



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 655

**FAMÍLIAS HYRIIDAE E MYCETOPODIDAE (MOLLUSCA:
BIVALVIA) DA FORMAÇÃO SOLIMÕES (MIO-PLIOCENO),
BACIA DO SOLIMÕES, AM, BRASIL: TAXONOMIA,
INFERÊNCIAS PALEOBIOGEOGRÁFICAS E
PALEOAMBIENTAIS**

Dissertação apresentada por:

LORENA LISBOA ARAÚJO

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Inês Feijó Ramos (MPEG)

BELÉM-PA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal do Pará Gerada automaticamente pelo módulo Ficat,
mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A658f Araújo, Lorena Lisboa.

Famílias hyriidae e mycetopodidae (Mollusca:Bivalvia) da Formação Solimões (Mio-Plioceno) bacia do Solimões, AM, Brasil: taxonomia, inferências paleobiogeográficas e paleoambientais / Lorena Lisboa Araújo. — 2024.

xiv, 70 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Maria Inês Feijó Ramos

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós- Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2024.

1. Neogeno. 2. Paleoambiental. 3. Malacofauna. 4. Amazônia Ocidental. I. Título.

CDD 564



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**FAMÍLIAS HYRIIDAE E MYCETOPODIDAE (MOLLUSCA:
BIVALVIA) DA FORMAÇÃO SOLIMÕES (MIO-PLIOCENO), BACIA
DO SOLIMÕES, AM, BRASIL: TAXONOMIA, INFERÊNCIAS
PALEOBIOGEOGRÁFICAS E PALEOAMBIENTAIS**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:

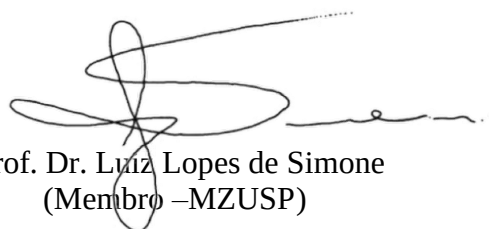
LORENA LISBOA ARAÚJO

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOLOGIA, linha de pesquisa ANÁLISE DE BACIAS SEDIMENTARES.**

Data de Aprovação: 16 / 06 / 2024

Banca Examinadora:


Prof.ª Dr.ª. Maria Inês Ferjós Ramos
(Orientadora – MPEG)


Prof. Dr. Luiz Lopes de Simone
(Membro – MZUSP)


Prof. Dr. Vladimir de Araújo Távora
(Membro – UFPA)

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo apoio incondicional

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me guiar e proteger a cada amanhecer.

À minha família, em especial meus pais Patrícia Lisboa e Paulo Miranda por me ensinarem a ser forte e persistente.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À minha orientadora Dr. Maria Inês Feijó Ramos por aceitar me orientar, pelos ensinamentos, paciência, bem como por me introduzir ao estudo dos moluscos.

Ao Museu Emilio Goeldi (MPEG) e à Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (COCTE) por toda infraestrutura para a realização do trabalho de pesquisa.

Aos professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará (PPGG-UFPA).

Aos amigos e família, Renato Ferreira, Fabrícia Sousa, Katiane Santos, Consuelo Lisboa, Breno Silva, mas principalmente ao Luiz Corrêa por escutar minhas dores e por me aconselhar em momentos de dúvida. Imensa satisfação de ter convivido com vocês.

“Feliz é o homem que persevera na
provação, porque depois de aprovado
receberá a coroa da vida, que Deus
prometeu aos que o amam.”
(Tiago 1:12)

RESUMO

A Formação Solimões é um pacote sedimentar formado por depósitos do Neogeno localizados no oeste da Amazônia. Esta unidade litoestratigráfica se correlaciona com a Formação Pebas, no Peru, e se destaca por possuir um rico e diverso conteúdo fossilífero, principalmente de moluscos. Os estudos sobre bivalves fósseis na Amazônia Ocidental começaram no século XIX com o paleontólogo Gabb, em 1868. Esses organismos, que possuem conchas bivalves calcárias, são importantes, principalmente, para estudos paleoecológicos e paleoambientais. Apesar da abundância e diversidade dos moluscos do Neogeno da Amazônia Ocidental, no Brasil, poucos são os estudos taxonômicos, paleoecológicos, bioestratigráficos e paleobiogeográficos mais aprofundados. Assim, o presente estudo tem como objetivo a identificação taxonômica de moluscos bivalves das famílias Hyriidae e Mycetopodidae e auxiliar no refinamento das inferências paleoambientais, paleoecológicas e nos aspectos paleobiogeográficos da fauna identificada. O material estudado compreende 200 amostras coletadas em trechos de afloramentos nas margens dos rios Juruá e Javari, próximos aos municípios de Eirunepé e Atalaia do Norte, Estado do Amazonas. As análises taxonômicas permitiram identificar os gêneros *Castalia*, *Diplodon* e *Prisodon* da família Hyriidae, e *Haasica*, da família Mycetopodidae. Os táxons identificados são exclusivamente dulcícolas, com registros em ambientes lacustres e fluviais, atestando estas condições para o Mioceno superior, na área de estudo. O gênero *Castalia* tem amplo registro geográfico, principalmente para a América do Sul; seu registro fóssil mais antigo é do Cretáceo. Sua ausência no Paleogeno, é devido aos estudos deste período, no Brasil, serem restritos às bacias estritamente marinhas. Por outro lado, o gênero *Diplodon* é encontrado desde o Jurássico até o Mioceno superior. Os gêneros *Prisodon* e *Haasica* tiveram sua primeira evidência fóssil identificada neste estudo, com ocorrência registrada no Mioceno.

Palavras-chave: neogeno; paleoambiental; malacofauna; Amazônia Ocidental.

ABSTRACT

The Solimões Formation, situated in western Amazonia, represents the Neogene sedimentary sequence from Solimões Basin. Its is correlated to Pebas Formation in Peru and is well known for its abundant and rich fossil content, including mollusks. Research on fossil mollusks bivalves from this unit began in the 19th century, with the Gabb (1868). These organisms have calcareous bivalve shell that allow their preservation, making them valuable tools in paleoecological, paleoenvironmental, biostratigraphy and paleogeography studies. Despite the abundance and diversity of this group in western Amazonia, in Brazil there is only few studies conducted. Therefore, the present study aimed the taxonomic identification of bivalve mollusks belonging to the families Hyriidae and Mycetopodidae and to contribute in paleoenvironmental and paleoecologic interpretations, as well as the paleobiogeographic distribution of the identified fauna. The study material comprised 200 samples collected from sedimentary banks along the Jurua and Javari rivers, near Eirunepé and Atalaia do Norte towns, Amazonas State, Brazil. The taxonomic analyses allowed the identification of three genera (*Castalia*, *Diplodon*, and *Prisodon*) from the family Hyriidae, and one genus (*Haasica*) from the family Mycetopodidae. The fossil assemblage consists exclusively of freshwater taxa, indicating lacustrine and fluvial environments during the upper Miocene in the study area. The genus *Castalia* exhibits a wide geographical distribution, primarily in South America, with its oldest records dating to the Cretaceous. Its absence in the Paleogene may be attributed to limited studies of this period in Brazil, which focused mainly on marine basins. Meanwhile, records of the genus *Diplodon* span from the Jurassic to the upper Miocene. For the first time, fossil evidence of both genus *Prisodon* and *Haasica* was identified in the Miocene.

Keywords: neogene; paleoenvironment; malacofauna; Western Amazon.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa de Localização da Bacia do Solimões. Fonte: Modificado de Eiras 1998 <i>apud</i> Barata & Caputo (1999).	04
Figura 2- Carta estratigráfica da Bacia do Solimões. Fonte: Modificado Wanderley Filho <i>et al.</i> (2007).	05
Figura 3- Sistema Pebas durante o Mioceno Médio há 14 milhões de anos. Fonte: Modificado de Wesselingh (2008)	07
Figura 4- Principais estudos sobre a malacofauna do Neógeno da Amazônia ocidental	10
Figura 5- Evolução do Mioceno e da biota amazônica. Fonte: Wesselingh (2006c).	13
Figura 6- Características morfológicas externas dos moluscos bivalves; desenho esquemático das valvas a) esquerda; b) direita.	15
Figura 7- Características morfológicas internas; desenho esquemático das valvas Fonte: Modificado de Pimpão (2004).	16
Figura 8- Distribuição Global da família Hyriidae; A cunha verde da torta representa a relativa diversidade recente de espécies da família. Fonte: Graf & Kevin (2008)	18
Figura 9- Distribuição Global dos Mycetopodidae; A cunha verde da torta representa a relativa diversidade recente de espécies da família. Fonte: Graf & Kevin (2008)	18
Figura 10- Esquema para identificar os diferentes hábitos de vida dos bivalves; 1 - escavadores profundo, 2 - escavadores rasos.	20
Figura 11- Disposição dos bivalves no substrato. Fonte: Carvalho (2019).	21
Figura 12- Mapa de localização da área de estudo. Fonte: modificado de Leite <i>et al.</i> (2021). ..	22
Figura 13- Perfis colunares dos afloramentos Aquidabã e Morada Nova e amostras coletadas Fonte: Modificado de Gross <i>et al.</i> (2001).	23
Figura 14- Perfis colunares e amostras coletadas no afloramento Atalia do Norte. - São Pedro, - Paumari.	24

Figura 15- Parâmetro de medição dos bivalves, considerando o comprimento: C, a altura: A; e a largura: L. Fonte: Modificado de Souza (2018).....	26
Figura 16- Fluxograma simplificando das etapas metodológicas seguidas para o desenvolvimento do trabalho.	27
Figura 17- Diversidade de gêneros por afloramentos.....	28
Figura 18 - Quantitativo de exemplares por espécie	29
Figura 19- <i>Castalia ambigua</i> Lamarck, 1819; A-B, MPEG- 2810-I, A- Vista externa, valva esquerda; B- Vista interna, valva esquerda; C-D, MPEG-3574-I, C- Vista externa, valva esquerda, D- Vista interna, valva direita; D- Vista interna, valva direita, E-F, MPEG-3575-I, E- Vista externa, valva direita; F- Vista interna, valva direita; G-H, MPEG-3236-I, G- Vista externa, valva esquerda; H- Vista interna, valva esquerda; I-J, MPEG-2709a-I, I- Vista externa, valva esquerda; J- Vista interna, valva esquerda, K-L, MPEG-2709b-I, K -vista externa, valva direita, L- vista interna, valva direita. Escala 2 cm; amostras coletadas no município de Eirunepé, nas localidades Aquidabã e Morada Nova.....	32
Figura 20- Variações morfológicas de <i>Castalia ambigua</i> (valvas esquerdas), fotografias em câmera digital e figuras com os desenhos esquemáticos dos exemplares estudados.	34
Figura 21- <i>Castalia</i> sp.1 - A-B, MPEG-2807-I, A- Vista externa, valva direita; B- Vista interna, valva direita; C-D, MPEG-2691-I, C- Vista externa, valva direita; D- Vista interna, valva direita; E-F, MPEG-2800-I, E- Vista externa, valva esquerda; F- Vista interna, valva esquerda; G-H, MPEG-2685-I, G- Vista externa, valva direita; H- Vista interna, valva direita; I-J, MPEG-2690-I, I- Vista externa, valva direita; J- Vista interna, valva direita; K-L, MPEG-2799-I, K- vista externa, valva esquerda, L- vista interna, valva esquerda. Escala 2 cm; amostras coletadas no município de Eirunepé, nas localidades Aquidabã e Morada Nova.	37

- Figura 22- *Castalia* sp. 2 -A-B, MPEG- 2781-I, A- Vista externa, valva direita; B- Vista interna, valva direita, C-D, MPEG-2681-I, C- Vista externa, valva direita; D- Vista interna, valva direita, E-F, MPEG-2682-I, E- Vista externa, valva direita; F- Vista interna, valva direita, G-H, MPEG-2686-I, G- Vista externa, valva esquerda; H- Vista interna, valva esquerda, I-J, MPEG-2695-I I- Vista externa, valva direita; J- Vista interna, valva direita, K-L, MPEG-2782-I, K- vista externa, valva esquerda, L- vista interna, valva esquerda. Escala 2 cm; amostras coletadas no município de Eirunepé, nas localidades Aquidabã e Morada Nova. 39
- Figura 23- *Diplodon longulus* A-B, MPEG- 2729-I, A- Vista externa, valva esquerda; B- Vista interna, valva esquerda, MPEG-3674-I, C- Vista externa, valva esquerda; D- Vista interna, valva esquerda, MPEG-3575-I, E- Vista externa, valva esquerda; Escala 2 cm; amostras coletadas no município de Atalaia do Norte, nas localidades Paumari e São Pedro. 43
- Figura 24- *Diplodon longulus* A-B, MPEG- 2733-I, A- Vista externa, valva direita; B- Vista interna, valva direita, C-D, MPEG-2737-I, C- Vista externa, valva direita; D- Vista interna, valva esquerda, E-F, MPEG-2735-I, E- Vista externa, valva esquerda; F- Vista interna, valva esquerda, G- MPEG-2733-I, valva direita, vista interna, detalhe dos dentes laterais e pseudocardianis. Escala 2 cm; amostras coletadas no município de Atalaia do Norte, nas localidades Paumari e São Pedro. 44
- Figura 25- *Prisodon ? corrugatus* A-B, MPEG- 2663-I, A- Vista externa, valva esquerda; B- Vista interna, valva esquerda, MPEG-2667-I, C- Vista externa, valva esquerda; D- Vista interna, valva esquerda, MPEG-2673-I, E- Vista externa, valva esquerda; F- Vista interna, valva esquerda, G- MPEG-2663-I, detalhe da charneira. Escala 2 cm; amostras coletadas no município de Eirunepé, nas localidades Aquidabã e Morada Nova. 46

Figura 26- <i>Haasica</i> cf. <i>balzani</i> A-B, MPEG- 2650-I, A- Vista externa, valva direita; B- Vista interna, valva direita; C-D, MPEG-2677-I, C- Vista externa, valva direita; D- Vista interna, E-F, MPEG-2679-I, E- Vista externa, valva esquerda; F- Vista interna, valva esquerda, G-H, MPEG-2648-I, G- Vista externa, valva direita; H- Vista interna, valva direita, I-J, MPEG-3230-I I- Vista externa, valva esquerda; J- Vista interna, valva esquerda, K-L, MPEG-2796a-I, K- vista externa, valva direita, L- vista interna, valva direita. M- vista externa, valva esquerda, N- vista interna, valva esquerda, O- vista lateral valvas encaixadas. M-O, MPEG-2796b-I Escala 2 cm; amostras coletadas no município de Eirunepé, nas localidades Aquidabã e Morada Nova.	49
Figura 27- Mapa de distribuição geográfica atual na América do Sul dos gêneros estudados.	51
Figura 28- Registro fóssil dos gêneros identificados.....	52
Figura 29- Distribuição estratigráfica das espécies identificadas.....	53

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
2 GEOLOGIA REGIONAL	4
2.1. O SISTEMA PEBAS.....	6
2.2 FORMAÇÃO SOLIMÕES	7
2.3 A MALACOFAUNA DO NEOGENO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL.....	10
3 FILO MOLLUSCA	14
3.1 A CLASSE BIVALVIA	15
3.1.1 Paleoecologia dos moluscos bivalves	19
4 MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1. MATERIAL	22
4.2 MÉTODOS.....	25
4.2.1 Processo de coleta e limpeza das amostras	25
4.2.2 Trabalhos em laboratório	25
4.2.3 Catalogação das amostras e inserção dos dados no Specify	26
4.2.4 Fotografias dos exemplares e confecção de gráficos, mapas e contornos.....	26
4.2.5 Revisão bibliográfica	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA	28
5.2. SISTEMÁTICA.....	29

5.3 DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA E GEOGRÁFICA DOS GÊNEROS EM ESTUDO	50
5.4 INFERÊNCIAS PALEOAMBIENTAIS.....	53
6 CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS	56
GLOSSARIO	63
ANEXO A	64

1 INTRODUÇÃO

Os estudos de moluscos fósseis da Amazônia ocidental iniciaram-se no final do século XIX, por Gabb (1868), o qual se tornou um dos grandes proporcionadores dos estudos relacionados à Paleontologia, relatando o registro de diversos táxons. No contexto paleoambiental, este autor foi um dos primeiros a registrar a presença de taxa de água salgada e/ou salobra em depósitos do Mioceno, no Equador, baseando-se na associação de gastrópodes e bivalves. Desde então, diversos autores deram continuidade aos estudos taxonômicos pertinentes a este grupo e as respectivas interpretações paleoambientais (Boettger 1878, Brown 1879, Conrad 1871, Woodward 1871, Etheridge 1879, Maury 1924, Oliveira & Carvalho 1924, Roxo 1924, 1935, Nuttall 1990, Mezzalana & Simone 1999, Wesselingh *et al.* 2002, 2006a).

Os fósseis estudados são procedentes de depósitos do Neogeno da Bacia do Solimões, representados pela Formação Solimões, localizada na Amazônia Ocidental brasileira. Esta unidade destaca-se por ser de grande expressão territorial, atingindo as Bacias do Solimões e do Acre, e por sua riqueza em elementos geológicos e paleontológicos. A partir de estudos palinológicos foi atribuída à idade do Mioceno ao Plioceno, sendo correlacionada com outras formações, como a Formação Pebas no Peru, Formação Curaray no Equador; Formação Urumaco na Venezuela, e Carbonera, na Colômbia (Maia *et al.* 1977, Wesselingh *et al.* 2002, Lundberg & Aguilera 2003, Muñoz-Torres *et al.* 2006, Leite 2006, Silva-Caminha *et al.* 2010, Hoorn *et al.* 2010, Antonie *et al.* 2016, Silva-Caminha 2016, Jaramillo *et al.* 2017).

O marco inicial dos estudos sobre a malacofauna de bivalves, na porção brasileira, se traduz nas pesquisas desenvolvidas por Etheridge (1879) e Roxo (1935, 1937), sendo estes os pioneiros a registrarem moluscos em depósitos do Neogeno da Amazônia, identificando diversos gêneros e associando-os a ambientes de água salobra e à idade Pliocena.

Dentre os trabalhos que tratam de moluscos do noroeste amazônico, Nuttall (1990) realizou uma extensa revisão sistemática de moluscos não marinhos da Formação Pebas (incluindo a família Hyriidae). Posteriormente, Wesselingh (2006a) realizou o levantamento da malacofauna identificando diversas famílias de bivalves e gastrópodes da Formação Pebas e Solimões, em afloramentos no Peru, Colômbia e Brasil; e Wesselingh *et al.* (2006b), dando continuidade aos estudos, apresentou uma identificação de espécies de bivalves e de gastrópodes coletados no Alto Amazonas. Tais espécies, de acordo com o autor, indicariam a presença de ambientes dulcícolas, estuarinos, bem como de águas salobras. Apesar destes estudos terem contribuído na ampliação do registro dos moluscos Neogenos da Amazônia Ocidental, muito ainda tem de ser estudado sobre a sua paleobiodiversidade, paleoecologia e

morfologia, devido à alta abundância e diversidade do grupo na Formação Solimões e aos poucos estudos na porção brasileira.

As pesquisas na Formação Solimões, na Bacia do Solimões, focam principalmente focadas em sedimentologia (Hovikoski *et al.* 2007, Gross *et al.* 2011, 2017, 2019, Nogueira *et al.* 2013), geoquímica (Vonhof *et al.* 1998, Bissaro Júnior 2018) e estudos de microfósseis (Linhares & Ramos 2011, Dino *et al.* 2012, Silveira & Souza 2017, Linhares *et al.* 2022, Friaes *et al.* 2022). No entanto, há uma escassez de estudos sobre moluscos fósseis nessa formação no Brasil. As principais pesquisas sobre moluscos fósseis foram realizadas na Formação Solimões, na Bacia do Acre, no Brasil, na Formação Pebas, no Peru, e em partes da Colômbia (Nuttall 1999, Wesselingh *et al.* 2002, 2006a, 2006b). Recentemente, novas contribuições surgiram a partir de estudos na Formação Solimões, no estado do Amazonas (Guimarães *et al.* 2018, Araújo *et al.* 2023).

Os estudos sobre os moluscos fósseis da Formação Solimões são de grande relevância para a compreensão paleoambiental, paleobiogeográfica e estratigráfica da região amazônica. A área de estudo compreende afloramentos da Formação Solimões nas proximidades dos municípios de Eirunepé, e de Atalaia do Norte, ambos no oeste do estado do Amazonas (Figura 1). De acordo com Gross *et al.* (2011, 2013) as seções aflorantes da região de Eirunepé estão supostamente situadas na margem sudeste do “sistema Pebas”, como também caracterizadas como um sistema fluvial de idade miocena, sendo definido por ambientes lacustres exclusivamente de água doce, descartando qualquer influência de águas marinhas, durante o final do Mioceno; já a região do município de Atalaia do Norte, constitui de um sistema flúvio-lacustre, com incidência de incursões marinhas evidenciadas a partir de estudos realizados em testemunhos de sondagem (Linhares *et al.* 2011, 2017, 2019).

Este trabalho visa promover o avanço das pesquisas sobre moluscos bivalves fósseis da Formação Solimões (Mioceno-Plioceno) na Bacia do Solimões, por meio da análise taxonômica das espécies das famílias Hyriidae e Mycetopodidae. As análises morfológicas desses bivalves têm o objetivo de refinar as classificações e aprofundar a compreensão da diversidade e evolução dos moluscos na região amazônica. O conhecimento obtido contribuirá para elucidar padrões de dispersão e endemismo da fauna e nas inferências paleoambientais, ampliando a compreensão sobre a fauna bivalve da Formação Solimões e os processos ecológicos e geológicos que moldaram os ambientes da época.

