



UFOP
Universidade Federal
de Ouro Preto

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



ESCOLA DE MINAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PALEO-VEGETAÇÃO E PALEO-CLIMA DO FINAL DO PLEISTOCENO NO
CERRADO DO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL**

Luana Koscky Gangana Pessoa

Ouro Preto, agosto de 2017

**PALEO-VEGETAÇÃO E PALEO-CLIMA DO FINAL DO
PLEISTOCENO NO CERRADO DO NORTE DE MINAS
GERAIS, BRASIL**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marliére de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a 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

MONOGRAFIA

Nº 246

PALEO-VEGETAÇÃO E PALEO-CLIMA DO FINAL DO PLEISTOCENO NO CERRADO DO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL

Luana Koscky Gangana Pessoa

Orientadora

Prof.^a Dr.^a Raquel Franco Cassino

Co-Orientador

Prof. Dr. Cláudio Lana

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2017/1.

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: Luana Koscky Gangana Pessoa

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

P475p	Pessoa, Luana Koscky Gangana . Paleo-vegetação e paleo-clima do final do pleistoceno no cerrado do norte de Minas Gerais, Brasil [manuscrito] / Luana Koscky Gangana Pessoa. - 2017. 81f.: il.: color; graf; tabs; mapas; estampas. Orientador: Profa. Dra. Raquel Franco Cassino. Coorientador: Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia. 1. Palinologia. 2. Cerrados. 3. Paleontologia. I. Cassino, Raquel Franco. II. Lana, Cláudio Eduardo. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título. CDU: 56.02 (815.1)
-------	---

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Paleo-vegetação e Paleoo-clima do Final do Pleistoceno no Cerrado do Norte de Minas Gerais.

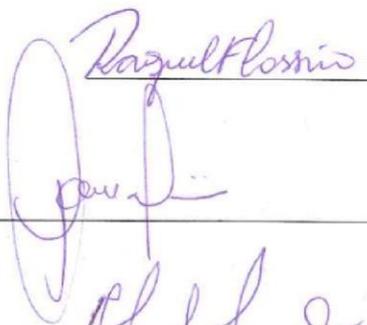
AUTORA: LUANA KOSCKY GANGANA PESSOA

ORIENTADORA: Profa. Dra. Raquel Franco Cassino

Aprovada em: 14 de agosto de 2017

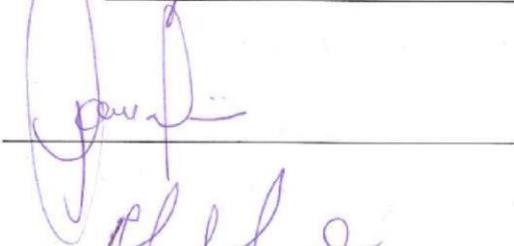
BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Raquel Franco Cassino



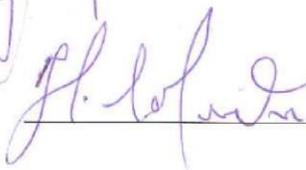
DEGEO/UFOP

Profa. Dra. Maria Paula Delicio



DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Hildeberto Caldas de Sousa



DEBIO/UFOP

Ouro Preto, 14/08/2017

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos que tem me proporcionado, a minha família pelo apoio e ao meu companheiro Rafael pela paciência e incentivo diário para a realização desse trabalho.

Agradeço especialmente à minha Orientadora Professora Dr^a Raquel Franco Cassino pela oportunidade de aprendizado única que me proporcionou durante todas as etapas desse trabalho, assim como ao meu Co-orientador Professor Dr. Cláudio Lana.

Meu muito obrigada ao Laboratório de Geoquímica da UFOP e todos seus funcionários pela ajuda sem a qual não poderia ter realizado minha pesquisa, aos professores do Degeo e da Escola de Minas por todo o conhecimento que adquiri ao longo dessa graduação.

Agradeço ainda à Fundação Gorceix pelo patrocínio sem o qual esse sonho não poderia se realizar.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	APRESENTAÇÃO	1
1.2	O BIOMA CERRADO	2
1.3	PALEOECOLOGIA DO CERRADO	6
1.4	OBJETIVOS	7
1.5	LOCALIZAÇÃO	8
2	MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.1	COLETA DO TESTEMUNHO E PREPARAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS	11
2.2	ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA	13
2.3	MÉTODOS ESTATÍSTICOS	14
3	PALINOLOGIA SISTEMÁTICA	17
3.1	PALINOMORFOS E DESCRIÇÃO POLÍNICA	17
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	29
4.1	ANÁLISE PALINOLÓGICA QUANTITATIVA	29
	4.1.1 Descrição das palinozonas	29
	4.1.2 Comparação com análogos modernos	42
	4.1.3 Interpretação paleoecológica	45
5	DISCUSSÃO	47
5.1	RESULTADOS	47
6	CONCLUSÕES	53
6.1	CONCLUSÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa dos Domínios Paisagísticos do Brasil e	4
Figura 1.2 - Mapa de relevo	5
Figura 1.3 - Diagrama de bloco da distribuição das fisionomias de Cerrado <i>sensu lato</i> ..	5
Figura 1.4 - Localização aproximada da Vereda São José.....	9
Figura 2.1 - Perfil esquemático e fotografias do testemunho.....	13
Figura 3.1 - Arranjo dos grãos de pólen em tétrades.....	17
Figura 3.2 - Vistas polares dos grãos de pólen.....	18
Figura 3.3 - Tipos de aberturas dos grãos de pólen.....	18
Figura 3.4 - Tipos de ornamentação da parede de grãos de pólen.....	19
Figura 4.1 - Diagrama de porcentagem contendo as somas de todos os ambientes	30
Figura 4.2 - Diagrama de concentração contendo as somas de todos os ambientes.....	31
Figura 4.3 - Diagrama polínico de porcentagem contendo "Árvores do Cerrado"	32
Figura 4.4 - Diagrama polínico de concentração contendo "Árvores do Cerrado"	33
Figura 4.5 - Diagrama polínico de concentração contendo "Ervas e Arbustos"	36
Figura 4.6 - Diagrama polínico de porcentagem contendo "Árvores de Matas"	37
Figura 4.7 - Diagrama polínico de concentração contendo "Não Identificados"	38
Figura 4.8 - Diagrama polínico de porcentagem contendo "Algas", "Briófitas"	40
Figura 4.9 - Diagrama polínico de concentração contendo "Algas", "Briófitas"	41
Figura 4.10 - Diagrama de análise de componentes principais de amostras superficiais.....	43
Figura 4.11 - Diagrama de análise de componentes principais de amostras fósseis	43
Figura 4.12: Representação esquemática da paisagem	46
Figura 5.1 - Localização dos registros polínicos do Cerrado	47
Figura 5.2: Comparação da sequência das mudanças climáticas... ..	50

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1.1: Resumo da paleoecologia do Cerrado comparada a da região dos Andes do final do pleistoceno ao presente.....	7
Quadro 3.1: Relação entre as medidas do diâmetro polar e equatorial dos grãos... ..	20

LISTA DE ESTAMPAS

Figura 3.1 - Estampa contendo grãos de pólen identificados.....	21
Figura 3.2 - Estampa contendo grãos de pólen não identificados.....	26
Figura 3.3 - Estampa contendo esporo de Briófitas.....	27
Figura 3.4 - Estampa contendo esporos de Pteridófitas	27
Figura 3.5 - Estampa contendo zigósporos de algas	28

Resumo

O final do Pleistoceno, caracterizado pelo fim do último período glacial, é marcado por grandes mudanças climáticas em nível global. O impacto desta última glaciação e das mudanças relacionadas ao início do período interglacial (o Holoceno) na vegetação e na paisagem dos biomas brasileiros ainda é pouco conhecido. Estudos palinológicos de sedimentos quaternários constituem uma das mais importantes ferramentas utilizadas para a reconstituição da paleo-vegetação e são, portanto, de grande valia para o entendimento dos padrões climáticos que atuaram no Brasil neste período. Neste trabalho são apresentados novos dados de paleo-vegetação e de paleo-clima para o Pleistoceno tardio da região norte de Minas Gerais, de forma a contribuir para o conhecimento destes padrões. Para tanto, foram processadas e analisadas as amostras TFSJ-178, TFSJ-170 e TFSJ-162 e comparadas às amostras TFSJ-182, TFSJ-174, TFSJ-166 e TFSJ-158 previamente analisadas, da base de um testemunho sedimentar de 1,82 m coletado em uma vereda, denominada vereda São José, localizada no município de Buritizeiro (MG). A análise palinológica destas amostras teve como objetivo fazer uma reconstituição das mudanças ocorridas na vegetação e no ambiente deposicional da vereda, principalmente na transição do clima mais frio e úmido identificado em torno de 15.700 anos cal. AP e o clima mais quente e úmido, por volta de 14.300 anos cal. AP. A partir da análise das amostras foi possível observar a transição do ambiente brejoso para o turfoso, que ocorreu provavelmente entre as amostras TFSJ-182 e TFSJ-178. O surgimento de grãos de *Mauritia flexuosa* os buritis, palmeiras que crescem ao longo do curso da vereda na amostra TFSJ-170, comprova o desenvolvimento da vereda e dos buritizais indicando que o clima ficou mais quente que o observado nas amostras mais antigas e ainda úmido em torno de 14.650, anterior ao que era esperado. Na amostra TFSJ-162 foi constada uma abundância do táxon *M. flexuosa*, indicando que a partir de 13.800 anos cal. AP a vereda começou a se expandir.

Palavras chave: Palinologia, Cerrado, paleo-vegetação, paleo-clima, Pleistoceno-Holoceno, veredas.

Abstract

The late Pleistocene, characterized by the end of the last glacial period, was marked by major climatic changes at the global level. The impact of this last glaciation and climatic changes related to the beginning of the interglacial period (the Holocene) in the vegetation and landscape of the Brazilian biomes is still little known. Palynological studies of quaternary sediments are one of the most important tools used for the reconstruction of paleo-vegetation and are therefore of great value for the understanding of climatic patterns that acted in Brazil in this period. In this work, new paleo-vegetation and paleo-climatic data are presented for late Pleistocene of the northern region of Minas Gerais, in order to contribute to the knowledge of these patterns. For this, samples TFSJ-178, TFSJ-170 and TFSJ-162 from the bottom portion of a 1,82 core collected in a palm swamp, named São José palm swamp and located in the municipality of Buritizeiro (MG), were analyzed and compared with the previously studied samples TFSJ-182, TFSJ-174, TFSJ-166 and TFSJ-158. Palynological analysis of these samples aimed reconstituting changes in vegetation and depositional environment of the palm swamp, mainly in the transition of cooler and humid climate identified around 15,700 cal yr BP and warmer and wetter climate observed around 14,300 cal yr BP. Results show that the transition from the swampy environment to the peat moss probably occurred between samples TFSJ-182 and TFSJ-178. The appearance of *Mauritia flexuosa* (palms, known as *buritis*, growing along the central zone of palm swamps) pollen grains in sample TFSJ-170, confirms the development of the São José palm swamp indicating that around 14.650 cal yr BP, climate was warmer than observed previously, and humid. This result suggests that the onset of warmer climate in the Buritizeiro region occurred earlier than expected by previous analyses. In sample TFSJ-162, the abundance of *M. flexuosa*, indicates that from 13,800 cal yr BP onwards, the São José palm swamp began to expand.

Keywords: Palynology, *Cerrado*, paleo-vegetation, paleo-climate, Pleistocene-Holocene, palm swamps.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Apresentação

O Brasil é um país que abriga em seu território variadas paisagens, vegetações e feições geomorfológicas, que foram sofrendo mudanças ao longo do tempo devido a influências climáticas, evolução geológica e pedológica, e adaptação da vegetação. No entanto, essas mudanças não ocorrem de forma contínua e possuem variações espaciais significativas ao longo do Quaternário (Cassino 2011).

O período Quaternário (2.6 milhões de anos AP ao presente) foi marcado por mudanças climáticas acentuadas, tendo como característica principal a ocorrência de períodos glaciais intercalados com intervalos de tempo de condições climáticas mais quentes, também denominados de períodos interglaciais. O Quaternário é subdividido em Pleistoceno que tem início em 2.58 Ma a 0.0117 Ma e Holoceno de 0.0117 Ma até o presente de acordo com a Tabela Cronoestratigráfica Internacional (Cohen *et al.* 2013).

O Pleistoceno é marcado pela ocorrência de mais de vinte glaciações, intercaladas com fases quentes. As grandes glaciações tiveram uma duração de aproximadamente 100.000 anos enquanto que os períodos interglaciais foram mais curtos, em torno de 20.000 anos (Salgado-Labouriau 2007). O fim do último período glacial, marca o final do Pleistoceno e o início do Holoceno, que corresponde possivelmente a um período interglacial.

As terras baixas tropicais não foram cobertas por geleiras durante as glaciações pleistocênicas, mas estes períodos de clima frio tiveram uma influência expressiva na evolução dos biomas brasileiros. Durante o Holoceno, variações na temperatura e na precipitação também afetaram a distribuição da vegetação nas regiões tropicais (Cassino 2011).

Este trabalho teve como objetivo contribuir para o conhecimento da história do bioma Cerrado e de suas paisagens ao longo do Quaternário tardio, trazendo novos dados sobre um momento de grandes mudanças climáticas globais, a transição Pleistoceno-Holoceno, a partir da comparação de análises palinológicas de veredas do norte de Minas Gerais. Os dados obtidos foram importantes na resolução das questões levantadas pela análise parcial do testemunho da vereda São José, no município de Buritizeiro, que foi o objeto de estudo deste trabalho. De fato, foi constatada, no final do Pleistoceno, uma mudança na vegetação da região da vereda São José,

Pessoa, L. K. G. 2017 Paleo-vegetação e Paleo-clima no Pleistoceno do Cerrado no Norte ...

inicialmente típica de brejo e de clima frio e em seguida do tipo Cerrado *sensu stricto*, característico de um clima mais quente. Subsistem, porém, incertezas quanto à época exata da transição climática, vegetacional e da paisagem em geral. A presença de um único grão de pólen de *Alnus*, árvore exótica, que na América do Sul só é encontrada na região andina, em uma amostra da base do testemunho reforça a necessidade de uma pesquisa mais detalhada dessa zona de transição da vereda.

1.2 O Bioma Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro em extensão, pode ser encontrado principalmente nas áreas centrais do território, no domínio geomorfológico dos chapadões interiores (Figura 1.1), abrangendo praticamente todo o Planalto Central (Ferreira 2003), como pode ser observado na figura 1.2.

De acordo com Coutinho (2006), sendo absolutamente fiel ao conceito de bioma adotado por diversos autores, pode-se dizer que o Cerrado não é um bioma único, mas um complexo de biomas, formado por um mosaico de comunidades pertencentes a um gradiente de formações ecologicamente relacionadas.

A vegetação predominante do bioma Cerrado é formada por um mosaico heterogêneo de fisionomias vegetais, com as formações campestres, savânicas e florestais, formando um gradiente de altura-densidade (Eiten 1972; 1982 in Henriques 2005). Nela ocorrem cerrados, campos, matas secas decíduas ou semidecíduas, matas de galeria, veredas (buritizais) e formações brejosas, (Salgado-Labouriau 1973).

O Cerrado, portanto, é um ecossistema complexo, composto desde uma formação vegetal aberta com poucas árvores e arbusto até uma formação fechada onde as copas das árvores quase se tocam (cerradão) (Salgado-Labouriau 2005). As gramíneas dominam o estrato inferior, as árvores são baixas, tortuosas e com folhas espessas, e quando estas estão ausentes predominam os arbustos.

Dessa forma, é possível ordenar as fisionomias vegetais em quatro tipos principais (que compõe o cerrado *sensu lato*): campo limpo; campo sujo; cerrado *sensu stricto* e cerradão (Figura 1.3). Este gradiente forma um *continuum* vegetacional, não havendo limites definidos entre uma fisionomia e outra, portanto, formas intermediárias podem ocorrer entre elas. Campo limpo é a fisionomia com a mais alta cobertura de gramínea; campo sujo apresenta uma alta cobertura de gramíneas e uma baixa cobertura de arbustos; o cerrado *sensu stricto* apresenta uma menor cobertura de gramíneas, e uma maior cobertura arbustivo-arbórea e o cerradão é uma formação florestal que apresenta ausência de cobertura de gramíneas e a maior cobertura arbórea. Algumas espécies de arbustos e árvores são restritas a esta fisionomia, como as árvores *Emmotun nitens*,

Blepharocalix salicifolius, *Sclerolobium paniculatum* e *Ocotea pomaderroides*, que são usadas como indicadoras da fisionomia de cerrado (Henriques 2005). Ao longo dos numerosos cursos de água que cortam a região, existem matas de galeria, brejos, pântanos e veredas (buritizais).

A vereda constitui uma singular paisagem de determinadas áreas da região do Cerrado, que aparece de forma notável no noroeste mineiro, tal como nos planaltos de Buritizeiro. Seu fundo encharcado envolto por encostas úmidas é constituído por turfeiras com alinhamentos de buritis em meio a um campo higrófilo, representando um corredor ecológico natural do domínio do cerrado (vegetação natural) (Melo 2008).

As veredas (ou buritizais) são terrenos permanentemente inundados, geralmente cortados por um curso de água, e que são caracterizadas pela palmeira *Mauritia* (buriti) que pode ocorrer em grande número (Ferraz- Vicentini & Salgado-Labouriau 1996; Barberi *et al.* 2000).

As queimadas são comuns na estação seca e as plantas dos cerrados têm vários tipos de adaptação morfológica e fisiológica ao fogo e à seca prolongada. Estudos de sedimentos em lagos, lagoas e veredas mostram que o fogo natural existe pelo menos desde 40.000 anos atrás (Salgado-Labouriau & Ferraz-Vicentini 1996; Salgado-Labouriau *et al.* 1997)

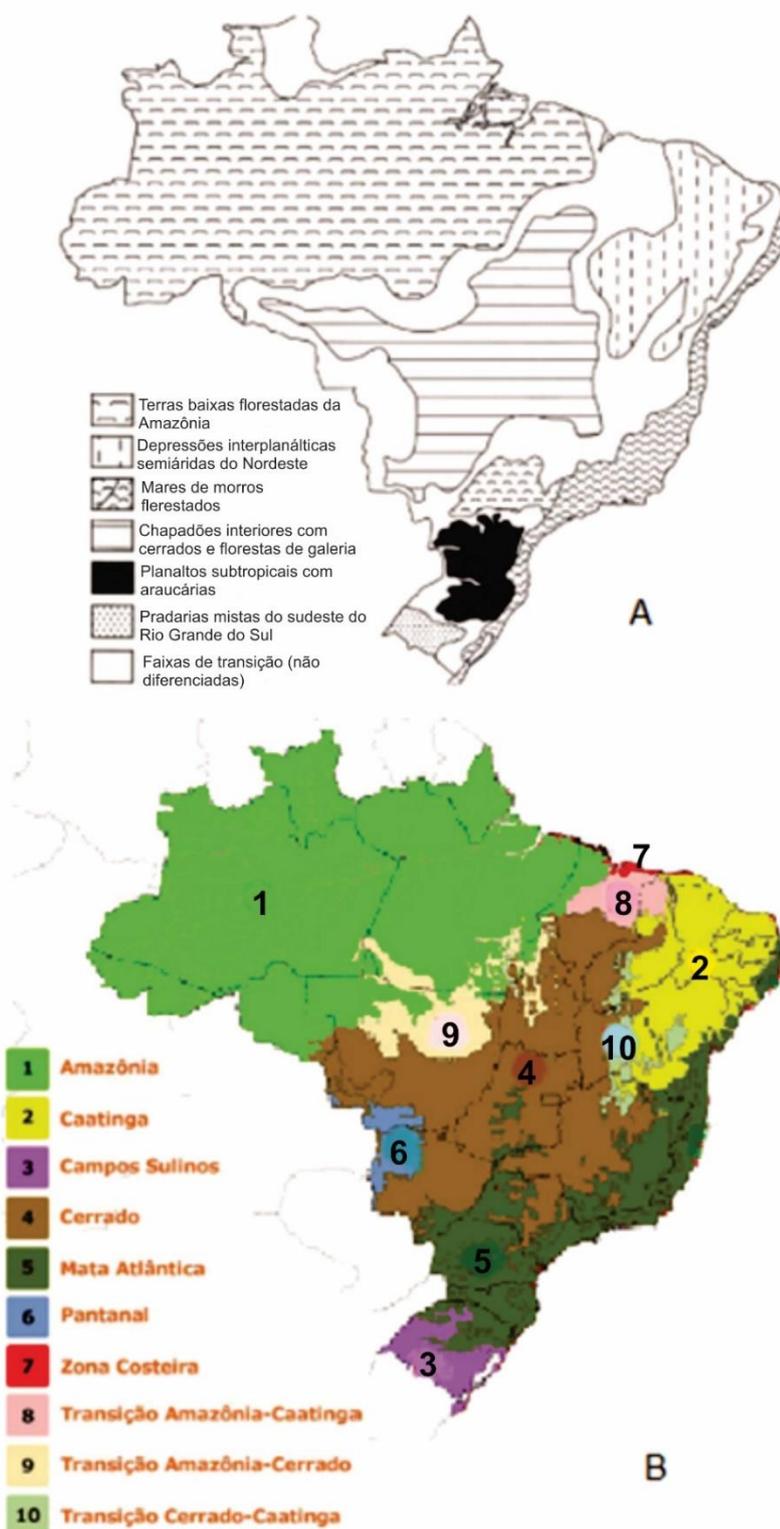


Figura 1.1: A) Mapa dos Domínios Paisagísticos do Brasil (Modificado de Ab’Saber 2003 in Cassino 2014). B) Mapa de Biomas Brasileiros (Modificado do site da WWF).



