



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE, ECOLOGIA
ECONSERVAÇÃO

Raqueline Rana Mota da Silva

**NOVOS MORFOGÊNEROS DE LENHOS FÓSSEIS GIMNOSPÉRMICOS
PROVENIENTES DO MONUMENTO NATURAL DAS ÁRVORES FOSSILIZADAS
DO ESTADO DO TOCANTINS (MONAF), PERMIANO, BRASIL**

PORTO NACIONAL - TO - BRASIL

Maior2024

Raqueline Rana Mota da Silva

**NOVOS MORFOGÊNEROS DE LENHOS FÓSSEIS GIMNOSPÉRMICOS
PROVENIENTES DO MONUMENTO NATURAL DAS ÁRVORES FOSSILIZADAS
DO ESTADO DO TOCANTINS (MONAF), PERMIANO, BRASIL**

Dissertação de mestrado elaborada junto ao Programa de Pós - Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação da Universidade Federal do Tocantins – Campus de Porto Nacional, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ecologia.

Orientadora: Dra. Etiene Fabbrin Pires Oliveira

PORTO NACIONAL - TO - BRASIL

Maior/2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S586n Silva, Raqueline Rana Mota da.
Novos morfogêneros de lenhos fósseis gimnospérmicos
provenientes do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas da
Estado do Tocantins (Monaf), Permiano, Brasil. / Raqueline Rana
Mota da Silva. – Porto Nacional, TO, 2024.

74 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do
Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-
Graduação (Mestrado) em Biodiversidade, Ecologia e Conservação,
2024.

Orientadora : Etiene Fabbrin Pires Oliveira

1. Fósseis. 2. Gimnospermas. 3. Interação artrópode-planta. 4.
coprólitos. I. Título

CDD 577

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que
citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime
estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha
catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

RAQUELINE RANA MOTA DA SILVA

NOVOS MORFOGÊNEROS DE LENHOS FÓSSEIS GIMNOSPÉRMICOS
PROVENIENTES DO MONUMENTO NATURAL DAS ÁRVORES FOSSILIZADAS
DO ESTADO DO TOCANTINS (MONAF), PERMIANO, BRASIL

Dissertação de mestrado apresenta à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Porto Nacional, no Programa de Pós - Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação, foi avaliado para obtenção do título de mestre e aprovado em sua forma final pela orientadora e pela banca examinadora.

Data de Aprovação: 22/05/2024

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Etiene Fabbrin Pires Oliveira, orientadora, UFT

Profa. Dra. Tatiane Marinho Vieira Tavares, membro externo, UFNT

Profa. Dra. Kellen Lagares Ferreira Silva, membro interno, UFT

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Dra. Etiene Fabbrin Pires Oliveira pela compreensão, pelo seu tempo investido na minha formação e por ter me iniciado nos caminhos da paleobotânica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado concedida para estudo.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Tocantins (FAPT) pelo financiamento que possibilitou a confecção de lâminas petrográficas e diárias de campo concedidas, através da aprovação do projeto de pesquisa criado e coordenado pela minha orientadora Dra. Etiene Fabbrin Pires Oliveira.

Ao Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins) pelo acesso à área de estudo e alojamento concedido.

A Universidade Federal do Tocantins - UFT, que proporcionou o espaço físico utilizado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação (PPGBec) pelo corpo docente qualificado, extremamente necessário para a minha formação e pela disponibilização dos equipamentos necessários para tirar as fotomicrografias das lâminas petrográficas.

Aos colegas do Laboratório de Paleobiologia – UFT e do PPGBec pelas trocas de experiências e conhecimentos.

RESUMO

A Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional (FPTS) está localizado na região sudoeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba, sendo que seu mais significativo fragmento deu origem à Unidade de Conservação (UC) de Proteção Integral Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins (Monaf). Nos afloramentos do Monaf e seu entorno são identificados fósseis de samambaias arborescentes, esfenófitas e gimnospermas, dentre outros grupos. Os diversos vegetais fósseis estão incluídos em camadas sedimentares e, mais frequentemente, encontram-se rolados, geralmente fragmentados, e são atribuídos à Formação Motuca, de idade Permiana. O presente estudo tem como objetivo realizar a classificação taxonômica e sistemática de espécimes fósseis de lenhos gimnospermicos atribuídos à Formação Motuca provenientes da área do Monaf. O material analisado corresponde a dois fragmentos de lenhos fósseis, selecionados a partir de seu bom grau de preservação. Para analisar as características morfológicas internas dos espécimes foram preparadas lâminas petrográficas delgadas em três planos de cortes da madeira: seção transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial. A partir da descrição dos espécimes UFT-705 e UFT-882 foi possível sugerir dois novos morfogêneros e morfoespécies. Também foram identificados coprólitos esferoidais e ovais preservados na medula do espécime UFT-705, que são interpretados como tendo origem em ácaros oribatídeos. Deste modo, os dois lenhos endêmicos fornecem evidências adicionais sobre a biodiversidade durante o Permiano na Bacia do Parnaíba. Por fim, a presença de coprólitos atribuídos aos ácaros oribatídeos é mais uma contribuição de interação artrópodes-planta.

Palavras chave: Fósseis, Gimnospermas, Interação artrópodes-planta, Coprólitos.

ABSTRACT

The Petrified Forest of Northern Tocantins (FPTS) is located in the southwest region of the Parnaíba Sedimentary Basin, and its most significant fragment gave rise to the Conservation Unit (UC) of Integral Protection Natural Monument of Fossilized Trees of the State of Tocantins (Monaf) . Fossils of tree ferns, sphenophytes and gymnosperms, among other groups, have been identified in the outcrops of Monaf and its surroundings. The various fossil plants are included in sedimentary layers and, more frequently, are found rolled, generally fragmented, and are attributed to the Motuca Formation, of Permian age. The present study aims to carry out the taxonomic and systematic classification of fossil specimens of gymnospermic wood attributed to the Motuca Formation from the Monaf area. The material analyzed corresponds to two fragments of fossil wood, selected based on their good degree of preservation. To analyze the internal morphological characteristics of the specimens, thin petrographic slides were prepared in three wood cutting planes: transverse section, tangential longitudinal and radial longitudinal. From the description of specimens UFT-705 and UFT-882 it was possible to suggest two new morphogenera and morphospecies. Spheroidal and oval coprolites preserved in the pith of specimen UFT-705 were also identified, which are interpreted to have originated from oribatid mites. In this way, the two endemic woods provide additional evidence about biodiversity during the Permian in the Parnaíba Basin. Finally, the presence of coprolites attributed to oribatid mites is another contribution from arthropod-plant interactions.

Keywords: Fossils, Gymnosperms, Arthropod-plant interaction, Coprolites.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Gimnospermas fósseis na Bacia do Parnaíba	10
1.2 Interações inseto-planta no Permiano do Gondwana	11
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivo geral	18
2.2 Objetivos específicos	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Bacia do Parnaíba	19
3.2 Área de estudo	21
3.3 Pontos de coleta.....	22
3.3.1 Descrição e localização dos afloramentos.....	23
3.3.1.1 Afloramento Fazenda Andradina.....	23
3.3.1.2 Afloramento Fazenda Buritirana.....	24
4 METODOLOGIA	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6 CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

O mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical do Permiano no Hemisfério Sul, intitulado “Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional (FPTS)” está localizado na região sudoeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba (Dias-Brito et al., 2007). Conforme Dernbach (1996), a FPTS é um tesouro natural e está listada entre as 31 mais expressivas florestas fossilizadas da Terra. O mais significativo fragmento da FPTS deu origem à Unidade de Conservação (UC) Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins (Monaf). O Monaf é uma UC de proteção integral, criada pelo Estado do Tocantins por meio da Lei Estadual nº 1.179, de outubro de 2000 (D. O. E. 981) com o intuito de proteger e conservar o patrimônio paleontológico pertencente a FPTS (Brasil, 2000).

As unidades litoestratigráficas aflorantes no Monaf são constituídas por rochas siliciclásticas, carbonáticas e evaporíticas presentes nas formações Piauí (Neocarbonífero), Pedra de Fogo (Permiano), Motuca (Permiano) e Sambaíba (Triássico), componentes da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Nos afloramentos do Monaf e seu entorno são identificadas samambaias arborescentes, esfenófitas e gimnospermas (Dias-Brito et al., 2007), sendo que é possível encontrar diversos vegetais fósseis simplesmente rolados no solo, geralmente fragmentados, atribuídos à Formação Motuca (Iannuzzi et al., 2018).

Devido ao alto grau de preservação, o porte e a abundância dos fitofósseis encontrados na FPTS despertou o interesse de diversos pesquisadores (Dernbach, 1996; Dias-Brito et al., 2007; Kauffmann, 2013b), de modo que este patrimônio fossilífero tem sido tema de vários estudos paleobotânicos ao longo dos anos (Dernbach, 1996; Röbber & Noll, 2002; Röbber & Galtier, 2002; Röbber & Galtier, 2003; Röbber, 2006; Dias-Brito et al., 2007; Kauffmann et al., 2013a; Kauffmann et al., 2013b; Kurzawe et al., 2013a; Kurzawe et al., 2013b; Tavares et al., 2014; Benício et al., 2015; Iannuzzi et al., 2018; Conceição et al., 2020a; Conceição et al., 2020b; Conceição et al., 2022 dentre outros).

Nesses estudos, vários novos morfogêneros e morfoespécies provenientes da Formação Motuca foram descritos, destacando a rica diversidade fóssil que o

monumento apresenta, tais como, pteridófitas, esfenófitas e gimnospermas (Kurzawe et al., 2013a; 2013b; Iannuzzi et al., 2018; Conceição et al., 2020a; 2020b; 2022). Portanto, é notório o quão importante é essa área para estudos paleobotânicos. Dessa forma, há muitos espécimes a serem descritos e identificados, e, no escopo deste arcabouço, as gimnospermas são peças fundamentais e diversas.

A partir de análises de fitofósseis e de vestígios encontrados neles é possível estabelecer condições ambientais locais que ocorreram no passado e disponibilizar importantes dados paleoecológicos, paleoclimáticos e paleobiogeográficos. Como por exemplo, em casos de estudos de interação inseto-planta no registro fóssil que podem fornecer informações sobre a coevolução de plantas e insetos (Adami-Rodrigues et al., 2004).

1.1 Gimnospermas fósseis na Bacia do Parnaíba

Os trabalhos realizados na Bacia do Parnaíba, com relação aos fitofósseis, fazem referência às descrições morfoanatômicas e à classificação sistemática de lenhos de gimnospermas, caules e folhas de pteridófitas, caules de esfenófitas e palinomorfs (grãos de pólen e algas), aspectos tafonômicos, paleobiogeográficos e paleoecológicos também são discutidos. Os fósseis de idade permiana que foram registrados nos estado do Tocantins no Monaf e seu entorno, são atribuídos a Formação Motuca (Iannuzzi et al., 2018; Dino et al., 2002).

Com relação às gimnospermas, os trabalhos consistem principalmente em descrições morfoanatômicas e classificações sistemáticas. Coimbra & Mussa (1984) apresentaram as morfoespécies *Amyelon beloi* e *Carolinapitys maranhensis*. Caldas et al. (1989) apresentaram *Teresinoxylon eusebioi*, como sendo procedente da Formação Pedra de Fogo, em Teresina-PI. Kurzawe et al. (2013a; 2013b) descreveram e identificaram novos morfogêneros e novas morfoespécies para a Formação Motuca na área do Monaf. Kurzawe et al. (2013a) apresentaram *Damudoxylon buritiranaense*, *Damudoxylon humile*, *Damudoxylon roessleri*, *Kaokoxylon punctatum*, *Taenioptys tocantinensis* e *Taeniopitys* sp..

Kurzawe et al. (2013b) descreveram *Ductoabietoxylon solis*, *Scleroabietoxylon chordas*, *Parnaiboxylon rohnae* e *Parnaiboxylon* sp. Conceição et al. (2020a; 2020b;

2022) também descreveram e identificaram novos morfogêneros e novas morfoespécies para a Formação Motuca na área do Monaf. Conceição et al. (2020a) registraram *Yvyrapitys novaiorquensis* e *Novaiorquepitys maranhensis*. Conceição et al. (2020b) e descreveram *Ductolobatopitys mussae* e *Kaokoxylon brasiliensis* e Conceição et al. (2022) apresentaram *Polycanaloxylon merlottii* e *Europoxylon garapensis*.

A presença de vários novos morfogêneros e novas morfoespécies atribuídas à Formação Motuca, no Monaf, evidencia a riqueza e a importância desta área para estudos paleobotânicos. No Quadro 1 são apresentadas as descrições das morfoespécies gimnospérmicas atribuídas à Bacia do Parnaíba no Período Permiano.

1.2 Interações inseto-planta no Permiano do Gondwana

As interações paleozóicas entre plantas e insetos/artrópodes foram encontradas em fitofósseis permineralizados tridimensionais e em compressões e impressões bidimensionais. As interações foram evidenciadas nos fitofósseis pela existência de tecido deteriorado, presença de ovoposição, coprólitos e partes de insetos. Estes vestígios podem fornecer informações para identificar o tipo de animal e seu hábito alimentar (Labandeira, 1998).

No Gondwana no Permiano, diversos trabalhos evidenciaram esses tipo de interação, por exemplo, Srivastava (1994), Chandra & Singh, (1996), Srivastava & Agnihotri (2011) e Srivastava & Srivastava (2016) descreveram deterioração de tecidos foliares, oviposições e vestígios de fungos e/ou bactérias para a Índia. Slater et al. (2012) identificaram coprólitos em folhas e lenhos na Antártica. McLoughlin (2011) apresenta galhas e oviposição em folhas na Antártica. Kellogg & Taylor (2004) identificaram coprólitos e túneis de ácaros oribatídeos em lenho na Antártica. Prevec et al. (2009) identificaram herbivoria em folhas, perfuração/sugação, galhas e oviposição na África do Sul. Cariglino & Gutiérrez (2011), Gallego et al. (2014) e Cariglino (2018) evidenciaram herbivoria em folhas, oviposições, esqueletonização, perfuração/sugação e galhas na Argentina. Césari et al. (2012) descreveram coprólitos e túneis de ácaros em lenho na Argentina. Adami-Rodrigues et al. (2004a, b), Pinheiro et al. (2012) e Pinheiro et al. (2015) apresentaram remoções de margem

foliar, galhas, esqueletonização, minas e oviposições no Brasil. Santos et al. (2020) realizaram a primeira descrição de predação por artrópodes em sementes para o Permiano do Gondwana e no Brasil.

Quadro 1. Descrição das morfoespécies gimnospérmicas atribuídas à Bacia Sedimentar do Parnaíba no Período Permiano.

Espécie	Medula	Xilema primário	Xilema secundário	Pontoações dos traqueídeos	Raios lenhosos	Campo de cruzamento	Localidade e Formação	Referências
<i>Carolinapitys maranhensis</i> Mussa	Medula grande, circular alterando para estelar, heterocelular, transicional entre maciça e diafragmada com células secretoras e esclereídeos (braquiesclereídeos)	Mesarco	Picnoxílico, anéis de crescimento pouco acentuados.	Areoladas em 1 – 2 seriadas (geralmente 3 seriadas), associadas aos espessamentos espiralados (helicoidais).	Unisseriados, homogêneos, com 1-12 (geralmente 2-5) células de altura.	Areoladas estreitas, 3-4 pontoações.	Ribeirão Cacunda, 35 km, estrada sentido Araguaína (TO) - Carolina (Ma), Formação Motuca	Coimbra & Mussa, 1984
<i>Amyelon bieloi</i> Mussa	Configuração bilobulada ou diexárquea	Elementos canelados passando a pontuados próximos dos reticulados.	-	Areoladas, 2 - 4 fileiras de pontoações diminutas, estreitamente contíguas e alternas.	Baixos variando de 1 - 3 (4) células de altura.	3 a 8 pontoações ligeiramente menores (3 - 3,5um) quase sempre organizadas em duas filas verticais e alternantes.	Ribeirão Cacunda, 35 km, estrada sentido Araguaína (TO) - Carolina (Ma), Formação Motuca	Coimbra & Mussa, 1984
<i>Teresinoxylon eusebioi</i> Mussa	Grande, contorno circular, com células secretoras dispersas.	Endarco	Monoxílico a picnoxílico, com anéis de crescimento.	Araucarioides, quase sempre trisseriadas, alternadas e hexagonais, contíguas.	heterogêneos anômalos, unisseriados irregulares (o mesmo raio, em várias alturas, passa de uni a bi ou tri e novamente retorna ao estado de unisseriado).	Única e grande pontuação circular a sub-circular.	Margem direita do Rio Poti, Teresina – PI, Formação Pedra de Fogo	Caldas et al., 1989

