

**CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO JOSÉ
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**GABRIEL DA CUNHA CORREIA
NATÁLIA DE PAULA SÁ
DANIEL MEDINA CORRÊA SANTOS**

**INVENTÁRIO DOS ESPOROS DE PTERIDÓFITAS DA FORMAÇÃO
SOLIMÕES, BACIA DO SOLIMÕES, AMAZÔNIA, BRASIL**

Rio de Janeiro

2019

**INVENTÁRIO DOS ESPOROS DE PTERIDÓFITAS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES,
BACIA DO SOLIMÕES, AMAZÔNIA, BRASIL**

**INVENTORY OF THE SPORES OF PTERIDOFITA OF THE SOLIMÕES FORMATION,
BASIN OF THE SOLIMÕES, AMAZONIA, BRAZIL**

Gabriel da Cunha Correia

Biólogo

Natália de Paula Sá

Doutora em Geociências

Daniel Medina Corrêa Santos

Doutor em Meio Ambiente

RESUMO

Estudos indicam uma extensa riqueza de pteridófitas na região amazônica durante o Mioceno. O soerguimento da Cordilheira dos Andes alterou a geomorfologia regional, criou novos nichos ecológicos e modificou ambientes pré-existentes, alterando a composição florística e a fitofisionomia da vegetação existente. Neste estudo utilizou-se a Palinologia, ferramenta eficiente para acessar a flora, a qual analisa microfósseis de parede orgânica preservados em rochas sedimentares e sedimentos. Os microfósseis das pteridófitas compreendem os esporos que apresentam morfologia externa definida, cuja análise permite identificar o táxon produtor. Este estudo objetiva inventariar os esporos de pteridófitas encontrados em rochas da Formação Solimões (Neógeno da Bacia do Solimões), registrar suas afinidades botânicas e habitats. Desta forma, o presente trabalho contribui com informações sobre a paleoflora regional e pode subsidiar reconstruções paleoecológicas, paleoambientais e análises bioestratigráficas. Do poço 1-AS-18-AM, originário do Projeto Carvão Alto Solimões – Amazonas, foram coletadas 100 amostras de rocha sedimentar, as quais foram submetidas a ataques dos ácidos clorídrico e fluorídrico (Uesugui, 1979). A porção mineral foi removida das amostras e a matéria orgânica concentrada foi disposta em lâminas palinológicas. Das 100 lâminas preparadas, foram separadas 20 lâminas separadas com profundidade aproximada para a leitura. Foram quantificados 300 esporomorfos (esporos de pteridófitas e grãos de pólen) por lâmina, focando na identificação taxonômica dos esporos por meio de literatura especializada. Sete lâminas foram lidas cujos resultados indicaram uma assembleia rica e bem preservada de esporos de pteridófitas classificada em 21 gêneros e 35 espécies pertencentes a dez famílias botânicas: família Pteridaceae: *Deltoidospora adriennis*, *Magnastriatites grandiosus*, *Polypodiaceoisporites amazonensis*, *Polypodiaceoisporites potoniei* e *Polypodiaceoisporites simplex*; família Cyatheaceae: *Deltoidospora australis*, *Deltoidospora minor*, *Kuylisporites waterbolckii* e *Verrucatotriteles bullatus*; família Polypodiaceae: *Polypodiisporites* aff. *P. speciosus*, *Verrucatosporites usmensis*, família Thelypteraceae/Athyriaceae/Marathiaceae: *Echinatisporis circularis*, *Echinatisporis connectus*, *Echinatisporis brevispinosus* e *Echinatisporis muelleri*; família Adiantaceae: *Nijssenosporites fossulatus*; família Lycopodiaceae(?): *Retitriteles sommeri*; família Aspleniaceae/Thelypteraceae: *Perimonoletes* sp. família Schizaceae: *Crassoretitriteles vanhadshoovenii* e esporos de famílias desconhecidas: *Cyathidites* sp. *Cingulatisporites laevigatus*, *Distaverrusporites margaritatus*, *Echinosporis densiechinatus*, *Laevigatosporites caoticus*, *Laevigatosporites cultellus*, *Laevigatosporites tibiuiensis*,

Polypodiaceoisporites simplex, *Polypodiisporites densus*, *Polypodiisporites fossulatus*; *Polypodiisporites scabraproximatus*, *Psilatriteles lobatus*, *Psilatriteles marginata*, *Psilatriteles sp.*, *Verrucatotriteles etayoi*, *Verrucatosporites sp.* A litologia observada no poço estudado corrobora com a descrita por Maia no projeto carvão. Um comparativo com outros poços mostra uma maior similaridade com outros 3 poços e se encontra próximo ao depocentro da bacia, o que explica a diversidade de esporos encontrados no poço estudado. Metade das espécies de pteridófitas identificadas indicam habitats conhecidos como ambientes aquáticos, áreas montanhosas, planícies e áreas associadas a água, como várzeas, pântanos e margens de rios e lagos.

Palavras-chave: Amazônia, Palinoflora e Projeto Carvão.

ABSTRACT

Studies indicates an extensive richness of pteridophytes in the Amazon region during the Miocene. The uplift of the Andes Mountains altered regional geomorphology, created new ecological niches, and modified pre-existing environments, changing floristic composition and phytophysionomy on. In this study, Palynology is the efficient tool to access flora, once is analyzes organic wall microfossils preserved in sedimentary and sedimentary rocks. Fern microfossils of comprise spores with definite external morphology, whose analysis allows the identification of producing taxon. This objective study aims to inventory the fern spores found in rocks of the Solimões Formation (Solimões Basin), to record their botanical affinities and habitats. Thus, the present work provides information on a regional paleoflora and can support paleoecological, paleoenvironmental reconstructions and biostratigraphic analyzes. From the well 1-AS-18-AM, originating from the Coal Alto Solimões Project - Amazonas, 100 sedimentary rock samples were collected, and submitted to chloride and hydrofluoric acid attacks. A mineral portion was removed from the samples and concentrated organic matter was arranged on the palynological slides. Of the 100 slides prepared, 20 slides were selected. 300 sporomorphs (pteridophyte spores and pollen grains) were counted per slide, focusing on the taxonomic identification of spores by means of specialized literature. Seven slides were read whose results indicated, a rich and well preserved assemblage of pteridophyte spores, with 21 genera and 35 species belonging to ten botanical families: Cyatheaceae family: *Deltoidospora australis*, *Deltoidospora minor*, *Kuylisporites waterbolkii* and *Verrucatotriteles bullatus*; Polypodiaceae family: *Polypodiisporites aff. speciosus* *Verrucatosporites usmensis*, family Thelypteraceae / Athyriaceae / Marathiaceae: *Echinatisporis circularis*, *Echinatisporis connectus*, *Echinatisporis brevispinosus* and *Echinatisporis muelleri*; Adiantaceae family: *Nijssenosporites fossulatus*; Lycopodiaceae family (?): *Retitriteles sommeri*; Aspleniaceae / Thelypteraceae family: *Perimonoletes sp.* Schizaceae family: *Crassoretitriteles vanhadshoovenii* and spores of unknown families: *Cyathidites sp.* *Cingulatisporites laevigatus*, *Distaverrusporites margaritatus*, *Echinosporis densiechinatus*, *Laevigatosporites caoticus*, *Laevigatosporites cultellus*, *Laevigatosporites tibiensis*, *Polypodiaceoisporites simplex*, *Polypodiisporites densus*, *Polypodiisporites fossulatus*; *Polypodiisporites scabraproximatus*, *Psilatriteles lobatus*, *Psilatriteles marginata*, *Psilatriteles sp.*, *Verrucatotriteles etayoi*, *Verrucatosporites sp.* The lithology observed in the well studied corroborates that described by Maia in the coal project. A comparison with other wells shows greater similarity with other 3 wells and is close to the basin depocenter, which explains the diversity of spores found in the well studied. Half of the identified pteridophyte species indicate habitats known as aquatic environments, mountainous areas, plains, and water-associated areas such as floodplains, marshes, and river and lake margins.

Key-words: Amazon, Solimões Formation, Coal Project.

INTRODUÇÃO:

Estudos apontam uma grande diversidade de pteridófitas na região amazônica, principalmente a partir do Mioceno médio (LORENTE 1986; HOORN 1993, 1994A, B, C; HOORN *et al.*, 1995; SILVA-CAMINHA *et al.*, 2010; HOORN *et al.*, 2010B; SILVEIRA & SOUZA, 2015; 2016; LEITE *et al.*, 2016; D'APOLITO 2016; SÁ & CARVALHO, 2017), possivelmente como consequência das intensas alterações geomorfológicas provocadas pelo soerguimento da Cordilheira dos Andes desde o início do Cenozoico (65 Milhões de anos).