Figura 1.2: Mapa de relevo seguindo a classificação de Aroldo de Azevedo (Azevedo 1949).

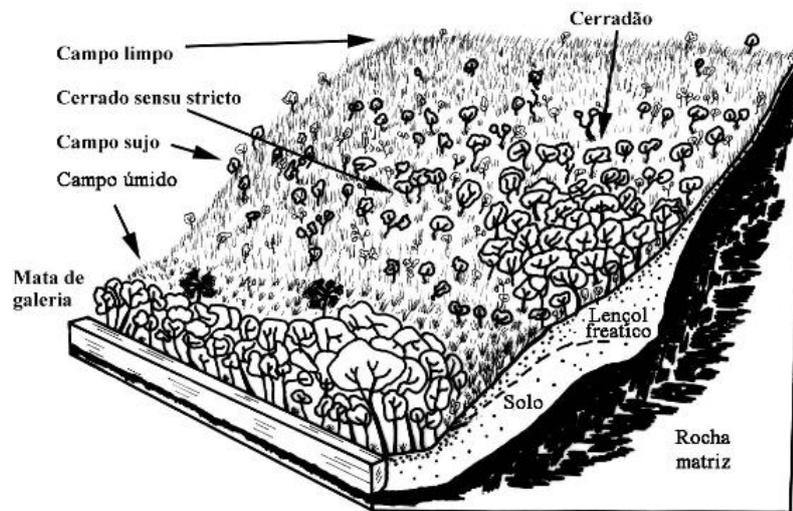


Figura 1.3: Diagrama de bloco da distribuição das fisionomias de cerrado sensu lato (Henriques 2005).

1.3 Paleoeecologia do Cerrado

De acordo com Salgado-Labouriau (2005) no final da última glaciação pleistocênica, entre 36.000 e 28.000 anos radiocarbônicos Antes do Presente (AP), os Andes tropicais (Colômbia, Equador, Venezuela.), parte das montanhas acima de 3.250 metros, estava coberta por geleiras e gelo glacial que se estendiam mais de mil metros abaixo da linha de gelo atual. Nas localidades de cerrado, onde o registro fóssil atinge estas idades e no platô de Carajás, o clima era úmido e relativamente frio.

Entre 28.000 e 20.000 anos radiocarbônicos Antes do Presente (AP), durante o último máximo glacial, os Andes eram muito frios e secos, com temperaturas de 7° a 9° C abaixo das médias atuais. Entretanto o cerrado manteve a umidade da fase anterior e as análises mostram que o pólen arbóreo é abundante nessa época, indicando que havia mais árvores que no presente caracterizando matas de galeria (Salgado-Labouriau 2005).

A palmeira *Mauritia* (buriti) está ausente no registro palinológico da região dos cerrados, durante o último máximo glacial, apoiando a ideia de que o clima era mais frio que o presente. Atualmente, o buriti não ocorre nas regiões de cerrados mais ao sul, onde a estação seca é mais fria (Salgado-Labouriau 2005), somente nas regiões a oeste e norte do Brasil Central (18° S), onde há predominância de climas quentes.

As análises palinológicas de Serra Negra (de Oliveira 1992) e Salitre (Ledru *et al.* 1996), detectaram a presença de pólen de Araucária junto com o pólen de árvores de mata no final do Pleistoceno, atualmente estas árvores são encontradas na forma de florestas fechadas na região Sul do Brasil. Isto reforça o fato de que a temperatura dos cerrados nessa época estava 3° a 4° C mais baixa que a atual (Ledru *et al.* 1996).

Foi somente entre 22.000 e 18.000 anos AP, durante o final do Pleniglacial dos Andes tropicais, que a umidade começou a diminuir do norte para o sul nos cerrados. Em Carajás e Águas Emendadas (Barberi *et al.* 2000), a deposição passou a ser de uma fina camada de areia o que sugere um ressecamento destes sítios. Em Cromínia a umidade diminuiu, mas ainda havia alguma para manter pequenos pântanos e campos (Salgado-Labouriau *et al.* 1997).

Por fim em torno de 14.000 anos AP começou a deglaciação nos Andes e no resto do mundo causando um aumento no nível do mar e forte stress hídrico nas regiões do cerrado. O máximo da fase seca ocorreu entre 14.000 e 10.500 AP (Salgado-Labouriau *et al.* 1997).

O mesmo retardo na resposta do clima das savanas para entrar na fase seca foi encontrado para sair dela. Ela terminou por volta de 10.000 anos AP nas áreas mais ao norte. Entretanto, mais ao sul, nos cerrados do Brasil Central ela perdurou até cerca de 7.000 anos AP (Salgado-Labouriau 2005).

Em seguida inicia-se a fase com chuvas torrenciais, deslizamentos de terra e grandes depósitos aluviais em várias partes do Brasil Central (Salgado-Labouriau *et al.* 1997; Parizzi *et al.* 1998).

Depois de 5.000 anos AP, lagos, pântanos e veredas começam a se formar nos cerrados e o clima passa para semiúmido, com uma estação seca prolongada de três a cinco meses. Este tipo de clima continua até o presente, (Salgado-Labouriau 2005).

Tabela 1.1: Resumo da paleoecologia do Cerrado comparada a da região dos Andes do final do pleistoceno ao presente. Fonte: Barberi *et al.* (2000); De Oliveira (1992); Dolffus (1999); Ledru *et al.* (1996); Parizzi *et al.* (1998); Salgado-Labouriau *et al.* (1997); Salgado-Labouriau (2005).

Idades em anos radiocarbônicos antes do presente (AP)	Região dos Andes	Cerrados brasileiros
36.000 -28.000	Coberto por geleiras e gelo glacial que se estendiam mais de mil metros abaixo da linha de gelo atual.	Clima era frio e úmido.
28.000 -20.000	Eram muito frios e secos, (7° a 9° C) abaixo das médias atuais.	Manteve a umidade da fase anterior; presença de matas de galeria. A palmeira <i>Mauritia</i> (buriti) está ausente do registro palinológico. Presença de pólen de <i>Araucária</i> junto com o pólen de árvores de mata em Serra Negra e Salitre.
22.000 - 18.000	O final do Pleniglacial.	A umidade começou a diminuir do norte para o sul nos cerrados.
14.000 - 10.500	Começo da deglaciação; Fase seca e fria.	Forte stress hídrico; Máximo da fase seca.
10.000 - 7.000	Aumento no nível do mar.	Termina a fase seca.
7.000 - 5.000	Fase seca e quente com regressão de níveis lacustres (Planalto peruano – boliviano) e fase de extensão lacustre na savana de Bogotá.	Fase com chuvas torrenciais, deslizamentos de terra e grandes depósitos aluviais.
5.000 - presente	Situações climáticas se aproximam da atual.	Lagos, pântanos e veredas começam a se formar e o clima passa para semiúmido com uma estação seca prolongada de três a cinco meses.

1.4 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é a reconstituição das mudanças ocorridas na vegetação e no ambiente deposicional de uma vereda do norte de Minas Gerais, denominada

Pessoa, L. K. G. 2017 Paleo-vegetação e Paleo-clima no Pleistoceno do Cerrado no Norte ...

Vereda São José, durante o final do Pleistoceno e o início do Holoceno, buscando contribuir para o conhecimento da influência do final da última glaciação na vegetação do cerrado.

Este trabalho de monografia se insere em um projeto mais amplo de estudo palinológico das veredas do norte de Minas Gerais e terá, neste contexto, o objetivo de refinar e aumentar a resolução dos dados para este período, possibilitando uma investigação detalhada da época da formação da Vereda São José e da transição de uma vegetação de clima mais frio para uma vegetação do tipo cerrado *sensu stricto* nesta região.

1.5 Localização

Este trabalho foi feito a partir de amostras de um testemunho que havia sido previamente coletado da Vereda São José, localizada no município de Buritizeiro, noroeste de Minas de Gerais, (Figura 1.4).

Nesta região, as veredas se desenvolvem sobre as coberturas elúvio-colúviais arenosas sobrepostas às rochas dos grupos Areado e Urucuia, ambas unidades de idade cretácea constituídas principalmente por arenitos com níveis de pelitos e conglomerados (Cassino 2011).

Os solos são predominantemente latossolos distróficos e a cobertura vegetal original de cerrado foi totalmente desmatada e substituída, sobretudo por eucaliptais, desde 1972 (Melo 2008).

O clima da região é classificado como quente, segundo Brito (2009) *in* Fonseca (2014) o índice pluviométrico deste município, varia entre 900 e 1.200 mm/ano, enquanto a temperatura atinge 22°C a 24°C no período mais quente e 18°C e 19°C nos meses mais frios. Ressaltando que as chuvas geralmente não são regulares.

O acesso à vereda da Fazenda São José é feito, a partir do centro do município de Buritizeiro pela BR-365 até o trevo para o município de São Romão e em seguida pela MG-161, percorrendo-se cerca de 40 km entre o trevo e a entrada da fazenda.

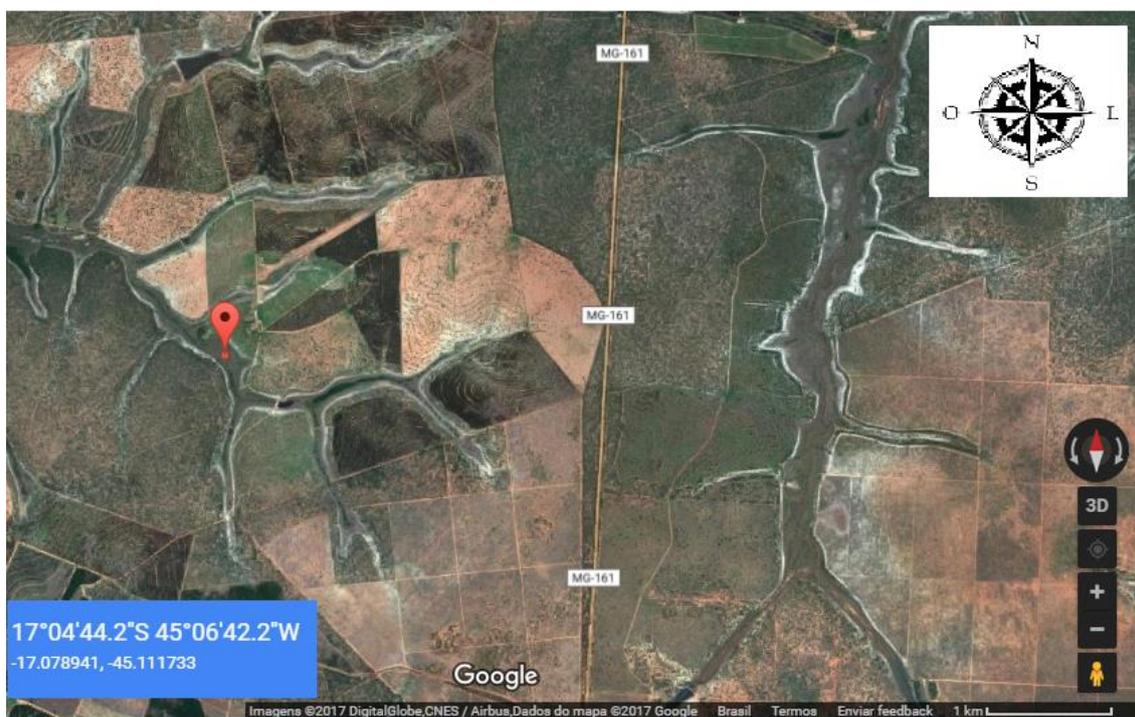


Figura 1.4: Imagem de satélite com a localização aproximada da Vereda São José, (Retirada do Google Maps)

2.1 Coleta do testemunho e preparação química das amostras

Um testemunho sedimentar, de 1,82 m de profundidade, havia sido previamente coletado no âmbito do projeto de doutorado de Cassino (2014). A coleta foi realizada utilizando-se um testemunhador tipo *Russian*, na borda da vereda da Fazenda São José. Após a coleta, o testemunho foi fatiado em amostras de 2cm de profundidade. Para este trabalho foram preparadas 3 amostras da base do testemunho, TFSJ 178, TFSJ 170 e TFSJ 162 (Figura 2.1), para a confecção de lâminas palinológicas no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), de acordo com seguinte roteiro, baseado nos métodos propostos por Bennet & Willis (2001) e Salgado- Labouriau (2007):

1. Foram extraídos 2 cm³ de sedimento de cada amostra e colocado em um tubo de centrífuga.
2. Adicionou-se, com água destilada, aproximadamente 1mg de pólen de *Kochia scoparia* a cada tubo de centrífuga.
3. Os tubos foram centrifugados por 5 minutos com 2000 rpm (rotações por minutos) seguido do descarte do sobrenadante.
4. Foram adicionados 10 ml de KOH 10% aos tubos, que foram levados em banho-maria por 5min.
5. Em seguida, o conteúdo foi passado em funil com tule, para reter as raízes e fragmentos maiores, para outro tubo de centrífuga, lavando com água destilada.
6. Os tubos foram centrifugados por 5 minutos com 2000 rpm seguido do descarte do sobrenadante.
7. O material foi lavado com água destilada e centrifugado (2000rpm por 5min) seguido do descarte do sobrenadante (2 vezes).
8. Adicionou-se 20 ml de HCl 37% aos tubos, deixando-se em reação por 12h.
9. Os tubos foram centrifugados por 5 minutos com 2000 rpm seguido do descarte do sobrenadante.

Pessoa, L. K. G. 2017 Paleo-vegetação e Paleo-clima no Pleistoceno do Cerrado no Norte ...

10. Foram adicionados 20 ml de HF aos tubos, deixando-se em reação por 12h.

11. Os tubos foram centrifugados por 5 minutos com 2000 rpm seguido do descarte do sobrenadante.

12. O material foi lavado com água destilada e centrifugado (2000rpm por 5min) seguido do descarte do sobrenadante (2 vezes).

13. Foram adicionados 20 ml de ácido acético glacial aos tubos, deixando-se em reação por 12 horas.

14. Os tubos foram centrifugados por 5 minutos com 2000 rpm seguido do descarte do sobrenadante.

15. Mais 20 ml de ácido acético glacial foram adicionados, deixando-se reagir por cerca de 30 minutos.

16. Os tubos foram centrifugados por 5 minutos com 2000 rpm seguido do descarte do sobrenadante.

17. Em seguida o material foi acetolizado: iniciando-se com a preparação da mistura de acetólise utilizando-se 9 partes de anidrido acético para 1 parte de ácido sulfúrico.

18. A mistura de acetólise foi adicionada aos tubos (10 ml) e estes foram levados em banho-maria por 3min, agitando-se com palito de madeira.

19. Após retirar os tubos do banho-maria, foi adicionado ácido acético glacial, completando o volume dos tubos (50 ml).

20. Os tubos foram centrifugados por 5 minutos com 2000 rpm seguido do descarte do sobrenadante.

21. Foram adicionados mais 20 ml de ácido acético glacial aos tubos.

22. Os tubos foram centrifugados por 5 minutos com 2000 rpm seguido do descarte do sobrenadante.

23. O material foi lavado com água destilada e centrifugado (2000rpm por 5min) seguido do descarte do sobrenadante (2 vezes).

Após estes processos, foram montadas duas lâminas, em gelatina glicerinada, com o resíduo de cada amostra.

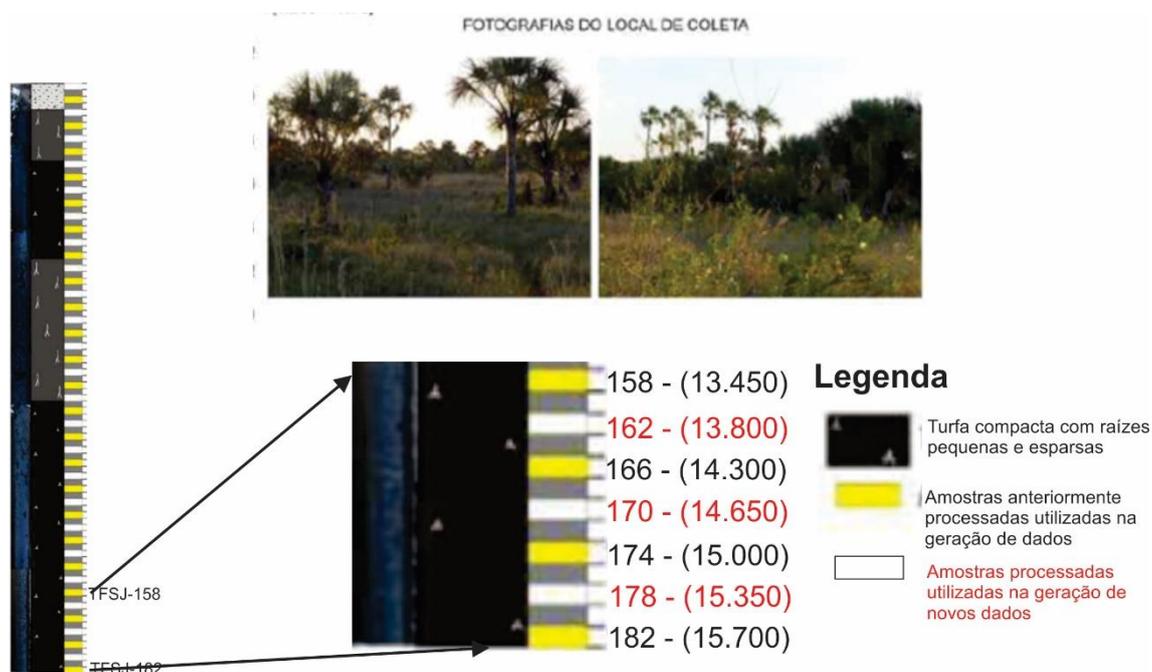


Figura 2.1: Perfil esquemático, fotografias do testemunho coletado na Vereda São José e da área de coleta. As profundidades (cm) das amostras preparadas para análise palinológica e as idades aproximadas em anos cal.AP, estão indicadas em vermelho. Modificado de Cassino (2014).