<i>Ductoabietoxylon solis</i> Kurzawe, Merlotti, Rößler et Iannuzzi	Heterocelular e sólida, grande, com ductos, células secretoras e parenquimatosas.	Endarco	Homoxílico, sem anéis de crescimento.	Araucarioides, 1-3 seriadas, predomina a bisseriada. Unisseriadas contíguas; bisseriadas e trisseriadas contíguas e alternadas.	Pontoações abietinóides, unisseriados a parcialmente bisseriados, 1–37 (geralmente 2–8) células de altura.	Araucarioides aparecendo até cinco oculiporos grandes e desordenados.	FPTS NE – TO, Formação Motuca	Kurzawe et al., 2013a
<i>Scleroabietoxylon chordas</i> Kurzawe, Merlotti, Rößler et Iannuzzi	Heterocelular e sólida, média a grande, com esclereídeos.	Endarco	Homoxílico, com anéis de crescimento.	Araucarioides, unisseriada a bisseriada, raramente trisseriada. Unisseriadas contíguas; bisseriadas e trisseriadas contíguas e alternadas.	Pontoações abietinóides, unisseriados a parcialmente bisseriados, 1–28 (geralmente 1–2) células de altura.	Araucarioides mostrando até cinco oculiporos grandes e desordenados.	FPTS NE – TO, Formação Motuca	Kurzawe et al., 2013a
<i>Parnaiboxylon rohnae</i> Kurzawe, Merlotti et Iannuzzi	Heterocelular, média a grande, com canais resiníferos periféricos, ductos, com células secretoras.	Endarco a Mesarco	Homoxílico, com zonas de cisalhamento.	Araucarioides, 1-4 seriadas (geralmente trisseriada). Unisseriadas contíguas, 2-4 seriadas contíguas e alternadas.	Unisseriados, raramente parcialmente bisseriados, 1–9 (geralmente 1–3) células de altura.	Araucarioides, 1–9 (geralmente 4–7) oculiporos não ordenados.	Filadélfia - TO, Formação Motuca	Kurzawe et al., 2013a
<i>Parnaiboxylon</i> sp. 1	Estelar, grande, heterocelular, solenoide com 12 canais periféricos longitudinais, canal resinífero e ductos, com células secretoras.	-	Homoxílico, com anéis de crescimento.	Araucarioides, 1-3 seriadas (geralmente unisseriada); unisseriadas contíguas a esparsas; bisseriadas contíguas e	Unisseriados, raramente parcialmente bisseriados, 1–20 (geralmente 2–5) células de altura.	Mostrando até seis oculiporos não ordenados.	FPTS NE – TO, Formação Motuca	Kurzawe et al., 2013a

				alternadas a opostas; trisseriadas contíguas e alternadas.				
<i>Damudoxylon buritiranaense</i> Kurzawe, Merlotti, Rohn et Iannuzzi	Heterocelular e sólida, pequeno a médio, com células secretoras.	Endarco	Homoxílico, com anéis de crescimento e zonas de cisalhamento.	Araucarioides unisseriada, raramente bisseriada; unisseriadas esparsas a aplanadas e contíguas; bisseriadas contíguas, ligeiramente aplanadas e opostas a alternadas.	Unisseriados, 1 a 10 (geralmente 2) células de altura.	Araucarioides mostrando até oito oculiporos grandes e não ordenados.	Filadélfia - TO, Formação Motuca	Kurzawe et al., 2013b
<i>Damudoxylon humile</i> Kurzawe, Merlotti et Iannuzzi	Homocelular e sólida, pequena.	Endarco	Homoxílico, sem anéis de crescimento.	Araucarioides, unisseriada, contígua e circular a achatada.	Unisseriados, curtos, 1 a 3 (geralmente 1) células de altura.	Araucarioides mostrando até oito oculiporos pequenos e desordenados.	Filadélfia - TO, Formação Motuca	Kurzawe et al., 2013b
<i>Damudoxylon roessleri</i> Kurzawe, Merlotti et Iannuzzi	Homocelular e sólida, pequena, contorno estelar com oito projeções para a periferia.	Endarco	Homoxílico, com anéis de crescimento.	Araucarioides, 1-3 seriada (geralmente unisseriada a bisseriada); unisseriadas contíguas a esparsas, bisseriadas e trisseriadas contíguas e alternadas.	Unisseriados, curtos a médios, 1-6 (geralmente 1) células de altura.	Cupressóides mostrando 4-6 oculiporos dispostos em fileiras.	Filadélfia - TO, Formação Motuca	Kurzawe et al., 2013b
<i>Kaokoxydon punctatum</i> Kurzawe, Merlotti et	Heterocelular e sólida, média, com esclereídeos formando	Endarco	Homoxílico, sem anéis de crescimento.	Araucarioides, unisseriada a	Unisseriados, médios, 1-13 (geralmente 2-)	Araucarioides mostrando 1-3 oculiporos não	Filadélfia - TO, Formação Motuca	Kurzawe et al., 2013b

Iannuzzi	ninhos escuros.			bisseriada; unisseriadas contíguas e ligeiramente aplanadas, bisseriadas contíguas, ligeiramente aplanadas e alternadas.	3) células de altura.	ordenados.		
<i>Taeniopitys tocantinensis</i> Kurzawe, Merlotti et Iannuzzi	Heterocelular e sólida, média, com contorno circular a estelar, com 18 projeções para a periferia, com ductos.	Endarco e Mesarco	Homoxílico, com anéis de crescimento.	Araucarioides , 1-3 seriadas (média 1-2); unisseriadas contíguas a esparsas e ligeiramente Aplanadas; bisseriadas contíguas, ligeiramente aplanadas e opostas a alternadas; trisseriadas contíguas e alternas.	Unisseriados, raramente parcialmente bisseriados, médios, 1–12 (geralmente 2– 3) células de altura.	Araucarioides mostrando 2–5 oculiporos não ordenados.	Filadélfia - TO, Formação Motuca	Kurzawe et al., 2013b
<i>Taeniopitys sp1.</i>	Estelar, pequena, sólida e heterocelular, com células do parênquima com conteúdo escuro e ductos dispersos.	-	Homoxílico, sem anéis de crescimento.	Araucarioides 1-4 seriadas (geralmente 2- 3 seriadas); unisseriadas contíguas; multisseriadas contíguas e alternadas.	Unisseriados, 1–11 (geralmente 2) células de altura.	Araucarioides mostrando até dois oculiporos pequenos e desordenados.	Filadélfia - TO, Formação Motuca	Kurzawe et al., 2013b
<i>Yvyrapitys novaiorquensis</i> Conceição, Neregato et Iannuzzi	Heterocelular, grande, não septada com células de esclerênquimas e bainha de parênquima	Endarco	Picnoxílico com interrupções de crescimento	Unisseriadas a bisseriadas, espaçadas ou contíguas, quando	Unisseriados, raramente bisseriados, 1– 20 (média: 6,2) células de	Cupressóides, 1 a 6 (média: 2,8), pontos.	Nova Iorque - MA, Formação Pedra de Fogo	Conceição et al., 2020a

	na borda medular.			bisseriadas são sub-opostas e contíguas.	altura.			
<i>Novaiorquepitys maranhensis</i> Conceição, Neregato et Iannuzzi	Heterocelular, larga, não septada, com células secretoras e esclerênquimas dispersas.	Endarco	Picnoxílico com interrupções de crescimento.	1-3 seriadas, opostas a alternadas e contíguas. Às vezes, as pontuações cobrem toda a largura das paredes radiais.	Unisseriados a bisseriados. Unisseriados 1-9 (média: 4,3), parcialmente bisseriados 4-57 (média: 30,9) células de altura.	Cupressóides, 1-6 (média: 2,8), pontos.	Nova Iorque - MA, Formação Pedra de Fogo	Conceição et al., 2020a
<i>Ductolobatopitys mussae</i> Conceição, Neregato et Iannuzzi	Heterocelular, solenoide, pequena, lobada, sólida, não septada, com ductos secretores e ninhos de esclereídeos.	Endarco	Picnoxílico	1-3 seriadas e contíguas. Quando trisseriadas, são alternadas.	Unisseriados e muito baixos, de 1-12 (média: 2,8) células de altura.	Cupressóides, 1-4 (média: 2,8) pontos.	Nova Iorque - MA, Formação Pedra de Fogo	Conceição et al., 2020b
<i>Kaokoxydon brasiliensis</i> Conceição, Neregato et Iannuzzi	Heterocelular, circular pequena, não septada, com esclereídeos (astroclereídeos).	Endarco	Picnoxílico	1-3 seriadas, alternadas e contíguas.	Unisseriados e baixos, de 1-8 (média: 3) células de altura.	Cupressóides, 3-4 pontos.	Nova Iorque - MA, Formação Pedra de Fogo	Conceição et al., 2020b
<i>Polycanaloxydon merlottii</i> Conceição, Iannuzzi et Esperança Júnior	Solenoide, não septada e de contorno circular, com células de esclerênquima e canais secretores.	Endarco	Picnoxílico, sem a presença de anéis de crescimento distintos.	Unisseriadas a bisseriadas, raramente trisseriadas, mais ou menos alternadas.	Unisseriados e baixos, de 1-5 (média: 2,3) células de altura.	Cupressóides, 1-4 pontos.	Nova Iorque - MA, Formação Pedra de Fogo	Conceição et al., 2022
<i>Europoxydon garapensis</i> Conceição, Iannuzzi et Esperança Júnior	Solenóide, não septada, com ductos secretores dispersos e alguns agrupados.	Endarco	Picnoxílico, com interrupções de crescimento visíveis.	Unisseriadas a bisseriadas, tipicamente hexagonais e contíguas. Quando bisseriadas, são alternadas.	Unisseriados e baixos, de 1-12 (média: 3,8) células de altura.	Cupressóides 1-4 (média: 2) pontos.	Duque Bacelar - MA, Formação Pedra de Fogo	Conceição et al., 2022

(Fonte: Autora, 2024).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar a classificação taxonômica e sistemática de dois espécimes de lenhos fósseis gimnospérmicos provenientes do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins , atribuídos à Formação Motuca, Permiano, da Bacia do Parnaíba.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever a morfoanatomia de novos espécimes fósseis de lenhos gimnospérmicos;
- Inferir condições paleoclimáticas e paleoecológicas a partir dos caracteres morfológicos internos e externos que possam estar presentes nos espécimes;
- Indentificar interações planta-animal a partir de vestígios que possam estar presentes nos espécimes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Bacia do Parnaíba

A Bacia do Parnaíba é uma bacia sedimentar intracratônica que está situada na região nordeste ocidental do território brasileiro, ocupando uma área de cerca de 600 mil Km², abrangendo os estados do Maranhão e Piauí, e algumas áreas do Pará, Ceará e Tocantins (Góes & Feijó, 1994). A bacia é dividida em cinco sequências deposicionais: Siluriana, correspondente ao Grupo Serra Grande; Mesodevoniana-Eocarbonífera, referente ao Grupo Canindé; Neocarbonífera-Eotriássica, equivalente ao Grupo Balsas; Jurássica, referente a Formação Pastos Bons; e Cretácea, correspondente as formações Grajaú, Codó e Itapecuru (Santos & Carvalho, 2009).

Com relação ao Grupo Balsas, este compreende as formações Piauí (Neocarbonífero), Pedra de Fogo (Permiano), Motuca (Permiano) e Sambaíba (Triássico). Durante a Era Paleozoica, a sedimentação da bacia sofreu influência de variações marítimas com fases transgressivas-regressivas (Fig. 1) (Santos & Carvalho, 2009).

No Período Permiano, foco deste trabalho, com base nas interpretações estratigráficas, a fase regressiva da Formação Pedra de Fogo foi marcada por clima árido e o ambiente desértico, ocorrendo a sedimentação eólica, já a fase transgressiva apresentava um ambiente mais úmido devido a episódios de invasões marítimas no continente representadas pela formação de depósitos lacustres e evaporíticos. A deposição sedimentar da Formação Motuca foi formada em um ambiente de domínio continental formado por sistemas fluvial, deltaico e lacustre, com ocasionais invasões marinhas que formaram evaporitos em virtude dos ambientes quentes e áridos (Santos & Carvalho, 2009).

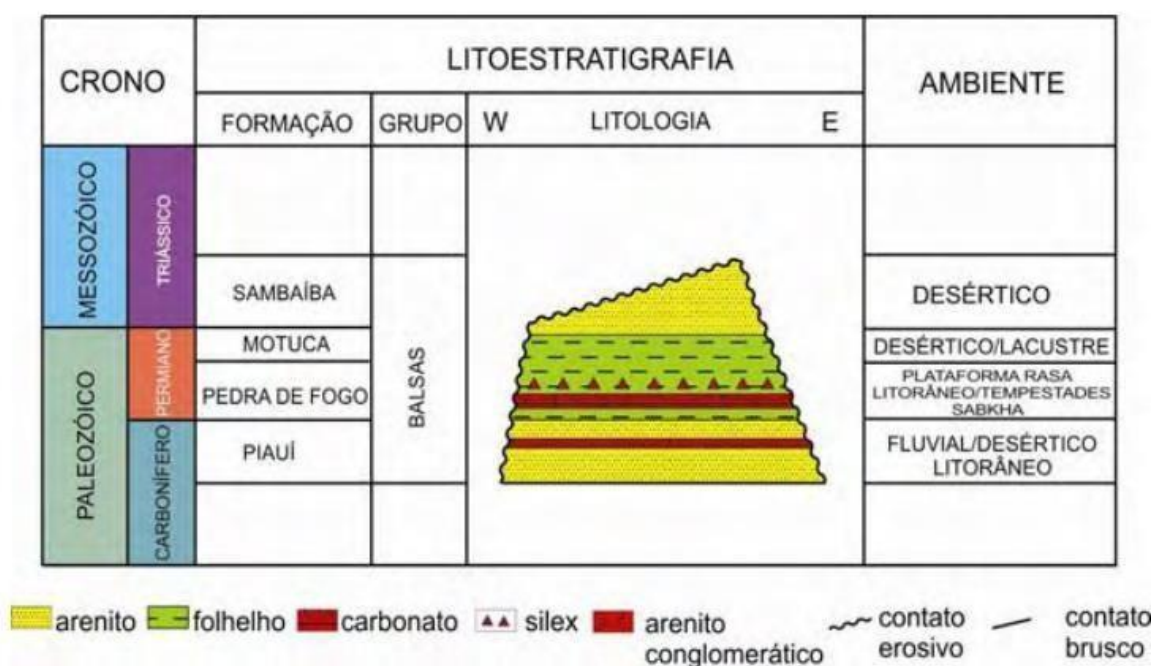
De acordo com Góes & Feijó (1994) a deposição da Formação Motuca, na região de Araguaína-Filadélfia, que abrange o Monaf e seu entorno, foi formada em um ambiente do tipo sabkha continental, sendo interpretado como um ambiente desértico com presença de lagos e ocasionais transgressões-regressões marinhas. Segundo Lima & Leite (1978) a presença de sedimentos avermelhados, cor de ferrugem e a ocorrência de evaporitos indicam um clima árido na região.

Com base no estudo de Pinto & Sad (1986) os arenitos finos avermelhados ou creme, não carbonáticos, associados a plantas fósseis, pertencem à base da

Formação Motuca. Em outro trabalho realizado posteriormente por Dias-Brito & Castro (2005) os quais analisaram seções da Formação Pedra de Fogo e da Formação Motuca na área do Monaf, ao compararem seus materiais com os critérios utilizados por Pinto & Sad (1986) pertencentes a base da Formação Motuca.

Iannuzzi et al. (2018) realizaram uma extensa revisão dos trabalhos que foram publicados ao longo dos anos sobre os fósseis do Permiano na Bacia do Parnaíba. Segundo os autores, em diversas áreas na bacia é encontrado fósseis atribuídos a Formação Pedra de Fogo e a Formação Motuca, porém os fósseis encontrados na FPTS são atribuídos apenas à base da Formação Motuca. Sendo assim, todos os materiais fósseis anteriormente descritos que foram atribuídos a Formação Pedra de Fogo, no Monaf, pertencem a base da Formação Motuca.

Figura 1. Coluna estratigráfica da Bacia do Parnaíba durante o Pennsylvaniano-Eotriássico.

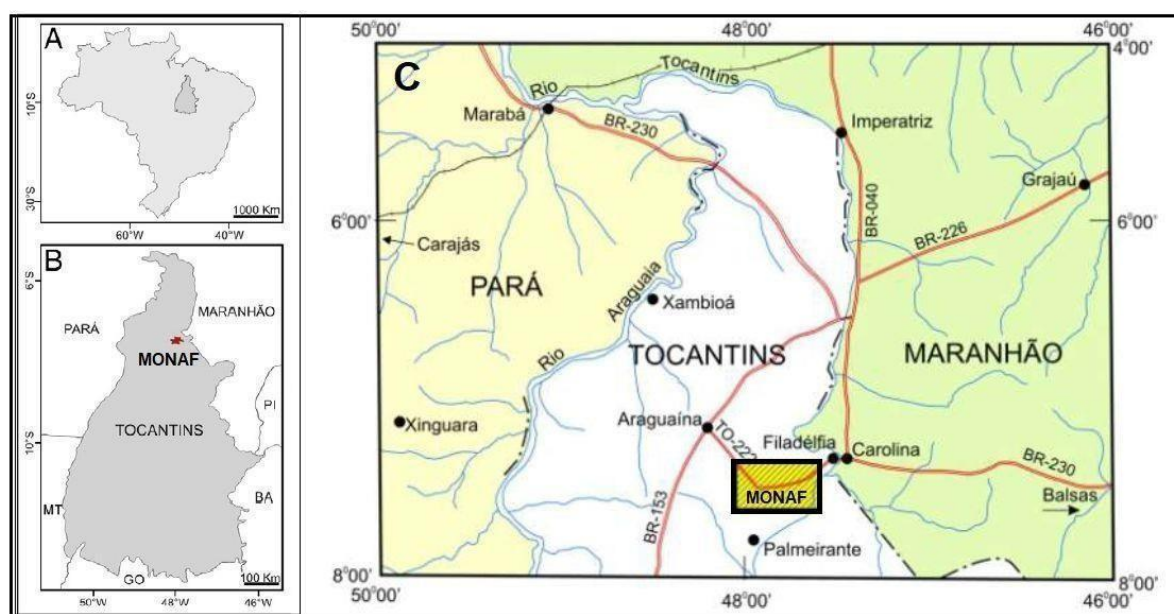


(Fonte: Góes & Feijó, 1994).

3.2 Área de estudo

Fragmentos da Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional – FPTS ocorrem na Unidade de Conservação Monumento Natural das Árvores Fossilizadas - Monaf e seu entorno. O Monaf, situa-se em uma área geográfica conhecida como Amazônia Legal, no estado do Tocantins, no município de Filadélfia, próximo à fronteira com o estado do Maranhão. A sede do Monaf está situada em Bielândia, distrito de Filadélfia – TO, região norte do estado, a aproximadamente 438 km da capital Palmas. O acesso a área, a partir de Araguaína - TO, é feito pela rodovia TO-222, que atravessa quase todo o Monumento no sentido W-E em direção a Filadélfia. A rodovia TO-010, que corta o Monaf no sentido N-S, e algumas estradas secundárias permitem completar o acesso às manchas da FPTS (Dias-Brito et al., 2007) (Fig. 2)

Figura 2. **A:** Mapa do Brasil com a posição do estado do Tocantins. **B:** Mapa do estado do Tocantins com a localização do Monaf **C:** Mapa detalhado do Norte do estado do Tocantins mostrando a posição do Monaf e os municípios em seu entorno.