1.2 OBJETIVOS

Geral:

Identificação taxonômica dos bivalves (Filo Mollusca) das famílias Hyriidae e Mycetopodidae da Formação Solimões (Mioceno-Plioceno), na Bacia do Solimões, procedentes de seções aflorantes nos municípios de Atalaia do Norte e Eirunepé, estado do Amazonas, Brasil, visando contribuir com as interpretações paleoambientais e paleobiogeográficas.

Específicos:

- a) Identificação dos táxons das famílias Hyriidae e Mycetopodidae;
- b) Verificar a distribuição estratigráfica e biogeográfica dos gêneros identificados;
- c) Realizar inferências paleoambientais a partir da identificação dos gêneros identificados.

2 GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo insere-se no contexto da Bacia do Solimões, a qual é uma bacia intracratônica, de origem Paleozoica, situada ao Norte da América do Sul (Figura 1), estendendo-se geograficamente pelo estado do Amazonas, com uma área de aproximadamente 440.000 km² (Wanderley Filho *et al.* 2007). A Bacia do Solimões é separada á Leste, da Bacia do Amazonas, pelo Arco de Purus, á Oeste, da Bacia do Acre, pelo arco de Iquitos, delimitada ao Norte, pelo escudo das Guianas, e ao Sul pelo escudo Brasileiro (Eiras *et al.* 1994, Wanderley Filho *et al.* 2007, 2010). A espessura do arcabouço estratigráfico corresponde a 3800 e 3100 metros; ainda, o Alto de Carauari divide a bacia em duas sub-bacias: Juruá e Jandiatuba, respetivamente (Barata & Caputo 2007).



Figura 1- Mapa de Localização da Bacia do Solimões. Fonte: Modificado de Eiras 1998 *apud* Barata & Caputo (1999).

O arcabouço estratigráfico é dividido em cinco sequências deposicionais limitadas por discordâncias regionais: Ordoviciano; Siluriano Superior-Devoniano Inferior, Devoniano Médio-Carbonífero Inferior; Carbonífero Superior-Permiano e Cretáceo Superior-Quaternário (Wanderley Filho *et al.* 2007). Desenvolveu-se em rochas cristalinas e sedimentares proterozóicas da Província Amazônia Central; as rochas do Grupo Javari representam a última sequência sedimentar da Bacia do Solimões (Cretáceo Superior-Quaternário), que correspondem as formações Alter do Chão e Solimões.

A Bacia do Solimões pode ser dividida em duas sequências sedimentares de primeira ordem: a Paleozoica, não aflorante e intrudida por diques e soleira de diabásio compondo a

maior parte do pacote sedimentar, e a Meso-Cenozoica, formada pelas formações Alter do Chão e Solimões (Eiras *et al.* 1994). Enquanto Eiras *et al.* (1994) define para os pacotes sedimentares seis sequências de segunda ordem, separadas por discordâncias regionais, Wanderley Filho *et al.* (2007) delimita cinco sequências: Ordoviciano, Siluriano Superior - Devoniano Inferior, Devoniano Médio – Carbonífero Inferior, Carbonífero Superior – Permiano e Cretáceo Superior – Quaternário. Tais sequências foram devidamente classificadas como: a) Sequências sedimentares 5 paleozoicas, que incluem: Formação Benjamin Constant; Formação Jutai; Grupo Marimari (com as Formações Jandiutuba e Uerê); Grupo Tefé (com as Formações Juruá, Carauari e Fonte Boa); b) Sequência Meso-Cenozoica, composta pelo Grupo Javari, onde se inserem as Formações Alter do Chão e Solimões, as quais são separadas da sequência Paleozoica pelo Magmatismo Penatecaua de idade Triássica-Jurássica (Figura 2).

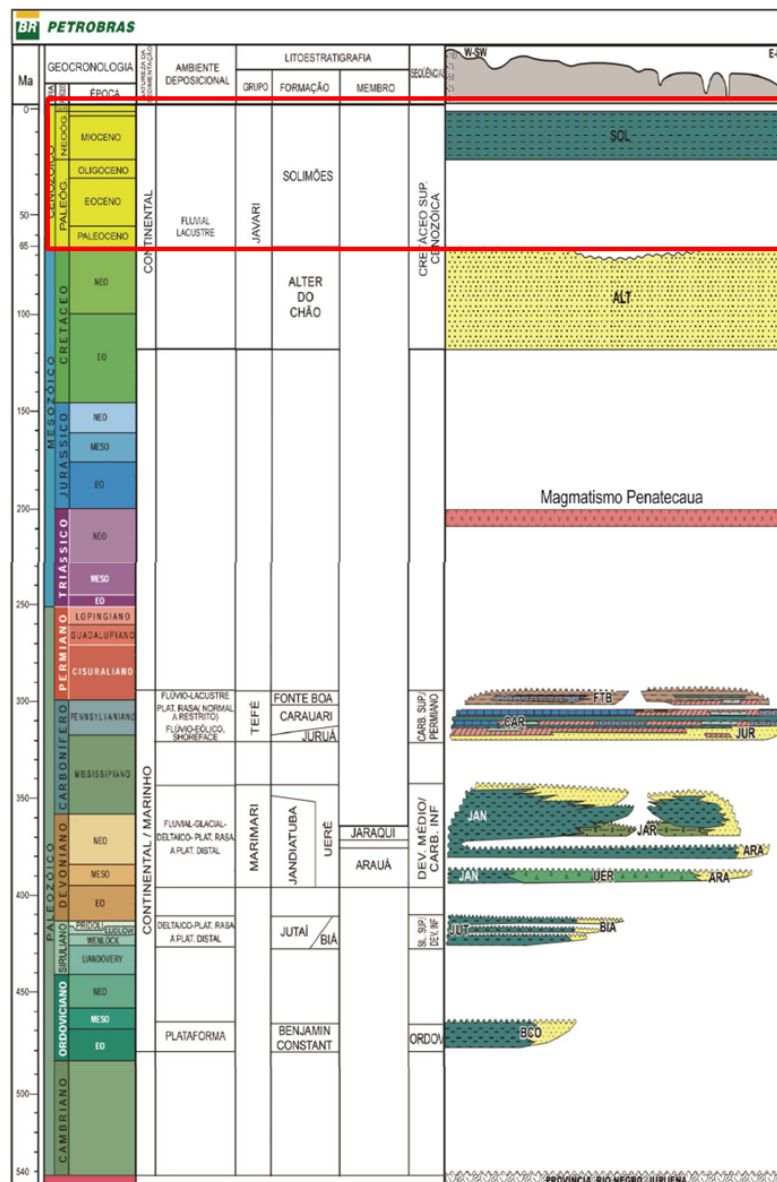


Figura 2- Carta estratigráfica da Bacia do Solimões. Fonte: Modificado Wanderley Filho et al. (2007).

2.1. O SISTEMA PEBAS

A Formação Solimões é uma das sequências sedimentares do Neogeno que compõem o Sistema Pebas, e está presente principalmente na bacia do Solimões, juntamente com outras unidades correlatas, como a Formação Pebas. Portanto, ao estudar o Sistema Pebas, é essencial considerar a Formação Solimões como parte integrante desse sistema. A correlação entre essas unidades geológicas é fundamental para compreender a evolução da bacia do Solimões e da região amazônica como um todo ao longo do tempo geológico (Maia *et al.* 1977).

No Brasil, os depósitos da Formação Solimões caracterizam-se por depósitos lacustres rasos, canais pantanosos, ambientes de barra em pontal, planícies de inundação e leques de transbordamento, característicos de um sistema fluvial (Maia *et al.* 1977). De acordo com Wesselingh (2006a) o “Sistema Pebas” caracteriza-se por uma série de complexos lacustres ocorrendo no Peru, leste do Equador, Amazônia colombiana, Venezuela e Brasil, onde está representada pela sua correlata Formação Solimões (Figura 3). As análises da paleoflora, paleofauna e isótopos em conchas de moluscos do “Sistema Pebas” indicaram um ambiente de paleolago, denominado “Lago Pebas” (Vanhof *et al.* 1998). Segundo Latrubesse *et al.* (2007), a Formação Solimões compõe-se de sedimentos cenozoicos depositados por um megaleque oriundo dos Andes peruanos, de modo que o soerguimento do leste da Cordilheira teria favorecido a formação dessa extensa unidade geológica no Mioceno, tornando-se ao mesmo tempo um evento de vital importância tanto para evolução dos rios quanto para o desenvolvimento da biota da Amazônia, gerando um processo de vicariância e, conseqüentemente, um aumento da diversidade da fauna (Lundberg *et al.* 2010). No curso do Mioceno além dos lagos e pântanos estes sistemas foram amplamente abastecidos com o aparecimento de canais de maré e influência marinha marginal formando o que os autores chamaram de “mega-wetland” (Hoorn *et al.* 2010).

Resumindo, o “Sistema Pebas” é predominantemente dulcícola, caracterizado por um mosaico de lagos, pântanos e leitos fluviais dentro de um sistema fluvio-lacustre, com incursões marinhas esporádicas. A origem das incursões marinhas ainda é especulativa, sendo possivelmente oriundas de uma série de conexões existentes entre o “Lago Pebas” e o mar do Caribe (Nuttall 1990, Hoorn 1996, Wesselingh *et al.* 2002, Wesselingh 2006a,b, Lovejoy *et al.* 2006, Wesselingh 2008, Leandro *et al.* 2022). Segundo Hoorn (2006), estas incursões marinhas poderiam ter ocorrido através da bacia de Llanos, na Colômbia (Hoorn 2006) e da Bacia da Venezuela do Leste, bem como das bacias de Falcon (Wesselingh & Salo 2006) e do Maracaibo (Wesselingh & Salo 2006), ambas na Venezuela.



Figura 3- Sistema Pebas durante o Mioceno Médio há 14 milhões de anos. Fonte: modificado de Wesselingh (2008).

2.2 FORMAÇÃO SOLIMÕES

A Formação Solimões está localizada na Amazônia Ocidental brasileira, compreendendo os estratos do Neogeno da Bacia do Solimões; essa formação foi descrita pela primeira vez por Rego (1930) para designar a seção Cenozica argilosa exposta ao longo do rio Solimões, posteriormente, formalizado por Caputo *et al.* (1971). Destaca-se por ser de grande expressão territorial e por ser rica em fósseis (Hoorn 1993, 2010, Leite 2006, 2016, Silva-

Caminha *et al.* 2010, Wesselingh 2010, Kachniasz & Silva-Caminha 2016, Jaramillo *et al.* 2017, Silveira & Souza 2017, Linhares *et al.* 2019).

A partir de estudos bioestratigráficos com palinomorfos, moluscos e ostracodes foi atribuída o intervalo do Mioceno inferior ao Plioceno para a Formação Solimões sendo que a extensão para o Plioceno é divergente entre os autores; esta unidade correlaciona-se com outras do Neogeno da Amazônia, como a Formação Pebas, no Peru (Antonie *et al.* 2016) e Carbonera, na Colômbia (Nuttal 1990, Maia *et al.* 1977, Muñoz-Torres *et al.* 1998, Purper 1979, Wesselingh *et al.* 2002, 2006, Ramos 2006, Wesselingh & Ramos 2010, Silva-Caminha *et al.* 2010, Gross *et al.* 2011, Linhares *et al.* 2011, Silveira & Souza 2014, 2015, 2017, 2019, Antonie *et al.* 2016, Kachniasz & Silva-Caminha 2016, Jaramillo *et al.* 2017).

A Formação Solimões se estende pelas bacias do Acre e Solimões, e porção oeste da Bacia do Amazonas, recobrindo a Formação Alter do Chão; nestas duas últimas, esta é recoberta, em superfície, pelos estratos plio-pleistocênicos da Formação Içá (Caputo *et al.* 1971, Maia *et al.* 1977, Latrubesse *et al.* 2007, Nogueira *et al.* 2013).

Litologicamente essa formação se destaca por ser constituída de siltitos, argilitos intercalados por finas camadas de arenito e duas grandes fácies sucessivas são consideradas: os canais fluviais e as planícies de inundação, caracterizada por sucessão deposicional cíclica (Caputo *et al.* 1971). Ainda apresenta, abundante conteúdo fossilífero, com uma grande diversidade de paleoinvertebrados, paleovertebrados, palinomorfos e também microfósseis; é principalmente rica em moluscos e ostracodes (Nuttal 1990, Maia *et al.* 1977, Muñoz-Torres *et al.* 1998, Purper 1979, Wesselingh *et al.* 2002, 2006, Ramos 2006, Wesselingh & Ramos 2010, Silva-Caminha *et al.* 2010, Gross *et al.* 2011, Linhares *et al.* 2011, Silveira & Souza 2014, 2015, 2017, 2019, Antonie *et al.* 2016, Kachniasz & Silva-Caminha 2016, Jaramillo *et al.* 2017).

Os paleoambientes atribuídos à Formação Solimões vão desde lagunar, fluvio-lacustre, principalmente em superfície, com passagens episódicas de influências marinhas, em subsuperfície, sendo atribuído também à esta unidade um ambiente de mega-pântano. (Wesselingh *et al.* 2006, Silva-Caminha *et al.* 2009, Hoorn *et al.* 2010, Linhares *et al.* 2011, Jaramillo *et al.* 2017, Friaes *et al.* 2022).

Conforme mencionado anteriormente, a Formação Solimões faz parte do "Sistema Pebas", que engloba várias bacias na Amazônia Ocidental, como Acre e Solimões no Brasil, Ucayali, Madre de Dios e Marañon no Peru, Oriente no Equador, Putumayo na Colômbia e até mesmo a Bacia de Fálcon, na Venezuela. No entanto, os limites desse sistema podem variar entre autores devido às dificuldades de estabelecer correlações precisas entre as unidades cenozoicas da região (Hoorn 1994b, Wesselingh *et al.* 2006a).

Segundo Wesselingh *et al.* (2002), Rebata *et al.* (2006a), Kaandorp (2007) e Riff *et al.* (2010), a Formação Pebas (como é conhecida no Peru e na Colômbia) seria equivalente a diversas unidades: Formação Solimões, no Brasil (Maia *et al.* 1977, Hoorn 1993); Formação Curaray na bacia Oriente, ao leste do Equador (Wesselingh *et al.* 2002); as Camadas “La Tagua” (La Tagua beds) na bacia Putumayo, ao sul da Colômbia (Hoorn 1994b, Wesselingh *et al.* 2002, Wesselingh 2006a); e Formação Urumaco, na Venezuela (Riff *et al.* 2010). De acordo com Wesselingh *et al.* (2006b) e Kaandorp (2007), algumas das referidas formações são sincrônicas, uma vez que a idade estimada para a Formação Pebas é de 23 a 9 milhões de anos e a de Curaray de 25 a 6 milhões de anos. La Tagua, embora também faça parte do “Sistema Pebas”, seus estratos são específicos do Mioceno inferior, no intervalo aproximado de 18 a 16 milhões de anos (Wesselingh & Macsotay 2006). Já a Formação Urumaco corresponderia ao Mioceno superior (Riff *et al.* 2009). Durante o Mesomioceno (14-10 Ma) o oeste da Amazônia era dominado pelo sistema Pebas, confinado a leste pelo arco de Purus. Concomitantemente, o registro sedimentar da Bacia do Solimões é marcado por múltiplos eventos de regressão e transgressão marinha relacionados aos processos de subsidência e soerguimento controlados pela atividade nos arcos estruturais ativos, principalmente no Paleozoico (Caputo & Silva 1991).

A origem da bacia sedimentar do Solimões ainda não está completamente compreendida, mas uma hipótese sugere que ela pode ter se formado devido a um processo de rifteamento durante o Ordoviciano. Esse processo teria criado uma área de afundamento que propiciou o desenvolvimento da bacia fluvial. Posteriormente, outros eventos geológicos, como o soerguimento da Cordilheira dos Andes, teriam isolado a bacia a partir do final do Paleogeno. A bacia do Solimões é dividida em duas sequências sedimentares principais: a Paleozoica, que não é exposta e é intrudida por diques e soleiras de diabásio, constituindo a maior parte do pacote sedimentar; e a meso-cenozóica, composta pelas formações Alter do Chão e Solimões. (Eiras *et al.* 1994).

O soerguimento da Cordilheira dos Andes resultou na formação de grandes lagos de água doce rasos, alimentados por um sistema fluvial de baixa energia. A partir do Mioceno, a bacia do Solimões foi influenciada pelo transporte de sedimentos dos Andes, levando ao desenvolvimento de uma rede de drenagem voltada para o oceano Atlântico, que antecede a atual bacia hidrográfica (Westaway 2006, Hoorn 2006, Wanderley Filho *et al.* 2007).

Durante o Quaternário, houve um aumento no aporte de sedimentos em alguns rios, relacionado aos processos geotectônicos associados à elevação dos Andes. Isso resultou no depósito de sedimentos predominantemente arenosos na região entre os rios Jutai e Negro. A

sequência terciário-quaternária da bacia do Solimões tem mais de 7.000 metros de espessura, e as camadas terciárias são chamadas de Formação Solimões (Wanderley Filho *et al.* 2007).

Hoorn *et al.* (2010) propuseram uma classificação mais recente dos sistemas de inundação da Amazônia Ocidental, dividindo-os em três intervalos: uma fase precursora fluviolacustre (~24 a 16 milhões de anos), uma fase Pebas (~16 a 11,3 milhões de anos), caracterizada por maior abundância e diversidade de ostracodes e moluscos neógenos, e um sistema dominado por sedimentos lacustres e de maré.

2.3 A MALACOFAUNA DO NEOGENO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

A malacofauna do Neogeno na Amazônia Ocidental é especialmente significativa devido à sua abundância e diversidade, proporcionando informações importantes sobre a paleobiologia, paleoambientes e paleogeografia da Amazônia.

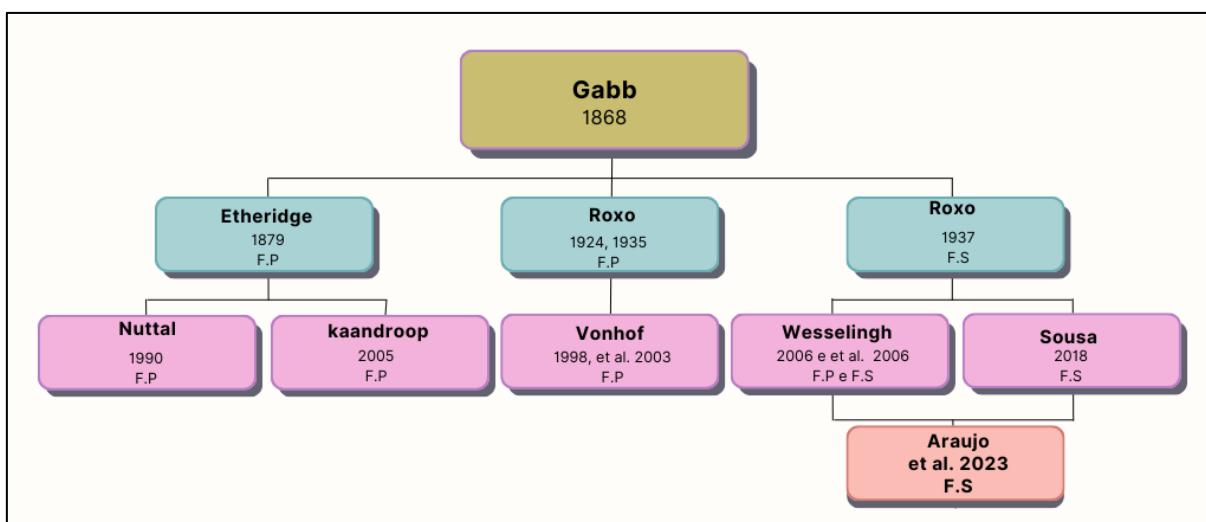


Figura 4- Principais estudos sobre a malacofauna do Neógeno da Amazônia ocidental.

Os estudos paleontológicos revelaram que a malacofauna do Neogeno da Amazônia Ocidental é composta por uma grande variedade de moluscos, incluindo gastrópodes e bivalves (Wesselingh *et al.* 2006a, 2006b, Sousa 2018, Araújo *et al.* 2023). Esses fósseis são frequentemente encontrados em camadas sedimentares associadas a sistemas fluviais, lacustres e estuarinos que existiram na região durante o Neogeno. A análise da malacofauna do Neogeno da Amazônia Ocidental tem proporcionado compreensões importantes sobre a evolução biológica, as mudanças climáticas e os eventos geológicos que influenciaram a biodiversidade e a paisagem da região ao longo do tempo geológico. Esses estudos contribuem significativamente para o entendimento da história natural da Amazônia e são essenciais para reconstruir o passado geológico e biológico dessa região tão importante para a biodiversidade global. A figura 4 mostra, em escala cronológica, os estudos sobre moluscos fósseis realizados

no Neogeno da Amazônia Ocidental, os quais tiveram início com Gabb (1868), quem descreveu alguns exemplares de gastrópodes e bivalves oriundos do Equador, sugerindo com base na análise dos espécimes, a presença de água salgada ou salobra. Conrad (1871) estudou espécimes também procedentes do Equador descrevendo quatro novos gêneros de bivalves e concluindo que a idade das amostras não seria mais antiga que o Cenozoico.

