem dos grupos ecológicos (fig. 9-a), também mostra um valor relativamente alto de Árvores do Cerrado no começo do período, chegando a 3% a 9.750 anos cal AP na amostra TFSJ-118 e declinando até 1% na amostra TFSJ-110 (9.050 anos cal AP). Lembrando que a família Poaceae corresponde a cerca de 60% dos táxons e, portanto, os outros grupos ecológicos não atingem porcentagens tão altas. Este pico na concentração de Árvores do Cerrado se caracteriza pelas altas concentrações de *Curatella americana* e *Eriotheca* na amostra TFSJ-118 (fig.6-c), que configura o começo do período estudado. Estes picos correspondem aos maiores valores de concentração de espécies de árvores do Cerrado ao longo de todo o período e seguem-se com uma diminuição na concentração dos táxons. Um alto valor no gráfico de concentração e porcentagem de Arecaceae (fig. 6-c e 9-c) auxilia nos altos valores do gráfico geral (fig. 6-a e 9-a). Além da presença de outros táxons como *Jacaranda*, *Schefflera*, *Eriotheca* e *Roupala*, caracterizando uma alta diversidade de espécies nesta zona polínica.

Nos gráficos das figuras 6-a e 9-a, é perceptível uma alta concentração e porcentagem de táxons campestres durante todo o período da zona A. A concentração varia entre 900 e 1750 grãos/cm³, mas mantém-se acima das concentrações de outras zonas polínicas. Estes altos valores são estruturados principalmente pelo gráfico de concentração de *Cuphea* sp.2, que se apresenta abundante dentro da zona A (fig. 7-b). Outros táxons que contribuem para o relativo aumento da concentração deste grupo são *Euphorbia*, que apresenta alta concentração na amostra TFSJ-1180 (9.750 anos cal AP) e *Pfaffia* na amostra TFSJ-114 (9.400 anos cal AP) além da presença menos significativa de *Cuphea* sp.1 e *Mimosa* (fig. 7-b). A variedade e

abundancia desses táxons demonstra que o campo estava bem desenvolvido na área que influenciava na deposição do testemunho.

As ervas e arbustos do Cerrado demonstram um crescimento gradativo da concentração e porcentagem ao longo da zona A até atingir um pico máximo na zona B (fig. 6-a e 9-a). Sua concentração parte de um valor próximo a 300 grãos/cm³ na amostra TFSJ-118 (9.750 anos cal AP) e aumenta gradativamente ao longo da zona. Este aumento se caracteriza pela presença de *Hyptis*, *Richardia* e *Spermacoce* nesta zona, conforme a figura 7-c. Contudo, a concentração de *Sebastiania corniculata* nesta zona, táxon mais representativo do grupo Ervas e Arbustos do Cerrado, apresenta-se com valores baixos. A zona A não é a que apresenta maiores concentrações de ervas e arbustos do cerrado, mas é a zona com maior diversidade de espécies ao longo do período estudado.

Sem dúvida, a mata é o grupo ecológico mais diversificado dentre as análises feitas para o testemunho da Fazenda São José. Além da alta diversidade, o ponto com a maior concentração de espécies de mata encontra-se na amostra TFSJ-1180 (9.750 anos cal AP), atingindo 4.200 grãos/cm³, que decresce ao longo da zona A, apresentando algumas oscilações (fig. 6-a). A porcentagem de matas na zona polínica A, atinge quase 12% na amostra TFSJ-114 (9.400 anos AP), que diminui próximo a 9.050 anos cal AP referente a amostra TFSJ-110, chegando a valores abaixo de 5% (fig. 9-a). Observando as figuras 7-a e 10-a, pode-se perceber que os táxons com maior representatividade são *Anadenanthera* e *Astronium*, além do *Hedyosmum brasiliense* que apresenta a maior concentração entre os táxons e estrutura o pico de concentração de matas presente no gráfico da figura 6-a.

O grupo ecológico mais influente e representativo no testemunho da Fazenda São José é o grupo de Vereda, Campo Úmido e Brejo. Sua concentração na zona polínica A atinge quase 12.000 grãos/cm³ correspondente a amostra TFSJ-118 (9.750 anos cal AP) na figura 6-a. A partir deste ponto, a concentração decresce até 6.000 grãos/cm³ correspondente à amostra TFSJ-110 (9.050 anos cal AP), e então volta a aumentar. O pico máximo de porcentagem nesta zona atinge aproximadamente 42% correspondente a amostra TFSJ-114 (9.400 anos cal AP), e diminui até 18% a 9.050 anos cal AP na amostra TFSJ-110 conforme o gráfico da figura 9-a. O declínio corresponde, principalmente, ao declínio da concentração e porcentagem de *Mauritia flexuosa* durante a zona A e sofre também influencia das concentrações expressivas de Apiaceae e de Cyperaceae, que mantêm seus valores aproximadamente constantes dentro deste intervalo (fig. 8-a e 11-a). Nesta zona o táxon que apresenta maior concentração é a *Mauritia flexuosa*,

chegando a 8.200 grãos/cm³, maior concentração ao longo do período analisado, seguida de Cyperaceae e Apiaceae respectivamente (fig. 8-a).

A concentração de esporos apresenta um declínio constante ao longo da zona A. Sua concentração máxima corresponde à amostra TFSJ-118 (9.750 anos cal AP) com valor de 4.800 grãos/cm³ e decai para 750 grão/cm³ a 9.050 anos cal AP correspondente à amostra TFSJ-114, onde permanece constante até o final do período correspondido pela zona A (fig. 6-a). A porcentagem também declina a partir de 9.400 anos cal AP, correspondente à amostra TFSJ-114, saindo do ponto próximo a 10% e atingindo 2% na amostra TFSJ-110 (fig. 9-a). Este atraso no declínio da porcentagem em comparação com a concentração deve se dar pela porcentagem de Briofitas, que atinge quase 4% a 9.400 anos cal AP na amostra TFSJ-114 (fig. 11-c). Este pico no grupo de esporos referente a figura 6-a corresponde a altas concentrações de esporos de Briofitas, Lycopodiaceae e Pteridofitas nesta zona (fig. 8-c). Contudo, o decréscimo na concentração do grupo, corresponde diretamente ao decréscimo na concentração de Lycopodiaceae, táxon mais abundante e representativo do grupo dos esporos.

As algas também são bem representadas pelo testemunho da Fazenda São José. No gráfico geral de grupos ecológicos, as algas apresentam relativamente alta concentração (fig. 6-a) e alta porcentagem (fig. 9-a) na zona A. Tanto no gráfico de concentração quanto no de porcentagem, as algas, de modo geral, atingem um máximo a 9.400 anos cal AP, correspondente à amostra TFSJ-114. Estes valores relativamente altos são estruturados pelos táxons *Mougeotia*, *Pseudoschyzaea* e *Zygnema*, que apresentam altos valores no mesmo período de tempo e amostra (fig. 8-b e 11-b). Contudo há um destaque para a concentração de *Mougeotia*, que atinge o valor mais alto ao longo do período estudado, chegando a 1.500 grãos/cm³ a 9.400 anos cal AP (fig. 8-b).

Voltado a descrição dos dados de Poaceae, pode-se dizer que na zona A, a tendência, tanto da concentração como da porcentagem, é aumentar ao longo do tempo (fig. 6-b e 9-b). O padrão oscilatório descrito pelos gráficos dificulta a interpretação, contudo é possível observar um aumento na porcentagem média desta zona conforme a figura 9-b. No gráfico de porcentagem de Poaceae, este aumento fica um pouco mais perceptível, devido à oscilação não ser tão intensa quanto no gráfico de concentração. Contudo, qualquer interpretação destes dois gráficos torna-se uma aproximação, devido à apresentação de um padrão não natural pelos dados.

De forma geral, podemos observar um declínio na concentração e porcentagem da maioria dos táxons ao longo da zona A (fig. 6-a e 9-a). O único grupo que apresenta um comportamento contrário é Ervas e Arbustos do Cerrado, que aumenta tanto sua concentração quanto porcentagem ao longo deste período. Os grupos de ‘Vereda, Campo Úmido e Brejo’, ‘Algas’, e ‘Esporos’ são os que representam, de forma mais direta, a relação com a umidade local. A alta concentração e porcentagem destes grupos indica um clima mais úmido devido, principalmente, à necessidade da água para a reprodução destes organismos. Portanto é coerente afirmar que o período mais úmido da faixa analisada, seria ente 9.750 e 9.400 anos cal AP. Durante este intervalo foi a época em que a vereda sofreu maior expansão e o buritizal se tornou mais desenvolvido, dado demonstrado pela alta concentração e porcentagem de *Mauritia flexuosa* nas figuras 8-a e 11-a. Além disso, é possível observar nos gráficos da figura 8-c, que a 9.400 anos cal AP a concentração de Briófitas, que depende exclusivamente da água para reprodução, sofre um aumento enquanto a concentração de Pteridofitas, menos exclusivas de ambientes úmidos, diminui, demonstrando a alta umidade neste intervalo de tempo. A partir deste ponto todos os outros grupos, exceto Ervas e Arbustos do Cerrado, começam a decair (fig. 6-a e 9-a).

Porém, os gráficos dos grupos ecológicos das figuras 6-a respondem às modificações climáticas em tempos diferentes. Os grupos úmidos ‘Vereda, Campo Úmido e Brejo’, ‘Algas e Esporos’, e o grupo de ‘Árvores do Cerrado’, atingem seus pontos mínimos a 9.050 anos cal AP, enquanto os demais grupos que apresentam comportamento decrescente, atingem seu ponto mínimo após esta data, tanto para concentração, quanto para porcentagem (fig. 6-a e 9-a). Deve-se lembrar aqui, que estes grupos caracterizados como úmidos, correspondentes ao ambiente de vereda, não entraram no cálculo da análise de agrupamento feita por *cluster* que delimitou as zonas polínicas e, portanto, atingem seu mínimo ainda na zona A. O que se pode concluir com essa observação é que as veredas são mais sensíveis às mudanças de umidade e sofrem alterações anteriormente a outros grupos ecológicos, como ‘Campos’ e ‘Matas’, que responderão à queda de umidade posteriormente. Contudo, o grupo de Árvores do Cerrado, obedece ao mesmo padrão das veredas, respondendo às mudanças climáticas com proporções similares.

Já vimos que a zona A representa o período de maior desenvolvimento das veredas, devido à alta umidade e a alta concentração e porcentagem de *Mauritia flexuosa*. Da mesma forma, o Cerrado parece ter se desenvolvido bastante durante este tempo ao redor da vereda. É

possível observar altos valores na concentração de *Curatella americana* a 9.750 anos cal AP (fig. 6-c), além da presença de táxons como *Eriotheca* e *Roupala*, indicadores de Cerrado *stricto sensu* (fig. 6-c e 9-c). A alta diversidade de espécies neste mesmo período também indica o grande desenvolvimento de árvores do Cerrado no período mais úmido. As matas também se desenvolveram neste período próximo à vereda, e a alta concentração e porcentagem de *Hedyosmum brasiliense* (fig. 7-a e 10-a), que se desenvolvem melhor em ambientes úmidos, reafirma que as matas próximas estavam submetidas à climas mais chuvosos. A presença significativa de táxons como *Anadenantera*, *Cecropia* e *Tabebuia*, vista nos gráficos das figuras 7-a e 10-a, indica que matas ciliares e de galeria circundavam a vereda nesta época. A alta umidade neste período ainda favoreceu o desenvolvimento de outros ambientes ecológicos como mostrado no grupo Ambiente Variados, que apresentam um máximo de concentração também a 9.750 anos cal AP (fig. 8-d), além dos campos, que se espalhavam amplamente em áreas mais distais da vereda.

Conforme o diagrama da Análise de Componentes Principais (fig. 12-c) é possível traçar, de forma mais precisa, a evolução da vereda correspondente ao testemunho da Fazenda São José. Durante o período correspondente à zona A, observa-se que este ponto de coleta se situava numa região de borda de vereda a 9.750 anos cal AP (fig. 12-c). Posteriormente, como descrito acima, a vereda se expande e o buritizal de desenvolve, direcionando o diagrama para o ponto referente a 9.400 anos cal AP, que se aproxima mais de uma vereda típica. Logo após, a vereda se retrai devido ao período mais seco identificado nessa sessão, e o diagrama de componentes principais demonstra isso no ponto a 9.050 anos cal AP caracterizado como brejo. Estas classificações sobre a evolução da Vereda São José, são ainda sustentadas pelo padrão polínico de análogos modernos apresentados no trabalho de Cassino (2014).

6.2- ZONA B: DE 9.050 A 8.300 ANOS CAL AP

Para analisar a zona B devemos levar em consideração a família Poaceae a princípio. Esta zona é aquela em que se encontra a maior concentração e porcentagem desta família (fig. 6-b e 9-b) e, logo, gera as maiores alterações na proporção dos outros táxons. Com atenção maior à amostra TFSJ-102 na figura 9-b, podemos perceber que a porcentagem de Poaceae atinge seu ponto máximo chegando a quase 80%. Portanto os outros táxons relacionados a mesma amostra apresentam seus valores de porcentagem reduzidos em comparação com as espécies identificadas na amostra TFSJ-106, por apresentar uma porcentagem de Poaceae bem

menor. Então, as amostras referentes a 8.300 anos cal AP estarão com porcentagens abaixo do nível de comparação.

Na zona B, tanto a porcentagem quanto a concentração de Árvores do Cerrado apresentam comportamento similares. Conforme demonstrado nos gráficos gerais de grupos ecológicos as árvores do cerrado atingem um máximo de concentração de 860 grãos/cm³ (fig. 6-a) e de porcentagem igual a 3,5% (fig. 9-a), ambos em 8.700 anos cal AP, correspondente à amostra TFSJ-106, e decai posteriormente ao longo desta zona. Este pico é estruturado por uma alta concentração e porcentagem de *Arecaceae* na amostra TFSJ-106. Já outros táxons como *Curatella americana*, *Eriotheca* e *Roupala* não se encontram presentes (fig. 6-c e 9-c). Portanto o táxon mais representativo durante esta zona polínica, para Árvores do Cerrado, é *Arecaceae*, que se refere às palmeiras em geral.

Sobre as plantas campestres, pouco se pode dizer sobre sua concentração além de que permanece constante ao longo de toda a zona B próximo a 500 grãos/cm³ (fig. 6-a). No gráfico da porcentagem de grupos, os táxons do campo sofrem um declínio e voltam a aumentar na zona C (fig. 9-a). Contudo, poucos táxons se mostram relevantes durante essa fase.

Outro grupo que mantém sua concentração e porcentagem constantes ao longo da zona B é o grupo dos Esporos como mostrado nas figuras 6-a e 9-a. Contudo, pode-se inferir coisas importantes sobre os táxons que compõe este grupo. Durante toda a zona B observa-se um baixo na concentração de *Lycopodiaceae* e um alto relevante de *Pteridofitas*, mesmo estas não sendo muito representativas e atingindo apenas 400 grãos/cm³ (fig. 8-c). Além disso um aumento de *Briofitas* também é observado ao longo da zona B, atingindo 330 grãos/cm³. O gráfico de porcentagem de esporos (fig. 11-c) segue a mesma dinâmica do gráfico de concentração.

As ervas e arbustos do Cerrado atingem seu ponto máximo em porcentagem e concentração na zona polínica B (fig. 6-a e 9-a). A concentração e a porcentagem deste grupo crescem ao longo do tempo analisado até atingir um máximo a 8.700 anos cal AP correspondente à amostra TFSJ-106. Neste ponto a concentração chega a 1.500 grãos/cm³ (fig. 6-a) e a porcentagem a 4,5% (fig. 9-a). Porém, observando os gráficos específicos deste grupo, nota-se que este pico é estruturado basicamente por *Sebastiania corniculata*, que compõe o táxon mais representativo deste grupo (fig. 7-c e 10-c). Há uma pequena contribuição na concentração e porcentagem de *Spermacoce*, mas os outros táxons se mostraram inexistentes nesta amostra.