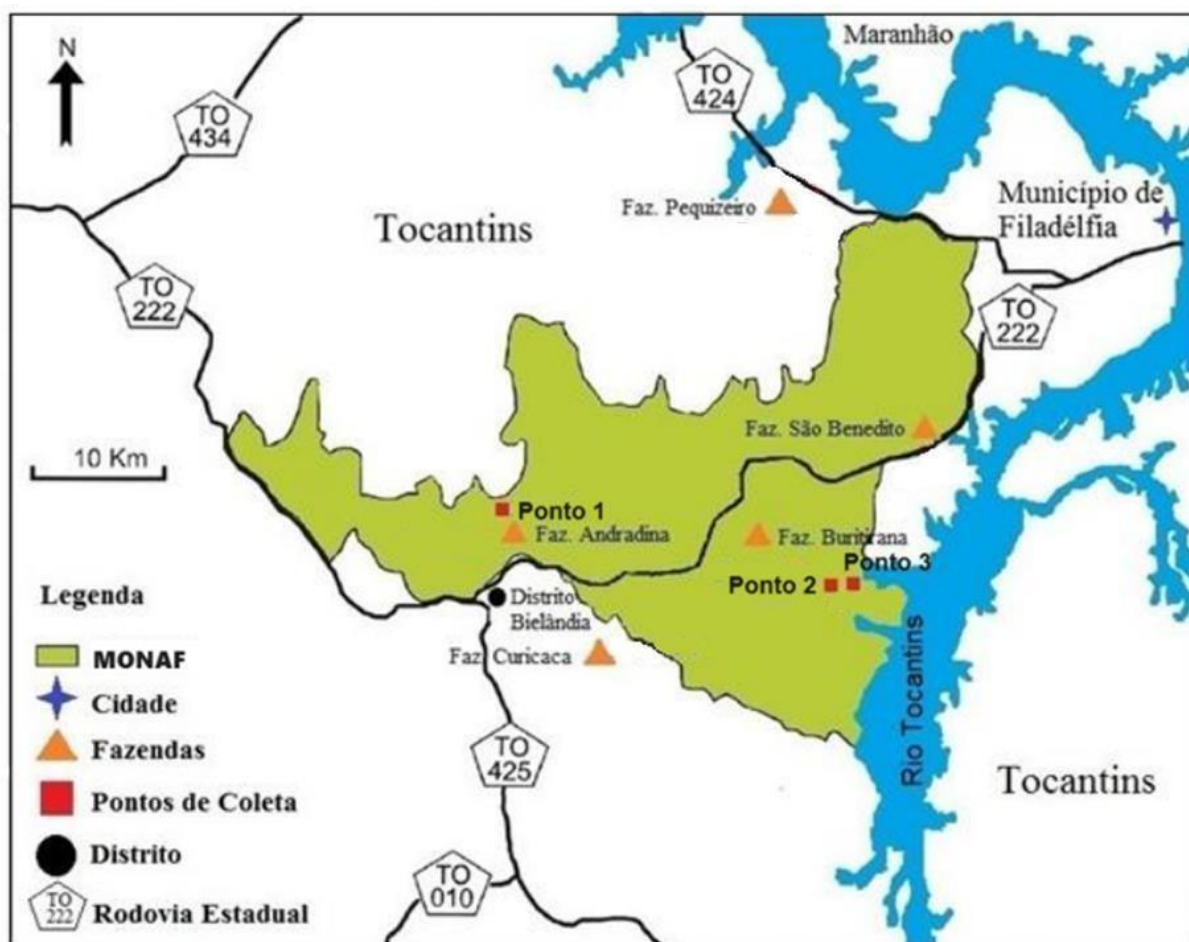


(Fonte: A-B: Modificado de Neregato et al., 2017 C: Modificado de Kurzawe, 2012).

3.3 Pontos de coleta

Os espécimes selecionados para estudo foram coletados em dois afloramentos distintos na área demarcada do Monaf, já bastante conhecidos na literatura científica, conhecidos como Fazendas Andradina e Buritirana. Os dois afloramentos estão localizados na zona histórico-cultural, segundo o plano de manejo da UC (Tocantins, 2005). Ao total foram coletados quatro espécimes em três pontos de coleta (Fig. 3), mas apenas dois espécimes foram selecionados para a descrição, considerando o seu grau de preservação.

Figura 3. Pontos de coleta no Monaf e seu entorno.



(Fonte: Modificado de Benício, 2015).

3.3.1 Descrição e localização dos afloramentos

3.3.1.1 Afloramento Fazenda Andradina

O afloramento Fazenda Andradina está localizado dentro da área do Monaf. Apresenta diversos troncos de Marattiales ainda em contato com o horizonte em que foram preservados, possuindo troncos achatados e troncos sem sinais de achatamento. Já os vários fragmentos de gimnospermas e alguns fragmentos de esfenófitas são encontrados rolados no solo.

Localização do afloramento: 3 km a leste de Bielândia, TO 222, sentido Bielândia-Filadélfia. Entrada lado esquerdo da estrada.

Coordenada geográfica do ponto de coleta: Ponto 1 - S 07°27'47.9" W 047°50'31.9".

Figura 4. **A.** Vista panorâmica do afloramento Fazenda Andradina. **B.** *Tietea* sp. bem preservada, não apresenta achatamento. **C.** Fragmentos de gimnospermas e esfenófitas espalhados no solo. **D.** *Tietea* sp. apresentando achatamento.



(Fonte: Autora, 2023).

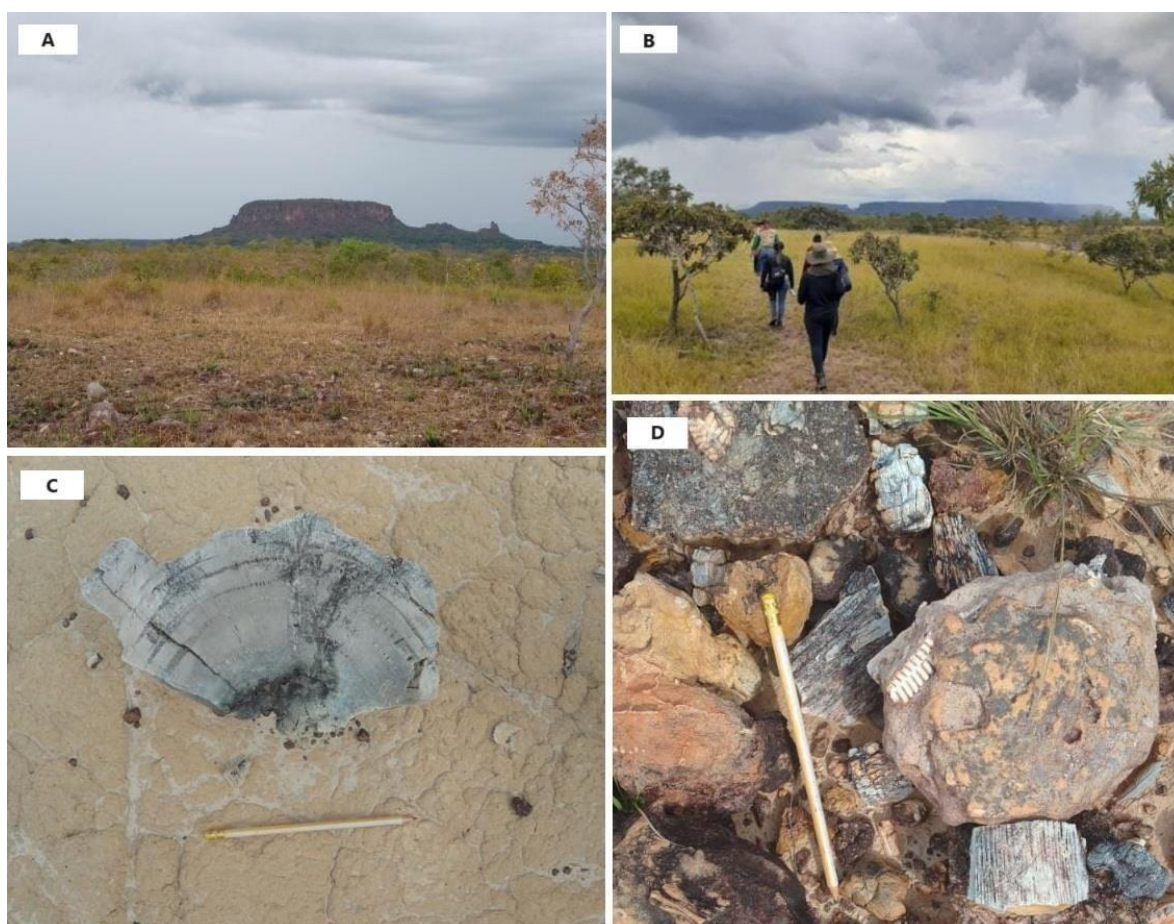
3.3.1.2 Afloramento Fazenda Buritirana

O afloramento Fazenda Buritirana está localizado dentro da área demarcada do Monaf. De forma geral, apresenta troncos fragmentados de Marattiales em abundância, folhas de pteridófitas, lenhos de gimnospermas e caules de esfenófitas rolados.

Localização do afloramento: 19 km a leste de Bielândia, TO 222, sentido Bielândia-Filadélfia. Entrada para o povoado de Inhuma, lado direito da estrada.

Coordenada geográfica dos pontos de coleta: Ponto 2 - S 07°27' 42.5" W 047°42'42.7"; Ponto 3 - S 07°27' 45.7" W 047°42'24.1".

Figura 5. A e B. Vista panorâmica do afloramento Fazenda Buritirana, com a vista de uma meseta de topo plano. **C.** Fragmento de lenho de gimnosperma apresentando anéis de crescimento e medula mal preservada. **D.** Folhas de pteridófitas em concreções e fragmentos de esfenófitas dispersos no solo.



(Fonte: Autora, 2023).

4 Metodologia

O material analisado corresponde a dois fragmentos de lenhos fósseis gimnospérmicos provenientes do Monaf, atribuídos a Formação Motuca, Permiano da Bacia sedimentar do Parnaíba. O material foi submetido a tratamento curatorial, recebendo os registros em livro tombo, sob a salvaguarda da Coleção de Paleontologia, no Laboratório de Paleobiologia, Câmpus de Porto Nacional, Universidade Federal do Tocantins.

A seleção do material levou em conta o grau de preservação dos espécimes, sendo selecionados os espécimes UFT-705 e UFT-882 que estão bem preservados, menos fragmentados e com menor sinal de achatamento. Para realizar a descrição macroscópica foram observadas e medidas as características morfológicas de cada espécime, tais como tamanho em diâmetro e altura do espécime, preservação da medula, presenças de anéis de crescimento bem demarcados ou não, coloração do espécime, possível presença de cicatrizes de ramos e interação inseto-planta, se presente.

As medições morfométricas foram realizadas com a utilização de um paquímetro digital Starrett. Para analisar as características morfológicas internas dos espécimes foram preparadas lâminas petrográficas delgadas em três planos de cortes diferentes: seção transversal, seção longitudinal tangencial e seção longitudinal radial.

As lâminas delgadas dos espécimes foram confeccionadas, seguindo o procedimento padrão para confecção de lâminas petrográficas (Guerra-Sommer & Pires, 2010). Os espécimes fósseis foram encaminhados para laminação na empresa GeoLab - Soluções em Geologia (CNPJ. 33.226.827/0001-77), em Olinda – PE. As lâminas estão depositadas na Coleção de Paleontologia do Laboratório de Paleobiologia, identificadas no livro tombo como: UFT-705a, UFT-705b, UFT-705c, UFT-882a, UFT-882b, UFT-882c.

A análise microscópica e as fotomicrografias foram feitas com câmera digital Leica ICC50 W acoplada a um microscópio óptico Leica DM500 com o auxílio do software Leica LAS EZ. As medições das estruturas morfoanatômicas foram feitas utilizando o software livre ImageJ. Foram realizadas de 25 a 50 medições de cada tipo de caractere morfológico interno analisado, tais como: diâmetro das traqueídes, altura dos raios lenhosos, espessura das paredes das traqueídes, pontuações das paredes radiais das traqueídes. Nas descrições, os diâmetros dos moldes das células são fornecidos ao lado do tipo da célula, com as médias de cada medição fora do parênteses e os tamanhos mínimo e máximo entre os parênteses. A descrição dos caracteres morfoanatômicos foram realizadas com base em Comitê IAWA, (2004), Philippe & Bamford (2008) e Merlotti (2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sistemática paleobotânica

Divisão: GYMNOSPERMOPHYTA Sternberg, 1820

Ordem: *INCERTAE SEDIS*

MORFOGÊNERO 1

Amostra: UFT 705.

Idade/ Horizonte/Bacia : Período Permiano (290 milhões de anos atrás), Formação Motuca, Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Localidade: Fazenda Andradina.

Descrição macroscópica:

Fragmento de lenho com 10,4 cm de altura, 15 cm de diâmetro maior e 9,3 cm de diâmetro menor. Possui coloração rosada a amarelada, com partes branca e algumas partes marrom. Apresenta medula bem preservada e anéis de crescimento levemente aparentes (Plate I – Fig. A-B).

Descrição microscópica:

O espécime é caracterizado por medula homocelular, com uma bainha de parênquima entre a medula e o xilema primário, o xilema primário mostra maturação endarca e o xilema secundário é homoxílico. Em seção transversal, a medula é homocelular, composta por células parenquimáticas, entre a medula e o xilema primário endarco existe uma bainha parenquimática compostas por células radialmente achatadas (Plate I – Fig. C-D). O xilema secundário é composto por traqueídes e raios (Plate II – Fig. A-D). Algumas traqueídes são preenchidas com conteúdo escuro (Plate I – Fig. D). Nos raios lenhosos é possível visualizar pequenas regiões escuras, compatíveis com células resiníferas (Plate II – Fig. B). As traqueídes com diâmetros diferentes estão dispostas em 1-9 traqueídes em fileiras radiais entre os raios. Apresentam

formatos arredondados, quadrangulares, retangulares, poligonais arredondados e ovais. As traqueídes possuem 28 μm (10-45 μm) em diâmetro radial e 24 μm (14-35 μm) em diâmetro tangencial. Há a presença de células parenquimáticas infladas em algumas regiões (Plate II – Fig. E-F). As traqueídes têm paredes com 2 μm (1-3 μm) de espessura. A transição do lenho inicial para o tardio é gradual, fracamente demarcada. Os raios estão alargados em algumas regiões no lenho e em outras é encoberto por traqueídes (Plate II – Fig. C). Há a presença de espaços intercelulares no lenho (Plate II – Fig. D).

Em seção longitudinal tangencial, as traqueídes possuem um diâmetro médio de 24 μm (10-56 μm). Os raios são homocelulares e unisseriados, podendo apresentar uma ou mais células resiníferas por raio (Plate V – Fig. A). A altura dos raios é de 1-9 células de altura, tendo aproximadamente 151 μm (42-345 μm) de altura (Plate V – Fig. A).

Em seção longitudinal radial, a bainha de parênquima é diferenciada por um alinhamento de células parenquimáticas alongadas longitudinalmente entre a medula e o xilema primário (Plate III – Fig. B). No xilema primário é visível espessamentos espiralados e escalariformes nas paredes das traqueídes (Plate III – Fig. B). No xilema secundário algumas traqueídes com espessamentos espiralados nas paredes estão presentes próximas aos campos de cruzamentos (Plate IV – Fig. A,C), as traqueídes possuem um diâmetro médio de 23 μm (11-30 μm). Possuem pontoações circulares simples, unisseriadas contíguas (Plate IV – Fig. F), unisseriadas a parcialmente bisseriadas (Plate IV – Fig. E), e bisseriadas contíguas e subopostas (Plate IV – Fig. B). Elas medem em média 5 μm (3-9 μm) de diâmetro. As pontoações do campo de cruzamento são circulares simples, às vezes são achatadas, tendo de 1-6 pontoações por campo cruzado, as pontoações têm um arranjo difuso, às vezes estão dispostas em fileiras (Plate IV – Fig. A,D). Nesta seção é possível notar alguns traqueídes com as extremidades arqueadas próximas ao campo de cruzamento (Plate V – Fig. B).

Coprólitos:

Os coprólitos presentes na medula, em vista transversal e longitudinal radial do espécime UFT-705 são esferoidais ou ovóides e possuem cerca de 22

μm (14-33 μm) de largura e 32 μm (25-44 μm) de comprimento, são preservados tridimensionalmente e estão amplamente distribuídos na medula (Plate VI – Fig. A-B). Os coprólitos são maciços e lisos, têm contorno relativamente irregulares, estão ligeiramente próximos uns aos outros, apresentam coloração escura e opaca, porém em alguns coprólitos, menos compactados, é possível visualizar pequenos fragmentos de matéria não identificada (Plate VI- Fig. A). As perfurações no lenho são visíveis em formato de túneis largos e estreitos, com cerca de 0,04 mm a 0,9 mm de largura, presentes no xilema secundário e medula (Plate VII- Fig. A-C), porém apenas a medula contém coprólitos (Plate III- Fig. C).

Comparações e discussão:

A morfoanatomia da medula e do xilema primário é considerada um critério decisivo para a classificação de morfogêneros de lenhos fósseis gimnospermicos (Lepekhina, 1972; Pant & Singh, 1987; Feng et al., 2011; Shi et al., 2015). Dessa forma, a base de comparação para o lenho aqui descrito se faz com morfogêneros com medulas preservadas que apresentam bainha de parênquima e xilema endarco.

Com base na literatura paleobotânica poucos morfogêneros apresentam medulas semelhante ao espécime aqui analisado, ou seja, possuem medula homocelular, com uma bainha de parênquima entre a medula e o xilema primário endarco. A maioria de morfogêneros com bainha de parênquima estão relacionados a medula heterocelular (Quadro 2).

Os morfogêneros *Lobatoxylon* Kräusel, 1956; *Polycanaloxylon* Conceição, 2022; *Scleroabietoxylon* Kurzawe & Merlotti, 2013; *Taeniopitys* Kräusel, 1962 e *Yvyrapitys* Conceição & Crisafulli, 2020 apesar de apresentarem bainha de parênquima nas medulas e xilemas primários endarco como no espécime UFT-705, são caracterizados por uma medula heterocelular. *Lobatoxylon* Kräusel, 1956 apresenta células e ductos secretores na medula, *Polycanaloxylon* Conceição, 2022 possui células de esclerênquima e canais secretores na medula, *Scleroabietoxylon* Kurzawe & Merlotti, 2013 e *Yvyrapitys* Conceição & Crisafulli, 2020 possuem células de esclerênquima nas medulas e

Taeniopitys Kräusel, 1962 apresenta ductos secretores na medula. Estes são todos diferentes da medula homocelular do espécime UFT-705 (Quadro 2).

Apesar de *Junggaropitys* Shi et al. 2015 apresentar uma medula homogênea, composta por células parenquimáticas e possuir xilema primário endarco com espessamentos helicoidais nas paredes das traqueídes, sua medula se difere do espécime UFT-705 por ser heterocelular, com células parenquimáticas com diâmetros muitos diferentes, além disso não possui bainha de parênquima no entorno da medula. Também difere pelos tipos das pontoações radiais das traqueídes e pontoações de campo cruzado. O morfogênero que mais se aproxima do espécime descrito é o *Nandorioxylon* Biradar & Bonde, 1981 que foi descrito na Índia e atribuído ao Período Permiano (Biradar & Bonde, 1981), pois apresenta medula homocelular, com bainha parenquimatosa entre a medula e o xilema primário, possui xilema endarco, apresenta traqueídes com resina no xilema secundário. E esses caracteres são semelhantes ao do espécime descrito, no entanto possui crássulas nas traqueídes do xilema secundário, pontoações araucarioides nas traqueídes e pontoações cupressóides no campo cruzado, o que difere do espécime UFT-705 (Quadro 2).