Entre os moluscos encontrados no Neogeno da Amazônia Ocidental, há uma variedade de espécies que se adaptaram a diferentes condições ambientais, refletindo a diversidade de habitats da região na época. Alguns exemplos de gêneros e espécies comuns incluem *Ampullariidae*, *Planorbidae*, *Anodontites*, *Diplodon*, *Ostreidae* e muitos outros (Wesselingh *et al.* 2006a, 2006b, Sousa 2018). Esses moluscos desempenharam papéis importantes nos ecossistemas aquáticos, como na ciclagem de nutrientes, na cadeia alimentar e na sedimentação. Seus fósseis fornecem evidências valiosas para reconstruir os ambientes e a biodiversidade do passado da Amazônia Ocidental durante o Neogeno, contribuindo para o entendimento da evolução biológica e geológica da região ao longo do tempo.

Nuttall (1990) realizou uma extensa revisão sistemática de moluscos não marinhos principalmente da Formação Pebas, mas também de outras formações vizinhas, bem como a distribuição geográfica e estratigráfica, concluindo que a maior parte do registro fóssil da região tem origem no Mioceno médio. No mesmo trabalho, Nuttall (1990) interpretou o Sistema Pebas como uma região de lagos e pântanos, de longa duração, com uma provável ligação com o Mar do Caribe o qual foi corroborado por Wesselingh *et al.* (2002) com base no estudo taxonômico de moluscos fósseis endêmicos da região, e de análises de isótopos.

Posteriormente, Wesselingh (2006a) revisou e complementou o trabalho de Nuttall (1990), documentando e descrevendo mais de cinquenta espécies de gastrópodes e bivalves da Formação Pebas, da Amazônia peruana e colombiana, e estabeleceu 12 biozonas de moluscos provenientes de 74 localidades no nordeste do Peru e sudeste da Colômbia; o autor correlacionou-as com as biozonas de palinomorfos (Hoorn 1993, 1994a, 1994b) e biozonas de ostracodes (Muñoz Torres *et al.* 1998). Dando continuidade a estes estudos, Wesselingh *et al.* (2006b) faz uma revisão dos moluscos fósseis coletados em expedições de campo dos autores e outros já descritos previamente por Roxo (1924, 1937) e Maury (1937). Vonhof *et al.* (1998, 2003) estudaram conchas de moluscos do Mioceno da Formação Pebas, na Colômbia, perto da fronteira com o Brasil e Peru e observaram que a baixa razão isotópica nas conchas indica ambientes com influência predominantemente lacustre e de pântanos. Com base nas associações de moluscos encontradas nas biozonas estudadas, os autores puderam concluir que o Sistema Pebas teria se originado na região sub andina durante o Mioceno inferior,

expandindo-se rapidamente para o leste e extinguindo-se durante o início do Mioceno superior, quando teria sido substituído por um sistema fluvial semelhante ao atual.

Os autores destacam a importância do Sistema Pebas na evolução da biota amazônica, sugerindo que ele atuou como uma barreira geográfica que separou as biotas terrestres das porções oriental e ocidental da Amazônia. Isso teria influenciado a diversificação e a adaptação da fauna endêmica de moluscos e ostracodes na região. Além disso, os estudos sedimentológicos realizados nas formações da Bacia Marañon, incluindo as formações Pebas, Marañon e Chambira, ajudaram a inferir idades para essas formações, contribuindo para uma compreensão mais precisa da cronologia geológica da região. A análise de fácies sedimentares na seção Santa Rosa de Pichana permitiu uma melhor compreensão dos processos deposicionais e da evolução paleoambiental durante o Mioceno nessa área específica do Peru. Essas pesquisas são fundamentais para reconstruir a história geológica e biológica da Amazônia durante o Neógeno, fornecendo informações importantes sobre a evolução das paisagens, dos sistemas fluviais e da biota local (Wesselingh *et al.* 2006d, Wesselingh & Salo 2006).

Kaandroop *et al.* (2005) utilizaram análises de isótopos estáveis em conchas de bivalves para interpretação paleoambiental do Mioceno da Amazonia Ocidental, caracterizando o mesmo como um sistema de *wetlands* conectado com lagos rasos e pântanos.

Wesselingh (2008) compilou as informações obtidas em seus trabalhos publicados em 2006 e fez uma vasta interpretação da evolução paleoambiental da Amazônia Ocidental e da radiação de moluscos; o autor concluiu que o Sistema Pebas consistiu em um sistema de lagos, ao nível do mar e com aproximadamente 1 milhão de km² de extensão, havendo uma conexão com o Mar do Caribe, pelo Norte. Wesselingh & Ramos (2010) exploraram o desenvolvimento de moluscos e ostracodes da Amazônia durante os últimos 30 milhões de anos e a influência das mudanças ambientais na evolução destes grupos. Os autores concluíram que os moluscos e ostracodes tiveram seu momento de maior diversificação no intervalo do Mioceno inferior ao médio, em um sistema de “wetlands” (Figura 5).

Em relação às seções aqui estudadas na região de Eirunepé, no estado do Amazonas Gross *et al.* (2011) inferem ambientes fluvio-lacustres a continentais. Segundo os autores, é inexistente qualquer influxo marinho nas localidades estudadas, tais como Morada Nova e Aquidabã. Entretanto, ainda assim são escassos os estudos de moluscos nesta região; para a região de Atalaia do Norte ainda não se tem registros do grupo, sendo este estudo inédito.

Desta forma, a pesquisa objetiva o levantamento das famílias Hyriidae e Mycetopodidae dentro das seções aflorantes das regiões de Eirunepé e Atalaia do Norte, sudoeste do estado do

Amazonas, e contribuir com informações paleoambientais e paleobiogeográficas dos moluscos bivalves.

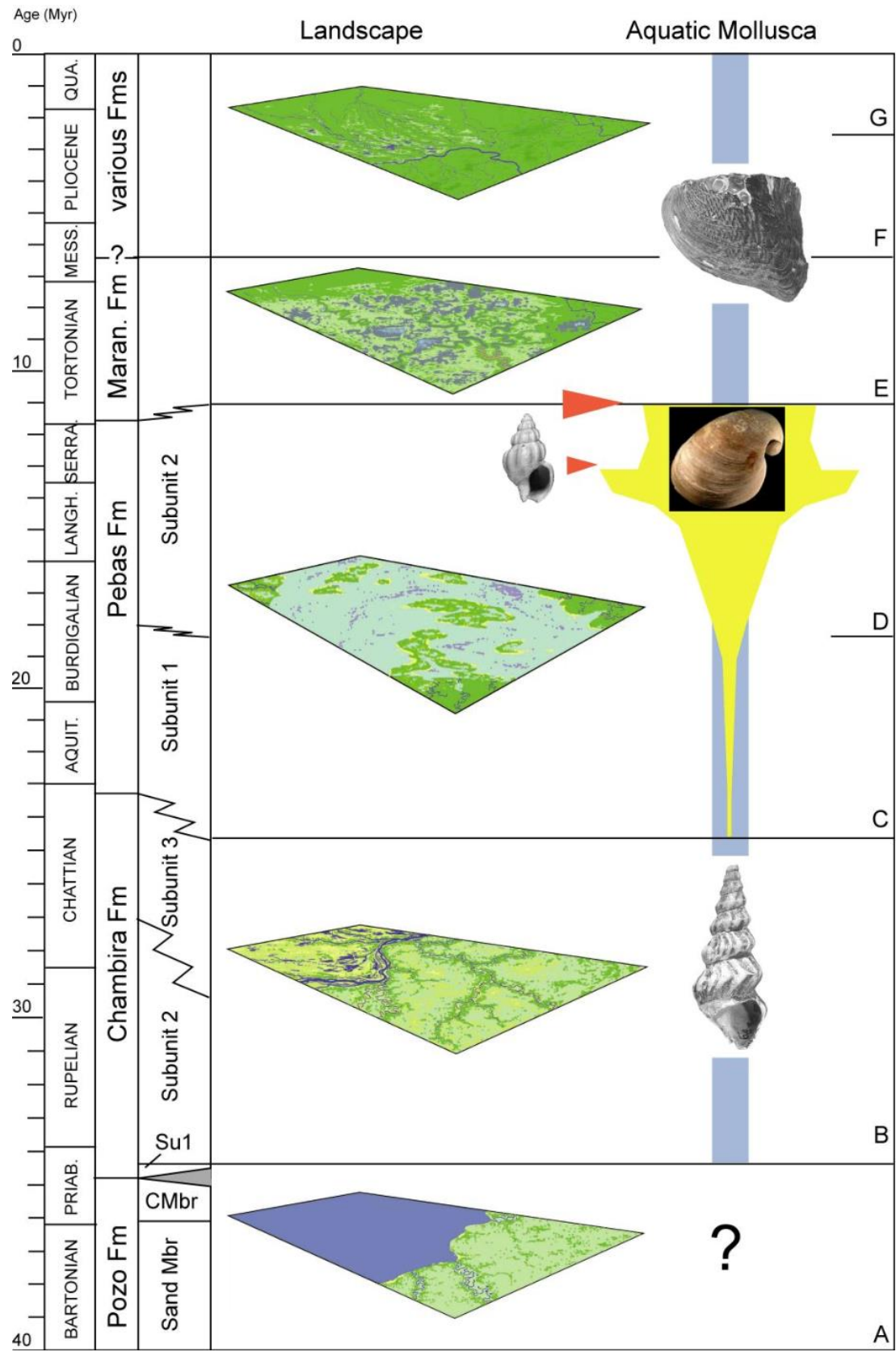


Figura 5- Evolução do Mioceno e da biota amazônica. Fonte: Wesselingh (2006c).

3 FILO MOLLUSCA

O filo Mollusca é o segundo maior filo animal, contendo oito classes: Caudofoveata, Scaphopoda, Polyplacophora, Monoplacophora, Cephalopoda, Solenogastres, Gastropoda e Bivalvia. Os gastrópodes e bivalves representam mais de 98% das espécies viventes conhecidas, com cerca de 1.035.000 espécies, das quais 35.000 são fósseis, datando desde o Cambriano. As primeiras classificações do filo foram feitas por Linnaeus (1758) e Lamarck (1833).

Os primeiros moluscos surgiram no pré-Cambriano, com formas inarticuladas de conchas quitino-fosfatadas em ambientes marinhos e bentônicos. No Siluriano, houve um pico de biodiversidade, enquanto no Devoniano apareceram os primeiros moluscos de água doce. O fim do Paleozoico (Permo-Triássico) e o Jurássico foram marcados por extinções em massa que afetaram significativamente os moluscos. No Mesozoico, os bivalves dominaram, e no Cenozoico, houve uma grande diversificação após a extinção dos dinossauros. A maioria dos moluscos evoluiu em ambientes marinhos, com apenas gastrópodes e bivalves se adaptando a águas salobras, doces e ambientes terrestres (Barnes 2005, Simone 1999, Pereira 2011).

A maioria de sua evolução ocorreu em ambientes de praia, onde os alimentos apresentavam-se disponíveis e os habitats variados. Somente os gastrópodes e bivalves alcançaram ambientes de água salobra e doce. Assim também os gastrópodes atingiram o ambiente terrestre (Barnes 2005, Simone 1999, Pereira 2011).

A maioria dos moluscos mantém sua mineralogia, sendo assim, encontrados elementos aragoníticos e calcíticos na concha, que são revestidos por várias camadas. A concha é constituída tipicamente por três camadas: 1- Perióstraco é a camada mais externa composta de uma substância orgânica denominada de conchiolina; essa camada ajuda a proteger as camadas calcárias subjacentes contra erosão. 2- Prismática é constituída de prismas de carbonato de cálcio e cristais de calcita, que ocorrem principalmente em conchas fossilizadas, e o aumento no tamanho da concha ocorre nas margens, à medida que o animal cresce. 3- Nacarada, camada interna, fica em contato com o manto, é mais resistente nos moluscos, e a mais preservada, formada por lamelas de calcário. Os moluscos de água doce, comumente, têm um períostraco espesso que reage como uma proteção contra ácidos produzidos na água pela decomposição de detritos foliares (Moore 1971, Pimpão 2010, Barnes 1984, Carvalho 2000).

Esse grupo pode ser representado por duas valvas (bivalves) ou só uma (univalves); a sua anatomia é representada pelo manto e músculos paliais, brânquias, massa visceral e pelos músculos adutores. Não são considerados bons indicadores bioestratigráficos, mas podem ser

utilizados em estudos bioestratigráficos regionais, e quando associados a outras faunas é possível obter um melhor resultado.

Os moluscos podem ser encontrados em todos os tipos de ambientes aquáticos, sendo a maioria marinho, embora também podem ser encontrados em ambientes de água salobra e doce, como também, em ambientes continentais terrestres (Moore 1969, 1971, Carvalho 2000, Pimpão 2010, Simone 2006).

3.1 A CLASSE BIVALVIA

Até o presente momento, a classe bivalve está representada por cerca de 27.000 espécies, 15.000 com representação fóssil, sendo assim, é a segunda maior classe de moluscos (Rios 1994 *apud* Rangel 2013, Pereira 2011).

Para a identificação dos bivalves fósseis (Figuras 6-7), suas ornamentações, seu contorno, tipos de charneiras e localização do umbo, em relação as valvas, são características principais a serem analisadas (Carvalho 2000, Carvalho & Babinski 1985 *apud* Pereira 2011), visto que suas partes moles, em geral não se preservam.

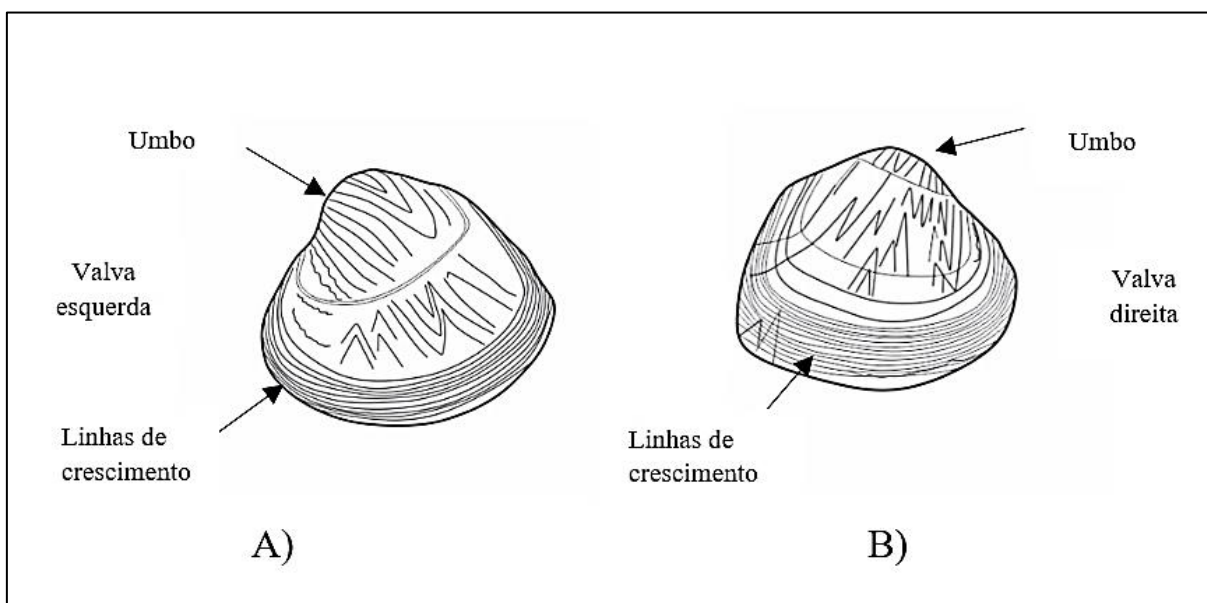


Figura 6- Características morfológicas externas dos moluscos bivalves; desenho esquemático das valvas a) esquerda; b) direita.

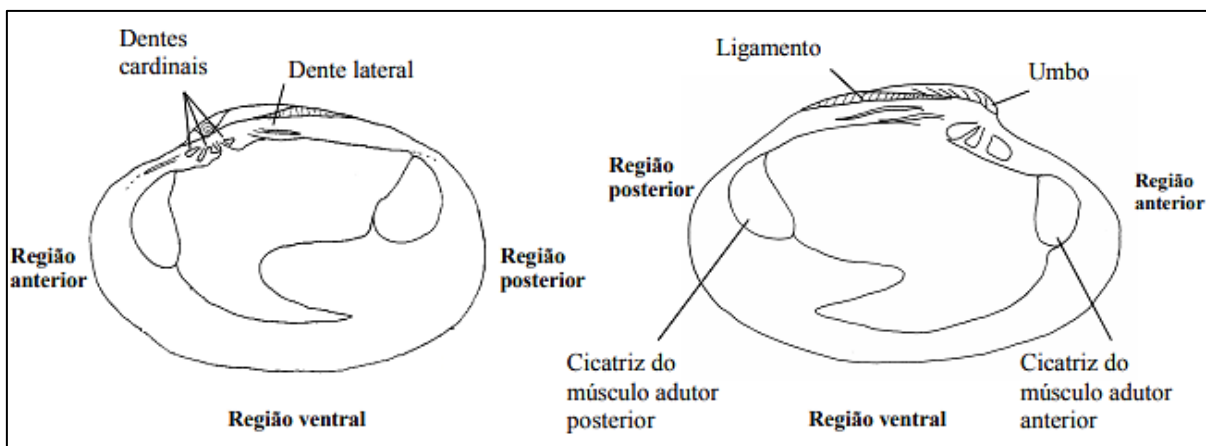


Figura 7- Características morfológicas internas; desenho esquemático das valvas. Fonte: Modificado de Pimpão (2004).

Os músculos adutores dos bivalves, localizados na área posterior e anterior da valva, são responsáveis pelo fechamento das valvas; as mesmas são localizadas uma de encontro com a outra por músculos adutores que atuam em oposição ao ligamento da charneira (Figura 7).

Dentro da anatomia dos moluscos bivalves a linha palial é importante na identificação e classificação destes, pois sua forma, características e padrões podem variar entre espécies. Além disso, a presença de estruturas específicas ao longo da linha palial, como os músculos adutores, pode fornecer informações sobre a anatomia e o comportamento do bivalve, sendo uma característica anatômica distintiva que marca o ponto onde o manto se unia à concha durante o desenvolvimento do animal (Carvalho 2000).

O presente trabalho trata do Filo Mollusca, Classe Bivalvia, ordem Unionoidae e as famílias Hyriidae e Mycetopodidae. Segundo Parodiz & Bonetto (1963), a família Hyriidae está representada pela subfamília Hyriinae onde é subdividida em tribos, como: Castallini, Prisodontini e Diplodontini.

A Família Hyriidae é composta por um grupo monofilético que contem 17 gêneros. Apesar das relações de parentescos entre os táxons da ordem Unionoidae ainda não estarem estabelecidas por definitivo, os estudos sobre a morfologia e filogenia molecular têm contribuído de forma significativa para a evolução do grupo. A associação da família Hyriidae com outras famílias desta é ainda indefinida, embora pareçam ser o grupo mais basal da árvore filogenética (Bogan 2008, Bonetto 1967, Graf 2000).

Nesse contexto, as primeiras espécies de Hyriidae da Bacia Amazônica foram descritas no início do século XIX, onde conchas de origem pouco precisa, originadas no Oligoceno da Colômbia e do Mioceno do Equador foram registradas (Wesselingh *et. al.* 2006). Atualmente a família tem ampla distribuição na América do Sul, Austrália, Nova Zelândia e também é conhecida a oeste dos Andes, no Peru e Chile. Esta distribuição das espécies de Hyriidae

recentes mostra que a expansão ocorre de oeste para leste. A família Mycetopodidae está presente em regiões neotropicais (Lamarck 1819, Spix 1827, Parodiz 1982, Parodiz & Bonetto 1963 *apud* Pimpão 2010).

As famílias Hyriidae e Mycetopodidae, ambas típicas de água doce, apresentam ancestrais desde o Paleoceno até o Mioceno, sendo que não apresentam nenhum registro fóssil ao sul, na região dos Pampas. Segundo Parodiz (1982), a partir desse sistema da região dos Pampas, ocorreu uma ingressão marinha, que em seguida foi substituída por depósitos fluviais de origem Norte, formando um novo sistema de rede hidrográfica, e consequentemente um novo estuário, e assim propenso à sedimentação; a fauna límnic foi inserida na nova bacia expressa, que sofreu uma especiação; como resultado, a família Hyriidae e suas espécies reconhecidas taxonomicamente, que apresentam uma grande afinidade genética devido ao seu ancestral recente, formaram grupos equivalentes a super-espécies através da hibridização (Martinez-Turillas *et al.* 2002, Parodiz 1982, 1982, Lima 2010).

Segundo Pimpão (2010), quem descreveu a morfologia da família Hyriidae observou a presença de dentes laterais alongados na charneira, uma característica própria da mesma. Na tribo Castaliini, as espécies apresentam conchas de contorno triangular, e bem característico, onde os gêneros endêmicos dessa tribo são *Castalia* e *Callonaia*.

Uma das características que se sobressai nas espécies de Hyriidae, existentes na superfície externa da concha, é a evidência de raios no umbo, localizados na parte dorsal, facilmente vista em *Castalia* (Pimpão 2010). Nesta pesquisa também vem sendo estudada a subfamília Diplodontini cujos representantes possuem o contorno da concha elíptico a elíptico alongado. A tribo é composta por um único gênero *Diplodon* (Ortmann 1921, Parodiz 1968, Pimpão 2010). Uma das discussões pautadas sobre a taxonomia, são as dificuldades encontradas em relação a diferenciação das conchas a nível de especiação, principalmente as do gênero *Diplodon*.

