



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

DAISY ALVES OLIVA

ANATOMIA E MORFOLOGIA DE MACROFÓSSEIS VEGETAIS
QUATERNÁRIOS DA FORMAÇÃO BOA VISTA DA BACIA DO TACUTU- RR

FORTALEZA

2022

DAISY ALVES OLIVA

ANATOMIA E MORFOLOGIA DE MACROFÓSSEIS VEGETAIS
QUATERNÁRIOS DA FORMAÇÃO BOA VISTA DA BACIA DO TACUTU- RR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Sedimentar e Paleontologia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Iannuzzi.
Co-orientadora: Prof. Dra. Juliane Marques de Souza.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O41a Oliva, Daisy Alves.
Anatomia e Morfologia de Macrofósseis Vegetais Quaternários da Formação Boa Vista da Bacia Sedimentar do Tacutu-RR / Daisy Alves Oliva. – 2022.
74 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Roberto Iannuzzi.
Coorientação: Profa. Dra. Juliane Marques de Souza.
1. Paleobotânica; . 2. Taxonomia;. 3. Formação Boa Vista;. 4. Bacia do Tacutu;. 5. Quaternário.. I. Título.

CDD 551

DAISY ALVES OLIVA

ANATOMIA E MORFOLOGIA DE MACROFÓSSEIS VEGETAIS
QUATERNÁRIOS FORMAÇÃO BOA VISTA DA BACIA DO TACUTU- RR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Sedimentar e Paleontologia

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Iannuzzi (Orientador)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler

Universidade Federal de Roraima (UFRR)

Prof. Dr. Rodrigo Schütz Rodrigues

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Dra. Juliane Marques de Souza (Co-orientadora)

Universidade Estadual de Roraima (UERR)

A ela que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos, ensinando, educando e incentivando a correr atrás dos meus objetivos, sonhos e acreditando em mim muito mais do que eu mesma, minha mãe Vilauba Alves Oliva (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia pela oportunidade de cursar o mestrado, à Professora Cynthia Romariz pelo cuidado e paciência e a todos os professores do PPG-Geo que de alguma forma contribuíram para a minha caminhada.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), que concedeu uma bolsa de auxílio estudantil.

Ao Laboratório de Processamento de amostras e Coleção de rochas e fósseis da Universidade Estadual de Roraima, pela infraestrutura para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Laboratório de Plasma e Espectroscopia Atômica (Lapea) da Universidade Federal de Roraima e ao Professor Eliel Eleuterio Farias pelas análises feitas em parte das amostras e a paciência de me ensinar a utilizar o programa.

Ao Laboratório de Raios-X do Centro Analítico da Universidade Federal do Ceará, e ao meu amigo o Geólogo Joel Pedrosa que “desenrolou” as análises e me ajudou na interpretação.

Ao professor Roberto Iannuzzi pelo desafio da orientação à distância e pela confiança para que desse certo.

À professora Juliane Marques de Souza por mais esse desafio que foi a minha co-orientação, pela amizade, carinho e cuidado...e pela compreensão nos momentos difíceis que passei nessa trajetória do mestrado.

Ao meu pai Elder José de Brito Oliva, por sempre me incentivar a continuar e à minha irmã Lysia Alves Oliva, obrigada.

Aos meus tios Dedé e Marilene, por me acolherem em sua casa no período que fiquei em Fortaleza e a minha prima Yana (yaya) que me “deu” o quarto dela.

Às amigas que fiz no PPG- Geo, Janiele, Aline, Katia, Samara, Raiany, Lucieny e Camila, que fizeram essa caminhada ser mais suave com as conversas e risadas, provavelmente vou esquecer de muitas pessoas, mas sou grata a cada uma das pessoas que tive a oportunidade de conviver na UFC.

À Adriana pela amizade de anos, que começou na graduação e continua na pós-graduação, apesar de uma querer matar a outra de vez em quando.

E, por último, mas não menos importante, aos professores que fazem parte do Laboratório de Turismo, Ecologia e Meio Ambiente- Labtema, pelas conversas, amizade e conselhos.

RESUMO

A Bacia do Tacutuestá localizada na região central do Escudo das Guianas, norte do Cráton Amazônico. Sua origem está relacionada à abertura do Oceano Atlântico Norte e Central, ocorrida no final do Jurássico tardio e no início do Cretáceo precoce. A Formação Boa Vista, unidade estratigráfica deste estudo, recobre quase totalmente a região do Graben do Tacutu, e tem sua idade atribuída ao intervalo entre o final do Pleistoceno e Holoceno. Os macrofósseis vegetais (folhas) estudados estão preservados como impressões/compressões, e foram coletados junto aos depósitos desta formação, envoltos em “pelotas” de argila. O material encontrava-se “rolado”, fora dos estratos em que ocorreu sua deposição inicial, sendo necessária, portanto, a realização de análises que permitissem confirmar seu posicionamento estratigráfico. Deste modo, o presente estudo teve como objetivos: (i) descrever, morfológica e anatomicamente, e identificar taxonomicamente dos macrofósseis vegetais, além (ii) de elaborar um banco de dados sobre os fósseis e (iii) tentar posicionar estratigraficamente os macrofósseis estudados. Foram feitas análises morfológicas utilizando arquitetura foliar e anatômica usando arquitetura estomática e descrição cuticular para possível identificação, além de análises químicas e mineralógicas para determinar o posicionamento estratigráfico dos fósseis. Taxonomicamente, identificaram-se representantes dos gêneros *Byrsonima* Rich. ex Kunth, *Psidium* L. e *Zanthoxylum* L., e da família Dilleniaceae Salisb. Os espécimes não identificados foram agrupados em cinco morfotipos. Os táxons determinados representam elementos típicos da formação savânica de Roraima, denominada como “lavrado”. Os resultados obtidos no LIBS e no DRX indicaram que as amostras analisadas são compatíveis as amostras provenientes da Formação Boa Vista, podendo inferir que fazem parte da mesma unidade estratigráfica. Por fim, os caracteres anatômico-cuticulares das folhas indicaram a dominância de plantas xeromórficas, similar ao que é visto atualmente nas espécies no “lavrado”, sugerindo que as mesmas condições climático-ambientais existiram em Roraima durante o Quaternário.

Palavras-Chave: Paleobotânica; taxonomia; Formação Boa Vista; Bacia do Tacutu; Quaternário.

ABSTRACT

The Takutu Basin is located in the central region of the Guiana Shield, north of the Amazonian Craton. Its origin is related to the opening of the North and Central Atlantic Ocean (late Jurassic – early Cretaceous). Boa Vista Formation, stratigraphic unit of this research, almost completely covers the Takutu Graben region and has its age attributed to the interval Late Pleistocene-Holocene. The plant macrofossils (leaves) which are preserved as impressions/compressions were collected along the deposits of this formation, wrapped in clay “pellets”. The material was “rolled”, outside their original strata, making it necessary, therefore, to carry out analyzes that allowed inferring its stratigraphic positioning. Thus, the present study aimed to (i) describe, morphologically and anatomically, and taxonomically identify plant macrofossils, in addition to (ii) create a database on fossils and (iii) try to stratigraphically position the macrofossils studied. Morphological analysis was performed using leaf architecture and anatomical analysis by using stomatal architecture and cuticular description for possible identification, in addition to chemical and mineralogical analysis to determine the stratigraphic positioning of fossils. Representatives of the following genera were identified: *Byrsonima* Rich. ex Kunth, *Psidium* L. and *Zanthoxylum* L. and from the family Dilleniaceae Salisb. Unidentified specimens were grouped into five morphotypes. The determined taxa represent typical elements of the savanna formation of Roraima, called “lavrado”. The results obtained in Libs and in the DRX indicated that the analyzed samples are compatible with samples from Boa Vista Formation, which can be inferred that they are part of the same stratigraphic unit. Finally, the anatomical-cuticular characters of the leaves indicated the dominance of xeromorphic plants, similar to what is currently seen in the species in the “lavrado”, suggesting that the same climatic-environmental conditions existed in Roraima during the Quaternary.

Keywords: Paleobotany; taxonomy; Boa Vista Formation; Takutu Basin; Quaternary.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01-	Mapa da Bacia do Tacutu e pontos de coleta.....	14
Figura 02-	Ilustrações de terminologias especializadas para estômatos e células subsidiárias usadas.....	19
Figura 03-	Tipos de estômatos importantes para as angiospermas basais.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCU	Coleção Científica da UERR
DRX	Difração de Raio-X
LaPEA	Laboratório de Plasma e Espectroscopia Atômica
LIBS	<i>Laser-Induced Breakdown Spectroscopy</i>
UERR	Universidade Estadual de Roraima
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRR	Universidade Federal de Roraima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Objetivos.....	13
1.1.2	Objetivo Geral.....	13
1.1.3	Objetivos Específicos.....	13
2	Contexto Geológico da Bacia do Tacutu.....	13
2.1	Formação Boa Vista.....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1	Material estudado.....	17
3.2	Análise Morfológica.....	18
3.3	Análise Anatômica.....	19
3.4	Análise química e mineralógica.....	21
3.5	Banco de dados.....	23
4	Artigo.....	24
5	Considerações Finais.....	71
	REFERÊNCIAS.....	72

1 INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados à paleobotânica no estado de Roraima são ainda recentes, o que resulta em um conhecimento incipiente, com poucas informações sobre a evolução da flora da região. Dentre eles, podemos destacar as pesquisas de Souza et al. (2009), que registraram a ocorrência de troncos fossilizados, e Dos Santos et al. (2016), na qual se registrou a presença de *charcoal* e se sugeriu que a região onde está localizada a Bacia do Tacutu passou por incêndio florestal durante o Cretáceo precoce. Esses estudos foram realizados com fósseis recuperados das formações Tacutu e Serra do Tucano, do Cretáceo Inferior da Bacia do Tacutu.

No Cenozóico da Bacia do Tacutu, a unidade estratigráfica com potencial fitofossilífero é a Formação Boa Vista. Em 2018, foi publicado um trabalho por Marques-de-Souza et al. (2018), onde foram registrados dois espécimes de folhas fósseis mumificadas, que foram encontradas roladas às margens do rio Tacutu. Wankler e Marques-de-Souza (2018) sugeriram a Formação Boa Vista como unidade de origem desses fósseis, após primeiras análises confirmarem uma similaridade mineralógica e química entre a matriz do material fóssil coletado e amostras de rocha provenientes dos depósitos da Formação Boa Vista. Em estudo mais recente, Oliveira (2020) descreveu fragmentos de carvão recuperados da Formação Boa Vista atribuindo-lhes o intervalo de idade Pleistoceno tardio-Holoceno. Todos os depósitos sedimentares analisados por Oliveira (2020) estão geograficamente distantes da localidade em que os macrofósseis foram recuperados, objeto de estudo dessa pesquisa.

Neste cenário, um volume muito maior de pesquisas é necessário para ampliar o conhecimento paleobotânico do estado de Roraima e, em especial, dos fósseis provenientes do Cenozóico da Bacia do Tacutu. Pesquisas realizadas com fósseis quaternários, associadas a dados palinológicos, podem trazer informações relevantes sobre as condições paleoclimáticas, paleofitogeográficas e paleoecológicas relacionadas à evolução e surgimento dos biomas brasileiros nos últimos milhares de anos (Cardoso, 2007; Sousa e Silva, 2013; Pereira e Carvalho, 2015). A construção de um banco de dados com informações descritivas dos espécimes de folhas fósseis

de angiospermas, como sugerido por Wilf (2008), pode ser a primeira etapa de um processo mais efetivo para tipificar/classificar os táxons a partir destes órgãos.

1.1 Objetivos

1.1.2 Objetivo Geral

Realizar o estudo taxonômico dos fósseis vegetais Cenozóicos, encontrados nas margens do Rio Tacutu e pertencentes à Bacia do Tacutu, estado de Roraima, por meio de análises morfológicas e anatômicas.

1.1.3 Objetivos Específicos

- Descrever os macrofósseis vegetais (folhas) coletados morfológica e anatomicamente;
- Realizar a Identificação taxonômica dos macrofósseis vegetais coletados;
- Fazer um banco de dados dos fósseis vegetais fragmentados, coletados na Bacia do Tacutu;
- Tentar posicionar estratigraficamente os macrofósseis estudados.

2 Contexto Geológico da Bacia do Tacutu

A Bacia do Tacutu, ou como é denominada na Guiana, a *North Savannas Rift Valley*, está localizada na região central do Escudo das Guianas, norte do Cráton Amazônico (Costa e Falcão 2011), e está implantada sobre a faixa Maroni-Itacaiúnas (Tassinari e Macambira, 1999), formada durante o Ciclo Orogênico Transamazônico (2.1 -1,8 Ga). Com uma extensão de cerca de 300 km de comprimento e variando entre 30 e 50 km de largura, ela se estende do Brasil à República Federativa da Guiana (Figura 1). A origem da bacia está relacionada à abertura do Oceano Atlântico Norte e Central (Burke, 1976), que se deu no final do Jurássico tardio e no início do Cretáceo precoce, quando anisotropias antigas do seu arcabouço foram reativadas e resultaram na formação de falhas de caráter extensional, orientadas em NE-SW e NW-SE subordinadas (Crawford, Szelewski e Alvey, 1985; Costa et al., 1991).

A Bacia do Tacutu está dividida em sete unidades estratigráficas que se depositam sobre o embasamento cristalino do Grupo Surumu. Segundo Vaz et al. (2007), o preenchimento da Bacia do Tacutu pode ser dividido em duas fases: Rift ativo e Rift passivo. A fase Rift ativo teve início com derrames de lavas subaquosas, que possibilitaram o aparecimento da Formação Apoteri (Jurássico precoce-médio), a maior parte do seu depósito é constituído por basalto, resultado de sucessivos derrames, sendo encontrados alguns depósitos sedimentares, que estão intercalados com o basalto (Eiras e Kinoshita, 1990). Ainda nesta fase, deu-se início a sequência sedimentar da bacia por meio da deposição de folhelhos e siltitos da Formação Manari, tendo como idade início para a deposição o Jurássico tardio (Crawford *et al.* 1985).

Na fase Rift passivo, ocorreu o desenvolvimento de atividades de falhas na borda da bacia e deposições, em condições áridas, de materiais do tipo fanconglomerados de borda, mas também folhelhos, siltitos, hilalitas e carbonatos, em lagos, dando origem à Formação Pirara, no intervalo entre o Jurássico tardio e o final do Cretáceo (com idade inferida para o Jurássico tardio). Com a mudança de sedimentação, ocorreu a deposição de camadas vermelhas da Formação Tacutu e, logo em seguida, as camadas de arenitos pertencentes à Formação Serra do Tucano, ambas representando depósitos sedimentares do Cretáceo precoce (Vaz et al., 2007).

Com idade inferida para o Pleistoceno precoce, a Formação Boa Vista é formada por areias, siltitos arenosos, argilas e conglomerados (Latrubesse e Nelson, 2001). Teve sua sedimentação atribuída a reativação de estruturas regionais, e recobre discordantemente as Formações Serra do Tucano, Tacutu e Apoteri. Por fim, a Formação Areias Brancas (Holoceno) constitui-se de um retrabalhamento eólico da sedimentação da Formação Boa Vista (Vaz, et al., 2007).

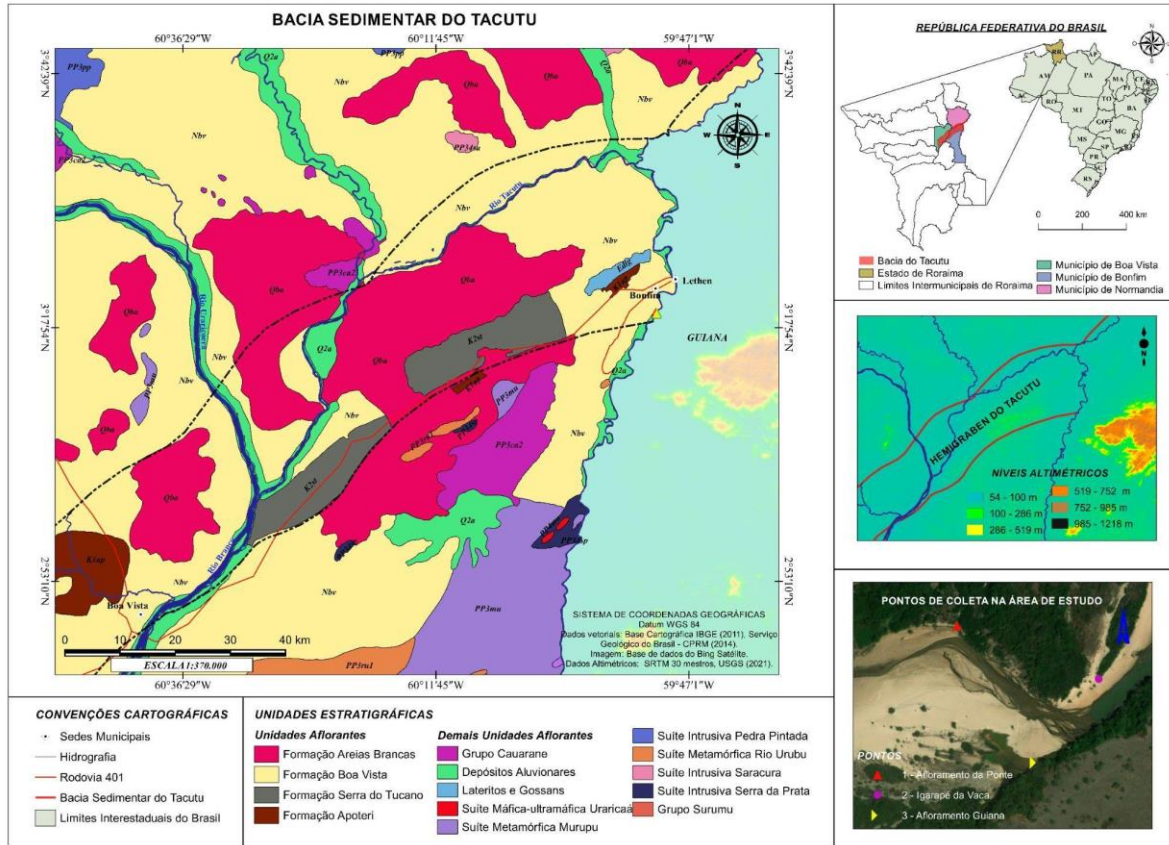


Figura 01: Localização, extensão e mapa geológico da Bacia do Tacutu, além dos pontos de coleta do material fóssil estudado (canto inferior direito).

2.1 Formação Boa Vista

A Formação Boa Vista, que recobre quase totalmente a região do Graben do Tacutu (Eiras e Kinoshida, 1990), é a penúltima unidade estratigráfica descrita para a bacia e tem sua deposição atribuída ao intervalo Pleistoceno-Holoceno (Oliveira, 2020). Essa unidade ocorre com uma acentuada discordância sobre o conjunto vulcano-sedimentar mesozóico do Graben do Tacutu (Eiras et al., 1994).

Menezes et al. (2020) a descreveu como uma unidade sedimentar relativamente rasa, cuja espessura muda de acordo com a conformação do embasamento, variando entre 15 a 120 metros, sendo constituída por duas sucessões sedimentares semi-consolidadas, uma inferior, composta por cascalhos com grãos de tamanhos variando entre grânulo a matacão, e a superior, composta por areias ferruginosas, levemente conglomeráticas.

A deposição da sucessão sedimentar inferior teria sido fortemente controlada pela estruturação do hemigráben Tacutu, em sua última fase tectonicamente ativa,

quando movimentos transcorrentes e compressivos ocorreram em resposta às interações das placas do Caribe e da América do Sul, invertendo e soerguendo as unidades sedimentares mesozóicas, as quais serviram de área-fonte dos sedimentos cascalhosos que constituem essa sucessão (Menezes et al. 2020).