Uma das ferramentas para acessar a riqueza pretérita das pteridófitas é Palinologia, a qual abarca o estudo de microfósseis preservados em rochas sedimentares. Os microfósseis representativos do grupo das pteridófitas são os esporos, cuja análise da morfologia externa permite a identificação taxonômica e da afinidade botânica e, por conseguinte, reconhecer o habitat das mesmas.

Assim, inventariar os esporos permite conhecer a riqueza e abundância das pteridófitas, contribuir no conhecimento da paleoflora regional, auxiliar nas reconstituições paleoecológicas, paleoambientais e análise bioestratigráfica.

A área de estudo é a Formação Solimões, pertencente à Bacia do Solimões, localizada na região amazônica brasileira. A Bacia do Solimões estende-se entre 2° - 8° S e 62° - 72° O, sendo limitada a leste pelo Arco de Purus e a oeste, pelo Arco de Iquitos (Figura 1) (BARATA & CAPUTO, 2007).

As rochas da Formação Solimões abarcam argilitos, argilitos siltosos e arenosos, siltitos argilosos e arenitos finos a médios, argilas carbonosas e calcários, ricos em microfósseis, conchas, folhas e lenhos vegetais (MAIA *et al.*, 1977). Sua deposição é datada do Neógeno, (Mioceno-Plioceno: 23-2,6 Ma) e abrange um paleoambiente heterogêneo e dinâmico composto por rios, lagos, planícies de inundação, mangues e planícies costeiras, com eventuais incursões marinhas (HOORN *et al.*, 2010).



Figura 1. Mapa regional das bacias sedimentares setentrionais da América do Sul, destacando a Bacia dos Solimões (linha tracejada). Em vermelho, a localização do poço 1-AS-18-AM. Fonte: Leite, 2006. Modificado.

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo documentar qualitativamente os esporos de pteridófitas encontradas em rochas da Formação Solimões (Bacia do Solimões), identificar os esporos ao nível de espécie quando possível; fotografar os esporos; estabelecer a afinidade taxonômica por meio de comparação com a literatura e inferir o habitat por comparação com tipos atuais.

Após um levantamento na literatura, foram observados poucos estudos relacionados apenas aos esporos de pteridófitas no Mioceno da Amazônia. A maioria das pesquisas versava sobre os grãos de pólen e esporos, com ênfase nos grãos de pólen de Angiospermas, grupo já dominante neste intervalo (Figura 2A). Desta forma, constatou-se a necessidade e importância de inventário dos esporos de pteridófitas da Formação Solimões.

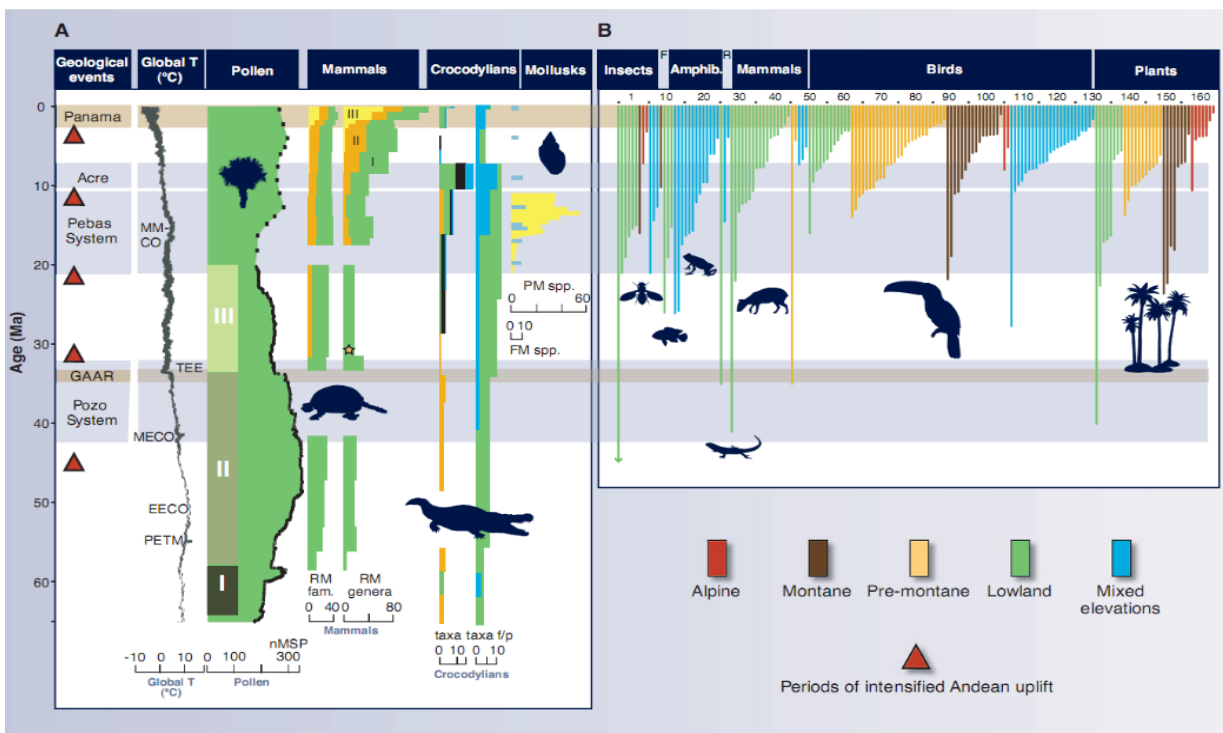


Figura 2. Mudanças bióticas na Amazônia ao longo do tempo. (A) O registro fóssil cenozóico apresentando a diversidade cenozóica. (B) Diversificação de linhagens modernas de animais e plantas por meio de análises genéticas durante o Cenozoico. Fonte: Hoorn *et al.*, 2010.

O material utilizado para o estudo é proveniente do projeto Carvão do Alto Solimões, expedição realizada pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). O projeto Carvão do Alto Solimões buscava recursos energéticos, e por áreas com potenciais fontes energéticas na região amazônica. No total, foram executados 84 furos de sondagem e para o presente estudo foi utilizado um deles, o 1-AS-18-AM, localizado em 04° 06' S e 69° 04' W, possuindo uma profundidade de 333,90 metros, sendo 274 metros com recuperação de material (figuras 1 e 3).

O perfil litológico (Figura 3) e a coleta das amostras do poço 1-AS-18-AM foram feitos para a tese de doutoramento de Natália de Paula Sá e correspondem ao projeto de pesquisa: Reconstituição Paleoambiental do Mioceno da Bacia do Solimões. Foram coletadas 387 amostras sendo utilizado como critério para a seleção do material a litologia e o conteúdo fóssilífero.

Dessas amostras, foram selecionadas 100 amostras contendo 10g em cada para a preparação das lâminas. As lâminas utilizadas para o estudo foram preparadas por meio da técnica padrão de palinologia (Uesugui *et al.*, 1979) com o objetivo de eliminar a fração inorgânica através de ataques de ácidos HCl e HF. Para concentrar os palinomorfos, utilizou a técnica de bateamento (Oliveira *et al.*, 2004)

Foram contados 300 esporomorfos (esporos e grãos de pólen) por lâmina, com ênfase nos esporos. As amostras foram distribuídas ao longo do poço e foram lidas oito amostras (Tabela 1) de um total de 20 elencadas para este estudo.

Tabela 1: Profundidade, litologia e quantidade de esporos contados de 1-AS-18-AM.

Amostra	Profundidade (m)	Total de esporos contados	Litologia
NS-003	6,92	158	Argilito siltoso, cinza claro, e maciço.
NS-006	10,18	244	Argilito siltoso, cinza claro, e maciço.
NS-015	18,04	137	Siltito argiloso, cinza esverdeado e maciço.
NS-024	26,31	288	Argilito siltoso, bege maciço.
NS-048	45,22	160	Siltito argiloso, cinza esverdeado e maciço.
NS-104	69,93	252	Argilito marrom acinzentado, maciço e apresentando fragmentos de conchas.
NS-144	87,29	220	Siltito arenoso (areia fina a muito fina), cinza esverdeado, laminações incipientes e fragmentos vegetais.

