

ESTUDOS PALEOAMBIENTAIS NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA SERRA DA PEDRA BRANCA, PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS, MG: RESULTADOS PRELIMINARES

PALEOENVIRONMENTAL STUDIES IN THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA (APA) OF PEDRA BRANCA RANGE, POÇOS DE CALDAS PLATEAU, MG: PRELIMINARY RESULTS

Larissa IATCHUK¹, Melina Mara de SOUZA², Fresia Soledad Ricardi TORRES BRANCO¹, Mireile Reis dos SANTOS²

¹Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. Rua Carlos Gomes, 250 - Cidade Universitária, Campinas – SP. E-mails: larissaiatchuk@gmail.com; fresia@unicamp.br

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - IFSULDEMINAS - Campus Poços de Caldas. E-mails: melina.souza@ifsuldeminas.edu.br; mireile.santos@ifsuldeminas.edu.br

Introdução
Materiais, métodos e técnicas
 Coleta dos materiais
 Elaboração da palinoteca de referência
 Análise isotópica
 Análise palinológica
 Análise ecológica
Resultados
 Apresentação de dados
 Descrição do testemunho
 Análise isotópica
 Análise palinológica
 Análise ecológica
Discussões
Considerações finais
Agradecimentos
Referências

RESUMO - Os domínios Mata Atlântica e Cerrado são considerados florestas tropicais importantes pela sua alta biodiversidade, sendo seus registros quaternários ainda pouco estudados no interior do Brasil. São apresentados resultados de estudo paleoambiental na Área de Proteção Ambiental Santuário Ecológico da Pedra Branca (APA), localizada no planalto de Poços de Caldas, MG. O principal objetivo proposto por este trabalho foi identificar a evolução e sucessão da vegetação da área através de análises palinológicas, ecológicas e isotópicas. As análises evidenciaram uma fase de clima úmido com vegetação fechada e ocorrência de taxa higrofilas e hidrófitas por volta de 24.610 anos AP e um clima semelhante por volta de 22.010 anos AP. A amostra datada de 1.510 anos AP, no entanto, apontou para um clima mais seco e uma vegetação mais aberta. Os índices de diversidade apontaram alta biodiversidade nas comunidades botânicas amostradas, sendo que a biodiversidade foi decrescendo ao longo do tempo amostrado. Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com outros resultados de estudos paleoambientais realizados no estado de Minas Gerais, indicando oscilações climáticas no Pleistoceno tardio e Holoceno na área de estudo e apresentando evidências da influência climática e antrópica sobre a vegetação.

Palavras-chave: Palinologia. Quaternário. Mata Atlântica. Brasil. Reconstrução.

ABSTRACT - The Atlantic Forest and Cerrado domains are considered important tropical forests due to their high biodiversity, and their quaternary records are still poorly studied in the interior of Brazil. The results of a paleoenvironmental study are presented in Área de Proteção Ambiental (APA) Santuário Ecológico da Serra da Pedra Branca, located on the plateau of Poços de Caldas, MG. The main objective proposed by this research was to identify the evolution and succession of vegetation in the area through palynological, ecological and isotopic analyses. The analyzes highlighted a moister climate phase with closed vegetation and occurrence of hygrophilic and hydrophytic taxa around 24,610 years BP and a similar climate around 22,010 years BP. The sample dated 1510 years BP, however, pointed to a drier climate and more open vegetation. The diversity indices pointed to high biodiversity in the sampled botanical communities, with biodiversity decreasing over time. The results obtained in this research corroborate other results of paleoenvironmental studies carried out in the state of Minas Gerais, indicating climatic oscillations in the late Pleistocene and Holocene in the study area and presenting evidence of climatic and anthropic influence on the vegetation.

Keywords: Palynology. Quaternary. Atlantic Forest. Brazil. Reconstruction.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui um amplo território, que abriga uma enorme diversidade vegetal e climática, favorecendo a ocorrência de fitofisionomias bastante heterogêneas entre si. As fitofisionomias consistem na composição florística de um determinado local, e sua ocorrência e continuidade

garantem recursos para a existência dos seres vivos já presentes ou que podem vir a colonizar o ambiente. Nesta perspectiva, a dinâmica vegetacional é altamente influenciada pelo clima que, somado aos fatores bióticos decorrentes de sua variação, interfere de forma significativa na

dispersão das estruturas reprodutivas das plantas e conseqüentemente sobre a germinação ou sedimentação destas estruturas.

A compreensão da dinâmica vegetacional é possível através de estudos de *proxies* fósseis, e fornece alicerces para a inferência da dinâmica climática ao longo do tempo geológico, em especial do período Quaternário, possibilitando a reconstituição dos paleoambientes remotos e, conseqüentemente, a identificação de alterações nos ecossistemas e suas potenciais influências físicas ou antrópicas (Salgado-Labouriau, 2007). As embriófitas produzem grãos de pólen ou esporos em abundância, que são dispersos no ambiente por agentes bióticos, no caso das plantas zoófilas, ou por agentes abióticos, no caso das plantas anemófilas ou hidrófilas. Em ambientes adequados, estas estruturas proporcionam o surgimento de novos indivíduos e a conseqüente manutenção da espécie. No entanto, ocasionalmente os grãos de pólen e esporos são incluídos em depósitos sedimentares como lagos, turfeiras e manguezais, e em condições adequadas favorecem a sua preservação por milhares ou mesmo por milhões de anos. A sedimentação resulta na formação de estratos que, organizados de forma sucessiva ao longo do tempo geológico, fornecem um registro fóssil e cronológico dos principais eventos paleoecológicos ocorridos na região (Souza, 2010). Para a realização de uma pesquisa paleoambiental fidedigna ao ambiente a ser estudado, faz-se necessário um estudo multidisciplinar que associe diferentes instrumentos de análise paleoambientais disponíveis. Desta forma, além da análise palinológica, foi proposta neste trabalho a aplicação da datação por C^{14} para a cronologia dos eventos ocorridos e a análise $\delta^{13}C$ da Matéria Orgânica do Solo (MOS) como indicadores de atividade fotossintética das plantas e da dinâmica vegetacional da área estudada, bem como a aplicação de índices de diversidade nos dados obtidos através da análise palinológica, com o fim de compreender melhor a composição das fitofisionomias ao longo do tempo geológico.

Vários estudos e pesquisas foram e vêm sendo realizados acerca das fitofisionomias e sua dinâmica ao longo do Quaternário tardio no Estado de Minas Gerais (p.ex. Ledru et al., 1996; Behling & Lichte, 1997; Cassino & Meyer, 2013; Meyer et al., 2014), no entanto uma das motivações para a realização deste trabalho foi a escassez de produção científica acerca desse tema no Planalto de Poços de Caldas. A área de

estudo tem relevante interesse ecológico para preservação, sendo compreendida dentro do domínio Mata Atlântica e abrigando muitas espécies vegetais endêmicas e uma grande diversidade de tipos vegetacionais que vêm sendo devastados pela mineração e agricultura na região. Além do mais, análises em tempo atual da florística da APA da Pedra Branca, demonstraram importante isolamento taxonômico da região quando comparada à ecótonos na Mata Atlântica (Rezende et al., 2013), evidenciando a sua singularidade e relevância biogeográfica e a necessidade de mais estudos locais.

Estudos conduzidos por Ledru (1993) e Ledru et al. (1996) em Salitre, Minas Gerais, indicaram para o período de 40.000 a 27.000 anos AP (Antes do Presente) um clima mais úmido na região em relação ao clima atual, e uma vegetação com alta concentração de elementos arbóreos característicos de várzea. Outras pesquisas realizadas sobre o clima na região de Minas Gerais neste período também indicaram um clima mais úmido entre 18.500 e 8.250 anos AP na vereda Juquinha/Cuba (Pires et al., 2016), entre 10.000 e 8.500 anos AP em Salitre (Ledru, 1993), entre 11.182 e 6.043 anos AP na vereda Pau Grande (Trindade, 2020). Em um período mais recente, no entanto, foi constatada uma diminuição da umidade na Fazenda Urbano (Lorente et al., 2010) e a dominância de vegetação de campo rupestre em Serra Negra (Chueng et al., 2018). Portanto, esta pesquisa pautou-se na hipótese de que o Clima na Área de Proteção Ambiental Santuário Ecológico da Pedra Branca apresentou os mesmos padrões na dinâmica climática observados na literatura disponível.