A deposição da sucessão superior teria sido efetivada após o término da fase ativa e teria se estruturado a partir da instalação de uma planície aluvial de baixo gradiente, formada a partir do fronte sul das montanhas Marari-Memória. A paisagem passou a ser exposta ao intemperismo, formando um sistema fluvial entrelaçado de barra arenosa distributária, transportando os sedimentos finos que se depositaram por todo o domínio fisiográfico que hoje compõe a Formação Boa Vista, resultando no extenso pediplano que caracteriza a região centro-noroeste do estado de Roraima (Menezes et al. 2020).

Até meados de 2018, a Formação Boa Vista era considerada afossilífera. O primeiro registro da possível ocorrência de fósseis nessa unidade estratigráfica foi reportado por Marques-de-Souza et al. (2018) e Wankler e Marques-de-Souza (2018). Recentemente, Oliveira (2020) registrou e descreveu fragmentos de carvão vegetal como indicadores de paleoincêndios ambientais, provenientes da Formação Boa Vista.

No mesmo estudo, Oliveira indicou que as datações por Luminescência Opticamente Estimada (LOE) e por ^{14}C realizadas com o material apontaram para a deposição desta unidade estratigráfica no intervalo Pleistoceno tardio-Holoceno.

Oliveira analisou por LOE amostras de três depósitos sedimentares distintos, sendo eles: Trincheira, Cidade Satélite e Pedreira. Do afloramento Trincheira foram analisadas amostras de dois perfis distintos, sendo as idades obtidas no intervalo de 2.700 ± 1.0 e 4.400 ± 200 Ka, para o perfil 1, e no intervalo de 36.600 ± 3.1 e 6.700 ± 400 Ka, para o perfil 2. No perfil do depósito Pedreira, o intervalo de idade obtido foi de 105.200 ± 4.3 e 3.200 ± 300 Ka. Por fim, as análises das amostras do depósito Cidade Satélite indicou um intervalo de 98.100 ± 6.4 e 14.500 ± 700 Ka (Oliveira, 2020).

As análises de ^{14}C do estudo de Oliveira (2020) foram realizadas em amostras de carvão recuperadas dos afloramentos Pedreira e Cidade Satélite, cujos resultados apontaram para ocorrência de incêndios florestais no Holoceno, a 4.820 ± 70 anos cal AP e 3.200 ± 70 anos cal AP, respectivamente.

A Formação Boa Vista é recoberta por uma vegetação denominada, localmente, como lavrado (equivalente a uma savana), a qual é constituída por gramíneas e ciperáceas, em áreas abertas, acrescido em outros tipos de plantas, em áreas de vegetações mais fechadas, onde contém espécies arbustivas e arbóreas. O lavrado também é formado por uma intrigada rede de ilhas de matas, distribuídas por buritizais que ficam à beira dos igarapés que fazem parte do sistema de drenagem do lavrado, ou associados à paleocanais (Morais e Carvalho, 2015; Barbosa e Miranda, 2004).

Barbosa e Miranda (2004) apresentaram quatro subtipos de savanas (lavrados) encontrados no Graben do Tacutu e apontaram quais espécies ou gêneros podem ser comumente encontrados em cada um deles, são: i) Savana estépica arbórea densa – gêneros *Aspindosperma*, *Tabebuia*, *Mimosa*, *Piptadenia* e *Cassia*, entre outros; ii) Savana arbórea aberta – gêneros *Aristida* e *Trachypogon*; iii) Savana estépica parque – espécies *Curatella americana* L. *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K., *Himatanthus articulatus* (Vahl.) Wood. e *Bowdichia virgilioides* Kunth; iv) Savana estépica graminosa – espécie *Mauriata flexuosa* L.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material estudado

Os fósseis vegetais coletados estão preservados como impressões e compressões, inseridas em “pelotas” (= clastos) de argila que se apresentam pouco consolidadas. Depositadas no canal do rio Tacutu, as “pelotas” foram localizadas “roladas”, fora do estrato/horizonte em que ocorreu sua deposição inicial.

As amostras coletadas foram submetidas à preparação mecânica seguindo os métodos clássicos de preparação em paleobotânica (Dutra, 2002). Várias ferramentas foram usadas para essa preparação, tais como, pincel, bisturi, agulha histológica,

estilete e sonda exploradora odontológica, que serviram para retirada do excesso de sedimento que recobria o material. As amostras encontram-se depositadas na Coleção Científica da Universidade Estadual de Roraima (UERR), e estão tombadas no Laboratório de Processamento de Amostra e Coleção de Rochas e Fósseis sob a sigla CCU.

As análises das amostras foram divididas em duas etapas, onde a primeira teve como foco a análise morfológica e a segunda a análise anatômica.

3.2 Análise Morfológica

Para análise morfológica foi utilizada a “Arquitetura Foliar”, conforme método desenvolvido por Hickey (1973) Ash et al. (1999) e Ellis et al. (2009), para descrição e identificação de folhas de angiospermas modernas, também usado em estudos com folhas fósseis.

O primeiro passo para a realização da análise morfológica foi o agrupamento das amostras por morfotipos, onde as que apresentavam características semelhantes foram reunidas em um mesmo morfotipo. Após esse processo, as amostras foram analisadas e descritas com o auxílio da ficha de descrição dos espécimes, tal como elaborada por Ellis et al. (2009), onde se consideram características foliares (tamanho da lâmina foliar, padrão de venação, margem foliar, entre outras), com vistas a uma posterior identificação taxonômica. Nesse processo de análise e descrição das folhas foi usado estéreo-microscópio *Leica* ES2, paquímetro *Marberg* digital 300 mm-12” e o software livre *ImageJ* para conferência das medidas que foram encontradas com o paquímetro. Todas as medições foram feitas em milímetros, exceto a da lâmina foliar em que foi utilizado mm². O material foi fotografado com a câmera fotográfica *Canon* reflex 60D, lente 50 mm e filtros close-up associados. A partir das fotografias foram elaborados desenhos no programa *Inkscape*.

A identificação taxonômica do material foi feita partir da consulta de distintos herbários virtuais, como o Re flora Brasil 2020, *New York Botanical Garden* e herbários locais, como o da Universidade Federal de Roraima- UFRR e o herbário do Museu Integrado de Roraima- MIRR. Para aproximação inicial com famílias botânicas, foram utilizados os trabalhos de Melo e Barbosa (2007) e Meneses et al. (2015) que trazem

listas de famílias e espécies presentes no lavrado em Roraima e a base de dados do Flora Brasil (2020).

3.3 Análise Anatômica

A análise das feições anatômicas foi feita a partir da observação e descrição de cutículas encontradas nas amostras. Teve como objetivo a observação dos estômatos, tricomas e feições epidérmicas para o auxílio na identificação taxonômica dos fitofósseis.

Para o processamento das cutículas utilizou-se a técnica chamada de “maceração química” (Dutra, 2002), que consiste no branqueamento da cutícula para posterior coloração com azul de metileno e, assim, tornar possível a observação dos estômatos, tricomas e células da epiderme. Para realização desta técnica foi necessário destacar a folha mumificada (material orgânico preservado) da matriz mineral, onde ela se encontrava inserida/aderida, foi feito com auxílio de agulha histológica e pinça. Após a separação do material da matriz mineral, ele foi submetido ao tratamento com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 20%, lavado com água destilada por cerca de 10 vezes, para retirada do H_2O_2 , e corado com azul de metileno, desidratado com álcool absoluto e, posteriormente, fixado em uma lâmina, por meio de bálsamo do Canadá (Dutra, 2002). Alguns espécimes, devido sua fragilidade, não resistiram à maceração química e, portanto, foram fixados em lâmina com Entelan e observados em microscopia de fluorescência dos modelos *Olympus* BX51 e BX61, com câmera acoplada *Olympus* DP71, no Laboratório de Palinologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS.

Para a identificação dos estômatos foram utilizados os critérios propostos por Dilcher (1974) e Carpenter (2005). Em sua proposta, Carpenter (2005) apresentou feições (Figura 2) que podem ser analisadas nos diferentes tipos de aparelhos estomáticos (Figura 3): (1) número total de células de contato, entra nessa contagem todos os tipos de células que estão em contato direto com o estômato (= abertura + células guarda), sendo especializadas ou não (células subsidiárias estão incluídas); (2) presença ou ausência das células subsidiárias laterais; (3) presença ou ausência das células subsidiárias polares (no caso de presença, estas são encontradas nos polos dos estômatos); (4) presença ou ausência de células especializadas sem

contato; (5) orientação das paredes das células de contato, podendo ser orientação radial (Figura 2B), com as células de contato arranjadas em tipo raio, ou orientação bilateral ou biradial (Figura 2B), com as células polares encontrando-se perpendiculares aos poros estomáticos.

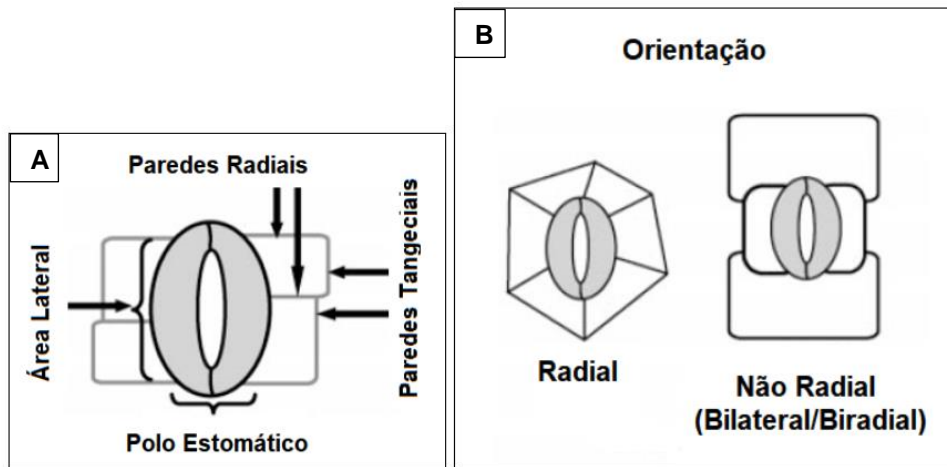


Figura 2: A e B São ilustrações de terminologias especializadas para estômatos e células subsidiárias usadas. A - Um complexo estomático com setas indicando as posições das paredes radiais e tangenciais e áreas laterais e polares. B- Dois complexos estomáticos que ilustram a diferença entre a orientação radial e não radial das paredes das células de contato. Traduzido de Carpenter (2005).

Por sua vez, Dilcher (1974) em seu trabalho, além de usar estômatos para a identificação, utilizou também tricomas e características da epiderme foliar. Dentre os critérios analíticos propostos por Dilcher considerou-se: (i) forma e arranjo das células; (ii) padrão da parede celular e tipo de ondulação; (iii) a presença e tipo de ornamentação celular.

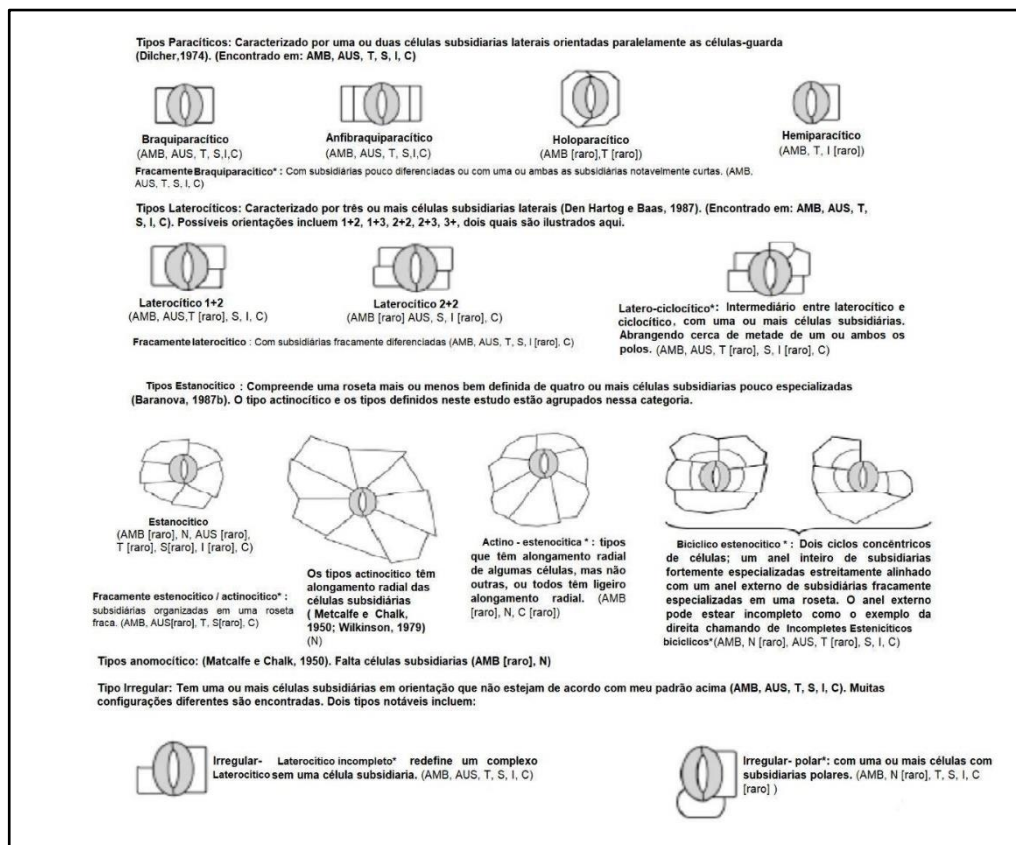


Figura 3: Tipos de estômatos importantes para as angiospermas. Os diagramas mostram os estomas (par de células-guardas e poros) e as células subsidiárias. Distribuições dos diferentes tipos de estômatos nas famílias estão listadas e entre parênteses. Legenda das famílias: AMB = Amborellaceae; AUS = Austrobaileyales; C = Chloranthaceae; I = Illiciaceae; N = Nymphaeales; S = Schisandraceae; T = Trimeniaceae. Traduzido de Carpenter (2005).

3.4 Análise química e mineralógica

Tendo em vista que os fósseis foram encontrados “rolados”, foi necessário recorrer a técnicas de análise que permitissem vincular o material coletado a uma camada ou depósito sedimentar. Para tal, optou-se pela utilização da Difração de Raios-X (DRX) e do *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS), por se tratarem de técnicas disponíveis em instituições do estado de Roraima e no Centro Analítico da Universidade Federal do Ceará (UFC). Além disso, deve-se destacar que o DRX é um método viável, haja visto que na maior parte dos sólidos, os átomos se organizam nos planos cristalinos, com uma distância da mesma ordem de grandeza dos comprimentos de ondas dos raios-x (ALBERS *et al.*, 2002). Em outras palavras, com essa organização dos cristais, quando as ondas de raios-x os atingem, elas não sofrem alteração em seu comprimento, sendo assim possível identificar os elementos que compõem a rocha. Já o LIBS é “uma tecnologia de análise qualitativa de

substâncias que emprega a luz, ou melhor, as propriedades da interação da luz com a matéria, presentes em um micro plasma formado pela incidência de laser de pulso curto na superfície de uma amostra” (Gama et al., p.563, 2016). Sendo um método mais preciso de análise, ele foi usado para complementar os resultados obtidos pelo DRX.

Para a aplicação das análises, foi retirada uma amostra de rocha de um afloramento da Formação Boa Vista, próximo ao local em que são encontrados os fósseis. Considerou-se, para escolha do afloramento: (i) a posição do afloramento a montante do local de coletas das amostras “roladas”; (ii) a tipologia meandrante que o canal fluvial assume naquele local, coletando-se assim a amostra da margem erodida; as características tafonômicas e mineralógicas dos clastos argilosos fossilíferos (angulosos e semi-consolidados), buscando-se deste modo, coletar apenas nas camadas do afloramento que continham fácies similares às encontradas nos clastos. Já as amostras dos clastos fossilíferos foram divididas em duas partes, uma parte foi usada na análise de DRX e a outra no LIBS.

O DRX foi usado para realizar a análise mineralógica dos materiais e assim identificar os minerais que compõem cada uma das amostras, por meio de interpretações tanto quantitativas como qualitativas; ao final, os dados obtidos foram cruzados para a obtenção dos resultados. O material para DRX foi enviado para o Laboratório de Raios-X do Centro Analítico da UFC. Para a realização da análise, as amostras de rochas foram maceradas com a ajuda de um almofariz e pistilo de cerâmica, peneiradas a 200 mesh e levadas para serem processadas no equipamento RIGAKU DMAXB, utilizando o método pó, por meio dos seguintes passos operacionais: radiação Cu K α (30kV/40mA), leitura de 2 θ , variando de 3 a 50°, com o passo de 0,02° a cada 0,5.

As amostras para análise no LIBS foram encaminhadas à Universidade Federal de Roraima (UFRR), para serem processadas no Departamento de Física, pelo Laboratório de Plasma e Espectroscopia Atômica (LaPEA). A análise é realizada por um canhão de luz (laser) e uma “caixa” escura, com uma plataforma móvel. O material é depositado na plataforma e alinhado com o laser por meio de um *joystick*, para que a luz atinja a amostra e forme o plasma que contém as informações sobre o material

em análise. Após esse procedimento foi usado o *software* livre *LTB Sophi* para a interpretação dos resultados.

3.5 Banco de dados

Como foi mencionado por Wilf (2008), os paleobotânicos se deparam com dificuldades em suas pesquisas, pois os materiais muitas vezes são encontrados bem fragmentados ou, quando em bom estado de preservação, por vezes são amostras únicas. Com isso surge a necessidade de um banco de dados, onde se possa incluir parâmetros da arquitetura e anatomia foliar para contribuir na identificação das folhas fósseis como um todo. Para o autor, esse procedimento traz mais contribuições ao campo de conhecimento do que a determinação taxonômica a partir de espécimes incompletos.

Para Campos et al. (2008), o banco de dados é “uma coleção logicamente coerente com um significado particular”, o que aqui foi feito em relação aos fósseis que estavam depositados da coleção científica do Laboratório de Processamento de Amostra e Coleção de Rochas e Fósseis da UERR. Estes autores também dizem que o principal objetivo deste procedimento é de manter uma organização no “seu banco de dados”. Para essa organização foi usado como referência o trabalho de Eliis et al. (2009) e de Dilcher (1974), que foi aplicado para o estudo de angiospermas.

Para a montagem do banco de dados foi usado o programa *Access 2016* da *Microsoft*, e os parâmetros utilizados foram os mesmos aplicados na descrição morfológica e anatômica do material.

4 Artigo

PRIMEIROS REGISTROS DE MACROFÓSSEIS VEGETAIS DA FORMAÇÃO BOA VISTA, BACIA DO TACUTU, RORAIMA.