A concentração e porcentagem de matas atingem seu ponto mínimo na zona B a 8.700 anos cal AP, correspondente à amostra TFSJ-106 (fig. 6-a e 9-a). A partir daí a concentração aumenta até 3.000 grãos/cm³ e a porcentagem se mantém constante até o final desta zona. Este aumento na concentração a 8.300 anos cal AP se estrutura principalmente pelo aumento de *Piper* na amostra TFSJ-102 (fig. 7-a).

O grupo de Ambientes Variados também sofre uma queda drástica de concentração e porcentagem a 8.700 anos cal AP, correspondente à amostra TFSJ-106 (fig. 6-a e 9-a), e a partir daí volta a aumentar. Esta queda é devido ao fato do componente mais representativo do grupo, Asteraceae, estar ausente na amostra TFSJ-106, assim como os outros táxons do grupo Ambientes Variados (fig. 8-d e 11-d).

Durante a zona B os táxons do grupo Vereda, Campo Úmido e Brejo sofrem um aumento de concentração até 800 grãos/cm³ em 8.700 anos cal AP, correspondente à amostra TFSJ-106, e depois voltam a diminuir (fig. 6-a). Um comportamento parecido acontece com a porcentagem deste grupo no gráfico da figura 9-a. A porcentagem aumenta até 33% em 8.700 anos cal AP, diminui até 8.300 anos cal AP, atingindo 15% na amostra TFSJ-102, e então volta a aumentar. Contudo, o principal táxon de Vereda, Campo Úmido e Brejo na zona B não corresponde mais a *Mauritia flexuosa*, e sim a Cyperaceae (fig. 8-a e 11-a) que, desta vez, direciona o comportamento do gráfico geral dos grupos ecológicos.

As algas também obedecem um padrão similar ao da Vereda, Campos Úmidos e Brejo. Sua concentração aumenta até 8.700 anos cal AP, referente à amostra TFSJ-106, atingindo cerca de 1.600 grãos/cm³ e volta a cair ao longo da zona B (fig. 6-a). A porcentagem também acompanha a mesma dinâmica chegando a 7% em 8.700 anos cal AP (fig. 9-a).

Novamente, as ‘Árvores do Cerrado’ obedecem à mesma dinâmica dos grupos ‘Algas’ e ‘Vereda, Campo Úmido e Brejo’, grupos estes que demonstram de forma mais real a umidade do ambiente local (fig. 6-a e 9-a). Estes três grupos, dessa vez juntamente com o grupo de Ervas e Arbustos do Cerrado, apresentam um pico, tanto de concentração quanto de porcentagem em 8.700 anos cal AP, e decrescem depois deste ponto. A alta presença de táxons correspondentes a Vereda, Campo Úmido e Brejo e às Algas, demonstram que esse foi o período de maior umidade da zona B. O aumento da umidade favorece o desenvolvimento da vereda, o que pode ser observado nas figuras 6-a e 9-a, contudo, o buritizal não se torna tão desenvolvido nesta zona. Esta observação é evidenciada pelos gráficos de concentração da figura 8-a e de porcentagem da figura 11-a, nos quais *Mauritia flexuosa* não atinge valores tão altos, apesar de

sofrer um leve aumento. No lugar de *Mauritia flexuosa*, o táxon que se torna mais representativo neste momento é a Cyperaceae que, apesar de se desenvolver bem em ambientes úmidos como brejos, não caracteriza um buritizal nem é indicativa de uma vereda típica. Portanto podemos inferir que durante esta zona, o ponto de coleta do testemunho não se encontrava imerso na vereda, e sim na sua borda ou em um brejo próximo, caracterizando assim o recuo da vereda nesta época.

Apesar da zona B apresentar este aumento na umidade em relação ao final da zona A, a umidade não atinge pontos muito altos, impedindo assim que a vereda se desenvolvesse como no começo do período analisado. A baixa concentração de esporos pode indicar essa queda na umidade, uma vez que não se torna representativo durante toda a zona B (fig. 6-a). Outro ponto que comprova isto é o fato das Pteridofitas se desenvolverem bastante nesta zona ao invés da Lycopodiaceae (fig. 8-c). Apesar das Pteridofitas dependerem da água para sobrevivência, sua dependência é menor que a da Lycopodiaceae, que tem seu desenvolvimento restringido por falta de umidade. Portanto, podemos dizer, com base nos dados dos gráficos, que a umidade sofre um leve aumento a 8.700 anos cal AP, mas não o suficiente para o desenvolvimento de plantas que dependem exclusivamente da água para reprodução e nem do buritizal, que caracteriza uma vereda típica.

O pequeno aumento da humidade em 8.700 anos cal AP pode ter induzido o aumento de palmeiras, caracterizadas pela família Arecaceae no grupo Árvores do Cerrado (fig. 6-c), e de *Sebastiania corniculata* no grupo Ervas e Arbustos do Cerrado (fig. 7-c), aumentando assim a representação das vegetações correspondentes a estes grupos. Contudo, táxons como *Curatella americana*, *Eriotheca* e *Roupala*, que indicam um cerrado stricto sensu, não estão presentes nestas amostras. O que isso pode significar é que essas espécies não estavam presentes no ambiente do entorno da vereda, ou que sua polinização mais eficaz não permitiu que os grãos de pólen se preservassem no sedimento coletado. Portanto, pouco se pode afirmar sobre o tipo de cerrado que circundava a vereda neste momento. Após este ponto, estes grupos, assim como o de Alga e Vereda, Campo Úmido e Brejo, começam a declinar até a próxima zona, provavelmente pela predominância de um clima mais seco após 8.700 anos cal AP.

Diferentemente da vereda e do Cerrado, as matas, os campos e os táxons pertencentes ao grupo Ambientes Variados apresentam concentrações muito baixas em 8.700 ano cal AP e aumentam até 8.300 anos cal AP (fig. 6-a). Isto deve acontecer devido a respostas mais tardia que estes ambientes apresentam após as mudanças de umidade, uma vez que em 9.050 anos cal

AP, a baixa concentração de algas esporos e táxons da vereda demonstram um clima mais seco na zona A (fig. 6-a). Da mesma forma, estes grupos aumentam suas concentrações até 8.300 anos cal AP, devido ao momentâneo aumento de umidade a 8.700 anos cal AP, e volta a decair a partir daí, com o clima mais seco que se implanta no local. Portanto é válido observar que os grupos Campos, Matas e Ambientes Variados, apresentam comportamento similar ao das veredas, em relação à expansão e retração, porém em momentos diferentes, respondendo às mudanças climáticas de forma tardia.

Sobre o diagrama de componentes principais da figura 12-c, que trata os táxons da vereda, é possível observar que a vereda sofre uma retração durante a zona B. Conforme o diagrama, em 8.700 anos cal AP o ponto de coleta se situava em um ambiente correspondente à borda da vereda, definido pelos análogos modernos de Cassino (2014). Após este ponto a vereda se retrai mais, submetendo o ponto de coleta do testemunho a um ambiente de brejo, como pode ser observado ainda no diagrama da figura 12-c. Portanto, é coerente observar que a evolução traçada pelo diagrama da Análise de Componentes Principais está em concordância com as análises e interpretações sobre os diagramas polínicos e que, durante o intervalo da zona B, o local da vereda da Fazenda São José estava sob condições de clima mais seco.

6.3- ZONA C: DE 8.300 A 7.600 ANOS CAL AP

A zona C é caracterizada por uma predominante baixa nas concentrações dos grupos que caracterizam a vereda e o seu entorno. Há aproximadamente 7.950 anos cal AP, a concentração de todos os grupos ecológicos representados na figura 6-a apresentam uma queda significativa, atingindo valores consideravelmente baixos. Contrariamente aos gráficos de concentração, os gráficos da figura 9-a apresentam um aumento na porcentagem de quase todos os grupos ecológicos neste mesmo ponto da escala temporal. Esta diferença se dá porque a porcentagem da família Poaceae atinge valores muito baixos neste ponto (fig. 9-b). E, devido à alta taxa desta família nas amostras estudada e seu comportamento cíclico anômalo, esta queda de porcentagem em 7.950 anos cal AP puxa todos os valores de porcentagem dos outros táxons para cima, fazendo com que atinjam valores que não estão nos mesmos parâmetros de comparação. Portanto, principalmente para esta zona, as leituras e descrições dos resultados serão pautadas principalmente nos gráficos de concentração, para uma análise mais verídica.

Como descrito no parágrafo anterior, todos os grupos ecológicos sofreram uma queda há 7.950 anos cal AP (fig. 6-a). Após este ponto a concentração dos grupos volta a aumentar,

mas sem atingir valores realmente altos, exceto para o grupo de Vereda, Campo Úmido e Brejo que atinge quase 12.000 grãos/cm³. Este aumento é estruturado basicamente pela alta concentração de Cyperaceae na amostra TFSJ-94 (7.600 anos cal AP), correspondendo a 10.000 grãos/cm³ da concentração total (fig. 8-a). Nesta zona a *Mauritia flexuosa* apresenta as menores concentrações de todo o período estudado, permanecendo em torno de 800 grãos/cm³ (fig. 8-a).

Sobre o pequeno aumento dos grupos ecológicos no final da zona C há 7.600 anos cal AP, o grupo de Árvores do Cerrado merece uma atenção especial. Neste ponto, *Curatella americana* e *Roupala* voltam a aparecer, além da presença de *Eriotheca* na amostra TFSJ-98 e de *Caryocar brasiliense* na amostra TFSJ-94 que, apesar de apresentarem baixos valores de concentração, suas presenças dizem muito sobre o ambiente, por serem indicadores do bioma Cerrado (fig. 6-c). A família Arecaceae que se fez muito presente ao longo das outras zonas se torna pouco representativa, com sua concentração entorno de 100 grãos/cm³.

Houve na zona C, provavelmente, uma retração no desenvolvimento de todos os ambientes da vereda e de seu entorno. As baixas concentrações de exemplares de todos os grupos ecológicos (fig. 6-a) demonstram um ambiente desfavorável para o desenvolvimento de indivíduos pertencentes a todos os grupos que compõem o cerrado na região. A baixa concentração de Algas, Esporos e a queda em Vereda, Campo Úmido e Brejo em 7.950 anos cal AP, demonstram a predominância de um clima seco durante a zona C.

Estranhamente, o posterior aumento na concentração de táxons da vereda em 7.600 anos cal AP atinge valores próximos àqueles do começo da zona A, em 9.750 anos cal AP, quando o clima era nitidamente mais úmido e propenso ao desenvolvimento da vereda e de outros ambientes (fig. 6-a). Contudo, na amostra mais antiga este pico é estruturado por uma alta concentração de *Mauritia flexuosa*, enquanto o mais recente é estruturado basicamente por uma alta concentração de Cyperaceae (fig. 8-a). A Cyperaceae, apesar de se adaptar bem a ambientes úmidos, não é indicativa de vereda e nem de buritizal, como é a *Mauritia flexuosa*. Portanto, apesar da forte presença de Cyperaceae indicar um possível aumento na umidade local, não indica necessariamente uma expansão na vereda. Todavia, a concentração de *Mauritia flexuosa* encontra-se com valores muito baixos, indicando sim uma retração drástica da vereda e do buritizal que caracteriza este ambiente.

Com a queda na umidade, todos os grupos ecológicos têm seus desenvolvimentos restringidos, o que justifica a baixa concentração das espécies. Contudo a presença de *Caryocar brasiliense* e ressurgimento de *Curatella americana*, *Eriotheca* e *Roupala* no grupo Árvores do

Cerrado (fig. 6-c) indica a predominância de um Cerrado stricto sensu na região. Portanto, é plausível afirmar a presença de um cerrado característico nos arredores da vereda que, neste ponto, se encontra diminuída e com buritizal pouco desenvolvido.

A zona C foi, provavelmente, a mais seca do período analisado. Contudo, observando o diagrama de componentes principais da figura 12-c é visível que as amostras correspondentes a esta zona se encontram no campo de borda de vereda, apresentando uma certa estabilidade climática. É possível perceber uma pequena retração da vereda entre 7.950 e 7.600 anos cal AP através do diagrama, mas não é suficiente para justificar a queda na concentração que todos os grupos ecológicos sofreram há aproximadamente 7.950 anos cal AP. O que podemos concluir sobre isso é que essa queda na concentração polínica tenha se dado em um curto espaço de tempo, que o diagrama não foi capaz de reconhecer, ou por influência de uma alta taxa de sedimentação, causando um raleamento na presença de grãos de pólen, algas e esporos no sedimento.

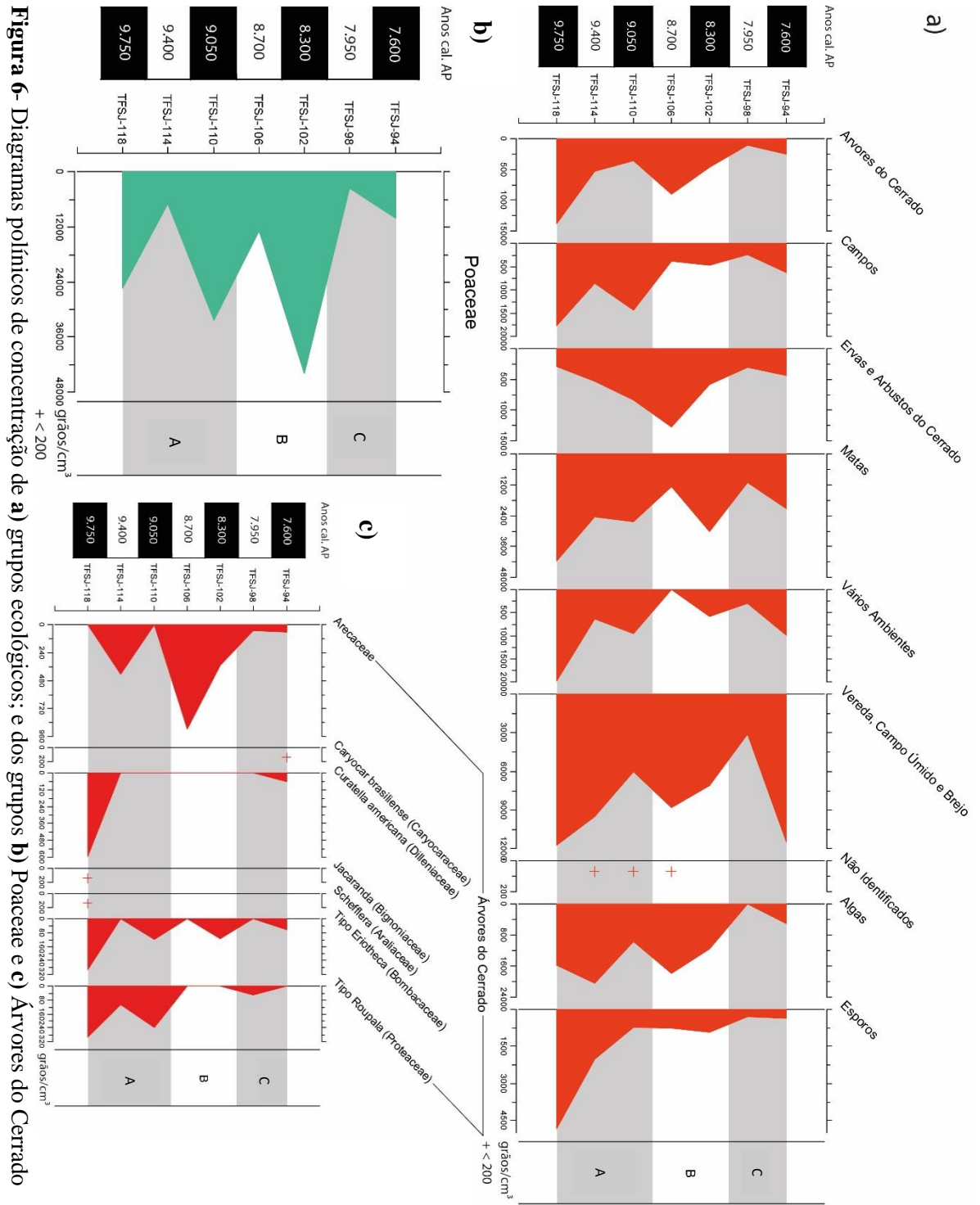


Figura 6- Diagramas polínicos de concentração de a) grupos ecológicos; e dos grupos b) Poaceae e c) Árvores do Cerrado