A distribuição das famílias Hyriidae e Mycetopodidae foram registradas a partir de dados filogenéticos, tendo uma distribuição amplamente disjunta na Australásia e Neotropical (Figuras 8 e 9), conforme informações do site “*MUSSEL Project Database*. O site, criado por Daniel Graf e Kevin Cummings, propõe a distribuição de cada táxon, fornecendo informações sobre a identificação taxonômica e determinando se uma espécie é cosmopolita ou endêmica. Seu foco é ampliar os dados sobre os registros exaustivos de todas as espécies e gêneros unionóides recentes descritos até o momento. Na América do Sul, Hyriidae está representada pela subfamília Hyriinae, e tribos, Prisodontini, Castalini e Diplodontini (Bonetto 1963, Graf 2000).

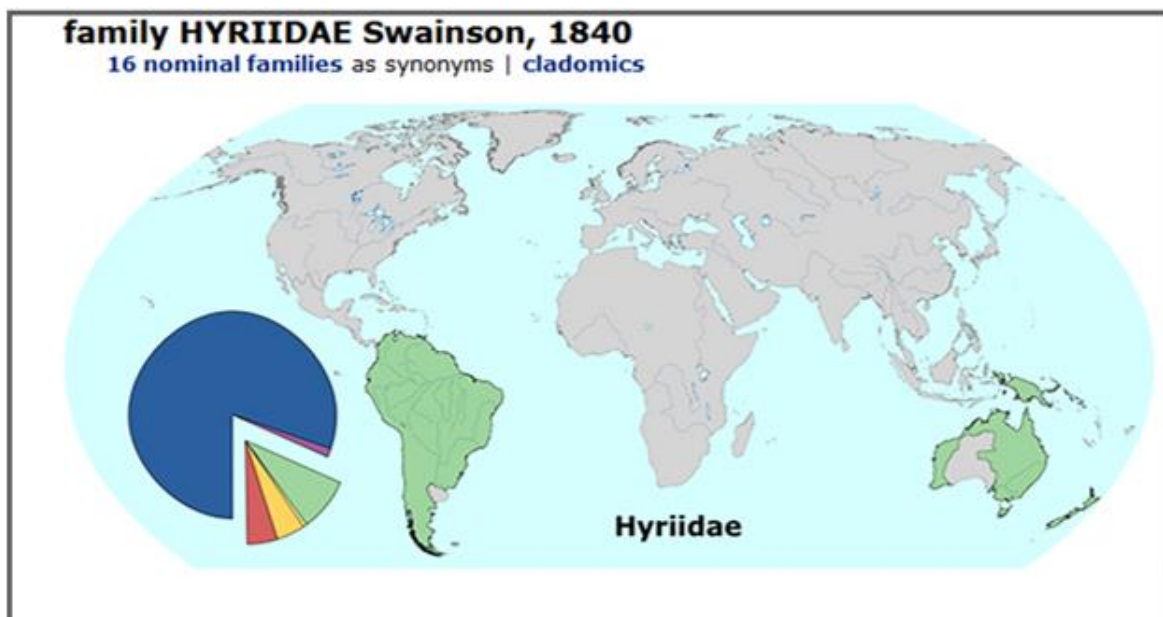


Figura 8- Distribuição Global da família Hyriidae; a cunha verde da torta representa a diversidade relativa recente de espécies da família. Fonte: Graf & Kevin (2008).

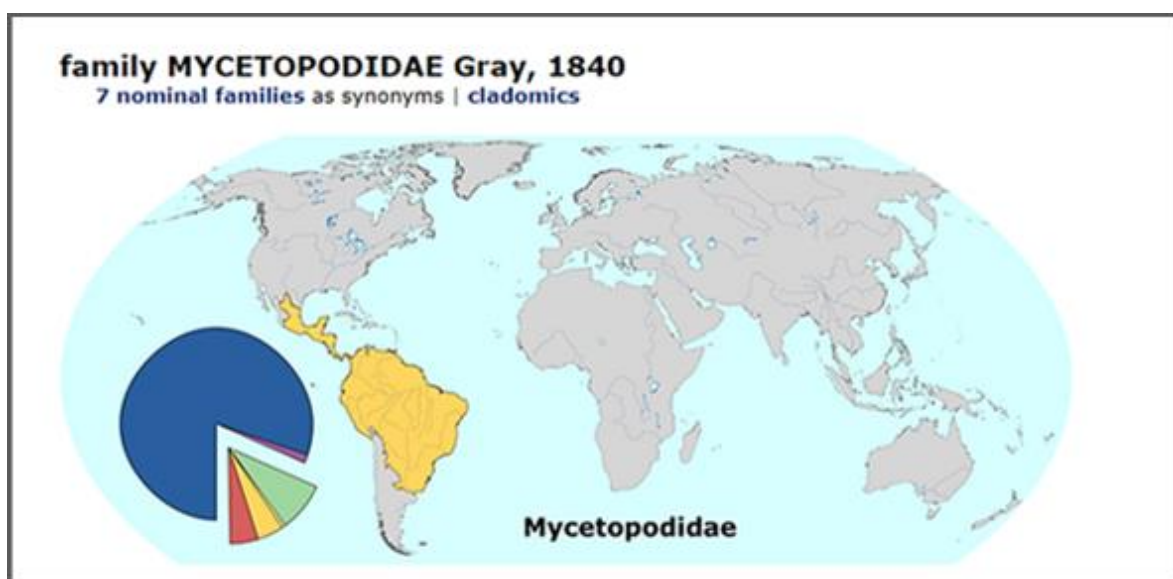


Figura 9- Distribuição Global dos Mycetopodidae; A cunha verde da torta representa a diversidade relativa recente de espécies da família. Fonte: Graf & Kevin (2008).

Graf & Cummings (2006) foram os autores que atribuíram às tribos os seguintes nomes: Rhipidodontini e Castaliini, grupos que são distinguidos pelos seus devidos contornos. Até o momento, o único estudo das camadas das conchas foi realizado em espécies da ordem Unionoidae, propostas para a América do Sul através de imagens de microscopia eletrônica de varredura, trabalho feito por Callil & Mansur (2005). Entre os estudos voltados a classe bivalvia, os de água doce, comumente, recebem pouca atenção em comparação com os bivalves marinhos.

3.1.1 Paleoecologia dos moluscos bivalves

A Paleoecologia, de modo geral, tem buscado refazer a trajetória da vida e das relações ecológicas em escala de tempo, analisando o contexto abiótico e biótico da fauna por meio dos fósseis, e assim compreendendo os processos que envolvem os estudos voltados para as áreas de Ciências da Terra e Biológica, juntamente fazendo parte a Geoquímica, Sedimentologia, Morfologia funcional e Tafonomia. Ressalta-se que é de suma importância os estudos paleoecológicos para que possamos compreender como era o modo de vida dos animais que viviam em ambientes pretéritos e a sua dinâmica ambiental (Stanley 1970, Carvalho 2000).

O processo da reconstituição de ambientes e comunidades pretéritas, se observa a partir de análises de evidências fóssilíferas identificadas, como também levando em consideração a comparação de organismos vivos com os fósseis, através do princípio da analogia. Assim, como outras áreas da Geologia, são de suma importância para estudos voltados a paleontologia e paleoecologia para a reconstrução paleoambiental (Stanley 1970).

O termo “paleoecologia” foi oficializado no século XX, pelo paleobotânico Edward Wilber Berry (1875-1975), o qual afirma que existia uma ligação entre organismos atuais. Os principais parâmetros a serem abordados para determinar a grande importância da paleoecologia seria a distribuição dos organismos, variação e o habitat (Stanley 1970).

A morfologia dos bivalves nos permite inferir o hábito de vida do organismo, sendo assim, a análise das estruturas morfológicas (forma e contorno) de fundamental importância, tornando-se indispensável para a identificação de algumas estruturas presentes, como o seu comprimento e largura; ainda, estruturas localizadas internamente como a charneira, espessa lamina dorsal localizada sob o umbo, permite a articulação das valvas, e, os dentes laterais, que evitam o deslizamento, auxiliando no fechamento simultâneo. As análises destas características possibilitam, por exemplo, inferir se o animal pertence ao grupo de escavadores profundos ou escavadores rasos (Stanley 1970).

Os organismos escavadores profundos, em sua grande maioria, apresentam ausência de dentição possibilitando facilitar a escavação, enquanto que nos escavadores rasos a dentição é completa. Portanto, a análise da morfologia dos moluscos bivalves é de suma importância para compreender o seu hábito de vida. O estudo paleoecológico dos bivalves é importante para a reconstrução paleoambiental, para com o meio ambiente e com outros organismos, em possíveis interações intra e interespecíficas; assim como podem fazer inferências das causas de sobrevivência e extinção (Stanley 1970).

Os hábitos de vida refletem como o animal está disposto no substrato, diretamente identificando os processos adaptativos e suas características morfológicas (Figura 10). Assim, é de suma importância compreender a disposição destes moluscos bivalves em seus respectivos ambientes (Moore 1969).

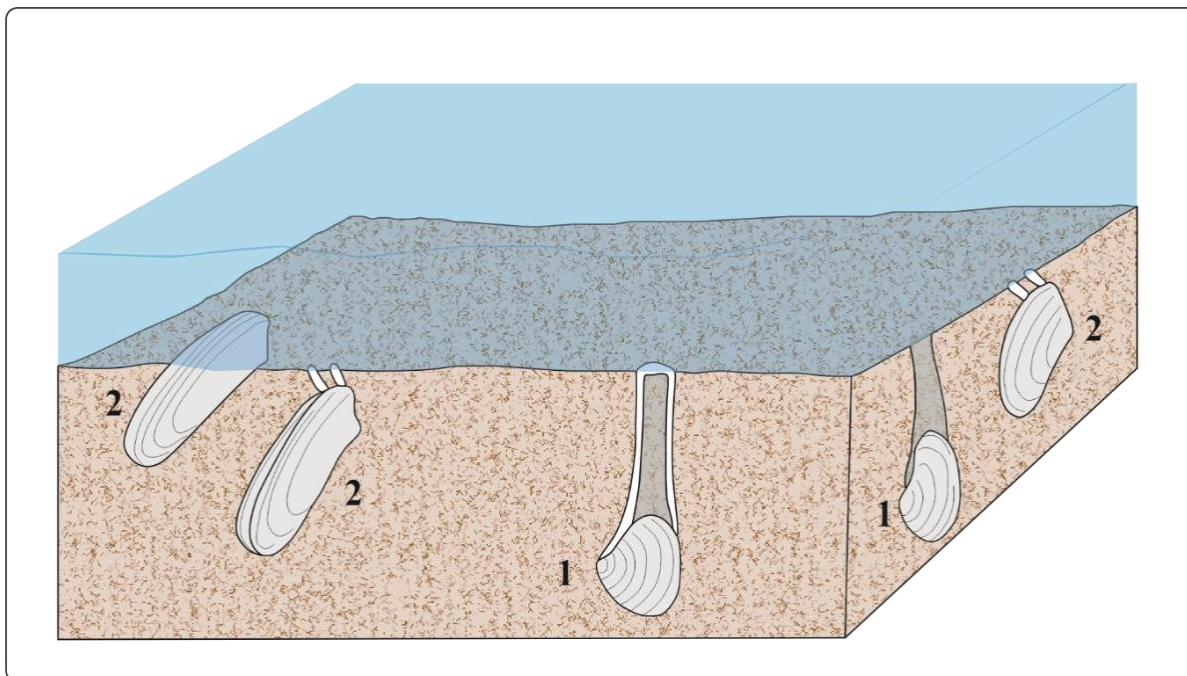


Figura 10- Esquema para identificar os diferentes hábitos de vida dos bivalves; 1 - escavadores profundo, 2 - escavadores rasos.

As relações entre os indivíduos extintos e o ambiente em que viviam podem ser inferidas pelos fósseis e pelas respostas dos organismos aos estímulos ambientais, não se diferenciando muito do que vemos nas relações ecológicas modernas (Dutra 2000). Conforme Ghilardi (1999), a paleoautoecologia é a compreensão da morfologia funcional para analisar estruturas que interagem entre si fisiológica e anatomicamente. Podemos utilizar características dos táxons vivos para analisar estruturas dos animais extintos, o que é de extrema importância em estudos de paleoecologia (Anelli 1999).

De acordo com Pereira (2011) e Raup & Stanley (1978), o tipo de substrato pode interferir no hábito de vida dos animais escavadores. Os substratos rochosos são facilmente utilizados pelos animais da epifauna e perfuradores de rochas. Já as areias, como são de difícil habitação, são colonizadas por animais da infauna. Nos fundos de substratos lodosos, por ser muito tranquilo, os habitantes consistem em elementos da infauna conchífera e pequenos animais. Os fundos, que são compostos por areia e sedimentos mais finos, são habitados por várias espécies que utilizam esse tipo de substrato. Dessa forma, ressalta-se que o tipo de vida que o animal irá desenvolver e, também da sua adaptação morfológica ao meio, depende muito do substrato. Conforme os hábitos de vida, os bivalves podem ser divididos em grupos tróficos,

cada um com suas próprias características adaptativas, a saber: a epifauna, grupo no qual os animais são mais expostos ao substrato, de forma solitária ou agregada (prendendo-se ao substrato duro) e são encontrados em zonas litorâneas, em regiões rasas; a semi-infauna, cujos animais são de águas rasas, podendo sofrer a ação de correntes ou ondas, e enterram mais da metade ou metade do comprimento do próprio corpo no substrato, tendo, assim, pouca mobilidade; seguido pelo padrão infaunal, na qual os elementos são escavadores e podem passar a vida toda ou parte dela enterrados no substrato (Moore 1969, Pereira 2011) (Figura 11).

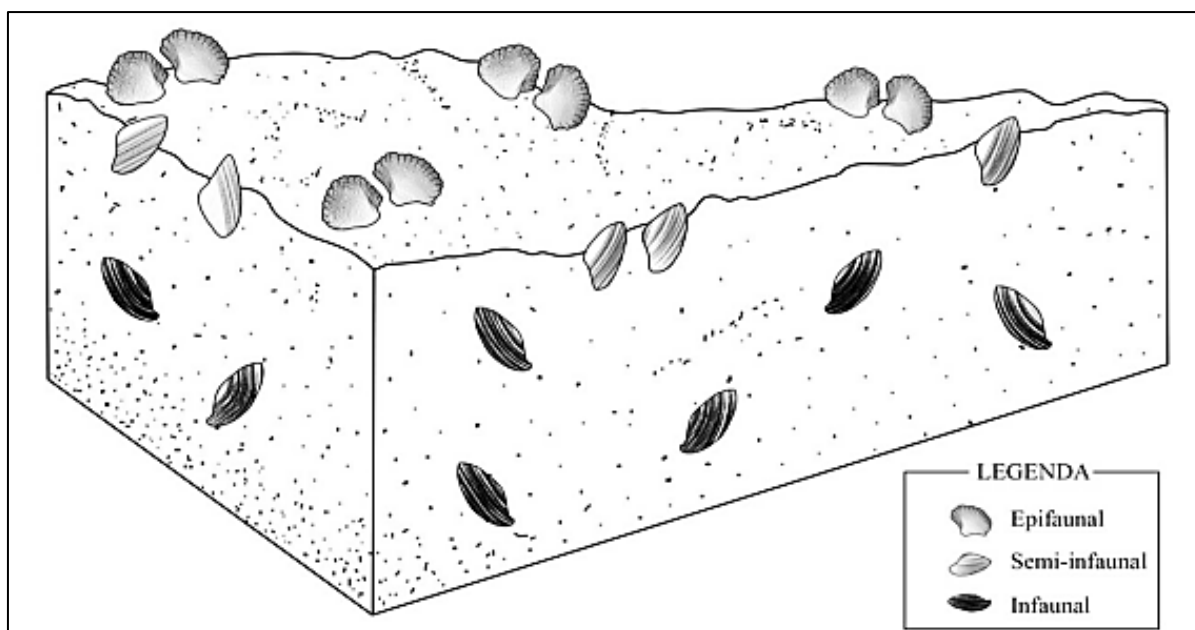


Figura 11- Disposição dos bivalves no substrato. Fonte: Carvalho (2019).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. MATERIAL

O material de estudo compreende 200 exemplares de moluscos fósseis coletados em afloramentos da Formação Solimões nas localidades de Aquidabã ($06^{\circ}31'40,8''$ S/ $069^{\circ}39'52,0''$ W) e Morada Nova ($06^{\circ}32'51,1''$ S/ $069^{\circ}42'39,4''$ W), município de Eirunepé, nas margens do rio Juruá; e no município Atalaia do Norte, nas localidades de São Pedro ($-04^{\circ}18'4.0''$ S/ $-70^{\circ}16'4,5''$ W) e Paumari ($-04^{\circ}17'19,6''$ S/ $-70^{\circ}17'05,4''$ W), margens do rio Javari, sudoeste do estado do Amazonas, Norte do Brasil (figura 12). Os exemplares ilustrados neste trabalho, encontram-se depositados no acervo de Paleontologia da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi.

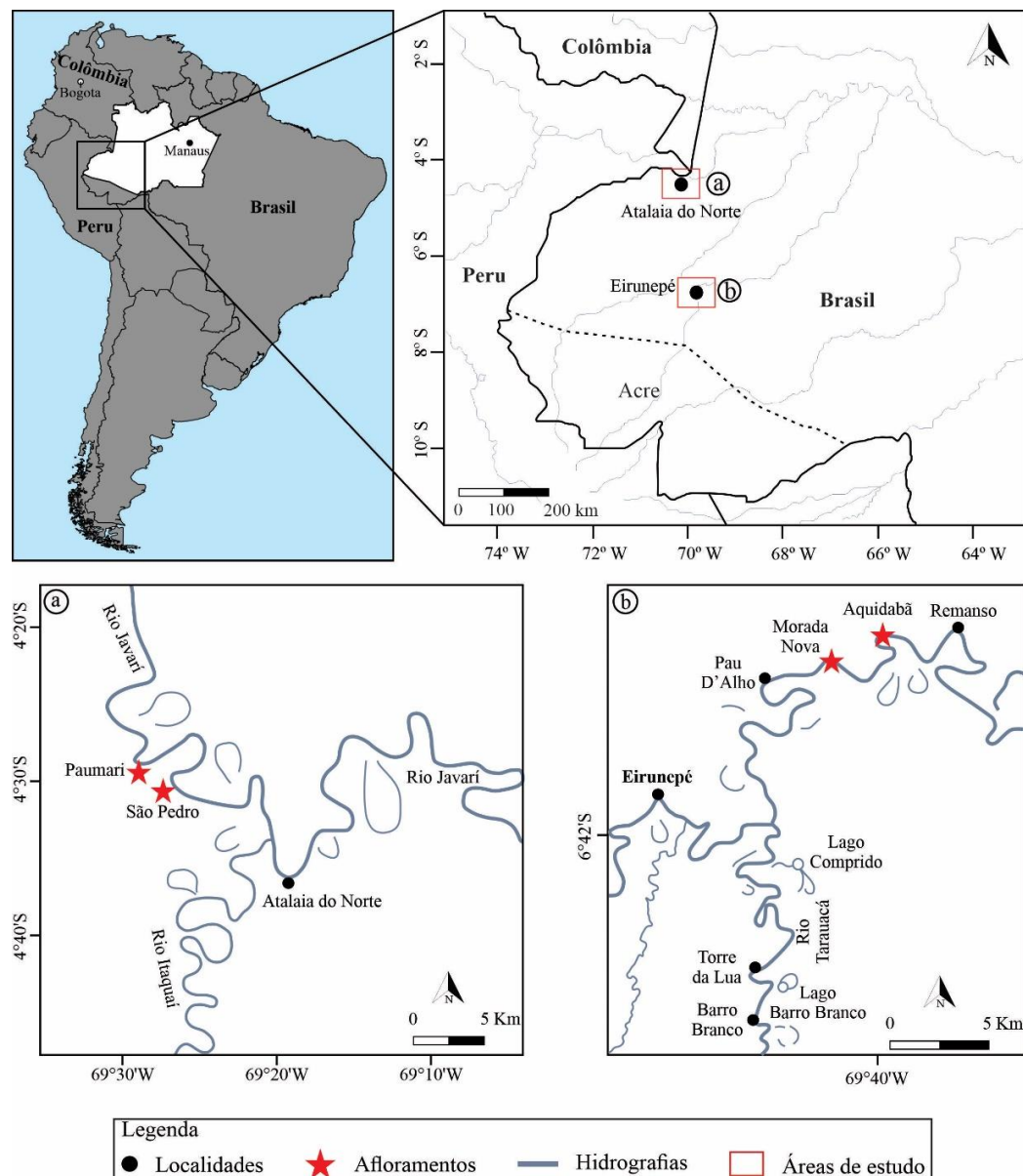


Figura 12- Mapa de localização da área de estudo. Fonte: modificado de Leite *et al.* (2021).

A descrição litológica e faciológica dos afloramentos da região de Eirunepé estão bem detalhadas nos artigos de Gross *et al.* (2011, 2013) (figura 13a-f); para os afloramentos da região de Atalaia do Norte (figura 14a-f), parte das descrições estão apresentadas em relatórios internos e parte em Linhares *et al.* (2017, 2019).