DAISY ALVES OLIVA

Programa de Pós-Graduação em Geologia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará,

Av. Humberto Monte, s/n, Campus do Pici, 60455-760, Fortaleza, CE, Brasil.

daisy_oliva@hotmail.com

JULIANE MARQUES-DE-SOUZA

Universidade Estadual de Roraima

Rua 7 de Setembro, 231, Campus Canarinho, 69306-530, Boa Vista, RR, Brasil.

juliane.marques.souza@uerr.edu.br

ROBERTO IANNUZZI

Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do

Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

roberto.iannuzzi@ufrgs.br

ABSTRACT- Recently, leaf fossils are preserved as impressions and compressions, wrapped in clay “pellets”, were collected in the banks of fluvial channel of the Tacutu River, in state of Roraima, north of Brazil. The present study aimed to (i) describe morphologically and anatomically, and taxonomically identify plant macrofossils, and (ii) determinate the stratigraphic position of these macrofossils. Thus, morphological and anatomical analyzes were carried out to describe the plant fossils, in addition to chemical and mineralogical analyzes for correlation studies and determination of their stratigraphic positioning. For morphological analysis, the leaf architecture was used, and for anatomical analysis, the stomatal architecture, trichomes and epidermis cells. In the analysis of the chemical and mineralogical composition of the samples, the techniques of X-Ray Diffraction (XRD) and Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) were applied. As a result of the analysis of

the fossils, representatives of the genera *Byrsonima* Rich. ex Kunth, *Psidium* L. and *Zanthoxylum* L., and from the family Dilleniaceae Salisb were identified. Unidentified specimens were grouped into seven morphotypes. The results obtained in LIBS and in the DRX indicated that the analyzed samples are compatible with samples from the Boa Vista Formation, which allow us to infer that they are part of the same stratigraphic unit. The Boa Vista Formation is the penultimate stratigraphic unit described for the Tacutu basin and considering the absolute ages obtained by C14radiocarbon and LOE techniques, it span from the latest Pleistocene to Holocene. Finally, the anatomical-cuticular characters of the mummified leaves indicated the dominance of xeromorphic plants similar to the predominant woody species that live in the “lavrado” nowadays, suggesting that the same climatic-environmental conditions existed in Roraima during the Quaternary.

Key words: Fossil leaves; leaf architecture; cuticular anatomy; Boa Vista Formation; Tacutu Basin; Quaternary.

RESUMO- Recentemente, folhas fósseis, preservadas como impressões e compressões, envoltas em “pelotas” de argila, foram coletadas no canal fluvial do rio Tacutu, em Roraima. O presente estudo teve como objetivos (i) descrever, morfológica e anatomicamente, e identificar taxonomicamente os macrofósseis vegetais coletados, e (ii) posicionar estratigraficamente esses macrofósseis. Deste modo, foram feitas análises morfológicas e anatômicas para a descrição dos fósseis vegetais, além de análises químicas e mineralógicas para estudos de correlação e determinação do seu posicionamento estratigráfico. Para análise morfológica, utilizou-se a arquitetura foliar, e para análise anatômica, a arquitetura estomática, tricomas e células da epiderme. Nas análises da composição química e mineralógica das amostras foram utilizadas as técnicas de Difração de Raio-X (DRX) e o *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS). Como resultado da análise dos fósseis, foram identificadas representantes dos seguintes gêneros: *Byrsonima* Rich. ex Kunth, *Psidium* L. e

Zanthoxylum L. e da família Dilleniaceae Salisb. Os espécimes não identificados foram agrupados em sete morfotipos. Os táxons determinados representam elementos típicos da formação savânica de Roraima, denominada como “lavrado”. Os resultados obtidos no LIBS e no DRX indicaram que as amostras analisadas são compatíveis a amostras provenientes da Formação Boa Vista, podendo inferir que fazem parte da mesma unidade estratigráfica. A Formação Boa Vista é a penúltima unidade estratigráfica descrita para a bacia do Tacutu e tem sua idade atribuída, por técnicas de datação absoluta, ao intervalo entre o final do Pleistoceno e Holoceno. Por fim, os caracteres anatômico-cuticulares das folhas mumificadas indicaram a dominância de plantas xeromórficas similares às espécies lenhosas predominantes no “lavrado” atualmente, sugerindo assim que as mesmas condições climático-ambientais existiram em Roraima durante o Quaternário.

Palavras-Chave: Folhas fósseis; Arquitetura foliar; Anatomia cuticular; Formação Boa Vista; Bacia do Tacutu; Quaternário.

INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados à paleobotânica no estado de Roraima são recentes, o que resulta em um conhecimento ainda incipiente sobre a paleoflora da região. Dentre eles, podemos destacar as pesquisas de Souza et al. (2009), que registraram a ocorrência de troncos fossilizados, e Dos Santos et al. (2016), que registraram a presença de *charcoal*, sugerindo que a região onde está localizada a Bacia do Tacutu passou por incêndio florestal durante o Cretáceo precoce. Ambos estudos foram realizados com fósseis recuperados das formações Tacutu e Serra do Tucano, do Cretáceo Inferior da Bacia do Tacutu.

No Cenozóico da Bacia do Tacutu, a unidade estratigráfica com potencial fitofossilífero é a Formação Boa Vista. Em 2018, foi publicado um trabalho por Marques-de-Souza et al. (2018), onde foram registrados dois espécimes de folhas fósseis mumificadas, que foram encontradas roladas às margens do rio Tacutu. Wankler & Marques-de-Souza (2018)

sugeriram a Formação Boa Vista como unidade de origem desses fósseis, após primeiras análises que mostraram haver similaridade mineralógica e química entre a matriz do material coletado e as amostras provenientes dos depósitos da Formação Boa Vista. Em estudo mais recente, Oliveira (2020) descreveu fragmentos de carvão recuperados da Formação Boa Vista, atribuindo-lhes, por meio de idade radiocarbono e LOE, o intervalo de idade Pleistoceno tardio-Holoceno. Todos os depósitos sedimentares analisados por Oliveira (2020) estão geograficamente distantes da localidade em que os macrofósseis foram recuperados, objeto de estudo da presente contribuição.

Neste cenário, um volume maior de pesquisas é necessário para ampliar o conhecimento paleobotânico do estado de Roraima e, em especial, dos registros provenientes do Cenozóico da Bacia do Tacutu. Pesquisas realizadas com fósseis quaternários, associadas a dados palinológicos, podem trazer informações relevantes sobre as condições paleoclimáticas, paleofitogeográficas e paleoecológicas relacionadas à evolução e surgimento dos biomas brasileiros nos últimos milhares de anos (Cardoso, 2007; Sousa & Silva, 2013; Pereira & Carvalho, 2015).

O objetivo deste trabalho é apresentar novos registros, bem como discutir a taxonomia e anatomia das folhas fósseis encontradas, bem como determinar a proveniência dos mesmos e atribuir uma idade relativa ao material estudado.

GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

Bacia do Tacutu

A área de estudo está localizada na Bacia do Tacutu, a qual se distribui entre Brasil, estado de Roraima, e a República Federativa da Guiana (Figura 01). A Bacia do Tacutu, ou como é denominada na Guiana, *North Savannas Rifte Valley*, está localizada na região central do Escudo das Guianas, norte do Cráton Amazônico (Costa & Falcão 2011), e está implantada sobre a faixa Maroni-Itacaiúnas (Tassinari; Macambira, 1999), formada durante o Ciclo

Orogênico Transamazônico (2.1 -1,8 Ga). Ela apresenta uma extensão de cerca de 300 km de comprimento, variando entre 30 e 50 km de largura, e tem sua origem relacionada a abertura do Oceano Atlântico Norte e Central (Burke, 1976), que ocorreu no final do Jurássico tardio e no início do Cretáceo precoce, quando anisotropias antigas do seu arcabouço foram reativadas e resultaram na formação de falhas de caráter extensional, orientadas em NE-SW e NW-SE subordinadas (Crawford; Szelewski; Alvey, 1985; Costa et al., 1991).

A bacia é formada por sete unidades estratigráficas que estão depositadas sobre o embasamento cristalino do Grupo Surumu (Vaz et al. 2007), essas unidades são: (i) Formação Apoteri (Jurássico precoce-médio), com a maior parte de seu depósito constituído por basaltos, resultado de sucessivos derrames, sendo encontrados alguns depósitos sedimentares intercalados com o basalto (Eiras & Kinoshita, 1990); (ii) Formação Manari (Jurássico tardio), formada por deposição de folhelhos e siltitos (Crawford et al. 1985); (iii) Formação Pirara (idade inferida para o Jurássico tardio), formada por fanconglomerados de borda, folhelhos, siltitos, hialitas e carbonatos lacutres; (iv) Formação Tacutu, com deposição de camadas vermelhas, seguida pelas camadas de arenitos pertencentes à (v) Formação Serra do Tucano (ambas de idade Cretáceo precoce) (Vaz, et al., 2007); (vi) Formação Boa Vista (Pleistoceno-Holoceno), formada por conglomerados e areias, teve sua sedimentação relacionada com a reativação de estruturas regionais; (vii) Formação Areias Brancas, consiste em um retrabalhamento eólico dos depósitos da Formação Boa Vista.

Formação Boa Vista

Menezes et al. (2020) descreveram a Formação Boa Vista como uma unidade sedimentar relativamente rasa, cuja espessura muda de acordo com a conformação do embasamento, variando entre 15 a 120 metros, sendo constituída por duas sucessões sedimentares semi-consolidadas, uma inferior, composta por cascalhos com grãos de tamanhos variando entre

grânulo a matacão, e a superior, composta por areias ferruginosas, levemente conglomeráticas.

A deposição da sucessão sedimentar inferior teria sido fortemente controlada pela estruturação do hemigráben Tacutu, em sua última fase tectonicamente ativa, quando movimentos transcorrentes e compressivos ocorreram em resposta às interações das placas do Caribe e da América do Sul, invertendo e soerguendo as unidades sedimentares mesozóicas, as quais serviram de área-fonte dos sedimentos cascalhos que constituem essa sucessão (Menezes et al. 2020).

A deposição da sucessão superior teria sido efetivada após o término da fase ativa e teria se estruturado a partir de uma planície aluvial de baixo gradiente, formada a partir do fronte sul das montanhas Marari-Memória. A paisagem passou a ser exposta ao intemperismo, formando um sistema fluvial entrelaçado de barra arenosa distributária, transportando os sedimentos finos que se depositaram por todo o domínio fisiográfico que hoje compõe a Formação Boa Vista, resultando no extenso pediplano que caracteriza a região centro-noroeste do estado de Roraima (Menezes et al. 2020).

MATERIAL E MÉTODOS

Material fóssil: origem e preservação

Todo material fitofossilífero foi coletado no leito do rio Tacutu, nas proximidades da desembocadura do Igarapé da Vaca, em um período de seca (de Dezembro à Fevereiro), tendo sido depositado em uma barra de pontal no último ciclo de cheia do rio. Os fósseis vegetais coletados estão inseridos no interior de “pelotas” (= clastos) de argila que se apresentam pouco consolidadas. Depositadas no canal do rio Tacutu, as “pelotas” foram localizadas “roladas”, fora do estrato/horizonte em que ocorreu sua deposição inicial. A natureza do material sedimentar analisado, ou seja, clastos de argilito semi-consolidados, bem como dos

fósseis preservados (folhas), sugere uma proximidade entre o local de origem (deposição inicial) e o de deposição final (retrabalho), uma vez que a ação da água tenderia a dissolver rapidamente os clastos e danificar os fósseis.

Três unidades estratigráficas da Bacia do Tacutu são conhecidas por possuírem potencial fóssilífero, são elas: Formação Tacutu, Formação Serra do Tucano, Formação Boa vista. Esta última é a única unidade estratigráfica fóssilífera representante do Cenozóico da bacia. A semelhança litológica inicial, bem como o estudo preliminar realizado por Wankler & Marques-de-Souza (2018), também sugeriram que esta unidade estratigráfica fosse provedora dos clastos fóssilíferos. Diante do exposto, dois afloramentos da Formação Boa Vista, localizados próximos e à montante do local onde foram coletadas as amostras fósseis, foram mostrados para análise da composição mineralógica, a fim de confirmar esta hipótese, a saber: o Afloramento da Ponte e o Afloramento Guiana (Figura 1). Tanto o Afloramento da Ponte quanto o Afloramento Guiana encontram-se acima da “linha de pedras” que marca o início da sucessão da Formação Boa Vista. Considerou-se, portanto, para escolha dos afloramentos: a posição do afloramento a montante do local de coleta das amostras; a tipologia meandrante que o canal fluvial assume naquele local, coletando-se assim a amostra da margem erodida; e as características tafonômicas e mineralógicas dos clastos argilosos fóssilíferos (angulosos e semi-consolidados), buscando-se deste modo, coletar nas camadas com fácies similares encontradas nos afloramentos.

Os fósseis vegetais coletados nos clastos de argila estão preservados como impressões e compressões, neste último caso, mumificados. Encontram-se depositadas na Coleção Científica da Universidade Estadual de Roraima (UERR) e estão tombadas no Laboratório de Processamento de Amostra e Coleção de Rochas e Fósseis sob a sigla CCU. O material analisado foi inserido em um banco de dados contendo dados morfoanatômicos, bem como fotografias diagnósticas.

Análise morfológica

Inicialmente, as amostras coletadas foram submetidas à preparação mecânica seguindo os métodos clássicos de preparação em paleobotânica (Dutra, 2002). Para análise morfológica, foi utilizada a “Arquitetura Foliar”, conforme método desenvolvido por Hickey (1973), Ash et al. (1999) e Ellis et al. (2009), usado para descrição e identificação de folhas de angiospermas modernas, também aplicado em estudos com folhas fósseis.

O primeiro passo para a realização da análise morfológica foi o agrupamento das amostras por morfotipos, onde as que apresentavam características semelhantes foram reunidas em um mesmo grupo. Após esse processo, as amostras foram analisadas e descritas com o auxílio da ficha de descrição dos espécimes, tal como elaborada por Ellis et al. (2009), onde se consideram características foliares (tamanho da lâmina foliar, padrão de venação, margem foliar, entre outras) para uma posterior identificação taxonômica. Nesse processo de análise e descrição das folhas foi usado estereomicroscópio *Leica* ES2, paquímetro *Marberg* digital 300 mm-12” e o *software* livre *ImageJ*, para conferência das medidas por meio de fotografia. O material foi fotografado com a câmera fotográfica *Canon* reflex 60D, lente 50 mm, e filtros close-up associados. A partir das fotografias foram elaborados desenhos no programa *Inkscape*. A identificação taxonômica do material foi feita a partir da consulta de distintos herbários virtuais, como o Re flora Brasil 2020, *New York Botanical Garden* e herbários locais, como o Herbário da Universidade Federal de Roraima e o Herbário do Museu Integrado de Roraima (MIRR). Para aproximação inicial das famílias botânicas, utilizou-se a Flora Brasil 2020, bem como os trabalhos de Meneses et al. (2015) e Melo & Barbosa (2007).

Análise Anatômica

As análises das feições anatômicas foram feitas a partir da observação e descrição de cutículas encontradas nas amostras e tiveram como objetivo a observação e descrição dos estômatos, dos tricomas e das células epidérmicas, para auxílio na determinação taxonômica dos

fitofósseis. Para o processamento das cutículas utilizou-se a técnica de “maceração química” que consiste no tratamento com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 20%, lavagem em água destilada e fixação em lâmina (técnica detalhada em Dutra, 2002). As lâminas foram observadas no microscópio óptico *Nikon* eclipse E200, com câmera acoplada-*Moticam* 10 mp. Além da observação do material macerado, lâminas com fragmentos não macerados foram produzidas para observação em microscópio de fluorescência (*Olympus* BX51 e BX61, com câmera acoplada *Olympus* DP71). As análises em microscopia óptica ocorreram no Laboratório de Processamento de Amostra e Coleção de Rochas e Fósseis da Universidade Estadual de Roraima (UERR), e as análises em microscopia de fluorescência foram realizadas no Laboratório de Palinologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A identificação dos estômatos seguiu as propostas de Dilcher (1974) e Carpenter (2005), as quais consideram na análise dos tipos estomáticos os seguintes parâmetros: (i) as células de contato, sendo especializadas ou não; (ii) a presença ou ausência das células subsidiárias laterais ou polares; (iii) a presença ou ausência de células especializadas sem contato; (iv) a orientação das paredes das células de contato.

Na descrição dos tricomas, considerou-se: (i) a presença ou ausência de tricomas; (ii) a forma do tricoma; (iii) a natureza da base do tricoma; (iv) a natureza das células epidérmicas da base do tricoma; (v) o número de células no tricoma; (vi) a forma do ápice, entre outras (Dilcher, 1974). Por fim, na descrição das células de epiderme, considerou-se: (i) a forma e o arranjo das células; (ii) o padrão da parede celular; (iii) o tipo de ondulação da parede celular; (iv) a presença e tipo de ornamentação celular (Dilcher, 1979).

Análise química e mineralógica

Tendo em vista que os fósseis foram encontrados fora do horizonte deposicional, fez-se necessário recorrer a técnicas de análises que permitissem vincular o material coletado a uma

unidade estratigráfica correspondente. Para tal, optou-se pela utilização da Difração de Raios-X (DRX) e do *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS).

O DRX permite identificar os elementos que compõem a rocha por meio da reflexão dos raios x emitidos (ALBERS et al., 2002). Esta análise foi executada no Laboratório de Raios-X do Centro Analítico da Universidade Federal do Ceará (UFC). Para tal, as amostras de rochas foram maceradas, com a ajuda de um almofariz e pistilo de cerâmica, peneiradas a 200 mesh e levadas para serem processadas no equipamento RIGAKU DMAXB, utilizando o método pó, por meio dos seguintes passos operacionais: radiação Cu K α (30kV/40mA), leitura de 2θ , variando de 3 a 50°, com o passo de 0,02° a cada 0,5.

Para complementar os dados obtidos, fez-se uso do LIBS, que fornece informações qualitativas dos elementos químicos presentes na amostra (Gama et al., p.563, 2016), de maneira mais precisa que o DRX. As amostras para análise no LIBS foram encaminhadas à Universidade Federal de Roraima (UFRR) para serem processadas no Departamento de Física, pelo Laboratório de Plasma e Espectroscopia Atômica (LaPEA). A análise é realizada por um canhão de luz (laser) e uma “caixa” escura, com uma plataforma móvel. O material é depositado na plataforma e alinhado com o laser por meio de um *joystick*, para que a luz atinja a amostra e forme o plasma que contém as informações sobre o material em análise. Após esse procedimento foi usado o *software* livre *LTB Sophi* para a interpretação dos resultados.

RESULTADOS

Posicionamento estratigráfico dos fósseis

Os resultados encontrados tanto na análise do DRX (Figuras 02 e 03; Tabela 01) quanto naquelas executadas com o LIBS (Figuras 04) indicam que as amostras fossilíferas (CCU 033; 036; 013; 006; 025; 016; 015; 008; 010) possuem similaridades mineralógicas entre si, bem como com as amostras retiradas do Afloramento da Ponte (CCU 057; 055) e Afloramento

Guiana (058; 056), o que sustenta a hipótese de pertencerem à Formação Boa Vista.

Comparando os resultados apresentados na Tabela 02 com o trabalho realizado por Wankler & Marques-de-Souza (2018), foi possível notar que existem semelhanças entre as amostras deste estudo e aquelas analisadas pelos autores. O quartzo, a caulinita e o ortoclásio são minerais que foram registrados nas análises em ambos os estudos. Menezes et al. (2007) também encontraram a mesma composição mineralógica em seu estudo realizado com lagos atuais da savana de Roraima e, cujo substrato, segundo os autores, é proveniente da Formação Boa Vista.

As diferenças observadas quando comparadas as análises deste estudo com aquele publicado por Wankler & Marques-de-Souza (2018) referem-se exclusivamente à composição química do poço do CPRM (presença de muscovita e rutilo) utilizado no estudo daqueles autores. Para Wankler e Marques-de-Souza essa diferença se justifica pela distância geográfica do poço em relação ao local de coleta dos fósseis, o que implica em possíveis diferenças paleoambientais e de suprimento sedimentar. Outra explicação seria a concentração destes elementos nas amostras fossilíferas que podem não ter sido suficientes para detecção pelo DRX e LIBS.

Sistemática Paleobotânica

Clado Eudicotiledoneas Centrais APG IV, 2016

Clado Super Rosídeas APG IV, 2016

Clado Rosídeas APG IV, 2016

Clado Fabídeas APG IV, 2016

Ordem Malpighiales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Família Malpighiaceae Juss.