2.2 Análise qualitativa e quantitativa

A análise palinológica qualitativa consistiu na identificação, descrição e registro fotográfico dos grãos de pólen, esporos e demais palinomorfos das três amostras processadas. Os grãos de pólen e os esporos foram identificados em nível de família, gênero ou espécie, a partir da consulta aos catálogos de referência para grãos de pólen do Cerrado e de outros biomas brasileiros (Cassino 2014; Colinvaux *et al.* 2005; Salgado-Labouriau 1973; Bush & Weng 2006). Foi possível determinar diferentes níveis de precisão taxonômicas para a classificação dos pólenes de acordo com as características que apresentavam, isso devido à diversidade da flora do cerrado e da escassez de catálogos polínicos com abrangência de gêneros e espécies que permitiriam uma classificação mais precisa.

Além do reconhecimento e identificação dos palinomorfos é necessária uma análise quantitativa que consiste na contagem dos grãos de cada tipo polínico e no cálculo de porcentagem e concentração dos mesmos, com o objetivo de obter dados que representem a vegetação local da melhor forma. A contagem foi feita utilizando-se o método de curva de saturação modificado.

O método de curva de saturação modificado consiste na contagem inicial de 300 pólenes de cada amostra, em seguida foi analisado o número médio de grãos contados no intervalo de aparecimento de novos táxons polínicos (Δ), o valor médio (Δm) obtido é multiplicado por 10. Considerou-se a amostra saturada quando foram contados ao total $(300 + 10\Delta m)$ grãos de pólen.

Pessoa, L. K. G. 2017 Paleo-vegetação e Paleo-clima no Pleistoceno do Cerrado no Norte ...

Após a contagem, para cada amostra, foram feitos os cálculos de porcentagem e concentração dos tipos polínicos e dos demais palinomorfos. A porcentagem de todos os palinomorfos foi calculada em relação à soma polínica obtida, a soma polínica de cada amostra equivalente a 100%.

Os cálculos de concentração foram baseados na contagem do marcador exótico, os grãos de pólen de *Kochia scoparia*, introduzidos nas amostras antes da preparação química. De acordo com Salgado-Labouriau & Rull (1986) in Cassino (2014), um miligrama de pólen de *Kochia scoparia* contém 60.543 + 3.574 grãos. A quantidade de pólen inserida em cada amostra, em torno de 1mg, foi pesada em uma balança analítica de precisão, e os grãos de pólen de *K. scoparia* foram contados junto à contagem dos palinomorfos em cada amostra. Em seguida, para os cálculos de concentração, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Cont} = [\text{Ct} * ((\text{PK} * 60.543) / \text{V})] / \text{CK}$$

Onde: Cont é a concentração do táxon t, em grão/cm³; Ct é o número de grãos contados para o táxon t; PK é a quantidade, em miligramas, de *K. scoparia* inserida na amostra; V é volume de sedimento processado (2cm³); e CK é o número de grãos de *K. scoparia* contados na amostra.

Após os cálculos de porcentagem e concentração dos táxons, foram elaborados diagramas polínicos a partir das três amostras processadas neste trabalho mais quatro amostras anteriormente analisadas na tese de doutorado de Cassino (2014). Para gerar os diagramas foi utilizado o software C2 (Juggins 2007). Nos diagramas, os táxons foram separados em grupos, de acordo com suas preferências ecológicas: “Árvores do Cerrado”, “Árvores de Mata”, “Ervas e Arbustos”, “Brejo”, “Vários Ambientes”, “Poaceae” e “Não Identificados”. Da mesma forma, foram elaborados diagramas para os outros palinomorfos, agrupados em: “Algas”, “Briófitas” e “Pteridófitas”. Para a classificação dos táxons nos grupos ecológicos, utilizou-se as informações sobre a ocorrência de espécies do Cerrado disponíveis em Cassino (2014) e Walter (2006).

2.3 Métodos estatísticos

Visando uma análise mais elaborada dos dados e para responder às questões que motivaram esse trabalho, foi necessária a utilização de conjuntos polínicos atuais comparados às amostras fósseis para um melhor estudo paleoecológico.

Amostras de sedimentos superficiais de lagos e turfeiras são processados seguindo o mesmo método químico utilizado em amostras fósseis. Os conjuntos polínicos das amostras superficiais são determinados a partir da contagem dos grãos de pólen encontrados nestas amostras e podem ser comparados à abundância dos táxons na vegetação atual da área de coleta.

O conjunto polínico de uma amostra superficial coletada em um determinado local é considerado representativo da vegetação presente na área em torno do ponto de coleta (Cassino 2014).

Para comparar conjuntos polínicos atuais com os fósseis é necessário o uso de análises de estatística multivariada, que se baseiam na identificação de análogos modernos. Considera-se que a paleovegetação investigada é similar a uma vegetação atual que produz um conjunto polínico semelhante ao conjunto polínico fóssil analisado (Liu & Lam 1985 *in* Cassino 2014). O método estatístico utilizado neste trabalho foi a Análise de Componentes Principais (ACP).

O método estatístico de Análise de Componentes Principais possibilita uma representação gráfica simultânea dos eixos dos dois primeiros componentes principais em porcentagem, os eixos de escores dos táxons e os escores das amostras, nomeada *Principal Components Distance Biplot* (PCB). Esta análise tem a vantagem de gerar diagramas onde a distância entre as amostras reflete a dissimilaridade entre elas. Dessa forma, possibilita classificar os espectros polínicos, determinar a importância de cada táxon polínico nos diferentes tipos de vegetação, e avaliar o grau de heterogeneidade entre os espectros polínicos pertencentes ao mesmo tipo de vegetação, assim como entre aqueles de vegetações diferentes (Cassino 2014).

O diagrama PCB pode ser usado para comparar diretamente amostras fósseis com as amostras superficiais, permitindo a identificação de análogos modernos para os conjuntos polínicos fósseis (Cassino 2014). Neste trabalho, o diagrama PCB, gerado pela Análise de Componentes Principais, foi utilizado para comparar um banco de dados de 24 amostras superficiais coletadas em diferentes áreas de ocorrência do cerrado com as 7 amostras fósseis obtidas a partir do testemunho da vereda São José para a definição dos campos do diagrama relacionados a cada ambiente local.

Para a definição das palinozonas, os dados percentuais, incluindo todos os táxons presentes nas amostras fósseis, foram submetidos a uma análise de cluster, no programa PAST3 (*PAleontological STatistics*, Versão 3; Hammer *et al.* 2001 *in* Cassino 2014).

3.1 Palinomorfos e morfologia polínica

Os palinomorfos estudados neste trabalho são constituídos por grãos de pólen, esporos e zigósporos de algas que possuem características diferenciadas que possibilitam a sua classificação. Foram encontrados 45 palinomorfos neste trabalho, sendo 31 grãos de pólen identificados, 6 grãos de pólen não identificados, 1 esporo de Briófitas, 2 esporos de Pteridófitas e 5 zigósporos de algas.

Para definir a morfologia dos grãos de pólen inicialmente é necessário distinguir se estão isolados ou agrupados. Dessa forma é possível classificá-los em mônades, díades, políades, mássulas, políneas e tétrades, que têm vários arranjos (Figura 3.1); os mais comuns são grãos solitários (mônades) ou agrupados em quatro (tétrades).

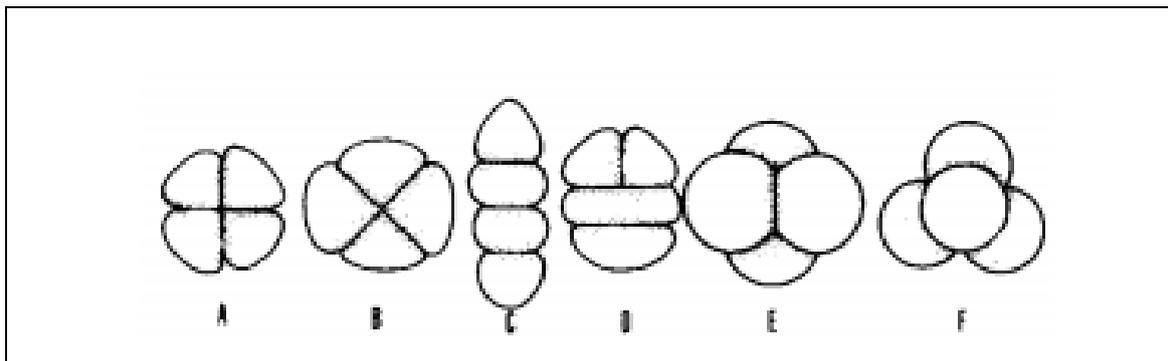


Figura 3.1: Quando os grãos estão dispostos todos no mesmo plano, temos uma tétrade uniplanar, que pode ser dos seguintes tipos: tetragonal (a), rombooidal (b), linear (c) ou em forma de T (d). Se os grãos se arranjam em mais de um plano, formam-se tétrades multiplanares dos seguintes tipos: invertida (e) ou tetraédrica (f). Imagem modificada de Ramalho, M.

Quando observados ao microscópio óptico, muitos grãos de pólen aparecem em duas posições bem definidas, para facilitar a sua classificação foi necessário definir a vista em que este está sendo observado, dessa forma determinou-se o eixo polar e o equatorial. O eixo polar passa pelo centro do grão e atravessa o centro das duas regiões polares. O eixo equatorial foi definido como o maior diâmetro perpendicular ao eixo polar. Portanto, a vista equatorial, se dá onde o equador é visto de frente, e a vista polar, onde o pólo é visto de frente. A vista polar dos grãos de pólen recebe o nome de âmbito. O âmbito pode apresentar formas variadas (Figura 3.2), porém três são mais comuns: triangular, quadrangular e circular.

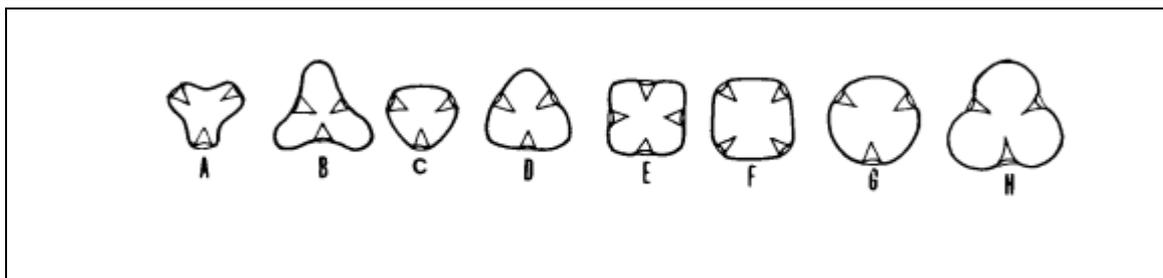


Figura 3.2: Vistas polares de grãos de pólen. A e B) âmbito triangular de lados côncavos; C) âmbito triangular de lados convexos; D) âmbito triangular de laods retos; E e F) âmbito quadrangular; G) âmbito circular; H) âmbito trilobado. Imagem modificada de Ramalho, M.

Muitos grãos de pólen apresentam “aberturas” na parede, estas variam quanto ao número, forma, posição e estrutura, dependendo da espécie vegetal. Por isso, são importantíssimas na identificação dos grãos de pólen das diferentes espécies vegetais. Quanto ao número, existem desde grãos de pólen sem nenhuma abertura até grãos com dezenas de aberturas, do tipo porado, colpado, colporado, ulcado, sulcado, foraminado e rugado (Figura 3.3).

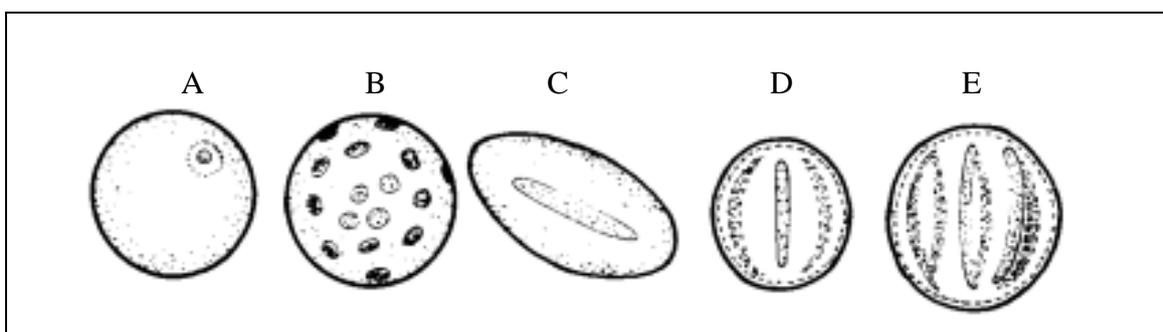


Figura 3.3: Exemplos de tipos de aberturas em grãos de pólen. A) monoporado, B) pantoporado, C) monocolpado, D) tricolpado e E) tricolporado. Imagem modificada de Ramalho, M.

A parede do grão de pólen apresenta uma camada externa que é visualizada ao microscópio, e diferenciada quimicamente, formada por esporopolenina, é muito resistente e apresenta padrões morfológicos típicos para cada espécie ou grupo de plantas, chamada de exina, que se subdivide em sexina e nexina. A sexina possui uma espécie de ornamentação, que é característica de cada tipo polínico. Os principais tipos de ornamentação são: reticulado, baculado, clavado, equinado, entre outros (Figura 3.4).

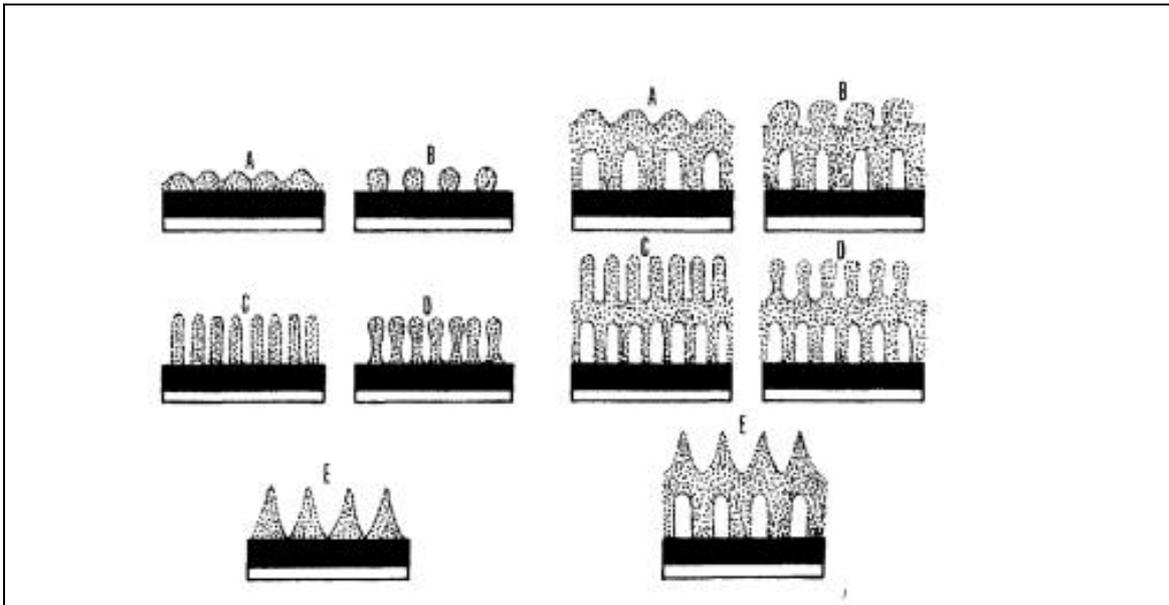


Figura 3.4: Tipos de ornamentação. A) verrucada, B) gemada, C) pilada, D) clavada e E) equinada. Imagem modificada de Ramalho, M.

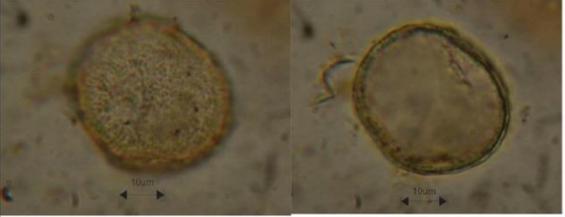
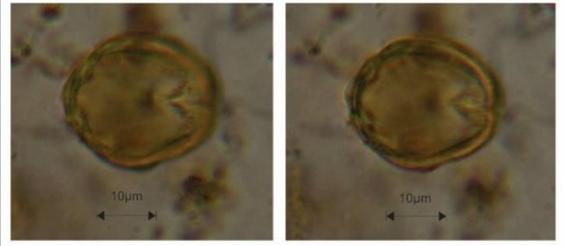
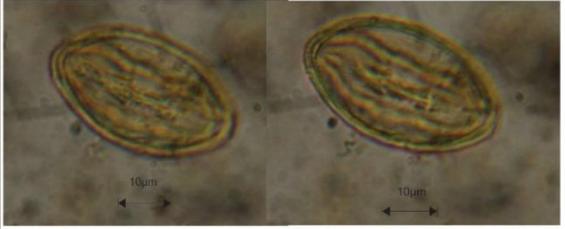
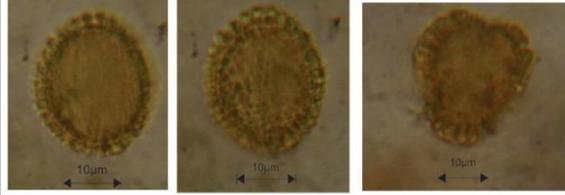
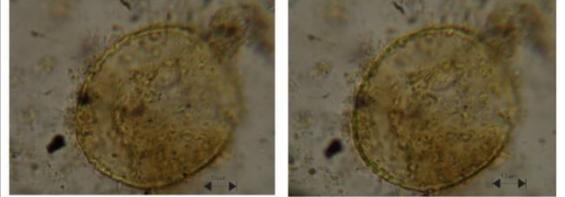
Os grãos de pólen ainda podem ser classificados quanto a sua forma em vista equatorial e seu tamanho. A forma em vista equatorial é definida a partir das medidas do eixo polar (P) e do eixo equatorial (E). De acordo com o valor da divisão de “P” por “E” (P/E), foram designados alguns termos técnicos (Quadro 3.1) que definem o formato em vista equatorial. O tamanho é dado a partir da medida do diâmetro do grão de pólen: muito pequeno se menor que 10 μm , pequeno entre 10 e 25 μm , médio de 25 a 50 μm , grande de 50 a 100 μm e muito grande de 100 a 200 μm .

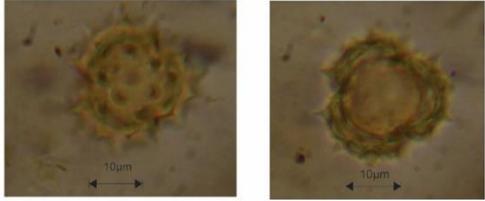
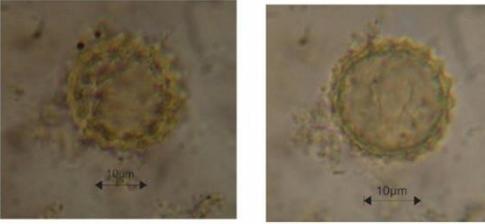
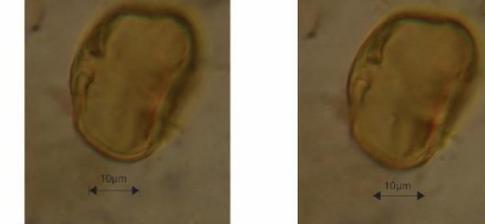
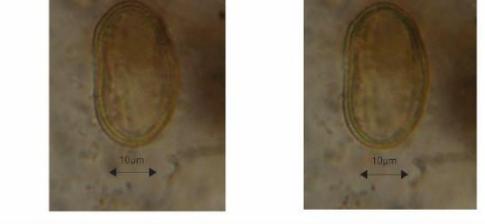
Quadro 3.1: Relação entre as medidas do diâmetro polar e equatorial dos grãos de pólen e a denominação de sua forma em vista equatorial. Modificado de Salgado-Labouriau (1973).