Este trabalho traz dados preliminares acerca da discussão paleoecológica e reconstrução paleoambiental, com intuito de contribuir para o melhor conhecimento da flora pretérita da Serra da Pedra Branca, Planalto de Poços de Caldas, MG, com a finalidade de investigar os fatores climáticos que influenciaram nas modificações vegetacionais registradas para a área durante o período Quaternário, uma vez que trabalhos e pesquisas acerca desta temática na área são escassos, dada a configuração Geológica da região que remonta ao período Cretáceo, onde atividades vulcânicas ocorreram resultante da intrusão de rochas alcalinas na região dando origem na Caldeira Vulcânica do Planalto de Poços de Caldas, impossibilitando a recuperação de maior parte dos registros sedimentares durante o Quaternário.

MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS

Coleta dos materiais

A definição da área foi realizada com o auxílio da equipe do Jardim Botânico de Poços de Caldas, que forneceu informações e o mapeamento das turfeiras na APA Santuário Ecológico da Pedra Branca e possibilitou a melhor escolha do ponto de coleta.

O local escolhido para coleta foi o ponto de latitude $-21,9485385$ e longitude $-46,3867812$, situado em um depósito de turfa na APA Santuário Ecológico da Pedra Branca, na cidade de Caldas, Minas Gerais (Figura 1), a 1.333m de altitude e a coleta foi realizada no ano de 2016. Após a escolha

do local, os materiais foram extraídos por meio da abertura de uma trincheira rasa com um metro de profundidade. A escolha das profundidades para coleta se deu a partir da dinâmica da trincheira, que quando aberta atingiu o lençol freático a 1 metro de profundidade, impossibilitando a continuidade da abertura e maiores profundidades da mesma. Foram recuperadas 3 amostras sedimentares para análise isotópica (Datação por ^{14}C e fracionamento isotópico das plantas) e palinológica, sendo uma na base da trincheira (profundidade 90cm), uma no meio (45 cm de profundidade) e uma no topo (20 cm de profundidade).

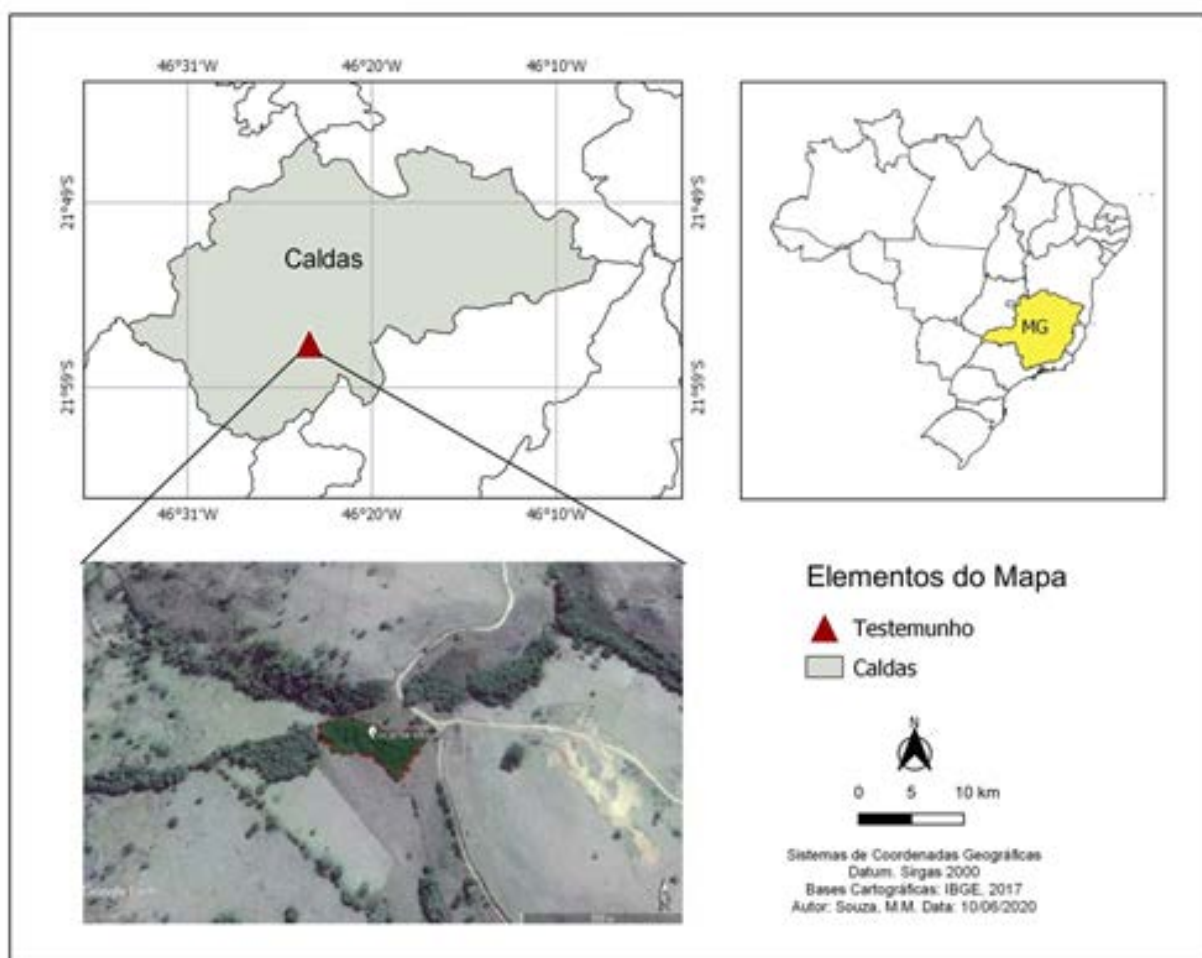


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Elaboração da palinoteca de referência

Com a finalidade de elaborar de uma palinoteca de referência, no dia 30 de agosto de 2016 foi realizada uma visita ao Herbário Leopoldo Krieger (CESJ) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) onde foram coletadas anteras de 54 exsiccatas de angiospermas encontradas na atual vegetação da APA Santuário Ecológico da Pedra Branca. As anteras foram utilizadas para a elaboração de lâminas para acervo palinológico e levantamento florístico da região, bem como os

levantamentos já disponíveis na literatura.

As anteras foram maceradas e colocadas em tubos de ensaio etiquetados com o táxon correspondente e foram adicionados 6mL de ácido acético glacial em cada tubo. Os tubos de ensaio foram centrifugados por 5 minutos a 2.000 rpm. Após a decantação do material, os tubos foram destampados e deixados por 10 minutos em posição invertida.

A seguir, preparou-se a mistura para acetólise com ácido Sulfúrico e anidrido acético na pro-

porção 1:9 e foram adicionados 3 ml da mistura em cada tubo de ensaio, deixando-os em banho-maria por 2 minutos a 70°C. Os tubos foram centrifugados por 5 minutos a 2.000 rpm e decantados. Ao material decantado adicionou-se 10 ml de água destilada, agitando o material com bastão de vidro. Os tubos foram levados novamente à centrífuga por 5 minutos a 2.000 rpm e decantados.

Ao material decantado foram adicionados 5 ml da mistura de água destilada e glicerina, na proporção 1:1, e o material foi deixado por 1 hora em repouso. Após esse período, o material foi centrifugado novamente por 5 minutos a 2.000 rpm e decantado, descartando o líquido em seguida.

Para a montagem das lâminas, foram cortados cubos de 2mm³ da gelatina incolor com estilete esterilizado. Um cubo de gelatina foi inserido em cada tubo de ensaio, tocando o resíduo, e alocada sobre uma lâmina de vidro por tubo de ensaio. As lâminas foram aquecidas na placa aquecedora e em seguida foram alocadas as lamínulas, selando com parafina derretida.

As lâminas foram lidas em microscópio óptico e foi feito um registro digital dos grãos de pólen para elaboração da palinoteca de referência.