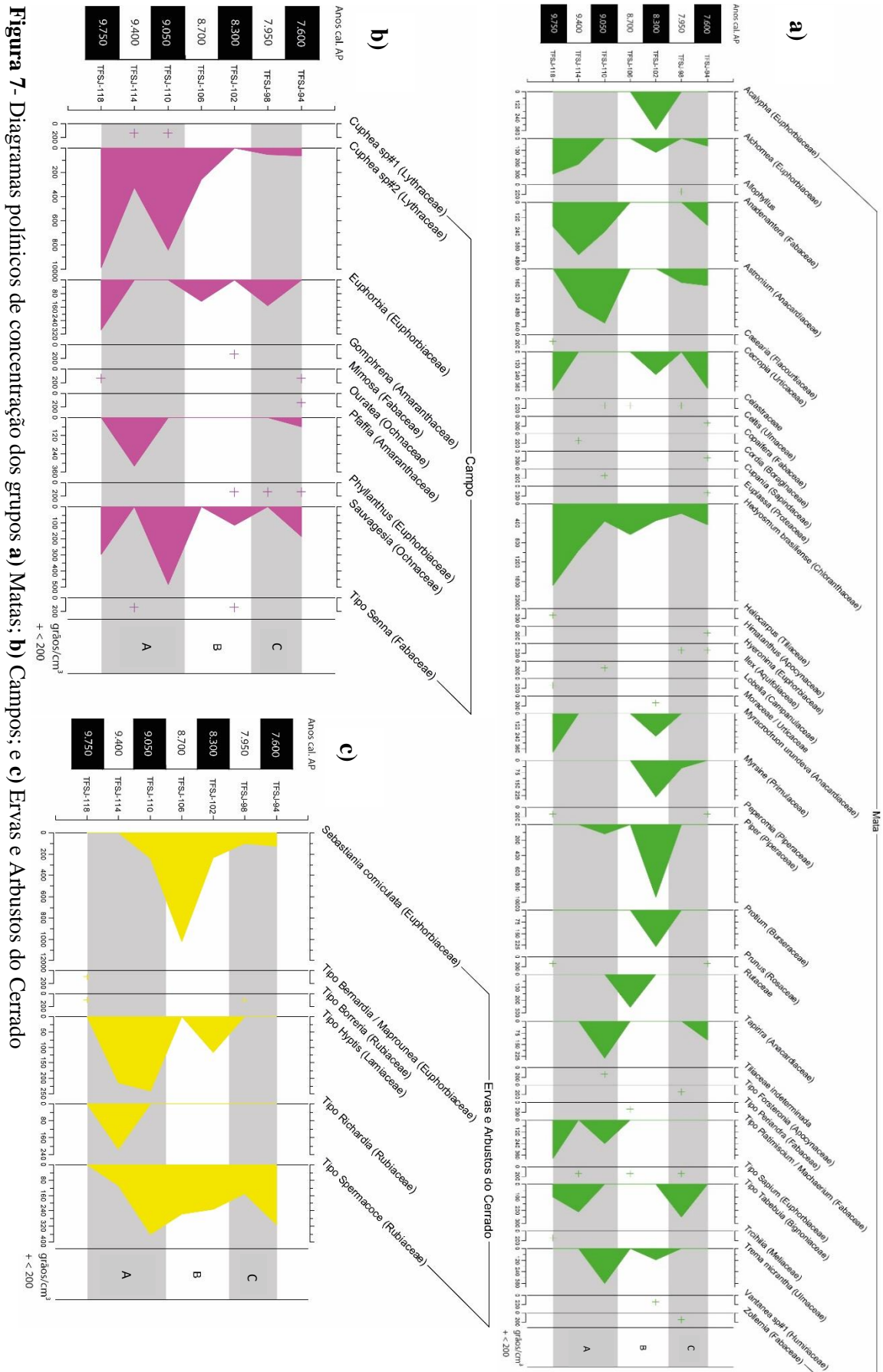


Figura 7- Diagramas polínicos de concentração dos grupos a) Matas; b) Campos; e c) Ervas e Arbustos do Cerrado

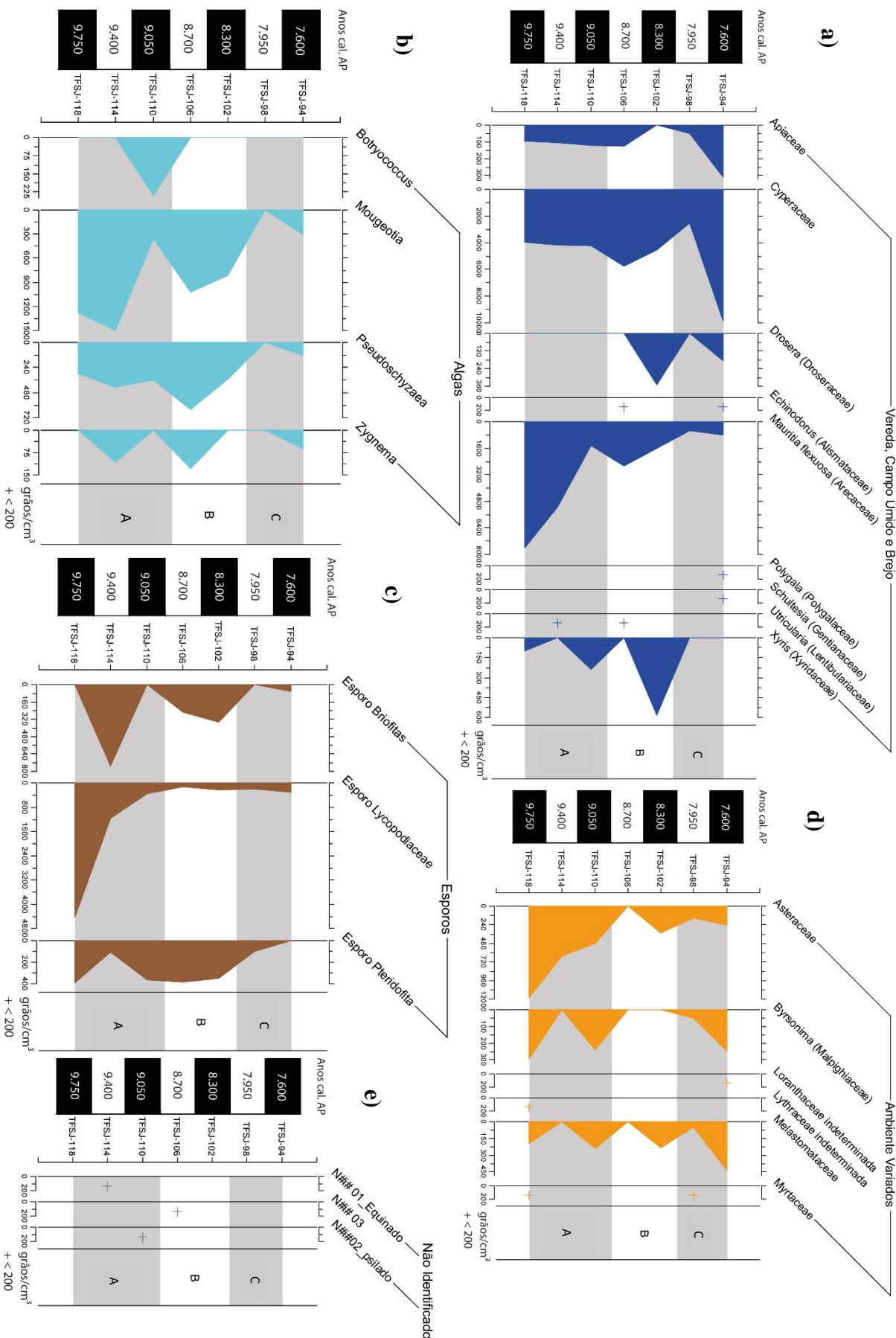
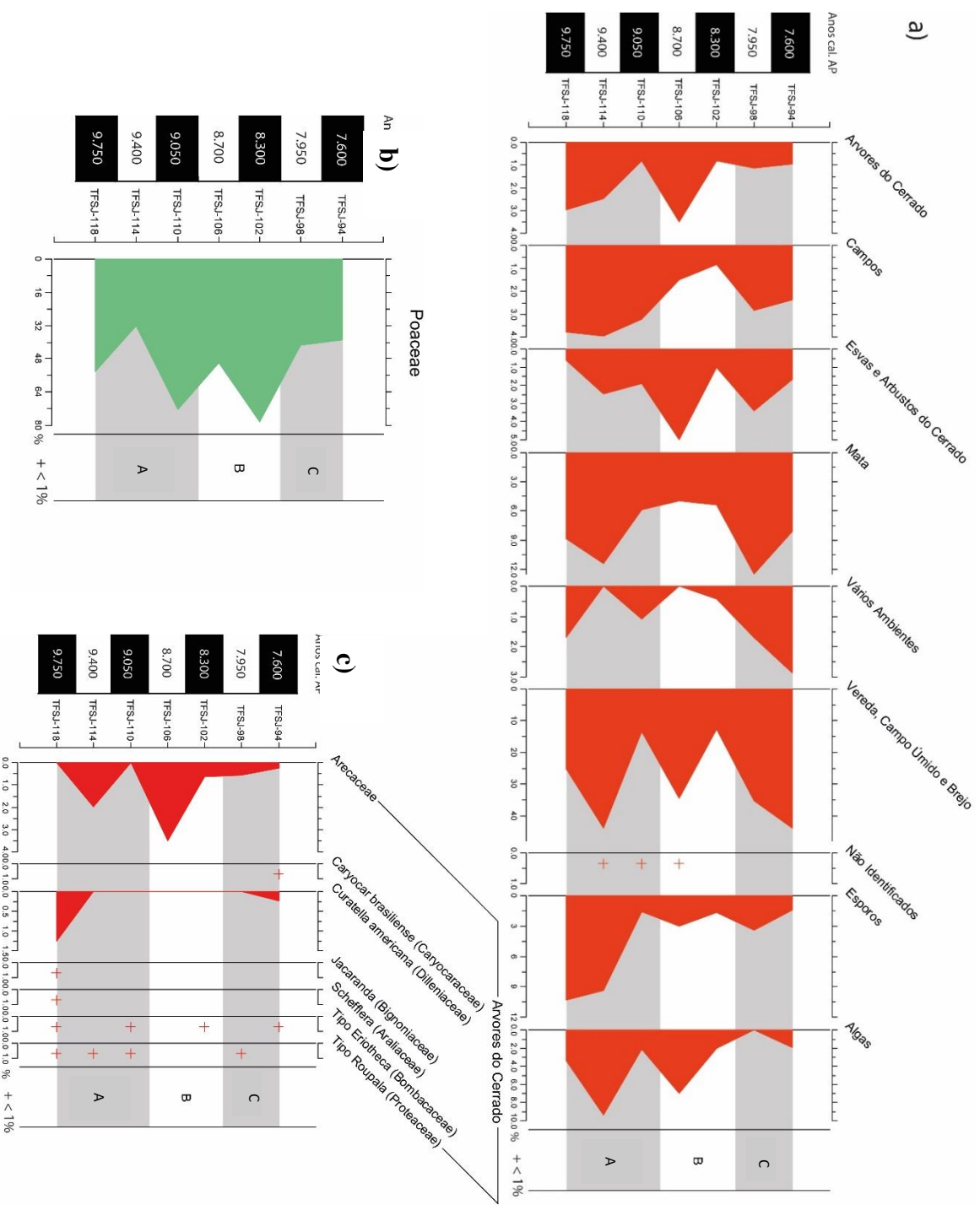


Figura 8 - Diagramas polínicos de concentração dos grupos a) Vereda, Campo Úmido e Brejo; b) Algas; c) Esporos; d) Ambientes Variados e e) Não Identificados

Figura 9 - Diagramas polínicos de porcentagem de a) grupos ecológicos; e dos grupos b) Poaceae e c) Árvores do Cerrado



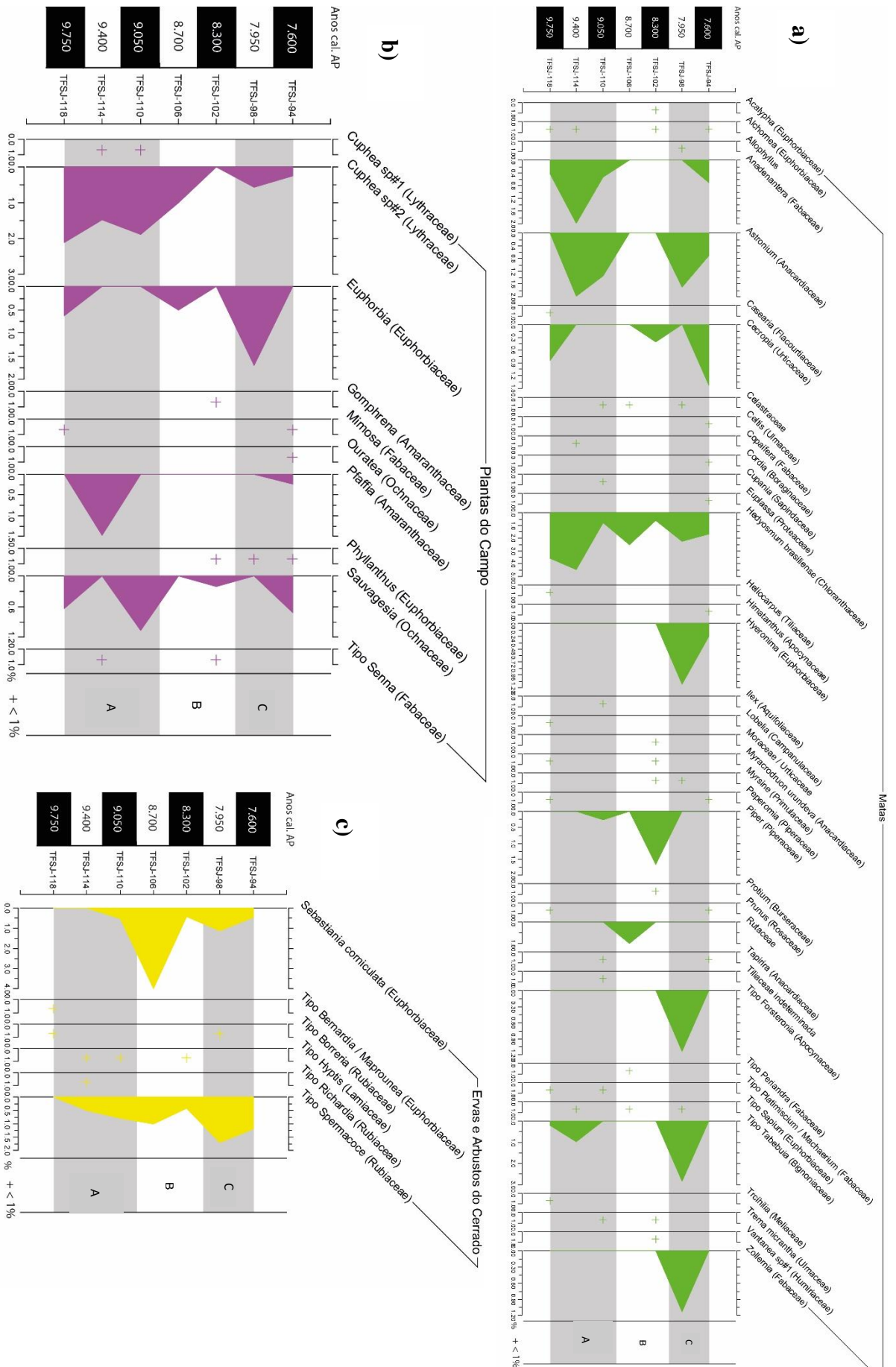


Figura 10- Diagramas polínicos de porcentagem dos grupos a) Matas; b) Campo; c) Ervas e Arbustos do Cerrado.