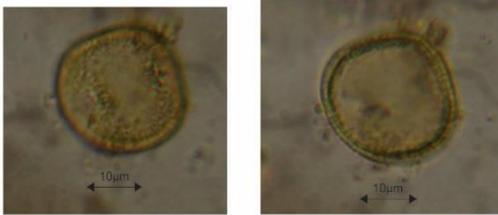
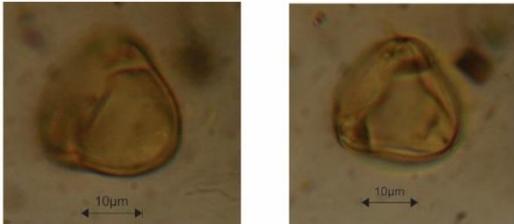
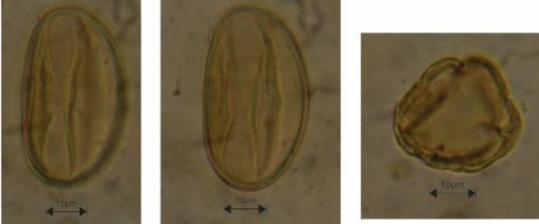
Relação P/E	Denominação da forma
0,50	Peroblato
0,50 - 0,74	Oblato
0,75 - 0,87	Suboblato
0,88 - 0,99	Oblato-esferoidal
1,00	Esférico
1,01 - 1,14	Prolato-esferoidal
1,15 - 1,33	Subprolato
1,34 - 2,00	Prolato
2,00	Perprolato

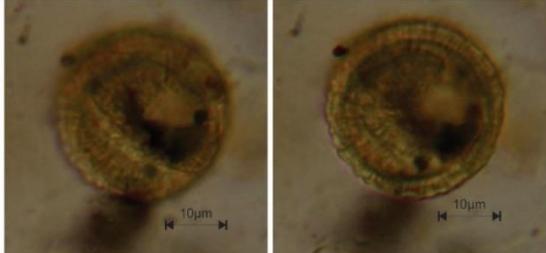
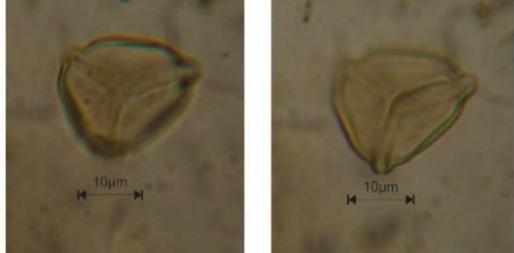
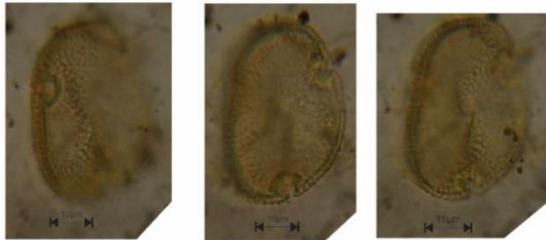
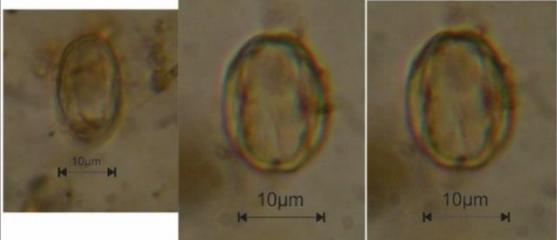
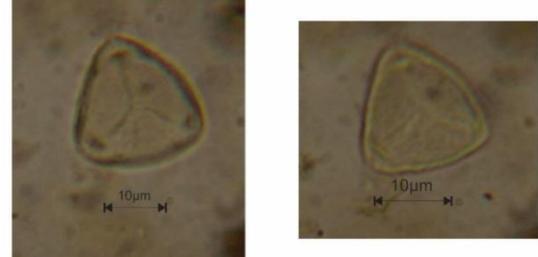
Utilizando as características dos grãos de pólen citadas anteriormente foram criadas estampas 3.1 a 3.5 onde são apresentadas as microfotografias, a descrição polínica e informações sobre o hábito e sobre a fitofisionomia da ocorrência para cada táxon encontrado nas amostras TFSJ-178, TFSJ-170 e TFSJ-162.

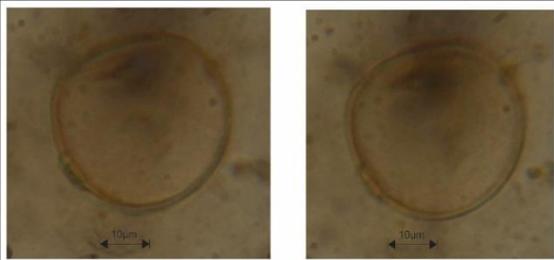
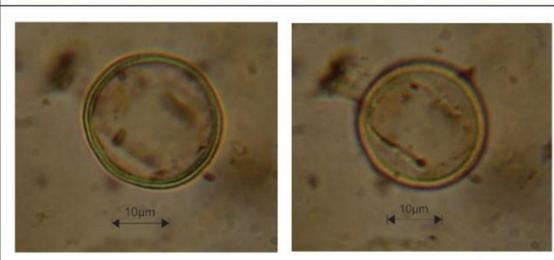
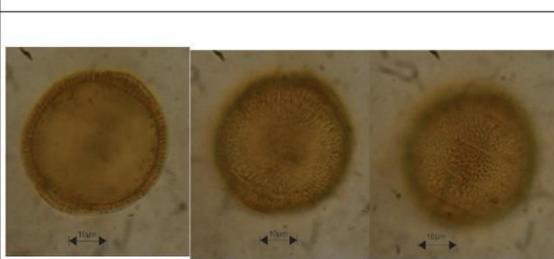
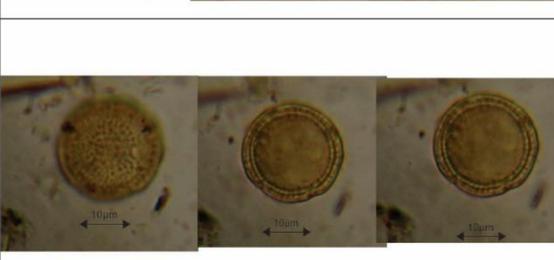
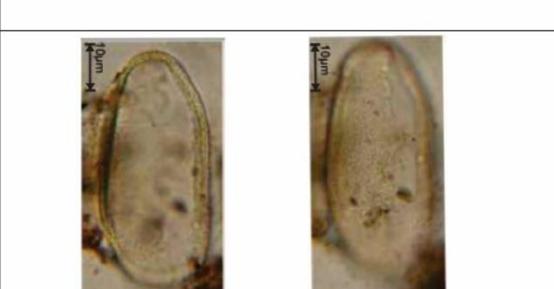
Estampa 3.1: Descrição dos grãos de pólen.

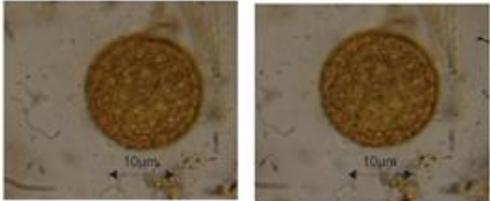
	<p>Identificação: Alismataceae.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito circular, colpo ausente, pantoporado, ornamentação microequinada, forma esferoidal, tamanho médio.</p> <p>Hábito: erva.</p> <p>Fitofisionomia: brejo e campo úmido.</p>
	<p>Identificação: <i>Tapirira</i> sp1, Anacardiaceae.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito circular, tricolporado, poros ialongados, ornamentação estriada, subprolato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: árvore.</p> <p>Fitofisionomia: mata de galeria.</p>
	<p>Identificação: <i>Tapirira</i> sp2, Anacardiaceae.</p> <p>Descrição: mônade, tricolporado, poros ialongados, ornamentação estriada, prolato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: árvore.</p> <p>Fitofisionomia: mata de galeria.</p>
	<p>Identificação: <i>Eryngium</i>, Apiaceae</p> <p>Descrição: mônade, tricolporado, poros ialongados, ornamentação escabrada, perprolato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: erva.</p> <p>Fitofisionomia: brejo, cerrado, campo sujo.</p>
	<p>Identificação: <i>Ilex</i>, Aquifoliaceae.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito subtriangular, tricolporado, poro pouco visível, ornamentação clavada, subprolato a prolato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: árvore.</p> <p>Fitofisionomia: mata de galeria.</p>
	<p>Identificação: <i>Mauritia flexuosa</i>, Arecaceae.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito circular a elíptico, monoporado, poro nem sempre visível, ornamentação equinada com espinhos, esférico, tamanho grande.</p> <p>Hábito: árvore.</p> <p>Fitofisionomia: vereda, brejo.</p>

	<p>Identificação: Asteraceae sp1.</p> <p>Descrição: mônade, tricolporado, ornamentação equinada com espinhos, esferoidal, pequeno.</p> <p>Hábito: erva ou arbusto.</p> <p>Fitofisionomia: várias.</p>
	<p>Identificação: Asteraceae sp2.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito circular, tricolporado, ornamentação equinada com espinhos, oblato-esferoidal, tamanho pequeno.</p> <p>Hábito: erva ou arbusto.</p> <p>Fitofisionomia: várias.</p>
	<p>Identificação: Bignoniaceae.</p> <p>Descrição: mônade, tricolporado, ornamentação reticulada, prolato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: árvore, arbusto, subarbusto ou trepadeira.</p> <p>Fitofisionomia: cerrado, mata de galeria e mata ciliar.</p>
	<p>Identificação: <i>Protium</i>, Burseraceae.</p> <p>Descrição: mônade, tricolporado, poros grandes e retangulares, ornamentação psilada, subprolato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: árvore ou arbusto.</p> <p>Fitofisionomia: mata de galeria, cerradão e cerrado.</p>
	<p>Identificação: Celastraceae.</p> <p>Descrição: mônade, tricolporado, ornamentação reticulada, prolato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: árvore, arbusto ou trepadeira.</p> <p>Fitofisionomia: mata de galeria e cerrado.</p>
	<p>Identificação: <i>Hedyosmum brasiliense</i>, Chloranthaceae.</p> <p>Descrição: mônade, abertura na área apertural em formato de estrela, ornamentação reticulada, oblato-esferoidal, tamanho médio.</p> <p>Hábito: árvore.</p> <p>Fitofisionomia: mata de galeria e brejo.</p>

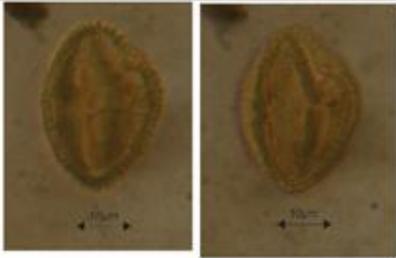
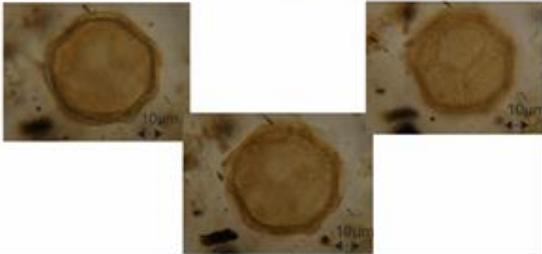
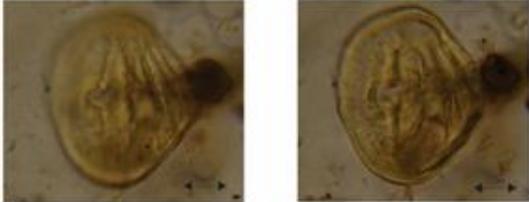
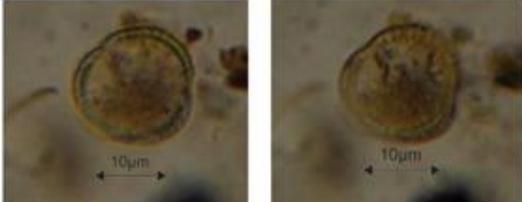
	<p>Identificação: Cyperaceae.</p> <p>Descrição: mônade, abertura do tipo poróide, ornamentação psilada a escabrada, prolato a prolato-esferoidal, tamanho pequeno a médio.</p> <p>Hábito: erva.</p> <p>Fitofisionomia: brejo, campo úmido, cerrado e campos.</p>
	<p>Identificação: Dilleniaceae.</p> <p>Descrição: mônade, tricolporado, ornamentação reticulada, subprolato a prolato, tamanho pequeno.</p> <p>Hábito: árvore ou trepadeira.</p> <p>Fitofisionomia: matas, cerrado e cerradão.</p>
	<p>Identificação: <i>Drosera</i>, Droseraceae.</p> <p>Descrição: tétrede, âmbito triangular de lados convexos, tamanho pequeno.</p> <p>Hábito: erva.</p> <p>Fitofisionomia: brejo e campo úmido.</p>
	<p>Identificação: <i>Sebastiania corniculata</i>, Euphorbiaceae.</p> <p>Descrição: mônade, tricolporado, poros alongados, ornamentação reticulada, subprolato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: subarbusto.</p> <p>Fitofisionomia: cerrado.</p>
	<p>Identificação: <i>Senna sp1</i>, Fabaceae.</p> <p>Descrição: mônade, tricolporado, poros inconspícuos, ornamentação baculada, prolato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: arbusto ou árvore.</p> <p>Fitofisionomia: matas e cerrado.</p>
	<p>Identificação: <i>Senna sp2</i>, Fabaceae.</p> <p>Descrição: mônade, tricolporado, poro indeterminado, prolato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: arbusto ou árvore.</p> <p>Fitofisionomia: matas e cerrado.</p>

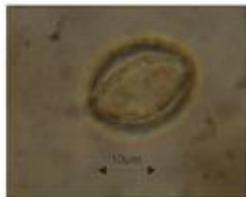
	<p>Identificação: <i>Hyptis</i>, Lamiaceae.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito circular, ornamentação reticulada, oblato-esferoidal, tamanho pequeno.</p> <p>Hábito: subarbusto, erva ou arbusto.</p> <p>Fitofisionomia: cerrado, campos e brejo.</p>
	<p>Identificação: <i>Cuphea micrantha</i>, Lythraceae.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito triangular com ângulos salientes, tricolporado, poros circulares, ornamentação psilada, oblato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: erva ou subarbusto.</p> <p>Fitofisionomia: campo rupestre, cerrado e brejo.</p>
	<p>Identificação: Tipo <i>Eriotheca</i>, Bombacoidea, Malvaceae.</p> <p>Descrição: mônade, tri ou tetracolporado, ornamentação reticulada, prolato, tamanho grande.</p> <p>Hábito: árvore.</p> <p>Fitofisionomia: cerrado.</p>
	<p>Identificação: Melastomataceae.</p> <p>Descrição: mônade, heteroaperfurado com três colporos intercalados com três pseudocolpos, ornamentação psilada, prolato esferoidal, tamanho pequeno.</p> <p>Hábito: vários.</p> <p>Fitofisionomia: várias.</p>
	<p>Identificação: Myrtaceae.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito triangular de lados convexos e ângulo aperfurado, tricolporado, ornamentação escabrada, tamanho pequeno.</p> <p>Hábito: vários.</p> <p>Fitofisionomia: várias..</p>
	<p>Identificação: <i>Peperomia</i>, Piperaceae.</p> <p>Descrição: mônade, monocolpado, âmbito circular, ornamentação verrucada, esférico, tamanho pequeno.</p> <p>Hábito: erva ou arbusto.</p> <p>Fitofisionomia: mata de galeria, cerradão e campos</p>

	<p>Identificação: Poaceae.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito circular, monoporado, com presença de ânulo, esférico, tamanho pequeno a grande.</p> <p>Hábito: erva.</p> <p>Fitofisionomia: vários.</p>
	<p>Identificação: <i>Myrsine</i>, Primulaceae.</p> <p>Descrição: mônade, tetracolporado, poros pouco visíveis, ornamentação escabrada, subprolato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: árvore.</p> <p>Fitofisionomia: mata de galeria e cerrado.</p>
	<p>Identificação: Tipo <i>Borreria</i>, Rubiaceae.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito circular, policolporado, ornamentação baculada, oblato esferoidal, tamanho médio.</p> <p>Hábito: erva.</p> <p>Fitofisionomia: cerrado e campo.</p>
	<p>Identificação: Tipo <i>Spermacoce</i>, Rubiaceae.</p> <p>Descrição: mônade, pantoporado, poros circulares, ornamentação baculada, esférico, tamanho médio.</p> <p>Hábito: erva.</p> <p>Fitofisionomia: cerrado e campos.</p>
	<p>Identificação: <i>Celtis</i>, Ulmaceae.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito circular, triporado, poros circulares, ornamentação escabrada, suboblato, tamanho médio.</p> <p>Hábito: árvore.</p> <p>Fitofisionomia: mata de galeria.</p>
	<p>Identificação: <i>Xyris</i>, Xyridaceae.</p> <p>Descrição: mônade, âmbito retangular, disulcado, prolato, de tamanho médio a grande.</p> <p>Hábito: erva.</p> <p>Fitofisionomia: brejo e campo úmido. Fotografia de Cassino (2014).</p>

	<p>Identificação: <i>Kochia scoparia</i>, Amaranthaceae. Descrição: mônade, pantoporado com poros circulares, ornamentação escabrada, esférico, tamanho médio. Hábito: erva. Fitofisionomia: várias. Polén marcador exótico.</p>
---	---

Estampa 3.2: Descrição dos grãos de pólen não identificados.

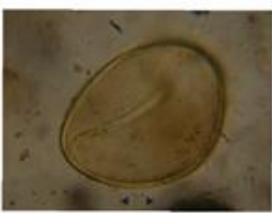
	<p>Código: D1. Descrição: mônade, tricolporado, ornamentação reticulada, prolato, tamanho médio.</p>
	<p>Código: D2. Descrição: mônade, formato poligonal, sem aberturas visíveis, ornamentação reticulada, tamanho muito grande.</p>
	<p>Código: D3. Descrição: mônade, âmbito circular, dicolporado, prolato esferoidal, tamanho médio.</p>
	<p>Código: D4. Descrição: mônade, dicolpado, ornamentação reticulada, oblato, tamanho pequeno.</p>

		<p>Código: D5.</p> <p>Descrição: mônade, tricolporado com poro pouco visível, ornamentação reticulada, tamanho pequeno.</p>
		<p>Código: D6.</p> <p>Descrição: mônade, pantocolpado, sem poros visíveis, prolato, tamanho pequeno.</p>

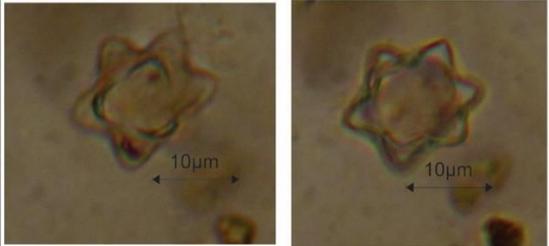
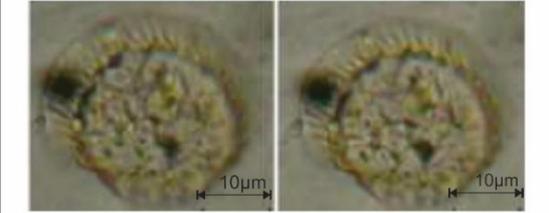
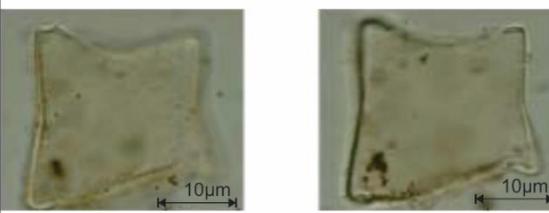
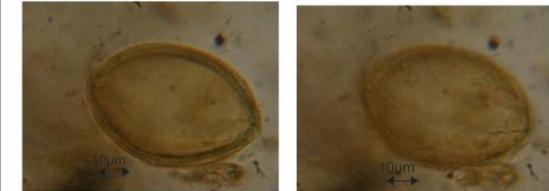
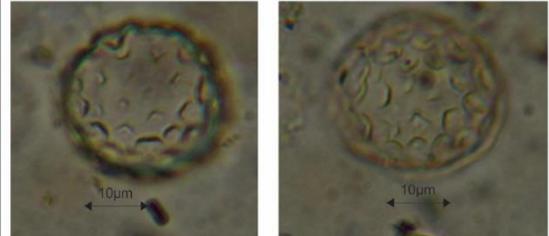
Estampa 3.3: Descrição do esporo de Briófitas.