Análise isotópica

As datações por ¹⁴C e MOS das amostras coletadas a 20cm, 55cm e 90cm de profundidade foram enviadas ao laboratório Beta Analytic, em Miami, Estados Unidos, e realizadas através da técnica AMS (espectrometria de massa com aceleradores). A técnica utilizada para discriminação do sistema fotossintético das plantas C₃ e C₄ foi a espectrometria de massas (Espectrômetro de massa - MS ou Espectrometria de Massa de Razão Isotópica - IRMS), que separa íons positivos e negativos obtidos a partir de átomos ou moléculas, de acordo com a razão massa/carga (Pessenda et al., 2005).

Análise palinológica

Para a análise palinológica, os sedimentos coletados nas profundidades 90cm, 45cm e 20cm da turfeira foram processados segundo o método clássico de Faegri & Iversen (1989) para tratamento químico da extração dos palino-morfos, tendo sido processados 10 gramas de sedimento por amostra. Todo o material supracitado foi utilizado na confecção de lâminas não permanentes para estudo em microscópio óptico com aumento de 40x, registro de imagens utilizando o Software ImageView, contagem e posterior identificação polínica, caracterização da flora atual e pretérita da região estudada, bem como na elaboração dos diagramas polínicos e análises de diversidade.

A identificação dos tipos polínicos encontrados foi realizada por meio de consulta a catálogos, artigos científicos, livros e especialistas da área e a palinoteca de referência especialmente construída para o estudo (Salgado-Labouriau, 1973; Carreira et al., 1996; Neves, 1998; Carreira & Barth, 2003; Saia, 2006; Leonhardt & Lorscheitter, 2008; Lima, 2008; Lorente et al., 2010; Silva et al., 2010; Cassino & Meyer, 2013; Cassino, 2014 e Pires et al., 2016). Os grãos de pólen e esporos foram identificados por família e gênero (quando possível).

Análise ecológica

Após coleta de dados quantitativos e qualitativos das amostras, foram elaboradas tabelas e diagramas polínicos com o programa Excel. A cada amostra, foram aplicadas análises ecológicas (diversidade, abundância, dominância D, Evenness, Shannon H e Margalef), por meio do programa Past3. A comparação da similaridade de porcentagens (SIMPER) entre os três períodos e entre a composição das amostras também foi realizada por este software.

RESULTADOS

Descrição do testemunho

O perfil da trincheira estudada com profundidade de 95cm caracteriza-se pela presença de sedimentos argilosos de cor preta, bastante homogêneos, provavelmente derivados de um organossolo bem desenvolvido, devido à alta plasticidade e estruturas sedimentares pouco elaboradas. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de solos da EMBRAPA (2018), os organossolos são solos constituídos por material orgânico e que apresentam horizonte hístico, com 60cm ou mais de espessura e 75% (expresso em

volume) ou mais de material orgânico, que consiste em tecidos vegetais na forma de restos de ramos finos, raízes finas e outras estruturas, bem como a alta saturação de água.

A base da trincheira (95 cm) caracteriza-se por um solo não plástico, de consistência friável e textura siltosa com presença de grãos pequenos de areia e cascalho em baixa concentração. A amostra coletada na parte média do testemunho (55 cm) constitui-se de um solo plástico, firme, de textura siltosa com presença de grãos pequenos de areia e cascalho. O topo da trincheira (20 cm)

constitui-se sedimentos plásticos, ligeiramente duros, de textura siltsosa com presença de cascalho, grãos de areia de tamanho grande e raízes finas.

O solo encontrado no ponto de coleta apresentou uma alta concentração de água e consequentemente, baixa concentração de oxigênio.

Análise isotópica

Foram enviadas para análise três amostras de solo/sedimento, sendo uma de cada nível sele-

cionado para análise (20 cm, 55 cm e 90 cm do topo à base do perfil), demonstradas na figura 2.

Os resultados obtidos evidenciaram que as idades obtidas pelo método de ^{14}C aumentaram em relação à profundidade, indicando que o período estimado de deposição transcorreu dentro do intervalo 24.610 anos AP. a 1.510 A descrição da trincheira pode ser observada na figura 3.

AMOSTRA	NÚMERO DO LABORATÓRIO	PROF. (cm)	IDADE convencional (anos AP)	Calibração HPD a 95,4% de probabilidade	$\delta^{13}\text{C}$
1	Beta-458495	20	1.510 +/- 30	544 - 645 cal AD (1406 - 1305 cal BP)	-18,6
2	Beta-458496	55	22.010 +/- 70	24461 - 24016 cal BC (26410 - 25965 cal BP)	-24,8
3	Beta- 458497	90	24.610 +/- 80	26873 - 26427 cal BC (28822 - 28376 cal BP)	-25,5

Figura 2 – Quadro das datações por ^{14}C e fracionamento isotópico das amostras (Fonte: Dados extraídos do relatório enviado pelo Laboratório Beta Analytic).

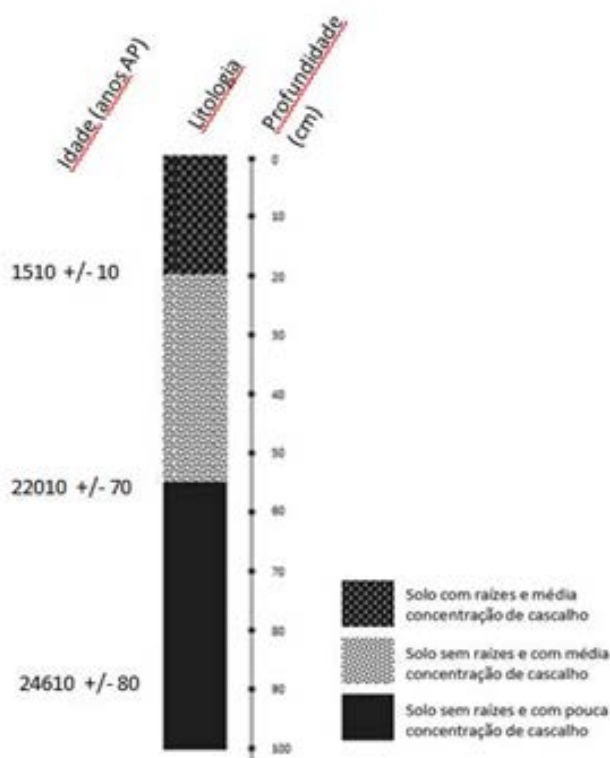


Figura 3 - Descrição litológica da trincheira. Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

As idades obtidas indicam que os sedimentos amostrados foram depositados durante o final do Pleistoceno e Holoceno Inferior. Na profundidade de 20 cm o material não ultrapassou 1.510 anos AP, tendo tido um aumento conspícuo da idade até os 55 cm de profundidade. O fracionamento isotópico obtido das amostras teve seus valores compreendidos entre -25,5 e -18,6.

Análise palinológica

A análise palinológica da trincheira baseou-se nos diagramas polínicos de concentração e porcentagem de cada táxon em relação ao hábito (herbáceo, herbáceo palustre, liana, hemipara-

sita, arbustivo, arbóreo e variável) sendo que as briófitas, pteridófitas e palmeiras constituíram grupos separados, uma vez que possuem características ecológicas peculiares para a análise, e em relação ao habitat a eles associado (campo de altitude, cerrado, cerradão, mata de altitude, interior de mata, borda de mata e área antrópica).

A caracterização do conteúdo palinológico das amostras foi possível através de consultas a uma ampla bibliografia específica na área, portanto, tendo sido identificados 442 palinomorfos (grãos de pólen e esporos) quanto à família e eventualmente quanto ao gênero e espécie. Foram encon-

Na amostra 3 (24.610 +/- 80 anos AP), os palinórfos identificados foram distribuídos em 43 famílias botânicas. O grupo Angiospermae teve 130 grãos de pólen identificados, representando 68,78% dos grãos de pólen e esporos totais. Os grupos Gimnospermae, Pteridophyta, Bryophyta tiveram 0,52%, 10,5% e 1,05% representantes em relação ao total de palinórfos encontrados. O grupo Anthoceroophyta não teve nenhum representante na amostra, e 19,04% dos palinórfos não puderam ser identificados.