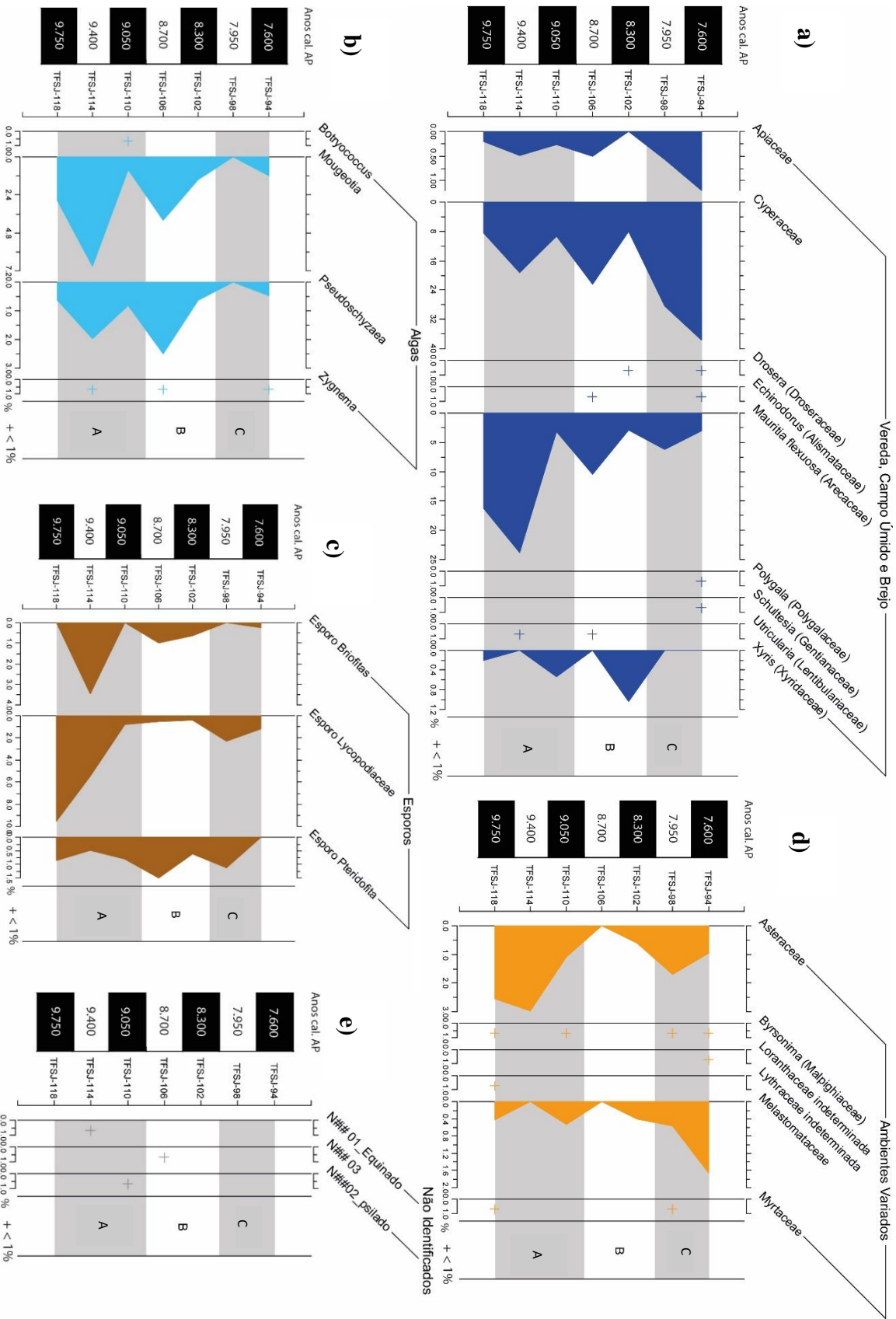


Figura 11 - Diagramas polínicos de porcentagem dos grupos **a)** Vereda, **b)** Campo Úmido e Brejo **b)** Algas; **c)** Esporos; **d)** Ambientes Variados; **e)** Não Identificados

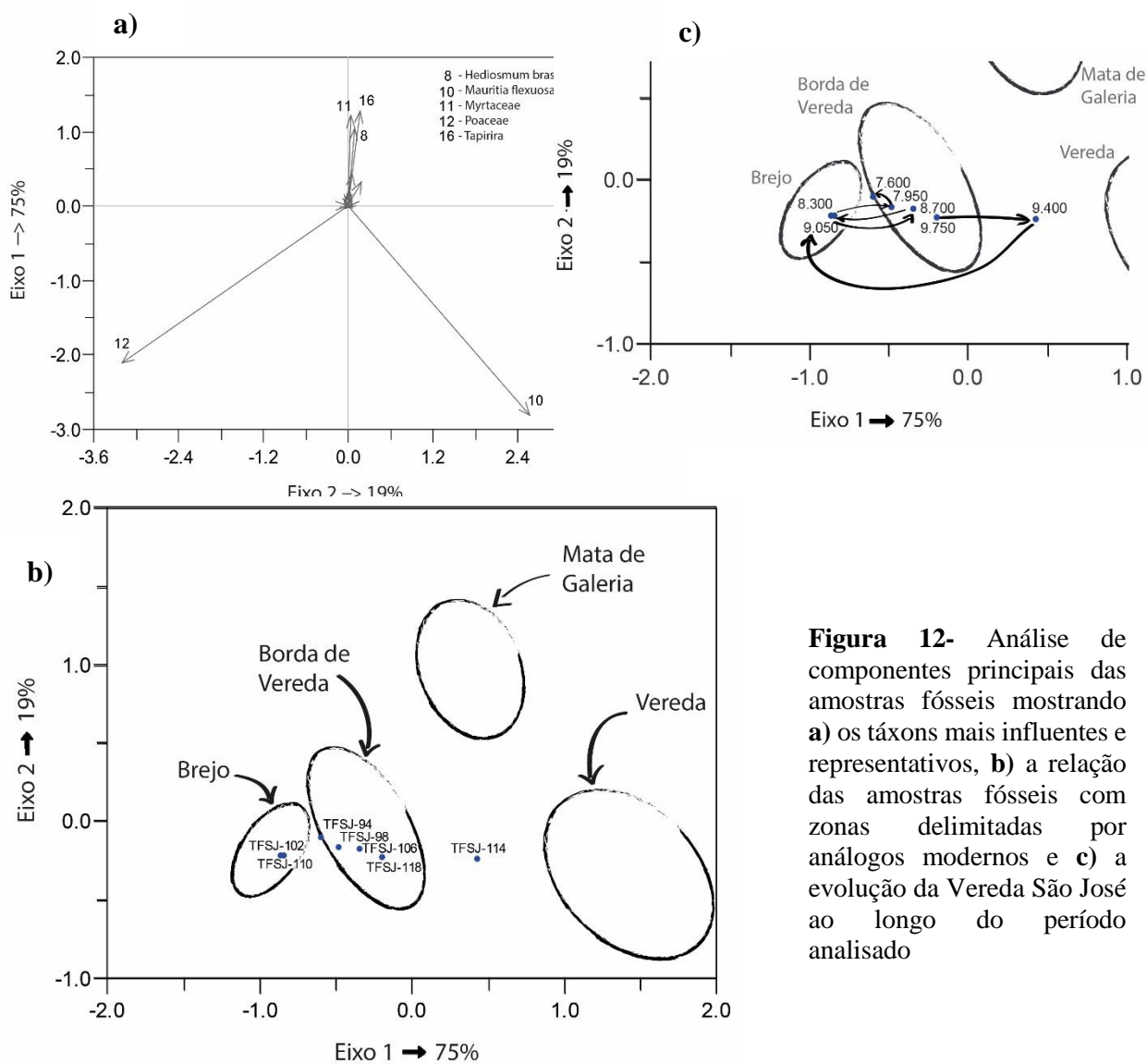


Figura 12- Análise de componentes principais das amostras fósseis mostrando **a)** os táxons mais influentes e representativos, **b)** a relação das amostras fósseis com zonas delimitadas por análogos modernos e **c)** a evolução da Vereda São José ao longo do período analisado

7- DISCUSSÃO

7.1- RECONSTITUIÇÃO PALEOCLIMÁTICA

Com base nas interpretações dos dados trabalhados, é possível traçar uma breve evolução do ambiente que predominava sobre a vereda da Fazenda São José e seus arredores durante a primeira metade do Holoceno. É evidente que no começo deste período, entre 9.750 e 9.400 anos cal AP, o clima predominante era úmido, permitindo o desenvolvimento não só da vereda, mas dos grupos ecológicos em geral. Este intervalo possibilitou a expansão da vereda e o desenvolvimento do buritizal. Após este intervalo, entre 9.400 e 8.700 anos cal AP, a umidade diminui e restringe o desenvolvimento da vereda e do Cerrado no seu entorno. Este intervalo seco influenciaria nos ambientes como Campos e Matas posteriormente na escala cronológica, uma vez que estes ambientes se demonstram mais resistentes a mudanças climáticas. Em um curto intervalo entre 8.700 e 8.300 anos cal AP, houve um ligeiro aumento da umidade local, permitindo novamente a expansão da vereda e do buritizeiro, mas não na mesma proporção do período úmido anterior. Rapidamente esta umidade volta a decair dando espaço a um clima mais seco, responsável pela restrição no desenvolvimento de todos os ambientes listados neste trabalho, caracterizando a metade do Holoceno. Esta evolução está ilustrada na figura 13. No final do período analisado, há aproximadamente 7.600 anos cal AP, a umidade volta a aumentar, mas ainda não o suficiente para a retomada do crescimento da vereda.

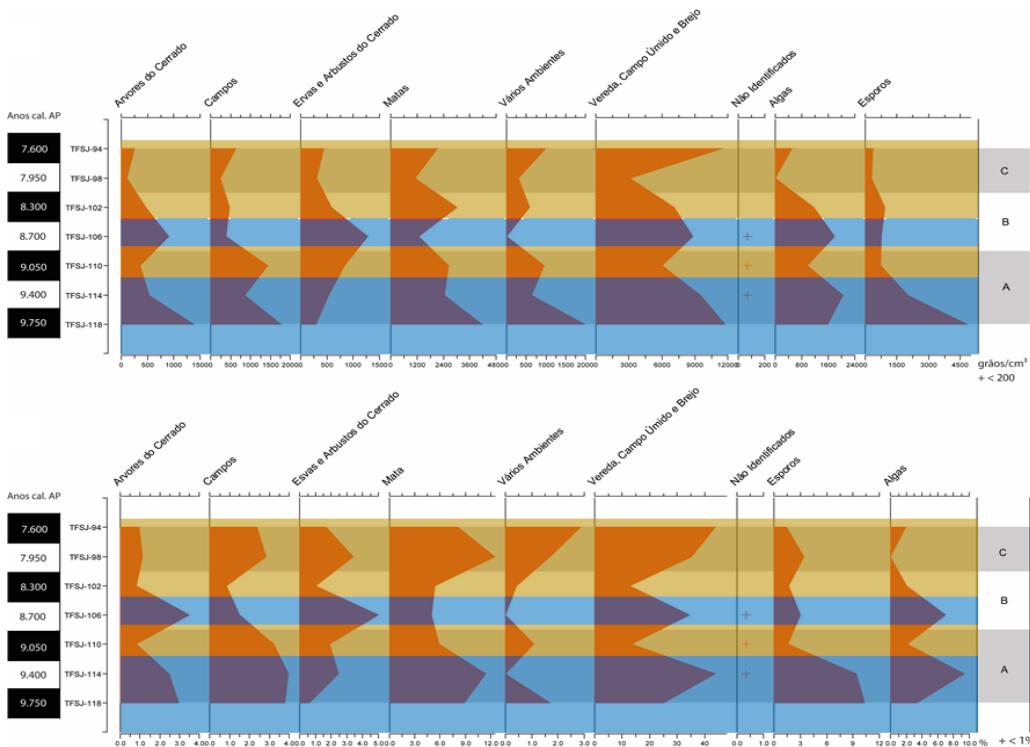


Figura 13: Resumo da evolução climática na vereda São José. As sobreposições em azul correspondem a climas úmidos e as sobreposições em laranja, climas relativamente mais secos.

Traçando um paralelo com o trabalho de Cassino (2014), que descreveu e analisou amostras do mesmo testemunho, é possível observar uma paridade dos dados e das interpretações climáticas da região. Segundo Cassino (2014) a vereda da Fazenda São José foi instalada na região há aproximadamente 14.200 anos cal AP e se desenvolve, devido ao ambiente úmido e favorável, até cerca de 9.400 anos cal AP. Este dado condiz com os resultados deste trabalho, onde observa-se a instalação de um ambiente mais seco a partir desta data. Outro ponto em comum é que no mesmo trabalho, Cassino (2014) identifica a retomada da umidade no final da primeira metade do Holoceno, há 7.600 anos cal AP, que segue até aproximadamente 6.000 anos cal AP. Este dado também é confirmado por este trabalho, em que se observa uma retomada no crescimento de umidade a partir de 7.600 anos cal AP. Contudo, Cassino (2014) considera que em todo o intervalo entre 9.400 e 7.600 anos cal AP, a vereda São José foi submetida a um clima seco e com restrições no desenvolvimento da vereda. Porém, a análise mais detalhada deste período, na qual consiste este trabalho, demonstra um aumento de umidade no intervalo entre 8.700 e 8.300 anos cal AP, que foi responsável por um breve desenvolvimento da vereda e do buritizal, assim como dos demais grupos ecológicos do entorno, como o cerrado, matas e campos. Portanto, é possível dizer que no final da primeira metade do Holoceno houve sim a predominância de um clima mais seco entre 9.400 e 7.600 anos cal AP, mas este período não foi constante, apresentando um breve aumento de umidade entre 8.700 e 8.300 anos cal AP, que possibilitou o desenvolvimento e manutenção da vereda São José.

É de grande aceitação nos trabalhos científicos sobre paleoclimas que a transição Pleistoceno-Holoceno caracterizou-se por um clima seco e se direcionou para um momento de alta umidade entorno dos 9.000 anos cal AP (Meyer *et al.*, 2014 e Barros *et al.*, 2011). Trabalhos como Meyer *et al.* (2014) e Barros *et al.* (2011) compilam dados de diversos estudos e artigos para traçarem de forma mais abrangente a evolução climática no Cerrado brasileiro. Nestas análises, apesar de apresentarem resultados divergentes, demonstram, de forma geral, um período de alta umidade entre 9.900 e 8.000 anos cal AP seguido de um clima bastante seco, que começa próximo aos 8.000 anos cal AP. O fim deste período seco apresenta divergências entre os resultados, indo de 7.000 a 5.000 anos cal AP. Estas variações podem depender de diversos fatores como localidade, diferentes taxas de sedimentação, objeto de estudo e diferentes metodologias. Contudo, de forma geral, todas defendem a presença de um período úmido seguido de uma seca no fim da primeira metade do Holoceno.

Estes resultados reafirmam o discutido neste trabalho (Meyer *et al.*, 2014 e Barros *et al.*, 2011). Porém a presença, na vereda da Fazenda São José, de um intervalo mais seco, próximo a 9.050 anos cal AP, antes do final do período de alta pluviosidade há 8.300 anos cal AP é desconsiderado ou desconhecido em outros estudos. Esta ausência na descrição deste intervalo é compreensível se levado em conta que a escala de tempo trabalhada nestes outros artigos é, normalmente, bem maior que a tratada neste trabalho. O refino e detalhamento deste intervalo revela variações menores de umidade, possibilitando assim, a observação de um pequeno intervalo seco em 9.050 anos cal AP, seguida de um breve aumento na umidade entre 8.700 e 8.300 anos cal AP, sucedido pela volta de um clima relativamente seco até 7.600 anos cal AP.

7.2- O HIATO ARCAICO (ARCHAIC GAP)

É sabido que o clima exerce uma influência forte sobre comunidades e culturas do mundo todo, e na América do Sul, durante o Holoceno, não foi diferente. Tribos indígenas ocupavam o vale do Guaporé na região central do Brasil desde 11.000 anos cal AP. O cerrado se mostrou muito eficiente para povos tradicionais pela fauna e flora diversificada que oferece alimento, além de abrigos naturais e um clima sem excessos de variação (Barbosa e Schmitz, 2008). Contudo se a cultura é desestruturada por mudanças no clima e, principalmente, na umidade, tribos formadas essencialmente por caçadores e coletores eram obrigadas a mudar de região em busca de novas fontes de alimento e moradia (Barbosa e Schmitz, 2008). Aparentemente foi o que ocorreu a partir de 8.000 anos cal AP, em um evento denominado Hiato Arcaico ou *Archaic Gap* (Araujo *et al.*, 2005).