		<p>Identificação: Briófitas.</p> <p>Descrição: esporo triangular em vista polar, trilete, com espinhos, tamanho médio.</p>
--	--	--

Estampa 3.4: Descrição dos esporos de Pteridófitas.

		<p>Identificação: <i>Lycopodiella</i>, Lycopodiaceae.</p> <p>Descrição: esporo triangular de lados convexos, trilete, gemado, tamanho grande.</p> <p>Hábito: erva.</p> <p>Fitofisionomia: várias.</p>
		<p>Identificação: Pteridófitas.</p> <p>Descrição: esporo monolete, elíptico, tamanho grande.</p>

Estampa 3.5: Descrição dos zigósporos de algas.

	<p>Identificação: <i>Chlamydomonas</i>, Chlamydomonadaceae.</p> <p>Descrição: zigósporo de forma circular com protuberâncias pontiagudas, tamanho pequeno, hialino.</p>
	<p>Identificação: <i>Debarya</i>, Zygnemataceae.</p> <p>Descrição: zigósporo de formato circular com duas valvas, tamanho médio, hialino.</p> <p>Fotografia de Cassino (2014).</p>
	<p>Identificação: <i>Mougeotia</i>, Zygnemataceae.</p> <p>Descrição: zigósporo de formato quadrangular a retangular, tamanho pequeno a médio, hialino.</p> <p>Fotografia de Cassino (2014).</p>
	<p>Identificação: <i>Spyrogira</i>, Zygnemataceae.</p> <p>Descrição: zigósporo de formato oval, com sutura longitudinal, reticulado, coloração castanho claro.</p>
	<p>Identificação: <i>Zygnema</i>, Zygnemataceae.</p> <p>Descrição: zigósporo de formato circular, com perfurações circulares, tamanho médio a grande, hialino.</p>

4.1 Análise palinológica quantitativa

Os resultados da análise palinológica estão apresentados na forma de diagramas polínicos de concentração e porcentagem (Figuras 4.1 a 4.9). Estes foram gerados utilizando-se os resultados obtidos neste trabalho a partir das amostras TFSJ-178, TFSJ-170 e TFSJ-162 e os dados de amostras previamente analisadas na tese de doutorado Cassino (2014), que derivam das amostras TFSJ-182, TFSJ-174, TFSJ-166 e TFSJ-158. A análise de agrupamento (Figuras 4.1 e 4.2) gerou uma separação das amostras em três palinozonas, TFSJ1.1, TFSJ1.2 e TFSJ1.3 da mais antiga para a mais recente, de forma que na zona TFSJ1.1 está a amostra TFSJ-182 que difere de todas as outras, na zona TFSJ1.2 as amostras TFSJ-178, TFSJ-174 e TFSJ-170 e na zona TFSJ1.3 as amostras TFSJ-166, TFSJ-162 e TFSJ-158.

4.1.1 Descrição das Palinozonas

PALINOZONA TFSJ 1.1

A palinozona TFSJ1.1 inclui a amostra TFSJ-182, com idade aproximada de 15.700 anos cal. AP.

TFSJ-182: Amostra analisada por Cassino (2014). Caracterizada por possuir uma alta concentração e porcentagem de Poaceae (Figuras 4.1 e 4.2). Entre os grupos ecológicos se destacam as “Algas”, “Pteridófitas” e “Vários Ambientes” (Figuras 4.1 e 4.2). Apesar da concentração de grãos de pólen de “Árvores do Cerrado” apresentar um pico nos gráficos de somas, seus valores em porcentagem não são significativos, o mesmo ocorre para as “Árvores de Matas”. Os táxons mais abundantes no grupo “Brejo” são Cyperaceae e *Xyris*. Não foram observados grãos de pólen de *Mauritia flexuosa*, (Figura 4.3 e 4.4).

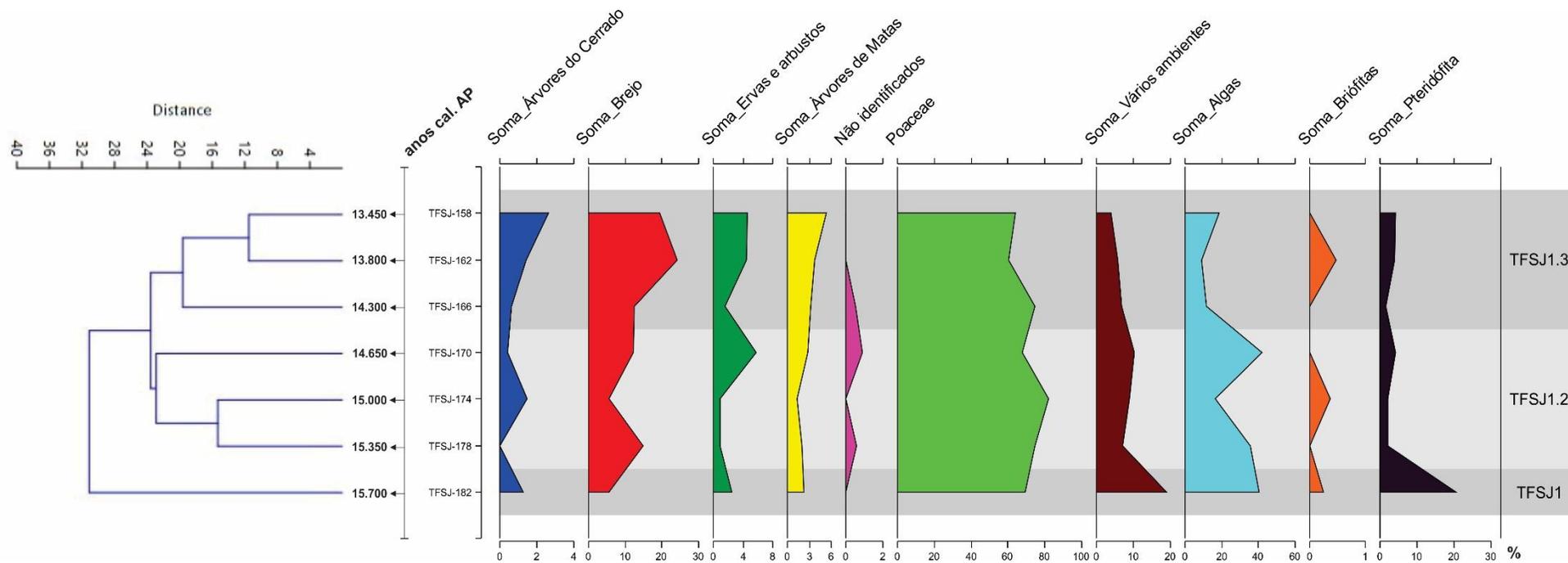


Figura 4.1: Diagrama polínico de porcentagem que contém as somas de todos os grupos ecológicos e a análise cluster.

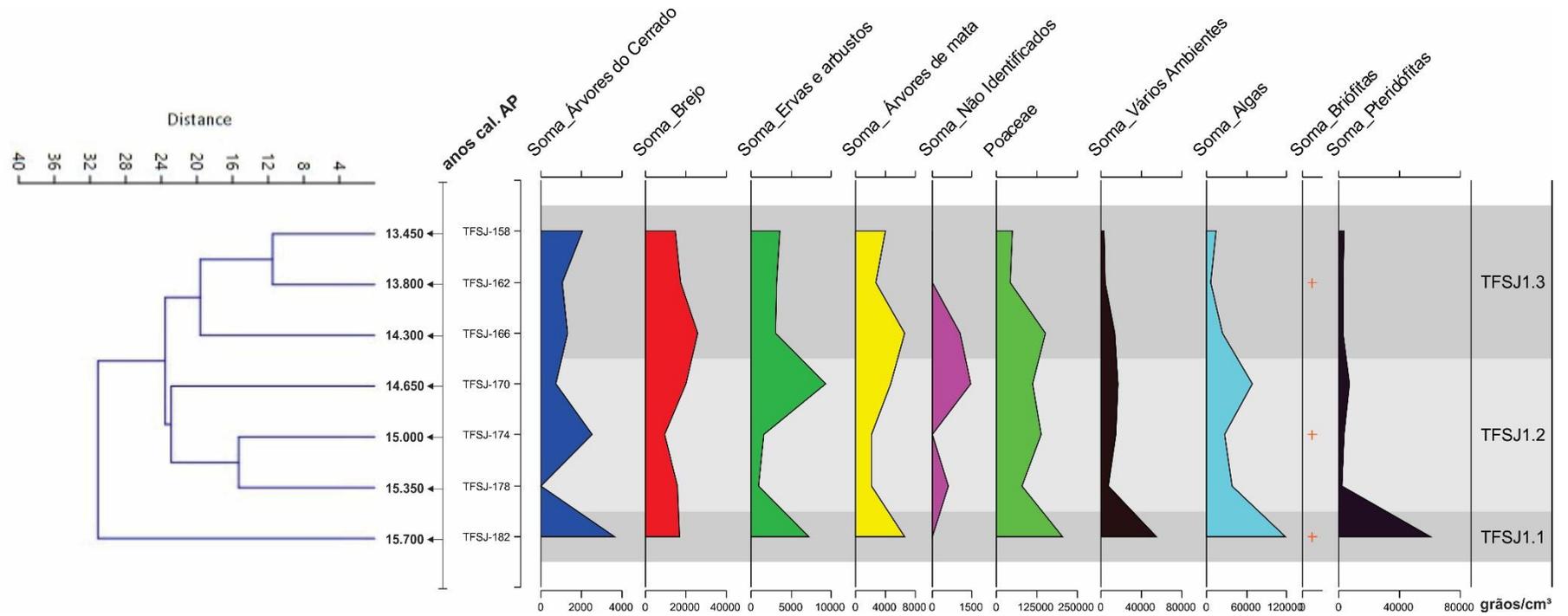


Figura 4.2: Diagrama polínico de concentração que contém as somas de todos os grupos ecológicos e a análise cluster.

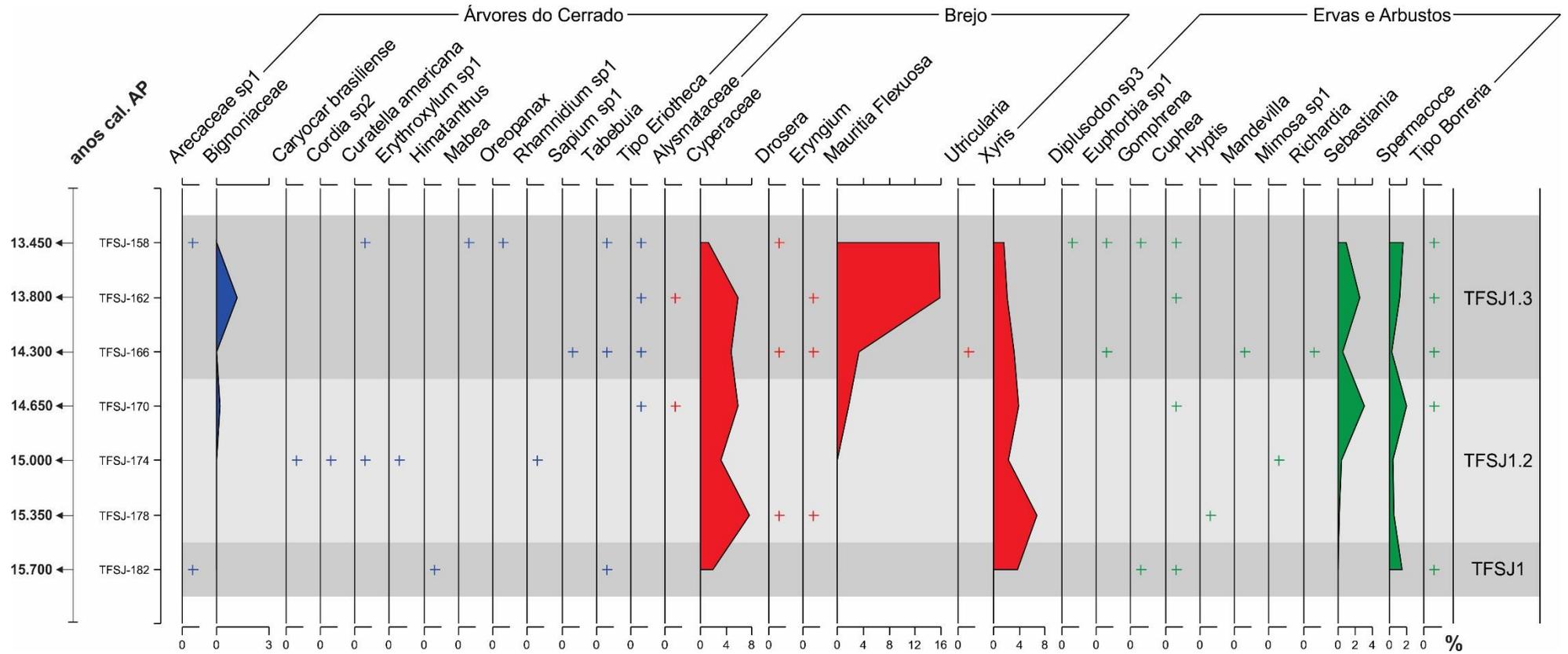


Figura 4.3: Diagrama polínico de porcentagem contendo os táxons dos grupos ecológicos “Árvores de Cerrado”, “Brejo” e “Ervas e Arbustos”.

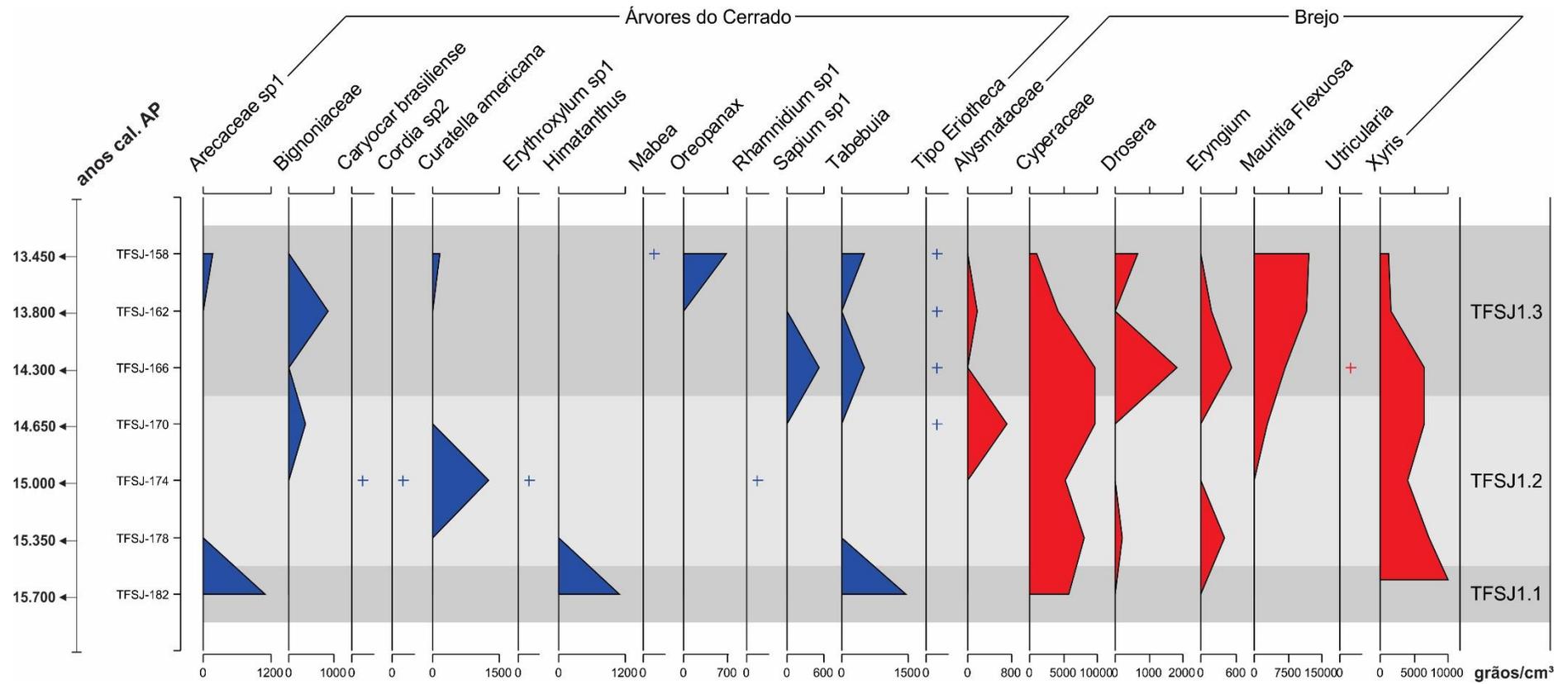


Figura 4.4: Diagrama polínico de concentração contendo os táxons dos grupos ecológicos “Árvores de Cerrado” e “Brejo”.

PALINOZONA TFSJ 1.2

A palinozona TFSJ 1.2 de 178 até 166 cm de profundidade com idade relativa de 15.300 a 14.300 anos cal. AP, contém as amostras TFSJ-178, TFSJ-174 e TFSJ-170, da base para o topo.

TFSJ-178: Apresenta alta concentração e porcentagem de Poaceae, como pode ser observado nos diagramas polínicos das figuras 4.1 e 4.2, atingindo os valores de 70.000 grãos/cm³ e 75%, respectivamente. Entre os grupos ecológicos se destacam “Brejo”, “Vários Ambientes” e “Algas” (Figuras 4.1 e 4.2). A alta porcentagem do grupo “Brejo” se deve ao aumento em porcentagem de Cyperaceae e *Xyris*, ambos com 10.000 grãos/cm³ e 8%, além da presença de *Eryngium* e *Drosera* que não foram encontrados na amostra anterior (Figuras 4.3 e 4.4). Na amostra TFSJ-178 ainda não são observados grãos de pólen de *Mauritia flexuosa* (Figuras 4.3 e 4.4). A alta porcentagem do grupo “Vários Ambientes” se deve ao aumento em porcentagem de Asteraceae e Myrtaceae que compensaram a diminuição de *Peperomia*. Apesar da concentração e porcentagem da soma de “Algas” ter diminuído em relação à amostra anterior, esta ainda possui valores representativos pelo fato de ocorrer um aumento relativo nas algas *Zignema* e *Clamydomonas*. Não são observados grãos de pólen de “Árvores do Cerrado” e observa-se uma diminuição nos grãos de pólen de “Árvores de Matas” (Figuras 4.1 e 4.2).

TFSJ-174: Esta amostra foi analisada por Cassino (2014). Ela é caracterizada por abundância em termos percentuais e de concentração de Poaceae (Figuras 4.1 e 4.2). Os elementos de “Brejo” continuam relativamente pouco abundantes e tem como representantes Cyperaceae e *Xyris*. Ainda não é observada a ocorrência de *Mauritia flexuosa*, (Figuras 4.3 e 4.4). As algas diminuem consideravelmente em relação as amostras anteriores, embora permaneçam abundantes, (Figuras 4.1 e 4.2). Os grãos de pólen de “Árvores do Cerrado” voltam a aparecer no diagrama e pela primeira vez aparecem táxons típicos do cerrado *strictu sensu* e cerradão, como a *Curatella americana* e o *Caryocar brasiliense*, (Figuras 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4). As “Árvores de Matas” se mantém praticamente constante, (Figuras 4.1 e 4.2).