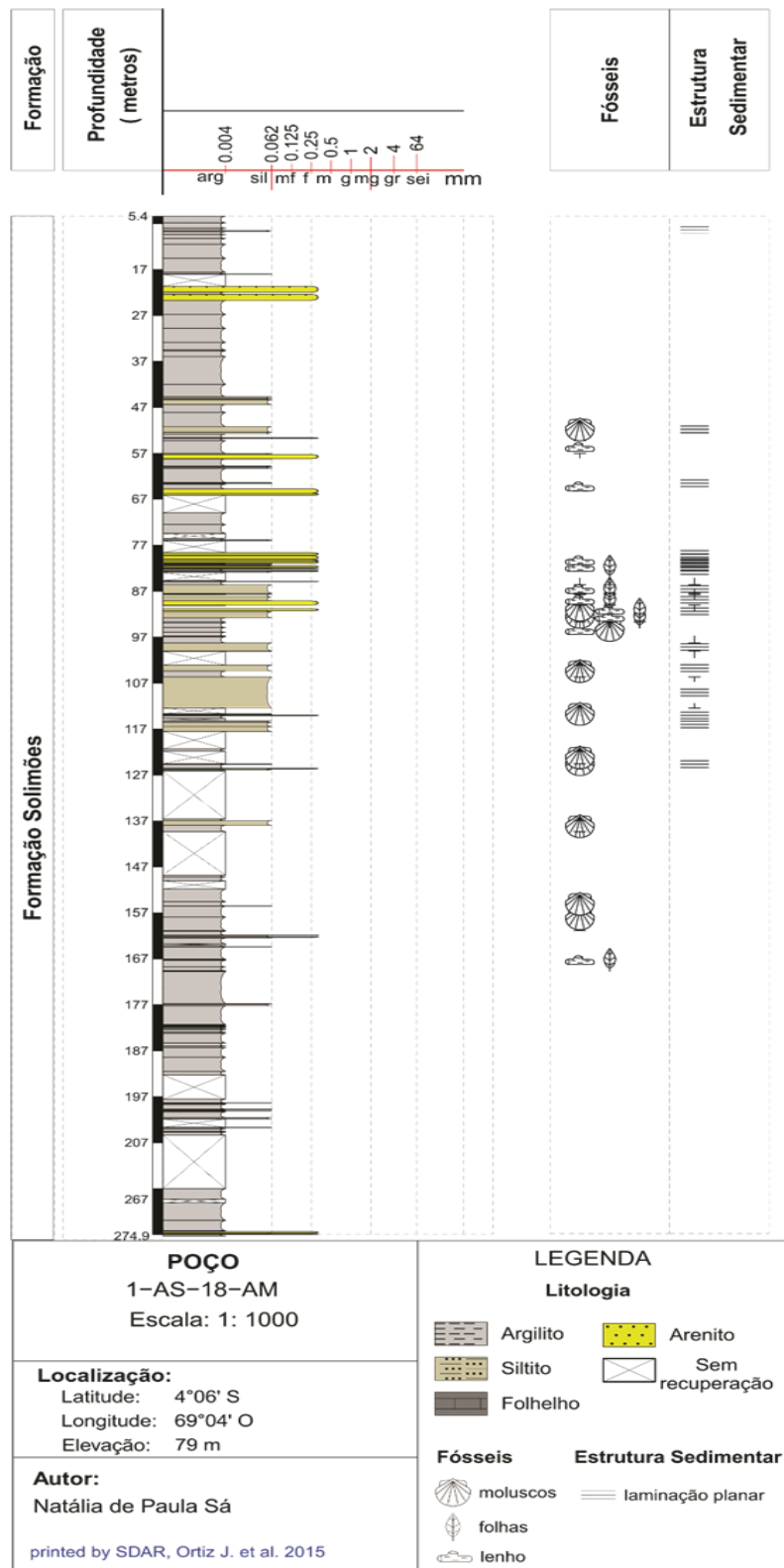


Figura 3. Perfil estratigráfico do poço 1-AS-18-AM.

As identificações taxonômicas, afinidades botânicas e habitats foram atribuídos por comparação com Germeraad *et al.*, (1968); Regali *et al.*, (1974 a, b); Lorente (1986); Tryon & Lugardon (1991); Hoorn (1993, 1994c); Silva-Caminha *et al.*, (2010); Jaramillo *et al.*, (2010, 2011, 2013); Silveira & Souza (2015, 2016); D'Apolito (2016), Sá e Carvalho (2017) e <http://biogeodb.stri.si.edu/jaramillo/palynomorph/pollen>.

Os esporos foram fotografados em aumento de 1000x e 400x em microscópio de luz branca transmitida e as lâminas encontravam-se depositadas no Laboratório de Paleoecologia Vegetal do Museu Nacional – UFRJ.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Cráton Amazônico é uma feição geológica antiga que influenciou os sistemas fluviais, sendo o principal motor e fonte de abastecimento sedimentar ao longo de grande parte da história geológica da região. Durante o Cenozoico, ocorreu o soerguimento dos Andes, provocando mudanças nos padrões geológicos e nos principais sistemas fluviais nascidos na Amazônia e deu início a uma nova geração de rios. (HOORN & WESSELINGH, 2010.)

Do Paleozoico até o Cretáceo, as unidades cratônicas Amazônicas e Africanas foram conectadas e formavam Gondwana, que fazia parte da porção sul do supercontinente Pangeia. Durante o Ordoviciano, uma falha E-W deu origem a um ponto baixo no cráton. Esta zona de rift deu origem as bacias sedimentares do Solimões e Amazonas (HOORN *et al.*, 2010).

A Bacia do Solimões inicialmente recebeu o nome de Bacia do Alto Amazonas, seu nome atual foi designado por Caputo (1984) devido a evoluções geológicas distintas das demais bacias do estado amazônico. Possui extensão de 1.180.000 Km² e corresponde a uma depressão intracratônica paleozóica (CAPUTO, 1984). É localizada na parte ocidental da Amazônia, entre os Arcos de Iquitos e Purus, a oeste e leste, ao sul pelo Escudo Brasileiro e a norte pelo Escudo das Guianas (Figura 1).

A Formação Solimões foi descrita no relatório da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais do Projeto Carvão Alto Solimões, que ocorreu nos anos setenta, localizada na Bacia do Solimões, (MAIA *et al.*, 1977). Esta formação está correlacionada a Formação Pebas - Peru/Colômbia, cuja interpretação paleoambiental indica grandes sistemas de canais fluviais e lagos que se interconectavam, com a ocorrência de incursões marinhas (HOORN, 1993, 1994a, b, c; D'APOLITO, 2016; JARAMILLO *et al.*, 2017, SÁ, 2017).

RESULTADOS

Flora de pteridófitas

Para este trabalho foi observado uma assembleia rica e bem preservada de esporos de pteridófitas classificada em 21 gêneros e 35 espécies pertencentes a dez famílias botânicas. Os esporos foram organizados seguindo ordem alfabética e seus habitats, afinidade botânica e habitat foram inferidos com auxílio da literatura descrita na introdução.

Gênero *Cyathidites* Couper, 1953

Cyathidites sp.

Afinidade botânica: Desconhecida

Habitat: Desconhecido

Gênero *Crassoretitriletes* Germeraad *et al.*, 1968

Crassoretitriletes vanraadshoovenii Germeraad *et al.*, 1968

Afinidade botânica: Família Schizaceae, espécie *Lygodium microphyllum* (Cav.) R. Br. 1810

Habitat: ocorre em toda América do Sul (Tryon & Lugardon 1991), espécie pantropical, associada a áreas alagadas e pântanos.

Gênero *Deltoidospora* Miner 1935

Deltoidospora adriennis (Potonié&Gelletich 1933) Fredericksen 1983

Afinidade botânica: Família Pteridaceae, espécie *Acrostichum aureum* L. 1753

Habitat: espécie pantropical, com ocorrência costeira em todos os continentes (Tryon & Lugardon 1991) e mangue (Jaramillo *et al.*, 2010)

Gênero *Distaverrusporites* Muller 1968

Distaverrusporites margaritatus Muller 1968

Afinidade botânica: desconhecida

Habitat: desconhecido

Gênero *Echinatisporis* Krutzsch 1959

Echinatisporis muelleri Krutzsch 1967

Afinidade botânica: famílias Thelypteraceae/Athyriaceae/Marathiaceae (D'Apolito 2016)

Habitat: desconhecido

Gênero *Laevigatosporites* Ibrahim, 1933

Laevigatosporites tibiensis (Van der Hammen 1956a) Jaramillo and Dilcher 2001

Afinidade botânica: desconhecida

Habitat: desconhecido

Gênero *Magnastriatites* Germeraad *et al.* 1968, emend. Dettmann & Clifford 1992

Magnastriatites grandiosus (Kedves & Sole de Porta 1963) Dueñas 1980

Afinidade botânica: Família Pteridaceae, gênero *Ceratopteris* Brongn. 1822

Habitat: gênero aquático (Tryon & Lugardon 1991), rios e lagos rasos (Jaramillo *et al.*, 2010)

Gênero *Nijssenosporites* Lorente 1986

Nijssenosporites fossulatus Lorente 1986

Afinidade botânica: Família Adiantaceae, gênero *Pityrogramma* Link 1833

Habitat: gênero pantropical nas américas (Tryon & Lugardon 1991), planícies

Gênero *Perinomonoletes* Krutzsch, 1967

Perinomonoletes sp.