O Hiato Arcaico foi identificado a partir de estudos em sítios arqueológicos na região de Lagoa Santa, Minas Gerais (Araujo *et al.*, 2005). Esta região situa-se a cerca de 300 Km ao sul da Fazenda São José, onde foi coletado o testemunho a que este trabalho se refere, e fica na região norte do mesmo estado. Contudo, comparando com outros indícios de abandono de terras, não só na região de Lagoa Santa, é coerente que se faça um paralelo com as mudanças climáticas observadas no entorno da vereda São José.

No trabalho de Araujo *et al.* (2005), foi feita uma compilação de diversos dados arqueológico em paralelo com dados palinológicos para uma relação das mudanças climáticas com a ocupação dos espaços pelas tribos pré-históricas. Os autores mostram que diversos sítios arqueológicos apresentam resultados semelhantes quanto à desocupação de terras, se

encaixando no mesmo fenômeno de Hiato Arcaico, no final da primeira metade do Holoceno. Lugares como Santana do Riacho, Lapa do Boquete, Lapa do Dragão, Lapa Pequena, Lapa do Varal, Boqueira do Soberbo, Barreirinho e outros, todas localizadas no estado de Minas Gerais, sofreram um abandono regional de povos indígenas entre 10.000 e 6.700 anos cal AP. A maioria dos sítios demonstram uma redução de atividades humanas há aproximadamente 8.000 e 7.500 anos cal AP, ponto em que os indícios deste trabalho apontam a implantação de um clima seco.

No gráfico da figura 14, retirada de Araujo *et al.* (2005), pode-se observar o resultado da compilação de dados arqueológicos em Lagoa Santa, demonstrando as idades de esqueletos humanos encontrados no local. É possível perceber nitidamente dois picos no gráfico concentrados ente 11.380 e 8.970 anos cal AP e entre 1.940 e 940 anos cal AP (Araujo *et al.*, 2005). As idades do gráfico estão demonstradas em anos C¹⁴ AP, o que infere em uma pequena variação para anos cal AP, expressas neste parágrafo. Os esqueletos sugerem uma ocupação humana no local, e o pico máximo foi há aproximadamente 9.000 ano cal AP, quando os dados deste trabalho indicam o período mais úmido na vereda São José. A partir deste ponto nenhum registro de ocupação humana foi encontrado no local, até 1.940 anos cal AP, quando humanos voltam a se alocar na região, com a provável retomada do clima úmido.

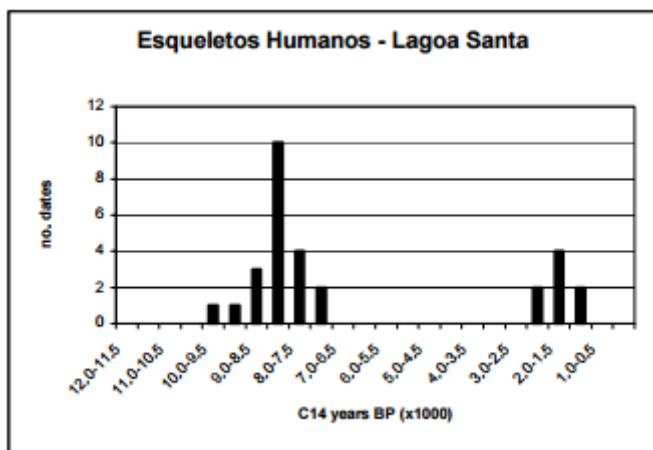


Figura 14- Frequência de esqueletos humanos encontrados em Lagoa Santa e suas respectivas idades ¹⁴C. Retirado de Araujo *et al.* 2005.

O ponto em que foi encontrado o maior número de esqueletos humanos, a aproximadamente 9.000 anos cal AP (fig. 14), coincide com o intervalo mais úmido tratado neste trabalho, que vai de 9.750 e 9.400 anos cal AP, e depois decresce gradualmente. Da mesma forma, o intervalo que se apresenta sem registros humanos, a partir de 8.970 anos cal AP, também é comparável com os dados obtidos pelos diagramas polínicos deste trabalho, que demonstra um clima seco a partir de 8.300 anos cal AP. Portanto este trabalho pode reafirmar que o abandono de regiões do Cerrado no centro e sudeste do Brasil por tribos indígenas pode

sim ter sido ocasionado pela predominância de um clima seco na metade do Holoceno que, provavelmente, se estendeu por mais milhares de anos. Além disso, é coerente afirmar que a região da vereda da Fazenda São José esteve submetida às mesmas variações climáticas que caracterizaram o evento, aqui chamado, de Hiato Arcaico, ou *Archaic Gap*.

8- CONCLUSÃO

Mudanças climáticas acontecem ao longo de todo o planeta, mesmo antes da presença do ser humano na Terra. Índícios sobre mudanças do clima antigo podem ficar preservados em sedimentos, rochas e até em camadas de gelo. Os palinomorfos preservados nos sedimentos são capazes de demonstrar mudanças na vegetação e com isso podemos inferir no clima que predominava naquela determinada região. Portanto, através das análises palinológicas do testemunho da Fazenda São José, podemos concluir o seguinte:

- Houve um período de intensa umidade que permitiu a expansão da vereda São José e o desenvolvimento do buritizal entre 9.750 e 9.400 anos cal AP.
- Um breve período de seca foi registrado há aproximadamente 9.050 anos cal AP, que restringiu o desenvolvimento do buritizal e causou um recuo temporário da vereda. Outros grupos ecológicos também sofreram influencia deste período e tiveram seus desenvolvimentos restringidos.
- Uma breve retomada na umidade pode ser observada entre 8.700 e 8.300 anos cal AP, causando a retomada do desenvolvimento da vereda e do buritizal, assim como outros grupos ecológicos do entorno.
- O ambiente de vereda, assim como algumas espécies do Cerrado, demonstra-se mais sensíveis às mudanças climáticas, sofrendo alterações da vegetação antes de outros grupos ecológicos como campos e matas, que respondem ao estresse climático de forma mais tardia.
- Após 8.300 anos cal AP a umidade cai bastante permitindo a implementação de um clima seco na região. Esta baixa na umidade causou restrições no desenvolvimento de todos os grupos ecológicos analisados neste trabalho há 7.950 anos cal AP.
- Há aproximadamente 7.600 anos cal AP, a umidade parece retomar valores relativamente mais altos, mas não o bastante para o desenvolvimento da vereda São José.

- Trabalhos de reconstituição paleoambiental que foram comparados com este, demonstram a tomada do clima seco na região há cerca de 8.000 anos cal AP. Contudo, este trabalho demonstrou uma breve retomada da umidade antes deste ponto, há 8.700 anos cal AP, que não consta em outros trabalhos.
- O período de seca que começa entorno de 8.300 anos cal AP na região da Fazenda São José corresponde também ao fenômeno conhecido como Hiato Arcaico ou *Archaic Gap*.
- O abandono de terras por tribos indígenas no Cerrado brasileiro, durante o Hiato Arcaico, teve como uma das possíveis causas a implementação do clima seco, que forçou grupos a se deslocarem em busca de alimento e melhores condições climáticas.

De forma geral, este trabalho apresenta resultados mais detalhados de um período já classificado como seco por outros autores. As informações contidas nas análises polínicas e nos diagramas, contribuem para um entendimento mais amplo sobre o desenvolvimento do clima no Brasil e do Cerrado frente às mudanças climáticas. Essa relação entre clima e vegetação já é bastante coerente, mas estudos mais detalhados mostrando as peculiaridades destas relações ainda têm muito o que caminhar. Entender climas antigos do nosso ecossistema e sua atuação sobre culturas e vegetação, nos ajuda a compreender o clima atual e suas mudanças. Portanto a importância de trabalhos como este é entender melhor a dinâmica do clima terrestre e as possíveis consequências que uma mudança climática pode nos trazer no futuro.

9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

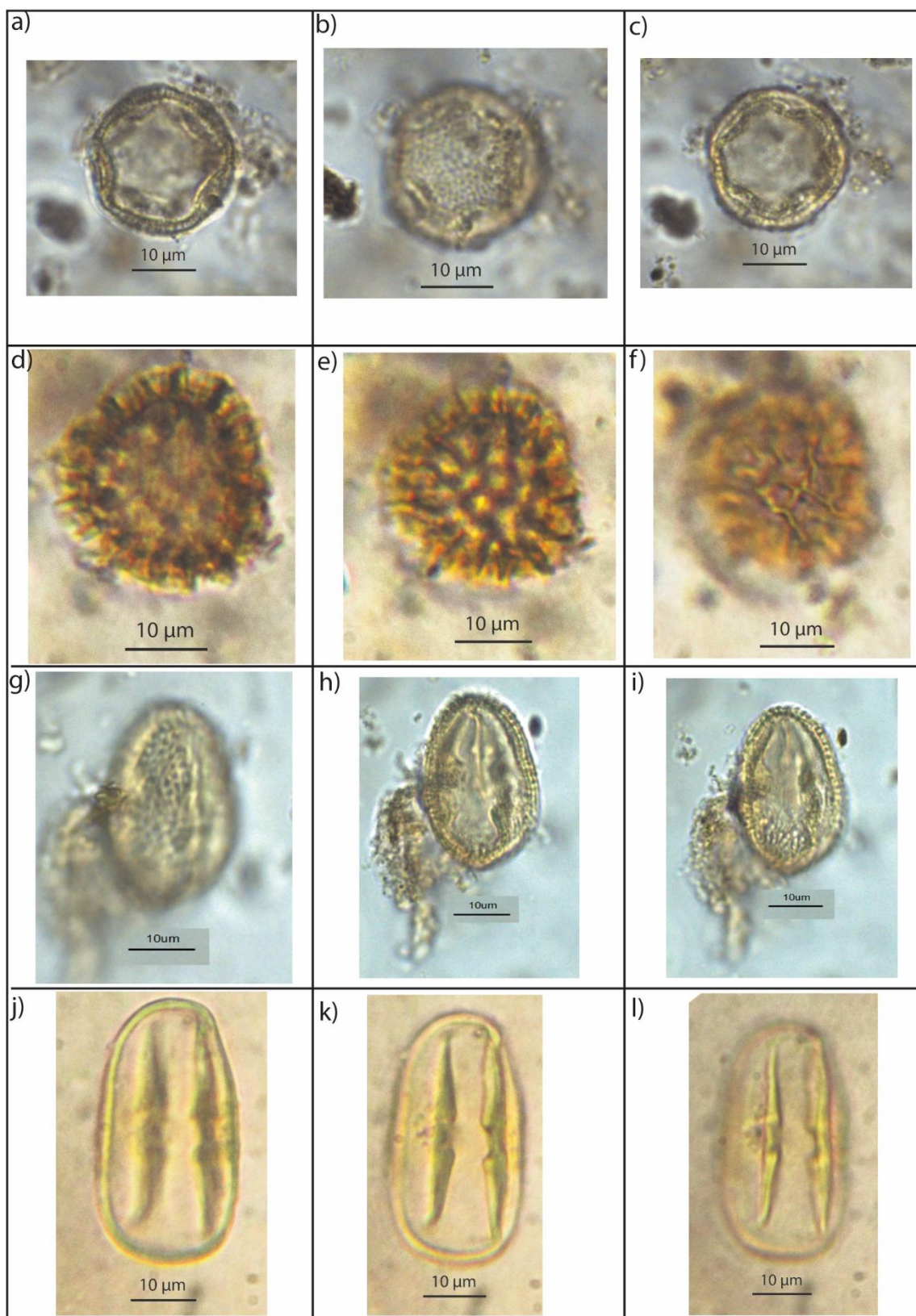
- Araujo A. G. M., Neves W. A., Pilo L. B. (2004) Holocene dryness and human occupation in Brazil during the “Archaic Gap”. *Quaternary Research* 64 (2005) 298 – 307
- Barbosa A. S., Schmitz P. I. 2008. Ocupação Indígena do Cerrado: Esboço de uma história. In Sano S. M., Almeida S. P., Ribeiro J. F. (ed) *Cerrado, Ecologia e Flora*. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica.
- Barros L. F. P. B., Lavarini C., Lima L. S., Júnior A. P. M. 2011. Síntese dos cenários paleobioclimáticos do Quaternário tardio em Minas Gerais/ sudeste do Brasil. *Soc. nat.* vol.23 no.3 Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132011000300001>
- Bush, M.B. and Weng, M.B. 2006. Introducing a new (freeware) tool for palynology. *Journal of Biogeography* 34: 377-380
- Cassino R. F. 2014. *Reconstituição Paleoambiental da Região dos Cerrados do Norte de Minas Gerais Baseado na Análise Palinológica de Sedimentos de Veredas e na Comparação com Conjuntos Polínicos Atuais*. Instituto de Geociências – IG, Universidade de Brasília – UNB, Brasília, Tese de Doutorado.
- Guimarães S. W. F. 2011. Ocupação Caçadora e Coletora no Planalto Central Brasileiro. *Revista Tecnologia e Ambiente, Dossiê Arqueologia, Ambiente e Patrimônio*, v. 17, 2011, Criciúma, Santa Catarina. ISSN 1413-8131
- Henriques, R. P. B. 2005. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma do Cerrado. In Scariot A., Sousa-Silva J. C., Felfili J. M. (ed) *Cerrado: Ecologia Biodiversidade e Conservação*. Brasília
- Juggins S., 2014, Steve Juggins web pages at Newcastle University, <https://www.staff.ncl.ac.uk/stephen.juggins/software/C2Home.htm>
- Kipnis R. e Scheel-Ybert R., 2005, Arqueologia e Paleoambiente, p 52-74, in: Souza C. R. G., Suguio K., Oliveira A. M. S., Oliveira P. E. 2005. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário Holos Editora, 378p.
- Ledru M. P. 2002. Late Quaternary History and Evolution of Cerrados as Revealed by Palynological Records. In Oliveira P. S., Marquis R. J. M. (ed) *The Cerrados of Brazil*. Columbia University Press.
- Marchioretto M. S., Miotto S. T. S., Siqueira J. C. 2010. O Gênero *Pfaffia* Mart. (Amaranthaceae) no Brasil. *Hoehnea* 37(3): 461-511, 20 fig.
- Meyer K. E. B., Cassino R. F. C., Lorente F. L. L., Raczka M., Parizzi M. G. 2014. Paleoclima e Paleoambiente do Cerrado Durante o Quaternário com Base em Análises Palinológicas. In Carvalho I. S., Garcia M. J., Lana C. C., Strohschoen Jr. O. (ed) *Paleontologia: Cenário de Vida – Paleoclimas*, vol-5. Rio de Janeiro: Interciência.
- Myunhoz C. B. R., Eugênio C. U. O., Oliveira R. C. 2011. *Vereda: guia de campo*. Brasília. Rede de Sementes do Cerrado. 224 p.
- Rull V. 2003. An Illustrated Key for the Identification of Pollen from Pantepui and the Gran Sabana (Eastern Venezuelan Guayana). Dep. Biología Animal, Vegetal i Ecología Univ. Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona Spain.
- Salgado-Laboriau A. L. 2007. *Crítérios e técnicas para o Quaternário*. São Paulo. Edgard blucher. ISBN 85-212-0387-X
- Salgado-Laboriau M. L. 1973. *Contribuição à Palinologia dos Cerrados*. Academia Brasileira de Geociências.
- Salgado-Laboriau M. L. 2005. Alguns Aspectos Sobre a Paleoecologia dos Cerrados. In Scariot A., Sousa-Silva J. C., Felfili J. M. (ed) *Cerrado: Ecologia Biodiversidade e Conservação*. Brasília
- Sano S. M., Almeida S. P., Ribeiro J. F. 2008. *Cerrado, Ecologia e Flora*. Vol-2. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica.