TFSJ-170: Poaceae continua abundante, 60% e 125.000 grãos/cm³, (Figuras 4.1 e 4.2). Ocorre um aumento na soma do “Brejo”, tanto percentuais quanto em concentração, devido ao maior aparecimento de grãos de pólen de Cyperaceae e *Xyris*, e pela primeira vez são observados grãos de pólen de Alismataceae e *Mauritia flexuosa* em baixas concentrações e porcentagens (Figuras 4.3 e 4.4). Foi observado um pico no diagrama em se tratando da soma de “Ervas e Arbusto”, (Figuras 4.1 e 4.2), pois ocorre um aumento considerável nas concentrações e porcentagens dos grãos de pólen de *Sebastiania*, 6.000 grãos/cm³ - 4%, os maiores valores entre os analisados no testemunho, (Figuras 4.3 e 4.5). Observa-se um aumento tanto na soma de “Árvores de Matas”, “Não Identificados” e “Vários Ambientes” (Figuras 4.1 e 4.2), isto se deve ao aumento na

diversidade dos grãos de pólen, principalmente àqueles sem identificação, (Figuras 4.6 e 4.7). As “Algas” apresentam um pequeno aumento em relação a amostra anterior de forma que continuam abundantes.

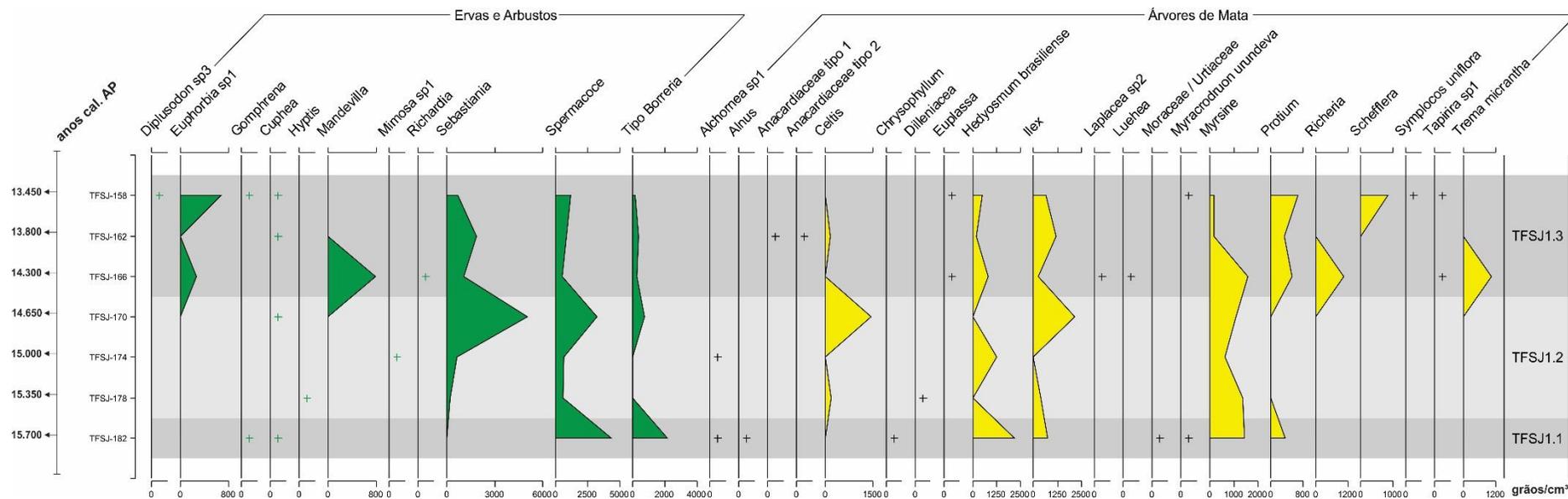


Figura 4.5: Diagrama polínico de concentração, contendo os táxons dos grupos ecológicos “Ervas e Arbustos” e “Árvores de Matas”.

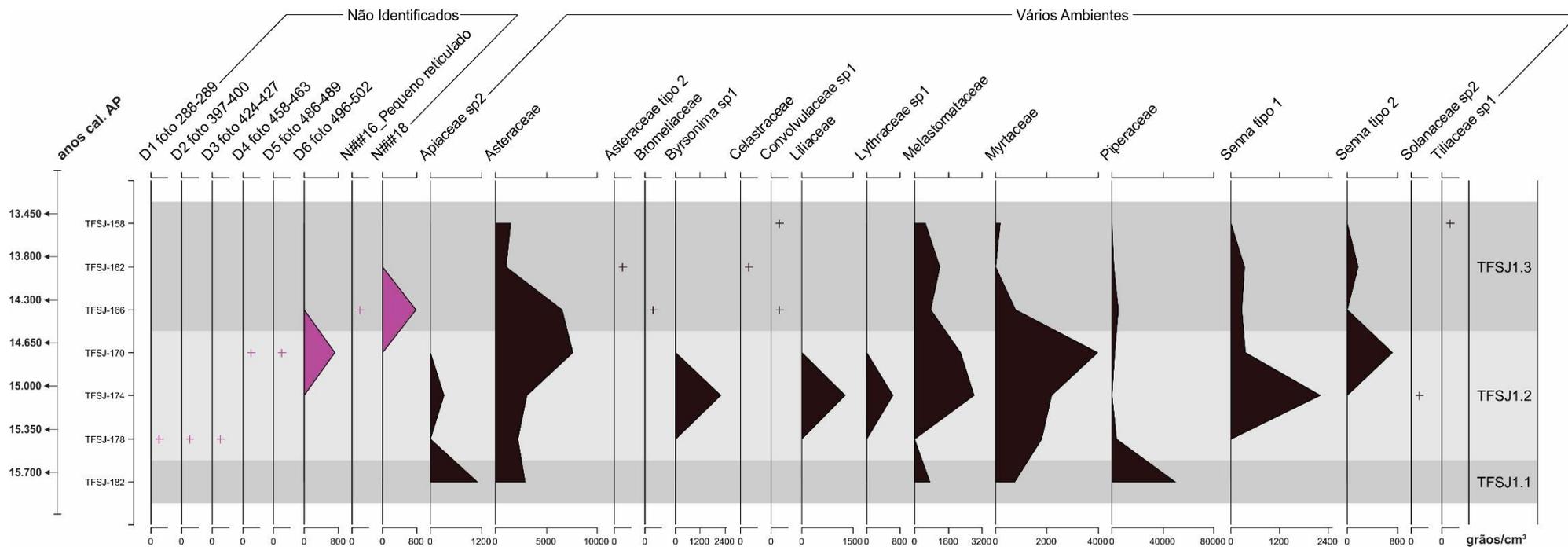


Figura 4.7: Diagrama polínico de concentração, contendo os táxons dos grupos ecológicos “Não identificados” e “Vários Ambientes”.

PALINOZONA TFSJ 1.3

A palinozona TFSJ 1.3 de 166 até 158 cm de profundidade, com idades relativas de 14.300 a 13.450 anos cal. AP, inclui as amostras TFSJ-166, TFSJ-162 e TFSJ-158.

TFSJ-166: Esta amostra foi analisada por Cassino (2014). Ela é caracterizada por conter abundância de grãos de pólen de Poaceae (Figuras 4.1 e 4.2). Na soma de “Árvores do Cerrado” ocorre um pequeno aumento em concentração e porcentagem, da mesma forma observa-se um aumento na soma de “Árvores de Matas”, principalmente devido aos táxons típicos *Tapirira* e *Trema micrantha* (Figuras 4.1, 4.2, 4.5 e 4.6). Na soma “Brejo” ocorre um pico no diagrama de concentração, mas no de porcentagem o grupo encontra-se praticamente constante (Figuras 4.1 e 4.2). Os grãos de pólen de *Mauritia flexuosa* aumentam em concentração e porcentagem, porém os táxons locais mais abundantes continuam sendo Cyperaceae e *Xyris* (Figuras 4.3 e 4.4).

TFSJ-162: Poaceae continua abundante, porém observa-se os menores valores percentuais e de concentração de todas as amostras analisadas, 60% e 70.000 grãos/cm³, (Figuras 4.1 e 4.2). As somas de “Árvores do Cerrado” e “Árvores de Matas” se manteve praticamente constante, isso pode ser explicado pelo aumento da diversidade dos táxons (Figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6). Em táxons de “Brejo” ocorre um aumento de *Mauritia flexuosa*, (Figuras 3.3 e 3.4). Observa-se uma diminuição gradual em todas as outras somas principalmente as “Algas” (Figuras 4.1 e 4.2), porém estas continuam significativas nas amostras, principalmente do gênero *Mougeotia* ainda são abundantes, (Figuras 4.8 e 4.9).

TFSJ-158: Amostra analisada por Cassino (2014). Ela foi caracterizada por conter a maior concentração e porcentagem de *M. flexuosa* observada em todas as amostras (Figuras 4.3 e 4.4), porém Poaceae continua abundante. A concentração total de grãos é a mais baixa em relação às amostras anteriores. A diversidade de táxons arbóreos continua influenciando na diminuição da soma de “Árvores do Cerrado” e “Árvores de Matas” (Figuras 4.1 e 4.2), mas são observados alguns táxons típicos do cerrado, como *Curatella americana* (Figuras 4.3 e 4.4) e de matas de galeria, como *Euplassa* (Figuras 4.5 e 4.6). As algas continuam abundantes.

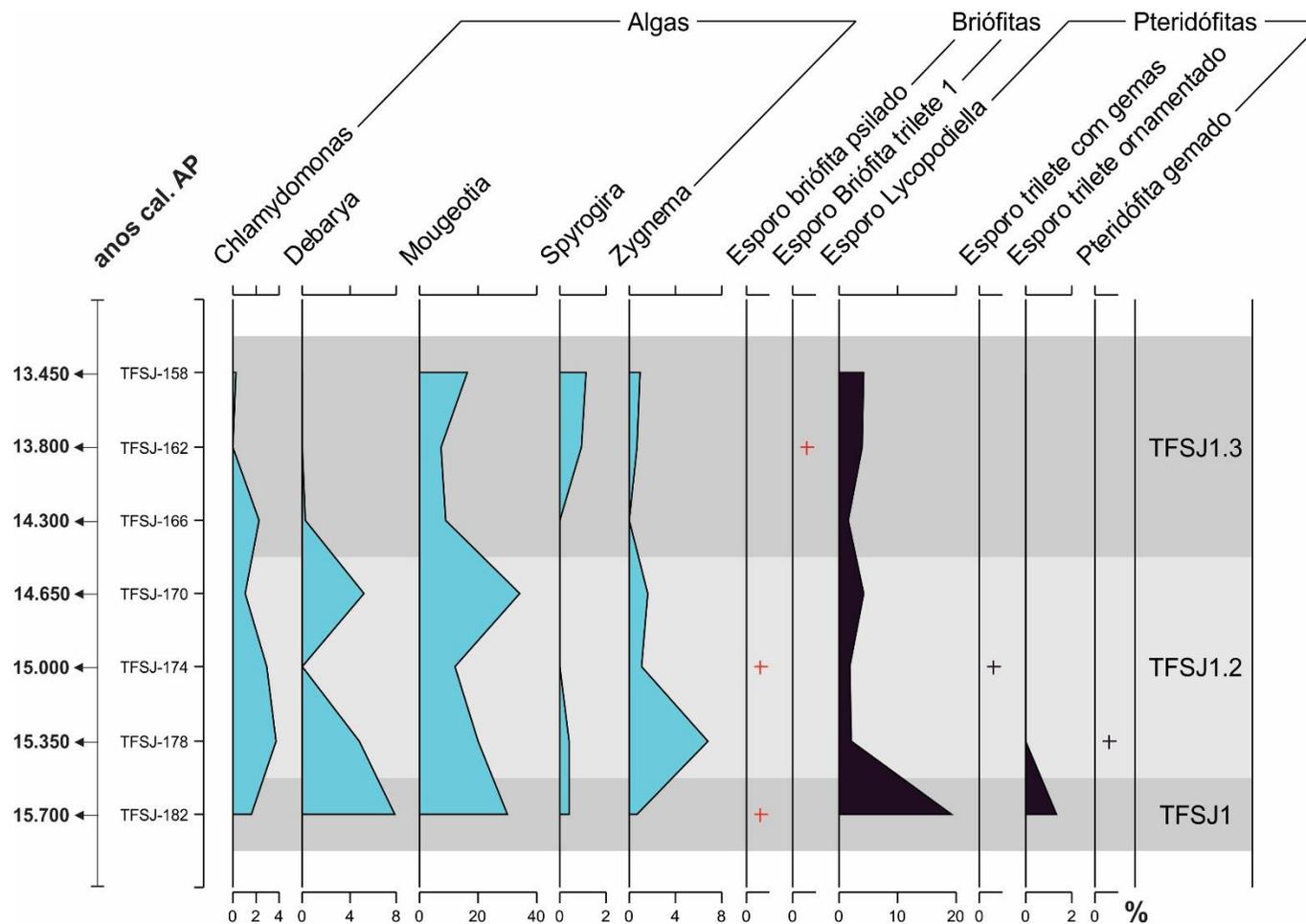


Figura 4.8: Diagrama polínico de porcentagem, contendo os grupos ecológicos Algas, Briófitas e Pteridófitas.

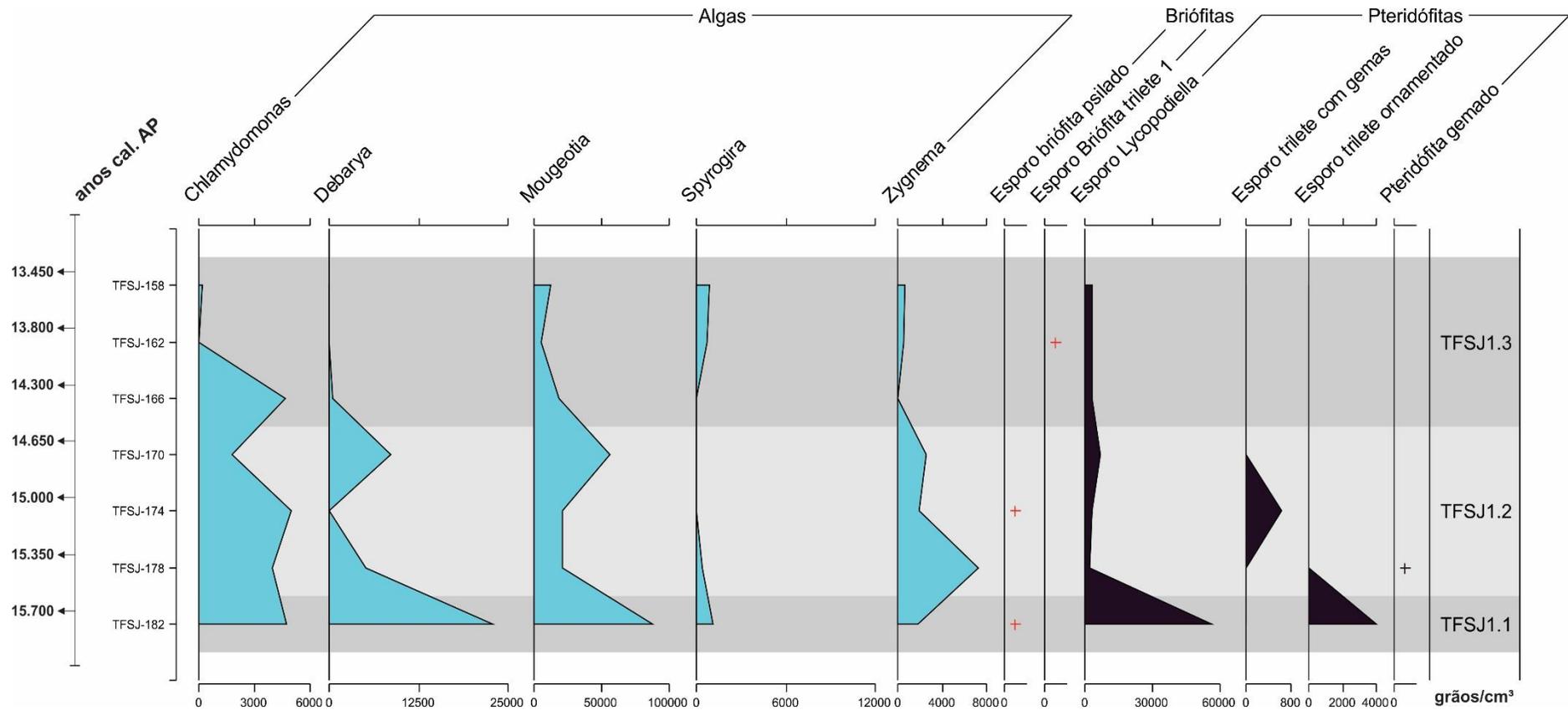


Figura 4.9: Diagrama polínico de concentração contendo os grupos ecológicos Algas, Briófitas e Pteridófitas.

4.1.2 Comparação com análogos modernos

Inicialmente, a Análise de Componentes Principais foi elaborada utilizando-se dezessete táxons selecionados e 24 amostras superficiais que foram analisadas na tese de doutorado Cassino (2014).

As amostras superficiais são em sua maioria de áreas de preservação do Cerrado, sendo onze provenientes do Parque Nacional de Brasília, código PNB; nove do Parque Nacional Grande Sertões Veredas, código PGSV; uma amostra da Reserva Biológica da Contagem, área adjacente ao Parque Nacional de Brasília, código RBC01 e três amostras isoladas, CD01 coletada em um enclave de cerrado em meio à Caatinga na Chapada Diamantina (BA), SE01 da Serra do Espinhaço na região de Diamantina e MG01 que provém de uma vereda do município de Buritizeiro. As amostras superficiais foram selecionadas de forma a abranger a maior diversidade de ambientes dentro do bioma Cerrado e classificadas de acordo com o ambiente local e a vegetação regional que estão inseridas. Os pontos de coleta foram escolhidos de modo a representar os estágios pelos quais uma vereda pode passar

A instalação de uma vereda se dá a partir de certas condições propícias, que envolvem o desenvolvimento de drenagens em áreas planas quando o lençol freático é aflorante e seu escoamento é lento. Os buritis crescem enfileirados acompanhando a drenagem, considerado o início da instalação da vereda. Neste estágio, os buritis são jovens e estão espaçados entre si, enfileirados e circundados por uma vegetação herbácea. Em seguida ocorre o aprofundamento e alargamento da drenagem que possibilita o desenvolvimento do estrato arbustivo na “Área Central da Vereda”, os buritis se tornam mais agrupados e densos. Nas “Bordas de Vereda” há o predomínio de uma vegetação herbácea. Com o prosseguimento do desenvolvimento da drenagem, esta se transforma em um pequeno córrego canalizado ao centro da vereda, a partir deste estágio ocorre a formação de matas de galeria. As “Matas de Galeria” são caracterizadas por uma vegetação arbórea no entorno do canal e ocorre a diminuição dos buritis. As áreas alagadas com predomínio de vegetação herbácea foram classificadas como “Brejo” (Cassino 2014).

A vegetação regional foi caracterizada como sendo a fitofisionomia predominante no entorno do sítio deposicional: campo limpo, cerrado *sensu stricto*, campo sujo, campo rupestre e matas.

A Análise de Componentes Principais utilizando os dezessete táxons e incluindo as amostras superficiais e fósseis resultou nos diagramas apresentados nas figuras 4.10 e 4.11. As amostras superficiais permitiram a delimitação de quatro áreas: “Brejo”, “Bordas de Veredas”, “Área Central da Vereda” e “Matas de Galeria” (Figura 4.10), de acordo com o ambiente em as amostras foram coletadas. O posicionamento das amostras fósseis nestas áreas definidas pelas

amostras superficiais reflete as mudanças que ocorreram ao longo do tempo e a evolução da vereda São José entre 15.700 anos cal. AP e 13.450 anos cal. AP (Figura 4.11).

Nestes diagramas, o primeiro componente (Eixo 1) é responsável por 76% da variância entre os conjuntos polínicos e o segundo componente (Eixo 2) por 18% da variância (Figuras 4.10 e 4.11).