Afinidade botânica: Família Aspleniaceae/Thelypteraceae (JARAMILLO *et al.*, 2010)

Habitat: desconhecido

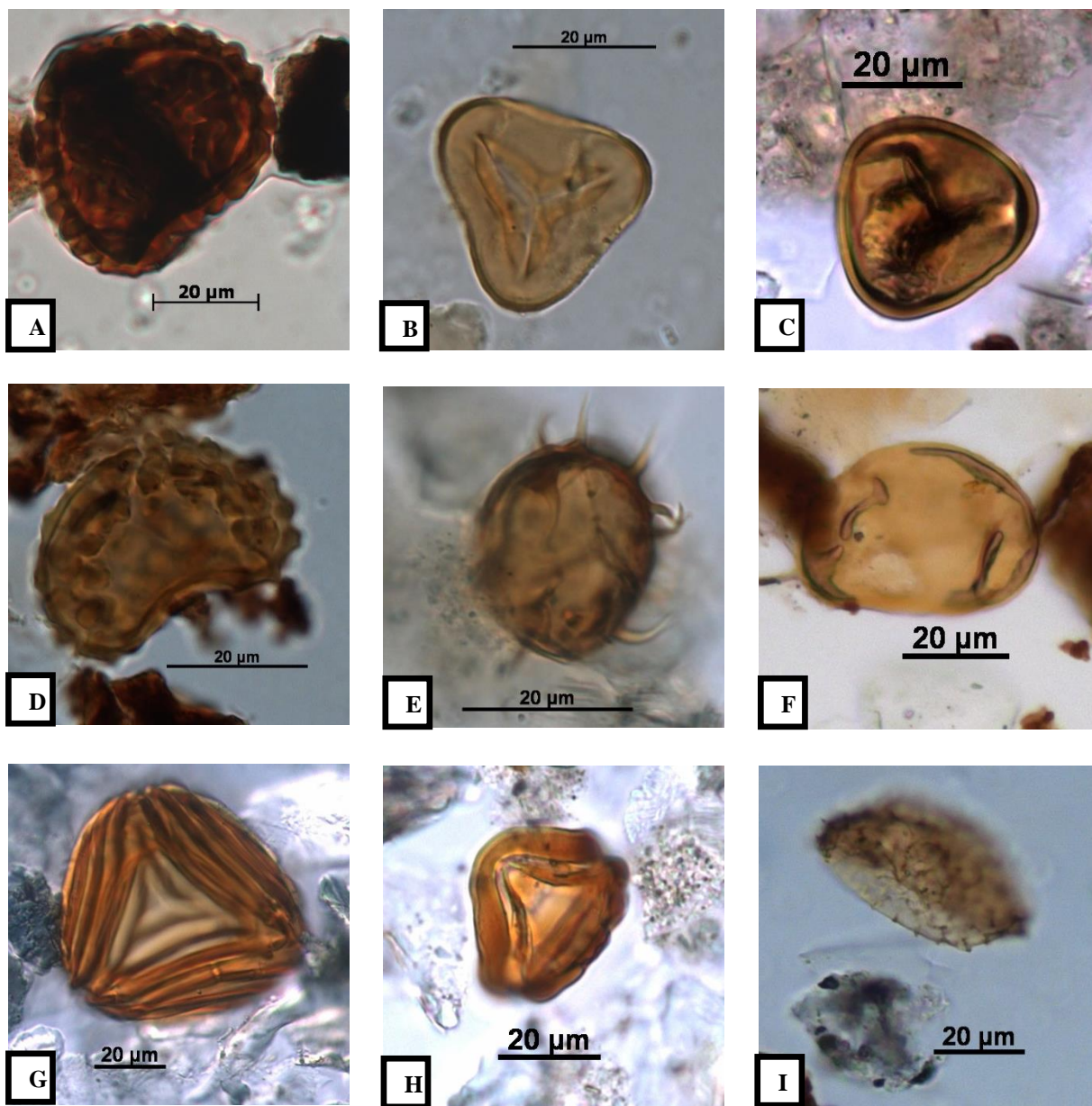


Figura 4. Esporos encontrados no poço estudado. A. *Crassoretiriletes vanhadshoovenii*, B. *Cyathidites* sp., C. *Deltoidospora adriennis*, D. *Distaverrusporites margaritatus*, E. *Echinatisporis muelleri*, F. *Laevigatosporites tibuiensis*, G. *Magnastriatites grandiosus*, H. *Nijssensporites fossulatus* e I. *Perinomonoletes* sp.

Gênero *Polypodiaceoisorites* Potonié, 1951 ex Potonié, 1956

Polypodiaceoisorites amazonensis Silva-Caminha *et al.*, 2010

Afinidade botânica: Família Pteridaceae

Habitat: desconhecido

Polypodiaceoisorites potonie Kedves, 1961

Afinidade botânica: Família Pteridaceae, gênero *Pteris* L. 1753

Habitat: muitas vezes ocorrem em lugares abertos ou em margens (TRYON & LUGARDON, 1991), planícies a áreas montanhosas (JARAMILLO *et al.*, 2010)

Polypodiaceoisorites simplex Sah, 1967

Afinidade botânica: Desconhecido

Habitat: Desconhecido

Gênero *Polypodiisorites* Potonié 1956 emend Khan & Martin, 1971

Polypodiisorites aff. specious Sah, 1967

Afinidade botânica: Família Polypodiaceae

Habitat: planícies (D'APOLITO, 2016)

Polypodiisorites fossulatus D'Apolito, 2016

Afinidade botânica: Desconhecida

Habitat: Desconhecido

Polypodiisorites scabraproximatus Silva-Caminha *et al.*, 2010

Afinidade botânica: Desconhecida

Habitat: Desconhecido

Gênero *Psilatriteles* van der Hammen, 1954 ex Potonié, 1956

Psilatriteles marginata D'Apolito 2016

Afinidade botânica: Desconhecida

Habitat: Desconhecido

Psilatriteles sp.

Afinidade botânica: desconhecida

Habitat: desconhecido

Gênero *Verrucatosporites* Thomson & Pflug, 1953

Verrucatosporites sp.