O espécime aqui descrito apresenta medula homocelular, com bainha de parênquima entre a medula e o xilema primário endarco, a presença de espessamentos espiralados e escalariformes no xilema primário, as pontoações circulares e simples nas paredes radiais das traqueídes e pontoações simples no campo cruzado. A combinação de todos esses caracteres morfoanatômicos da medula, xilema primário e xilema secundário justifica o reconhecimento de um novo morfogênero e morfoespécie para o espécime UFT-705 descrito neste trabalho (Comitê IAWA, 2004; Philippe & Bamford, 2008; Merlotti, 2011).

Em relação aos coprólitos encontrados na medula do espécime UFT-705, com base em comparações foi possível relacionar o material aos coprólitos de ácaros oribatídeos. Segundo Labandeira et al. (1997) e Ash (2000), existem dois grupos modernos que produzem excrementos com a faixa de diâmetros aproximados aos dos coprólitos presente no espécime UFT-705 sendo eles, os colêmbolas ($\approx 30\text{--}180\ \mu\text{m}$) e ácaros oribatídeos ($\approx 30\text{--}90\ \mu\text{m}$), porém os excrementos dos colêmbolas possuem superfície rugosa e irregular, enquanto

os excrementos dos ácaros oribatídeos são lisos e ovais. Portanto, com base na descrição comparadas com os dois grupos modernos e nos critérios estabelecidos por Labandeira et al. (1997) para distinguir grupos de ácaros baseados na morfologia dos coprólitos e perfurações, a morfologia desses coprólitos sugere que foram produzidos por ácaros oribatídeos. Diversos coprólitos que são semelhantes aos encontrados no espécime UFT-705 foram atribuídos aos ácaros oribatídeos no Permiano em diferentes localidades (Kellogg & Taylor, 2004; Seyfullah, et al., 2009; Feng et al., 2010; Feng, 2012; Feng et al., 2012; Césari et al., 2012; Wei et al., 2019) (Tabela 1).

Os coprólitos presentes apenas na medula parenquimatosa do espécime UFT-705 evidencia que estes ácaros oribatídeos possuíam seletividade alimentar, neste caso a preferência eram os tecidos moles da planta. Durante o Permiano os coprólitos atribuídos aos ácaros oribatídeos foram identificados com mais frequência na região da medula (Ver tabela 1). Os coprólitos de diferentes diâmetros na mesma região da medula podem ter sido produzidos por ácaros ninfas e ácaros adultos. Os túneis largos sugerem que o ácaro tinha a habilidade de escavar áreas maiores que o seu próprio tamanho, ou que os ácaros escavavam os túneis de forma coletiva em determinados momentos. Já os túneis estreitos podem ter sido feitos por ácaros em diferentes estágios de desenvolvimento (Ash, 2000; Kellogg & Taylor, 2004; Feng et al., 2010; Feng et al., 2012).

A presença de coprólitos e túneis atribuídos aos ácaros oribatídeos presentes no espécime descrito, juntamente com o lenho apresentando uma transição do lenho inicial para tardio gradual, sendo fracamente demarcada e a sequência de lenho inicial amplo e lenho tardio mais reduzido, pode evidenciar que a gimnosperma descrita viveu em um ambiente de planície úmida, próximo a água, com breves estações de seca. Este paleoambiente é semelhante ao habitat dos ácaros oribatídeos modernos (Feng et al., 2010; Feng, 2012). Paleoambiente semelhante foi sugerido por Conceição et al. (2020a; 2020b) com base em análise de anéis de crescimento de gimnospermas descritas para a Bacia do Parnaíba atribuídas ao Período Permiano.

Plate I

Figura A. Vista geral da superfície transversal, com anéis de crescimento e medula preservada. Barra de escala: 1 cm.

Figura B. Vista geral da superfície longitudinal do espécime. Barra de escala: 1 cm.

Figura C. Medula na parte central (M). Barra de escala: 300 μm .

Figura D. Região da medula (M), bainha de parênquima (seta branca), traqueídes com conteúdo escuro (seta preta). Barra de escala: 150 μm .

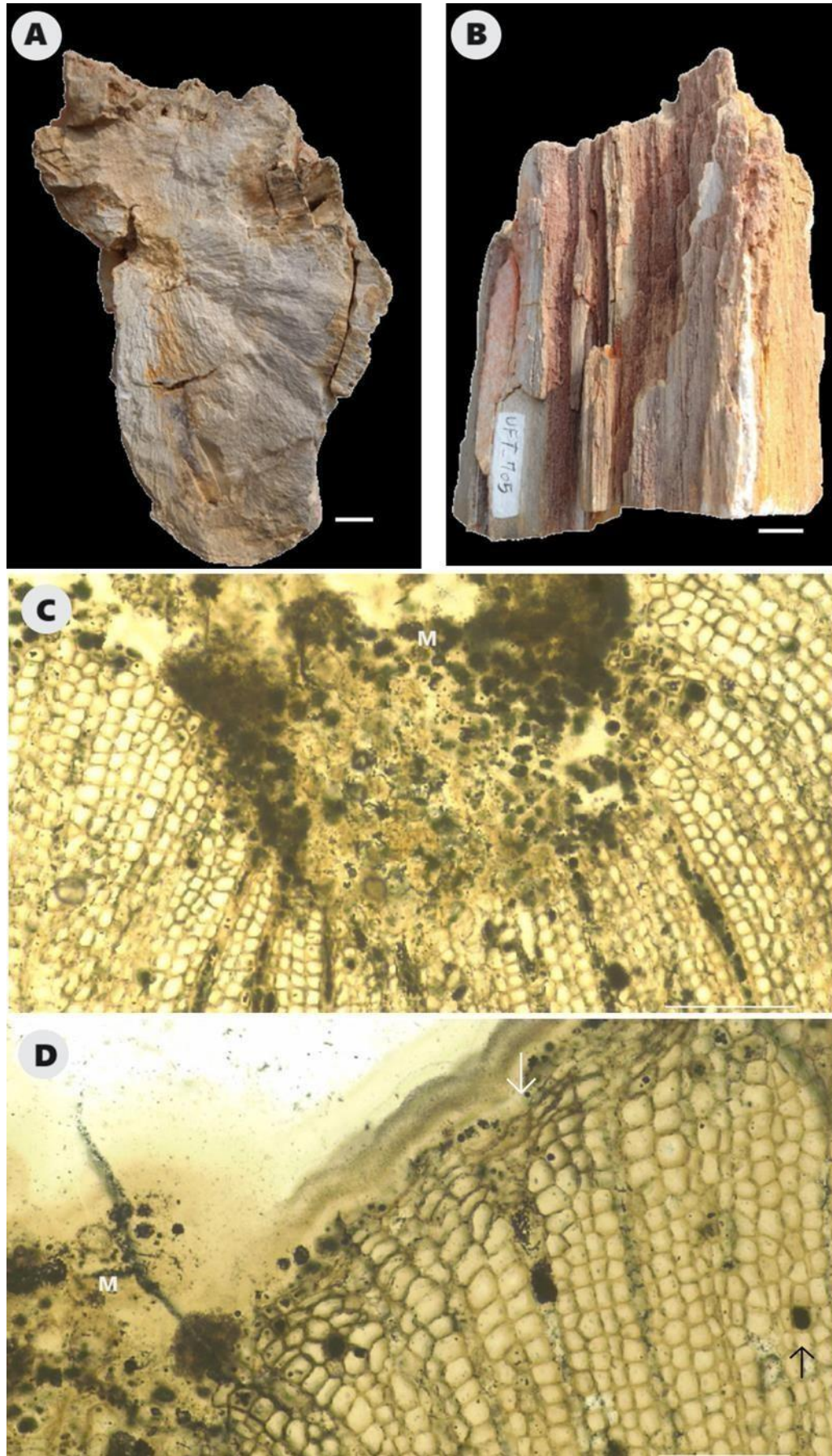


Plate I

Plate II

Figura A. Transição do lenho inicial para o tardio, em vista transversal. Barra de escala: 200 μm .

Figura B. Raio lenhoso com célula resinífera (seta). Barra de escala: 130 μm .

Figura C. Os raios estão alargados em algumas regiões no lenho tardio (seta preta), e encoberto por traqueídes em outras regiões (seta branca), em vista transversal. Barra de escala: 200 μm .

Figura D. Paredes do raio (seta) e espaços intercelulares (círculo) em vista transversal. Barra de escala: 115 μm .

Figura E. Célula parenquimática inflada. Barra de escala: 95 μm .

Figura F. Célula parenquimática inflada. Barra de escala: 150 μm .

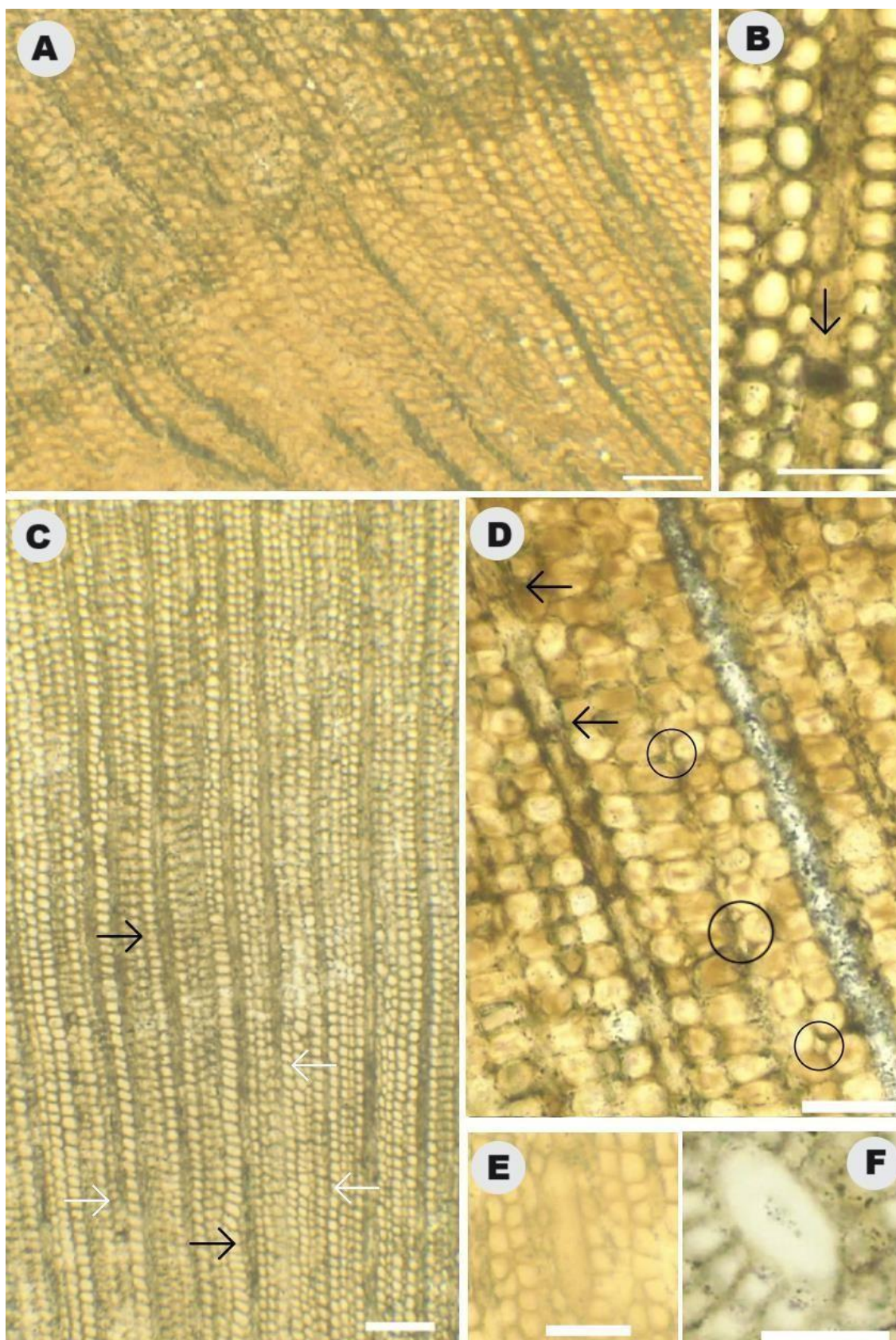


Plate II

Plate III

Figura A. Células parenquimáticas da medula, comprimidas e irregulares, em seção longitudinal radial. Barra de escala: 100 μm .

Figura B. Em seção longitudinal radial, a medula (M), a bainha de parênquima compostas por células alongadas (seta) e xilema primário com espessamentos espiralados e escalariformes nas paredes das traqueídes (XP). Barra de escala: 200 μm .

Figura C. Coprólitos ovóides e esferóides de cor escura (seta), distribuídos na medula, em seção longitudinal radial. Barra de escala: 200 μm .

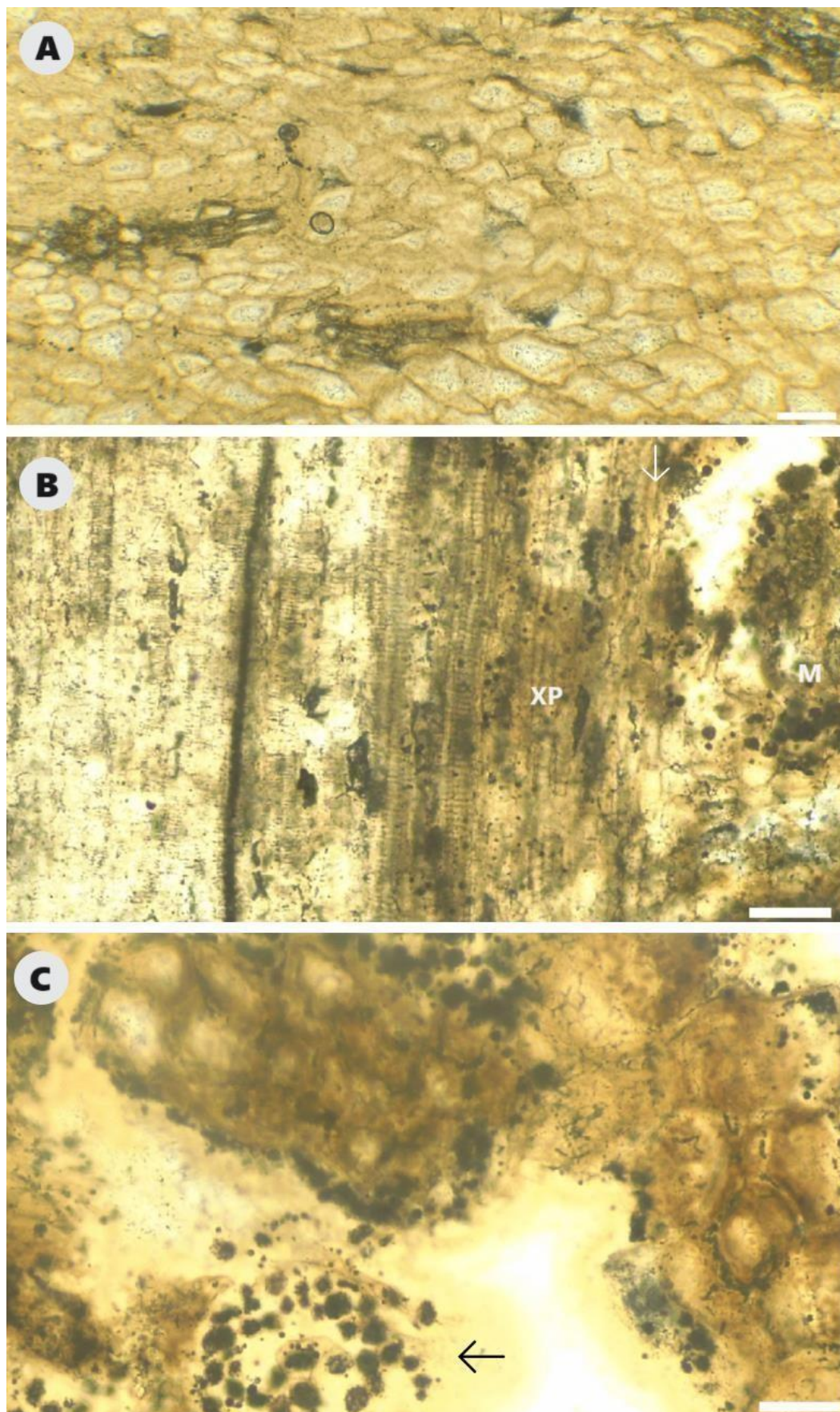


Plate III

Plate IV

Figura A. Paredes radiais das traqueídes com espessamentos espiralados (seta), em seção longitudinal radial. Barra de escala: 200 μm .

Figura B. Paredes radiais das traqueídes com pontoações bisseriadas contíguas e subopostas, em seção longitudinal radial, Barra de escala: 85 μm .

Figura C. Pontoações e espessamentos espiralados na parede radial da traqueíde (seta), em seção longitudinal radial. Barra de escala: 85 μm .

Figura D. Campo de cruzamento em seção longitudinal radial. Barra de escala: 85 μm .

Figura E. Paredes radiais das traqueídes com pontoações unisseriadas a parcialmente bisseriadas (seta), em seção longitudinal radial. Barra de escala: 85 μm .

Figura F. Paredes radiais das traqueídes com pontoações unisseriadas contíguas (seta), em seção longitudinal radial. Barra de escala: 85 μm .