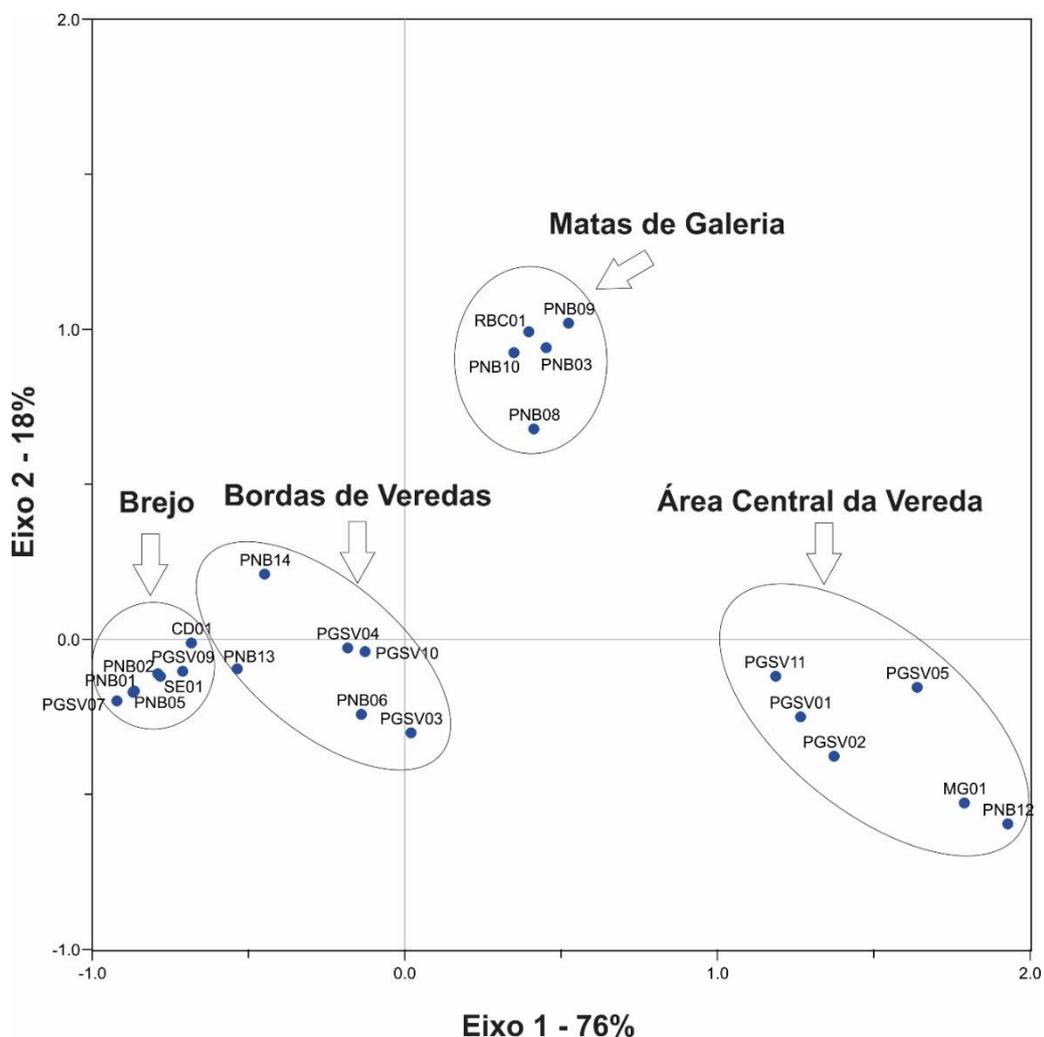


Figura 4.10: Diagrama resultante da Análise de Componentes Principais calculada com o grupo de dezessete táxons para as vinte e quatro amostras superficiais, que possibilitaram a delimitação dos campos de cada ambiente.

As amostras TFSJ-182, TFSJ-178, TFSJ-174, TFSJ-170 caíram no campo “Brejo” (Figura 4.11). De acordo com o diagrama podem ser comparadas às amostras superficiais PNB01, PNB05, PNB02 e SE01. Isto indica que entre o período de 15.700 a 14.300 anos cal. AP não havia ainda uma vereda com buritis, o ambiente local era encharcado com predomínio de vegetação herbácea. Os buritis estavam ausentes ou mais afastados, já que foram encontrados grãos de pólen de *M. flexuosa* na amostra TFSJ-170, em pequenas concentrações e porcentagem, como já foi descrito anteriormente.

A amostra TFSJ-166 se encontra também no campo “Brejo”, porém já próximo à borda que delimita o ambiente “Bordas de Vereda” (Figura 4.11). Correlaciona-se com a amostra superficial PGSV09. Isto ocorre nesta amostra devido ao aumento da presença de grãos de pólen de *M. flexuosa*, o que indica a maior presença de buritis na área. Pode-se interpretar que está iniciando o processo de formação da vereda.

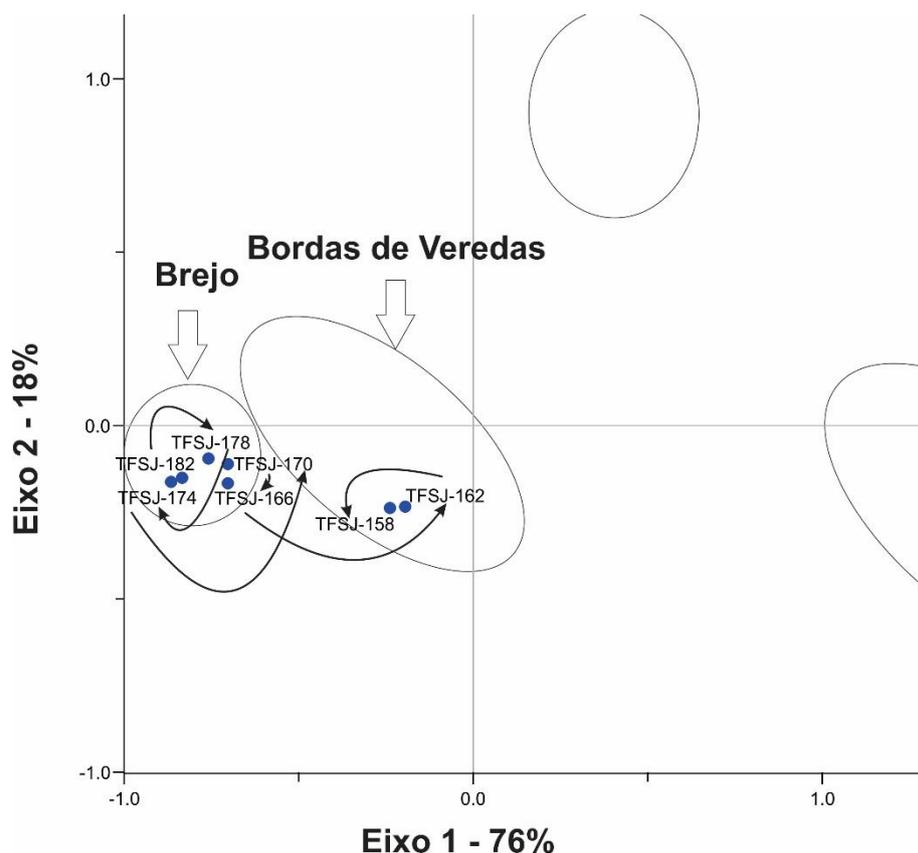


Figura 4.11: Diagrama resultante da Análise de Componentes Principais calculada com grupo de dezessete táxons para as amostras fósseis.

As amostras TFSJ-162 e TFSJ-158 estão localizadas no ambiente “Bordas de Veredas” e são comparáveis à amostra superficial PNB06. Isto indica que a partir de 13.800 anos cal. AP a vereda já havia se formado. Estas amostras possuem as maiores concentrações e porcentagens de *M. flexuosa* que foram analisadas. Os buritis já estavam mais presentes, o que confirma uma provável expansão da vereda.

4.1.3 Interpretação paleoecológica

Os dados descritos para a palinozona TFSJ1.1 e a posição da amostra TFSJ-182 no diagrama da análise de componentes principais, no campo “ Brejo”, indicam que em torno de 15.700 anos cal AP, a vereda São José não havia ainda se formado. Não são observados grãos de pólen de *Mauritia flexuosa*, assim não há ocorrência de buritis.

Adotando o conceito de brejo como uma área úmida em que a vegetação aquática oculta seu espelho d’água, dominada por plantas aquáticas emergentes (Soffiati 1996 e Moore 2006 *in* Vilaça 2011), e levando em consideração a abundância de algas *Mougeotia* na amostra TFSJ-182, interpreta-se que a paisagem era muito diferente da atual, caracterizada por um brejo com uma lamina d’água fina e a vegetação no entorno era predominantemente campestre. Estas características da vegetação indicam um clima mais frio e úmido que o atual (Figura 4.12).

A palinozona TFSJ1.2, engloba as amostras TFSJ-178, TFSJ-174 e TFSJ-170, de acordo com o diagrama da análise de componentes principais, estas situam-se no campo “Brejo”, indicando que a partir de 15.300 anos cal. AP até 14.300 anos cal. AP, não havia ainda a formação de uma vereda.

A partir da definição de turfeira, de acordo com Horák (2009), estes ecossistemas são compostos por organossolos onde se encontra turfa. As turfás são constituídas por restos vegetais em decomposição que se acumulam sobre outros restos vegetais anteriores, em um ambiente encharcado. E observando a diminuição na soma de algas que ocorre na amostra TFSJ-178, acredita-se a partir do brejo formou-se uma turfeira, onde não mais havia a lâmina d’água. A vegetação ao redor começa a migrar para um cerrado *sensu stricto* ralo. Interpreta-se que o clima continua úmido, porém deve ter começado a esquentar em torno de 14.650 anos cal. AP, já que na amostra TFSJ-170 são observados grãos de pólen de *Mauritia flexuosa*. Este dado indica a presença de buritis, que são palmeiras que têm preferência por um clima mais quente.

A palinozona TFSJ1.3, incluiu as amostras TFSJ-166, TFSJ-162 e TFSJ-158. De acordo com o diagrama de análise de componentes principais a amostra TFSJ-166 ainda se mantém no campo “Brejo”, as amostras seguintes estão inseridas na área do ambiente “Bordas de Veredas”. A partir desses dados pode-se afirmar que, a vereda propriamente dita começou a se instalar a partir de 14.300 anos cal. AP e a vegetação que era em sua maioria arbustiva está migrando para uma vegetação mais arbórea (Figura 4.12). Isto se dá, principalmente, devido ao desenvolvimento de matas de galeria e árvores típicas do cerrado que iniciam a colonização ao redor da vereda. Em torno de 13.800 anos cal. AP acredita-se que a vereda esteja instalada e bem desenvolvida, com a presença abundante de buritis, devido às grandes concentrações e porcentagens de *M. flexuosa* nas amostras TFSJ-162 e TFSJ-158. Interpretou-se ainda que a vereda estaria em processo de expansão, com a vegetação regional ainda do tipo cerrado *sensu stricto* ralo, com matas de galeria

Pessoa, L. K. G. 2017 Paleo-vegetação e Paleo-clima no Pleistoceno do Cerrado no Norte ...
a jusante. O clima permanece mais quente e úmido em relação ao observado na palinozona anterior.

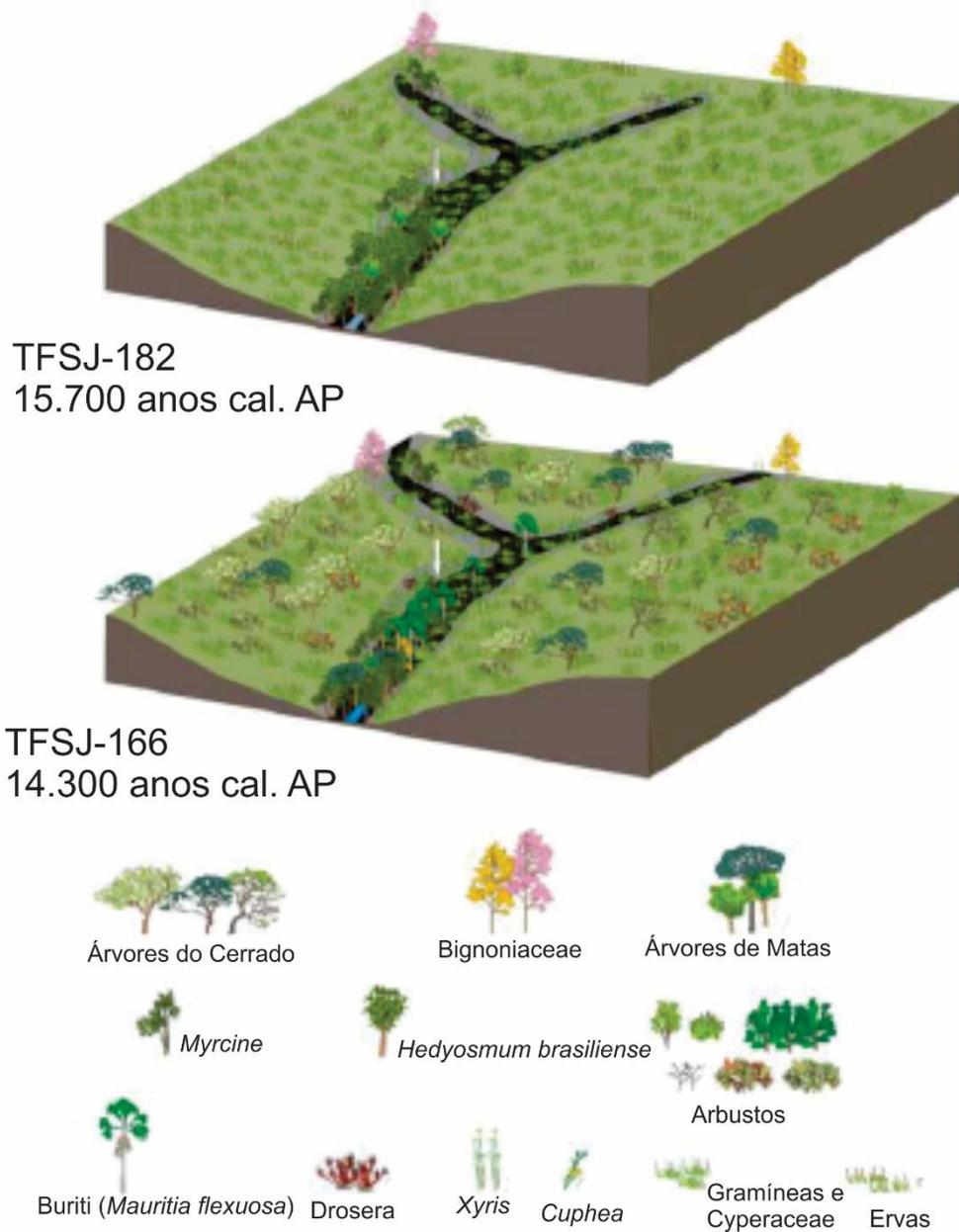


Figura 4.12: Representação esquemática da paisagem refletida pelos conjuntos polínicos das amostras TFSJ-182 (15.700 anos cal. AP) e TFSJ-166 (14.300 anos cal. AP). A seta branca indica o local de coleta do testemunho. Imagem modificada de Cassino (2014).

5.1 Discussão dos Resultados

Retomando os objetivos que motivaram a execução deste trabalho e visando responder às questões que foram levantadas, é necessária a comparação destes resultados com dados obtidos no estudo de outros sítios palinológicos do cerrado, porque possibilita correlacionar as mudanças ocorridas na vegetação e propor padrões de evolução climática para a região do norte de Minas Gerais.

Levando em consideração o intervalo de tempo de 16.000 anos cal. AP a 13.000 anos cal. AP, para que seja possível uma correlação com a vereda São José, serão comparados os dados das localidades: Lagoa do Caçó (Ledru *et al.* 2006), Carajás (Absy *et al.* 1991 *in* Meyer 2013), Lagoa da Confusão (Behling 2002), Cromínia (Ferraz-Vicentini & Salgado-Labouriau 1996), vereda Urbano (Lorente *et al.* 2010), Lagoa Serra Negra (De Oliveira 1992), Salitre (Ledru 1993), Lagoa dos Olhos D'água (De Oliveira 1992), Lagoa dos Mares (Raczka 2009) e vereda Águas Emendadas (Barbieri *et al.* 2000) (Figura 5.1).

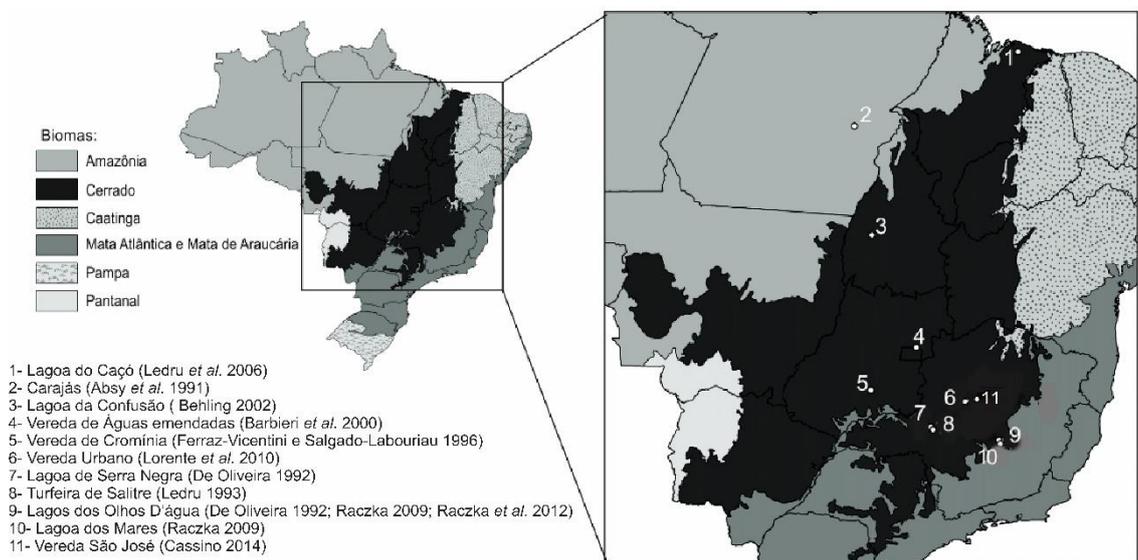


Figura 5.1: Localização dos registros palinológicos do cerrado comparados neste trabalho em relação a vereda São José. Imagem modificada de (Meyer *et al.* 2013).

Comparando os dados de idades próximas a 15.000 anos cal. AP, das veredas São José e Urbano, observa-se a ocorrência de um único grão de pólen de *Alnus*, árvore que não ocorre no Brasil atualmente, e só é encontrada na América do Sul, na região dos Andes (Lorente *et al.* 2010;

Pessoa, L. K. G. 2017 Paleo-vegetação e Paleo-clima no Pleistoceno do Cerrado no Norte ...

Cassino 2014). Na vereda São José isto foi constatado na palinozona TFSJ1.1 na amostra TFSJ-182 analisada por Cassino (2014), porém não foi encontrado mais nenhum grão de pólen deste táxon na amostra seguinte TFSJ-178, incluída na palinozona TFSJ1.2.

O surgimento de *Mauritia flexuosa* na amostra TFSJ-170 da vereda São José, por volta de 14.600 anos cal. AP, coincide com o aparecimento deste tipo polínico na vereda da Fazenda Urbano em uma idade semelhante, de forma que conclui-se que em ambas localidades houve a formação de turfeiras, precedendo a instalação da vereda propriamente dita, isso pode ser explicado pela ocorrência de um clima frio, que impede o desenvolvimento dos buritis, que estão restritos a regiões de climas quentes, (Oliveira-Filho & Ratter 2000 in Cassino 2014).