Afinidade botânica: Família Polypodiaceae

Habitat: Desconhecido

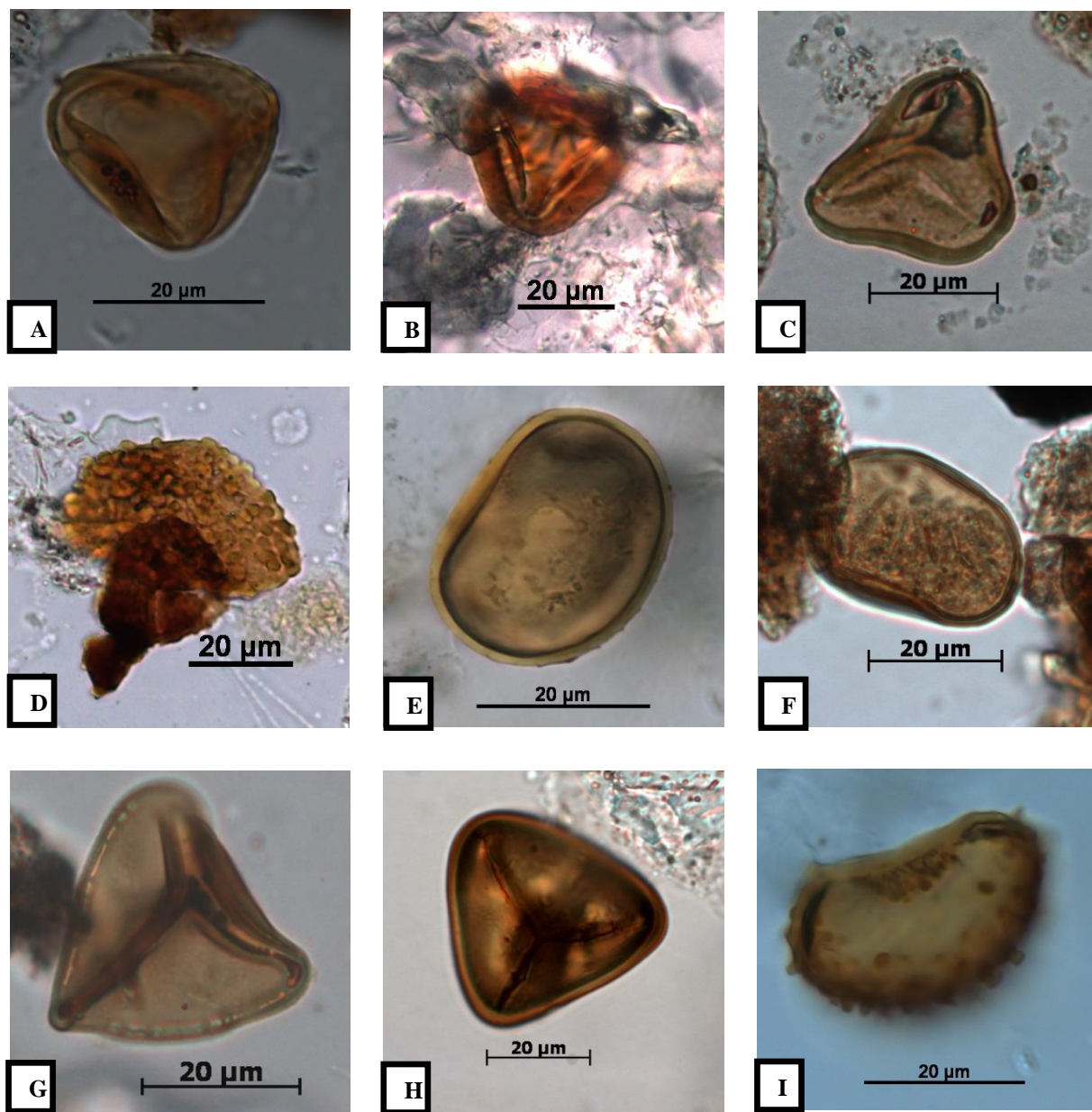


Figura 5. Esporos encontrados no poço estudado. A. *Polypodiaceosporites amazonensis*, B. *Polypodiaceosporites potonie*, C. *Polypodiaceosporites simplex*, D. *Polipodiisporites aff. specious*, E. *Polypodiisporites fossulatus*, F. *Polypodiisporites scabrapproximatus*, G. *Psilatriteles marginata*, H. *Psilatriteles sp.* e I. *Verrucatosporites sp.*.

Gênero *Verrucatosporites* Thomson & Pflug, 1953

Verrucatosporites usmensis (Van der Hammen 1956) Germeraad *et al.*, 1968

Afinidade botânica: Família Polypodiaceae, espécie *Stenochlaena palustres* (Burm. f.)

Bedd. 1876

Habitat: florestas montanhosas e planícies

Gênero *Verrucatotriletes* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964

Verrucatotriletes bullatus Van Hoeken-Klinkenberg, 1964

Afinidade botânica: Família Cyatheaceae, gênero *Alsophyla*

Habitat: gênero pantropical (TRYON & LUGARDON, 1991), com ocorrência em áreas montanhosas (JARAMILLO *et al.*, 2010).

Verrucatotriletes etayoi Dueñas, 1980

Afinidade botânica: desconhecida

Habitat: desconhecido

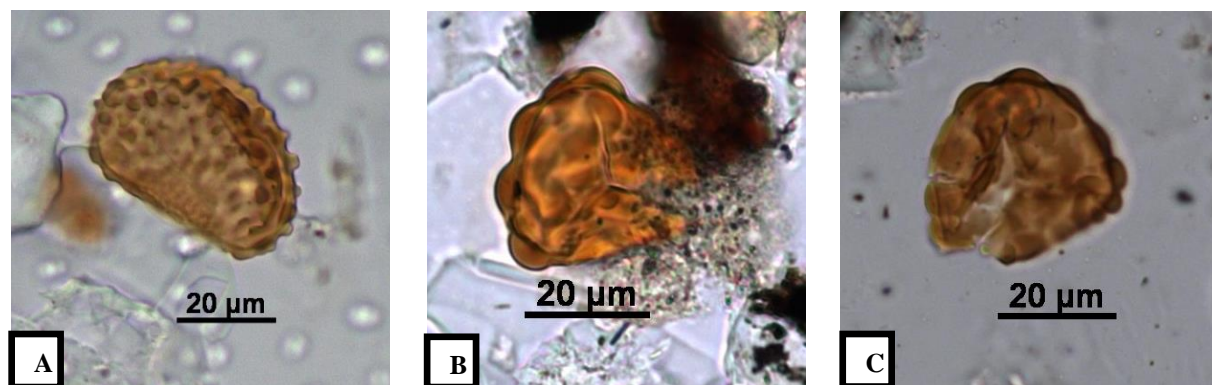


Figura 6. Esporos encontrados no poço estudado. A. *Verrucosporites usmensis*, B. *Verrucotriletes bullatus* e C. *Verrucotriletes etayoi*.

Lista de esporos não fotografados

Gênero *Cingulatisporites* Thomson emend. Potonié, 1956

Cingulatisporites laevigatus Silva-Caminha *et al.*, 2010

Afinidade botânica: desconhecida

Habitat: desconhecido

Gênero *Deltoidospora* Miner, 1935

Deltoidospora australis (Couper) Pocock, 1970

Afinidade botânica: Família Cyatheaceae

Habitat: Desconhecido

Deltoidospora minor (Couper) Pocock, 1970

Afinidade botânica: Família Cyatheaceae

Habitat: Desconhecido

Gênero *Echinatisporis* Krutzsch 1959

Echinatisporis brevispinosus Jaramillo e Dilcher, 2001

Afinidade botânica: desconhecida

Habitat: Desconhecido

Echinatisporis circularis Krutzsch 1967

Afinidade botânica: Thelypteraceae/Athyriaceae/Marathiaceae

Habitat: Desconhecido

Echinatisporis connectus D'Apolito, 2016

Afinidade botânica: Família Thelypteraceae/Athyriaceae/Marathiaceae

Habitat: Desconhecido

Echinatisporis infantus D'Apolito, 2016

Afinidade botânica: famílias Thelypteraceae/Athyriaceae/Marathiaceae

Habitat: desconhecido

Gênero *Echinosporis* Krutzsch, 1967

Echinosporis densiechinatus D'Apolito 2016

Afinidade botânica: Desconhecida

Habitat: Desconhecido

Gênero *Kuylisporites* Potonié 1956

Kuylisporites waterbolkii Potonié 1956

Afinidade botânica: Família Cyatheaceae, espécie *Cyathea horrida* (L.) Sm. 1793

Habitat: áreas montanhosas (Jaramillo *et al.*, 2010)

Gênero *Laevigatosporites* Ibrahim, 1933

Laevigatosporites caoticus D'Apolito 2016

Afinidade botânica: Desconhecida

Habitat: Desconhecido

Laevigatosporites cultellus D'Apolito 2016

Afinidade botânica: Desconhecido

Habitat: Desconhecido

Gênero *Polypodiisporites* Potonié 1956 emend Khan & Martin, 1971

Polypodiisporites densus D'Apolito, 2016

Afinidade botânica: Desconhecida

Habitat: Desconhecido

Gênero *Psilatriteles* van der Hammen 1954 ex Potonié, 1956

Psilatriteles lobatus Hoorn, 1994

Afinidade botânica: desconhecida

Habitat: desconhecido

Gênero *Retitriletes* Pierce, 1961

Retitriletes sommeri Regaliet al., 1974

Afinidade botânica: Família Lycopodiaceae?

Habitat: desconhecido

DISCUSSÃO

Sete lâminas foram lidas cujos resultados indicaram uma assembleia rica de esporos de pteridófitas classificada em 22 gêneros e 35 espécies pertencentes a dez famílias botânicas (Figura 7). A grupo mais representativo em número de espécies é a Thelypteraceae/Athyriaceae/Marathiaceae, com cerca de 17% do total identificado, cuja as espécies são: *Echinatisporis circularis*, *Echinatisporis connectus*, *Echinatisporis brevispinosus*, *Echinatisporis infantus* e *Echinatisporis muelleri*.

A segunda família com um grande número de espécies identificadas foi a Pteridaceae, com cerca de 11%, onde as espécies identificadas foram: *Deltoidospora adriennis*, *Magnastriatites grandiosus*, *Polypodiaceoisporites amazonenses* e *Polypodiaceoisporites potonieii*. Já a família Cyatheaceae também possui quatro indivíduos identificados como representantes, também apresenta 11% das espécies identificadas, sendo esses indivíduos: *Deltoidospora australis*, *Deltoidospora minor*, *Kuylisporites waterbolkii* e *Verrucatotriletes bullatus*.