Amostra 2 (22.010 +/- 70 anos AP), os palinórfos foram distribuídos em 49 famílias botânicas. O grupo Angiospermae teve 184 grãos de pólen identificados, representando 59,35% dos grãos de pólen e esporos totais. Os demais grupos Gimnospermae, Pteridophyta, Anthoceroophyta e Bryophyta compreenderam 0,96%, 9,03% e 0,96% e 0,64% dos palinórfos totais, respectivamente. 29,03% dos palinórfos não puderam ser identificados devido à presença de sedimento ou destruição de estruturas dos grãos de pólen e esporos.

Amostra 1 (1.510 +/- 30 anos), o grupo Angiospermae apresentou 98 indivíduos, representando 68,05% dos grãos de pólen e esporos totais. Os palinórfos totais se distribuíram entre 36 famílias botânicas.

Os demais grupos Gimnospermae, Pteridophyta e Anthoceroophyta compreenderam 1,38%, 6,94%, 0,69% dos palinórfos totais, respectivamente. A amostra não obteve nenhum representante do grupo Bryophyta. Os demais 22,91% não puderam ser identificados devido à presença de sedimento ou destruição de partes dos grãos de pólen e esporos. A composição das amostras quanto ao hábito pode ser observada na figura 5.

Análise ecológica

A comparação bruta dos dados de estrutura da comunidade, considerando as famílias botânicas identificadas foi realizada utilizando a versão 3 do software Past. Para as análises de comparação foram excluídos os grãos de pólen e esporos indeterminados e aplicados diferentes índices de mensuração da diversidade cujos resultados podem ser observados na tabela 1.

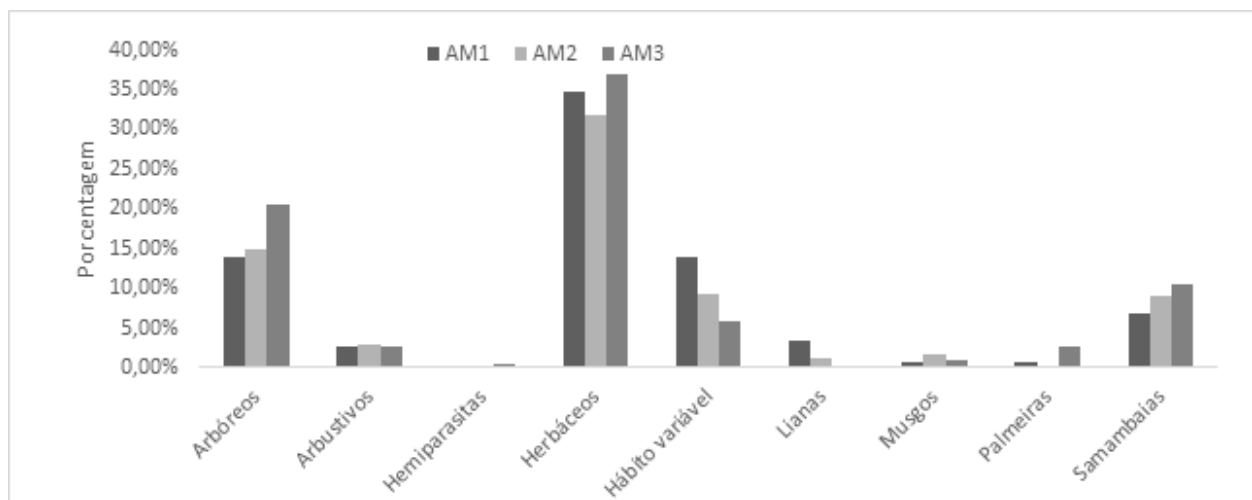


Figura 5 - Porcentagem dos palinórfos encontrados nas amostras em relação ao hábito.

Tabela 1 - Valores obtidos nos índices de mensuração da diversidade das amostras. Legenda: Taxa S: número de famílias, Individuals: número de indivíduos, Dominance D: dominância, Shannon H: índice de dominância de Shannon, Margalef: índice de riqueza específica de Margalef. AM1: 1510 +/- 30 anos AP, AM2: 22010 +/- 70 anos AP, AM3: 24610 +/- 80 anos AP.

ÍNDICE	AM1	AM2	AM3
Taxa_S	36	49	43
Individuals	101	197	144
Dominance_D	0,07519	0,05213	0,05459
Shannon_H	3,071	3,368	3,329
Margalef	7,584	9,085	8,451

O índice de riqueza numérica consiste na contagem do número de famílias existentes na amostra (Peet, 1974; Wilsey et al., 2005). De acordo com este índice a amostra 2 (55cm) obteve maior riqueza, sendo composta por 49 famílias

botânicas, seguida da amostra 3 (90cm), composta por 43 famílias. A amostra 1 (20cm), obteve o menor valor de diversidade (36 famílias).

A contagem de indivíduos (individuals) obteve os valores de 101, 197 e 144 nas amostras 1, 2 e

3, respectivamente. A amostra com maior abundância de indivíduos foi a amostra 2, seguida da amostra 3. A amostra 1 teve a menor abundância de indivíduos quando comparada às demais.

Em relação à dominância (Dominance D), que indica a dominância de uma ou poucas famílias/espécies sobre outras, a amostra 1 apresentou maior dominância de determinadas famílias devido ao maior valor (0,07519), contra 0,05459 da amostra 3 e 0,05213 da amostra 2.

O índice de dominância de Shannon também foi aplicado às amostras e os valores atingidos variaram de 3,071 a 3,368 nas amostras, sendo a amostra 2 a de maior valor e a amostra 1 a de menor valor. Na análise do índice de riqueza específica de Margalef, todas as amostras obtiveram valores superiores a 5, sendo que a amostra 2 apresentou o maior valor dentre as amostras.

A análise multivariada de similaridade

SIMPER (similaridade de porcentagens) indicou uma dissimilaridade de 69,74% entre as amostras. A amostra 2 foi responsável pela maior diferença registrada na composição biológica dos dados, tendo contribuído 40,8%, seguida de 37,82% (amostra 3) e 21,38% (amostra 1). A análise de similaridade desconsiderando os períodos indicou que a família Cyperaceae foi responsável pela maior diferença entre a composição das amostras, tendo contribuído com 7,322% (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise de similaridade entre as famílias.

TAXON	CONTRIBUIÇÃO (%)
<i>Cyperaceae</i>	7,322
<i>Fabaceae</i>	6,094
<i>Poaceae</i>	4,488
<i>Araliaceae</i>	4,316
<i>Euphorbiaceae</i>	3,54
<i>Xyridaceae</i>	3,151
<i>Aquifoliaceae</i>	3,058

DISCUSSÕES

Os dados palinológicos confirmaram a alteração na umidade entre os períodos analisados, corroborando nossa hipótese de que a região da APA da Pedra Branca seguiu os mesmos padrões detectados no estado de Minas Gerais (Ledru, 1993 e Ledru et al., 1996; Lorente et al., 2010; Pires et al., 2016; Trindade, 2020 e Chueng et al., 2018).