A evolução da vereda São José, em resumo, teve início com um clima frio e úmido a 15.700 anos cal. AP, o ambiente local era um brejo com uma vegetação regional campestre, em torno de 15.300 anos houve uma pequena diminuição na umidade, mas com temperaturas baixas a ponto de impedir o desenvolvimento de veredas e buritizais, o ambiente local migra de brejo para uma turfeira, a vegetação regional ainda é em sua maioria campestre. Os buritis começam a aparecer escassos por volta de 14.650 anos cal. AP, quando se dá o início da instalação da vereda. Árvores típicas de cerrado e de matas de galeria começam a se desenvolver, e a vegetação regional passa a ser caracterizada como cerrado *sensu stricto* ralo. E a partir de 13.800 anos o clima passa a ser mais quente e úmido muito semelhante ao atual, a vereda começa um processo de expansão e os buritis se tornam muito abundantes, a vegetação regional se mantém como Cerrado *sensu stricto* ralo.

De forma diferente ao observado na vereda São José, na Lagoa de Caçó (Ledru *et al.* 2006), até cerca de 14.000 anos cal. AP foi constatado um clima seco, a partir desta idade o clima é considerado úmido, em torno de 13.500 o clima se torna semiúmido (Figura 5.2), muito semelhante ao encontrado no Cerrado atualmente e correlaciona-se com o clima observado na vereda São José por volta de 13.450 anos cal. AP.

Em Carajás (Absy *et al.* 1991 in Meyer 2013), também distintamente ao que foi observado na vereda São José, até 14.500 anos cal AP há um hiato deposicional, depois o clima se torna semiárido até 12.500 anos cal. AP. A diminuição de umidade também pode ser observada na Lagoa da Confusão, onde o clima semiárido é constatado em todo o intervalo avaliado (Figura 5.2).

Na vereda de Cromínia (Ferraz-Vicentini & Salgado-Labouriau 1996), entre 18.500 (~20.400 anos cal. AP) e 11.300 anos AP (~11.200 anos cal. AP), houve uma diminuição na concentração da maioria dos palinomorfos e o pequeno corpo lacustre foi substituído por um pântano circundado por gramíneas. A ausência de grãos de pólen de *Mauritia*, o predomínio de grãos de pólen de elementos herbáceos como *Poaceae*, *Asteraceae* e *Cyperaceae*, sugerem que

no local havia uma vegetação com pouca diversidade de espécies, influenciada por condições climáticas mais secas que as atuais, semelhante às descritas para regiões de clima seco (Ferraz-Vicentini & Salgado-Labouriau, 1996) (Figura 5.2), divergente ao observado na vereda São José.

Na Lagoa de Serra Negra (De Oliveira 1992), até cerca de 14.340 anos AP (~15.500 anos cal. AP), as condições climáticas eram mais úmidas e frias do que as atuais, coincidentes ao que foi observado no mesmo intervalo para a vereda São José. Porém, o registro palinológico era constituído por grãos de pólen de elementos tropicais associados a elementos de vegetação de altas altitudes como *Araucaria*, *Podocarpus*, *Ilex* e *Ericaceae*. Após 15.500 anos cal. AP os grãos de pólen dos táxons de vegetação de altas altitudes não foram registrados na sequência sedimentar e os táxons de savana começaram a aumentar, sugerindo uma redução na precipitação pluviométrica e aumento da temperatura (De Oliveira 1992 in Lorente *et al.* 2010). O aumento de temperatura e a formação das savanas são anteriores ao processo de formação destes na vereda São José.

Em Águas-Emendadas (Barbieri *et al.* 2000) os registros polínicos têm início em 26.000 anos AP (~28.300 anos cal. AP), onde o clima mais úmido tem um intervalo menor, até 22.000 anos AP (~24.250 anos cal. AP), e passa a ser menos úmido a partir desta idade. Onde o clima semiárido predomina em todo o intervalo estudado (Figura 5.2). Também não pôde ser observado nesta localidade de cerrado, similaridades com as mudanças climáticas interpretadas para a vereda São José.

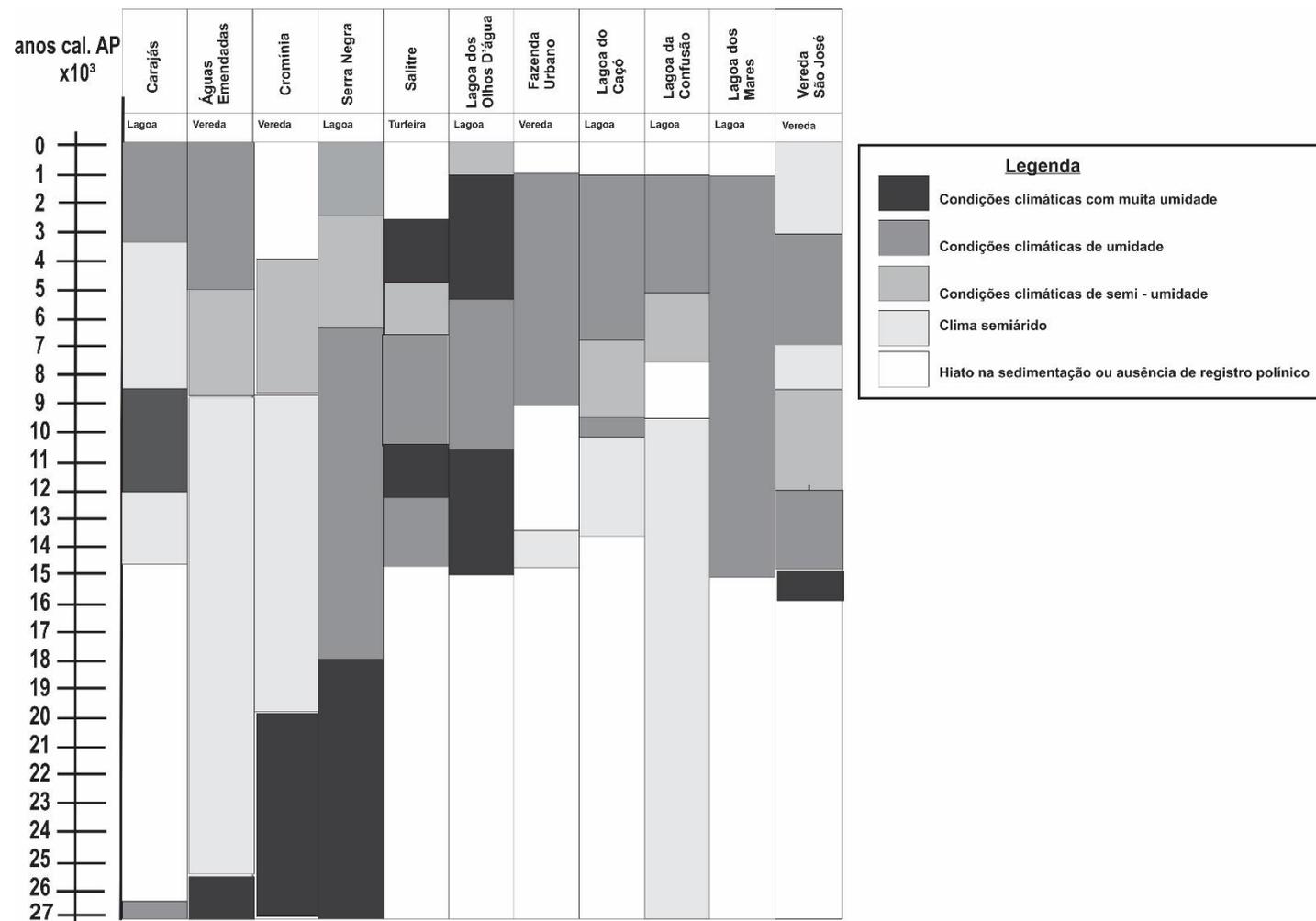


Figura 5.2: Comparação da sequência das mudanças climáticas baseadas em registros polínicos do cerrado brasileiro.

Na turfeira de Salitre (Ledru 1993), os registros palinológicos têm início em aproximadamente 15.500 anos cal. AP e observa-se que o clima determinado foi úmido, que permanece até 12.500 anos cal. AP, observa-se uma diminuição na umidade e o clima passar a ser semiúmido, e em torno de 11.500 anos cal AP. a umidade aumenta novamente e o clima determinado foi muito úmido. Até 11.500 anos cal. AP há grande semelhança com o que foi observado na vereda São José para o mesmo intervalo de tempo.

Na Lagoa dos Olhos D'água (De Oliveira 1992), o clima úmido é detectado durante todo o intervalo de 20.000 anos cal. AP a 12.500 anos cal. AP, quando a umidade diminui e o clima passa a ser semiúmido. Diferencia-se da vereda São José que tem sua diminuição da umidade anterior a este intervalo de tempo.

Por fim, na Lagoa dos Mares (Raczka 2009), durante todo o intervalo analisado de 20.000 anos cal. AP e 10.000 anos cal. AP o clima permaneceu úmido.

Correlacionando os dados obtidos neste trabalho com os resultados obtidos em outros registros fósseis do cerrado é possível afirmar que a transição climática constatada que ocorreu no final Pleistoceno - início do Holoceno não ocorreu de forma uniforme em todas as localidades de ocorrência do cerrado. Observa-se a instalação de microclimas, que possivelmente estão associados a altitude e condições de umidade local.

O que de fato pode-se afirmar é que em um curto intervalo de tempo, em torno de 2.000 anos, foram observadas variações na umidade que influenciaram muito as mudanças climáticas e a evolução da vegetação e a formação de brejos, turfeiras e veredas.

6.1 Conclusões Finais

Os novos dados palinológicos adquiridos a partir do estudo das amostras TFSJ-178, TFSJ-170 e TFSJ-162 permitiram um detalhamento da evolução da vereda São José, assim como da transição da vegetação, da paisagem e na mudança climática sofrida na região.

Foi constatado pela amostra TFSJ-178, localizada na base do testemunho, de idade aproximada de 15.300 anos cal. AP, a não ocorrência de grãos de pólen de *Alnus*, de forma que este dado está restrito à palinozona TFSJ1.1.

A amostra TFSJ-170 apresentou grãos de pólen de *Mauritia flexuosa* não era conhecido que fossem encontrados nesta amostra, somente na amostra seguinte, indicando que a vereda começou a se formar por volta de 14.650 anos cal. AP. A vegetação regional nesta amostra já está consolidada como Cerrado *sensu stricto* ralo, devido à presença de grãos de pólen arbóreos do Cerrado e de grãos de pólen de matas de galeria.

Na amostra TFSJ-162 a vereda está totalmente instalada, e dá início a um processo de expansão, que foi comprovado a partir da abundância de grãos de pólen de *M. flexuosa* observados nesta amostra.

Dessa forma, foi possível determinar alguns aspectos relativos aos conjuntos polínicos e a vegetação do cerrado. Por exemplo a abundância de Poaceae em todas as amostras analisadas, principalmente nas de brejo, e a considerável concentração de pólenes de *Mauritia flexuosa* nas amostras de vereda, comparadas às concentrações de árvores do cerrado e matas de galeria, mostram que os táxons locais são mais abundantes em percentual que os grãos de pólen de táxons das vegetações regionais, que possuem maior diversidade de elementos arbóreos. Pode-se então concluir que as altas concentrações de ervas e Poaceae não estão relacionados diretamente ao grau de abertura da vegetação regional, mas são influenciadas pela vegetação do ambiente local.

Os diagramas polínicos gerados a partir da Análise de Componentes Principais e análise cluster, dividiram as amostras em três palinozonas e permitiram a interpretação das seguintes características da paisagem:

- **TFSJ 1.1** - 15.700 anos cal. AP a 15.300 anos cal. AP, a paisagem é constituída por um brejo circundado por uma vegetação majoritariamente campestre, o clima é frio e úmido.
- **TFSJ 1.2** - 15.300 anos cal. AP a 14.300 anos cal. AP, a paisagem passa por uma transição que se dá a partir da formação de uma turfeira, a vegetação do entorno também se modifica para um Cerrado *stricto sensu* ralo, o clima continua úmido, porém em torno de 14.650 anos cal. AP os buritis iniciam sua colonização e se dá o início da formação da vereda concomitante a elevação da temperatura.
- **TFSJ 1.3** – 14.300 anos cal. AP a 13.450 anos cal. AP, ocorre a consolidação da instalação da vereda, a vegetação regional se consolida como Cerrado *stricto sensu* ralo e o clima é mais quente e relativamente úmido. A partir de 13.800 anos cal. AP a vereda inicia o processo de expansão.

A comparação das palinozonas definidas no testemunho da Fazenda São José com dados de outros registros polínicos do cerrado permitiu, portanto, acrescentar informações que ajudaram a caracterizar a evolução do paleo-clima da região noroeste de Minas Gerais.

Referências Bibliográficas

- ANDERSON, P.M.; BARTLEIN, P.J.; BRUBAKER, L.B.; GAJEWSKI, K.; RITCHIE J.C. 1989. Modern Analogues of Late-Quaternary Pollen Spectra from the Western Interior of North America. *Journal of Biogeography*, **16**(6): 573-596.
- AZEVEDO, A., O planalto Brasileiro e o problema de classificação de suas formas de relevo, (Boletim da AGB, 1949).
- BARBERI, M.; SALGADO-LABOURIAU, M.L. & SUGUIO, K. 2000. Paleovegetation and paleoclimate of “Vereda de Águas Emendadas”, central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **13**: 41-254.
- BEHLING, H. 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology*, **14**(3):253-268.
- BEHLING, H. 2002. Late Quaternary Vegetation and Climate Dynamics in Southeastern Amazonia Inferred from Lagoa da Confusão in Tocantins State, Northern Brazil. *Amazoniana*, **17**(1/2):27-39.
- BEHLING, H. 2003. Late Glacial and Holocene Vegetation, Climate and Fire History Inferred from Lagoa Nova in the Southeastern Brazilian Lowland. *Vegetation History and Archaeobotany*, **12**: 263-270.
- BENNETT, K.D., Willis, K.J. 2001. Pollen. In: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*, vol.3, Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 5-32.
- BUSH, M.B.; WENG, M.B. 2006. Introducing a new (freeware) tool for palynology. *Journal of Biogeography*, **34**: 377-380.
- CASSINO, R.F.; MEYER, K.E.B. 2013. Reconstituição Paleoambiental do Chapadão dos Gerais durante o Quaternário Tardio, a partir da Análise Palinológica da Vereda Laçador. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **16**(1): 127-146.
- CASSINO, R.F. Reconstituição Paleoambiental da região dos Cerrados do Norte de Minas Gerais baseada na Análise Palinológica de Sedimentos de Veredas e na Comparação com Conjuntos Polínicos Atuais. 2014. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília (UnB).
- COHEN, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013; updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes **36**: 199-204. Disponível em: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2017-02.pdf>. Acessado em: 10 de junho de 2017.
- COLINVAUX, P.; DE OLIVEIRA, P.E.; PATINO, J.E.M. 1999. *Amazon Pollen Manual and Atlas/Manual e Atlas Palinológico da Amazônia*. Harwood Academic Publishers. Amsterdam, 322pp.
- COUTINHO, L.M. O Conceito de Bioma. 2006. *Acta bot.bras.* **20**(1): 13-23. 2006.
- DE OLIVEIRA, P.E.; BARRETO, A.M.F.; SUGUIO, K. 1999. Late Pleistocene/Holocene Climatic and Vegetational history of the Brazilian Caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, **152**: 319 - 337.
- DE OLIVEIRA, P.E. 1992. A palynological record of Late Quaternary vegetational and climatic change in southeastern Brazil. The Ohio State University, Ohio. 238p.
- FERRAZ-VICENTINI, K.R., Salgado-Labouriau, M.L., 1996. Palynological analysis of a palm swamp in central Brazil. *Journal of South American Earth Science*, **9**(3/4): 207-219.
- FERREIRA, I. M. O afogar das Veredas: uma análise comparativa espacial e temporal das Veredas do Chapadão de catalão (GO). 2003. 242 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

Pessoa, L. K. G. 2017 Paleo-vegetação e Paleo-clima no Pleistoceno do Cerrado no Norte ...

FERREIRA, M. E. 2003. *Análise do Modelo Linear de Mistura Espectral na Discriminação de Fitofisionomias do Parque Nacional de Brasília (Bioma Cerrado)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 84p.

FONSECA, S.F. Técnicas de geoprocessamento aplicadas na classificação e avaliação da distribuição das espécies arbóreas nas praças de Buritizeiro/MG. 2014. Geoinformação e Sensoriamento Remoto em Geografia; DOI: 10.5902/2236499412503.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1):9.

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. (Eds.), *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Editora do Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 75-92.

HORÁK, I. 2009. Relações pedológicas, isotópicas e palinológicas na reconstrução Paleoambiental da turfeira da Área de Proteção Especial (APE) Pau-de-Fruta, Serra do Espinhaço Meridional – MG. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. SP, pp. 31 – 33.

JUGGINS, S. 2007. C2 Version 1.5 User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation. Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK, 73pp.

LEDRU, M.P. 1993. Late Quaternary Environmental and Climatic Changes in Central Brazil. *Quaternary Research*, 39(1):90-98.

LEDRU, M.P. 1996. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. *ELSEVIER; Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 123 (1996) 239-257.

LORENTE, F.L.; MEYER, K.E.B. & HORN, A.H. 2010. Análise Palinológica da Vereda da Fazenda Urbano, Município de Buritizeiro, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, 18(2): 57-72.

MELO, D.R. Evolução das Veredas sob Impactos Ambientais nos Geossistemas Planaltos de Buritizeiro/Mg. 2008. Tese, (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais. Do Cerrado durante o Quaternário com base em análises palinológicas, in *Paleontologia: Cenários de Vida*. ISBN, pp. 397-414.

MEYER, K. E. B.; CASSINO, R. F.; LORENTE, L. L.; RACZA, M. & PARIZZI, M. G. 2013. Paleoclima e Paleoambiente do Cerrado durante o Quaternário com base em análises palinológicas in *Paleontologia: Cenários de Vida – Paleoclimas*, pp 397 – 414.

OVERPECK, J.T.; WEBB, T.; PRENTICE, I.C. 1985. Quantitative Interpretation of Fossil Pollen Spectra: Dissimilarity Coefficients and the Method of Modern Analogs. *Quaternary Research*, 23: 87-108.

PARIZZI, M.G., Salgado-Labouriau, M.L., Kohler, C.H., 1998. Genesis and environmental history of Lagoa Santa, SE Brazil. *The Holocene*, 8(3): 311-321.

RACZKA, M. F. 2009. Mudanças paleoambientais quaternárias na região de Lagoa Santa, MG, Brasil: A palinologia como subsídio para o entendimento do padrão de ocupação humana. Universidade Guarulhos, Dissertação de Mestrado, 119p.

RAMALHO, M. Analisando o grão de pólen. Disponível em: <http://www.webbee.org.br/pesquisa/palinologia.pdf>. Acessado em: 15 de maio de 2017.

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

SALGADO-LABOURIAU, M.L.; RULL, V. 1986. A method of introducing exotic pollen for palaeoecological analysis of sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 47: 97-103.

SALGADO-LABOURIAU, M.L.; CASSETI, V.; FERRAZ-VICENTINI, K.R.; MARTIN, L.; SOUBIÉS, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. 1997. Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 128: 215-226.

SALGADO-LABOURIAU M.L. 2005. Alguns aspectos sobre a Paleoecologia dos Cerrados. In: Scariot, A., Sousa-Silva, J.C., Felfili, J.M. (Eds.), *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Editora do Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp: 107-118.

SALGADO-LABOURIAU M.L. 2007. *Crítérios e Técnicas para o Quaternário*. Ed. Edgar Blucher, São Paulo, 1ª Ed, 387p.

VILAÇA, D. R. C. 2011. O processo de transformação de uma lagoa em brejo e suas implicações conceituais na degradação ambiental: o caso da Lagoa Maria do Pilar. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campos dos Goytacazes, RJ, v. 5 n. 2, p.135-171, jul. /dez. 2011.

WALTER, B.M.T. 2006. Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. Ph.D thesis, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, 374p.

WILLIAMS, J.W.; SHUMAN, B.N.; WEBB, T. 2001. Dissimilarity Analyses of Late-Quaternary Vegetation and Climate in Eastern North America. *Ecology*, **82**(12): 3346-3362.

WWF Biomas Brasileiros, disponível em:

http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/index.cfm. Acessado em: 13 de junho de 2017.