As famílias que possuem uma menor representatividade são as que possuem 5% e 3% das espécies identificadas, com dois e um indivíduos em cada, sendo elas: família Polypodiaceae (5%): *Polypodiisporites* aff. *P. speciosus*, *Verrucatosporites usmensis*; família Schizaceae (3%): *Crassoretitriletes vanhadshoovenii*; família Lycopodiaceae (?) (3%): *Retitriletes sommeri*; família Adiantaceae (3%): *Nijssenosporites fossulatus*; e família Aspleniaceae/Thelypteraceae (3%): *Perimonoletes* sp.

Grande parte do número de espécies encontradas no poço apresenta famílias desconhecidas (Figura 7): cerca de oito gêneros e 16 espécies. Provavelmente há poucos estudos de taxonomia desenvolvidos com os grãos de esporos (Hoorn *et al.* 2010, Figura 2A) ou, ainda esses grupos vegetais não apresentam representantes atuais para comparação. Dentre os esporos identificados como família desconhecida no gráfico, temos: *Cyathidites* sp., *Cingulatisporites laevigatus*, *Distaverrusporites margaritatus*, *Echinosporis densiechinatus*, *Laevigatosporites caoticus*, *Laevigatosporites cultellus*, *Laevigatosporites tibuiensis*, *Polypodiaceoisporites simplex*, *Polypodiisporites densus*, *Polypodiisporites fossulatus*; *Polypodiisporites scabraproximatus*, *Psilatriteles lobatus*, *Psilatriteles marginata*, *Psilatriteles* sp, *Verrucatotriteles etayoi*, *Verrucatosporites* sp.

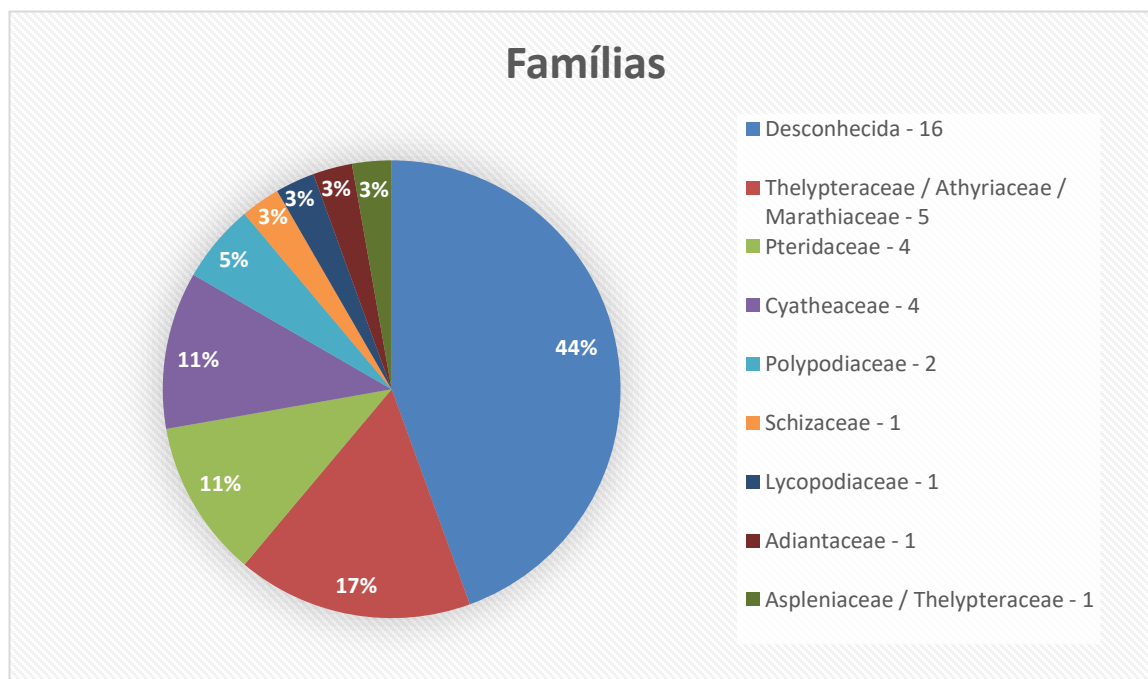


Figura 7. Gráfico comparativo da quantidade de famílias encontradas no estudo.

O material foi bem recuperado uma vez que os esporos foram muito frequentes nas amostras estudadas (Tabela 1). Do total de 300 grãos, foi observado que foram contados mais de 50% de esporos na maioria das lâminas, destacando-se algumas profundidades que obtiveram quase 100% dos grãos contados.

Segundo Maia (MAIA et al., 1977), a Formação Solimões foi descrita como uma sequência sedimentar de idade neogênica e composta por argilitos, argilitos siltosos e arenosos, siltitos argilosos e arenitos finos, o que pode ser observado e confirmado nas amostras do testemunho de sondagem utilizado no trabalho.

A profundidade 26,31 m foi a que obteve o maior número de esporos apresenta a litologia argilito siltoso, seguida da profundidade 69,93 m, onde se observa a litologia argilitica e na sequência a amostra 10,18 m, que é composta por argilito siltoso. A alta frequência de esporos nestas litologias pode estar relacionada com a questão deposicional, em relação ao tamanho dos grãos e dos sedimentos.

Os esporos, como observado, foram abundantes em litologia pelítica (silito e argilito). De acordo com Traverse (2007, Figura 8), esporos e grãos de pólen são geralmente equivalentes hidrodinâmicos a partículas finas, como silte, sendo transportados e depositados conjuntamente.

Na litologia observada das amostras, uma profundidade se destaca apresentando uma litologia argilitica. De acordo com o range da amplitude dos esporos e grãos de pólen (Figura 8), podemos ver que sua distribuição fica na parte siltosa na escala do tamanho das partículas sedimentares, partindo do pressuposto de que ela é um argilito muito próximo da granulometria silte, podemos compreender a presença dos esporos, fazendo com que sua equivalência hidrodinâmica esteja de acordo com a necessária.

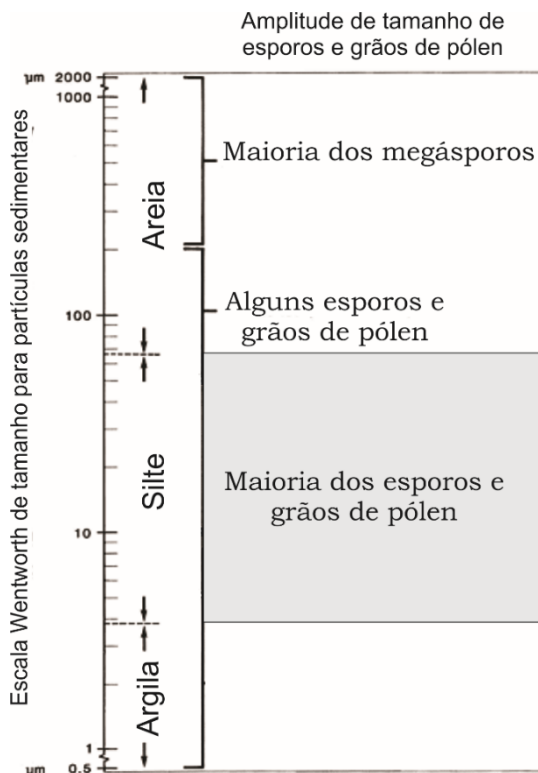


Figura 8. Tamanho dos grãos de esporos e pólen em comparação as partículas sedimentares. Fonte: Traverse, 2007.

Após o levantamento dos esporos presentes em outros poços da Formação Solimões (Tabela 2), foi possível ver uma similaridade maior com os poços 1-AS-15-AM (TOCORONTE, 2019), 1-AS-37-AM e 1-AS-46-AM (SÁ & CARVALHO 2017), com cerca de 19 grãos no 37 e 46, e 15 grãos no poço 15. É possível observar que estes poços estão localizados a noroeste, próximo a zona de maior deposição da bacia, no depocentro, da Formação Solimões (Figura 9), marcada pelas linhas que demonstram a espessura real do corpo geológico na região, as isópacas. Esta região possui maior número de espécies encontradas.

Espécies novas foram descritas recentemente (D'APOLITO, 2016) e utilizadas como base taxonômica para o presente estudo, foram encontradas bastante espécies de grãos de esporos nas lâminas, cerca de 35 espécies. Quando comparados com outros trabalhos é possível observar uma maior similaridade com trabalhos mais recentes, talvez uma análise estatística com esses poços não seria possível por conta disso e de uma tendência em se distanciar dos trabalhos mais antigos devido a novas espécies terem sido descritas para o Mioceno.

Tabela 2. Comparativo das espécies de pteridófitas encontradas na Formação Solimões.