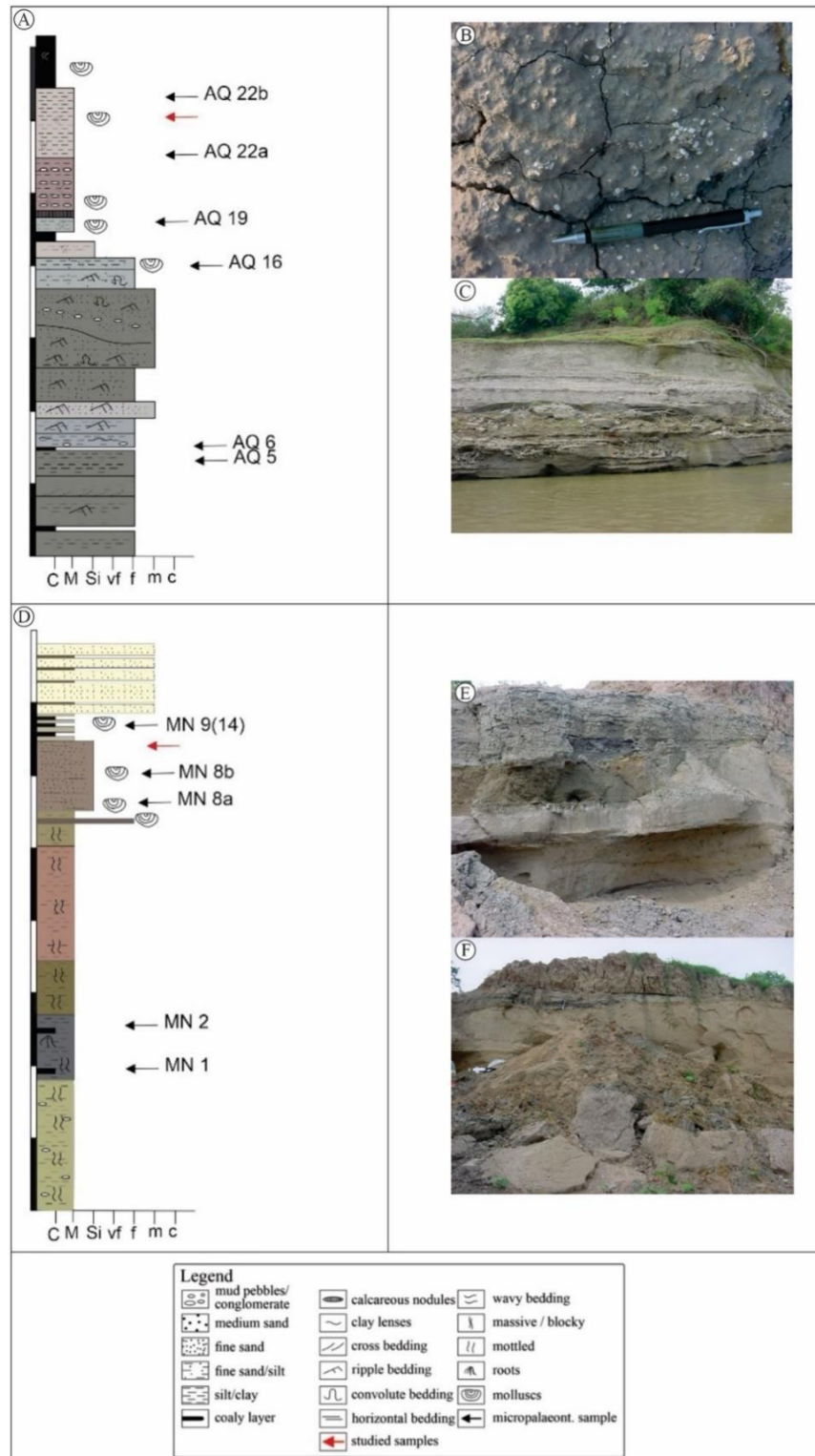


Figura 13- Perfis colunares dos afloramentos Aquidabã e Morada Nova e amostras coletadas Fonte: modificado de Gross *et al.* (2011).

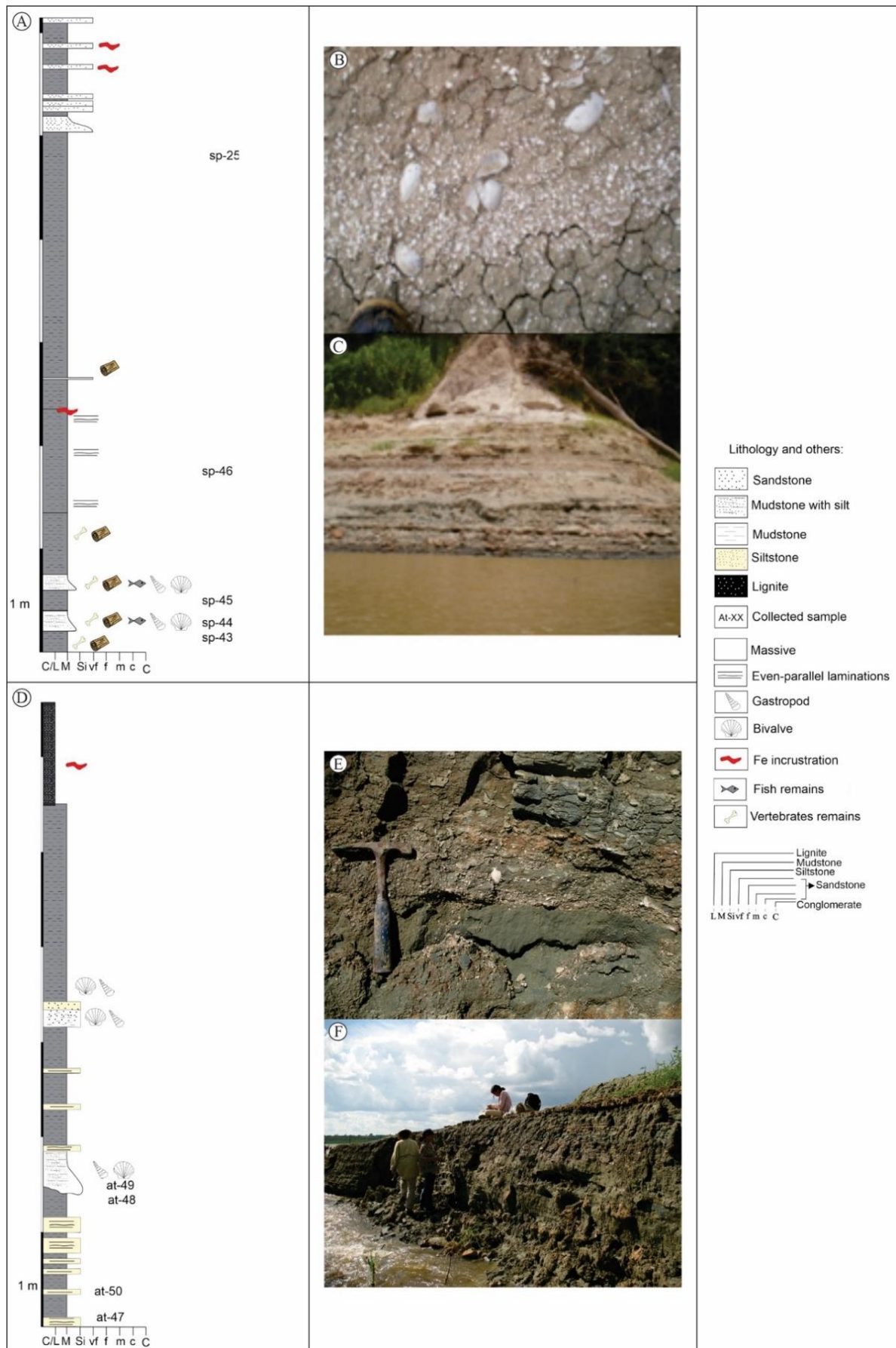


Figura 14- Perfis colunares e amostras coletadas nos afloramentos de São Pedro e Paumari, município de Atalia do Norte.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Processo de coleta e limpeza das amostras

As amostras encontram-se depositados no acervo de Paleontologia do Museu Paraense Emílio Goeldi. O procedimento de coleta foi realizado pelas atividades de campo executadas dentro do projeto “Paleontologia, Sedimentologia e Estratigrafia de Depósitos Terciários da Formação Solimões no município de Eirunepé, AM, Brasil”.

As coletas foram realizadas manualmente nos afloramentos, cujas amostras foram posicionadas nos perfis geológicos para controle estratigráfico. Após a coleta do material as amostras foram acondicionadas em recipientes próprios e depositadas no acervo de Paleontologia do Museu Paraense Emílio Goeldi.

4.2.2 Trabalhos em laboratório

Os exemplares foram selecionados para higienização, as quais foram realizadas com aparelhos odontológicos, pincéis e agulhas histológicas para remoção do sedimento, usando água destilada para ajudar essa remoção (Figura 16); parte deste material já tinha sido tratada pela autora no programa de iniciação científica (PIBIC/MPEG); esse manuseio foi feito com bastante cautela para não fragmentar o material, e assim, conceder uma melhor visualização das estruturas morfológicas dos espécies e posteriormente a identificação das mesmas; estas atividades foram desenvolvidas nos respectivos laboratórios da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia do MPEG.

Processo de medição dos exemplares foi realizado com auxílio de um paquímetro, assim foram feitas todas as medidas conforme Shrock (1953) (Figura 15); foram calculadas as médias de cada exemplar, levando em consideração os parâmetros obedecidos por autores específicos da literatura. Foram realizadas as medições dos exemplares, sendo levado em consideração padrão de largura/ comprimento/ altura dos exemplares, alguns apresentaram as valvas fragmentadas, em consequência disso, dificultou as medições exatas de alguns exemplares.

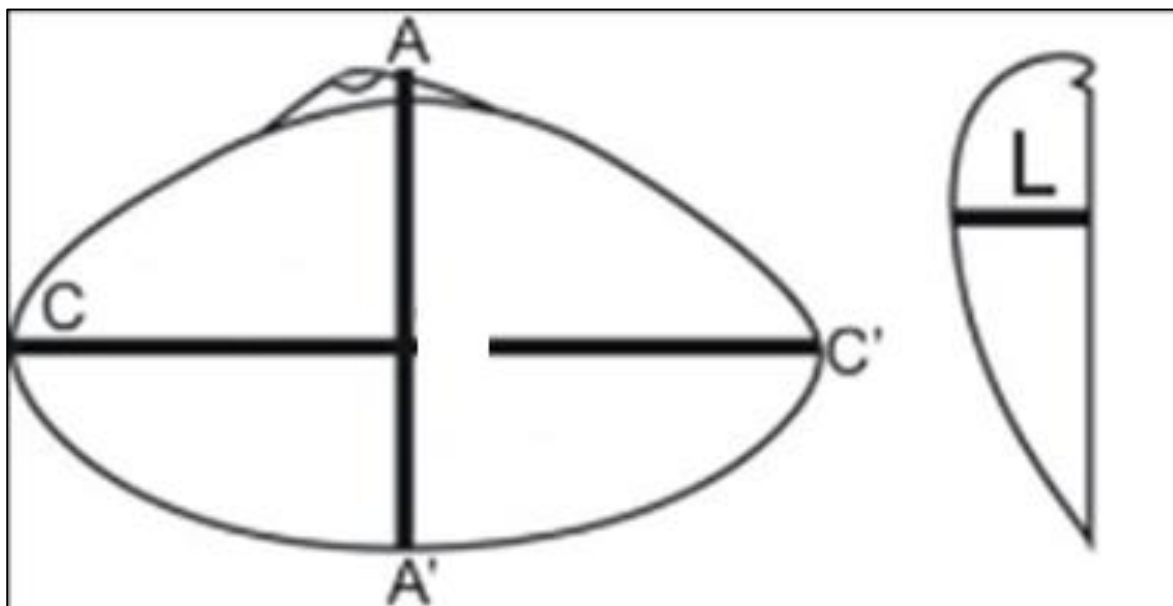


Figura 15- Parâmetro de medição dos bivalves, considerando o comprimento: C, a altura: A; e a largura: L. Fonte: modificado: Souza (2018).

4.2.3 Catalogação das amostras e inserção dos dados no Specify

Os exemplares foram catalogados e registrados com corretivo e caneta nanquim com o código MPEG-0000-I, e incorporados ao Acervo de Paleontologia do MPEG (Museu Paraense Emílio Goeldi/COCTE); os dados foram inseridos no banco de dados Software Specify.

Os dados de coleta (localidades, local de coleta, data de coleta) do material de pesquisa foram extraídos do banco de dados da coleção paleontológica do MPEG, disponível no sistema operacional Software *Specify* 6.6.05; posteriormente os dados foram organizados no programa Microsoft Office Excel.

4.2.4 Fotografias dos exemplares e confecção de gráficos, mapas e contornos

As ilustrações foram feitas principalmente através de fotos obtidas com câmera fotográfica digital Nikon, modelo D7000 lente 18-120, possibilitando uma alta resolução, (16.2 megapixels); também foi utilizada a câmera fotográfica acoplada a Lupa Leica, que permite visualizar e analisar as amostras com uma proximidade satisfatória, em duas e três dimensões. Posteriormente, a edição de imagens foi realizada com o uso dos programas *Coreldraw/CorelPhotopaint* versão 13, Adobe Photoshop CS3 BR; para os contornos das conchas, o Programa *Coreldraw/CorelPhotopaint*; para o mapa com as coordenadas geográficas, foi utilizado o programa *Arc Giz* 10.2; tabelas e gráficos foram confeccionados utilizando o programa Microsoft Office Excel 2010.

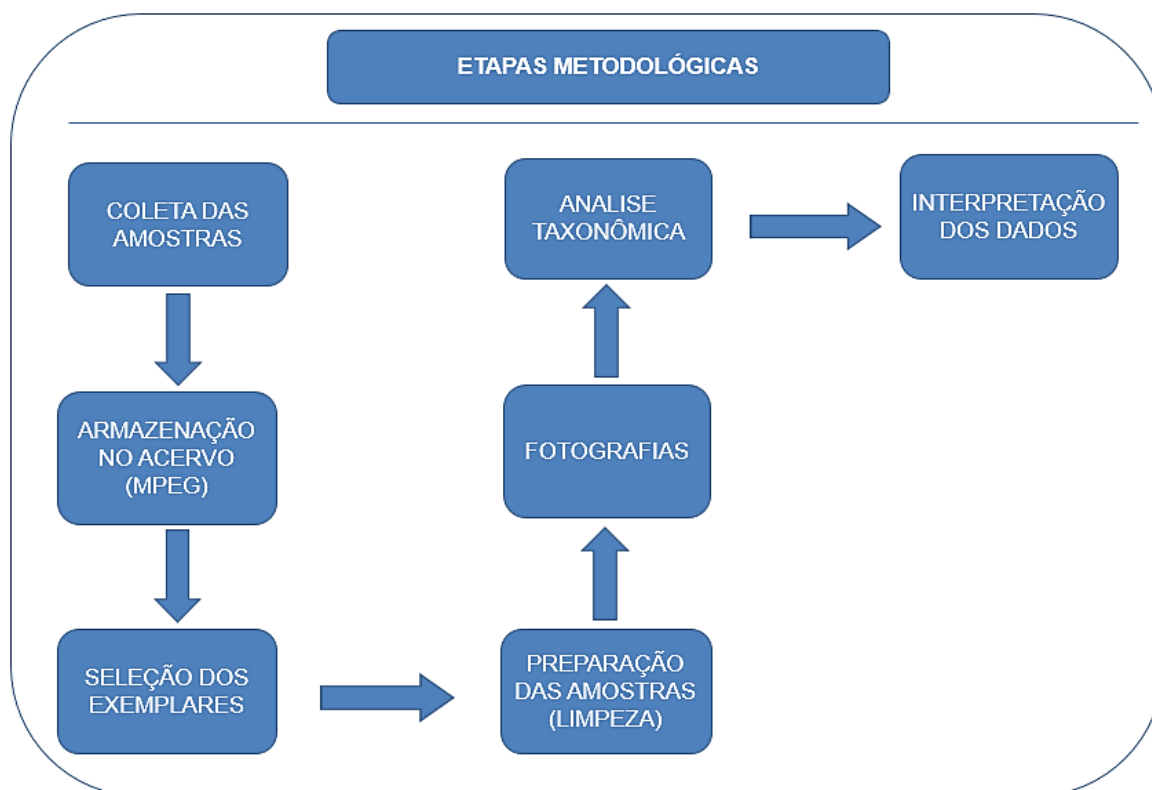


Figura 16- Fluxograma simplificando das etapas metodológicas seguidas para o desenvolvimento do trabalho.

4.2.5 Revisão bibliográfica

Revisão de Literatura e Dados Comparativos: Revisão de trabalhos anteriores e comparação com coleções de outros locais e épocas para assegurar a precisão na identificação. Sendo focada nos artigos voltados para a Geologia e Paleontologia da área de estudo bem como em artigos que tratam dos moluscos bivalves, em geral. Mais especificamente, a análise taxonômica foi realizado mediante a observações morfológicas e comparada a bibliografia específica para o grupo, tais como os catálogos: “Fossil Molluscs of Brazil” (Simone & Mezzalira, 1994), publicações especializadas: “Land and Freshwater Molluscs of Brazil” por Simone (2006), Wesselingh (2002), Wesselingh *et al.* (2006a), Wesselingh *et al.* (2006b) e banco de dados disponíveis on-line via Web como: projeto MUSSEL.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

No presente trabalho foram analisados 200 exemplares de moluscos da classe Bivalvia, os quais foram descritos e discutidos sistematicamente. A maioria dos exemplares estão bem preservados, com as valvas inteiras e desarticuladas.

Foram identificadas 06 espécies distribuídos em 04 gêneros e duas famílias. Da família Hyriidae identificou-se os gêneros *Castalia*, *Diplodon* e *Prisodon*, representados pelas espécies *Castalia ambigua* Lamarck (1819), e duas espécies novas aqui descritas *Castalia rochoi* e *Castalia juruanensis*; *Diplodon longulus* Conrad (1874) e *Prisodon ?corrugatus* Lamarck (1819); e da família Mycetopodidae foi identificado um único gênero representado pela espécie *Haasica cf. balzani* (Ihering 1893).

A porcentagem aponta uma maior abundância do gênero *Castalia*, representando pelas seguintes espécies: *Castalia ambigua*, *Castalia rochoi* e *Castalia juruanensis* (Figura 17), com um total de 92 exemplares; e com menor abundância os gêneros *Haasica cf. balzani* e *Prisodon ? corrugatus*, para os afloramentos de Aquidabã e Morada Nova, localizados no município de Eirunepé.

Os afloramentos de São Pedro e Paumari, localizados nas proximidades do município de Atalaia do Norte, são menos abundantes e diversos, onde foram registrados o gênero *Diplodon*, com 52 exemplares, o qual é restrito à estes afloramentos (Figura 18).

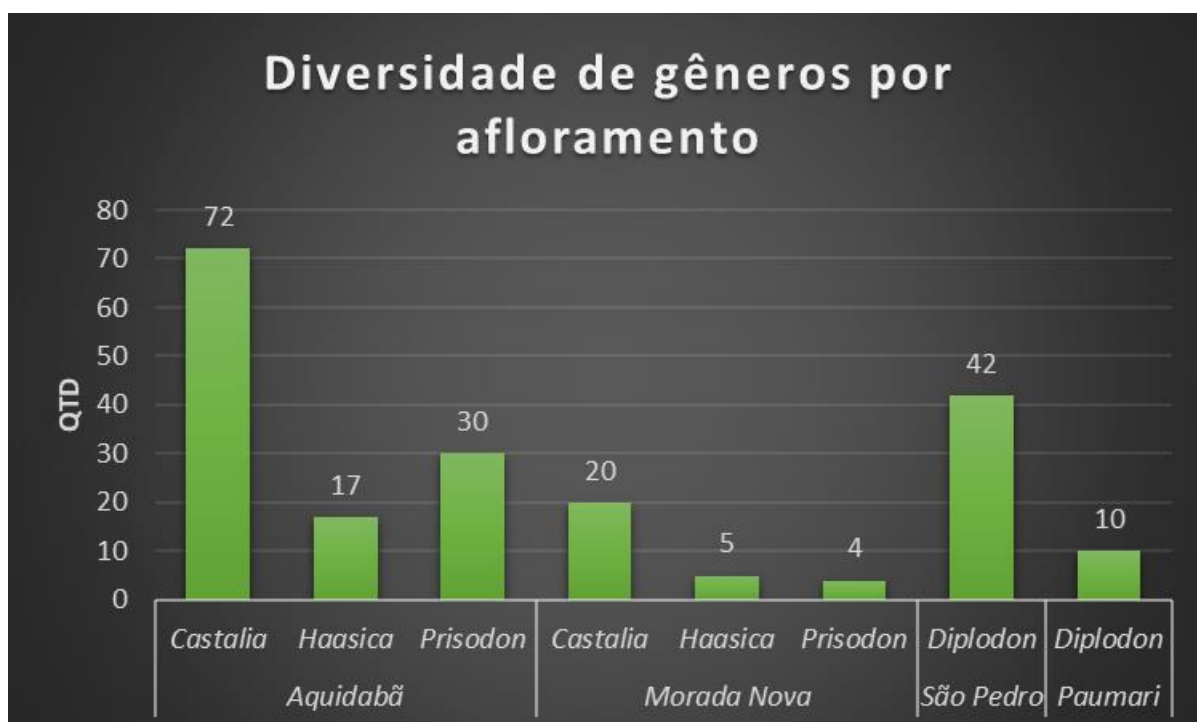


Figura 17- Diversidade de gêneros por afloramentos.