Gênero *Byrsonima* Rich. ex Kunth

Byrsonima sp.

Figuras 5 e 6

Material estudado: CCU 003; CCU 016abA; CCU 006a,b; CCU 035; CCU 011; CCU 007.

Descrição morfológica: Dentre os espécimes analisados apenas um encontra-se parcialmente completo (CCU 016abA), cujo comprimento é maior que 32,94 mm, largura 14,45 mm e ângulo do ápice 64°. Este tipo foliar possui uma divisão do limbo simples, lâmina foliar micrófila (>641,27mm²), forma da folha ovada, simétrica, forma do ápice em linha reta e margem inteira. Venação primária pinada. Venação secundária broquidódroma, em alguns casos eucamptódroma, veias agróficas presentes, espaçamento entre veias secundárias irregular, ângulo das veias secundárias decrescendo moderadamente em direção a base, conexão das secundárias com a primária excurrente, nervuras intersecundárias presentes. Venação terciária reticulada (Figura 5D, seta) e, por vezes, percorrente misto (Figura 5G, seta), ângulo de divergência com a venação primária obtuso, variação do ângulo das nervuras terciárias consistentes. Venação quaternária percorrente alternada (Figura 6I). Venação quinquenária reticulada. Areolação moderada e últimas terminações livres, com FEV dicotômicas (prioritariamente) (Figura 6I).

Descrição anatômica: Os dados anatômicos foram obtidos a partir da maceração dos espécimes CCU 016abA; CCU 007, CCU 011 e CCU 035. O material apresenta forma das células da epiderme retangular, comprimento entre 27,35 e 98,85 µm, largura entre 17,30 e 78,80 µm, arranjo das células epidérmicas tetragonal/randômica, padrão da parede celular prioritariamente reta (Figura 6J). Ondulações, quando presentes assumem a forma de “U” (CCU 016abA). Estômatos paracíticos, na face abaxial, e amphiciclocíticos, quando visíveis, na face adaxial. Tricomas presentes, com ocorrência solitária, formas filamentosas “Y” e “T” (Figuras 5E e 6H), natureza das bases dos tricomas pouco modificados, forma das bases não modificadas, número de células dos tricomas uni ou bicelular, ápices dos tricomas não conspícuos ou ramificados uma vez.

Comparação e discussão: Após a comparações com exemplares da flora da região (Fora do Brasil, 2020), observou-se semelhança com Malpighiaceae, especialmente pela presença de estômatos paracíticos e tricomas em forma de “T” e “Y” (MetCalfe & Chalk, 1979). Esta família possui 46 gêneros e 588 espécies com ocorrência no Brasil. Para Roraima são registrados 16 gêneros e 47 espécies (Flora do Brasil, 2020), sendo que *Banisteriopsis* C.B.Rob. ex Small., *Blepharanda* Griseb., *Byrsonima* Rich. ex Kunth. e *Camarea* A. St-Hil. são registradas para as savanas amazônicas, e *Banisteriopsis* C.B.Rob. ex Small., *Bronwenia* W.R.Anderson & C.C.Davis., *Bunchosia* Rich. ex Juss., *Byrsonima* Rich. ex Kunth., *Diplopterys* A.Juss., *Stigmaphyllon* A. Juss. e *Tetrapteryx* Cav. tem ocorrência para matas de galeria e ciliar.

Blepharanda possui ápice arredondado, por vezes emarginado, com ângulo obtuso (Wilf et al., 2021) e *Camarea* possui folha nanófila, elíptico-lanceolada (Menezes & Flores, 2013). *Stigmaphyllon* tem ápice arredondado e base reflexa. Por essas características, estes três gêneros diferem morfológicamente dos espécimes em análise.

Em *Banisteriopsis*, segundo estudo realizado por Araújo et al. (2020), no qual compararam 42 espécies deste gênero, apenas *B. adenopoda* (A. Juss) B. Gates possui venação quinquenária. Ademais, representantes deste gênero apresentam glândulas na base do pecíolo, na porção basal da folha e na porção mediana da folha (Araújo et al., 2010). *Diplopterys*, por sua vez, é representado por *Diplopterys pubipetala* (A. Juss) W.R. Anderson & C.Cav. Davis e possui glândulas na superfície abaxial da folha, ao longo da margem, no ápice cuspidado e na base da lâmina (Possobom et al., 2010). Deste modo, diferem dos espécimes em análise.

Bronwenia tem como único representante registrado em Roraima *Bronwenia cinerascens* (Benth.) W.R Anderson & C.C. Davis (Silva et al., 2020), cuja ocorrência não está bem definida pela ausência de registro em herbários virtuais, locais, bem como de material bibliográfico pertinente para estudos comparativos.

Tetrapterys tem apenas dois representantes registrados para Roraima (Menezes & Flores, 2013), são eles: *Tetrapterys discolor* (G. Mey.) DC e *Tetrapterys styloptera* A. Juss., enquanto *Bunchosia decussiflora* W.R. Anderson é a única espécie deste gênero no estado (Flora do Brasil, 2020). Todas guardam muitas semelhanças morfológicas com o material fóssil em análise, por possuírem venação primária pinada, venação secundária broquidódroma, venação terciária percorrente mista. Dados anatômicos dessas espécies não foram localizados.

No que se refere à morfoanatomia do gênero *Byrsonima*, os espécimes em análise também guardam muitas semelhanças. O gênero *Byrsonima* é o maior da Família Malpighiaceae, agrupando 150 espécies (Judd et al., 2009). Em Roraima, está representado pelas espécies *B. chalcophylla* Nied., *B. chysophylla* Kunth., *B. coccolobifolia* Kunth., *B. concinna* Benth., *B. coniophylla* A. Juss., *B. crassifolia* (L.) Kunth., *B. crispa* A. Juss., *B. deliculata* Sch.Rodr.& AS.Flores., *B. eugeniifolia* Sandwith., *B. japurensis* A. Juss., *B. laevis* Nied., *B. punctulata* A. Juss., *B. schomburgkiana* Benth., *B. spicsta* (Cav.) DC., *B. stipulacea* A. Juss. e *B. verbascifolia* (L.) DC.

Algumas de suas espécies são consideradas dominantes nas savanas do estado (Ferreira et al., 2015). Araújo et al. (2010) e Gavilanes et al. (2020), em análises morfológicas feitas em folhas atuais de *Byrsonima*, descreveram o padrão de venação camptódromo-broquidódromo/camptódromo-eucamptódromo (Figura 5A; Figura 6F), tendo apenas uma venação principal do tipo pinada, onde a porção basal da folha têm ângulos mais agudos que a porção mediana da folha. Registram a presença de nervuras intersecundárias e a venação terciária apresenta um padrão reticulado em *B. coccolobifolia* e *B. crassifolia*. Em *B. verbascifolia* a venação de terceira ordem é percorrente (Araújo et al. 2010). As venações quaternárias apresentam curso ao acaso e a última venação terminal, apresenta estrutura mista com aréolas incompletamente fechadas com terminações livres e formato irregular. Ferreira et. al. (2015) trouxeram em seu

trabalho resultados de análises anatômicas, onde foram vistas células com paredes delgadas, com contorno quadrado e irregular, na face adaxial, e células com formato retangular a irregular, na face abaxial. Há tricomas em forma de T (Figura 6H) unicelulares e estômatos paracíticos em *B. crassifolia* e *B. verbascifolia*. Em *B. coccolobifolia*, além dos estômatos paracíticos foram registrados estômatos anomocíticos e tetracítico, geralmente na face abaxial (hipostomático) (Araújo et al., 2010), podendo ocorrer ocasionalmente em ambas as faces (Gomes, 2011). Gomes (2011) ainda registrou que os estômatos paracíticos possuem as células subsidiárias grandes em relação às células-guarda e as bordas cuticulares bem desenvolvidas nas células-guardas, além do tricoma em forma de T, mencionado por Ferreira et al. (2015). Ele também encontrou tricomas em forma de V e Y em *B. basiloba* e *B. coccolobifolia*.

A ausência de dados anatômicos para representantes de Malpighiaceae dificultou sobremaneira a conclusão da determinação do material fóssil, visto que a morfologia foliar aparece repetidamente em distintos gêneros. Em virtude da abundância de *Byrsonima* nas savanas de Roraima e as semelhanças morfoanatômicas já descritas acima, optou-se por incluir o material aqui descrito como representantes fósseis deste gênero.

Clado Malvideas, APG 2016

Ordem Myrtales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Família Myrtaceae Juss

Gênero *Psidium* L.

Psidium sp.

Figura 7

Material: CCU 033.

Descrição morfológica: O espécime condiz com uma impressão que se encontra completa. Comprimento de 27,65 mm e largura de 13,19 mm, ângulo da base 79,04° e do ápice de 88°.

Divisão do limbo simples, lâmina foliar micrófila (552,58 mm²), pecíolo presente, folha levemente obovada, com base assimétrica, forma da base arredondada e do ápice convexa a arredondado, inserção do pecíolo marginal, margem inteira. Venação primária pinada. Venação de secundária broquidódroma (fracamente), veias agróficas presentes, espaçamento entre as veias secundárias irregular, ângulo das veias secundárias decrescente moderadamente em direção à base, conexão das secundárias com as primárias excurrente e nervuras intersecundárias presente. Venação terciária percorrente oposta, ângulo de divergência com a primária agudo, variação do ângulo das nervuras terciárias cresce basalmente. Informações de veios de ordens inferiores e anatômicas não disponíveis.

Comparação e discussão: Com base em comparações com representantes da flora local (Flora do Brasil, 2020) observou-se semelhanças com espécies de Myrtaceae. Esta família possui 29 gêneros e mais de mil espécies com ocorrência registrada no Brasil. Para Roraima, são registrados 9 gêneros e 60 espécies (Flora do Brasil, 2020) sendo apenas *Calycolpus* O.Berg., *Myrcia* DC. e *Psidium* L. ocorrem nas savanas amazônicas e *Campomanesia* Ruiz et Pav., *Eugenia* L., *Myrcia* DC., *Myrcianthes* O. Berg. e *Myrciaria* O. Berg. ocorrem em matas de galeria e ciliares.

Calycolpus, *Myrcia*, *Myrciaria*, *Myrcianthes* e *Eugenia* possuem um veio intramarginal (Wilf et al., 2021) que os diferenciam do material fóssil em estudo. *Campomanesia* possui venação secundária broquidódroma bem marcado, diferindo do espécime fóssil (CCU 033) especialmente na porção basal da lâmina foliar em que as venações apresentam-se fracamente broquidódromas.

No que se refere ao gênero *Psidium*, o material fóssil guarda muitas semelhanças. De acordo com Oliveira et al. (2017) *Psidium* tem um padrão de venação primária do tipo pinada, venação secundária bronquidódromo a camptódromo-bronquidódromo, sendo este último mais frequente, diferentes padrões de espaçamento entre as veias secundárias, ângulo de

divergência da secundária para a principal agudo, venação intersecundária presente. Venação terciária se anastomosa dando origem a arcos próximos à borda (Figura 7D-E). Essas características se aproximam das características morfológicas do fóssil analisado sendo, portanto, sugerida sua determinação como um representante deste gênero.

Cabe destacar que *Psidium* é um gênero neotropical que tem sua distribuição nativa que se estende do sul do México à província de Buenos Aires na Argentina (Rotman, 1976; Landrum & Kawasaki, 1997). Soares-Silva & Proença (2008) dizem que existem três aparentes centros de diversidade do gênero, sendo que duas delas estão na América do Sul que incluem sul do Brasil e Paraguai e ao norte da América do Sul que são Peru, Venezuela e Guianas. Por ser um gênero com uma ampla distribuição está sujeita a diferentes tipos de pressões ambientais, que implicam em mudanças fenotípicas, assim dificultando a identificação e delimitação das espécies pertencentes ao gênero (Costa, 2009).

Ordem Sapindales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Família Rutaceae Juss.

Gênero *Zanthoxylum* L.

Zanthoxylum sp.

Figura 8

Material: CCU 034 aA, CCU 005aA, CCU 005aB, CCU 024bA, CCU024bB, CCU024bE, CCU024aA e CCU 024aB.

Descrição morfológica: Todos os espécimes analisados estão incompletos. Folíolos de lâmina foliar provavelmente micrófila (>1091,87mm²), forma elíptica/ovada, ápice, quando preservado, em forma de linha reta, margem crenada. Todos folíolos apresentam glândulas na superfície laminar que podem ser visualizadas a olho nú. Venação primária pinada. Venação secundária eucamptódroma (fracamente broquidódroma), espaçamento entre as secundárias

decrece em direção a base, ângulo das secundárias inconsistente, conexão das secundárias com a primária excurrente, intersecundária presente. Venação terciária percorrente misto.

Descrição anatômica: Os dados anatômicos foram obtidos a partir da microscopia de fluorescência dos espécimes CCU 034Ab e CCU 005b. O material apresenta epiderme com células retangulares, comprimento 18,40-36,48 μm , largura 10,87-21,97 μm , arranjo das células epidérmicas tetragonal e estômatos paracíticos (Figura 08G).

Comparação e discussão: O fóssil foi comparado com exemplares da flora atual da região (Flora do Brasil, 2020) e observou-se semelhanças com táxons incluídos na Família Rutaceae. Esta família tem a ocorrência registrada de 50 gêneros e 238 espécies para Brasil, já para Roraima tem o registro de apenas 7 gêneros e 12 espécies (Flora do Brasil, 2020), sendo que os gêneros *Conchocarpus* J.C.Mikan. e *Hortia* Vand. tem ocorrência nas savanas amazônicas, e *Conchocarpus* J.C.Mikan., *Galipea* Aubl. e *Zanthoxylum* L. para áreas de mata de galeria e ciliar.

Conchocarpus J.C.Mikan. e *Hortia* Vand. diferenciam-se do material estudado por possuírem margem lisa, além disso, *Hortia* Vand. possui o ápice arredondado. *Galipea* Aubl. apresenta venações secundárias broquidódromas, a diferenciando das venações eucamptodromas assinaladas no material fóssil estudado.

No que diz respeito a *Zanthoxylum* L., o material fóssil possui muitas semelhanças com o gênero. Porter (1972) descreveu as folhas desse gênero com forma elíptica a obovada, ápice acuminado, base arredondada a cuneada, margens crenadas e glândulas presentes na lâmina foliar. (Figura 08D). Este gênero possui folhas compostas, o que possivelmente explica a grande quantidade de folhas sobrepostas na amostra do material fóssil. Estudos anatômicos mostraram que as glândulas oleíferas se encontram espalhadas no mesófilo, e as secreções mostram-se em forma de gota (Hartley,1966; Andrade et al,2020), quando observados no microscópio de fluorescência (Figura 08H). As folhas do gênero são hipoestomáticas e

apresentam estômatos paracíticos (Figura 08G), na face adaxial, os quais se encontram espaçados ao longo da epiderme, de maneira que seu registro é escasso (Igboabuchi & Ilodibia, 2017). Essas características aproximam-se das descritas para o material estudado, o que levou a sugerir a inclusão dessas folhas fósseis em *Zanthoxylum*.

Ordem Dilleniales DC. ex Bercht. & J. Presl.

Família Dilleniaceae Salisb.

Figura 9

Material estudado: CCU 008.

Descrição morfológica: O espécime (CCU 008) representa uma impressão de folha que se encontra incompleta, faltando as porções apical, basal e marginal. Possui comprimento maior que 44,60 mm e largura maior que 30,40 mm. Venação primária pinada. Venação secundária incompleta, conexão da secundária com a primária excurrente, nervura intersecundária presente. Ângulo de divergência entre a nervura secundária e a primária de aproximadamente 60°, e veios secundários curvilíneos em direção à margem. Venação terciária percorrente-oposta, ângulo de divergência da terciária com a principal obtuso, variação do ângulo de inserção das venações terciárias inconsistentes. Venação quaternária percorrente alterna. Venação quinquenária reticulada, areolação bem desenvolvida.

Descrição anatômica: O espécime apresenta tricomas estrelados, posicionados preferencialmente sobre a venação da face abaxial (Figura 9). Estômatos não estão evidentes. As células da face adaxial apresentam forma isodiamétrica, com comprimento entre 12,88-26,73µm e largura entre 7,73-14,73µm, possuindo o arranjo das células pentagonal (Figura 9) e padrão da parede celular reto. Grânulos de cristais são observados na epiderme foliar (Figura 9).

Comparação e discussão: O material fóssil foi comparado com folhas de espécies da flora local e foram notadas semelhanças com representantes da Família Dilleniaceae. No Brasil, são

conhecidos seis gêneros de Dilleniaceae (Fraga & Sethmann, 2010), dos quais cinco têm ocorrência registrada em Roraima (Flora do Brasil, 2020), são eles: *Curatella* Loefl.; *Davilla* Vand.; *Doliocarpus* Rol.; *Pinzona* Mart. & Zucc.; e *Tetracera* L. Destes, apenas *Pinzona* não tem ocorrência registrada nas savanas amazônicas.

Doliocarpus difere do material em estudo por possuir tricomas unicelulares, simples, finos e pontiagudos (Dickison, 1970; Oliveira, 2000), além de serem menos frequentes quando comparados com os demais gêneros de Dilleniaceae.

Tetracera, por sua vez, possui venação de primeira ordem pinada, secundária eucamptódroma proximal e broquidódroma distal, venação terciária percorrente mista (Gonzales, 2016).

Anatomicamente, representantes de *Tetracera* possuem tricomas simples, na face adaxial da folha, e tricomas simples e estrelados, na face abaxial, sendo que na face abaxial os tricomas simples são encontrados preferencialmente sobre a venação (Fraga & Aymard, 2009). Estas últimas características não foram observadas no fóssil analisado.

Morfoanatomicamente, apenas *Curatella* e *Davilla* assemelham-se ao material deste estudo.

Curatella é um gênero monoespecífico, cuja espécie conhecida é *Curatella americana* L., bastante frequente nas savanas amazônicas do estado de Roraima (Morais & Carvalho, 2015; Melo & Barbosa, 2007). Segundo Filho (2021), *C. americana* apresenta padrão de nervuras pinada, venação secundária craspedódroma, intersecundárias presente, o espaçamento entre as nervuras secundárias e os ângulos são uniformes. O ângulo de divergência entre as nervuras secundárias e a principal é de aproximadamente 70°, e as nervuras seguem praticamente em linha reta até tocar a margem da lâmina foliar.

Em análises anatômicas realizadas por Ferreira et al. (2015) e por Filho (2021), foram descritas estruturas como tricomas pluricelulares do tipo estrelado localizados com frequência na face abaxial, mas podendo ser vistos na face adaxial. Estômatos, presentes na face abaxial,

são do tipo paracítico. As células da epiderme são delgadas com formato retangular à arredondado e similares em ambas as faces.

Davilla, por sua vez, possui venação primária pinada, venação secundária eucamptódroma basal-broquidódroma distal. O ângulo de inserção das nervuras secundárias na nervura primária varia de 60 a 65°, e os veios seguem um percurso curvilíneo até a margem. Embora Dickison (1970) tenha sugerido que representantes deste gênero possuam tricomas simples, Jácome et al. (2009) registraram a presença de tricomas estrelados na face abaxial de *Davilla rugosa* Poir. Neste gênero não há um padrão morfológico para a forma das células da epiderme, podendo possuir paredes sinuosas em ambas as faces, como no caso de *Davilla rugosa*. Poir. (Jácome et al., 2009), ou células de paredes sinuosas na face abaxial e de contorno reto na face adaxial, como descrito por Soares et al. (2005) para *Davilla elliptica* A. St.-Hil.