Esporos	Registros na Formação Solimões*									
	04a	32	15	19 e 27	51 e 52	31 e 34	33	37 e 46	105	Coari e Alto Solimões
<i>Cingulatisporites laevigatus</i>				X				X		
<i>Crassoretitriletes vanraadshoovenii</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Cyathidites</i> sp.										
<i>Deltoidospora adriennis</i>	X	X	X	X	X			X		X
<i>Deltoidospora australis</i>										
<i>Deltoidospora minor</i>										
<i>Distaverrusporites margaritatus</i>				X	X			X		
<i>Echinatisporis brevispinosus</i>			X							
<i>Echinatisporis circularis</i>			X							
<i>Echinatisporis connectus</i>									X	
<i>Echinatisporis densiechinatus</i>			X						X	
<i>Echinatisporis infantus</i>								X	X	
<i>Echinatisporis muelleri</i>		X	X			X	X	X		X
<i>Kuylisporites waterbolkii</i>		X	X	X				X		X
<i>Laevigatosporites caoticus</i>			X						X	
<i>Laevigatosporites cultellus</i>									X	
<i>Laevigatosporites tibiensis</i>			X	X				X		
<i>Magnastriatites grandiosus</i>	X	X		X	X		X	X		X
<i>Nijssenosporites fossulatus</i>			X				X	X		
<i>Perinomonoletes</i>								X		
<i>Polypodiaceoisporites amazonensis</i>			X	X				X		
<i>Polypodiaceoisporites potonieii</i>	X				X			X		
<i>Polypodiaceoisporites simplex</i>										
<i>Polypodiisporites aff. speciosus</i>			X	X				X		
<i>Polypodiisporites densus</i>									X	
<i>Polypodiisporites fossulatus</i>									X	
<i>Polypodiisporites scabraproximatus</i>						X				
<i>Psilatriteles lobatos</i>			X	X				X		
<i>Psilatriteles</i> sp.							X			
<i>Psilatriteles marginata</i>									X	
<i>Retitriteles sommeri</i>								X		
<i>Verrucatosporites</i> sp.		X			X					
<i>Verrucatosporites usmensis</i>	X	X			X			X		X
<i>Verrucatotriteles bullatus</i>	X		X	X			X	X		
<i>Verrucatotriteles etayoi</i>			X	X	X			X		

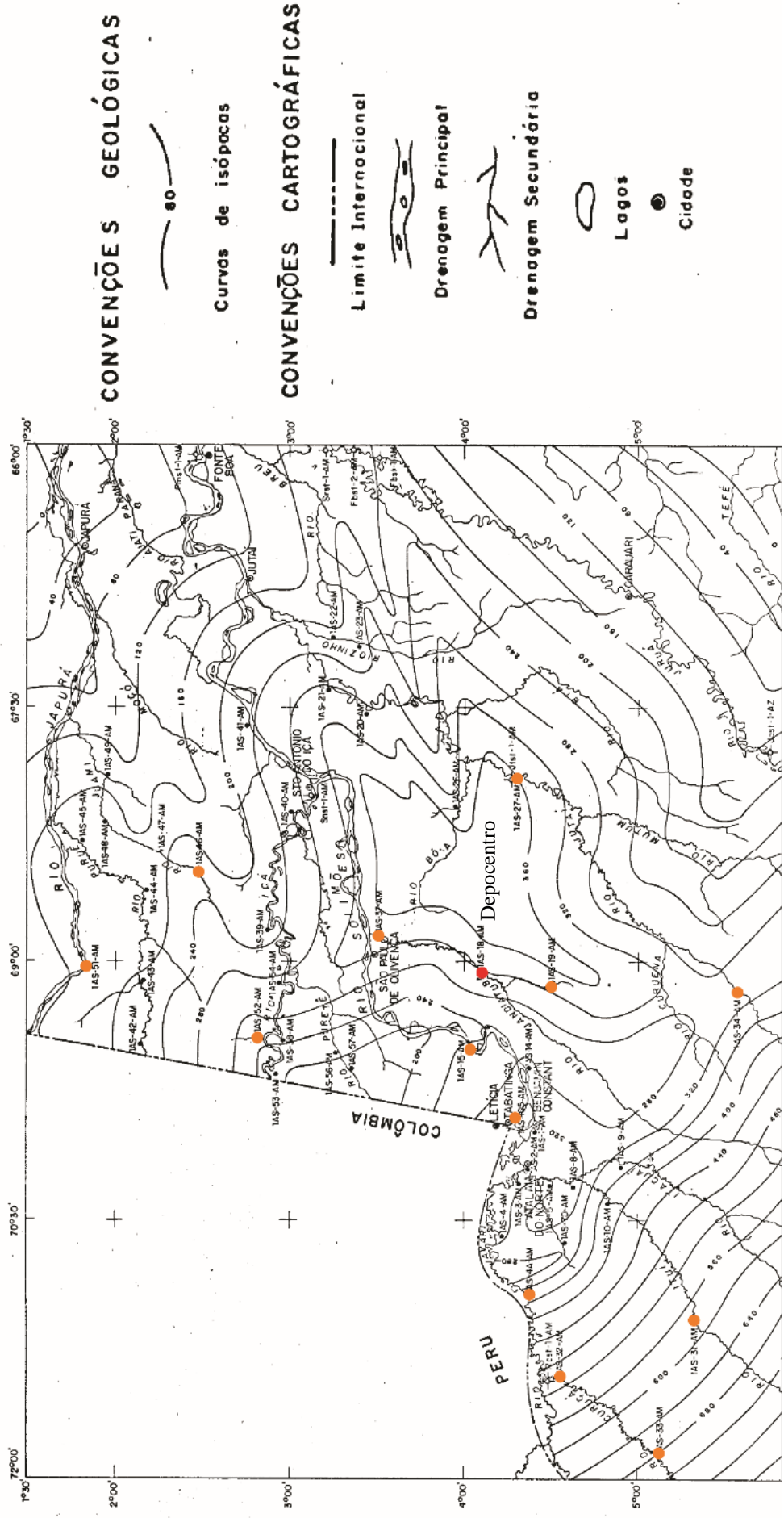


Figura 9. Isópacas da Bacia do Solimões. Fonte: Maia et al., 1977. Modificado. Em vermelho o poço 1-AS-18-AM e em laranja os demais poços citados no trabalho.

Metade das espécies de pteridófitas identificadas indicam habitats conhecidos como ambientes aquáticos, áreas montanhosas, planícies e áreas associadas a água, como várzeas, pântanos e margens de rios e lagos (Tabela 3).

De todos os grãos identificados, grande parte não possui seus habitats conhecidos, totalizando 27 espécies. Dentre os que possuem seus habitats conhecidos, três esporos que estão relacionados a áreas alagadas, pântanos e lagos, destacando-se o *Crassoretitriletes vanraadshoovenii*, *Deltoidospora adriennis* e *Magnastriatites grandiosus*. Os grãos correspondentes a áreas alagadas possivelmente estão associados a rios ou lagos, ou seja, áreas com bastante disponibilidade de água. Estes grãos não convergem com áreas montanhosas e planícies, que são os: *Verrucatotriletes bullatus*, *Kuylisporites waterbolkii*, *Nijssenosporites fossulatus* e *Polypodiisporites aff. speciosus*. Esses esporos de áreas montanhosas possivelmente estão relacionados com o soerguimento dos Andes, criando um novo nicho para essas espécies. Exceção de *Verrucatosporites usmensis* que indica áreas montanhosas e planícies,

Tabela 3. Habitat das espécies identificadas.

Áreas alagadas, pântanos e lagos	Áreas montanhosas	Planícies
<i>C. vanraadshoovenii</i>	<i>V. usmensis</i>	<i>N. fossulatus</i>
<i>D. adriennis</i>	<i>V. bullatus</i>	<i>P. speciosus</i>
<i>M. grandiosus</i>	<i>K. waterbolkii</i>	<i>V. usmensis</i>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A litologia observada corrobora as informações apresentadas por Maia (1977) no relatório da CPRM. A litologia pelítica apresentou resultados positivos para a presença de grãos de esporos, apresentando uma boa preservação.

A assembleia de esporos encontradas encontravam-se bem preservada e diversificada, englobando cerca de 21 gêneros, 35 espécies e 10 famílias botânicas. Dentre as famílias encontradas, destacam-se a Thelypteraceae/Athyriaceae/Marathiaceae, seguida da Pteridaceae, com maior riqueza de espécies.

De acordo com a tabela criada para a apresentação do material em comparação com outros poços, foi possível observar que o poço estudado está localizado próximo ao depocentro da bacia, o que corrobora com a análise do material, apresentando uma grande quantidade de espécies e boa preservação.

Quanto ao habitat, as pteridófitas se destacam em áreas alagadas, como pântanos e lagos, áreas montanhosas e planícies, isso dentro das espécies que possuem seu habitat conhecido, infelizmente grande parte das espécies encontradas não possuem seu habitat conhecido, cerca de 77%.