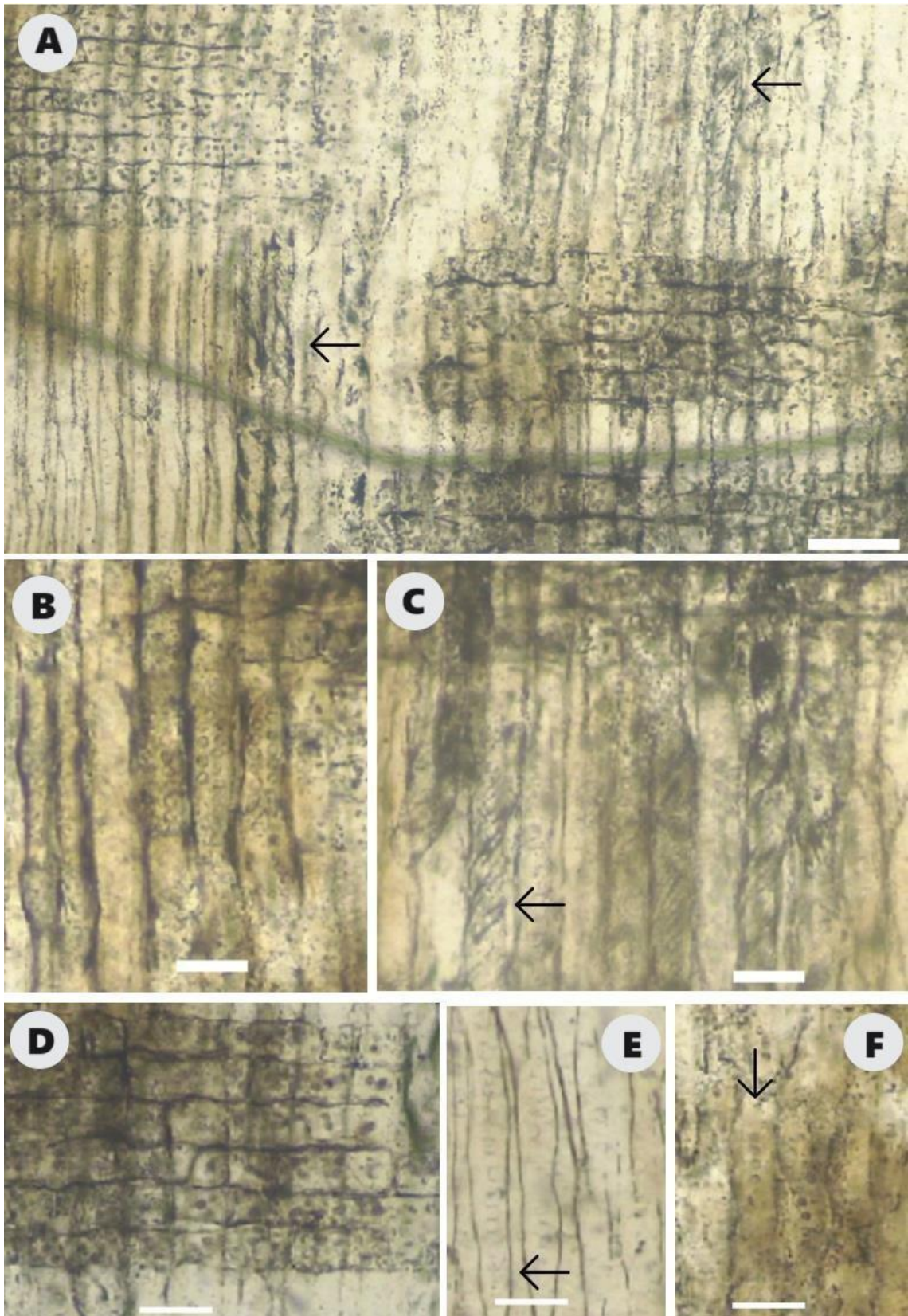


Plate IV

Plate V

Figura A. Raios unisseriados com células resiníferas com conteúdo escuro, em seção longitudinal tangencial. Barra de escala: 85 μm .

Figura B. Traqueídes com extremidades arqueadas próximo ao campo de cruzamento, em seção longitudinal radial, Barra de escala: 70 μm .

Figura C. Resquícios de espessamentos escalariformes nas paredes das traqueídes, em seção longitudinal radial. Barra de escala: 70 μm .

Figura D. Ampliação da figura C, destacando os espessamentos nas traqueídes, em seção longitudinal radial. Barra de escala: 5 μm .

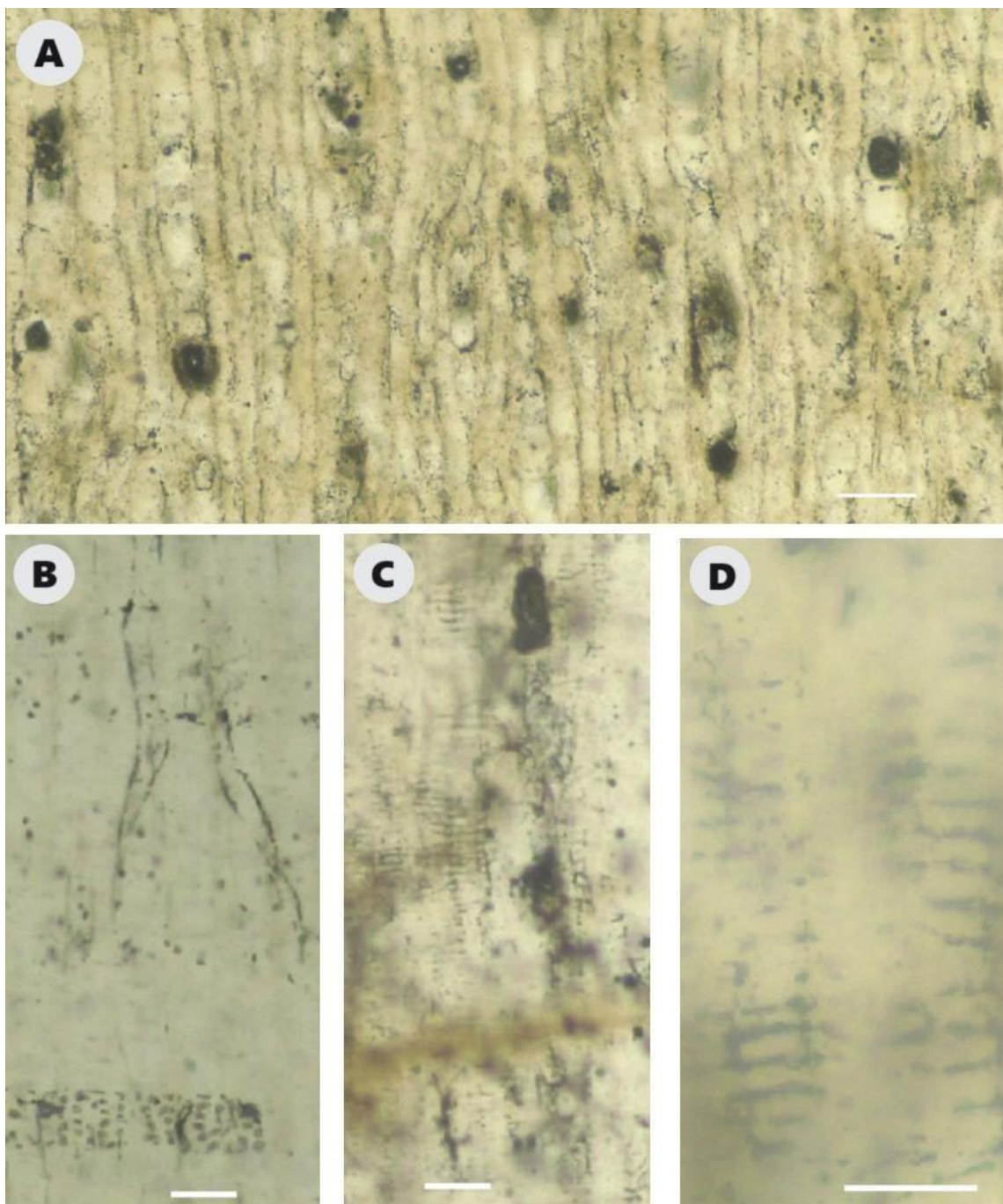


Plate V

Plate VI

Figura A. Coprólitos de coloração escura amplamente distribuídos na medula. Em alguns coprólitos é possível visualizar pequenos fragmentos de matéria não identificada (setas), em seção longitudinal radial. Barra de escala: 400 μm .

Figura B. Aglomerados de coprólitos de coloração escura (setas), em seção longitudinal radial, Barra de escala: 150 μm .

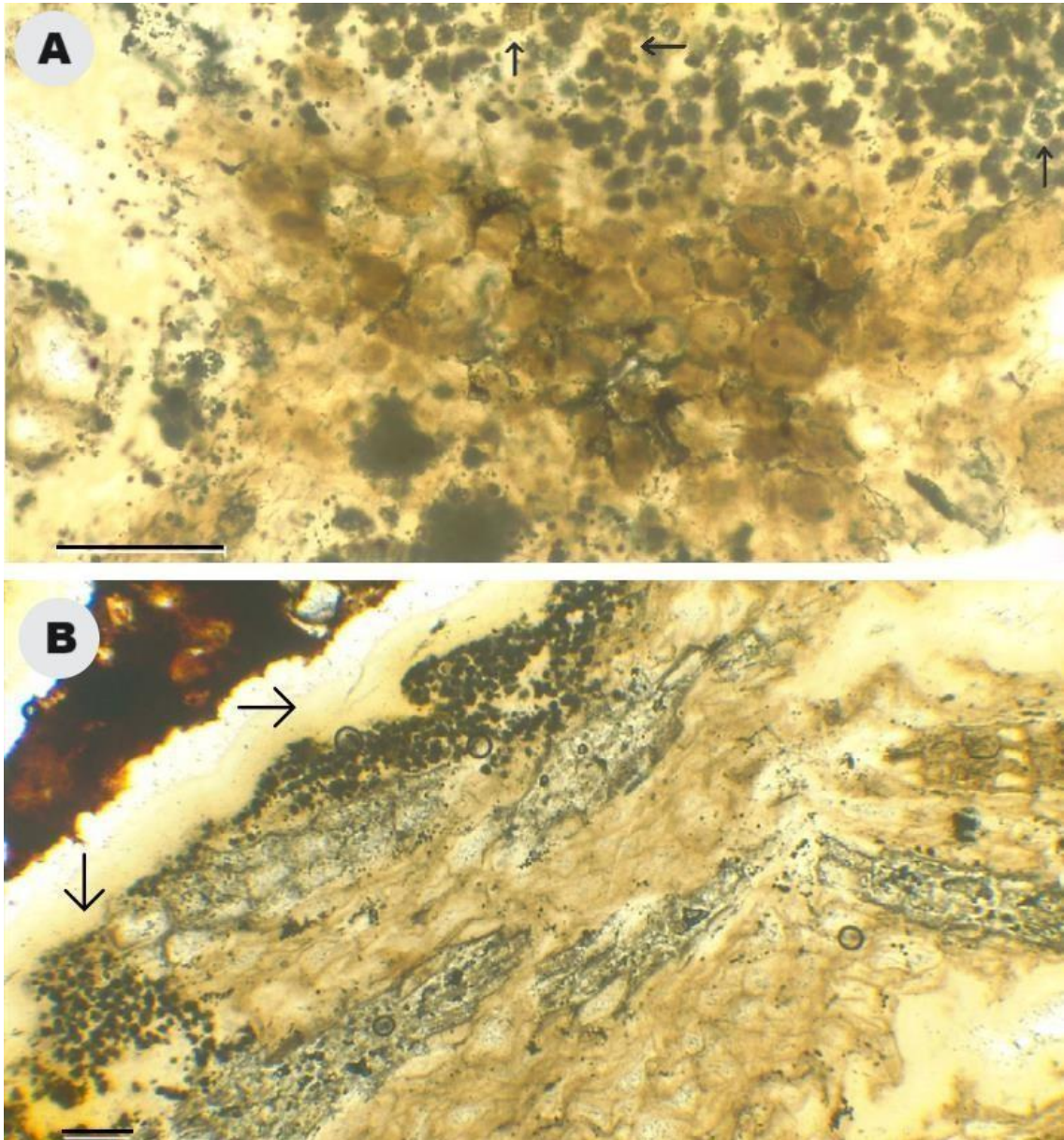


Plate VI

Plate VII

Figura A. Túnel com as traqueídes dilaceradas no xilema secundário, em seção transversal. Barra de escala: 150 μm .

Figura B. Túnel largo em reta perpendicular em relação ao túnel estreito no xilema secundário, em seção transversal. Barra de escala: 150 μm .

Figura C. Túnel no xilema secundário, em seção longitudinal radial. Barra de escala: 150 μm .

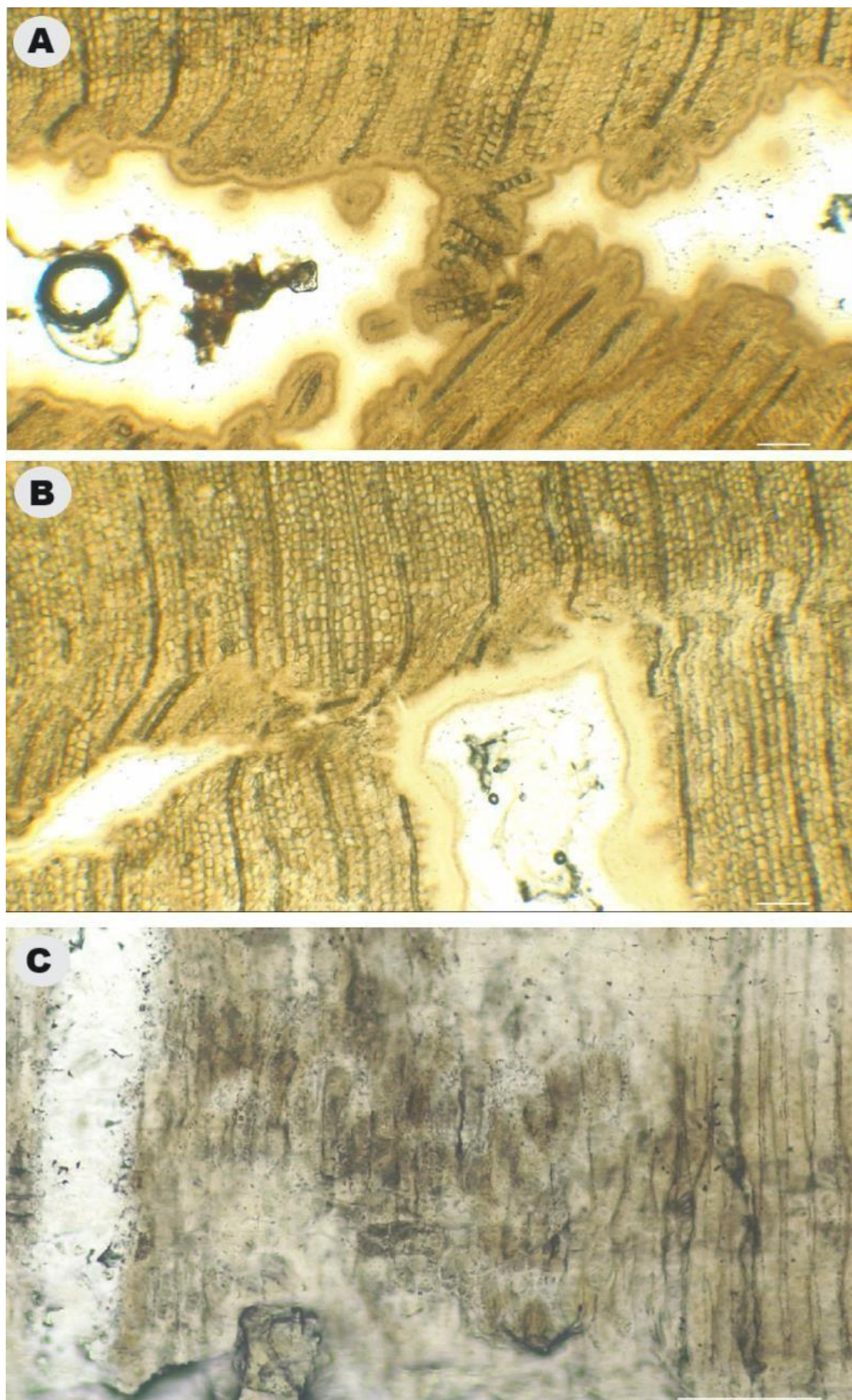


Plate VII

Tabela 1. Medidas dos coprólitos atribuídos aos ácaros oribatídeos no Período Permiano que são comparáveis com os coprólitos encontrados no espécime UFT-705.

Tamanho	Presença no fitofóssil	Localidade	Referência
60-115 µm diâmetro	Xilema Secundário	Antártica	(Kellogg & Taylor, 2004)
18-38 µm diâmetro	Raque e Pecíolo	China	(Seyfullah, et al., 2009)
20-65 µm diâmetro	Xilema Secundário	China	(Feng et al., 2010)
37,5 µm × 55 µm a 75 µm × 145 µm	Xilema Secundário	China	(Feng et al., 2010)
30-50 µm diâmetro	Medula	China	(Feng , 2012)
20–50 µm diâmetro	Medula	China	(Feng et al., 2012)
10-100 µm diâmetro	Medula	Argentina	(Césari et al., 2012)
85–100 × 112–147 µm	Medula	China	(Wei et al., 2019)
6–11 × 7–11 µm	Medula	China	(Wei et al., 2019)
22–31 × 23–40 µm	Medula	China	(Wei et al., 2019)
14-33 µm x 25-44 µm	Medula	Brasil	Presente trabalho

(Fonte: Autora, 2024).

Quadro 2. Características anatômicas da medula e do xilema primário dos lenhos comparáveis ao do espécime UFT-705, com base na presença de medula preservada.