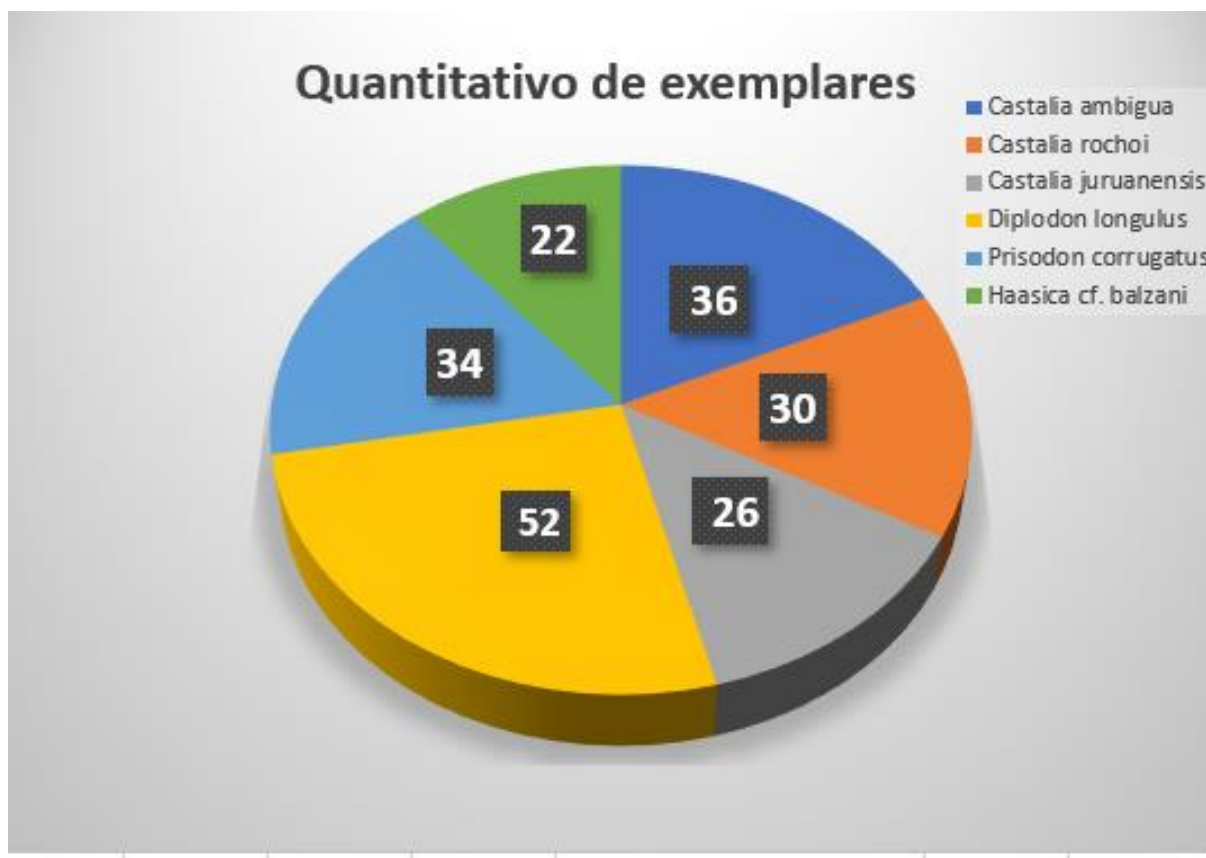


Figura 18- Quantitativo de exemplares por espécie.

5.2. SISTEMÁTICA

Filo MOLLUSCA Linnaeus 1758

Classe BIVALVIA Linnaeus 1758

Ordem UNIONOIDEA Stoliczka 1871

Família HYRIIDAE Swainson 1840

Tribo CASTALIINI Parodiz & Bonetto 1963

Gênero *Castalia* Lamarck 1819

Diagnose: *Castalia* Lamarck 1819 [**C. ambigua*; OD] [= Tetraplodon SPIX, 18271. Triangular, inflado, com alta crista posterior aguda, atrás da qual a margem é distintamente truncada; umbos muito cheios e altos, escultura radial com 1 ou 2 pares de nervuras centrais coalescendo abaixo, todo alongado sobre o disco com sulcos fortes; perióstraco espesso, escuro, sem brilho; linha da charneira arqueada com todos os dentes verticalmente sulcados, sendo um dente cardinal comprimido e forte na valva esquerda, dois na valva direita, todos na frente do umbo, atrás dos quais estão os dentículos, e, ainda um dente lamelar na valva direita e dois na

valva esquerda; cavidades do umbo profundas, não comprimidas (tradução livre de Moore, 1971).

Castalia ambigua Lamarck 1819

Figuras 19 (a-l) e 20 (a-d)

Castalia ambigua Lamarck 1819; Roxo 1924: p.45.

Castalia ambigua Lamarck 1819; Simone & Mezzalana 1994: p. 165; fig. 740.

Castalia cf. ambigua Lamarck 1819; Wesselingh, Ranzi & Rasänen 2006: p. 425; figs.11-12.

Castalia ambigua Lamarck 1819; Souza 2018: p. 79; figs 3 A-C; figs. 4-D.

Castalia ambigua Lamarck 1819; Araújo *et al.* 2023: p. 4; figs 3 A-L.

Diagnose: concha de tamanho médio (5 cm de comprimento, 4 cm de altura), muito espessa, contorno equilátero triangular alongado, com a extremidade posterior obliquamente truncada. Borda dorsal curva. Carena posterior bem evidente e oblíqua. Superfície externa com linhas radiais que cobrem o disco ou toda a superfície; cor marrom. Umbos não muito baixos, inflado e erodido. Cavidade umbonal profunda. Charneira com dentes pseudocardinais e laterais; lateral anterior curto e posterior alongado (Pimpão 2008).

Caracteres morfológicos: concha de contorno subtriangular, bastante inflada, margem anterior afilada ou arredondada e posterior obliquamente truncada; valvas espessas e robustas, com uma superfície externa fortemente sulcada e lisa entre as costelas longitudinais; com linhas radiais até a metade da concha ou por toda a superfície; comprimento pouco maior que a altura; carena muito saliente, com escultura umbonal e barras radiais pouco divergentes, bastante sólidas, altas e bem marcadas; costelas radiais podem ou não se estenderem por toda a concha, estriadas transversalmente não alcançando a borda superior, com linhas de crescimento que se convergem e estão presentes desde a sua parte ventral até dorsal; pode-se observar lamelas e micro-espinhos (Fig. 20a) em alguns exemplares. Internamente, apresenta uma charneira reforçada com dentes pseudocardinais curtos e lascados, e dentes laterais sulcados; na região anterior apresenta-se o músculo adutor bem marcado e preservado.

Discussão: *Castalia ambigua* apresenta variações morfológicas principalmente em tamanho, contorno e padrão de ornamentação observados nos exemplares analisados e na literatura. Roxo (1937) menciona que as espécies do gênero *Castalia* apresentam variações morfológicas de subespécie, sendo essas variações comuns na Formação Solimões. Denota-se que os

exemplares de Wesselingh *et al.* (2006) apresentam uma similaridade com os exemplares identificados neste trabalho, onde as ornamentações da espécie *Castalia* cf. *ambigua*, são descritas com as mesmas características morfológicas dos espécimens estudados como: “crista posterior correndo até à margem da concha, correspondente a um limite bastante agudo entre as margens posterior e ventral”. Também foram observadas similaridades morfológicas com a espécie *C. ambigua* registrada por Souza (2018), na Bacia do Acre, para o Mioceno superior, corroborando com as descrições neste trabalho como “provida de costelas longitudinais aplainadas na porção dorsal, estriadas transversalmente por linhas de crescimento a partir da porção mediana da concha” apresentando, desta forma, correlação no padrão morfológico com os exemplares aqui estudados relacionadas à ornamentação; ainda, as cristas radiais, podem variar, e, quando presentes, podem ser maiores e esparsas (Fig. 19c,e), estendendo-se por toda a superfície, desde o umbo até a região ventral, com crista nítida em forma de “V” próxima ao umbo (Fig. 19a-c); ou, como nos demais exemplares onde as cristas são mais finas (Fig. 19 i, k), ou parecem esmaecer no nível médio das valvas nos exemplares maiores, interceptadas por sulcos profundos evidentes (Fig. 19g). As linhas de crescimento são visíveis na região ventral, convergindo para as margens anterior e posterior cruzando as cristas radiais, podendo ser mais evidentes em alguns exemplares (Fig. 19g). Em raros exemplares podem ser observados alguns tubérculos discretos sobre as cristas da margem anterior (Fig. 19a). Na vista interna, possui charneira forte com crista mediana e dentes cardinais e laterais baixos (Fig. 19b, f); o músculo adutor é pronunciado na região anterior (Fig. 19b, f, h). Alguns exemplares não estão bem preservados, com a ornamentação desgastada, mas a linha da charneira é típica do gênero, e o comprimento é maior que sua altura (Fig. 19j, l).

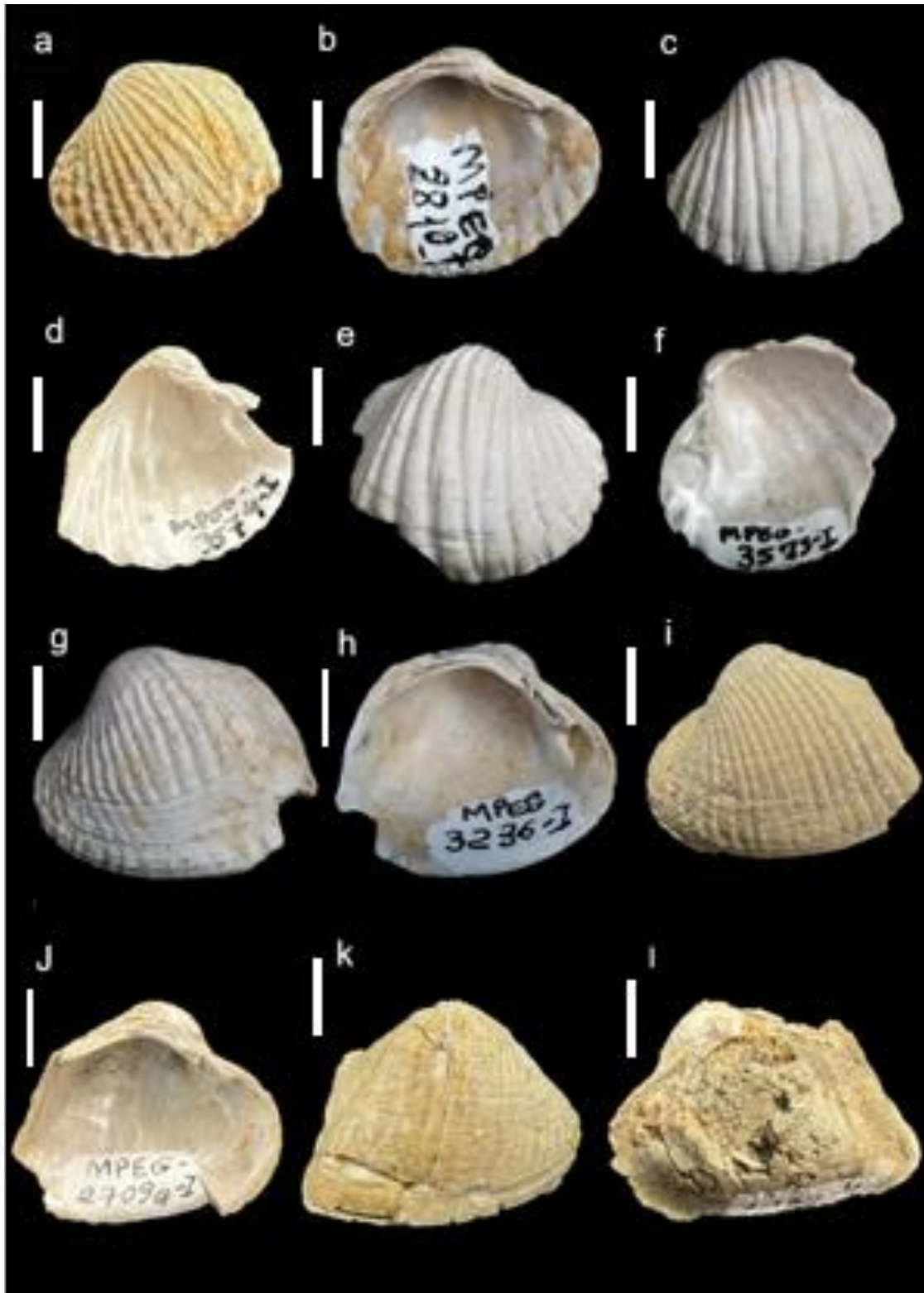


Figura19- *Castalia ambigua* Lamarck, 1819; A-B, MPEG- 2810-I, A- Vista externa, valva esquerda; B- Vista interna, valva esquerda; C-D, MPEG-3574-I, C- Vista externa, valva esquerda, D- Vista interna, valva direita; D- Vista interna, valva direita, E-F, MPEG-3575-I, E- Vista externa, valva direita; F- Vista interna, valva direita; G-H, MPEG-3236-I, G- Vista externa, valva esquerda; H- Vista interna, valva esquerda; I-J, MPEG-2709a-I, I- Vista externa, valva esquerda; J- Vista interna, valva esquerda, K-L, MPEG-2709b-I, K -vista externa, valva direita, L- vista interna, valva direita. Escala 20 mm; amostras coletadas no município de Eirunepé, nas localidades Aquidabã e Morada Nova.

A figura 20 representa diferentes exemplares e as respectivas variações morfológicas. Na **A1-A2**, o exemplar MPEG-2680-I, apresenta sua ornamentação bem visível, com costelas radiais esparsas, estendendo-se desde o umbo até a parte mediana da concha; apresenta, também, linhas de crescimento desde a parte dorsal até sua parte ventral, aparentemente visíveis em algumas. Em **A3-A4**, na vista interna do exemplar, observa-se na espécie charneira reforçada, pouco alta, com dentes pseudocardinais e laterais. Na **B1-B2**, o exemplar MPEG-2727-I apresenta sua ornamentação com costelas radiais espessas, estendendo-se desde a parte dorsal até a parte ventral da concha, sulcos espessos, onde observa ornamentação com costelas radiais que se projetam para a parte interna da valva e linhas de crescimento pouco visíveis; a figura **B2** apresenta o desenho esquemático, onde pode-se observar, uma das costelas em forma de "V", ou padrão *chevron* também observado em alguns exemplares das demais espécies de *Castalia* aqui descritas; em **B3-B4**, na vista interna, foi identificado, charneira média, com dentes pseudocardinais e laterais. Na **C1-C2**, o exemplar MPEG-2784-I, apresenta ornamentação pouco preservada, consequentemente com características morfológicas pouco visíveis, sendo identificado costelas radiais na região anterior na parte dorsal até a parte mediana da valva; as linhas de crescimento, apesar de pouco visíveis, estendem-se até a parte ventral da concha. Em **C3-C4**, na parte interna da valva o exemplar apresenta charneira reforçada, média, com dentes pseudocardinais e laterais. Na **D1-D2**, o exemplar MPEG-2812-I, apresenta sua ornamentação radial, com costelas radiais esparsas, estendendo-se desde a parte dorsal do umbo, até a parte ventral da valva, apresentando um pouco fragmentado na região posterior, linhas de crescimento concêntricas, algumas visíveis e outras pouco visíveis. Em **D3-D4**, na vista interna do exemplar nota-se charneira baixa, com dentes pseudocardinais, e possivelmente laterais, (exemplar fragmentado); apresenta músculo adutor na região anterior.

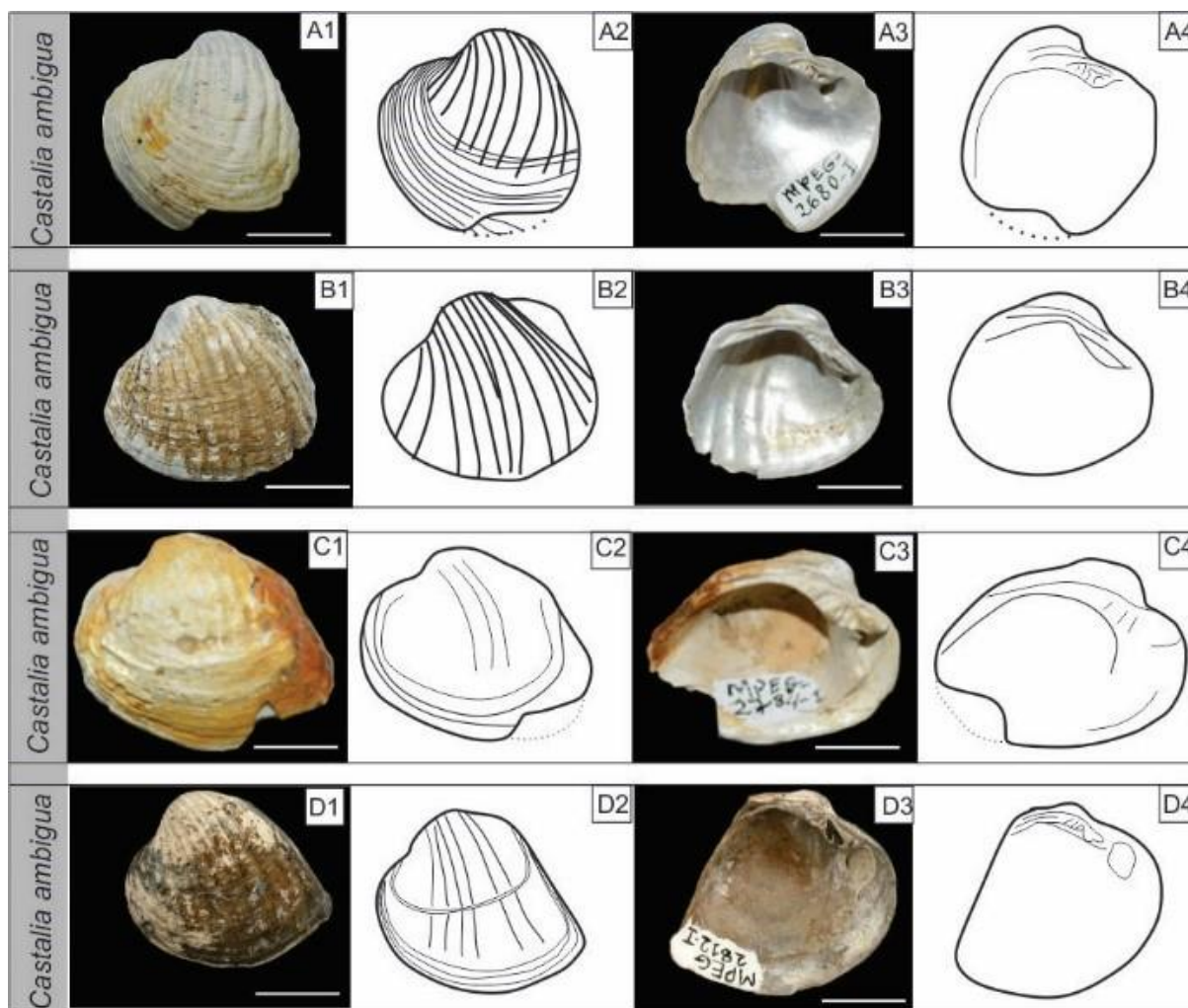


Figura 20- Variações morfológicas de *Castalia ambigua* (valvas esquerdas), fotografias em câmera digital e figuras com os desenhos esquemáticos dos exemplares estudados.

Medidas dos exemplares (Números de registros/ Altura/ Comprimento/ Largura): MPEG-2784-I: 2,7 cm; 3,0 cm; 0,9 cm; MPEG-3235-I: 2,7 cm; 2,5 cm; 0,7 cm; MPEG-2709a-I : 2,3 cm; 2,5 cm; 0,8 cm; MPEG-2709b-I: 2,4 cm; 2,9 cm; 1,0 cm; MPEG-2706-I: 2,1 cm; 2,5 cm; 0,7 cm; MPEG-3236-I: 1,7 cm; 2,0 cm; 0,7 cm; MPEG-2810-I cm: 1,5 cm; 1,7 cm; 0,4 cm; MPEG-3241-I: 0,8 cm; 1,2 cm; 0,2 cm; MPEG-3241-I: 0,8 cm; 1,2 cm; 0,2 cm; MPEG-3575-I: 2,0 cm; 2,3 cm; 0,8 cm; MPEG-3564-I: 1,4 cm; 1,8 cm; 0,5 cm; MPEG-3573-I: 1,7 cm; 1,9 cm; 0,6 cm.

Ocorrência na área de estudo: Os exemplares coletados ocorrem na porção mais superior das seções estudadas, dos afloramentos Aquidabã e Morada Nova, na margem direita do rio Juruá, município de Eirunepé, estado do Amazonas, Brasil; as camadas são constituídas por folhelhos cinzentos e escuros relacionados a lagos de várzea (figura 13); Formação Solimões, Mioceno superior, Aquidabã (Amostra, AQ22; AQ40); Morada Nova (Amostra, MN) margem do rio Juruá, município de Eirunepé, estado do Amazonas, Brasil.

Demais ocorrências: Cretáceo inferior ao Recente. São Paulo, Brasil, Grupo Bauru, Formação Adamantina, Cretáceo superior (Mezzalira & Simone 1999); Rio Itapecuru, municípios, Itapecuru-Mirim, Cantanhede, Maranhão, Brasil; Bacia do Parnaíba, Formação Itapecuru, Cretáceo inferior (Ferreira *et al.* 1995, Caputo *et al.* 2005). Cachoeira da Bandeira, e Oriente, Acre, Brasil; Grupo Javari, Bacia do Acre, Formação Solimões, Mioceno superior (Wesselingh *et al.* 2006); Cachoeira da Bandeira, e Oriente, Acre, Brasil; Bacia do Acre, Formação Solimões, Mioceno superior (Sousa 2018); Aquidabã, município de Eirunepé, Amazonas, Brasil; Bacia do Solimões, Formação de Solimões, Mioceno (Roxo 1924); Rio Carauari e Juruá, Amazonas, Brasil; Bacia do Solimões, Formação Pebas, Plioceno ao Recente (Simone & Mezzalira 1994); Recente (Simone 2006, Pimpão 2010, Miyahira *et al.* 2017).