A amostra datada de 24.610 anos AP apresentou taxa mais característicos de ambientes úmidos, como a grande porcentagem de briófitas, samambaias e palmeiras. A grande concentração de plantas classificadas como hidrófitas e higrófilas como as Cyperaceae também sugere que, neste período, o solo presente no local de coleta era muito úmido. Ademais, a amostra apresentou a maior porcentagem de taxa arbóreas, com a ocorrência de *Tapirira*, *Clusia*, *Erythroxylum*, *Cassia*, *Chamaecrista*, *Copaifera*, *Sorocea*, *Campomanesia*, *Myrsine* e *Ilex*. por exemplo, sugerindo uma vegetação mais fechada que condiz com os resultados da análise $\delta^{13}C$. Similarmente, os resultados obtidos na amostra datada de 22.010 anos AP evidenciam um ambiente mais úmido do que o da atualidade para a área de estudo. Dentre as características indicativas, pode-se citar a abundância de musgos, plantas hidrófitas e higrófilas, a presença de elementos arbóreos característicos de ambientes florestais como *Ilex*, *Zantedeschia*, *Croton*, *Cenostigma*, *Chamaecrista*, *Galactia*, *Myrsine*,

Meliosma, *Allophylus*, *Cupania*, *Trema micranta*, *Cecropia* e *Symphonia*. A amostra datada de 1.510 anos AP, por sua vez, apresentou menos elementos característicos ambientes úmidos, como as pteridófitas que apareceram em menor quantidade e as briófitas que foram ausentes na amostra. A baixa quantidade de elementos florestais e plantas hidrófitas e higrófilas também indica uma queda na umidade da região. Por outro lado, surgem nesta amostra elementos característicos de uma vegetação mais aberta, característica de climas mais secos, como a predominância de poáceas, a presença de elementos de Campo de Altitude como a *Calliandra*, lamiáceas e lentibulariáceas e elementos ecologicamente versáteis como *Drymaria* e *Passiflora*.

Todos os índices de diversidade aplicados indicaram o período de 22.010 anos AP (AM2) como o de maior biodiversidade e o período mais recente, de 1.510 anos AP (AM1) como o período de menor biodiversidade. É importante salientar que, de acordo com o índice de Margalef, todas as amostras obtiveram valores superiores a 5, ou seja, as comunidades nos três diferentes períodos apresentaram alta biodiversidade. Outro dado relevante foi o dado obtido através do teste SIMPER, que indicou a família Cyperaceae como sendo a maior responsável pela diferença entre as amostras, tendo contribuído com 7,322% da diferença das comunidades. Os resultados sugerem que as comunidades botânicas presentes nos

períodos de 24.610 e 22.010 anos AP eram ecológicamente mais equilibradas quando comparadas à comunidade datada de 1.510 anos AP.

Os resultados da análise $\delta^{13}\text{C}$ indicam um clima mais úmido no período de 24.610 e 22.010 AP na região e corroboram com estudos realizados em Salitre para períodos semelhantes (entre 40.000 e 27.000 anos AP) que também sugeriram climas mais úmidos e uma grande concentração de taxa arbóreas característicos de várzea (Ledru et al., 1996 e Ledru, 1993). No entanto, na vereda Pau Grande, MG, entre aproximadamente 34.000 e 11.000 anos cal. AP, a umidade diminuiu e houve uma grande concentração de plantas C4 características de vegetação aberta (Trindade, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No início do trabalho de pesquisa, constatou-se uma escassez de estudos paleoambientais na região do Planalto de Poços de Caldas. Logo, o estudo aporta dados inéditos tanto pelo pioneirismo quanto pela importância ecológica da Área de Proteção Ambiental da Serra da Pedra Branca para os últimos 24.610 anos AP.

Em vista disto, a pesquisa teve como objetivo identificar a dinâmica vegetacional e climática na região durante o período Quaternário. Verifica-se que o objetivo geral foi atendido, tendo o trabalho verificado que os períodos de 24.610 e 22.010 anos AP apresentaram uma vegetação mais fechada característica de climas úmidos enquanto o período de 1.510 anos AP teve uma maior quantidade de elementos característicos de vegetação aberta, o que sugere uma diminuição da umidade no período. É possível que o evento climático que promoveu mudanças na composição fitossociológica em Serra Negra na região mais central do estado de Minas Gerais (Chuang et al., 2018), em período próximo ao datado por nós, também tenha promovido alterações na região da APA da Pedra Branca, no Planalto de Poços de Caldas. A identificação da evolução cronológica das amostras através da datação por C^{14} indicou a idade 24.610 anos AP para o sedimento coletado a 90 cm na base da turfeira, 22.010 anos AP para o sedimento coletado na profundidade de 55 cm

A seguir, esta pesquisa sugeriu uma diminuição da umidade no período mais recente (1.510 anos AP) que ocorreu em conformidade com os estudos realizados na Fazenda Urbano (MG), onde foi constatada uma diminuição da umidade entre 7.000 anos cal. AP e 1.300 anos cal. AP (Lorente et al., 2010) e na Fazenda São José (MG), que evidenciou a ocorrência de um clima mais seco no período posterior a 3,16 mil anos (Cassino, 2014).

Mediante o exposto, nota-se que os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com os estudos existentes no estado de Minas Gerais, isto é, as alterações climáticas nos períodos estudados seguiram a mesma tendência das alterações indicadas na literatura.

e de 1.510 anos AP para o sedimento coletado a 20 cm do topo do perfil. A análise $\delta^{13}\text{C}$ da Matéria Orgânica do Solo (MOS) evidenciou uma alteração na composição da vegetação ao longo do tempo, tendo os resultados das amostras de 24.610 e 22.010 anos AP apontado para uma vegetação mais fechada, composta predominantemente por plantas C₃ e o resultado da amostra de 1.510 anos AP indicado uma vegetação mais aberta, composta por uma mistura de plantas C₃ e C₄.

Os índices de diversidade evidenciaram uma maior biodiversidade e equilíbrio ecológico em 24.610 e 22.010 anos AP em relação ao período mais recente (1.510 anos AP). Assim foi constatada alteração na vegetação que oscilou entre uma vegetação mais fechada e um clima mais úmido nos períodos de 24.610 e 22.010 anos AP e uma vegetação mais aberta, característica de clima mais seco no período mais recente.

A pesquisa partiu da hipótese de que houve uma diminuição da umidade e de elementos florestais nos últimos 3,16 mil anos AP em relação aos períodos compreendidos entre 39.9 e 8.2 mil anos AP, como foi observado nos estudos paleoambientais realizados no estado de Minas Gerais. A hipótese foi confirmada, sendo que todos os dados obtidos apontaram que a região passou pelos mesmos processos climáticos determinantes em outras regiões em MG.

AGRADECIMENTOS

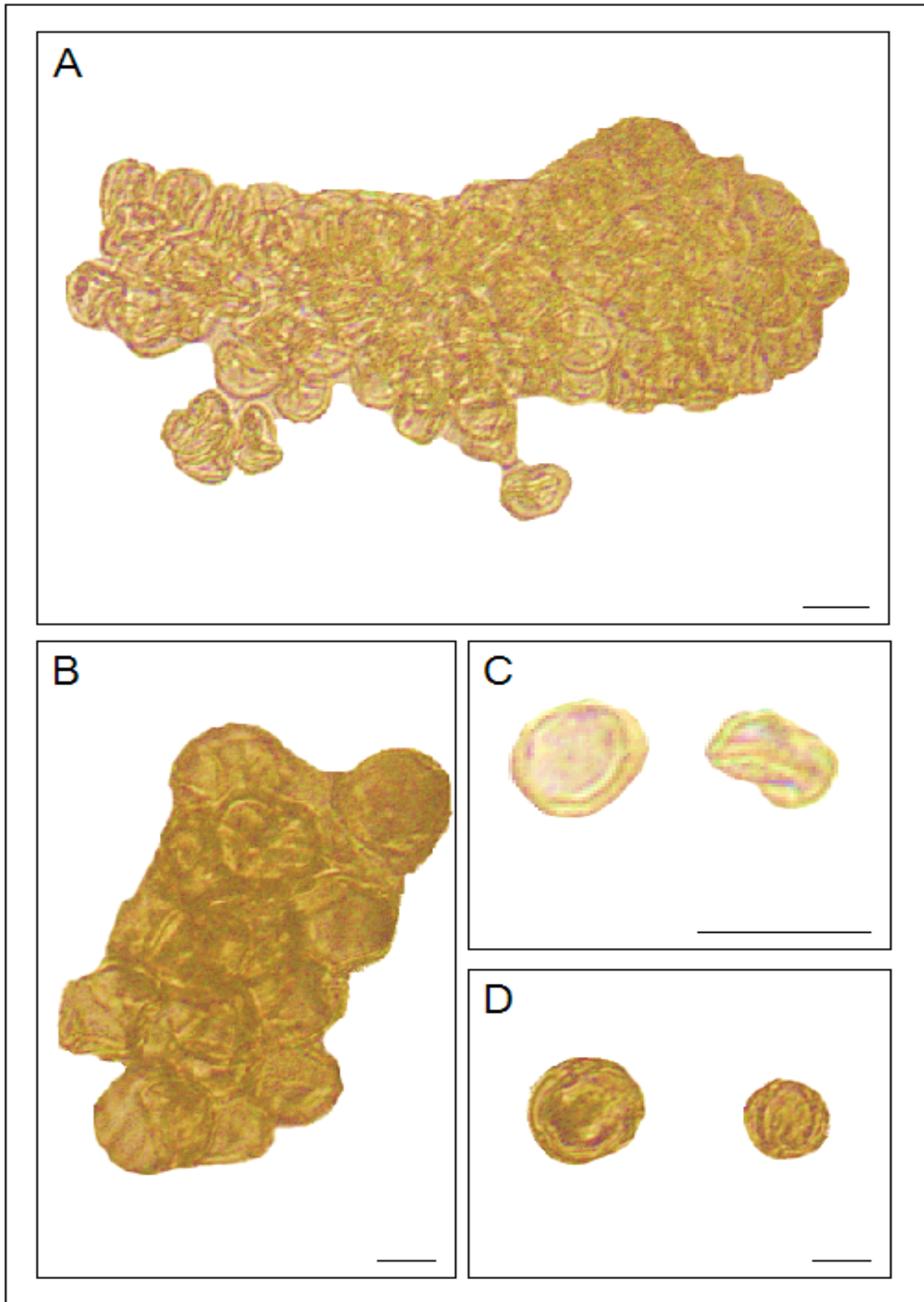
Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, IFSULDEMINAS, Campus Poços de Caldas e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, FAPEMIG, pelo apoio financeiro para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