Morfogênero	Medula	Xilema Primário	Xilema Secundário			Localização, Formação, idade.	Referência
			Pontoações nas Traqueídes	Raios lenhosos	Pontoação de campo cruzado		
<i>Junggaropitys</i> Shi et al., 2015	Pequena, composta por células parenquimáticas. homogênea mas heterocelular.	Endarco, com espessamentos helicoidais nas paredes das traqueídes.	Araucarioides; unisseriados, contíguo e achatado; bisseriados, alternos	Unisseriados, homocelular, 1–7 células de altura.	1 (raramente 2); retangular para oval oblíquo, parcialmente circular; simples, às vezes um pouco fossetas areoladas	China; Triássico.	Shi et al. (2015).
<i>Lobatoxylon</i> Kräusel, 1956	Sólido, lobulado e heterocelular; com células do parênquima secretoras ductos e células e bainha de parênquima.	Endarco.	Araucarioides; majoritariamente unisseriado, parcialmente bisseriado.	Homogêneos; unisseriado; até 50 células de altura.	Cupressóide, mais de 3 pontoações.	Africa do Sul; Permiano.	Kräusel (1956).
<i>Nandorioxylon</i> Biradar & Bonde, 1981	Sólido e homocelular, com bainha parenquimatosa entre a medula e o xilema primário, lobulado	Endarco	Araucarioides; unisseriados a trisaeriados. Traqueídeos com resina e crássulas presentes.	Unisseriados, raramente bisseriados, até 36 células de altura.	Cupressóide, até 7 pontoações.	India; Permiano.	Biradar & Bonde (1981).
<i>Polycanaloxylon</i>	Heterocelular, não	Endarco, presença	Araucarioides;	Uniseriado, 1-5	Cupressóide,	Maranhão,	Conceição

Conceição, 2022	septado, com células de esclerênquima, bainha parenquimatosa e canais secretores.	de espessamentos escalariformes e reticulados nas paredes das traqueídes.	unisseriada a bisseriada.	células de altura.	1–4 pontoações.	Brasil; Formação Pedra de Fogo; Permiano.	et al. (2022).
<i>Scleroabietoxylon</i> Kurzawe & Merlotti, 2013	Sólido e heterocelular, com esclerênquima e bainha de parênquima.	Endarco, presença de espessamentos escalariformes.	Araucarioides; uni a bisseriada, raramente trisseriado.	Unisseriados, localmente bisseriados, até 28 células de altura.	Araucarioide; até 5 Pontoações.	Tocantins, Brasil; Formação Motuca, Permiano.	Kurzawe et al. (2013a).
<i>Taeniopitys</i> Kräusel, 1962	Sólido e heterocelular; com um contorno estelar, ductos secretor e bainha de parênquima.	Endarca para Mesarca; Paredes das traqueídes com espessamentos anulares e escalariformes.	Araucarioides; majoritariamente unisseriado, parcialmente bisseriado, raramente trisseriado.	Homogêneo; majoritariamente unisseriados, parcialmente bisseriados; até 12 células de altura.	Cupressóide, 4–6 Pontoações.	Antártica; Permiano-Triássico	Kräusel (1962); Kurzawe et al. (2013b).
<i>Yvyrapitys</i> Conceição & Crisafulli, 2020	Heterocelular, com esclerênquima e bainha parenquimatosa.	Endarco, presença de espessamentos helicoidais.	Mista, unisseriadas ou bisseriadas.	Unisseriado, raramente bisseriados, até 20 células de altura	Cupressóide; com 1-6 pontoações.	Maranhão, Brasil; Formação Pedra de Fogo; Permiano.	Conceição et al. (2020a).
Espécime UFT-705	Homocelular, com bainha parenquimatosa entre a medula e o xilema primário.	Endarco, presença de espessamentos espiralados e escalariformes.	Circular simples, unisseriadas contíguas, unisseriadas a parcialmente bisseriadas, bisseriadas contíguas e subopostas.	Unisseriados, 1-9 células de altura.	Circular simples, 1-6 pontoações.	Tocantins, Brasil; Formação Motuca; Permiano.	Presente trabalho.

(Fonte: Autora, 2024).

Sistemática Paleobotânica

Divisão: GYMNOSPERMOPHYTA Sternberg, 1820

Ordem: Ginkgoales Gorozankin 1904

MORFOGÊNERO 2

Amostra: UFT 882

Idade/ Horizonte/Bacia : Período Permiano (290 milhões de anos atrás), Formação Motuca, Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Localidade: Fazenda Buritirana.

Descrição macroscópica:

Fragmento de caule com 18,6 cm de altura, 19,2 cm de diâmetro maior e 13,2 cm de diâmetro menor. Apresenta coloração marrom escuro a cinza, com partes amareladas e cor de ferrugem. Não possui medula preservada. Os anéis de crescimento são visíveis à olho nu (Plate VIII – Fig. E). A característica mais notável corresponde a vista longitudinal do lenho que exhibe numerosas cicatrizes de ramos de contorno ovoide, que lembram o “formato de olhos” (Plate VIII – Fig. B). Algumas estão isoladas e possuem uma protuberância na parte central (Plate VIII – Fig. C), outras são proeminentes e têm de uma a três perfurações no centro (Plate VIII – Fig. C,F). É possível visualizar também diversas cicatrizes duplas e triplas ocas na parte central, mas que não sobressai a superfície (Plate VIII – Fig. D). As cicatrizes apresentam diâmetros que variam de 4 a 21 mm. Elas estão dispostas de forma alternadas ou subopostas, em distâncias que variam de 5 a 40 mm.

Descrição microscópica:

O espécime é um lenho que não apresenta medula e nem xilema primário preservado, possui xilema secundário homoxílico e picnoxílico, sem presença de canais de resina. Em seção transversal, o xilema secundário é composto por traqueídes e raios. As traqueídes com diâmetros diferentes estão ligeiramente próximas umas das outras, dispostas em 1-9 traqueídes em fileiras radiais entre os

raios. Apresentam formatos arredondados, quadrangulares, retangulares, poligonais arredondados e ovais. As traqueídes com formato arredondado possuem 31 μm (16-44 μm) em diâmetro radial e 33 μm (17-54 μm) em diâmetro tangencial. Em fileiras longitudinais, algumas traqueídes menores ocorrem entre as traqueídes maiores (Plate IX – Fig. E) e em algumas regiões possuem traqueídes menores circundadas por traqueídes maiores (Plate IX – Fig. D). As traqueídes dos lenhos iniciais têm paredes com 3 μm (1-4 μm) de espessura, com lúmen amplo (Plate IX – Fig. I). As traqueídes dos lenhos tardios têm paredes com 5 μm (3-12 μm) de espessura, apresentando na grande maioria formatos quadrangulares e retangulares, com lúmens quase em forma de fenda nas traqueídes que são achatadas longitudinalmente (Plate IX – Fig. A-C). A transição do lenho inicial para o tardio é gradual, ocorrendo a redução no diâmetro das traqueídes com paredes mais espessas, porém a região exata onde ocorre a transição entre eles está mal preservada. Os raios estão alargados em algumas regiões no lenho tardio e próximo a transição com o lenho inicial (Plate IX – Fig. A-C). Algumas regiões exibem espaços intercelulares (Plate IX – Fig. F,G).

Em seção longitudinal tangencial, as traqueídes possuem um diâmetro médio de 31 μm (16-44 μm). Os raios são homocelulares e unisseriados (Plate X – Fig. A), ocasionalmente com partes bisseriadas (Plate X – Fig. C). A altura dos raios é de 1 a 14 células de altura (Plate X – Fig. B), sendo mais frequente os raios com 3 células de altura. A altura média dos raios é de 165 μm (41-500 μm). As células de ambos os extremos dos raios são ovais alongadas, com 14 μm (9-20 μm) largura e 25 μm (16-32 μm) de altura. As células centrais dos raios são circulares ou ovais, com 19 μm (13-23 μm) largura e 24 μm (18-29 μm) de altura. Nesta seção é possível visualizar a vista transversal de uma cicatriz de ramo, com a medula preservada composta apenas por células parenquimáticas de formato circular ou oval (Plate IX – Fig. H). O diâmetro médio das células é de 14 μm (8–24 μm). A cicatriz não teve o xilema primário preservado.

Em seção longitudinal radial, as traqueídes possuem um diâmetro médio de 31 μm (22-45 μm). Possuem pontoações circulares do tipo araucarioides, quando unisseriadas são contíguas (Plate X – Fig. I,J) e quando bisseriadas são contíguas e alternas (Plate X – Fig. H). Elas medem em média 6 μm (2-11 μm) de diâmetro. As pontoações do campo de cruzamento são do tipo piceoide, tendo de 2 a 9

pontoações por campo cruzado, as pontoações têm um arranjo difuso, raramente estão dispostas em fileiras (Plate X – Fig. D-F). Nesta seção é possível notar as extremidades arqueadas das traqueídes (Plate X – Fig. G,K,L) e traqueídes tortuosos, sobrepostos com as extremidades arqueadas próximas aos campos de cruzamento (Plate X – Fig. G).

Comparações e discussão:

Como já descrito, a medula e o xilema primário têm grande valor diagnóstico para a determinação sistemática de um morfogênero. Porém a maioria dos lenhos fósseis descritos na literatura e mesmo os preservados em afloramentos, possuem a medula completamente degradada pelo processo de fossilização ou, mais frequentemente, não apresentam a medula e nem xilema primário preservados, como é o caso do espécime UFT - 882.

Esta característica do registro fóssil de lenhos foi discutida por Lepekhina e Yatsenko-Khmelevsky (1966) que apresentaram cinco morfogêneros paleozoicos que pela ausência de medula e xilema primário foram descritos a partir dos caracteres presentes no xilema secundário, são eles: *Araucarioxylon* Kraus, 1870, *Protophylocladoxylon* Kräusel, 1939, *Prototaxoxylon* Kräusel & Dolianiti, 1958, *Platyspiroxylon* Greguss, 1961 e *Baieroxylon* Greguss, 1961. Porém *Araucarioxylon* e *Platyspiroxylon* após algumas revisões foram invalidados. De acordo com Jefferson (1987), Philippe et al. (1999) e Philippe & Bamford, (2008) a utilização do *Platyspiroxylon* não é aconselhada, pois uma das suas principais características diagnósticas é a presença de espessamentos helicoidais nas traqueídes, mas, com base nas revisões e a utilização de microscopia eletrônica de varredura ficou evidente que a presença de espessamentos helicoidais nas traqueídes foi uma interpretação equivocada, sendo que as estruturas são, na realidade, resultado do processo de fossilização. Já a invalidação do *Araucarioxylon* foi proposta por Philippe (1993) e Bamford & Philippe (2001) por considerarem a definição muito abrangente, visto que a presença das traqueídes com pontoações areoladas do tipo araucarioides é uma característica comum a várias ordens de gimnospermas.

Atualmente o morfogênero *Araucarioxylon* é ilegítimo de acordo com o Art, 52.1

do CINB (McNeil et al., 2006). Sendo assim, surgiu a necessidade de realocar as morfoespécies de *Araucarioxylon* em outros morfogêneros. Por isso, Kurzawe & Merlotti (2010) realizaram o estudo taxonômico do morfogênero *Araucarioxylon* registrado no Permo-Carbonífero da Província Gondwana, onde identificaram 16 morfoespécies. Como parte dos resultados da análise oito morfoespécies foram transferidas para três morfogêneros válidos e legítimos, sendo eles: *Agathoxylon* Hartig, 1848, *Brachyoxylon* Hollick & Jeffrey, 1909 e *Protocupressinoxylon* Eckhold, 1923. Todos estes morfogêneros se diferem do material aqui descrito, pois *Agathoxylon* possui pontoações araucarioides nos campos de cruzamento e *Brachyoxylon* juntamente com o *Protocupressinoxylon* apresentam pontoações mistas nas traqueídes (Quadro 4).

O morfogênero *Protophyllocladoxylon* se distingue do material analisado por apresentar o campo de cruzamento com menos de três pontoações simples e grandes. Segundo Wan et al. (2019) as pontoações podem ser do tipo filocladoide, fenestriiformes ou oval/arredondada. Já o *Prototaxoxylon* e o *Baieroxylon* se distinguem do material por apresentar espessamentos helicoidais nas traqueídes (Quadro 4). Embora as duas principais características diagnósticas de *Baieroxylon* não esteja presente no material analisado, sendo elas: pontoações radiais das traqueídes de tipo mista e espessamentos helicoidais nas traqueídes, este morfogênero possui várias semelhanças com o material descrito, por exemplo: xilema secundário homoxílico e picnoxílico; ausência de canais de resina; traqueídes com diâmetros diferentes próximas umas das outras em fileiras radiais; alargamento dos raios na região do lenho tardio e nos limites de crescimento; extremidade das traqueídes arqueadas; espaços intercelulares entre as traqueídes e raios unisseriados baixos, às vezes com partes bisseriadas de células. Todas estas características presentes no material analisado foram utilizadas por diversos autores para estabelecer *Baieroxylon* na ordem Ginkgoales, e, portanto, o material analisado sugere afinidade com as Ginkgoales (Greguss, 1961; Prasad, 1982; Prasad & Lele, 1984; Philippe, 1995; Crisafulli, 2001; Torres & Philippe, 2002; Süß, 2003; Martinez & Lutz, 2007; Gnaedinger & Herbst, 2009; Crisafulli & Herbst, 2009; Süß & Kelber, 2011; Gnaedinger, 2012; Verón et al., 2012; Leiz et al., 2022).

Uma das características que está presente em todas as Ginkgoales e que também foi encontrada no lenho descrito é o arranjo irregular das traqueídes,

causada pela disposição de traqueídes de diâmetro diferentes em fileiras radiais (Plate IX – Fig. I). Alguns lenhos podem apresentar eventualmente a ocorrência de pequenas traqueídes intercaladas ou agrupadas entre as traqueídes de diâmetro maior, em seção transversal no lenho (Plate X – Fig. D, E). Segundo Süss & Lier (1985), Süss et al. (2009), Süss & Kelber (2011) e Süss & Müller (2015) este tipo de arranjo é consequência do crescimento longitudinal das traqueídes, onde as extremidades das traqueídes se alongam e transpassam entre as traqueídes que estão acima e abaixo, ocorrendo a sobreposição das traqueídes.

Este crescimento intrusivo identificado no material analisado é uma característica encontrada frequentemente em Ginkgoales (gimnospermas) modernas e em algumas dicotiledôneas (angiospermas). Neste tipo de crescimento ocorre a extensão apical das extremidades das traqueídes nas Ginkgoales. O alongamento acontece geralmente no sentido axial, por isso quando as extremidades das traqueídes encontram alguma barreira, ocorrem o arqueamento das suas extremidades, este fenômeno é visto em seção longitudinal radial (Plate X – Fig. G, K, L). Outra característica presente nas Ginkgoales modernas que também está presente no fóssil descrito é o alargamento dos raios lenhosos que acontece sempre que ocorre uma mudança ritmicamente repetida no comprimento das traqueídes, muito frequente nas regiões do lenho tardio e nos limites de crescimento (Plate IX – Fig. A-C) (Süss & Lier, 1985; Süss et al., 2009; Süss & Kelber, 2011; Süss & Müller, 2015).

O fóssil descrito possui numerosas cicatrizes de ramos “em formato de olho”. Este termo foi utilizado por Prasad & Lele (1984) para descrever as cicatrizes presentes em *Baieroxylon cicatricum* Prasad e Lele (1984). Segundo Bardola et al., (2009) as cicatrizes simples “em forma de olho” com protuberâncias na parte central são vestígios de ramos longos (Plate VIII – Fig. C), e as cicatrizes ocas, duplas e triplas são resquícios de ramos curtos que continha folhas verticiladas anexadas (Plate VIII – Fig. D, E). Segundo os autores esta característica é exclusiva do morfogênero quando são realizadas comparações com outros morfogêneros que foram atribuídos a Ginkgoales. Portanto a presença deste mesmo padrão de cicatrizes no lenho descrito sugere uma aproximação maior com *Baieroxylon*. No quadro 3 são descritas as características das cicatrizes de ramo das morfopécies comparáveis ao espécime aqui descrito.

Mesmo que *Baieroxylon* Greguss, 1961 possua diversas características semelhantes às do material analisado, principalmente quando comparado com *B. cicatricum* que apresenta o mesmo padrão de cicatrizes de ramos presentes na superfície do lenho descrito, não é possível atribuir o material ao morfogênero, visto que as suas principais características diagnósticas não estão presentes no material. Quando o material foi comparado com vários outros morfogenêros sem medula e sem xilema primário que apresentam xilema secundário homoxílico e picnoxílico, sem canais de resina, não foi identificado nenhum morfogênero compatível com o material analisado. Portanto, com base nas características morfoanatômicas presentes no lenho aqui descrito é proposto um novo morfogênero e morfoespécie com afinidade com as Ginkgoales.

Plate VIII

Figura A. Vista geral da superfície transversal, com anéis de crescimento visíveis. Medula ausente. Barra de escala: 1 cm.

Figura B. Vista geral da superfície longitudinal, com numerosas cicatrizes de ramos “em formato de olhos”. Barra de escala: 1 cm.

Figura C. Cicatrizes com protuberância no centro (seta preta) correspondem à emissão de ramos longos. Cicatrizes de ramos proeminentes com uma perfuração na parte central (seta branca), em superfície longitudinal. Barra de escala: 1 cm.

Figura D. Diversas cicatrizes duplas e triplas ocas na parte central, correspondem a ramos curtos onde emergiam as folhas verticiladas, em superfície longitudinal. Barra de escala: 1 cm.

Figura E. Anéis de crescimento, em vista transversal. Barra de escala: 1 cm.

Figura F. Cicatriz de ramo saliente com três perfurações no centro correspondem à emissão de braquiblastos, em superfície longitudinal. Barra de escala: 1 cm.

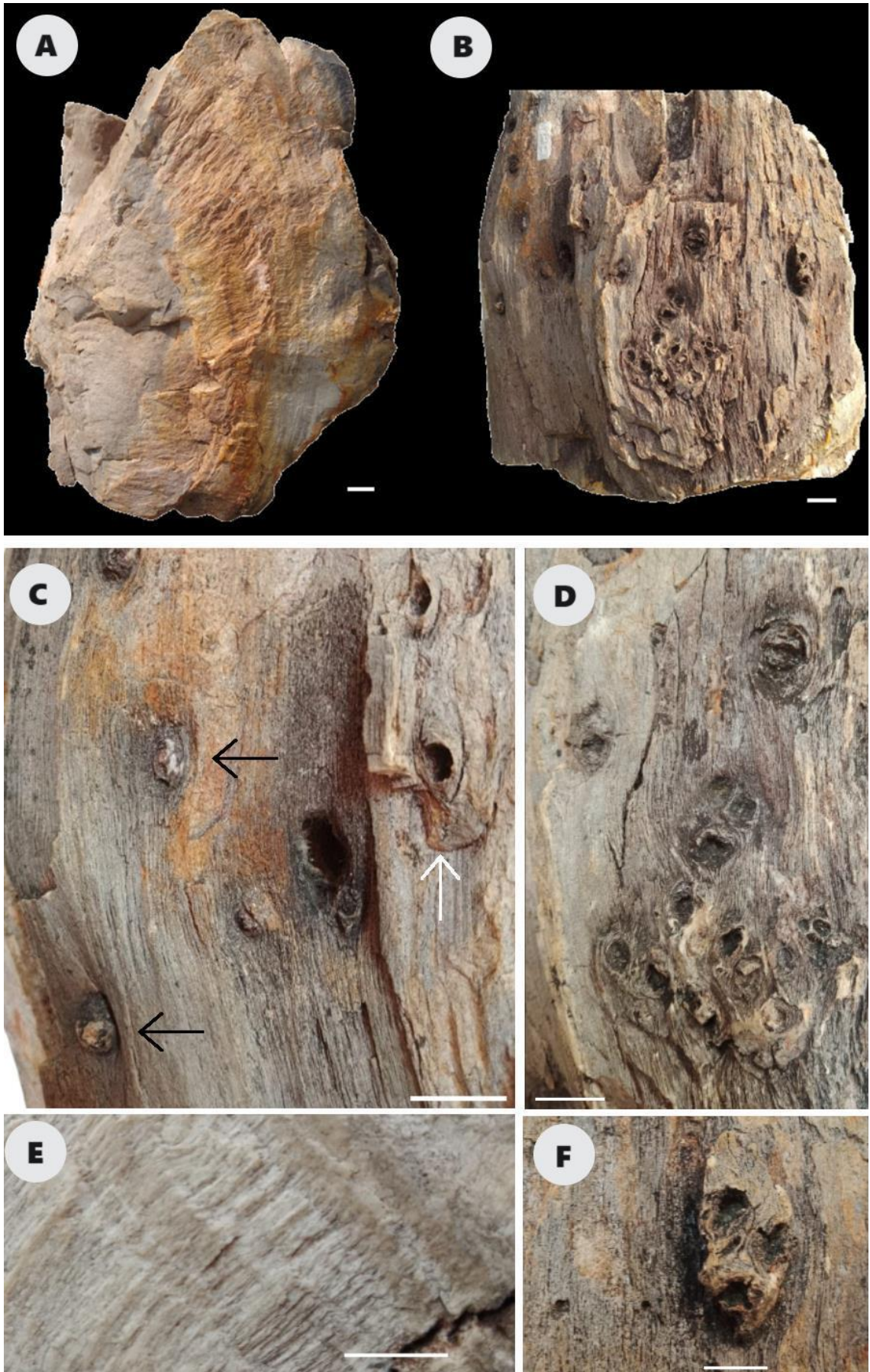


Plate VIII

Plate IX

Figura A. Raios alargados em algumas regiões no lenho tardio (seta), em vista transversal. Barra de escala: 100 μm .