Castalia sp.1

Figura 21 (a-l)

Castalia ambigua Lamarck 1819; Wesselingh, Ranzi & Rasänen 2006: p. 425; figs. 13-15

Holótipo: MPEG-2807-I (altura 2,9/ comprimento 3,5).

Parátipo: MPEG-2799-I (altura 2,9/ comprimento 3,7).

Localidade tipo: Eirunepé, na localidade de Aquidabã.

Diagnose: Concha de contorno sub-triangular, inflada, costelas radiais localizadas na região umbonal (região dorsal), superfície externa com sulcos rasos e fortemente ornamentada com padrão *chevron* discreto mais próximo do umbo; com linhas radiais até a metade da concha ou por toda a superfície; intercaladas de micro-espinhos ou nódulos, apresenta linhas de crescimento visíveis; carena posterior bem marcada; charneira com dentes laterais e pseudocardinais evidentes; o anterior é curto e espesso e o posterior é longo e simples.

Descrição: Concha de contorno sub-triangular, inflada; externamente apresenta uma morfologia com costelas radiais localizadas na região umbonal; superfície externa com sulcos rasos e fortemente ornamentada com padrão *chevron* discreto mais próximo do umbo; intercalados de micro-espinhos e nódulos; ornamentação com cristas, linhas de crescimento bem marcadas nas regiões dorsal e ventral da valva; internamente apresenta charneira reforçada, com dentes laterais, cardinais e pseudocardinais evidentes; o anterior é curto e espesso e o

posterior é longo e simples; linha palial evidente com músculos adutores bem marcados na região posterior e anterior; apresenta um comprimento maior que a sua altura.

Medidas dos exemplares (Números de registros/ Altura/ Comprimento/ Largura):

MPEG-2787-I: 2,5 cm; 3,1 cm; 0,6 cm; MPEG-2778-I: 2,8 cm; 3,5 cm; 0,9 cm; MPEG-2801-I: 3,3 cm; 3,8 cm; 0,9 cm; MPEG-2803-I: 3,2 cm; 4,1 cm; 1,0 cm; MPEG-3247-I: 2,7 cm; 3,0 cm; 0,9 cm; MPEG-2807-I: 2,9 cm; 3,5 cm; 0,9 cm; MPEG-2799-I: 2,9 cm; 3,7 cm; 0,9 cm; MPEG-2798: 2,5 cm; 3,1 cm; 0,8 cm; MPEG-2691: 3,3 cm; 4,0 cm; 1,0 cm; MPEG-2800: 3,2 cm; 4,1 cm; 1,0 cm; MPEG-2659: 3,1 cm; 4,1 cm; 0,9 cm; MPEG-2696: 3,7 cm; 4,7 cm; 1,0 cm; MPEG-2700: 2,4 cm; 3,5 cm; 0,6 cm.

Discussão: *Castalia* sp.1 difere da espécie identificada como *Castalia ambigua* principalmente no padrão de ornamentação das costelas, as quais são retas e esparsas em *C. ambigua*; em *Castalia* sp.1, o padrão *chevron* predomina nas proximidades do umbo, podendo ocorrer por toda a concha; presença de micro-espinhos e nódulos (Fig. 21a); linhas de crescimento são bem marcadas no primeiro e segundo terço da valva (Fig. 21 c, g). Em *Castalia ambigua* o umbo é bem mais côncavo internamente do que em *Castalia* sp.1. Esta última apresenta a linha palial e os músculos adutores bem marcados, e charneira reforçada, com dentes laterais anteriores mais marcados e espessos.

Ocorrência na área de estudo: Aquidabã (Amostra, AQ22; AQ40) margem do rio Juruá, município de Eirunepé, estado do Amazonas, Brasil.

Demais ocorrências: Mioceno superior, Grupo Javari, Bacia do Solimões, Formação Solimões, neste estudo. Cachoeira da Bandeira, e Oriente, Acre, Brasil: Grupo Javari, Bacia do Acre, Formação Solimões, Mioceno superior (Wesselingh *et al.* 2006)



Figura 21- *Castalia* sp.1: A-B, MPEG-2807-I, A- Vista externa, valva direita; B- Vista interna, valva direita; C-D, MPEG-2691-I, C- Vista externa, valva direita; D- Vista interna, valva direita; E-F, MPEG-2800-I, E- Vista externa, valva esquerda; F- Vista interna, valva esquerda; G-H, MPEG-2685-I, G- Vista externa, valva direita; H- Vista interna, valva direita; I-J, MPEG-2690-I, I- Vista externa, valva direita; J- Vista interna, valva direita; K-L, MPEG-2799-I, K- vista externa, valva esquerda, L- vista interna, valva esquerda. Escala 20 mm; amostras coletadas no município de Eirunepé, nas localidades Aquidabã e Morada Nova.

Castalia sp. 2

Figura 22 (a-l)

Holótipo: MPEG-2800-I (altura 2,5/comprimento 2,9)

Parátipo: MPEG-2685-I (altura 2,1/comprimento 2,5)

Localidade tipo: Eirunepé, na localidade de Aquidabã.

Diagnose: concha apresenta contorno subtriangular, ornamentação com linhas radiais que se convergem, com forte padrão *chevron* por toda a superfície da concha podendo ocorrer micro espinhos e nódulos discretos; carena posterior discreta; internamente apresenta a charneira reforçada com dentes cardinais e laterais; anterior baixo e levemente alongado e posterior alongado.

Descrição: Concha de contorno subtriangular, externamente a valva apresenta umbo levemente acentuado, ornamentação com costelas radiais em forte padrão *chevron*, linhas de crescimento na região dorsal, micro-espinhos na região antero-posterior, carena posterior discreta; internamente apresenta charneira reforçada, com dentes laterais e dentes cardinais discretos, anterior baixo e levemente alongado e posterior alongado; linha paleal pouco visível com músculo adutor anterior mais marcado que o posterior. Devido a fragmentação dos exemplares, algumas análises mais precisas na morfologia foram dificultadas.

Medidas dos exemplares (Números de registros/ Altura/ Comprimento/ Largura): MPEG-2807-I: 2,6 cm; 3,0 cm; 0,7 cm; MPEG-2691-I: 2,6 cm; 3,0 cm; 0,9 cm; MPEG-2800-I: 2,5 cm; 2,9 cm; 0,6 cm; MPEG-2685-I: 2,1 cm; 2,5 cm; 0,5 cm.

Discussão: A espécie *Castalia* sp. 2 apresenta um contorno subtriangular, micro espinhos, linhas radiais que se convertem, mantem um padrão de costelas radiais em *chevron*, fortemente marcado por toda a superfície da concha enquanto que em *Castalia* sp. 1 se limita mais às proximidades do umbo; carena menos marcada que *Castalia* sp. 1; nódulo e microespinhos por toda a valva, e seu contorno é mais alongado e subtruncado.

Ocorrência na área de estudo: Aquidabã (Amostra, AQ22; AQ40) margem do rio Juruá, município de Eirunepé, estado do Amazonas, Brasil. Mioceno superior, Grupo Javari, Bacia do Solimões, Formação Solimões.

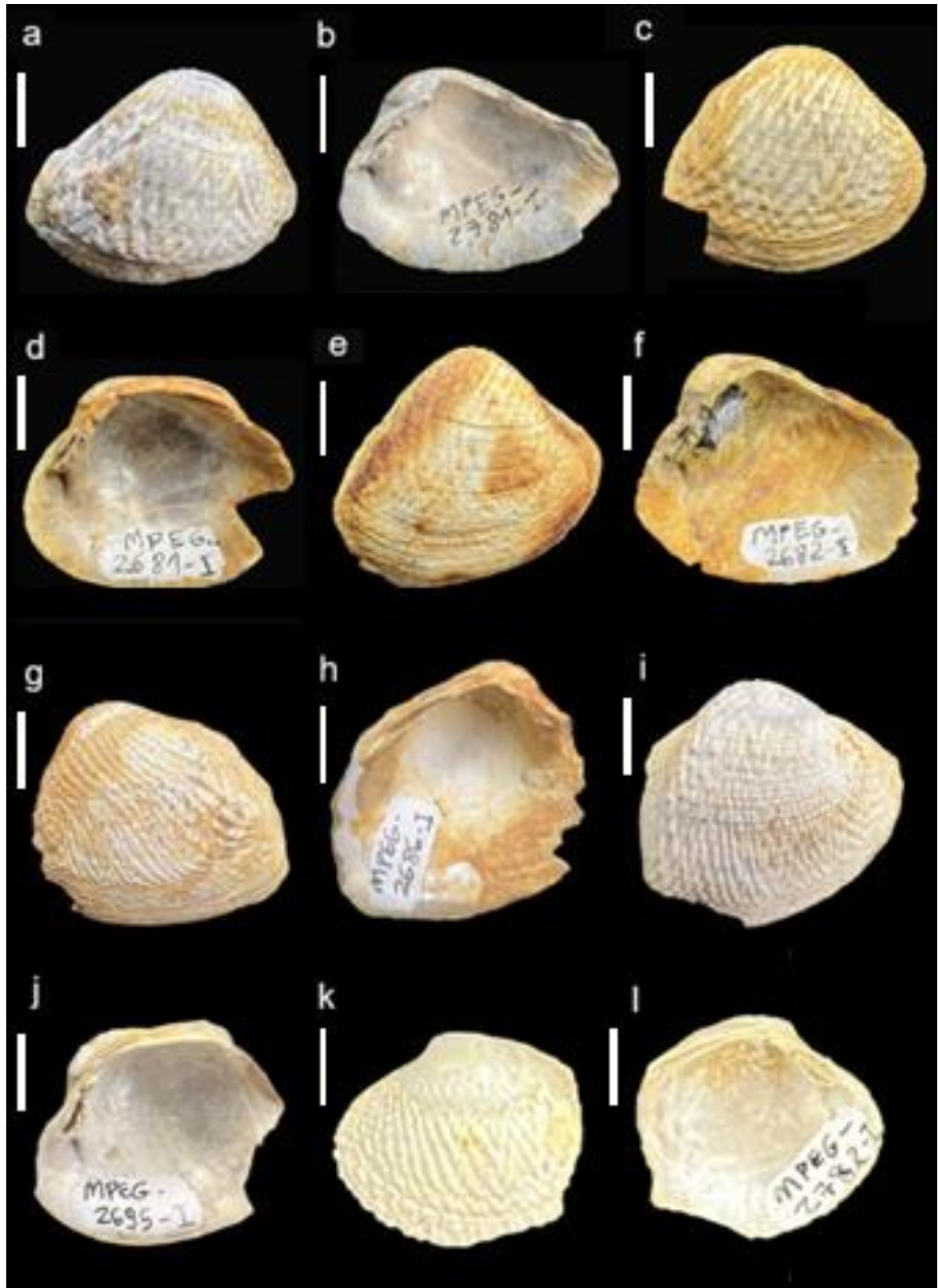


Figura 22- *Castalia* sp. 2: A-B, MPEG- 2781-I, A- Vista externa, valva direita; B- Vista interna, valva direita; C-D, MPEG-2681-I, C- Vista externa, valva direita; D- Vista interna, valva direita; E-F, MPEG-2682-I, E- Vista externa, valva direita; F- Vista interna, valva direita; G-H, MPEG-2686-I, G- Vista externa, valva esquerda; H- Vista interna, valva esquerda; I-J, MPEG-2695-I I- Vista externa, valva direita; J- Vista interna, valva direita; K-L, MPEG-2782-I, K- vista externa, valva esquerda, L- vista interna, valva esquerda. Escala 20 mm; amostras coletadas no município de Eirunepé, nas localidades Aquidabã e Morada Nova.

Tribo Diplodontini Parodiz & Bonetto, 1963

Gênero: *Diplodon* Spix 1827

Espécie-tipo: *Diplodon longulus* Conrad, 1874

Diagnose: Elíptica, arredondada, alongada ou trapezoidal, com umbo esculpido em padrão *chevron* radialmente bastante baixo, linhas concêntricas curvas e se aproximando umas das outras abaixo; crista posterior baixa ou pouco desenvolvido; superfície esculpida concentricamente, dividida em alguns em nódulos ou ondulações finas; perióstraco opaco, sem raios; charneira com 2 dentes cardinais comprimidos (um na frente do outro) e 2 dentes lamelares comprimidos em VE; cavidades do umbo rasa. (tradução livre de Moore 1971).

Diplodon longulus (Conrad, 1874)

Figuras 23 (a-f) e 24 (a-g)

Diplodon (*Diplodon*) *longulus* Conrad 1874; Nuttall 1990; p. 270; fig. 302.

Diplodon sp. Nuttall 1990: p. 271; figs. 303, 304, 305.

Diplodon cf. *longulus* Wesselingh et al. 2006; p. 429; fig. 28.

Diplodon longulus Wesselingh, et al. 2006a; p. 220; figs. 280, 281, 282.

Diplodon cf. *longulus* Kaandorp et al. 2006; p. 56; figs B-C.

Diplodon longulus Souza 2018: p. 87; figs. A-I.

Castalia ambigua Lamarck 1819; Simone & Mezzalana 1994; p. 165; fig. 740.

Diagnose: Concha grande (L c. 80), equivalente, não-equivalente; umbo localizado em um quinto do lado anterior; a forma varia de quase reta, em cunha a elíptica (geralmente mais convexo); margem posterior estendida, reta a ligeiramente curva; margem póstero-ventral mais ou menos arredondada para angular; a pequena margem póstero-dorsal tende a ser totalmente alada em espécimes bem preservados; na área umbonal é desenvolvida uma curta escultura irregular em padrão *chevron*; costelas desaparecem em breve do umbo; área abaixo da margem póstero-dorsal levemente deprimida; charneira robusta; área lateral posterior ligeiramente superior à lateral anterior; adutores profundamente marcados (tradução livre de Moore 1971).

Caracteres morfológicos: concha oval a alongada com formato quadrilateral e com margem ventral arredondada. A ornamentação apresenta padrão *chevron* próximo ao umbo e padrão concêntrico no restante da concha, caracterizada por ser assimétrica, fina e pouco espaçada. A

margem anterior das conchas é arredondada, enquanto a margem posterior é reta com um arredondamento posterior e com extremidades anterior e posterior arredondadas. Superfície do umbo contendo em torno de 8-10 curtas costelas radiais, que apresentam um formato *chevron*, finas e pouca espaçadas, arredondadas na margem ventral, subtruncada na parte anterior da valva, contendo linhas de crescimento por todo o exemplar, atendo grande crescimento na parte ventral; na sua parte interna os exemplares apresentam charneira baixa arredondada, com dentes laterais, e alguns exemplares com dentes pseudocardinais, com comprimento geralmente maior que a altura.

Discussão: Nos espécimes identificados como *Diplodon longulus*, foi observado o padrão das ornamentações, típicos da diagnose; na parte anterior da valva foi identificado, carena perto da região umbonal; em outros espécimes um contorno reto; a maioria dos espécimes apresenta costelas com padrão *chevron* restrito à região umbonal da valva; alguns exemplares apresentam internamente uma costela que se projeta para a parte interna da valva; a relação do padrão de comprimento/altura, foi analisado e visto que, em alguns exemplares apresentam-se mais alongados, tanto na região posterior quanto na região anterior; em outros exemplares já não denota esse padrão, ocorrendo um padrão menor em relação aos outros exemplares analisados; e também esses exemplares demonstram uma altura menor que o seu comprimento. Nuttall (1990) menciona que *Diplodon longulus* apresenta uma variação morfológica, no qual, dificulta a sua identificação; observou-se que a espécie retratada por Nuttall (1990) se assemelha com a espécie identificada neste trabalho. Kaandrop (2005) focou mais nas análises paleoecológicas e paleobiogeográficas de fósseis de moluscos na Bacia Amazônica. O estudo envolve o exame de várias espécies de moluscos para entender sua distribuição, adaptações ambientais e as mudanças históricas em seus habitats, evolução e adaptação dos *Diplodon* em diferentes contextos paleoambientais. Wesselingh (2006) discute a espécie *Diplodon cf. longulus* no contexto das faunas de bivalves de água doce do Neogeno da região amazônica, enfatizando sua presença e significância em reconstruções paleoambientais. O trabalho se concentra na identificação e classificação das espécies, o que contribui para a compreensão da história ecológica e geográfica da área durante as épocas do Mioceno ao Plioceno. Isso ajuda a compreender os padrões evolutivos e as mudanças ambientais que ocorreram na bacia amazônica durante esse período. Observou-se uma similaridade entre a espécie também identificada neste trabalho, compreendendo-se uma certa correlação entre as espécies. No trabalho de Souza (2018), retrata também uma similaridade, com caracteres morfológicos parecidos.

A identificação taxonômica dos espécimes analisados no presente trabalho foi baseada apenas na morfologia de suas conchas, seguindo-se a diagnose de Wesselingh (2006a), visto que o material estudado se trata de fósseis e, portanto, as partes moles não são encontradas.

Medidas dos exemplares (Números de registros/ Altura/ Comprimento/ Largura): MPEG-4085-I: 3,5 cm; 6,5 cm; 1,0 cm; MPEG-4099-I: 3,6 cm; 6,2 cm; 1,0 cm; MPEG-4088-I: 4,0 cm; 6,0 cm 1,0 cm; MPEG-2735-I: 4,0 cm; 7,0 cm; 1,5 cm; MPEG-2737-I: 4,2 cm; 6,5 cm; 1,0 cm; MPEG-2729-I: 3,5 cm; 6,5 cm; 1,0 cm; MPEG-2733-I: 4,0 cm; 6,5 cm; 1,3 cm; MPEG-2759-I: 3,7 cm; 5,5 cm; 1,1 cm; MPEG-2731-I: 4,0 cm; 6,0 cm; 1,4 cm; MPEG-2751-I: 3,1 cm; 4,5 cm; 1,0 cm; MPEG-2758-I: 4,2 cm; 5,5 cm; 1,0 cm; MPEG-2734-I: 3,5 cm; 5,0 cm; 1,5 cm; MPEG-2736-I: 3,5 cm; 6,5 cm; 1,2 cm; MPEG-2763-I: 3,5 cm; 5,3 cm; 0,5 cm; MPEG-2761-I: 3,5 cm; 6,5 cm; 1,0 cm; MPEG-2755-I: 3,0 cm; 6,0 cm; 1,4 cm.

Ocorrência na área de estudo: Localidades de São Pedro e Paumari, margens do rio Javari, município Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil.

Demais ocorrências: Mioceno Inferior ao Recente. Cachoeira da Bandeira, e Oriente, Acre, Brasil; Grupo Javari, Bacia do Acre, Formação Solimões, Mioceno superior (Wesselingh *et al.* 2006a); Manuel Urbano; Oriente, Acre, Brasil; Bacia do Acre, Formação Solimões, Mioceno superior (Sousa 2018); Pichana, Iquitos, Negro Urca, Peru, Bacia do Marañon, Formação Pebas, Mioceno inferior (Nuttall 1990); Santa Rosa de Pichana, Santa Elena, Mazan, Peru, Bacia do Marañon, Formação Pebas, Mioceno inferior (Kaandorp 2005); Santa Rosa de Pichana e Santa Julia (Loreto), Peru, Bacia do Marañon, Formação Pebas, Mioceno inferior (Wesselingh 2006b).

Ambiente: Fluvial/lacustre (Wesselingh 2006b).



Figura 23- *Diplodon longulus* A-B, MPEG- 2729-I, A- Vista externa, valva esquerda; B- Vista interna, valva esquerda, MPEG-3674-I, C- Vista externa, valva esquerda; D- Vista interna, valva esquerda, MPEG-3575-I, E- Vista externa, valva esquerda; Escala 20 mm; amostras coletadas no município de Atalaia do Norte, nas localidades Paumari e São Pedro.