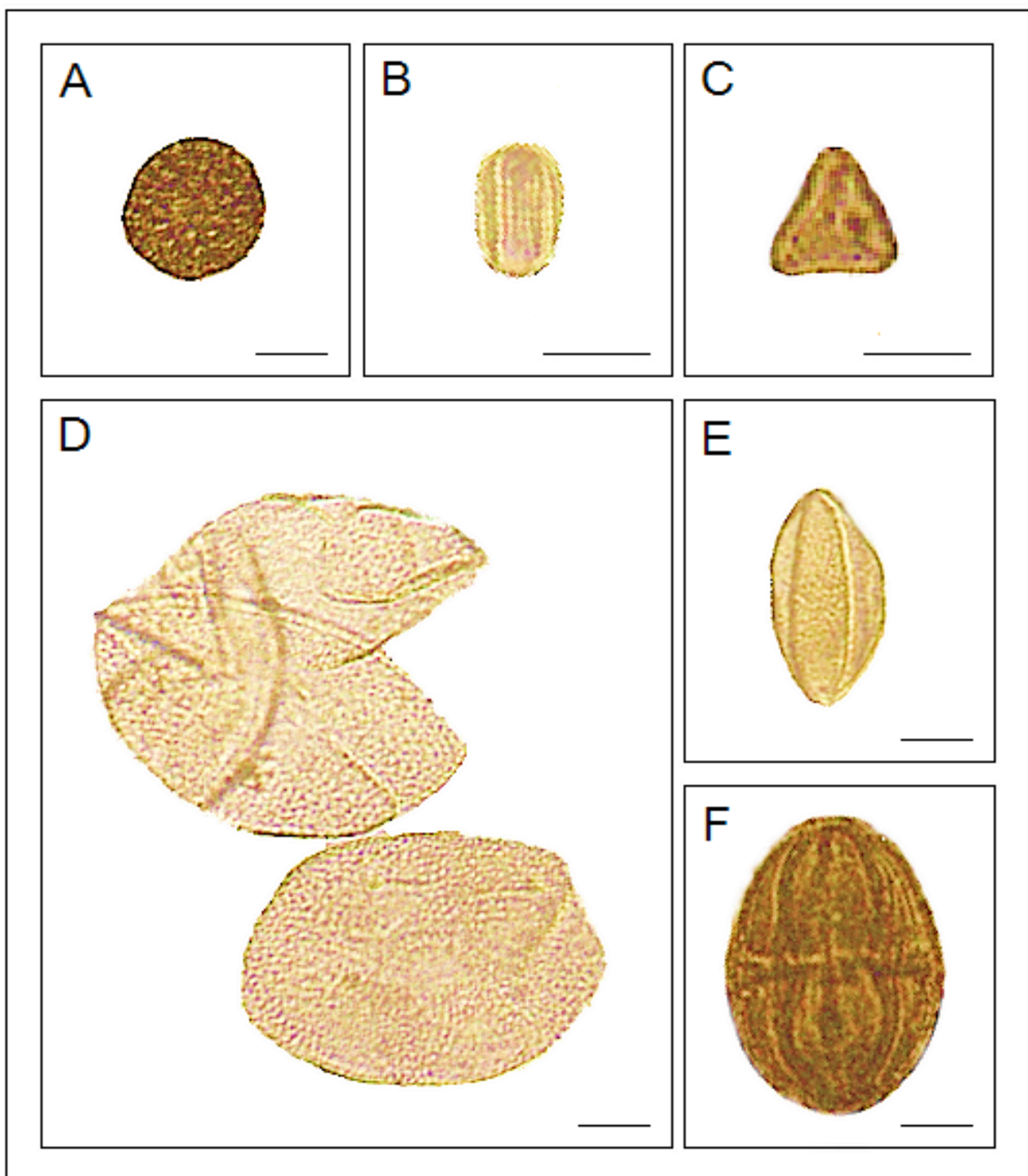
- BEHLING, H. & LICHTER, M. Evidências de condições climáticas secas e frias em épocas glaciais no sudeste tropical do Brasil. *Pesquisa Quaternária*, v. 48, n. 3, p. 348-358, 1997.
- CARREIRA, L.M.M. & BARTH, O.M. **Atlas de Pólen da vegetação de Canga da Serra de Carajás, Pará, Brasil**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 112 p. 2003, 1997.
- CARREIRA, L.M.M.; LOPES, J.R.C.; Silva, M.F.; Nascimento, L.A.S. **Catálogo de Pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, Coleção Adolpho Ducke. 137p. 1996.
- CASSINO, R.F. & MEYER, K.E.B. Reconstituição paleoambiental do Chapadão dos Gerais (Quaternário tardio) a partir da análise palinológica da vereda Laçador, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 16, p. 127-146, 2013.
- 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**. Brasília, 2014, 222p. Dissertação (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade de Brasília.
- CHUENG, K.F.; COE, H.H.G.; FAGUNDES, M.; VASCONCELOS, A.M.C.; RICARDO, S.D.F. Reconstituição Paleoambiental da Área Arqueológica de Serra Negra, Face Leste do Espinhaço Meridional (Minas Gerais), através da Análise de Fitólitos. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 11, n. 7, p. 2260-2275, 2018.
- FAEGRI, K. & IVERSEN, J. Textbook of Pollen Analysis. New York: John Wiley & Sons. 328p. 1989.
- LEDRU, M.P. Late Quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. *Quaternary Research*, v. 39, p. 90-98.
- LEDRU, M.P.; BRAGA, P.I.S.; SOUBIÈS, F.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. Os últimos 50.000 anos nos Neotrópicos (Sul do Brasil): evolução da vegetação e do clima. *Paleogeografia, Paleoclimatologia, Paleoecologia*, v. 123, n. 1-4, p. 239-257, 1996.
- LEONHARDT, A. & LORSCHREITER, M.L. Pólen de gimnospermas e angiospermas do perfil sedimentar de uma turfeira em São Francisco de Paula, Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 31, n. 4, p. 645-658, 2008.
- LIMA, C.M. **Dinâmica da vegetação e inferências climáticas no Quaternário Tardio na região da Ilha de Marajó (PA), empregando os isótopos do carbono (12 C, 13 C, 14 C) da matéria orgânica de solos e sedimento**. São Paulo, 2008, 182p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Estadual de São Paulo.
- LORENTE, F.L.; MEYER, K.E.B.; HORN, A. H. Análise palinológica da Vereda da Fazenda Urbano, município de Buritizero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, v. 18, p. 57-72, 2010.
- MEYER, K.E.B.; CASSINO, R.F.; LORENTE, F.L.; RACZKA, M. & PARIZZI, M.G. Paleoclima e paleoambiente do cerrado durante o Quaternário com base em análises palinológicas. In: I.S. CARVALHO; M.J. GARCIA; C. CUNHA LANA; O. Strohschoen Jr. (eds). **Paleontologia: cenários da vida**. Interciência, p. 403-420. 2014.
- NEVES, P.C.P. **Palinologia de sedimentos quaternários no estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Guíba e Capão do Leão**. Rio Grande do Sul, 1998, 513 p. Porto Alegre. Tese (doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PEET, R.K. A medição da diversidade de espécies. *Revisão anual de ecologia e sistemática*, p. 285-307, 1974.
- PESSENDA, L.C.R.; LEDRU, M.P.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A.S.; BENDASSOLLI, H. A.; BOULET, R. Holocene palaeoenvironmental reconstruction in northeastern Brazil inferred from pollen, charcoal and carbon isotopes records. *Holocene*, v. 15, n. 6, p. 814-822, 2005.
- PIRES, G.L.P.; MEYER, K.E.B.; GOMES, M.O.S. Palinologia da Vereda Juquinha/Cuba, Parque Estadual da Serra do Cabral, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 19, p. 95-110, 2016.
- REZENDE, M.G.DE.; ELIAS, R.C.L.; SALIMENA, F.R.G.; NETO, L.M. Flora vascular da Serra da Pedra Branca, Caldas, Minas Gerais e relações florísticas com áreas de altitude da Região Sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*. Campinas, v. 13, n. 4., 2013.
- SAIA, S.E.M.G. **Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no Quaternário tardio com base em estudo multi/interdisciplinar no Vale do Ribeira (sul do estado de São Paulo)**. 2006. 137p. São Paulo. Tese (Doutorado), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. Contribuição à palinologia dos cerrados. Rio de Janeiro. *Academia Brasileira de Ciências*. 291 p. 1973.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. **Crêterios e técnicas para o Quaternário**. São Paulo: E. Blücher. 1 ed. 404p. 2007.
- SILVA, C.I.; BALLESTEROS, P.L.O.; PALMERO, M.A.; BAUERMAN, S.G. **Catálogo polínico: palinologia aplicada em estudos de conservação de abelhas do gênero Xylocopa no triângulo mineiro**. Uberlândia: EDUFU. 1 ed.154p. 2010.
- SOUZA, M. M. **Palinologia em sedimentos Quaternários, localizados na estação do Instituto Florestal de Jataí, SP**; 79 p. 2010. Campinas. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, UNICAMP,
- TRINDADE, R.N.R. **Reconstituição paleoambiental do norte de Minas Gerais através da Vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas-MG**, 2020.
- WILSEY, B.J.; CHALCRAFT, D.R.; BOWLES, C.M.; WILLIG, M.R. As relações entre os índices sugerem que a riqueza é um substituto incompleto para a biodiversidade das pastagens. *Ecology*, v.86, n. 5, p. 1178-1184, 2005.