Figura B. Traqueídes do lenho tardio com paredes mais espessas, algumas traqueídes achatadas longitudinalmente tem o lúmen em formato de fenda. É possível visualizar o alargamento do raio (seta), em vista transversal. Barra de escala: 100 μm .

Figura C. Transição do lenho tardio para o inicial gradual, ocorrendo a redução do diâmetro das traqueídes em fileiras longitudinais. A região exata onde ocorre a transição entre eles está mal preservada, em vista transversal. Barra de escala: 100 μm .

Figura D. Região com uma traqueíde de menor diâmetro completamente circundada por traqueídes maiores (seta), em vista transversal. Barra de escala: 85 μm .

Figura E. Duas traqueídes de menor diâmetro (seta) entre as traqueídes maiores em uma fileira longitudinal, em vista transversal. Barra de escala: 130 μm .

Figura F-G. Espaço intercelular (círculo), em vista transversal. Barra de escala: 3 μm .

Figura H. Cicatriz de ramo com a medula composta por células parenquimáticas, vista em corte longitudinal tangencial. Barra de escala: 95 μm .

Figura I. Traqueídes com diâmetros diferentes arranjadas em fileiras radiais ligeiramente próximas umas das outras, em vista transversal. Barra de escala: 85 μm .

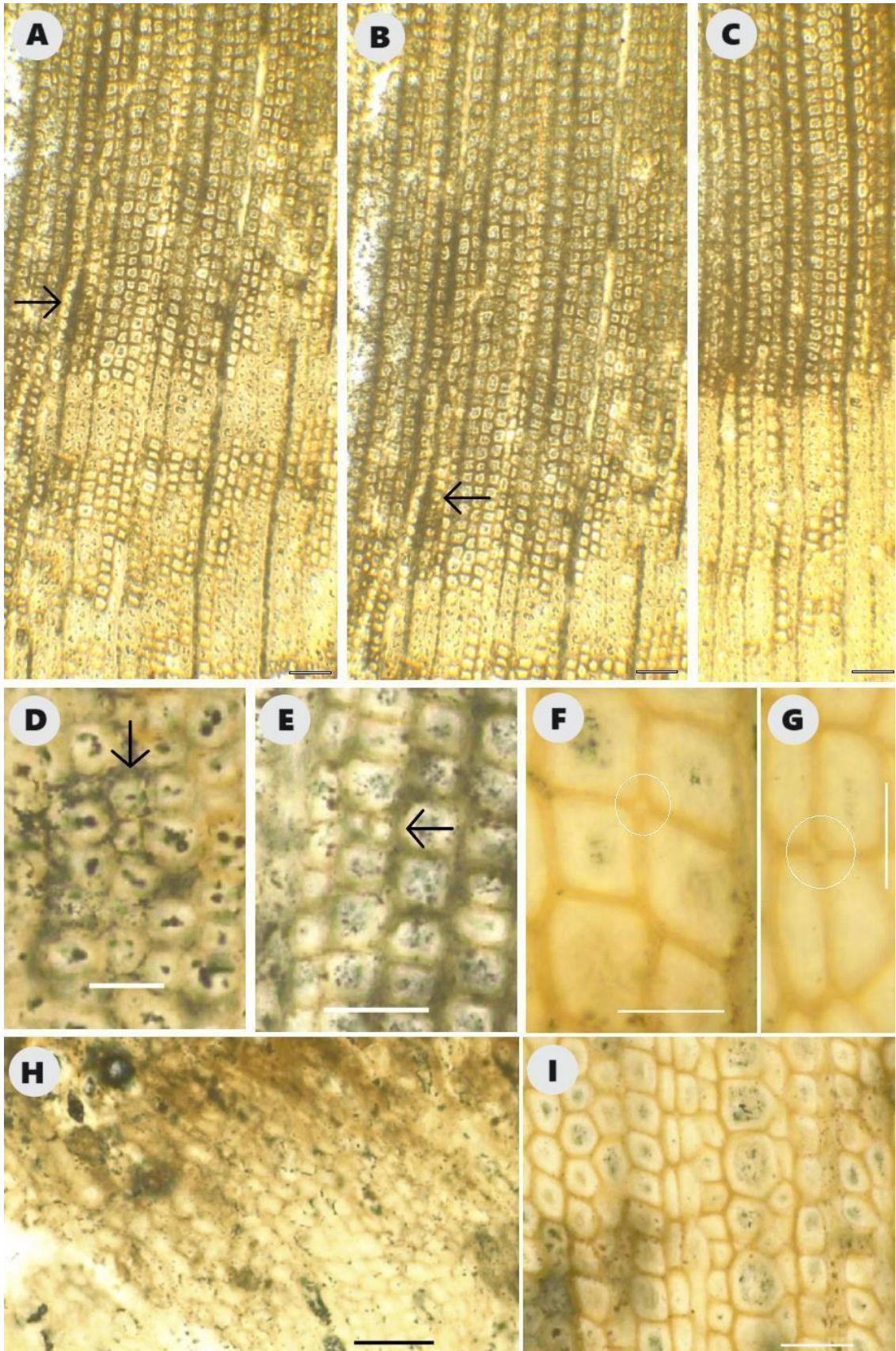


Plate IX

Plate X

Figura A. Raios lenhosos unisseriados e baixos, em vista longitudinal tangencial. Barra de escala: 100 μm .

Figura B. Detalhe de raio lenhoso unisseriado com 14 células de altura, em vista longitudinal tangencial. Barra de escala: 70 μm .

Figura C. Raio lenhoso unisseriado parcialmente bisseriado, em vista longitudinal tangencial. Barra de escala: 70 μm .

Figura D-E. Região de campo cruzado com pontoações piceoides em arranjo difuso e resquícios de pontoações radiais das traqueídes, em vista longitudinal radial. Barra de escala: 95 μm .

Figura F. Campo de cruzamento com pontoações piceoides, em vista longitudinal radial. Barra de escala: 4 μm .

Figura G. Traqueídes tortuosos, sobrepostos com as extremidades arqueadas próximas aos campos de cruzamento, em vista longitudinal radial. Barra de escala: 180 μm .

Figura H. Pontoações radiais das traqueídes unisseriadas contíguas e bisseriadas contíguas e alternas. Ao centro é possível visualizar pontoações do campo de cruzamento, em vista longitudinal radial. Barra de escala: 3 μm .

Figura I. Pontoações radiais das traqueídes unisseriadas contíguas, em vista longitudinal radial. Barra de escala: 3 μm .

Figura J. Pontoações radiais das traqueídes com lúmen reduzido (seta), em vista longitudinal radial. Barra de escala: 1.5 μm .

Figura K. Traqueíde com a extremidade arqueada, em vista longitudinal radial. Barra de escala: 80 μm .

Figura L. Agrupamento de traqueídes com as extremidades arqueadas, em vista longitudinal radial. Barra de escala: 80 μm .

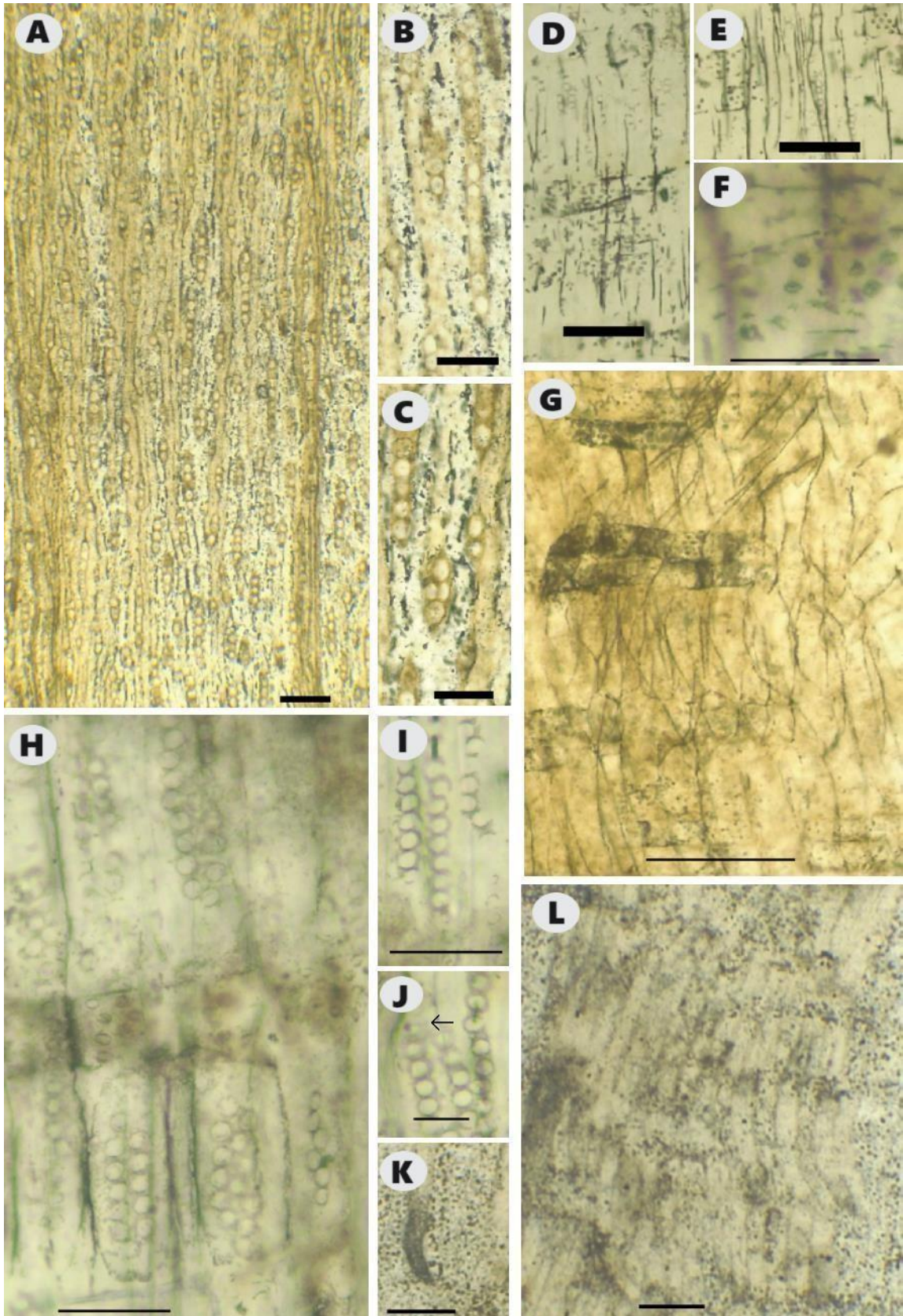


Plate X

Quadro 3. Comparação entre as medidas das cicatrizes de ramo do espécime UFT - 882 e dos espécimes de *Baieroxylon cicatricum*. *Obs: no artigo de Bardola et al. (2009) foram medidos 15 fragmentos de lenhos.

Espécie	Lenho				Cicatrizes de ramo				Localização, Formação, idade.	Referências
	Altura (cm)		Diâmetro (cm)		Distância entre cicatrizes (mm)		Diâmetro (mm)			
UFT - 882	18,6		menor	13,2	menor	5	menor	4	Tocantins, Brasil; Formação Motuca; Permiano.	Presente trabalho
			maior	19,2	maior	40	maior	21		
<i>Baieroxylon cicatricum</i>	210		60		menor	-	menor	3	Kelhari, Índia, Formação Tiki, Triássico Superior	Prasad & Lele, 1984
					maior	-	maior	14		
<i>Baieroxylon cicatricum</i>	15		menor	8	menor	-	menor	-	Uruguai, Formação Yaguarí, Permiano Superior	Crisafulli, 2001
			maior	10	maior	-	maior	-		
<i>Baieroxylon cicatricum</i>	menor	4	menor	5	menor	5	menor	4	São Pedro do Sul, Brasil, Formação Santa Maria, Triássico Superior	Bardola et al., 2009
	maior	32	maior	30	maior	60	maior	24		

(Fonte: Autora, 2024).

Quadro 4. Morfogêneros de lenho secundário homoxílico e picnoxílico comparáveis com o espécime UFT-882.

Morfogênero	Xilema Secundário			Localização, Formação, idade.	Referência
	Pontoações nas Traqueídes	Raios lenhosos	Pontoação de campo cruzado		
<i>Agathoxylon</i> Hartig, 1848	Pontoações radiais areoladas de tipo araucarioide.	Geralmente unisseriados e com paredes horizontais e tangenciais lisas.	Pontoação araucarioíde s.	Alemanha; Triássico.	Kurzawe & Merlotti (2010).
<i>Brachyoxylon</i> Hollick & Jeffrey, 1909	Pontoações radiais areoladas de tipo misto, geralmente arredondadas e esparsas. Pontoações tangenciais presentes. Canais resiníferos traumáticos ocasionais.	Raios lenhosos baixos e com paredes lisas.	Pontoação araucarioíde s.	Estados Unidos; Cretáceo	Kurzawe & Merlotti (2010).
<i>Protocupressinoxylon</i> Eckhold, 1923	Pontoações radiais de tipo misto.	-	Pontoação cupressóide.	Inglaterra ; Jurássico.	Kurzawe & Merlotti (2010).
<i>Protophyllocladoxylon</i> Kräusel, 1939	Pontuação radial traqueídea do tipo araucarioide.	Raios lenhosos unisseriados.	Menos de três pontoações simples e grandes.	Paleozóico.	Lepekhina (1972).
<i>Prototaxoxylon</i> Kräusel e Dolianiti,	Pontuação radial traqueídea do tipo	Paredes tangenciais e	Pontoação cupressóide	Paleozóico.	Lepekhina

1958	araucária; espessamentos espirais em traqueídeos são finos.	horizontais de células dos raios sem espaço.	.		(1972).
<i>Baieroxylon</i> Greguss, 1961	Pontoações radiais das traqueídes de tipo mista e espessamentos helicoidais nas traqueídes.	Raios lenhosos sem resina.	Pontoação cupressóide .	Paleozóico	Lepekhina (1972)
Espécime UFT-882	Pontoações circulares do tipo araucarioides.	Raios unisseriados, ocasionalmente com partes bisseriadas. 1-14 células de altura.	Pontoação piceoide.	Tocantins, Brasil; Formação Motuca; Permiano.	Presente trabalho.

(Fonte: Autora, 2024).

6 CONCLUSÕES

De acordo com as descrições morfoanatômicas dos espécimes gimnospérmicos UFT-705 e UFT-882 atribuídos a Formação Motuca, Permiano, da Bacia do Parnaíba conclui-se que:

- Os lenhos fósseis de gimnospermas aqui descritos apresentam diferentes conjunto de características morfoanatômicas, o que possibilitou a classificação de dois novos morfogêneros e morfoespécies para a Bacia do Parnaíba atribuídos a Formação Motuca no Permiano.

- Os dois novos morfogêneros são endêmicos e fornecem evidências adicionais sobre a biodiversidade durante o Permiano na Bacia do Parnaíba.

- O espécime UFT-705 trata-se de um novo morfogênero gimnospérmico, de ordem *Incertae sedis*, caracterizado por apresentar medula homocelular, com bainha de parênquima entre a medula e o xilema primário endarco.

- O espécime UFT-882 trata-se de um novo morfogênero da ordem Ginkgoales, sendo o primeiro registro do grupo para o Monaf.

- Os vestígios deixados por ácaros oribatídeos no espécime UFT-705 colabora para o entendimento da distribuição desses artrópodes durante o Permiano e ajuda a preencher a lacuna no registro geológico desses organismos, tratando-se de mais uma contribuição de interação artrópodes- planta.

- A presença de coprólitos e túneis atribuídos aos ácaros oribatídeos presentes no espécime UFT-705, juntamente com o lenho apresentando uma transição do lenho inicial para tardio gradual, fracamente demarcada e a sequência de lenho inicial amplo e lenho tardio mais reduzido, sugere que a gimnosperma viveu em um ambiente lacustre, com breves estações de seca.