Embora a presença de tricomas estrelados seja mais bem definida para *Curatella*, bem como as células de paredes retas, o material fóssil aqui descrito apresenta veios secundários curvilíneos como aqueles observados em *Davilla*. Venações terciárias e quaternárias se assemelham em ambos os gêneros e correspondem com aquelas descritas para o material fóssil. Neste sentido, por se tratar de um único espécime, considera-se plausível manter a determinação do material apenas a nível de família, registrando, portanto, a presença de representantes de Dilleniaceae no Pleistoceno- Holoceno tardio (Formação Boa Vista) da Bacia do Tacutu.

Incertae Sedis

Morfotipo 1

Figuras 10A-E, G

Material: CCU 027aA.

Descrição morfológica: Espécime incompleto. Lâmina foliar elíptica, provavelmente micrófila ($>1149,55\text{mm}^2$). Ápice e base não preservados, margem provavelmente inteira. Folha simétrica. Venação primária pinada, venação secundária eucamptódroma (Figura 10B). Veias agróficas presentes. Conexão da venação secundária com a primária excurrente, nervuras intersecundárias presentes e nervuras terciárias percorrente mista.

Descrição anatômica: Células da epiderme da face adaxial isodiamétricas (Figura 10E) de arranjo tetragonal e da face abaxial retangulares (Figura 10C). Parede celular reta. Hipoestomática, com estômatos paracíticos (Figura 10G) densamente arranjados na face abaxial. Células-guarda acima da epiderme (Figura 10G). Tricomas pluricelulares presentes na face abaxial, filamentosos e glandulares (Figura 10D).

Observação: O material representa um único espécime incompleto de folha simples, inteira e pinada, e embora apresente alguns caracteres anatômicos preservados, esse conjunto de feições é insuficiente para uma classificação taxonômica do mesmo.

Morfotipo 2

Figura 10F, H-I

Material: CCU 036cbA; CCU 015b.

Descrição do material: Os espécimes descritos representam folíolos de folhas compostas. Comprimento maior que 12,00 mm e largura 8,00 - 12,00 mm. Limbo nanófilo ($>145,45\text{mm}^2$), forma oblonga, assimétrico, forma da base arredondada, inserção do pecíolo marginal, margem inteira. Venação primária pinada. Venação secundária craspedódromo, espaçamento entre secundárias irregular, ângulo das veias secundárias uniforme, conexão das secundárias com a primária excurrente, intersecundárias presente. Venação terciária reticulada (Figura 10H).

Observação: Trata-se de um material bastante incompleto, no caso, folíolos pertencentes a uma folha composta, que não possuem características suficientes para permitir a sua classificação taxonômica por hora.

Morfotipo 3

Figuras 11A-B

Material: CCU 016 aB; CCU 017 ab.

Descrição morfológica: Espécimes incompletos. Margem inteira. Venção primária pinada. Venção secundária provavelmente broquidódroma, espaçamento entre as secundárias irregular, ângulo das secundárias inconsistente, conexão das secundárias com a primária excurrente, intersecundárias presente. Venção terciária reticulada irregular. Venção quaternária reticulada (Figuras 11 A, B).

Observação: O material corresponde a espécimes bastante incompletos de folhas simples, inteiras e pinadas, comuns a vários táxons, o que impede a sua classificação até que seja obtido um material mais completo no futuro.

Morfotipo 4

Figuras 11C-I

Material: CCU 009.

Descrição morfológica: Espécime incompleto. Venção primária pinada. Venção secundária eucampódroma (fracamente broquidódroma), veias agróficas presentes, espaçamento entre as veias secundárias cresce abruptamente em direção à base, conexão das veias secundárias com primária excurrente, nervura intersecundária presente. Venção terciária percorrente misto, ângulo de divergência das terciárias com primária agudo. Venção quaternária reticulada irregular. Venção quinquenária ausente. Areolação presente.

Descrição anatômica: Células epidérmicas isodiamétricas (Figura 11F), de arranjo tetragonal, na face adaxial, e randômico, na face abaxial (Figura 11E). Parede celular reta

(Figura 11E). Ornamentação da superfície epicuticular. Anfiestomática, com estômatos paracíticos (Figura 11G). Tricomas pluricelulares presentes, de ocorrência solitária, com formas peltatas e ápices achatados (Figura 11 H-I).

Observação: O material representa um único espécime incompleto de folha simples, inteira e pinada, que apesar de apresentar alguns caracteres anatômicos, não mostrou feições suficientes que permitissem a sua classificação taxonômica.

Morfotipo 5

Figuras 11J-L

Material: CCU013A.

Descrição morfológica: O espécime representa um folíolo praticamente completo.

Comprimento 27,6 mm e largura 8,08 mm. Limbo nanófilo/micrófilo (337,89 mm²), elíptico, simétrico, forma da base convexa/arredondada, margem inteira. Venação primária pinada, venação secundária craspedódroma (Figura 11L), espaçamento entre as secundárias irregular, ângulo das secundárias uniforme, conexão das secundárias com a primária excurrente. Venação terciária reticulada regular, ângulo de divergência da terciária com a primária obtuso. Venação marginal presente (Figura 11L).

Observação: O material refere-se a um único espécime incompleto de folha composta, inteira e pinada, comum a vários táxons, e que possui caracteres insuficientes para uma classificação taxonômica até que mais espécimes completos possam ser encontrados.

DISCUSSÃO

Idade

Embora o material descrito tenha sido encontrado fora da unidade estratigráfica original de deposição, suas características preservacionais dão indícios de se tratar de um depósito relativamente recente e pouco transportado, visto a característica pouco consolidada da matriz

sedimentar. Na Bacia do Tacutu, a unidade estratigráfica fossilífera conhecida para o Cenozóico é a Formação Boa Vista, a qual aflora nas proximidades da localidade estudada e tem semelhanças mineralógicas e litológicas com as matrizes argilosas das amostras fossilíferas, conforme evidenciaram os dados obtidos pelo DRX e LIBs. A Formação Boa Vista recobre quase totalmente a região do hemigráben Tacutu (Eiras & Kinoshida, 1990), é a penúltima unidade estratigráfica descrita para a bacia e tem sua deposição atribuída ao intervalo Pleistoceno-Holoceno (Oliveira, 2020). Essa unidade ocorre com uma acentuada discordância sobre o conjunto vulcano-sedimentar mesozóico do hemigráben do Tacutu (Eiras et al., 1994).

Até meados de 2018, a Formação Boa Vista era considerada afossilífera. O primeiro registro da possível ocorrência de fósseis nesta unidade foi reportado por Marques-de-Souza et al. (2018) e Wankler & Marques-de-Souza (2018). Recentemente, Oliveira (2020) registrou e descreveu fragmentos de carvão vegetal como indicadores de paleoincêndios ambientais, provenientes desta formação. No mesmo estudo, Oliveira indicou que as datações por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) e por ^{14}C realizadas com o material apontaram para a deposição desta unidade estratigráfica no intervalo Pleistoceno tardio-Holoceno (de 4.400 ± 200 e 2.700 ± 1.0 Ka - perfil 1; de 36.600 ± 3.1 e 6.700 ± 400 Ka - perfil 2; e 105.200 ± 4.3 e 3.200 ± 300 Ka - perfil 3; 98.100 ± 6.4 e 14.500 ± 700 Ka - perfil 4) (Oliveira, 2020).

Formação vegetacional

A Formação Boa Vista é recoberta por uma vegetação denominada, localmente, como “lavrado” (Carneiro-Filho, 1992; Barbosa et al., 2004; Nascimento & Lins sd; Barbosa et al., 2007), uma espécie de formação do tipo savana, a qual é constituída por gramíneas e ciperáceas, em áreas abertas, e acrescido com outros tipos de plantas em áreas de vegetações mais fechadas, onde contém espécies arbustivas e arbóreas (Araújo et al., 2017; Miranda &

Absy, 2000; Morais & Carvalho, 2015; Hollowell et al., 2007; Barbosa & Miranda, 2004). O lavrado também é formado por uma desconfinada rede de ilhas de matas, distribuídas por buritizais que ficam à beira dos igarapés (pequenos rios) e fazem parte do sistema de drenagem do lavrado, ou associadas à paleocanais, denominadas veredas (Morais & Carvalho, 2015; Barbosa & Miranda, 2004). Cabe ressaltar que todos os táxons apresentados neste estudo são correspondentes fósseis de espécies que compõem a vegetação atual do lavrado, o que corrobora para o enquadramento das amostras na Formação Boa Vista.

Aspectos paleoecológicos

As características anatômico-cuticulares têm apresentado importante papel na interpretação das condições ambientais da flora. De acordo com Stace (1965), plantas xeromórficas apresentam predominantemente células com paredes retas, tal como observado nos espécimes fósseis deste estudo. Além disso, a maioria dos registros com preservação anatômica indicaram a presença de folhas hipostomáticas, ou seja, com estômatos presentes predominantemente na face abaxial da epiderme foliar (com exceção de *Zanthoxyllym* sp.), corroborando com as análises feitas por Ferreira et al. (2015) com espécies lenhosas predominantes no lavrado em Roraima. Outro aspecto relevante que deve ser considerado é que as células-guarda de estômatos de plantas xeromórficas tendem a estar “afundadas” na epiderme (Stace, 1965), de maneira que são sobrepostas pelas células subsidiárias, sendo difícil observá-las em microscopia frontal. Essa característica foi bastante recorrente nas observações das lâminas produzidas com os fósseis estudados. Por fim, a presença de elevados números de tricomas caracteriza uma adaptação a ambientes com condições áridas, e os tricomas, neste caso, teriam como função diminuir a taxa de transpiração e auxiliar na absorção de água (Metcalf & Chalk, 1979).

Diante do exposto, observa-se grande semelhança das folhas fósseis com espécies típicas do lavrado, levando a conclusão de que representam um registro relativamente recente da flora

daquela região. No entanto, a ausência de estudos botânicos com dados anatômico-cuticulares da flora atual dificulta estudos paleobotânicos comparativos, visto que a maioria das espécies e outros táxons superiores de angiospermas são definidos a partir de suas estruturas reprodutivas. Por este motivo, o material estudado foi determinado apenas ao nível taxonômico de gênero, corroborando com discussões há muito realizadas neste campo do conhecimento (Wilf, 2008; Wilf et al., 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O presente estudo apresenta os primeiros registros de microfósseis vegetais (folhas) do Pleistoceno-Holoceno da Bacia do Tacutu, recuperadas no leito do rio, localizado na fronteira entre o Brasil e a República Federativa da Guiana;
- Análises comparativas realizadas por meio de DRX e LIBS indicaram semelhanças químicas e mineralógicas das amostras fossilíferas com amostras provenientes da Formação Boa Vista, indicando essa unidade como fonte do material estudado;
- No estudo taxonômico, 24 amostras foram analisadas, das quais foram identificadas 16, tendo sido reconhecidas como representantes dos gêneros *Byrsonima* Rich. ex Kunth, *Psidium* L. e *Zanthoxylum* L., além de um representante da família Dilleniaceae;
- Outras sete amostras foram agrupadas em cinco morfotipos e apenas descritas dada a incompletude dos respectivos espécimes, o que impediu a classificação taxonômica dos mesmos;
- Os táxons determinados ocorrem ainda hoje na região e são elementos típicos da formação savânica de Roraima denominada como “lavrado”, indicando que se tratam de fósseis de idade quaternária, corroborando a sua origem a partir de depósitos da

Formação Boa vista, como sugerido pela similaridade química e mineralógica da matriz rochosa;

- Por último, os caracteres anatômico-cuticulares indicaram a dominância, entre as folhas fósseis, de cutículas hipoestomáticas, com as células-guarda “afundadas” e elevados números de tricomas nas epidermes, condições essas observadas em plantas xeromórficas e nas espécies lenhosas atuais predominantes no “lavrado” em Roraima, corroborando assim de que se trata do registro fóssil dessa formação vegetal que viveu sob as mesmas condições durante o Quaternário.

REFERÊNCIAS

- Albers, A. P. F.; Melchiades, F. G., Machado, R.; Baldo, J. B.; Boschi, A. O. 2002. Um Método Simples de Caracterização de Argilominerais por Difração De Raios X. *Cerâmica*, V. 48 (305), P. 34-37.
- Araújo, M. A. M.; Rocha, A. E. S.; Miranda, I. S.; Barbosa, R. I. 2007. Hydro-edaphic conditions defining in savanna areas of the northern Brazilian Amazonia. *Biodiversity Data Journal*. v.5. <https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e13829>.
- Araújo, J. S.; Azevedo, A. A.; Silva, L. C. & Merira, R. M. S. A. 2010. Leaf as an additional taxonomy tool for 16 specie of Malpighiaceae found in the Cerrado area (Brazil) *Plant Syst Evol*, 286:117–131. DOI 10.1007/s00606-010-0268-3.
- Ash A.; Ellis B.; Hikey L. J.; Johonson K.; Wilf P.; Wing S. 1999. Manual of Leaf Architecture - Morphological Description and Categorization of Dicotyledonous and Net-Veined Monocotyledonous Angiosperms by Leaf Architecture .Working Group. p. 65.
- Barbosa, R. I; Miranda, I. De. S. 2004. Fisionomias e Diversidade Vegetal das Savanas de Roraima, In: *Savanas de Roraima- Etnocologia, Biodoversidade e Potencialidades, Agressilvipastoris*, Barbosa, R. I; Xaud H. A. M; Costa E Souza J.M. Femact.

- Barbosa, R. I.; Campos, C.; Pinto, F.; Fearnside, P. M. 2007, Os “Lavraodos” de Roraima: Biodiversidade e Conservação de Savanas Amazônicas Brasileiras. *Funcional Ecosystems and Communities*. p. 29-41.
- Burke, K. 1976. Development of Graben Associated with the Initial Ruptures of the Atlantic Ocean. *Sedimentary Basins of Continental Margins and Cratons*, In: *Tectonophysics*, Amsterdã, 36 (1-3), p. 93-112. [http://dx.doi.org/10.1016/0040-1951\(76\)90009-3](http://dx.doi.org/10.1016/0040-1951(76)90009-3).
- Cardoso N. 2007. Paleocologia da Flora De Catalão, Paleolago Cemitério, Estado de Goiás - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado.
- Carneiro-Filho, A. 1992. “Roraima Sanannas”: Climax Situation or Botanic Relic (preliminary results). p.31-48.
- Carpenter K. J. 2005. Stomatal Architecture and Evolution in Basal Angiosperms. *American Journal of Botany*, V.92, P. 1595- 1615.
- Costa J. A. V.; Falcão M. T. 2011. Compartimentação Morfotectônica e Implicações de Evolução do Relevo do Hemigráben do Tacutu no Estado de Roraima. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, V.12, N.1, P.85-94.
- Costa, I. R. 2009. Estudos evolutivos em Myrtaceae : aspectos citotaxonomicos e filogeneticos em Myrteae, enfatizando Psidium e generos relacionados. Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Tese de Doutorado, p. 235.
- Costa, J. B. S. et al. 1991.O Hemigráben do Tacutu: uma Estrutura Controlada pela Geometria do Cinturão de Cisalhamento Guiana Central. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.10.
- Crawford F. D., Szelewski C. E.; Alvey G. D. 1985. Geology and Exploration in The Takutu Graben of Guyana and Brazil. *Journal Of Petroleum Geology*, P. 5-36.

- Crawford, F. D.; Szelewski, C. E.; Alvey, G. D. 1985. Geology and exploration in the Takutu Gráben of Guyana. *Journal Petroleum Geology*, Beaconsfield, v. 8, n. 1, p. 5-36.
<https://www.deepdyve.com/lp/wiley/geology-and-exploration-in-the-takutu-graben-of-guyana-brazil-Warpc19F9w>.
- Dickison, W.C. 1970. Comparative Morphological Studies in Dilleniaceae, V. Leaf Anatomy. *Journal of the Arnold Arboretum* Vol. 51, p.113.
- Dilcher, D. L. 1974. Approaches to The Identification of Angiosperm Leaf Remains. Vol. 40. n° 1. p. 145.
- Dutra, T. L. 2002. Técnicas e procedimentos de trabalhos com fósseis e formas modernas comparativas. Ed. Unisinos. p. 55.
- Eiras J. F.; Kinoshita E. M. 1990. Geologia e Perspectivas Petrolíferas na Bacia do Tacutu. *Origem e Evolução das Bacias Sedimentares*, Petrobrás.
- Ellis, B.; Daly, D.; Hickey, L.J.; Johnson, K.R.; Mitchell, J.; Wilf, P.; Wing, S.L. 2009. *Manual Of Leaf Architecture*. Cornell University Press. p.190.
- Ferreira, C. F.; Carmo, W. S; Graciano-Ribeiro, D; Oliveira, J. M. F.; Melo, R. B e Franco, A. C. 2015. Anatomia da lâmina foliar de onze espécies lenhosas dominantes nas savanas de Roraima. *Botânica Acta Amaz.* 45 (4).<https://doi.org/10.1590/1809-4392201500363>.
- Filho, A. C. P. M. 2021. Contribuição ao estudo morfológico foliar de *Curatella americana* L. (Lixeira). *Scientia Naturalis*, v. 3, n. 1, p. 1-12.
- Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico Do Rio De Janeiro Disponível Em:
<Http://Floradobrasil.Jbrj.Gov.Br/>.
- Fraga, C. N e Aymard, G. A. C. 2009. *Tetracera forzzae* (Dilleniaceae), uma nova espécie para a zona da mata de Minas Gerais, Brasil. *Novon A Journal for Botanical Nomenclature* Vol 17, n° 4. p. 436.

- Fraga, C. N e Stehmann. 2010. Novidades Taxonômicas para Dilleniaceae. *Rodriguésia* 61 (Sup.): S01-S06. 2020.
- Gavilanes, M. L.; Da Silva, A. M.; Dias, M. V. de F.; De Oliveira, J. A; Corrêa, F. F.; Rodrigues, L. C. de A e Duarte, V. P. 2020. Estrutura foliar de *Byrsonima coccolobifolia* Kunth. (Malpighiaceae) em ambiente de cerrado e campo rupestre. *Research, Society and Development*, v.9, n.12. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10077>.
- Gomes, M. R. A. 2011. Anatomia, histoquímica e ultraestrutura de folhas de *Byrsonima basiloba* e *Byrsonima coccolibifolia* (Malpighiaceae). Consórcio Setentrional de Educação a Distância Universidade de Brasília e Universidade Estadual de Goiás.
- González, N. K.C. 2016. Nuevos Morfotipos de Hojas de Angiospermas del Mioceno de San Esteban Tizatlán, Tlaxcala, México. Benemérita Univerdidad de Puebla..
- Hikey L. J. 1973. Classification of The Architecture of Dicotyledonous Leaves. *American Journal Of Botany*, Vol. 60, Nº. 1, P. 17-33.
- Hollowell, V. F. T.; Berry, P.; Kelloff. C.; Alexandrer, S. N. 2007. Checklist of the plantes of the Guiana Shield (Venezuela: Amazonas, Bolivar, Delta Amacuro; Guyana, Suriname, French Guiana). *Contributions from the United States National Herbarium* V.55. p.1-584.
- Jácome, R. L. R. P.; Oliveira, V. D. C.; Oliveira, M. A. T.; Mariano, M. C. F.; Oliveira, A. B. 2009. Comparative pharmacognostic study of leaves of *Davilla elliptica* A. St.-Hil. e *D. rugosa* Poir., Dilleniaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 20(3):390-396 DOI: 10.1590/S0102-695X2010000300016.
- Judd, W. S.; Campbell, C. S.; Kellogg, E. A.; Stevens, P. F. e Donoghue, M. J. 2009. *Sistemática Vegetal: um enfoque filogenético*. tradução André Olmos Simões, et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 632p.
- Landrum, L.R., Kawasaki, M.L., 1997. The genera of Myrtaceae in Brasil: an illustrated synoptic treatment and identification keys. *Brittonia* 49, p.508-536.