- Silva F. A. M., Assad E. D., Evangelista B. A. 2008. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In Sano S. M., Almeida S. P., Ribeiro J. F. (ed) *Cerrado, Ecologia e Flora*. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica.
- Souza C. R. G., Suguio K., Oliveira A. M. S., Oliveira P. E. 2005. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário Holos Editora. 382p
- Suguio K. 2010. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos

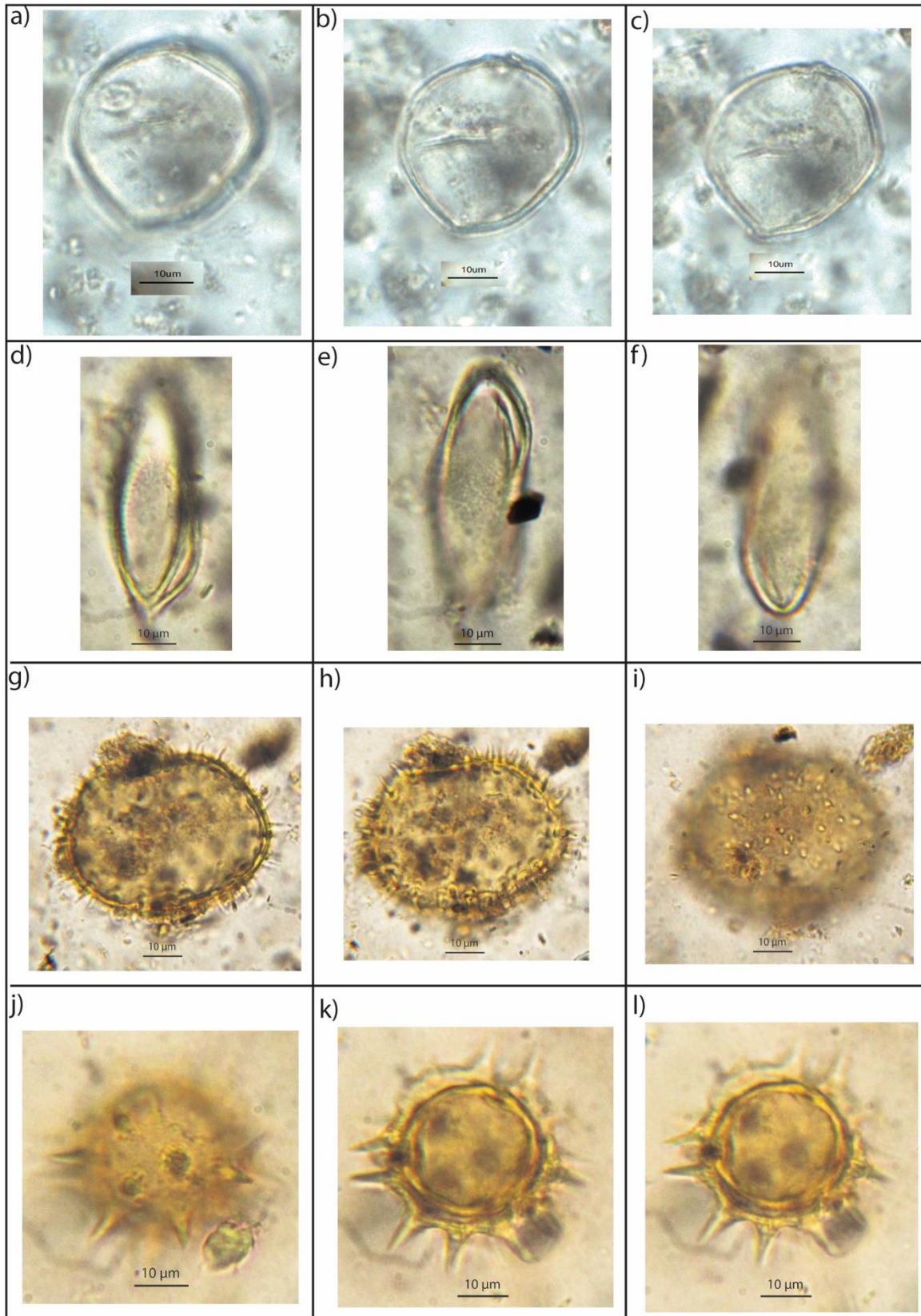
10- ANEXOS

CLASSIFICAÇÃO	VEGETAÇÃO	HABITO	GRUPO ECOLÓGICO
Alchornea (Euphorbiaceae)	Mata	Arvore	Mata
Allophyllus (Sapindaceae)	Mata	Arvore	Mata
Anadenanthera (Fabaceae)	Mata/Cerrado	Arbusto/ Arvore	Mata
Apiaceae	Aquatica/ vereda/ brejo/ cerrado/ campo	erva	Vereda, Campo Úmido e Brejo
Arecaceae	cerrado/ vereda/ campos/ mata ...	arvore/ palmeira	Arvores do Cerrado
Asteraceae	varios	varios	Ambientes Variados
Byrsonima (Malpighiaceae)	Cerrado/ Matas/ Campos	Arvore/arbusto	Ambientes Variados
Celastraceae	Mata	Arvore/ arbusto	Mata
Copaifera (Fabaceae)	Mata/ campo/ cerrado	Arbusto/ Arvore	Mata
Cuphea sp.1 (Lythraceae)	Campos/ cerrado/ mata	Erva/ subarbusto	Campo
Cuphea sp.2 (Lythraceae)	Campos/ cerrado/ mata	Erva/ subarbusto	Campo
Cyperaceae	Varios	erva	Vereda, Campo Úmido e Brejo
Echinodorus (Alismataceae)	vegetação aquatica	erva	Vereda, Campo Úmido e Brejo
Euphorbia (Euphorbiaceae)	Campos/ mata/ Brejo	erva	Campo
Hedyosmum brasiliense (Chloranthaceae)	Mata	Arvore	Mata
Hyeronima (Euphorbiaceae)	Mata	Arvore	Mata
Mauritia flexuosa (Arecaceae)	vereda	arvore	Vereda, Campo Úmido e Brejo
Melastomataceae	campo/ mata/ vereda/ brejo	arbusto/ erva/ arvore	Vereda, Campo Úmido e Brejo
Myrsine (Primulaceae)	campo/ cerrado/ mata	Arbusto/ Arvore	Mata
Myrtaceae	campo/ cerrado/ mata	arvore/ arbusto	Ambientes Variados
Pfaffia (Amaranthaceae)	Campo	Subarbusto/ erva	Campo
Phyllanthus (Euphorbiaceae)	Campos rupestre e umido/ mata/ vereda	Arbusto/ Erva	Campo
Rutaceae	Mata/ cerrado	arbusto/ arvore	Mata
Sebastiania corniculata (Euphorbiaceae)	cerrado	Arbusto	Ervas e Arbustos do Cerrado
Astronium (Anacardiaceae)	Mata/ cerrado	arvore	Mata
Tipo Borreria (Rubiaceae)	Campos/ Cerrado/ Vereda/ mata	Erva/subarbusto	Ervas e Arbustos do Cerrado
Tipo Forsteronia (Apocynaceae)	Mata	trepadeira	Mata
Tipo Hyptis (Lamiaceae)	Campos/ Cerrado	Subarbusto/ Erva/ Arbusto	Ervas e Arbustos do Cerrado
Tipo Periandra (Fabaceae)	Mata/ cerrado	trepadeira	Mata
Tipo Richardia (Rubiaceae)	Cerrado/ Campos/ Mata	Erva/ subarbusto	Ervas e Arbustos do Cerrado
Tipo Roupala (Proteaceae)	Mata/Cerrado	Arvore/Arbusto	Arvores do Cerrado
Tipo Sapium (Euphorbiaceae)	Mata/Cerrado	Arbusto/ arvore	Mata
Tipo Senna (Fabaceae)	Campos/ mata	Arbusto/ arvore/ erva	Campo
Tipo Spermaceae (Rubiaceae)	Campo/ Mata/ Cerrado	Erva	Ervas e Arbustos do Cerrado
Tipo Tabebuia (Bignoniaceae)	Mata	Arvore	Mata
Utricularia (Lentibulariaceae)	campo umido/ brejo/ vereda	erva	Vereda, Campo Úmido e Brejo
Zollernia (Fabaceae)	Mata	Arvore	Mata
Poaceae			Poaceae
N.i. 01_Equinado			Não Identificado
N.i. 03			Não Identificado
Licopodiaceae			Esporos
Briofitas			Esporos
Pteridofitas			Esporos
Mougeoteae			Algas
Pseudoschyzeae			Algas
Zygnemataceae			Algas

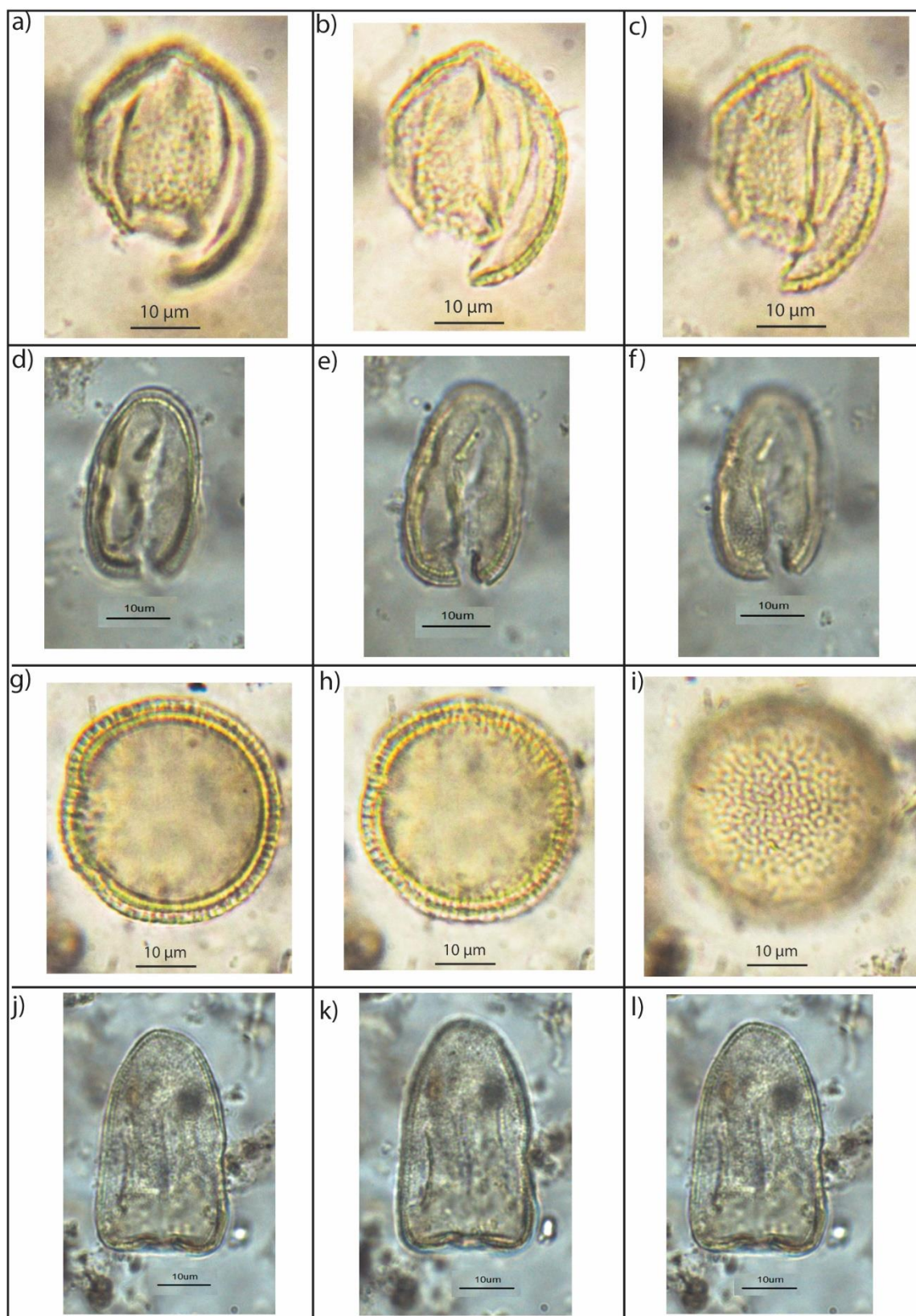
Tabela 1- Táxons das amostras TFSJ-114, TFSJ-106 e TFSJ-98 identificados e agrupados em Grupos Ecológicos



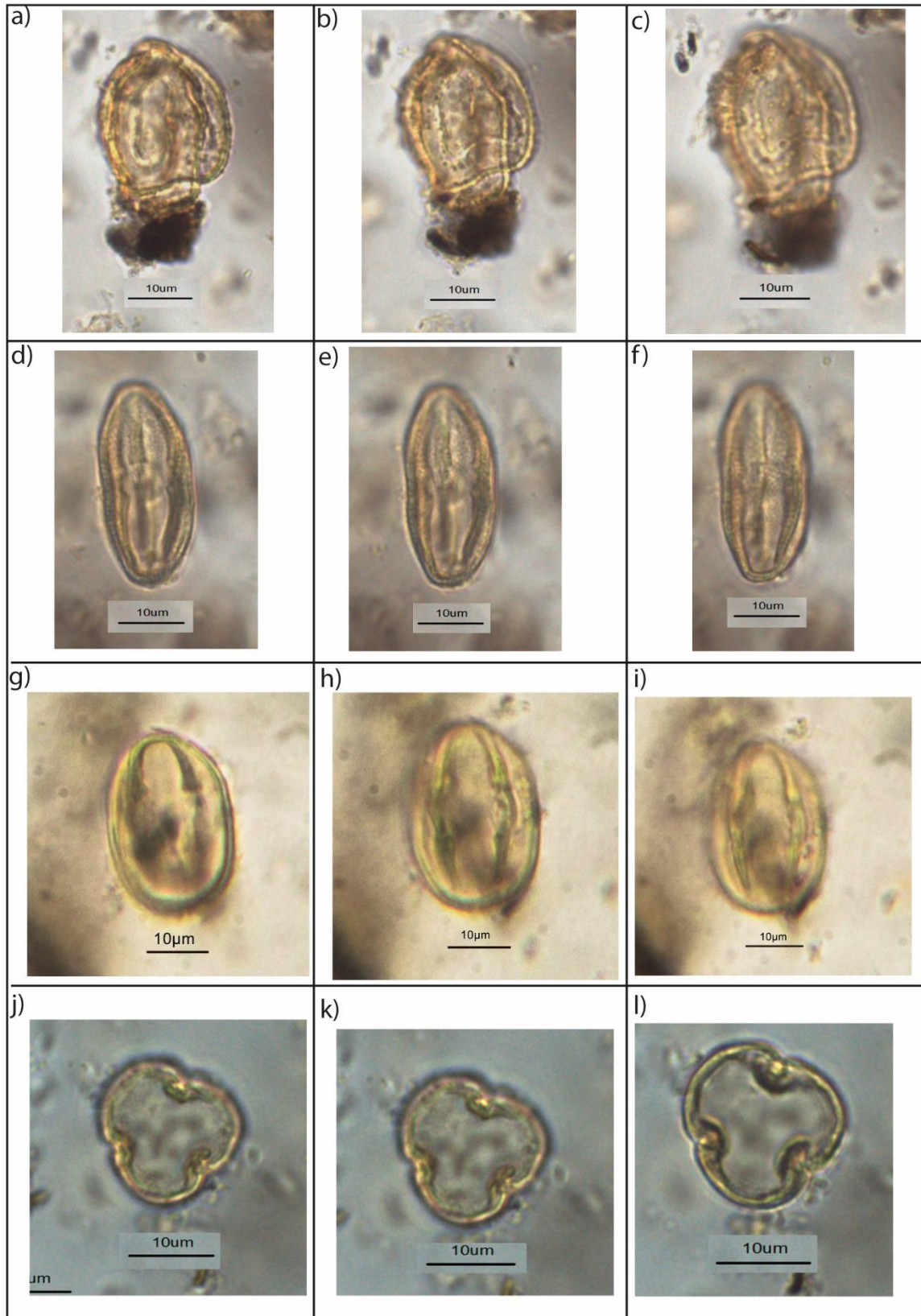
Estampa 1- a-c) Alismataceae: *Echinodorus*; d-f) Amaranthaceae: *Puffia*; g-i) Anacardiaceae: *Astronium*; j-l) Apiaceae