REFERÊNCIAS

- ADAMI-RODRIGUES, K. et al. Permian plant-insect interactions from a Gondwana flora of southern Brazil. **Fossils and Strata**, 51: 106-125, 2004a.
- ADAMI-RODRIGUES, K. et al. Herbivoria em floras Gonduânicas do Neopaleozóico do Rio Grande do Sul: análise quantitativa. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 7: 93-102, 2004b.
- ASH, S. Evidence of oribatid mite herbivory in the stem of a Late Triassic tree fern from Arizona. **Journal of Paleontology**, v. 74, n. 6, p. 1065-1071, 2000.
- BAMFORD, M. K. & PHILIPPE, M. Jurassic–Early Cretaceous Gondwanan homoxylous woods: a nomenclatural revision of the genera with taxonomic notes. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 113, n. 4, p. 287-297, 2001.
- BARDOLA, T. P. et al. Lenhos de Ginkgophyta em florestas petrificadas no Triássico Superior Sul-Rio-Grandense, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 12, n. 2, p. 139-148, 2009.
- BENÍCIO, J. R. W. et al. Palaeoclimatic inferences based on dendrological patterns of permineralized wood from the Permian of the Northern Tocantins Petrified Forest, Parnaíba Basin, Brazil. **Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments**, v. 96, p. 255-264, 2015.
- Biradar, N. V., Bonde, S.D. Nandorioxylon saksenae gen. et sp. nov. — a new gymnospermous wood from the Kamthi Stage of Chandrapur District, Maharashtra State, India. **Geophytology** 11, 90–95, 1981.
- CALDAS, E. B. et al. Nota sobre a ocorrência de uma floresta petrificada de idade permiana em Teresina, Piauí. **Boletim IG-USP**. Publicação Especial, n. 7, p. 69-87, 1989.
- CARIGLINO, B. & GUTIÉRREZ, P.R. Plant-Insect Interactions in a Glossopteris Flora

from the la Golondrina Formation (Guadalupian—Lopingian), Santa Cruz Province, Patagonia, Argentina. **Ameghiniana**, 48(1): 103-112, 2011.

CARIGLINO, B. Patterns of insect-mediated damage in a Permian Glossopteris flora from Patagonia (Argentina): **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 507, p. 39–51, 2018.

CÉSARI, S. N. et al. A late Paleozoic fossil forest from the southern Andes, Argentina. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 333, p. 131- 147, 2012.

CHANDRA, S. & SINGH, K.J. Plant fossils from the type locality of Talchir Formation and evidence of earliest plant–animal activity in Gondwana of India, in Ayyasami, K., Sengupta, S., and Ghosh, R.N. (eds.), **Gondwana Nine**, v. 1, p. 397–414, 1996.

COIMBRA, A. M. & MUSSA, D. Associação lignitafoflorística da Formação Pedra-de-Fogo, (arenito cacunda), Bacia do Maranhão-Piauí, Brasil. In: **Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia**. 1984. p. 591-605.

CONCEIÇÃO, D. M. et al. New petrified gymnosperms from the Permian of Maranhão (Pedra de Fogo formation), Brazil: Novaioquepitys and Yvyrapitys. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 276, p. 104177, 2020a.

CONCEIÇÃO, D. M. et al. New petrified gymnosperms from the Permian of Maranhão (Pedra de Fogo Formation), Brazil: Ductolobatopitys nov. gen. and Kaokoxydon. **Geobios**, v. 60, p. 47-59, 2020b.

CONCEIÇÃO, D. M. et al. Two new petrified gymnosperms with solenoid piths from the Pedra de Fogo Formation, Permian of Maranhão, Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 299, p. 104622, 2022.

CRISAFULLI, A. & HERBST, R. Gymnospermous woods (Coniferales, Taxales, and Ginkgoales) from the Upper Permian Tacuary Formation, Eastern Paraguay. **Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments**, v. 89, p. 95-109, 2009.

CRISAFULLI, A. Leños pérmicos de la Formación Yaguarí (Pérmico Superior) Uruguay. **Ameghiniana**, v. 38, p. 61-72, 2001.

DERNBACH, U. **Petrified Forest: the world's 31 most beautiful petrified forests**. D'oroVerlag: Heppenheirm, 1996.

DIAS-BRITO, D. & CASTRO, J.C. Caracterização geológica e paleontológica do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins. **Relatório final. Unesp-Rio Claro**, p. 40, 2005.

DIAS-BRITO, D. et al. Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional: o mais exuberante e importante registro fóssilífero tropical-subtropical permiano do Hemisfério Sul. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; **Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP)**, v. II, p.337-354, 2007.

DINO, R. et al. Palynological data from the Trisidela member of upper Pedra de Fogo Formation ("Upper Permian") of the Parnaíba basin, northeastern Brazil. **Revista brasileira de Paleontologia**, v. 3, n. 1, p. 24-35, 2002.

FENG, Z. et al. A novel coniferous tree trunk with septate pith from the Guadalupian (Permian) of China: ecological and evolutionary significance. **International Journal of Plant Sciences**, v. 173, n. 7, p. 835-848, 2012.

FENG, Z. et al. A unique gymnosperm from the latest Permian of China, and its ecophysiological implications. **Rev. Palaeobot. Palynol.** 165, 27–40, 2011.

FENG, Z. et al. First report of oribatid mite (arthropod) borings and coprolites in Permian woods from the Helan Mountains of northern China. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 288, n. 1-4, p. 54-61, 2010.

FENG, Z. Ningxiaites specialis, a new woody gymnosperm from the uppermost Permian of China. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 181, p. 34-46, 2012.

GALLEGO, J. et al. Plant-arthropod interactions in gymnosperm leaves from the Early Permian of Patagonia, Argentina. **Geobios**, 47: 101– 110, 2014.

GNAEDINGER, S. & HERBST, R. Primer registro de maderas gimnospermas de la Formación Roca Blanca (Jurásico inferior), provincia de Santa Cruz, Argentina. **Ameghiniana**, v. 46, n. 1, p. 59-71, 2009.

GNAEDINGER, S. Ginkgoalean woods from the Jurassic of Argentina: taxonomic considerations and palaeogeographical distribution. **Geobios**, v. 45, n. 2, p. 187-198, 2012.

GÓES, A. M. O. & FEIJÓ, F. Bacia do Parnaíba. **Bol. Geoc. Petrobrás**. 8 (1): 57-67, 1994.

GREGUSS, P. Permische fossile hölzer aus Ungarn. **Palaeontographica Abteilung B**, p. 131-146, 1961.

GUERRA-SOMMER, M. & PIRES, E.F. Técnicas de preparação de material paleobotânico. In: CARVALHO, I.S. (Ed.). **Paleontologia: Conceitos e Métodos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência. V. 1, p. 431-435, 2010.

IANNUZZI, R. et al. Re-evaluation of the Permian macrofossils from the Parnaíba Basin: biostratigraphic, palaeoenvironmental and palaeogeographical implications. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 472, n. 1, p. 223-249, 2018.

IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for softwood identification. **IAWA** 25, 1–70, 2004.

JEFFERSON, T. H. The preservation of conifer wood: examples from the Lower Cretaceous of Antarctica. **Palaeontology**, v. 30, n. 2, p. 233-249, 1987.

KAUFFMANN, M. et al. Gestão de Patrimônio Paleontológico, Situação e Ferramentas de conservação: o caso do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins. **Estudo & Debate**, Lajeado, v.20, n.2, 115-125, 2013a.

KAUFFMANN, M. et al. Resultados preliminares do resgate de fitofósseis no Monumento natural das árvores fossilizadas do Tocantins, Bacia do Parnaíba, Tocantins, Brasil. **Geonomos**, v.21, n.2, 46-52, 2013b.

KELLOGG, D. W. & TAYLOR, E. L. Evidence of oribatid mite detritivory in Antarctica during the late Paleozoic and Mesozoic. **Journal of Paleontology**, v. 78, n. 6, p. 1146-1153, 2004.

KRÄUSEL, R. Antarctic fossil wood. Appendix. Scientific Reports **Geology** 9, 133–140 (Trans-Antarctic Expedition 1955–1958), 1962.

KRÄUSEL, R. Der “Versteinerte Wald” im Kaokoveld. Südwest-Afrika. **Senckenbergiana Lethaea** 37, 411–453, 1956.

KURZAWA, F. et al. New gymnospermous woods from the Permian of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil, Part I: Ductoabietoxylon, Scleroabietoxylon and Parnaiboxylon. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 195, p. 37-49, 2013a.

KURZAWA, F. et al. New gymnospermous woods from the Permian of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil, Part II: Damudoxylon, Kaokoxylon and Taeniopitys. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 195, p. 50-64, 2013b.

KURZAWA, F. Gimnospermas permineralizadas do permiano da bacia do Parnaíba (Formação Motuca), nordeste do Brasil. **Tese de doutorado**, 2012.

KURZAWA, F.; MERLOTTI, S. O complexo Dadoxylon-Araucarioxylon, Carbonífero e Permiano do Gondwana: estudo taxonômico do gênero Araucarioxylon. **Pesquisas em Geociências**, v. 37, n. 1, p. 41-50, 2010.

LABANDEIRA, C. C. Early history of arthropod and vascular plant associations. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 26, n. 1, p. 329- 377, 1998.

LEIZ, L. V. et al. New records of Late Triassic wood from Argentina and their biostratigraphic, paleoclimatic, and paleoecological implications. **Acta Palaeontologica Polonica**, v. 67, n. 2, p. 329-340, 2022.

LEPEKHINA, V. G. & YATSENKO-KHMELEVSKY, A. A. Classification and nomenclature of woods of Palaeozoic pycnoxylic plants. **Taxon**, p. 66-70, 1966.

LEPEKHINA, V. G. Woods of Palaeozoic pycnoxylic gymnosperms with special reference to North Eurasia representatives. **Palaeontogr. Abt. B** 138, 44–106, 1972.

LIMA, E. A. M. & LEITE, J. F. 1978. Projeto estudo global dos recursos minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba: **Integração Geológica-Metalogenética**. Recife, Relatório Técnico, MME/DNPM/CPRM, v.1, 212p.

MARCHIORI, J. N. C. & OLIVEIRA-DEBLE, A. S. Anatomia da madeira na subtribo Baccharinae Less.: Tendências gerais de ordem taxonômica e ecológica. **Balduinia**,

11: 09-15., 2007.

MARTINEZ, L. C. & LUTZ, A. I. New species of Baieroxylon Greguss and Circoporoxylon Krausel, in Rayoso and Huincul Formations (Cretaceous), Neuquen Province, Argentina. **Ameghiniana**, v. 44, n. 3, p. 537-546, 2007.

MCLOUGHLIN, S. New records of leaf galls and arthropod oviposition scars in Permian– Triassic Gondwanan gymnosperms: **Australian Journal of Botany**, v. 59, p. 156–169, 2011.

MCNEILL, J. et al. Código internacional de nomenclatura botânica (código de Viena). **Tradução de Bicudo, CEM & Prado, J. São Paulo: Instituto de Botânica. 181p, 2006.**

MERLOTTI, S. Método de estudo paleoanatômico aplicado à taxonomia de lenhos gimnospérmicos gondvânicos (Paleozóico Superior). **Pesquisas em Geociências**, v. 38, n. 1, p. 29-53, 2011.

NEREGATO, R. et al. New petrified calamitaleans from the Permian of the Parnaíba Basin, central-north Brazil, part II, and phytogeographic implications for late Paleozoic floras. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 237, p. 37-61, 2017.

PANT, D. D. & SINGH, V. K. Xylotomy of some woods from Raniganj Formation (Permian), Raniganj Coalfield, India. **Palaeontogr. Abt. B** 203, 1–82, 1987.

PHILIPPE, M. & BAMFORD, M. K. A key to morphogenera used for Mesozoic conifer-like woods. **Rev. Palaeobot. Palynol.** 148, 184–207, 2008.

PHILIPPE, M. Bois fossiles du Jurassique de Franche-Comté (NE-France). **Palaeontographica Abteilung B**, p. 45-103, 1995.

PHILIPPE, M. Bois fossiles du Jurassique de FrancheComté (nord-est de la France): systématique et biogéography. **Palaeontographica B**, 236:45-103, 1995.

PHILIPPE, M. et al. Greguss's morphogenera of homoxylous fossil woods: a taxonomic and nomenclatural review. **Taxon**, p. 667-676, 1999.

PHILIPPE, M. Nomenclature générique des trachéïdoxyles fossiles mésozoïques à champs araucarioïdes. **Taxon**, v. 42, n. 1, p. 74-80, 1993.

PINHEIRO, E. R. S. et al. First report of feeding traces in Permian Botrychiopsis fronds from Western Gondwana. **Palaios**, 30: 613–619, 2015.

PINHEIRO, E. R. S. et al. Specificity of leaf damage in the Permian —Glossopteris Florall: A quantitative approach. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 174: 113-121, 2012a.

PINTO, C. P. & SAD, J. H. G. Revisão da Estratigrafia da Formação Pedra de Fogo, borda sudoeste da Bacia do Parnaíba. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia. *Anais...*, **SBG**. V. 1, p. 346-358, 1986.

PIRES, E. F. et al. Padrões de crescimento em lenhos gimnospérmicos como indicadores paleoclimáticos na Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional (Permiano) Bacia do Parnaíba, Tocantins, Brasil. **Contribuições à Geografia Física do Estado do Tocantins. Goiânia: Kelps**, p. 113-134, 2011.

PRASAD, M. N. V. An annotated synopsis of Indian Palaeozoic gymnospermous woods. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 38, n. 1-2, p. 119-156, 1982.

PRASAD, M. N. V.; LELE, K. M. Triassic ginkgoalean wood from the South Rewa Gondwana basin, India. **Review of palaeobotany and palynology**, v. 40, n. 4, p. 387-397, 1984.

PRASAD, M.N.V. An annotated synopsis of Indian palaeozoic gymnospermous woods. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 38:119-156, 1982.

PREVEC, R. et al. Portrait of a Gondwanan ecosystem: a new Late Permian fossil locality from KwaZulu–Natal, South Africa: **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 156, p. 454– 493, 2009.

RÖßLER, R. & GALTIER, J. Dernbachia brasiliensis gen. nov. et sp. nov. – a new small tree fern from the Permian of NE Brazil. **Review of Paleobotany and Palynology**, Filadelfia, v.122, p.239-263, 2002.

RÖßLER, R. & GALTIER, J. The first evidence of the fern Botryopteris from the Permian of the Southern Hemisphere reflecting growth form diversity. **Review of Paleobotany and Palynology**, Filadelfia, v.127, p.99-124, 2003.

RÖßLER, R. & NOLL, R. Der permische versteinerte Wald von Araguaina/Brasilien–

Geologie, Taphonomie und Fossilführung. **Veröffentlichungendes Museum für Naturkun de Chemnitz**, v.25, p.5-44, 2002.

RÖßLER, R. Tworemarkable Permian Petrified Forests: correlation, comparisonand significance. In: LUCAS, S.G.; CASSINIS, G.; SCHNEIDER, J.W. (Eds.). Non-Marine Permian Biostratigraphy and Biochronology. Geological Society, **Special Publications**, London, v. 265, v. 39-63, 2006.

SANTOS, M.E.C.M. & CARVALHO, M.S.S. Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís. **CPRM Serviço Geológico do Brasil**, 2009.

SANTOS, T. B. et al. First evidence of seed predation by arthropods from Gondwana and its early Paleozoic history (Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil). **Palaios**, v. 35, n. 7, p. 292-301, 2020.

SEYFULLAH, L. J. et al. Anatomically preserved pteridosperm stems and rachises from Permian floras of China. **International Journal of Plant Sciences**, v. 170, n. 6, p. 814-828, 2009.

SHI, X. et al., Junggaropitys, a new gymnosperm stem from the Middle–Late Triassic of Junggar Basin, Northwest China, and its palaeoecological and palaeoclimatic implications. **Review of palaeobotany and palynology**, v. 223, p. 10-20, 2015.

SLATER, B.J. et al. Animal–plant interactions in a Middle Permian permineralised peat of the Bainmedart Coal Measures, Prince Charles Mountains, Antarctica. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 363–364: 109-126, 2012.

SRIVASTAVA, A. K. Plant–Animal Relationship in the Lower Gondwanas of India: Ninth International Gondwana SymposiumI Hyderabad, **India**, p. 549–555, 1994.

SRIVASTAVA, A.K. & AGNIHOTRI, D. Insect traces on Early Permian plants of India: **Paleontological Journal**, v. 45, p. 200–206, 2011.

SRIVASTAVA, R. & SRIVASTAVA, A.K. Insect herbivory in Gondwana plants: **The Palaeobotanist**, v. 65, p. 131–137, 2016.

SÜß, H. & KELBER, K. P. Eine neue Art der Morphogattung Baieroxylon Greguss

aus dem Keuper von Franken, Deutschland. **Feddes Repertorium**, v. 122, n. 3-4, p. 257-267, 2011.

SÜSS, H. & LIER, W. Das Längenwachstum der Holzfasern und seine Auswirkungen auf den Gewebeverband. **Gleditschia**, v. 13, p. 47-52, 1985.

SÜSS, H. & MÜLLER, L. Ein Stamm-und Wurzelholzfossil der Morphogattung Ginkgoxylpropinquus Savidge aus dem Tertiär der säch-sischen Braunkohle, mit Bemerkungen über die Stellung der Ginkgoales innerhalb der Gymnospermen aus holzanatomischer Sicht. **Geologica Saxonica**, v. 60, n. 3, p. 451-460, 2015.

SÜSS, H. et al. Drei neue fossile Hölzer der Morphogattung Primoginkgoxylon gen. nov. aus der Trias von Kenia. **Feddes Repertorium**, v. 120, n. 5-6, p. 273-292, 2009.

SÜSS, H. Zwei neue fossile Hölzer der Morphogattung Ginkgoxylon Saporta emend. süss aus tertiären Schichten der Insel Lesbos, Griechenland, mit einer Übersicht über Fossilien mit ginkgoaler Holzstruktur. **Feddes Repertorium: Zeitschrift für botanische Taxonomie und Geobotanik**, v. 114, n. 5-6, p. 301-319, 2003.

TAVARES, T. M. V. et al. Petrified Marattiales pinnae from the Lower Permian of North-Western Gondwana (Parnaíba Basin, Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 201, p. 12-28, 2014.

TOCANTINS (Estado). **Lei nº 1.179**, de 04 de outubro de 2000.

TOCANTINS. Naturatins. Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente (Org.). Plano de Manejo. Palmas: Consórcio Oikos / Mrs, 2005. Disponível em: <http://gesto.to.gov.br/uc/44/zoneamento/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

TORRES, T. & PHILIPPE, M. Nuevas especies de Agathoxylon y Baieroxylon del Lías de La Ligua (Chile) con una evaluación del registro paleoxilológico en el Jurásico de Sudamérica. **Revista Geológica de Chile**, 29(2):151-165, 2002.

VERÓN, V. L. et al. Guavirá, a new locality with fossil woods from the Upper Permian Tacuary Formation of Paraguay. Gaea: **Journal of Geoscience**, v. 8, n. 2, p. 67, 2012.

WAN, M. et al. A new *Protophyllocladoxylon* wood from the Induan (Lower Triassic) Jiucaiyuan Formation in the Turpan–Hami Basin, southern Bogda Mountains, northwestern China. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 267, p. 62-72, 2019.

WEI, H. et al. Fungi–plant–arthropods interactions in a new conifer wood from the uppermost Permian of China reveal complex ecological relationships and trophic networks. **Review of palaeobotany and palynology**, v. 271, p. 104100, 2019.