Submetido em 28 de outubro de 2021

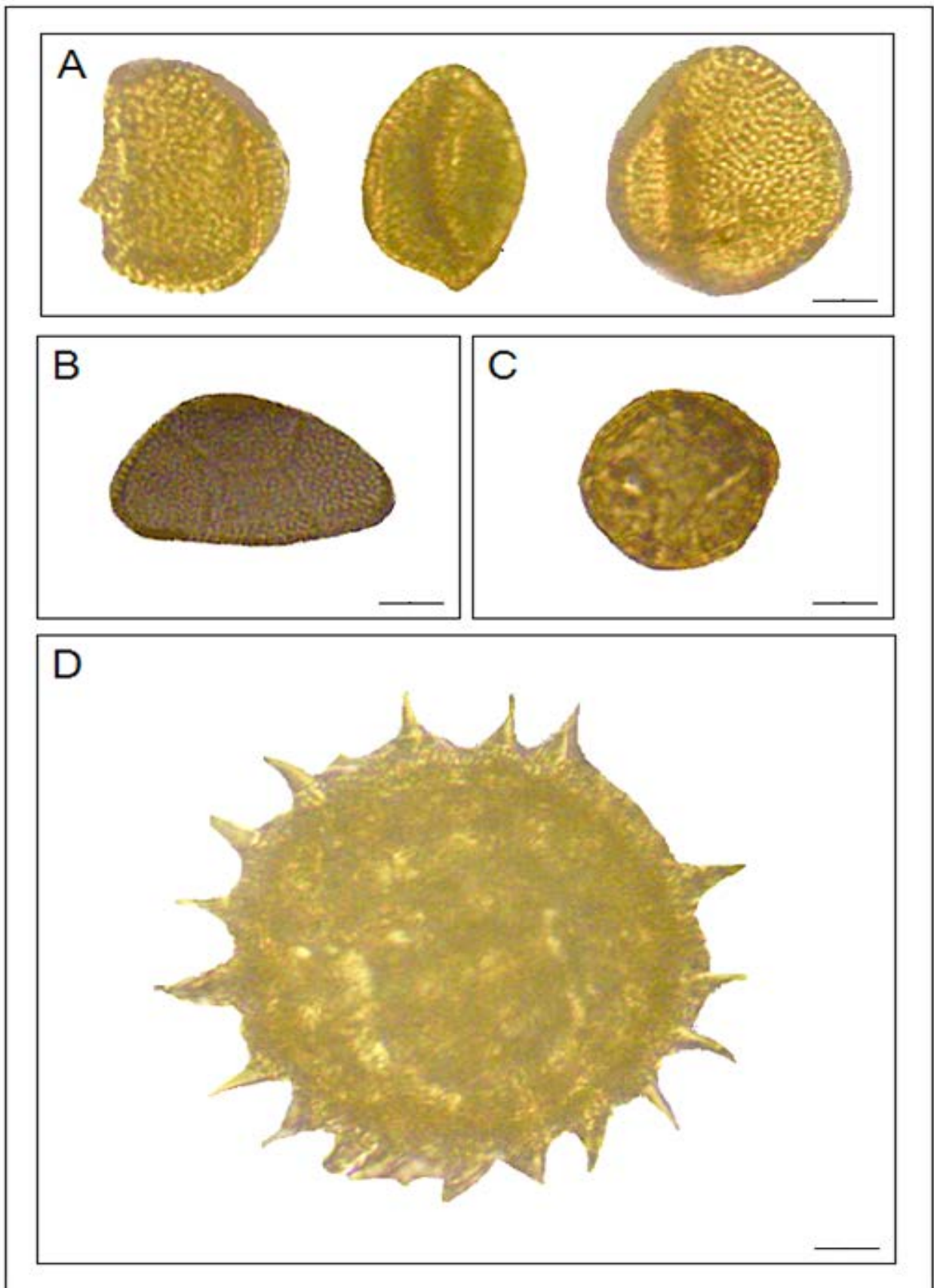
Aceito para publicação em 10 de novembro de 2022