- Marques-De- Souza, J.; Trajano, A. S; Oliva, D. A. 2018. Folhas Mumificadas da Formação Boa Vista, Bacia Sedimentar do Tacutu, Roraima. Semana Nacional De Ciência E Tecnologia 2018: Ciência Para A Redução Das Desigualdades (Boletim De Resumos), Boa Vista, Editora Da Uerr.
- Melo, M. C e Barbosa, R. I. 2007. Árvores e arbustos das savanas de roraima: guia de campo ilustrado. Boa Vista, PMBV/ CONSEMMA.
- Melo, M. C E Barbosa, R. I. 2007. Árvores e Arbustos Das Savanas de Roraima: Guia De Campo Ilustrado. Boa Vista, Pmbv/ Consemma.
- Meneses, M. E. N. S.; Costa, M. L.; Enters, D E Behling, H. 2015. Environmental Changes During The Last Millennium Based On Multi-Proxy Palaeoecological Records In A Savanna-Forest Mosaic From The Northernmost Brazilian Amazon Region. Anais da Academia Brasileira De Ciências.
- Menezes, F. T. B.; Wankler, F. L.; Veloso, R. S.; Gama, C. V. C. 2020. Sistemas Depositionais Fluviais: Análise Estratigráfica das Unidades Sedimentares da Formação Boa Vista, Nordeste da Bacia do Tacutu, RR. Rev. Geogr. Acadêmica V.14, N.1.
- Menezes, J e Flores, A. S. 2013. A família Malpighiaceae em uma área de savana em Roraima, Brasil. Bol. Mus. Int. de Roraima. V. 7(2): 55- 63.
- Metcalf, C.R. and Chalk, L.1979. Anatomy of Dicotyledonous. 2nd Edition, Clarendon Press, Oxford. p.456-473.
- Miranda, I. S e Absy, M. L. 2000. Fisionomia da Savanas de Roraima. Acta Amazonica 30 (3). p. 423-440.
- Morais, R. P; Carvalho, T. M. 2015. Aspectos Dinâmicos da Paisagem do Lavrado, Nordeste de Roraima. São Paulo, Unesp, Geociências, V. 34, N 1, P. 55-68.
- Nascimento, C. H. C e Lins, J. W. R. Lavrado: A paisagem invisível. v.1. p.139- 155.

Oliveira, A. C. 2020. Paleoincêndios como Indicadores de Mudanças Climáticas Durante o Cenozóico (Formação Boa Vista), Bacia do Tacutu, Roraima. Trabalho De Mestrado Acadêmico Em Recursos Naturais (Dissertação) Da Universidade Federal De Roraima- Ufr.

Oliveira, E. F; Bezerra, D .G; Santos, M. L; Rezende, M. H; & Paula, J. A. M. 2017. Leaf morphology and venation of *Psidium* species from the Brazilian Savanna. Rev. bras. farmacogn. 27 (4). <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2017.03.005>.

Oliveira, L. A. 2000. Anatomia foliar das espécies de Dilleniaceae da Estação Ecológica do Panga (Uberlândia- MG), Universidade Federal de Uberlândia, Monografia, p.33.

Possobom, C. C. F; Guimarães, E.; Machado, S. R. 2010. Leaf glands act as nectaries in *Diplopterys pubipetala* (Malpighiaceae). Plant Biology 12, p. 863-870.

Poter, D. M. 1972. Three new species of *Zanthoxylum* (Rutaceae) from Deriën Province, Panama. Journal of the Arnold Arboretum. Vol. 53. p. 408.

Reis, N. J; Nunes, N. S. V; Pinheiro, S. S. 1994. A cobertura Mesozóica do Hemigráben Tacutu- Estado de Roraima: Uma Abortagem Paleoambiental da Formação Do Tucano. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 38, 1994, Balneário Camboriú, Resumos, Balneário Camboriú: Ufsc, V.3.P. 234-235.

Santos, A. S.; Holanda E. C.; Souza V.; Guerra-Sommer M.; Manfroi J.; Uhl D; Jasper A. 2016. Evidence of palaeo-wildfire from the upper Lower Cretaceous (Serra do Tucano Formation, Aptian and Albian) of Roraima (North Brazil). Cretaceous Research N° 57. p. 46-49.

Santos, J. V. da C; Oliveira, M. de F. V; Filho, F. S. S; Silva, L. N. N. dos S & Araújo, J. S. 2020. The taxonomic value of leaf anatomy for species *Byrsonima*: a difficult genus of

Malpighiaceae Juss. Acta Botanica Brasilica - 34(3): 570-579. doi: 10.1590/0102-33062020abb0144.

Silva, L.N.N.S.; Vilarinho, M. P.; Araújo, J.S.; Santos-Filho, F. S. 2020. New records of *Bronwenia megaptera* (B. Gates) W.R Anderson & C. C. Davis for the State of Piauí, Brazil. Revista Brasileira de Geografia Física. v.13. n.03. p. 2233-2240.

Soares, M. L., Rezende, M. H., Ferreira, H. D., Figueiredo, A. D. L., Bustamante, K. G. L., Bara, M. T. F e De Paula, J. R. 2003. Caracterização farmacognóstica de folhas de *Davilla elliptica* St.- Hil. (Dilleniaceae). Revista Brasileira de Farmacognosia 15 (4) DOI: 10.1590/S0102-695X2005000400017.

Soares-Silva, L. H; Proença, C. E. B. 2008. A new species of *Psidium* L. (Myrtaceae) from southern Brazil. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Volume 158, p. 51–54, <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2008.00727.x>.

Sousa E Silva S.C. 2013. Flora Pleistocênica Do Paleolago Cemitério, Catalão, Go: Taxonomia e Fitofisionomia. Programa De Pós-Graduação Em Geociências, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Tese De Doutorado.

Souza, V.; Vieira, C. E. L.; Costa J. A. V.; Matos, S. C.; Soares V. M. A. 2009.Ocorrência de Lenhos Fósseis na Bacia do Tacutu-Roraima. Revista Acta Geográfica, Ano III, N°5, Jan./Jun. P.73-77.

Stace, C. A. 1965. Cuticular studies as an aid to plant taxonomy. The British Museum (Natural History) Botany. V. 4. n.1. p. 1-78.

Tassinari, C.G.C.; Macambira, M.J.B.1999. Geochronological Provinces of the amazonian Craton. Episodes, 22(3): p. <http://dx.doi.org/10.18814/epiugs/1999/v22i3/004>.

The New York Botanical Garden. 2017. C.V. Starr Virtual Herbarium. Disponível

Em:<[Http://Http://Sweetgum.Nybg.Org/Science/Vh/](http://Sweetgum.Nybg.Org/Science/Vh/)>.

Vaz, P.T.; Wanderley Filho, J.R.; Bueno, G.T. 2007. Bacia Do Tacutu. *Boletim De Geociências*, (15)2: 289-298.

Wankler, F. L; Marques- De- Souza, J. 2018. Análise Mineralógica e Espectrométrica e Considerações Acerca da Datação Relativa de Folhas Fósseis Provenientes da Bacia do Tacutu, Roraima, Brasil. *Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2018: Ciência para a Redução das Desigualdades, Boletim de Resumos*, Boa Vista, Editora da Uerr.

Wilf, P. 2008. Fossil Angiosperm Leaves: Paleobotany's Difficult Children Prove Themselves. In *From Evolution to Geobiology: Research Questions Driving Paleontology at the Start of a New Century*, Paleontolog. Paleontological Society Papers, v.14. p. 320-333.

Wilf, P.; Wing, S. L.; Mayer, H. W.; Rose, J. A.; Saha, R.; Serre, T.; Cúneo, N. R.; Donovan, M. P.; Erwin, D. M.; Gandolfo, M. A.; Gonzáles-Akre, E.; Herrera, F.; Hu, S.; Iglesias, A.; Johnson, K. R.; Karim, T. S e Zou, X. 2021. An image dataset of cleared, x-rayed, and fossil leaves vetted to plant family for human and machine learning. *PhytoKeys* 187: 93–128) doi: 10.3897/phytokeys.187.72350.

Figuras

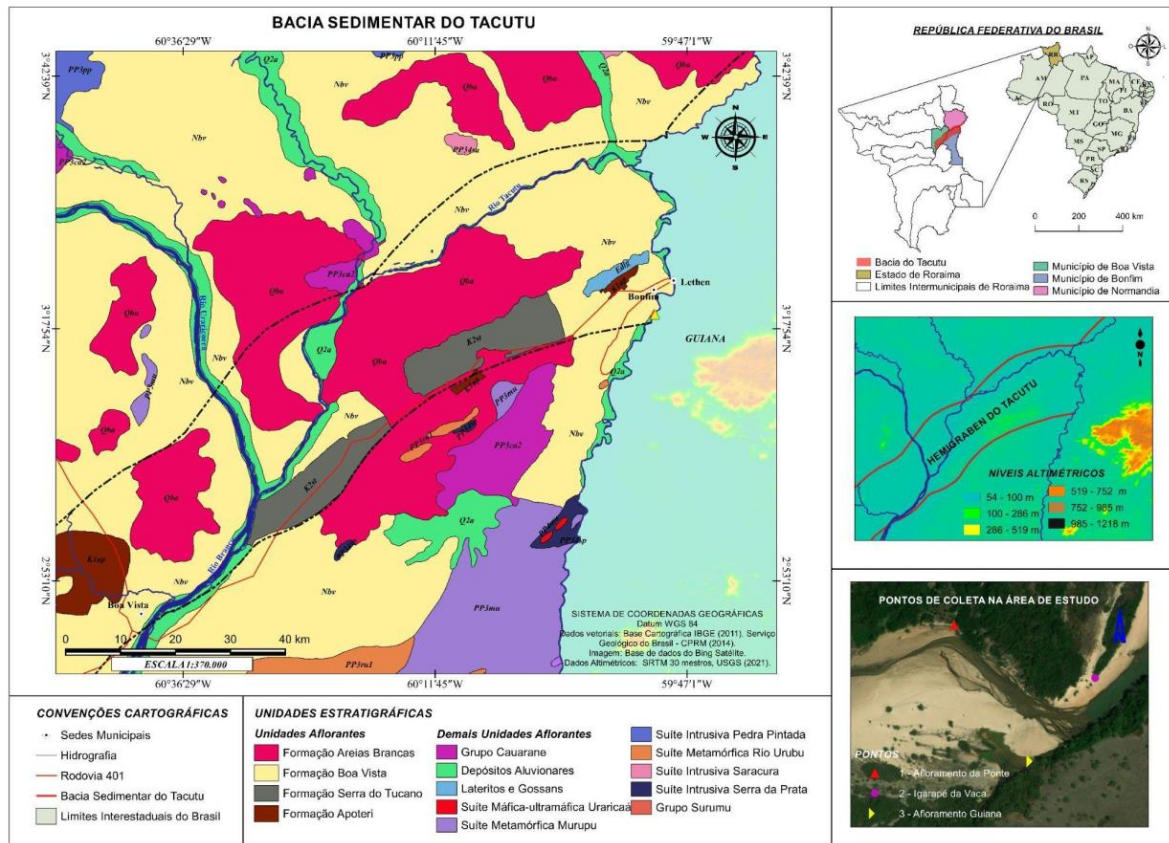


Figura 01.

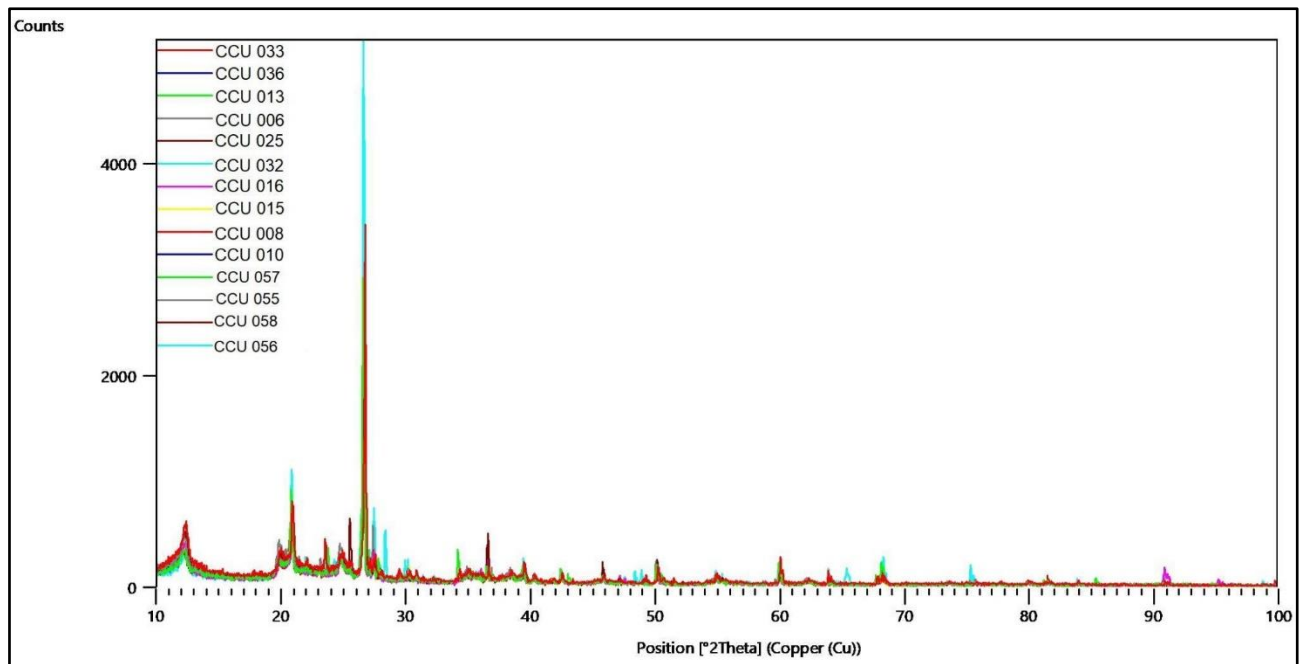


Figura 02.

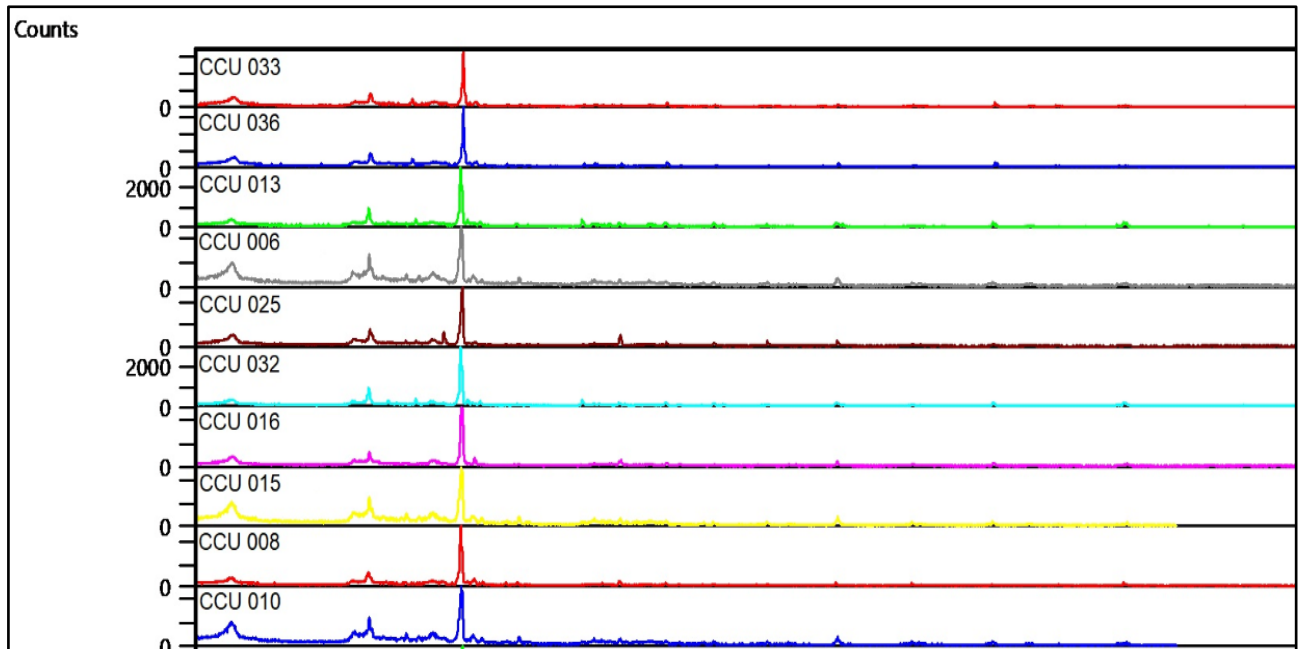


Figura 03.

Tabela 01.

AMOSTRAS DA FORMAÇÃO BOA VISTA			
AMOSTRAS		MINERAIS	COMPOSIÇÃO QUÍMICA
CCU 058; CCU 057, CCU 056		Caulinita (Kaolinite 2/ITM/RG)	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$
		Quartzo	SiO_2
		Ortoclásio(orthoclase)	$KAlSi_3O_8$
		Anortita Sodica	$Ca(Al_2Si_2O_8)$
CCU 055		Quartzo	SiO_2
		Ortoclásio(orthoclase)	$KAlSi_3O_8$
		Caulinita (Kaolinite 2/ITM/RG)	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$
		Óxido de (alumínio e sódio)	$Al_2O_3 Na_2O$
AMOSTRAS FOSSILÍFERAS			
CCU 033		Quartzo	SiO_2
		Ortoclásio(orthoclase)	$KAlSi_3O_8$
		Caulinita (Kaolinite 2/ITM/RG)	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$
CCU 036		Quartzo	SiO_2
		Ortoclásio(orthoclase)	$KAlSi_3O_8$
		Caulinita (Kaolinite 2/ITM/RG)	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$
CCU 013 CCU 006	CCU 016 CCU 015	Anortita Sodica	$Ca(Al_2Si_2O_8)$
		Ortoclásio(orthoclase)	$KAlSi_3O_8$

CCU 025 CCU 032	CCU 008 CCU 010	Caulinita (Kaolinite 2/ITM/RG)	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$
--------------------	--------------------	-----------------------------------	-----------------------

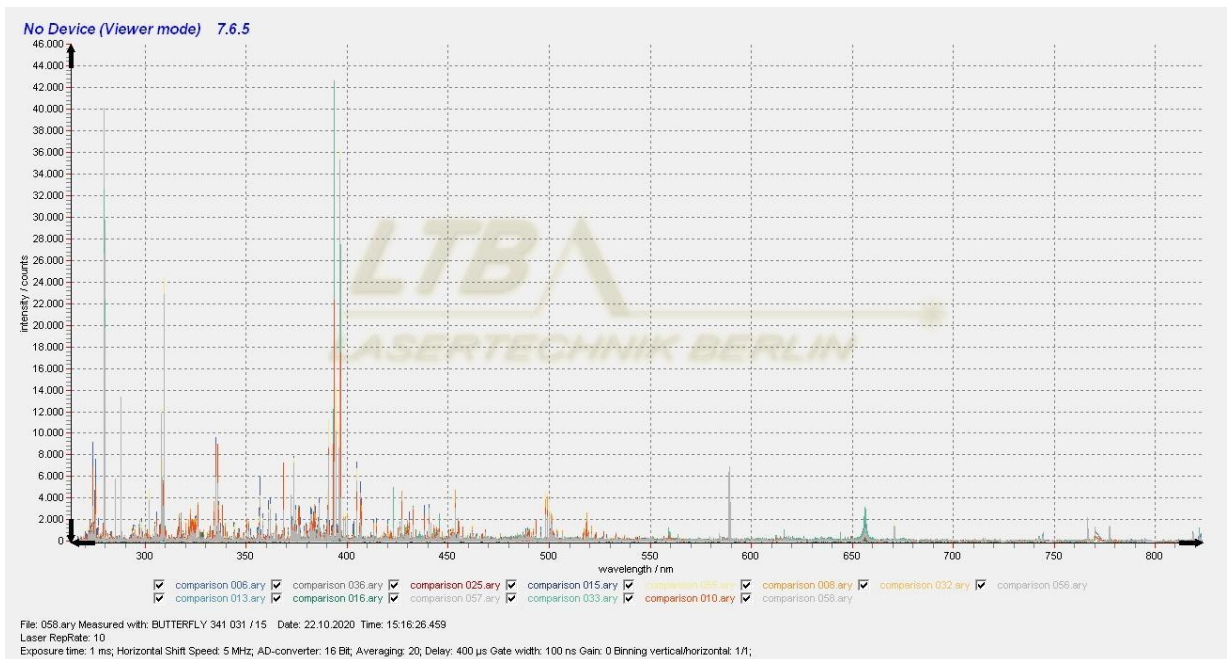


Figura 04.