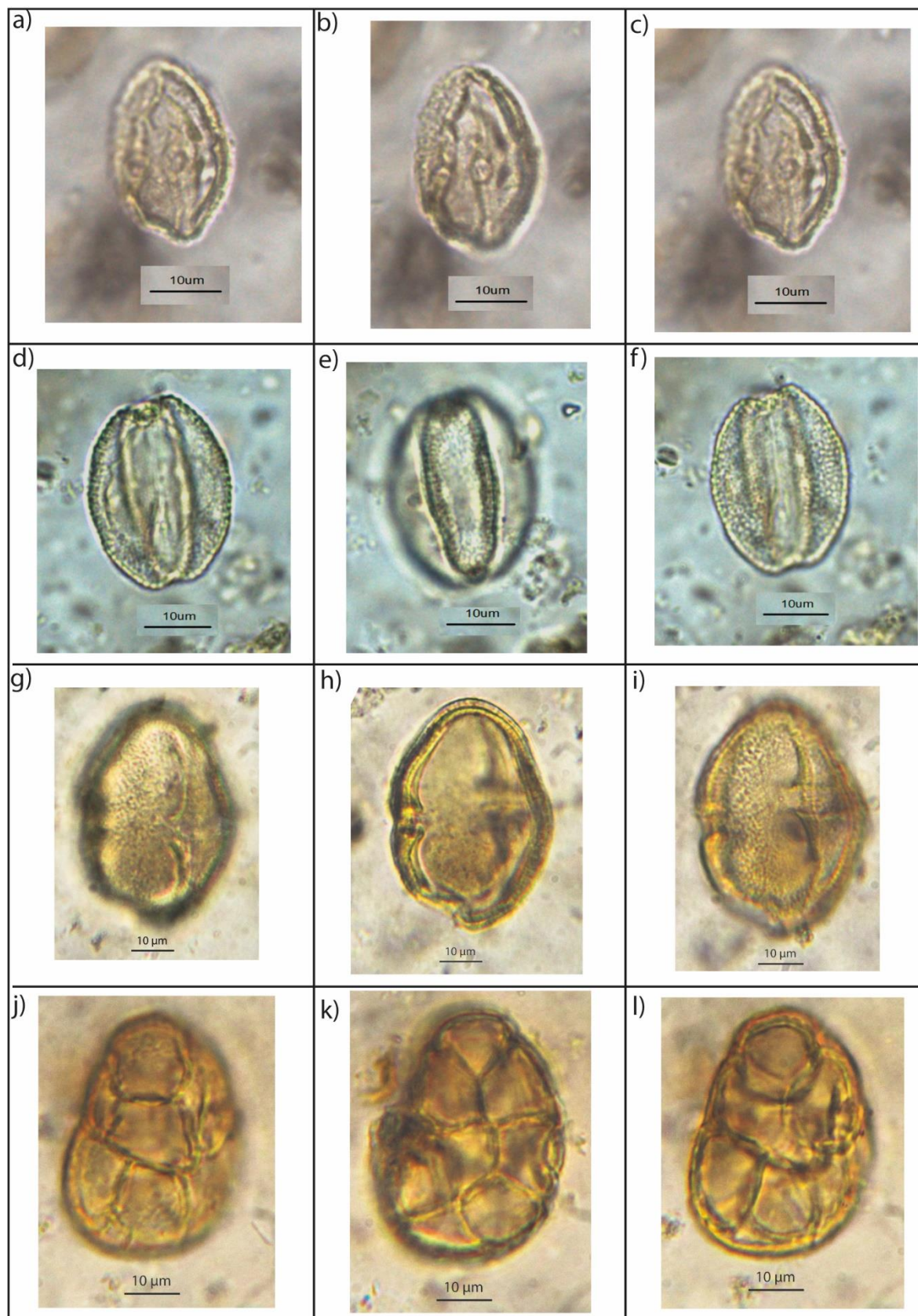
Estampa 2- a-c) Apocynaceae: *Forsteronia*; d-f) Arecaceae; g-i) Arecaceae: *Mauritia flexuosa*; j-l) Asteraceae



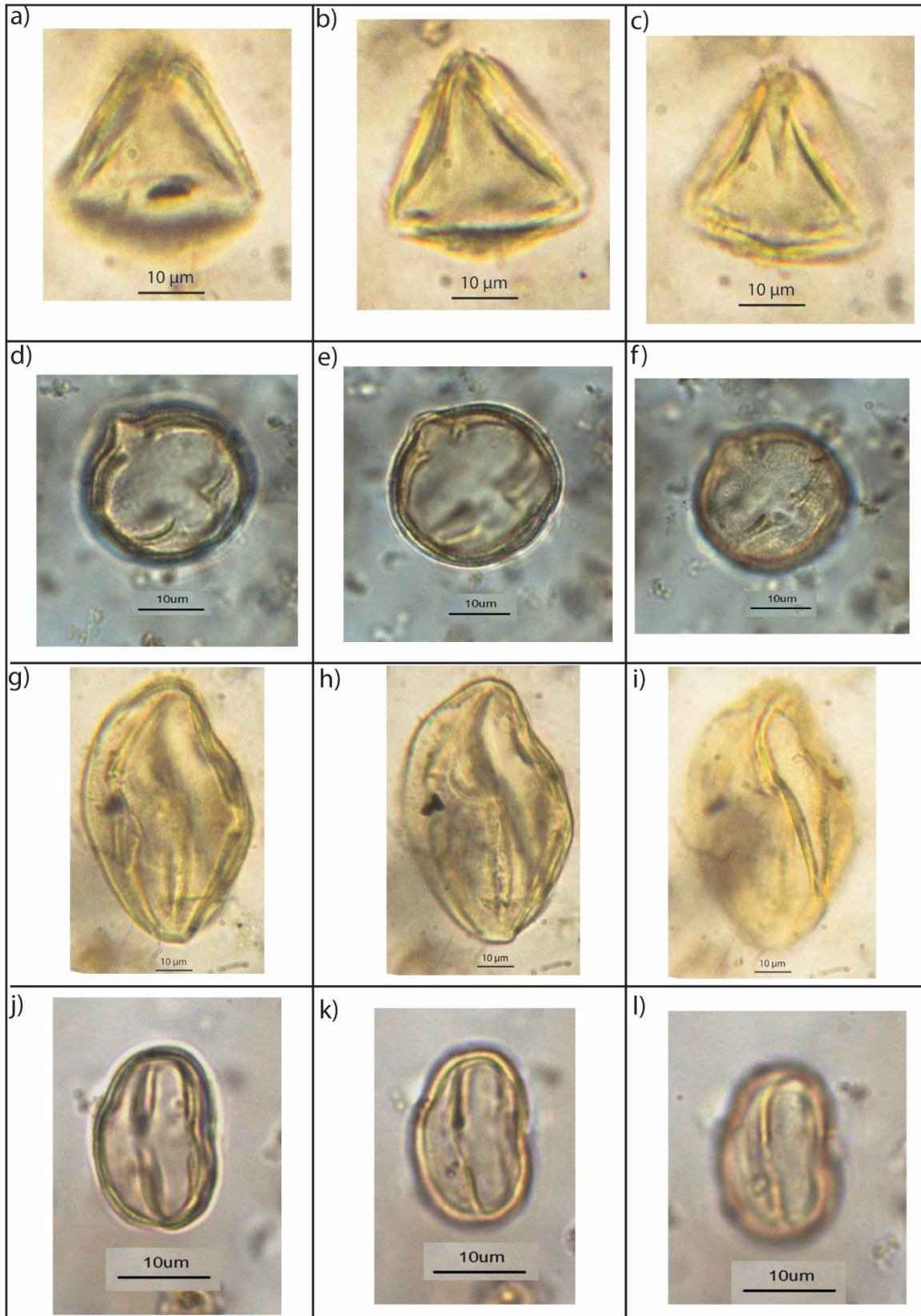
Estampa 3- a-c) Bignoniaceae: *Tabebuia*; d-f) Celastraceae; g-i) Cloranthaceae: *Hedyosmum brasiliense*; j-l) Cyperaceae



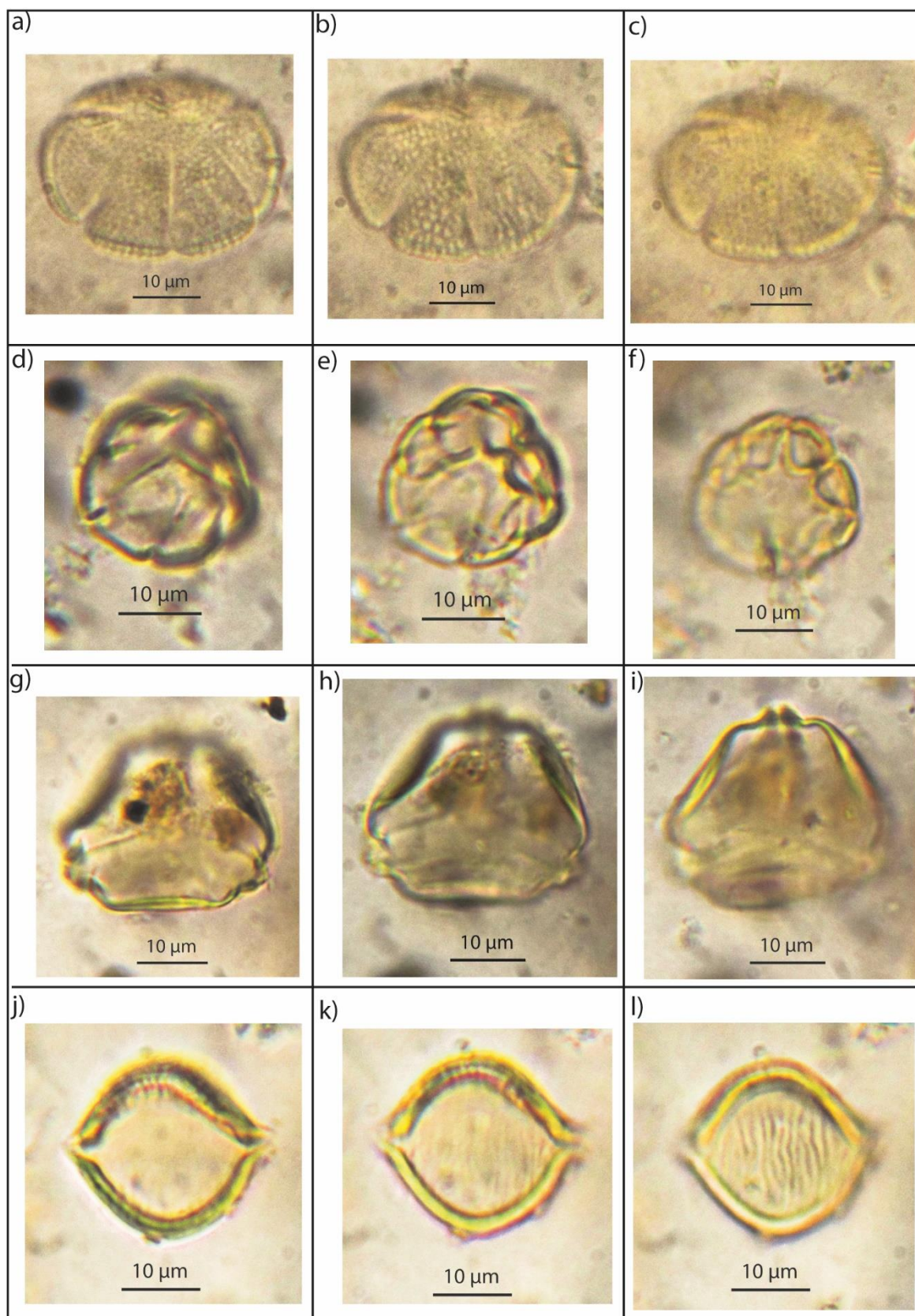
Estampa 4- a-c) Eriocaulaceae; d-f) Euphorbiaceae: *Hyeronima*, g-i); Euphorbiaceae: *Alchornea*, j-l) Euphorbiaceae: *Euphorbia*



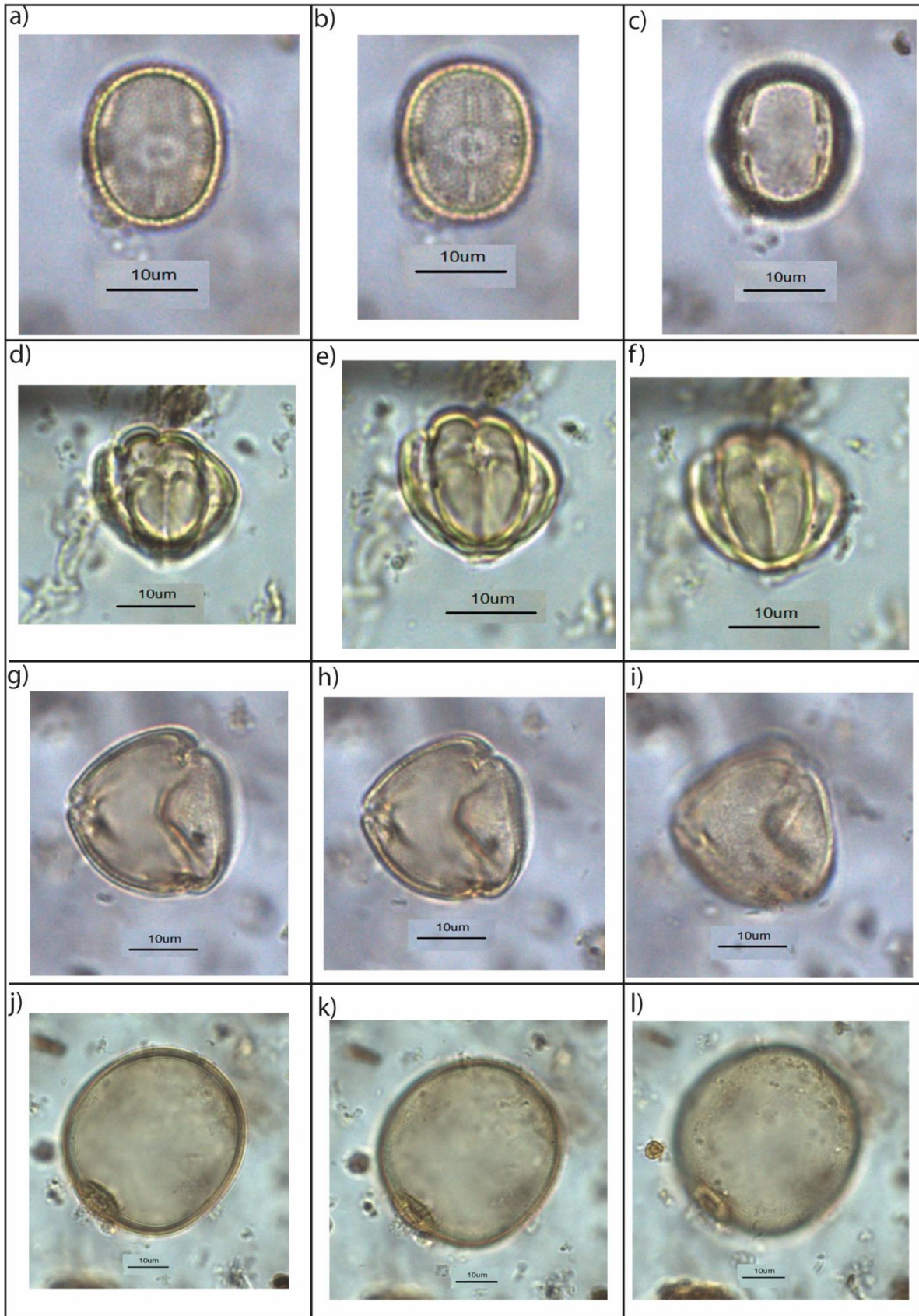
Estampa 5- a-c) Euphorbiaceae: *Phyllanthus*, d-f) Euphorbiaceae: *Sebastiania corniculata*; g-i) Euphorbiaceae: *Sapium*; j-l) Fabaceae: *Anadenatera*