Este trabalho teve como finalidade auxiliar no conhecimento da paleoflora regional, identificação das afinidades botânicas e ecologia da região amazônica.

Vale ressaltar que foram lidas somente 7 lâminas devido ao incêndio ocorrido no o Museu Nacional no dia 02 de setembro de 2018, o que acarretou na perda das lâminas utilizadas para o presente trabalho.

Há uma necessidade de mais trabalhos com os esporos na região amazônica, para compreender melhor os grupos ali encontrados e as informações ambientais acerca deles, tendo em vista a diversidade de espécies encontradas nas lâminas analisadas.

REFERÊNCIAS

D'APOLITO, C. 2016. Landscape evolution in Western Amazonia: palynostratigraphy, palaeoenvironments and diversity of the Miocene Solimões Formation, Brazil. University of Birmingham, Tese de Doutorado, 350p.

BARATA, C.F.; Caputo, M.V. Geologia do petróleo da Bacia do Solimões. 2007. "O Estado da Arte", 4º DPETRO – Campinas, SP - ABPG.

CAPUTO, M.V. 1984. Stratigraphy, tectonics, palaeoclimatology and palaeogeography of northern basins of Brazil. University of Califórnia. Tese de Doutorado, 532 p.

D'APOLITO, C. 2016. Landscape evolution in Western Amazonia: palynostratigraphy, palaeoenvironments and diversity of the Miocene Solimões Formation, Brazil. University of Birmingham, Tese de Doutorado, 350p.

GERMERAAD, J.H.; Hopping, C.A. & Muller, J. 1968. Palynology of Tertiary sediments from tropical areas. *Review of Paleobotany and Palynology*, 6: 189-348.

HOORN, C. & Wesselingh, F. P. 2010d. **Amazonia, Landscape and Species Evolution: A Look into the Past. Wiley-Blackwell**, London, 447 p.

HOORN, C. 1993. Marine incursions and the influence of Andean tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonia: results of Palynostratigraphic study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 105: 267-309.

HOORN, C. 1994a. Fluvial palaeoenvironments in intracratonic Amazonas Basin (Early Miocene-Early Middle Miocene, Colombia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109: 1-54.

HOORN, C. 1994b. An environmental reconstruction of the palaeo-Amazon River system (Middle to Late Miocene, NW Amazonia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 112:187-238.

HOORN, C. 1994c. Miocene palynostratigraphy and palaeoenvironments of Northwestern Amazonia. University of Amsterdam. Amsterdam. Tese PhD, 156 p.

HOORN, C.; Guerreiro, J. & Sarmiento, G. 1995. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene Northern South America. *Geology*, 23: 237-240. doi: 10.1130/0091

HOORN, C.; Wesselingh, F.P.; Hovikoski, J. & Guerrero, J. 2010b. The Amazonian mega-wetland (Miocene; Brazil, Colombia, Peru, Bolivia). In: HOORN, C. & WESSELINGH, F.P. (eds.) Amazonia, Landscape and Species Evolution: Look into the Past. Wiley-Blackwell, 123-143.

HOORN, C.; Wesselingh, F.P.; Steege, H.; Bermudez, M.A.; Mora, A.; Sevink, J.; Sanmartín, I.; Sanchez-Meseguer, A.; Anderson, C.L.; Figueiredo, J.P.; Jaramillo, C.; Riff, D.; Negri, F.R.; Hooghiemstra, H.; Lundberg, J.; Stadler, T.; Särkinen, T. & Antonelli, A. 2010. Amazonia Through Time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *Science*, 330: 927-931.

IRION, G. and KALLIOLA, R. 2010c. Long-term landscape development processes in Amazonia. In: HOORN, C. & WESSELINGH, F.P. (eds.) Amazonia, Landscape and Species Evolution: Look into the Past. Wiley-Blackwell, 123-143.

JARAMILLO, C.; Romero, I.; D'Apolito, C.; Bayona, G.; Duarte, E. *et al.* 2017. Miocene flooding events of western Amazonia. *Science Advances*, 3: 1-11.

JARAMILLO, C.A. & Rueda, M.J. 2013. A Morphological Electronic Database of Cretaceous-Tertiary and Extant pollen and spores from Northern South America. v. 2012/2013. Accessible at <http://biogeodb.stri.si.edu/jaramillo/palynomorph/>

JARAMILLO, C.A. & Rueda, M.J. 2013. A Morphological Electronic Database of Cretaceous-Tertiary and Extant pollen and spores from Northern South America. v. 2012/2013. Accessible at <http://biogeodb.stri.si.edu/jaramillo/palynomorph/>

JARAMILLO, C.A.; Rueda, M. & Torres, V. 2011. A palynological zonation for the Cenozoic of the Llanos and Llanos Foothills of Colombia. *Palynology*, 35: 46-84.

JARAMILLO, C.; Hoorn, C.; Silva, S.A.F.; Leite, F.; Herrera, F.; Quiroz, L.; Dino, R. & Antonioli, L. 2010. The origin of the modern Amazon rainforest: implications of the palynological and paleobotanical record. In: HOORN, C & WESSELINGH, F.P. (eds.) Amazonia: landscape and species evolution – a look into the past. Blackwell Publishing, p. 317-334.

LEITE, F.P.R. 2006. Palinologia da Formação Solimões, Neógeno da Bacia do Solimões, estado do Amazonas: Implicação paleoambientais e bioestratigráficas. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade de Brasília, Brasília, Tese de Doutorado, 138p.

LEITE, F.P.R.; Paz, J.; Carmo, D.A. & Silva-Caminha, S. 2016. The effects of the inception of Amazonian transcontinental drainage during the Neogene on the landscape and vegetation of the Solimões Basin, Brazil. *Palynology*, 40: 1-11.

LORENTE, M. 1986. *Palynology and Palynofacies of the Upper Tertiary in Venezuela*. Cramer, Berlin/Stuttgart Band. *Dissertationes Botanicae*, 222 p.

MAIA, R.G.N.; Godoy, H.K.; Yamaguti, H.S.; Moura, P.A.; Costa, F.S.F.; Holanda, M.A. & Costa, J.A. 1977. Projeto de carvão no Alto Solimões. Relatório Final. CPRM-DNPM. 137 p.

RADAM 1977. Folha SC. 19 Juruá - Rio Branco. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, Projeto RADAM BRASIL, Rio Janeiro, RJ

REGALI, M.S.P.; Uesugui, N. & Santos, A.S. 1974a. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil – I. *Boletim Técnico da Petrobrás* 17: 177-191.

REGALI, M.S.P.; Uesugui, N. & Santos, A.S. 1974a. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil – I. *Boletim Técnico da Petrobrás* 17: 177-191.

REGALI, M.S.P.; Uesugui, N. & Santos, A.S. 1974b. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil – II. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 17: 263-301.

REGALI, M.S.P.; Uesugui, N. & Santos, A.S. 1974b. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil – II. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 17: 263-301.

SÁ, N.P. & Carvalho, M.A. 2017. Miocene fern spores and pollen grains from the Solimões Basin, Amazon Region, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 31(4): 720-735. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062017abb0160>

SILVA-CAMINHA, S.A.F.; Jaramillo, C.A. & Absy, M.L. 2010. Neogene palynology of the Solimões Basin, Brazilian Amazonia. *Palaeontographica*, 283: 1-67.

SILVA-CAMINHA, S.A.F.; Jaramillo, C.A. & Absy, M.L. 2010. Neogene palynology of the Solimões Basin, Brazilian Amazonia. *Palaeontographica*, 283: 1-67.

SILVEIRA, R.R. & Souza, P.A. 2015. Palinologia (grãos de pólen de angiospermas) das formações Solimões e Içá (bacia do Solimões), nas regiões de Coari e Alto Solimões, Amazonas. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 18(3): 455-474.

SILVEIRA, R.R. & Souza, P.A. 2016. Palinologia (esporos de fungo e pteridófitas, grãos de pólen de gimnospermas, cistos de algas e escolecodonte) das formações

Solimões e Içá (Neógeno e Pleistoceno, Bacia do Solimões), Amazonas, Brasil. Pesquisas em Geociências, 43 (1): 17-39.

TRAVERSE, A. (2007) **Paleopalynology**, 2nd ed. Dordrecht: Springer, pp. 813.

TRYON, A.F. & Lugardon, B. 1991. Spores of the Pteridophyta. Surface, wall structure and diversity based on electron microscope studies. Springer, New York, 648 p.

UESUGUI, N. 1979. Palinologia; técnicas de tratamento de amostras. Boletim Técnico da Petrobrás, 22: 229-240.