Tabela 02.

BV- 01 Argila fossilífera		CA03- 73 –argila da Formação Boa Vista – Poço CPRM	
Minerais	Composição Química	Minerais	Composição Química
Quartzo	SiO_2	Quartzo	SiO_2
Caulinita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	Caulinita 1\ITA\RG	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$
Anatásio	TiO_2	Muscovite 2M1, syn	$KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$
Microcline (ortóclasio)	$KAlSi_3O_8$	Rutilo	TiO_2
Montmorillonite (bentonite)	$(Na, Ca)_{0.3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot xH_2O$		
Illita-2\ITM\RG#1 [NR]	$(K, H_3O)Al_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$		
TA-01 - Argila do afloramento da Fm. Boa Vista			
Minerais	Composição Química		
Quartzo	SiO_2		
Caulinita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$		
Anatásio	TiO_2		
Microcline (ortóclasio)	$KAlSi_3O_8$		
Montmorillonite (bentonite)	$(Na, Ca)_{0.3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot xH_2O$		
Illita -2\ITM\RG#1 [NR]	$(K, H_3O)Al_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$		

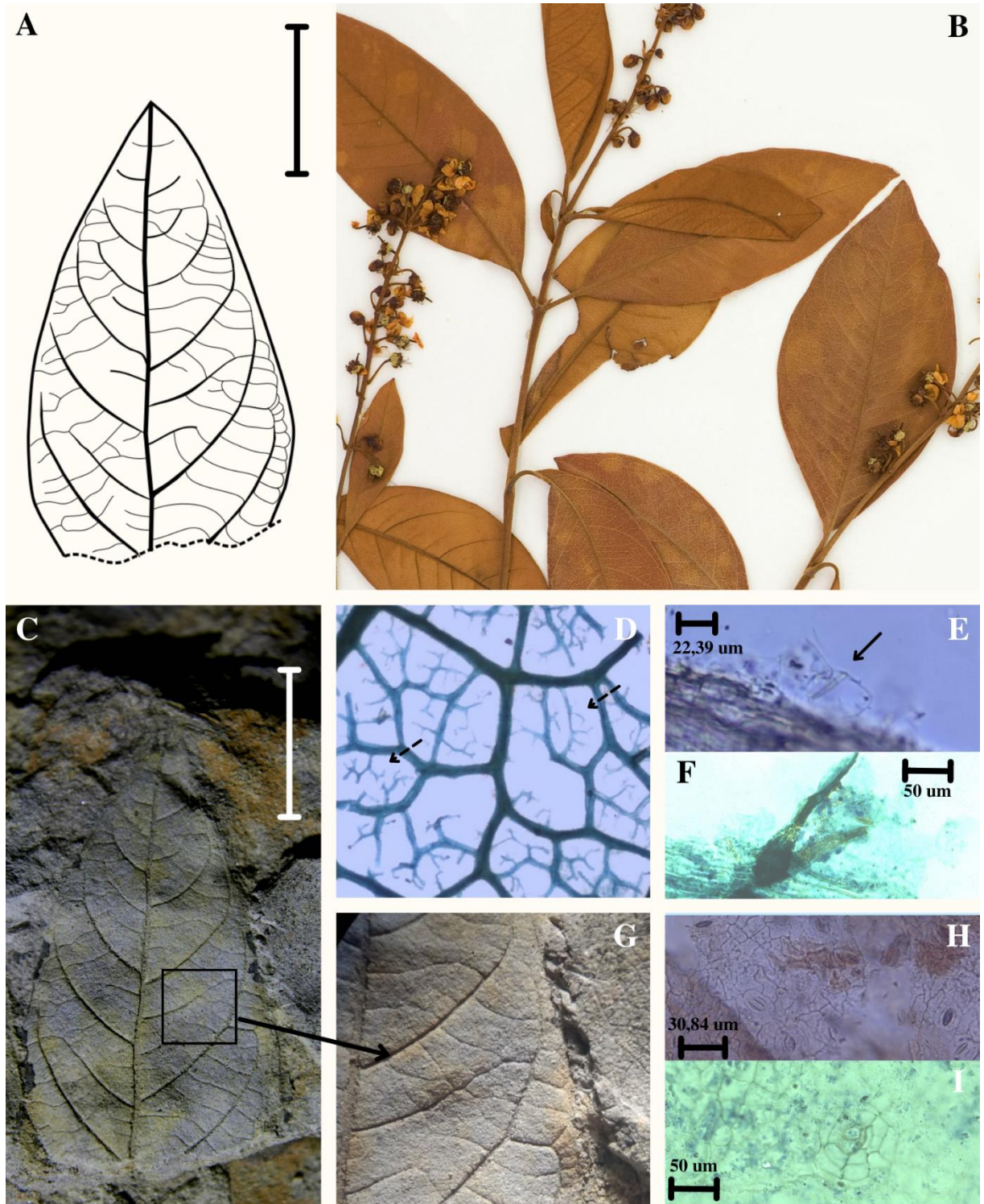


Figura 05.

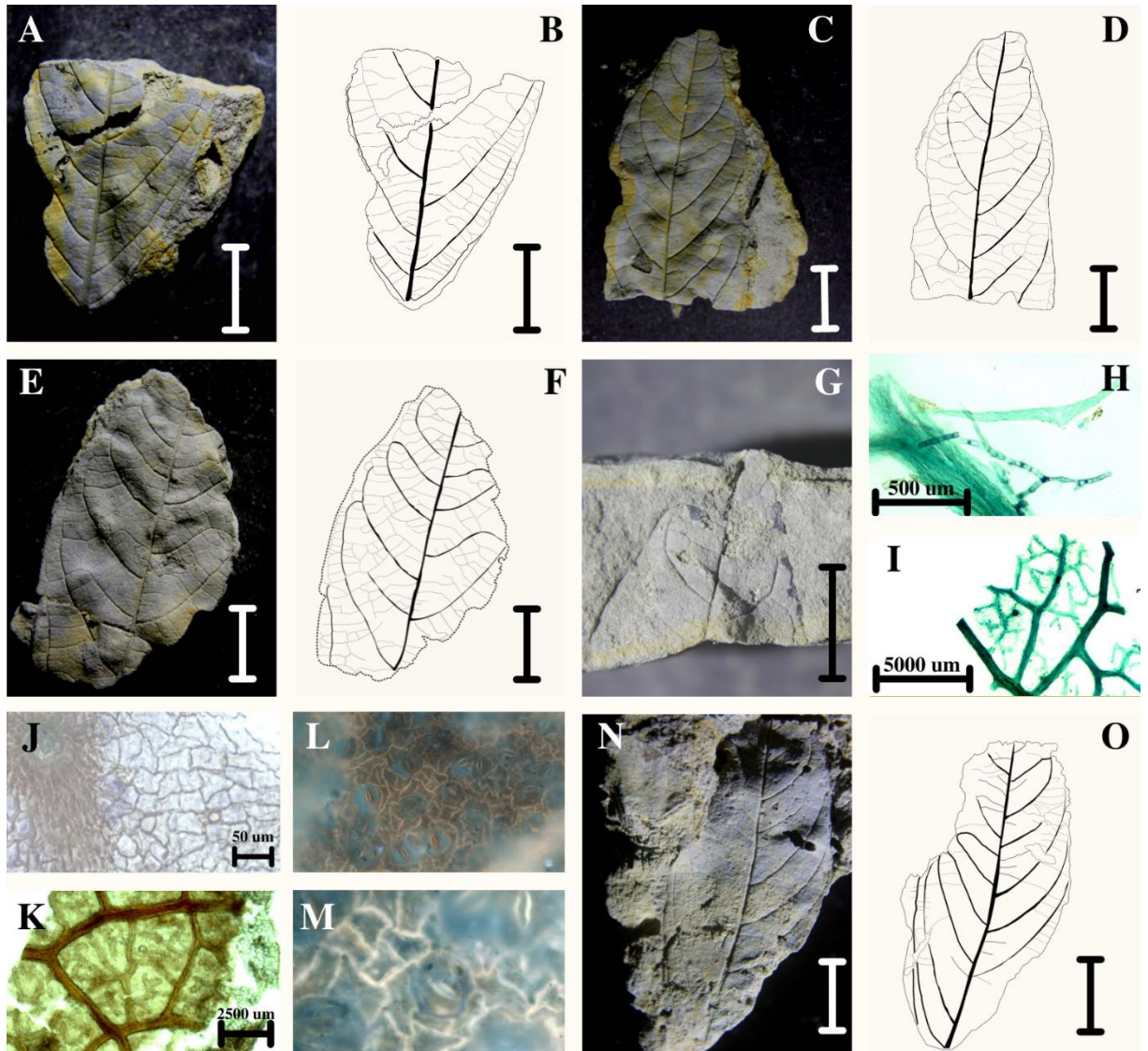


Figura 06.

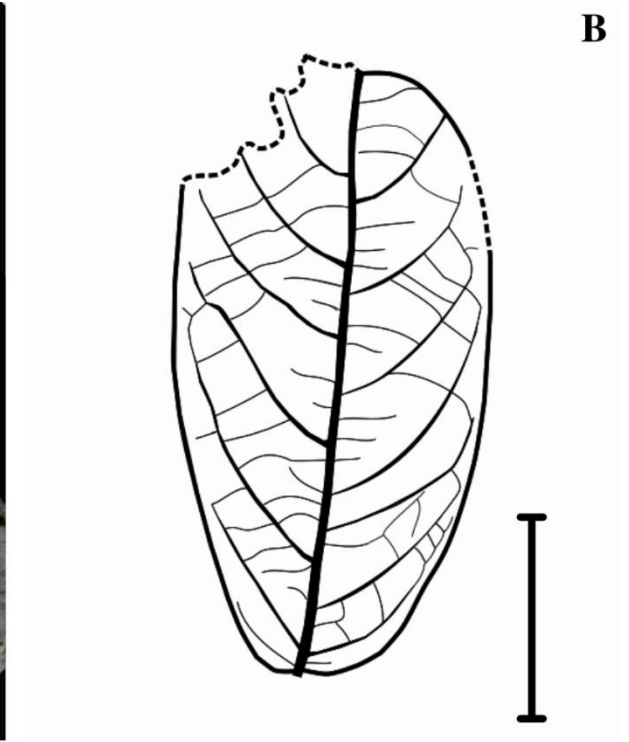


Figura 07.

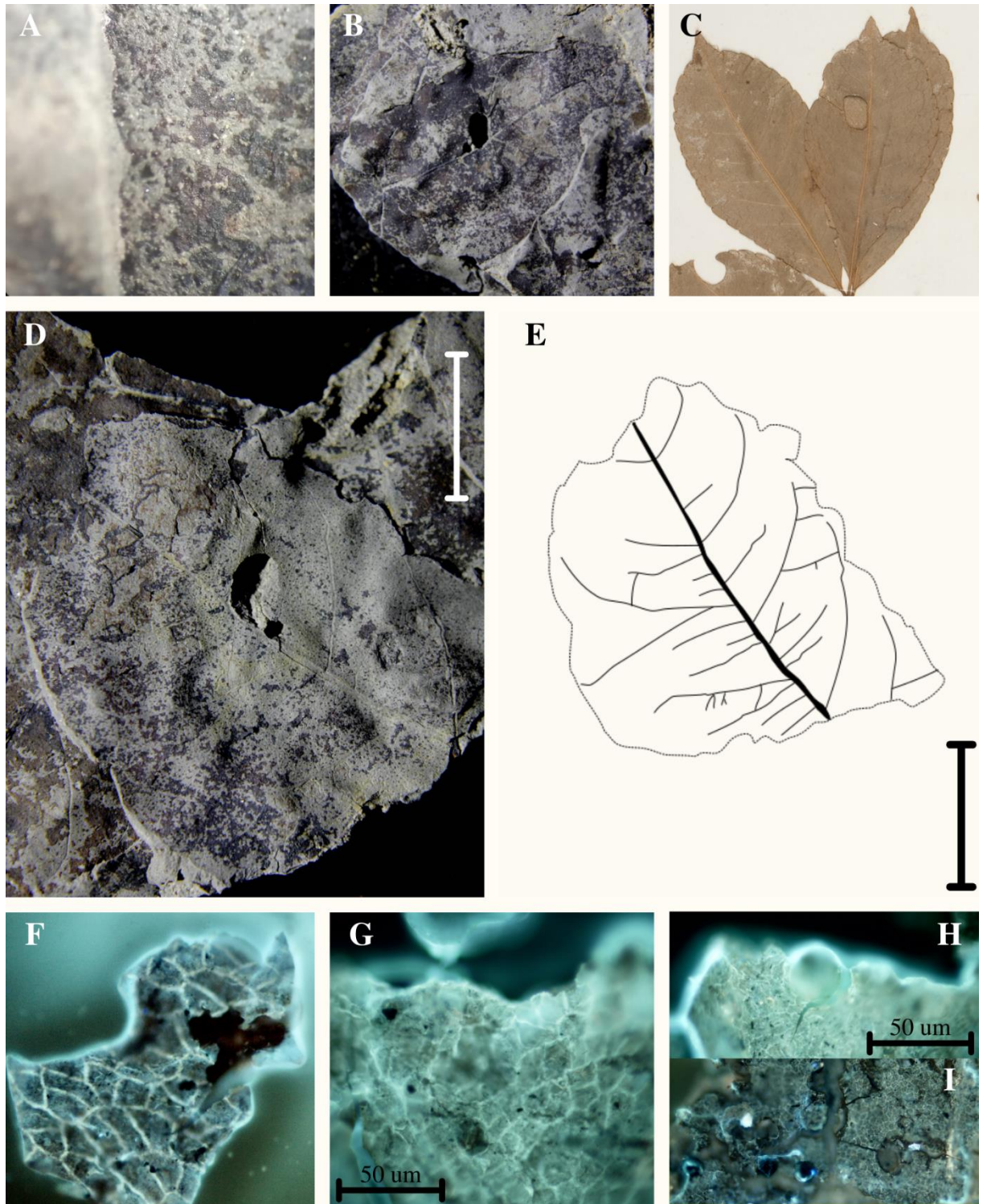


Figura 08.

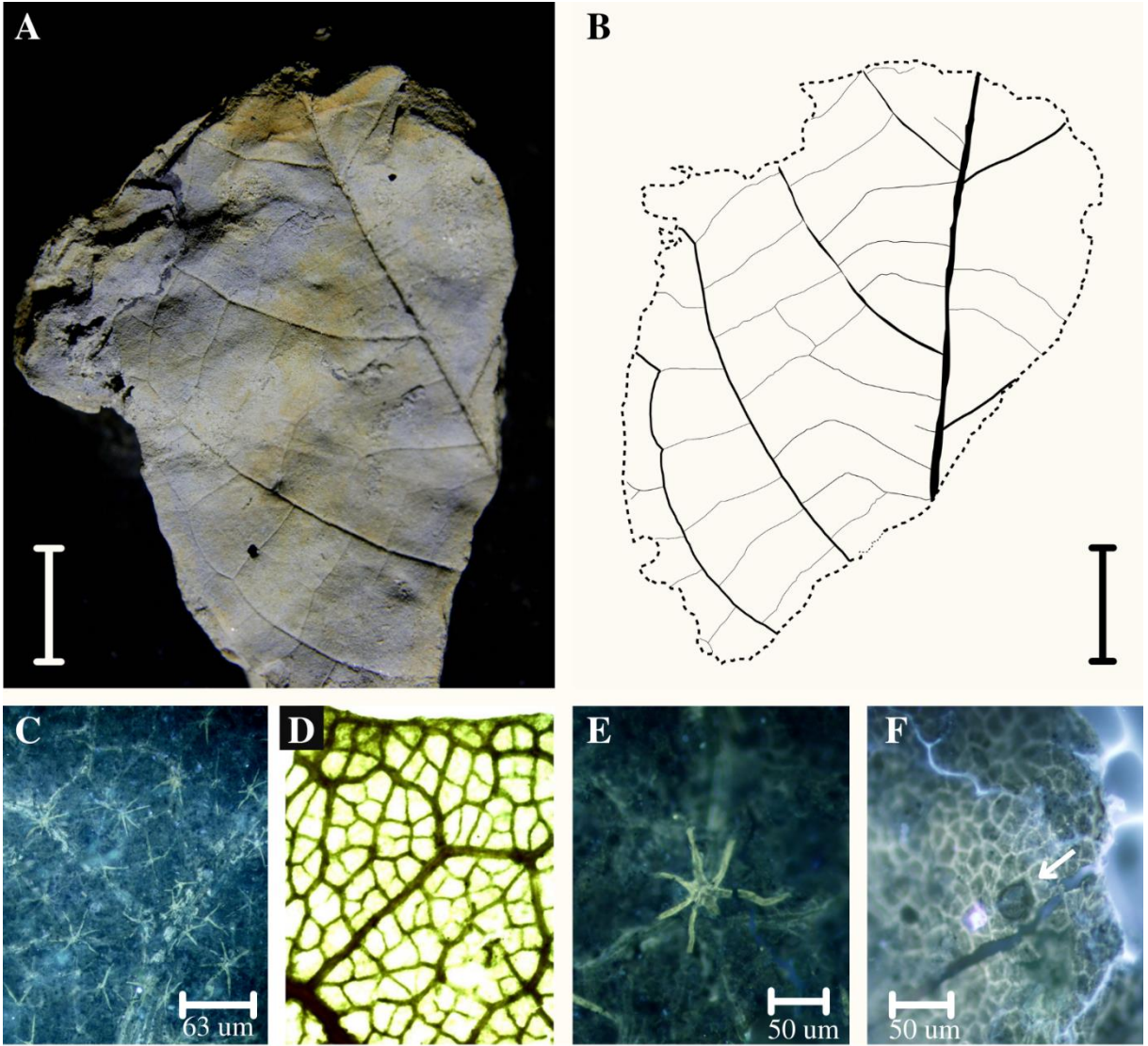


Figura 09.