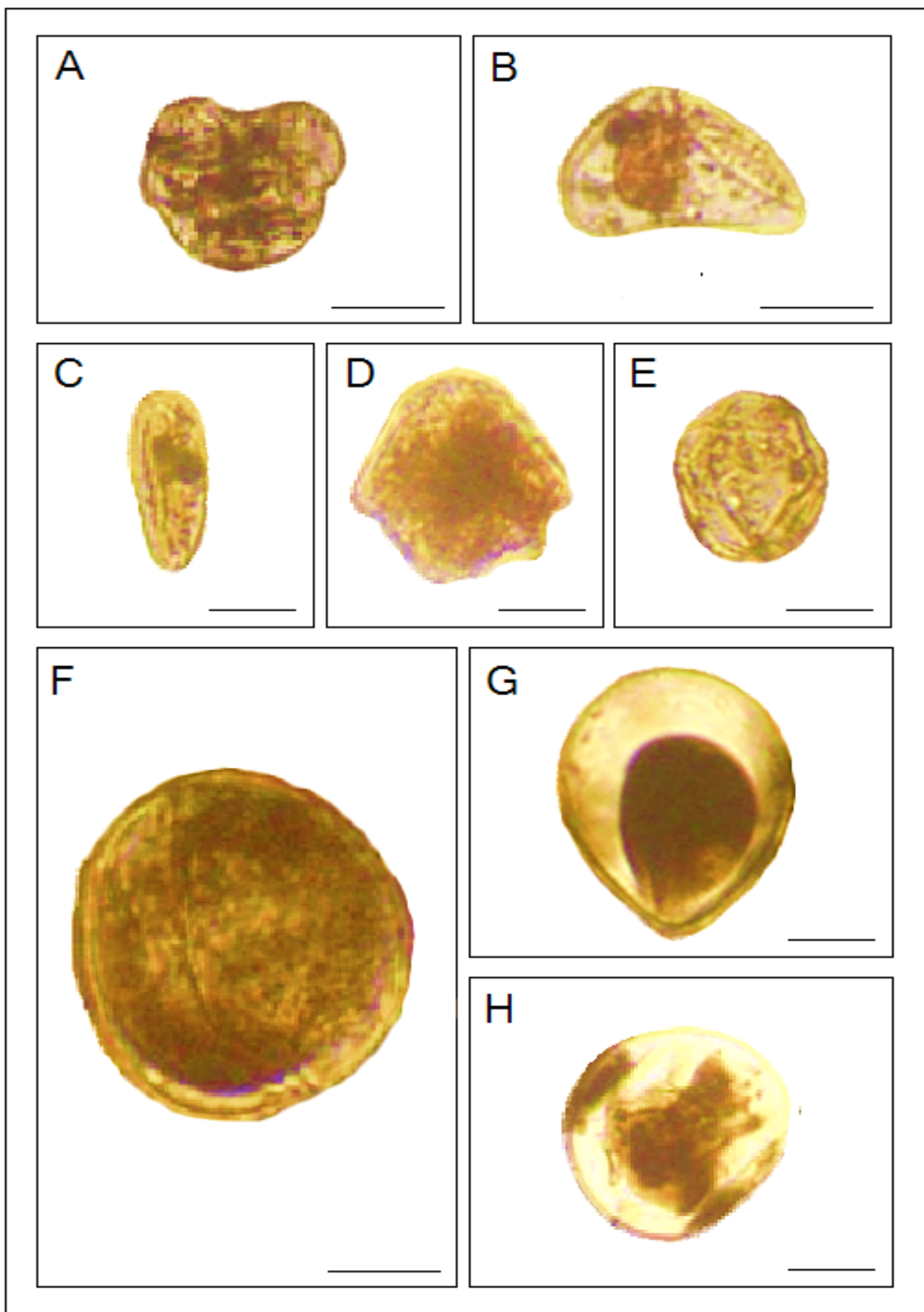
Estampa 1 - Imagens obtidas da palinoteca de referência. A. *Aechmea distichantha* Lem., B. *Collaea speciosa* (Loisel.) DC., C. *Acacypha gracilis* (Spreng.) Müll. Arg., D. *Epidendrum chlorium* Barb.Rodr. Barra de escala 10µm.



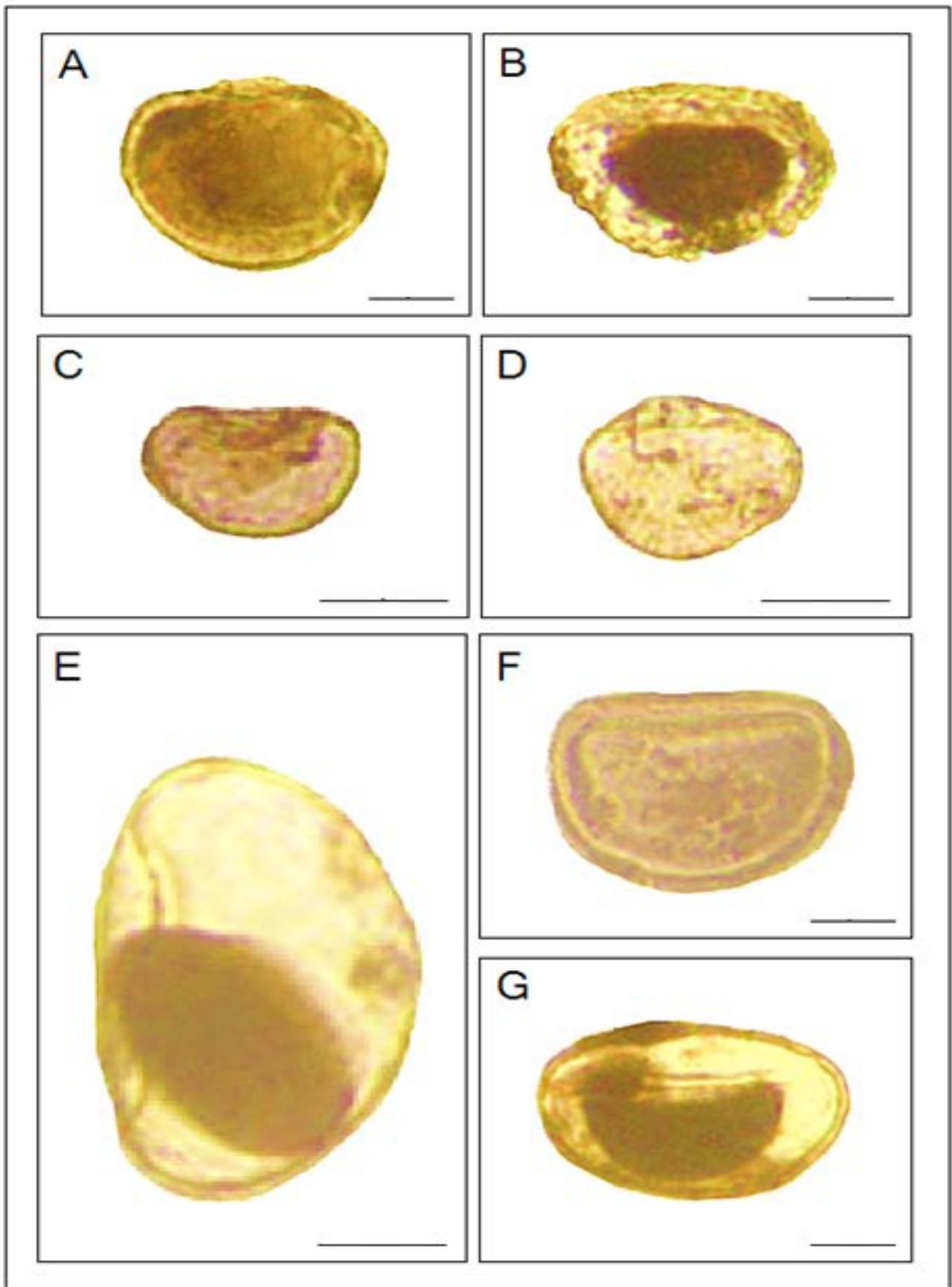
Estampa 2 - A. Imagens obtidas da palinoteca de referência. *Guettarda angelica* Mart. ex Müll.Arg., B. *Miconia* sp., C. *Eugenia involucrata* DC., D. *Pelexia* sp., E. *Pleurostachys regnelli* C.B.Clarke, F. *Sapium glandulosum* (L.) Morong. Barra de Escala: 10µm.



Estampa 3 - A: Imagens obtidas da palinoteca de referência. *Croton eichler*, B. *Cyclopogon* sp., C: *Heteropterys* sp, D: *Ipomoea* sp. Barra de Escala: 10 μ m.



Estampa 4 - Imagens obtidas das lâminas de sedimento elaboradas para análise palinológica. A. *Podocarpus* sp., B. Cyperaceae, C. *Eryngium* sp., D. *Copaifera* sp., E. *Sapium glandulosum* (L.) Morong, F-H. Poaceae. Barra de Escala: 10µm.



Estampa 5 - Imagens obtidas das lâminas de sedimento elaboradas para análise palinológica A-G Esporos de pteridófitas indeterminados. Barra de Escala: 10 μ m.