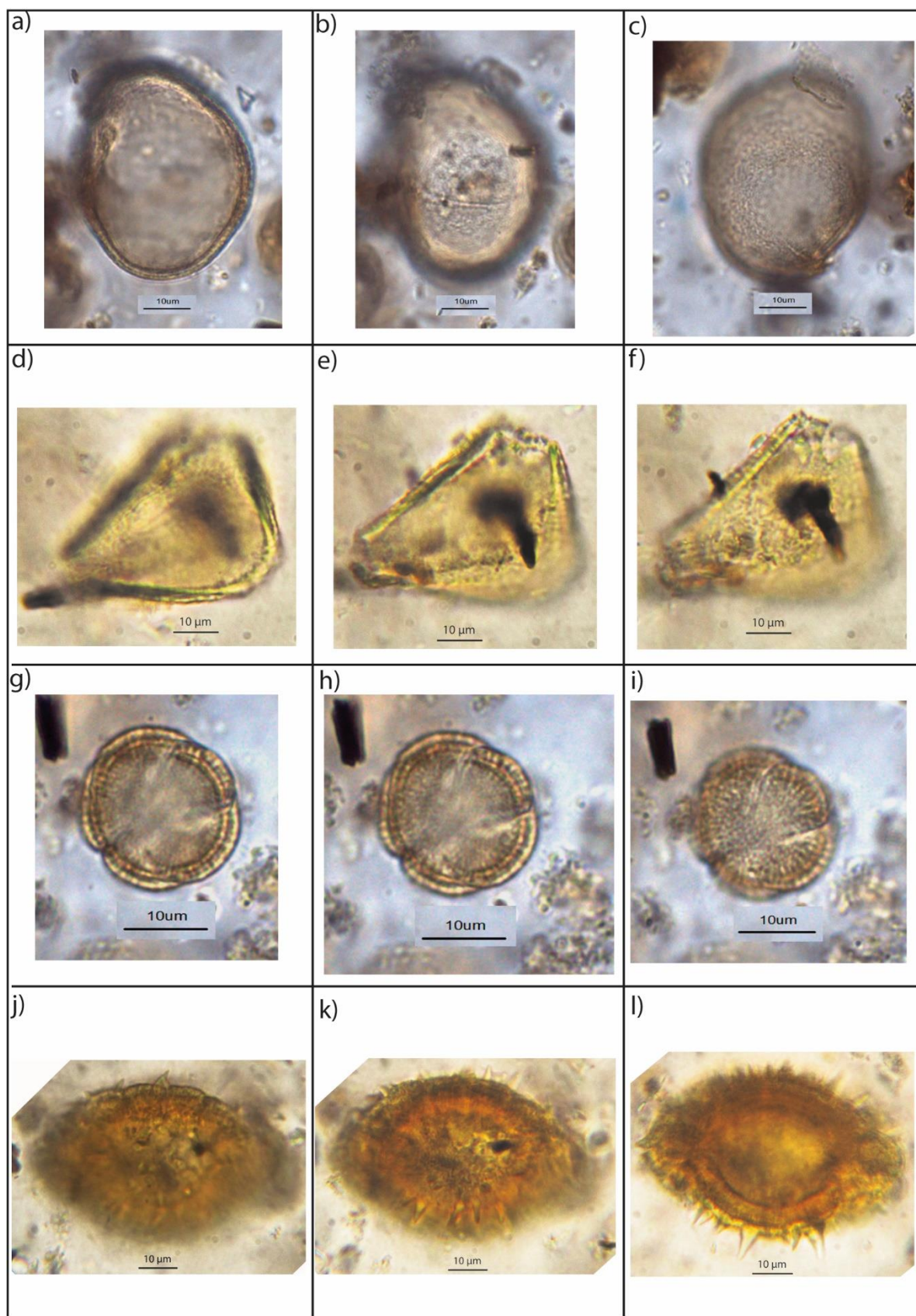
Estampa 6- a-c) Fabaceae: *Copaifera*; d-f) Fabaceae: *Periandra*; g-i) Fabaceae: *Senna*; j-l) Fabaceae: *Zollernia*



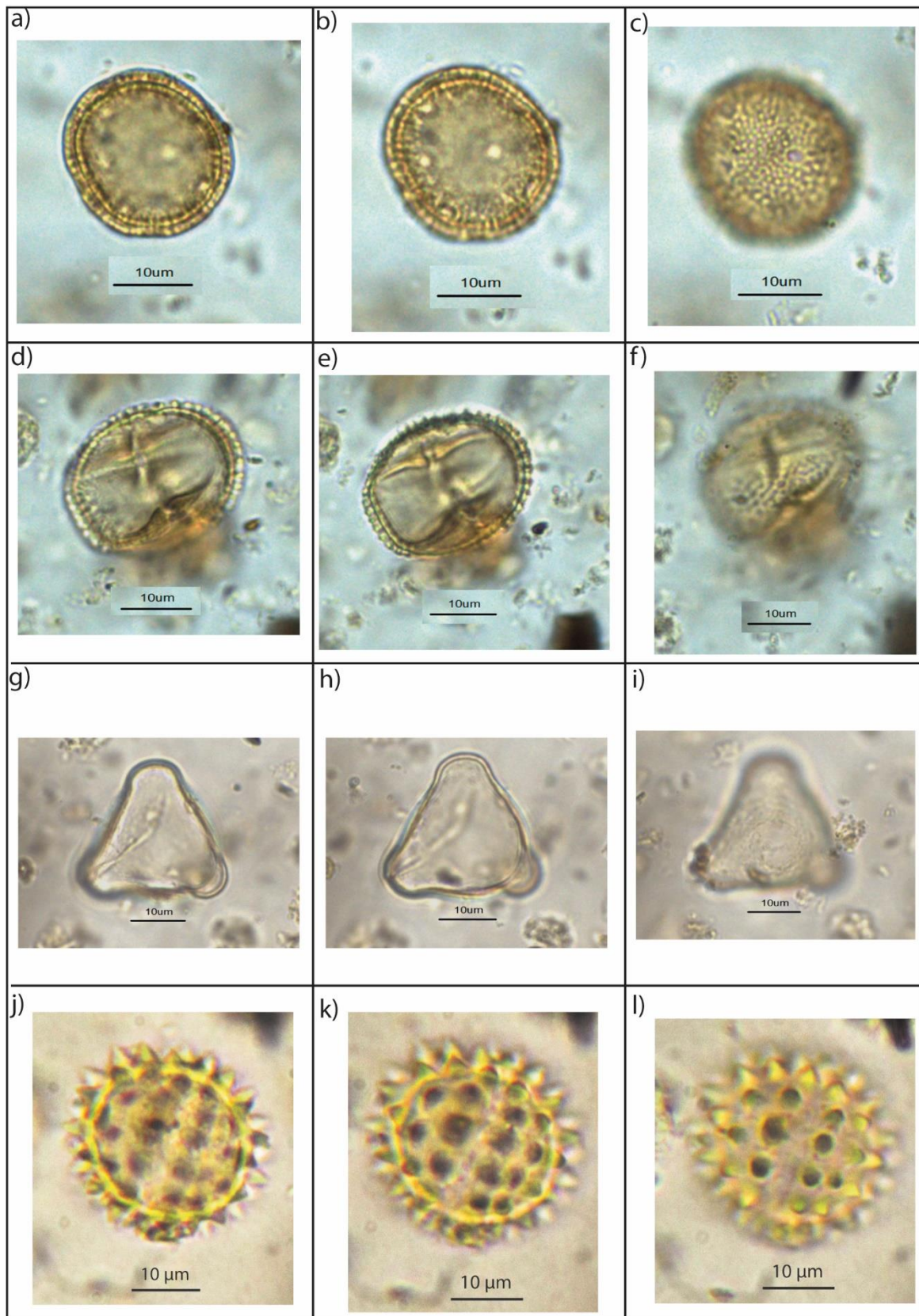
Estampa 7- a-c) Lamiaceae: *Hyptis*; d-f) Lentibulariaceae: *Utricularia*; g-i) Lythraceae: *Cuphea* sp.1; j-l) Lythraceae: *Cuphea* sp.2



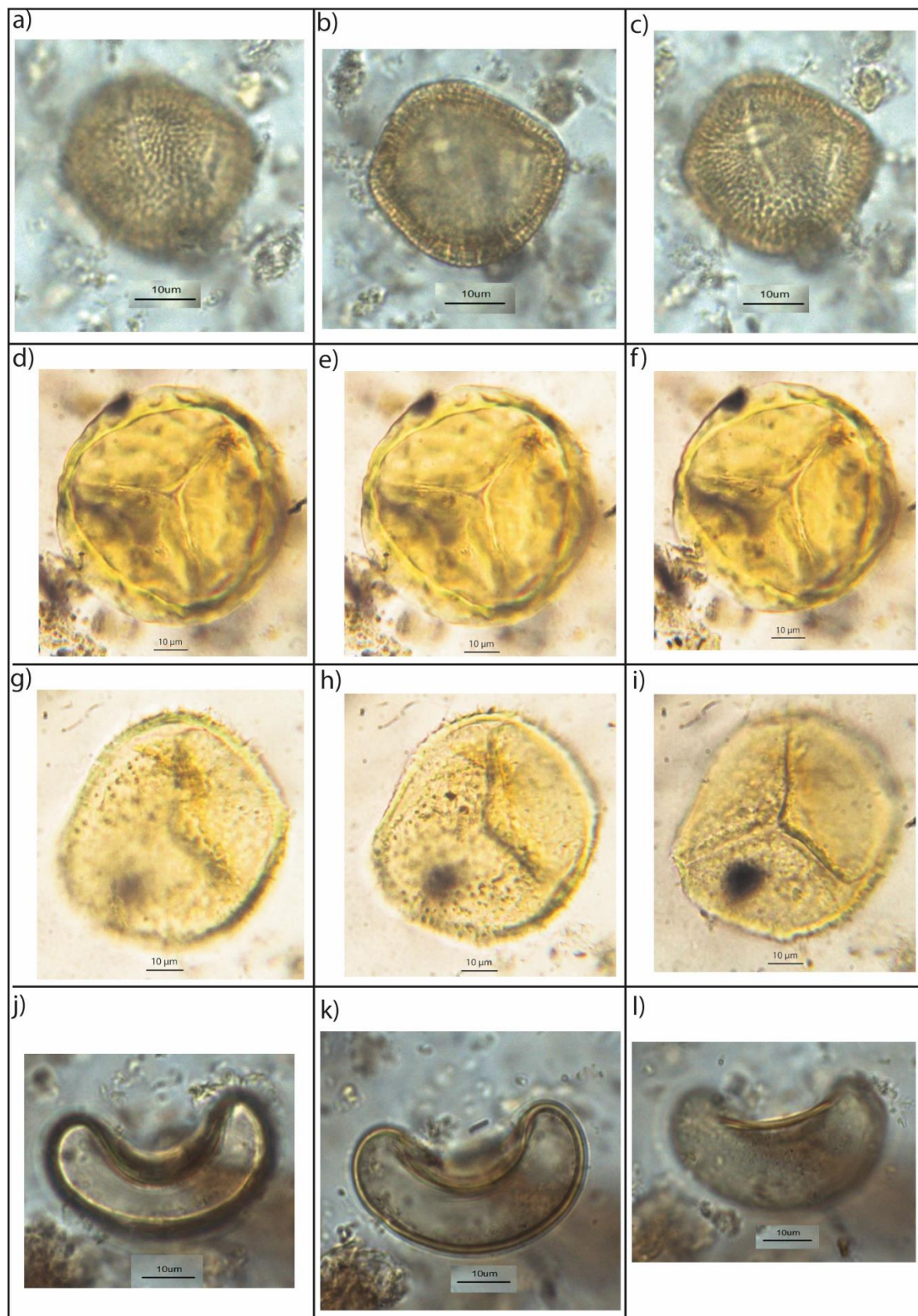
Estampa 8- a-c) Malpighiaceae: *Byrsonima*; d-f) Melastomataceae; g-i) Myrtaceae; j-l) Poaceae



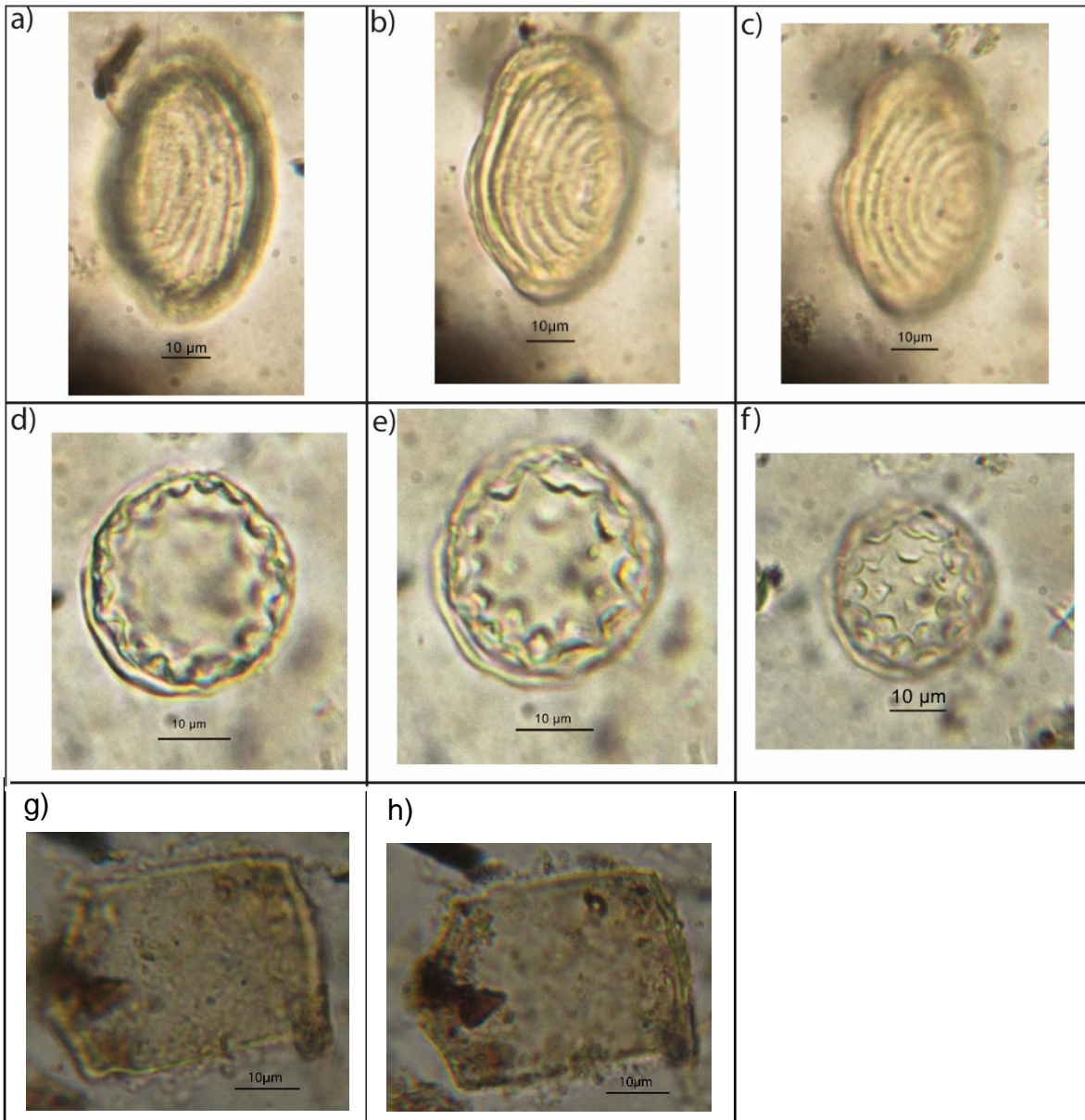
Estampa 9- a-c) Primulaceae: *Myrsine*; d-f) Proteaceae: *Roupala*; g-i) Rubiaceae: *Borreria*, j-l) Rubiaceae: *Richardia*



Estampa 10- a-c) Rubiaceae: *Spermacoce*; d-f) Rutaceae; g-i) Sapindaceae: *Allophyllus*; j-l) Não Identificado



Estampa 11- a-c) Não Identificado; Esporo: d-f) Lycopodiaceae, g-i) Briofitas, j-l) Pteridofitas



Estampa 12- Algas: **a-c)** Pseudoschyzaeae, **d-f)** Zygnema, **g-h)** Mougeotia