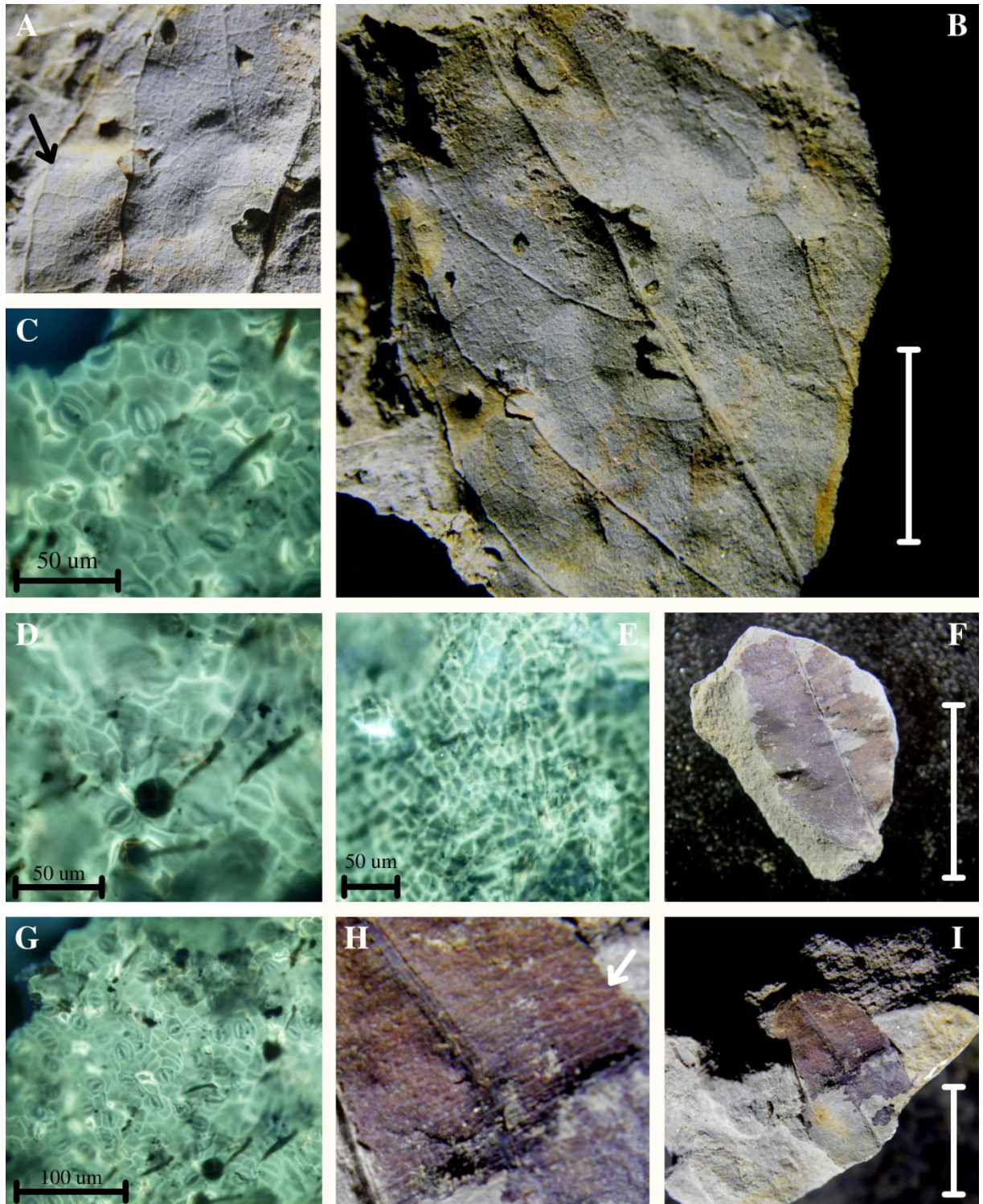


Figura 10

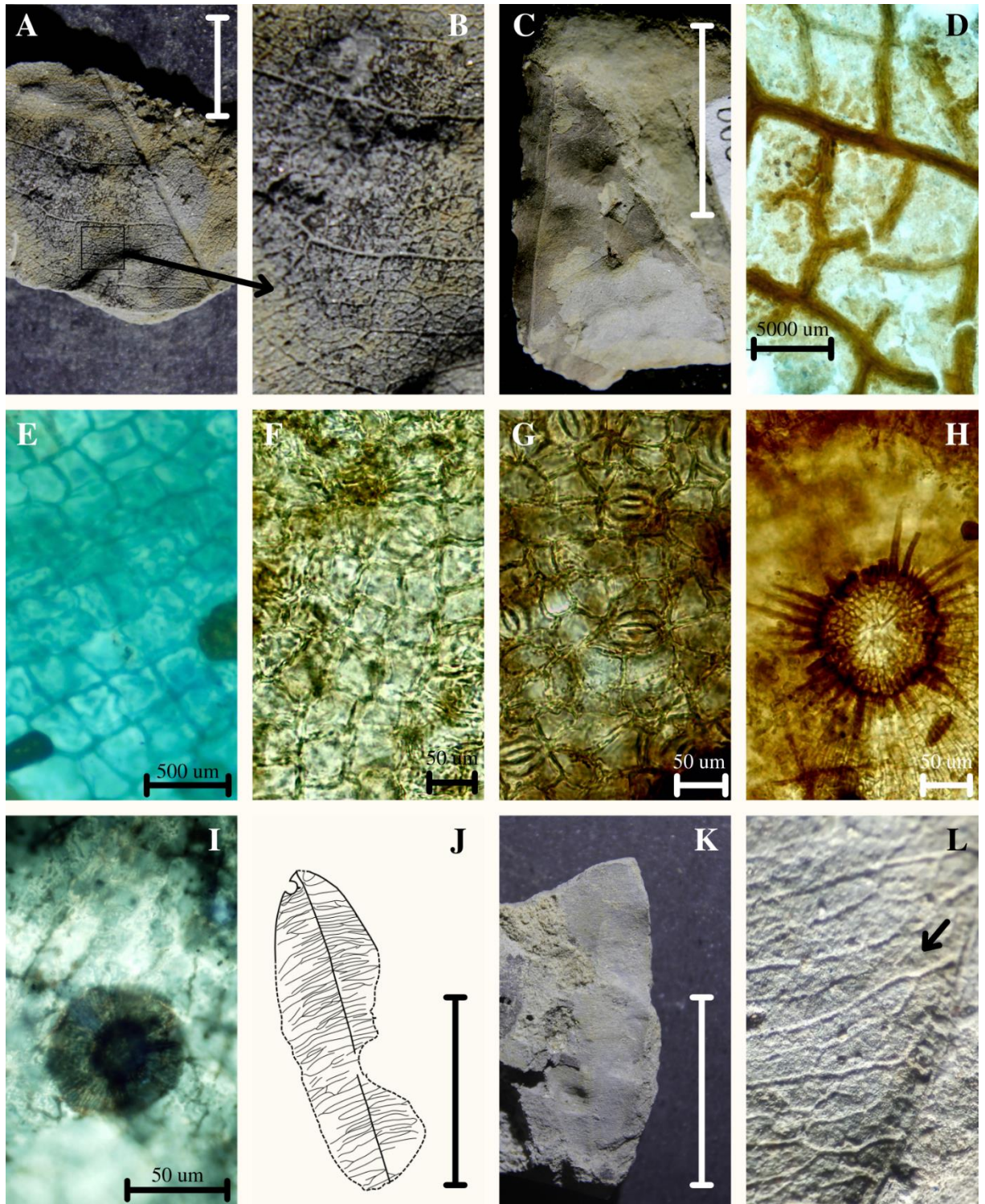


Figura 11.

Legendas

Figura 1: Mapa de localização da Bacia do Tacutu, com as unidades estratigráficas e com os pontos de coleta.

Figura 2: Gráfico do DRX que apresenta os resultados sobrepostos de todas as amostras analisadas, indicando que são semelhantes entre si, em termos de composição.

Figura 3: Gráfico do DRX apresentando as amostras separadas, onde é possível notar semelhança na intensidade dos picos.

Figura 4: Resultado das análises de LIBS em dez amostras fossilíferas provenientes do leito do rio Tacutu e quatro amostras controle recuperadas da Formação Boa Vista.

Figura 5: *Byrsonima* (A) Ilustração das venações primária, secundárias e terciárias; (B) Exsicata de *Byrsonima* (fonte: New York Botanical Garden- Herbarium); (C) Fóssil (CCU 016); (D) Venações de menor ordem com terminações livres (setas tracejadas); (E) Tricoma Malpighiaceo “T” (seta); (F) Tricoma em forma de V; (G) Detalhe de venação terciária reticulada; (H) Estômatos paracíticos e (I) Estômato anomocítico. **Escala** 1cm.

Figura 6: *Byrsonima* (A) Fóssil (CCU 006); (B) Ilustração mostrando as venações primária, secundárias (broquidódroma) e terciárias (reticulada); (C) Fóssil (CCU 011) e (D) Ilustração com as venações primária, secundária (broquidódroma) e terciária (reticulada); (E) Fóssil (CCU 035); (F) Ilustração detalhando as venações; (G) Fóssil (CCU 007); (H) Fotografia de microscópio óptico mostrando um tricoma em T; (I) Venação de quinta ordem com terminações livres; (J) Epiderme; (K) Venação de ordem inferior; (L-M) Estômatos paracíticos; (N) Fóssil (CCU 003) e (O) Ilustração. **Escala** 1cm.

Figura 7: *Psidium* (A) Fóssil (CCU 033); (B) Ilustração detalhando as venações primária, secundárias e terciárias; (C) Exsicata de *Psidium* (fonte: New York Botanical Garden- Herbarium); (D; E) Detalhe das venações secundárias e terciárias. **Escala** 1cm.

Figura 8: *Zanthoxylum* (A) Detalhe da margem crenada (CCU 005b); (B) Fóssil (CCU 005a); (C) Exsicata (fonte: New York Botanical Garden- Herbarium); (D) Fóssil (CCU 005b); (E) Ilustração; (F) Epiderme; (G) Estômato paracítico na face adaxial; (H) Gota de óleo secreção e (I) Cavidade das glândulas oleíferas. **Escala** 1cm.

Figura 9: Dillaniaceae (A) Fóssil incompleto (CCU 008); (B) Ilustração que detalha as venações, primária, secundárias e terciárias; (C) Microscopia de fluorescência de tricomas estrelados na lâmina foliar e sobre as venações (10x); (D) Microscopia óptica mostrando as venações quaternárias e quinquenárias (10x); (E) Detalhe de tricoma estrelado, microscopia de fluorescência (20x); (F) Células epidérmicas isodiamétricas e depósito de cristal (seta). **Escala** 1cm

Figura 10: **Morfotipos 1 e 2** (A) Detalhe mostrando as venações (CCU 027-Morfotipo 1)(seta); (B) Fóssil (CCU 027-Morfotipo 1); (C) Microscopia de fluorescência da epiderme abaxial (20x) (CCU 027); (D) Microscopia de fluorescência de tricoma detector(40x) (CCU 027); (E) Epiderme adaxial (20x) (CCU 027); (F) Fóssil (CCU 036- Morfotipo 2); (G)

Detalhe dos estômatos paracíticos (40x) (CCU 027); (H) Detalhe das venações (CCU 015) seta branca) e (I) Fóssil (CCU 015- Morfotipo 2). **Escala** 1cm.

Figura 11: **Morfotipo 3, 4 e 5** (A-B- Morfotipo 3) Em A detalhe das venações e B fóssil (CCU 017ab); (C) Fóssil (CCU 009- Morfotipo 4); (D) Venações de quarta ordem(4x)CCU 009; (E) Epiderme adaxial (40x)CCU 009; (F) Ornamentação das células epidérmicasCCU 009; (G) Estômatos paracíticosCCU 009; (H) Tricoma peltado CCU 009; (I) Tricoma peltado em microscopia de fluorescência (40x) CCU 009; (J) Ilustração 013A; (K) Fóssil (CCU 013A- Morfotipo 5) e (L) Detalhe das venação craspedódroma (seta preta)013A . **Escala** 1cm.

Tabela 1: Composição química e mineralógica das amostras controle, retiradas dos níveis expostos da Formação Boa Vista (CCU 058, 057, 056, 055), e das amostras fossilíferas (CCU 033, 036, 013, 006, 025, 032, 016, 015, 008, 010) recuperadas do leito do rio Tacutu.

Tabela 2: Reprodução do quadro com os resultados obtidos no trabalho realizado por Wankler e Marques-de- Souza.

5 Considerações Finais

O presente estudo apresenta análises realizadas em registros de macrofósseis vegetais (folhas) do Pleistoceno-Holoceno da Bacia do Tacutu, recuperados do leito do rio Tacutu, localizado na fronteira do Brasil e a República Federativa da Guiana. O estudo taxonômico realizado consistiu na preparação, descrição e inclusão em um banco de dados de 24 espécimes, os quais foram identificados 16, tendo sido determinadas como representantes dos gêneros *Byrsonima* Rich. ex Kunth, *Psidium* L. e *Zanthoxylum* L., além de um representante da família Dilleniaceae. As outras amostras foram agrupadas em cinco morfotipos e descritas.

No que se refere ao posicionamento estratigráfico dos espécimes, foram realizadas análises utilizando os métodos LIBIS e DRX, comparando-se as dez amostras fossilíferas coletadas na calha do rio Tacutu à três amostras de argilito semi-consolidado, recuperados de depósitos sedimentares aflorantes, situados à montante e atribuídos à Formação Boa Vista. Verificou-se com o LIBS que as amostras possuem a mesma composição física, e o DRX mostrou tanto semelhanças físicas como químicas em sua composição. Assim podendo-se inferir que as amostras são provenientes de depósitos da Formação Boa Vista.

REFERÊNCIAS

ALBERS, A. P. F.; MELCHIADES, F. G., MACHADO, R.; BALDO, J. B.; BOSCHI, A. O. **Um Método Simples de Caracterização de Argilominerais por Difração de Raios X**. Cerâmica, v. 48 (305), p. 34-37, 2002.

ASH A.; ELLIS B.; HIKEY L. J.; JOHNSON K.; WILF P.; WING S. **Manual of Leaf Architecture** - Morphological Description and Categorization of Dicotyledonous and Net-Veined Monocotyledonous Angiosperms by Leaf Architecture. p.65, 1999.

BARBOSA, R. I; MIRANDA, I. DE. S. Fisionomias e Diversidade Vegetal das Savanas de Roraima, IN: **Barbosa, R. I; Xaud H. A. M; Costa e Souza J.M.** Savanas de Roraima- Etnocologia, Biodiversidade e Potencialidades, Agrossilvipastoris. 2004.

BURKE, K. **Development of Graben Associated with the Initial Ruptures of the Atlantic Ocean**. Sedimentary Basins of Continental Margins and Cratons, 36 (1-3), p. 93-112. 1976. [http://dx.doi.org/10.1016/0040-1951\(76\)90009-3](http://dx.doi.org/10.1016/0040-1951(76)90009-3).

CAMPOS S. R. DE S.; CARVALHO L. M. T. DE; SCOLFORO J. R.; OLIVEIRA A. D. DE.; MARTINHAGO A. Z.; VEIGA R. D.; LIMA R. R. DE. **Banco de Dados**, 2008.

CARDOSO N. **Paleoecologia da Flora de Catalão, Paleolago Cemitério, Estado de Goiás**. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 2007.

CARPENTER K. J. **Stomatal Architecture and Evolution in Basal Angiosperms**, American Journal of Botany, v.92, p.1595-1615, 2005.

COSTA J. A. V.; FALCÃO M. T. **Compartimentação Morfotectônica e Implicações de Evolução do Relevo do Hemigráben do Tacutu no Estado de Roraima**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.12, n.1, p.85-94, 2011.

CRAWFORD F. D., SZELEWSKI C. E.; ALVEY G. D. **Geology and Exploration in the Takutu Graben of Guyana and Brazil**. Journal of Petroleum Geology, p. 5-36, 1985.

DILCHER, D. L. **Apprisches to The Identification of Angiosperm Leaf Remains**. Vol. 40. n°.1. p. 145.1974.

DUTRA T. L. **Técnicas e Procedimentos de Trabalhos com Fósseis e Formas Modernas Comparativas**. Ed. Unisinos, 2002.

EIRAS J. F.; KINOSHITA E. M. **Geologia e Perspectivas Petrolíferas na Bacia do Tacutu**. Origem e Evolução das Bacias Sedimentares, PETROBRAS, 1990.

ELLIS, B.; DALY, D.; HICKEY, L.J.; JOHNSON, K.R.; MITCHELL, J.; WILF, P.; WING,

S.L. **Manual of Leaf Architecture**. Cornell University Press, P.190, 2009.

HIKEY L. J. **Classification of The Architecture of Dicotyledonous Leaves**. American Journal of Botany, Vol. 60, Nº. 1, P. 17-33, 1973.

LATRUBESSE, E. M. E NELSON, B. W. **Evidence for Late Quaternary Aeolian Activity in The Roraima-Guyana Region**. Catena. v.43 p. 63-80. 2001. doi: 10.1016/S0341-8162(00)00114-4.

Marques- de- Souza, J.; Trajano, A. S; Oliva, D. A. **Folhas Mumificadas da Formação Boa Vista, Bacia Sedimentar do Tacutu, Roraima**. Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2018: ciência para a redução das desigualdades, Boa Vista, Editora da UERR, 2018.

MENEZES, F. T. B.; WANKLER, F. L.; VELOSO, R. S.; GAMA, C. V. C. **Sistemas Depositionais Fluviais: Análise Estratigráfica das Unidades Sedimentares da Formação Boa Vista, Nordeste Da Bacia Do Tacutu, RR**. Revista de Geografia. Acadêmica v.14, n.1, 2020.

MORAIS, R. P; CARVALHO, T. M. **Aspectos Dinâmicos da Paisagem do Lavrado, Nordeste de Roraima**. São Paulo, Unesp, Geociências, v. 34, n 1, P. 55-68, 2015.

OLIVEIRA, A. C. **Paleoincêndios como Indicadores de Mudanças Climáticas Durante o Cenozóico (Formação Boa Vista), Bacia do Tacutu, Roraima**. Trabalho de Mestrado acadêmico em Recursos Naturais (dissertação) da Universidade Federal de Roraima- UFRR, 2020.

Reflora Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro disponível em: <<http://http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>

SANTOS, A. C. S.; HOLANDA E. C.; SOUZA V. DE.; GUERRA-SOMMER M.; MANFROI J.; UHL D; JASPER A. **Evidence of Palaeo-Wildfire From The Upper Ower Cretaceous (Serra do Tucano Formation, Aptian E Albian) of Roraima (North Brazil)** . Cretaceous Research Nº 57. P. 46-49. 2016.

SOUSA E SILVA S.C. **Flora Pleistocênica do Paleolago Cemitério, Catalão, GO: Taxonomia e Fitofisionomia**. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 2013.

SOUZA V.; VIEIRA C. E. L.; COSTA J. A. V. DA.; MATOS S. C. DE.; SOARES V. M. A. **Ocorrência de Lenhos Fósseis na Bacia do Tacutu-Roraima**. Revista Acta Geográfica, Ano iii, Nº5, Jan./Jun. P.73-77. 2009.

TASSINARI, C.G.C.; MACAMBIRA, M.J.B. **Geochronological Provinces of The Amazonian Craton**. Episodes. 22(3), 1999. <http://dx.doi.org/10.18814/epiiugs/1999/v22i3/004>.

The New York Botanical Garden. 2017.C.V. Starr Virtual Herbarium Disponível em:

<[http://http://sweetgum.nybg.org/science/vh/](http://sweetgum.nybg.org/science/vh/)>.

VAZ, P.T.; WANDERLEY FILHO, J.R.; BUENO, G.T. **Bacia do Tacutu**. Boletim de Geociências, (15)2: 289-298 maio/nov 2007.

WANKLER, F. L; MARQUES- DE- SOUZA, J. **Análise Mineralógica e Espectrométrica e Considerações Acerca da Datação Relativa de Folhas Fósseis Provenientes da Bacia do Tacutu, Roraima, Brasil**. Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2018: Ciência para a redução das desigualdades, boletim de resumos, Boa Vista, Editora da UERR, 2018.

WILF, P. **Fossil Angiosperm Leaves: Paleobotany's Difficult Children Prove Themselves** - In From Evolution to Geobiology: Research Questions Driving Paleontology at the Start of a New Century, Paleontological Society Short Course, October 4, 2008.