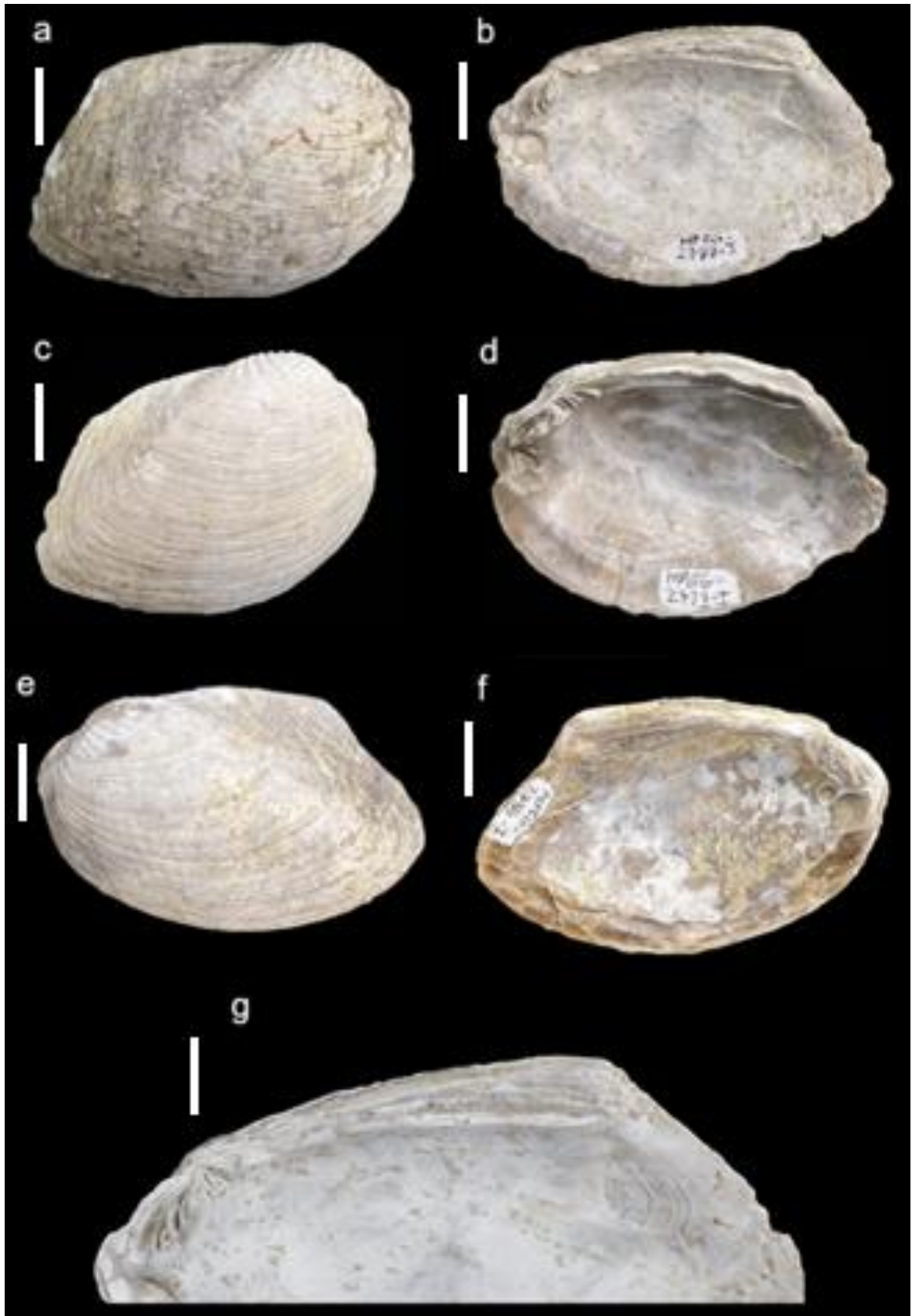


Figura 24- *Diplodon longulus* A-B, MPEG- 2733-I, A- Vista externa, valva direita; B- Vista interna, valva direita, C-D, MPEG-2737-I, C- Vista externa, valva direita; D- Vista interna, valva esquerda, E-F, MPEG-2735-I, E- Vista externa, valva esquerda; F- Vista interna, valva esquerda, G- MPEG-2733-I, valva direita, vista interna, detalhe dos dentes laterais e pseudocardianis. Escala 20 mm; amostras coletadas no município de Atalaia do Norte, nas localidades Paumari e São Pedro.

Gênero *Prisodon* Schumacher 1817

Diagnose: Aviculiforme, sólido, um pouco inflado; com crista posterior bem desenvolvida abaixo da área escavada, geralmente encurvada desde sua extremidade posteroventral até a extremidade da asa posterodorsal; declive posterior com fileira de plicaturas radiais; disco concentricamente esculpido e com delicadas letras radiais por toda parte, de modo que a superfície é finamente reticulada; bicos cheios, não elevados, sua escultura não vista; perióstraco verde-amarelado, bronze ou acastanhado, lustroso; dobradiça estreita sob os bicos que se alargam na frente e atrás; ardiniais comprimidos alongados que tendem a separar cardinais comprimidos de portão que tendem a se separar em dentículos verticalmente (tradução livre de Moore 1971).

Prisodon ?corrugatus Lamarck 1819

Figura 25 (a-g)

Caracteres morfológicos: Concha de contorno suboval alongado, costelas radiais localizadas na região umbonal, inflada e alada na região anterior e posteriormente, margens anteriores abliquis e posterior truncada, formanda uma concavidade no encontro da asa posterior, carena projet-se internamente sobre a valva, parte nacarada da valva evidente. alada anterior e posteriormente, margens anteriores e posterior oblíquas, formando uma concavidade no encontro desta com a asa posterior; comprimento aproximadamente uma vez e meia a altura; carena muito saliente; Borda posterior truncada obliquamente, formando um angulo agudo. apresenta linhas de crescimento visíveis na região ventral e dorsal, dentes laterais.

Discussão: A espécie assemelha-se com *Prisodon corrugatus* entretanto apresenta a concha mais alongada e fina e com ornamentação mais lisa; padrão *chevron* somente na região umbonal, linha da charneira reta e não curva como em *P. corrugatus*, ficando desta forma a classificação da espécie em aberto. Dentro dos parâmetros para identificação da espécie, foram observadas algumas diferenças entre as espécies *Prisodon ? corrugatus* e *Prisodon obliquus*, no qual, uma das principais diferenças entre as espécies e o tipo de ornamentação encontrada, *Prisodon obliquus* apresenta ornamentação totalmente lisa, sem escultura umbonal, já a espécie *Prisodon ?corrugatus*, apresenta-se uma escultura umbonal com linhas e projeções internamente. É notório afirmar que novas análises serão necessárias para uma melhor identificação.

Prisodon?corrugatus **Medidas dos exemplares (Números de registros/ Altura/ Comprimento/ Largura):** MPEG-2667-I: 4,0 cm; 6,0 cm; 0,9 cm; MPEG-2720-I: 4,0 cm; 5,8 cm; 0,9 cm; MPEG-2664-I: 4,9 cm; 8,4 cm; 1,3 cm; MPEG-2673-I: 4,0 cm; 5,5 cm; 0,7 cm; MPEG-2663-I: 4,0 cm; 6,0 cm; 1,0 cm; MPEG-2674-I: 3,2 cm; 4,8 cm; 0,7 cm.

Ocorrência na área de estudo: Aquidabã (Amostra, AQ22; AQ40) margem do rio Juruá, município de Eirunepé, estado do Amazonas, Brasil.

Demais ocorrências: Mioceno superior, Grupo Javari, Bacia do Solimões, Formação Solimões.

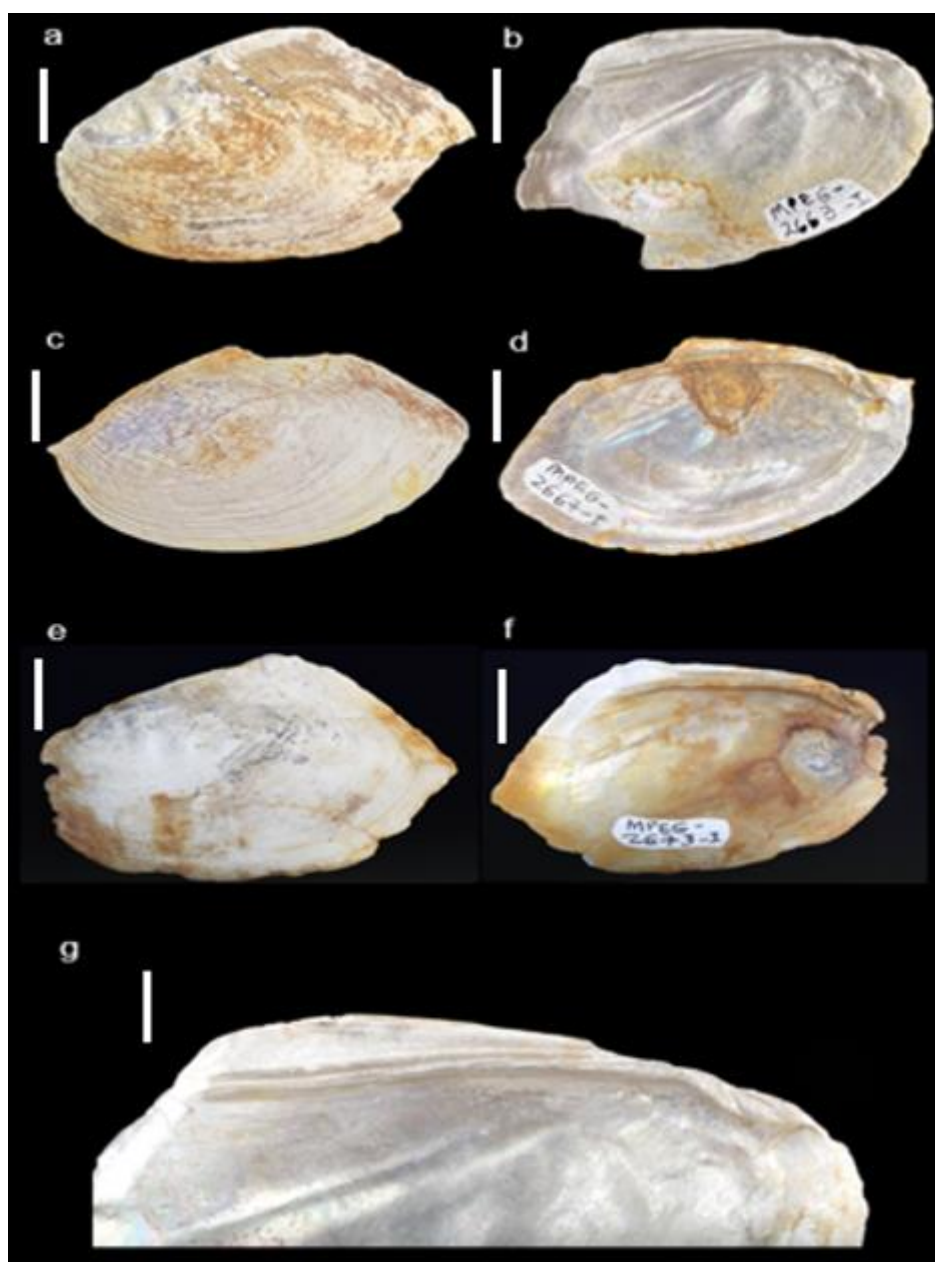


Figura 25- *Prisodon ?corrugatus* A-B, MPEG- 2663-I, A- Vista externa, valva esquerda; B- Vista interna, valva esquerda, MPEG-2667-I, C- Vista externa, valva esquerda; D- Vista interna, valva esquerda, MPEG-2673-I, E- Vista externa, valva esquerda; F- Vista interna, valva esquerda, G- MPEG-2663-I, detalhe da charneira. Escala 20 mm; amostras coletadas no município de Eirunepé, nas localidades Aquidabã e Morada Nova.

Familia Mycetopodidae Gray 1840

Gênero *Haasica* Strand 1932

Diagnose: *Haasica* Strand 1932 [* *Plagiodon balzani* Ihering 1893; OD] [= *Marshalliella* Haas, 1932 (non Kiefer 1913; nec Poppius 1914). Dente estreito por sulco estreito e profundo que se estende sob o bico; cavidades do bico profundas, um tanto comprimidas. Rec., S Am. (tradução livre de Moore 1971).

Figura D54,11. *H. Balzani (Ihering); 11°-d, VD int., ambas as valvas dorsais.

Haasica cf. *balzani* (Ihering 1893)

Figura 26 (a-g)

Non *Fossula balzani matogrosensis* Ihering 1915.

Callonaia sp: Wesselingh, Ranzi & Räsänen 2006a: p. 427- 430, figs 19-27.

Callonaia duprei: Souza 2018: p. 84-85, figs. 7, A-B (non Récluz 1842).

Caracteres morfológicos: Contorno subtriangular, desprovida de ornamentação e escultura umbonal, linhas de crescimento pouco visível estendendo-se desde a parte ventral da concha até a dorsal, dentes cardinais altos e compridos.

Discussão: Espécimes de *Haasica* cf. *balsani* do material estudado apresentam padrões morfológicos externos típicos do gênero; a superfície é lisa e a valva direita apresenta evidentes linhas de crescimento finas e concêntricas, pouco visível, próximas umas das outras, estendendo-se da porção dorsal até a ventral da concha; umbo agudo por vezes mais angulado e bem projetado, mais baixo na valva direita. Vista interna típica do gênero; com dentes cardinais altos e alongados; dentes laterais ausentes (Figura 26).

A espécie *Haasica balsani* apresenta um típico contorno ligeiramente mais arredondado (Simone 2006: figura. 1028) do que os exemplares aqui estudados. As valvas estudadas são um pouco mais triangulares e com umbo mais alto. Como essas diferenças foram encontradas em alguns espécimes de variação extrema de *H. balsani*, a identificação sugestiva é apresentada aqui. A dobradiça não deixa dúvidas quanto à sua atribuição genérica, mas o material disponível ainda necessita de permitir uma identificação mais específica e precisa; no entanto, uma nova espécie é possível.

Esta espécie já foi registrada na Formação Solimões como pertencente a *Callonaia* (*Callonaia duprei*). A análise morfológica dos exemplares permitiu constatar que são muito

diferentes do gênero *Callonaia*, que pertence à família Hyriidae. Este gênero possui valvas-com região anterior muito mais angular e sem projeções de asas. Além disso, difere na dobradiça do *Haasica*, que possui uma dobradiça com dentes cardinais mais altos e curvos, sem dentes laterais.

Haasica cf. *Balzani* **Medidas dos exemplares (Números de registros/ Altura/ Comprimento/ Largura):** MPEG- 2806- I: 2,6 cm; 2,5 cm; 0,4 cm; MPEG- 2650- I: 2,4 cm; 2,8 cm; 0,2 cm; MPEG- 2679- I: 3,4 cm; 3,4 cm; 0,5 cm; MPEG- 2649-I: 3,0 cm; 2,7 cm; 0,2 cm; MPEG- 3578- I: 1,7 cm; 1,5 cm; 0,2 cm; MPEG- 3239- I: 1,6 cm; 1,6 cm; 0,2 cm.

Ocorrência na área de estudo: Aquidabã (Amostra, AQ22; AQ40) margem do rio Juruá, município de Eirunepé, estado do Amazonas, Brasil.

Demais ocorrências: Mioceno superior. Cachoeira da Bandeira, e Oriente, Acre, Brasil; Bacia do Acre, Formação Solimões (Wesselingh *et al.* 2006, Souza 2018).

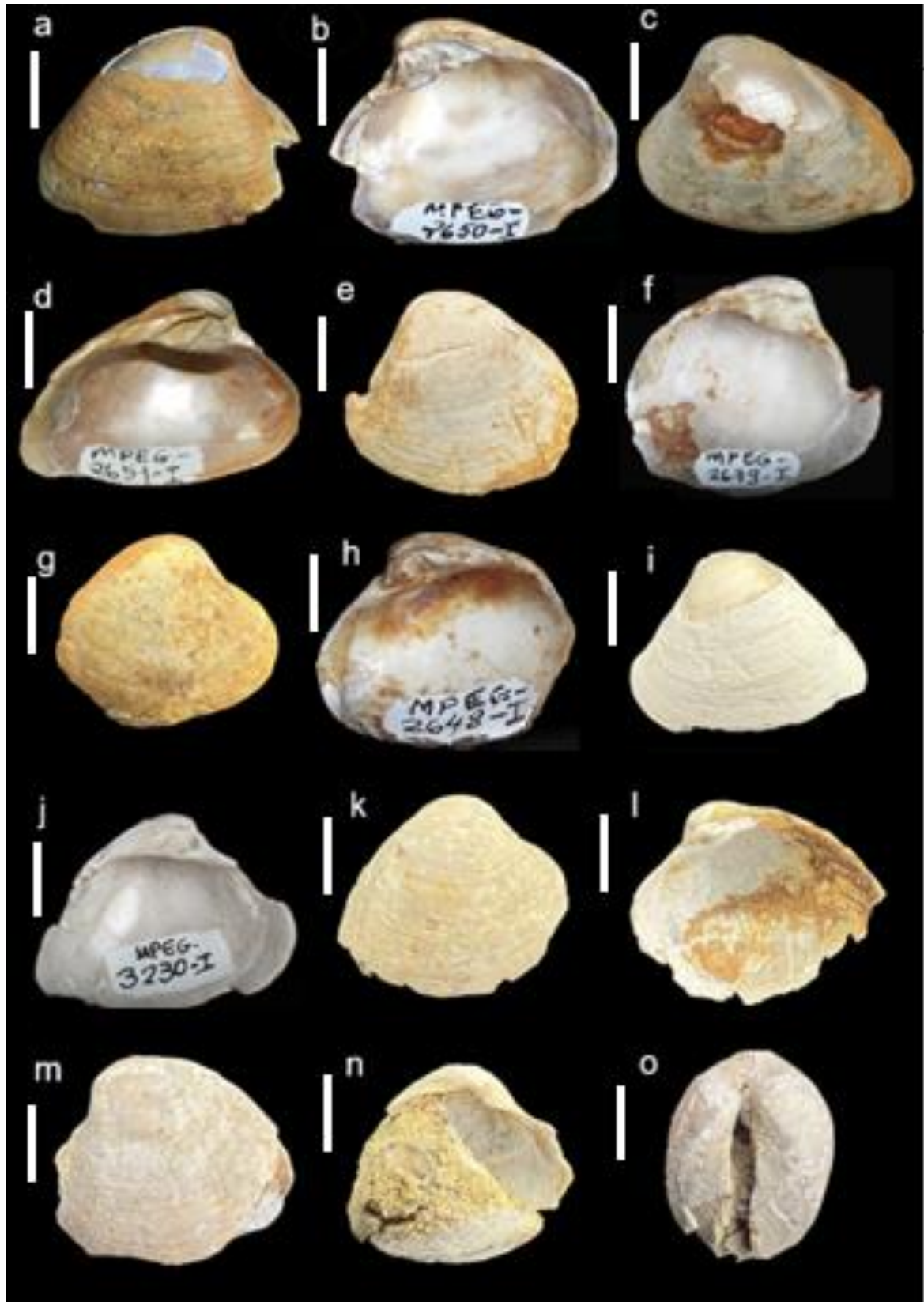


Figura 26- *Haasica* cf. *balzani* A-B, MPEG- 2650-I, A- Vista externa, valva direita; B- Vista interna, valva direita; C-D, MPEG-2677-I, C- Vista externa, valva direita; D- Vista interna, valva esquerda; E-F, MPEG-2679-I, E- Vista externa, valva esquerda; F- Vista interna, valva esquerda, G-H, MPEG-2648-I, G- Vista externa, valva direita; H- Vista interna, valva esquerda, I-J, MPEG-3230-I I- Vista externa, valva esquerda; J- Vista interna, valva esquerda, K-L, MPEG-2796a-I K- vista externa, valva direita, L- vista interna, valva direita. M- vista externa, valva esquerda, N- vista interna, valva esquerda, O- vista lateral valvas encaixadas. M-O, MPEG-2796b, I Escala 20 mm; amostras coletadas no município de Eirunepé, nas localidades Aquidabã e Morada Nova.

5.3 DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA E GEOGRÁFICA DOS GÊNEROS EM ESTUDO

Em relação aos representantes da família Hyriidae, aqui identificados, o levantamento estratigráfico e geográfico do gênero *Castalia* permitiu verificar que ele está restrito à América do Sul como fóssil, e ao Brasil no Recente (Pereira *et al.* 2014, Miyahira *et al.* 2017). O registro mais antigo do gênero é do Cretáceo inferior (*Castalia cretacea* e *Castalia minuta*, ambos Mezzalira & Simone 1999) no estado do Maranhão e Cretáceo superior no estado de São Paulo, Brasil (Ferreira & Alvarenga 1993, Ferreira *et al.* 1995, Mezzalira & Simone 1999, Caputo *et al.* 2005), também foi registrado para o Mioceno e Plioceno (*Castalia ambigua*) do estado do Amazonas (Figura 28).

O gênero *Diplodon*, também exclusivamente dulcícola apresenta uma ampla ocorrência desde o Jurássico superior, no Uruguai, Bacia do Paraná, ao Holoceno, no Chile, Bacia do Taguatagua (Crivelli *et al.* 2018). A espécie *Diplodon longulus* não ocorre nos ambientes atuais, mas já foi registrada em estratos da Formação Solimões (Mio-Plioceno), no estado do Acre (Cachoeira da Bandeira, e Oriente; Rio Branco), por Sousa (2018), e no Peru (Iquitos, Negro Urca; Santa Rosa de Pichana, Santa Elena, Mazan, Santa Julia) com distribuição estratigráfica indo do Mioceno inferior ao Mioceno superior (Nuttall 1990, Morton & Herbst 2001, Wesselingh *et al.* 2006a). Entretanto esta é a primeira ocorrência para o estado do Amazonas (Atalaia do Norte – Amazonas), com registros nos afloramentos São Pedro e Paumari, tendo sua distribuição geográfica ampliada; o gênero *Prisodon* também exclusivamente de ambientes dulcícolas, tem seu primeiro registro fóssil a partir do presente estudo, com ocorrência para o Mioceno estando representado pela espécie *Prisodon ?corrugatus*; esta espécie assemelha-se á *Prisodon corrugatus*, a qual tem a primeira ocorrência registrada neste trabalho.

Dentre representantes da família Mycetopodidae, o gênero *Haasica* tem registro recente restrito à Bacia do Alto Paraguai, Brasil (Figura 27), com uma espécie endêmica *Haasica balzani* que tem sido encontrada no rio Paraguai, nos estados de São Paulo e Mato Grosso (Simone 2006, Graf & Cummings 2007, Pereira *et al.* 2014). A espécie é restrita à bacia hidrográfica do Alto Paraguai, Brasil, com preferência por águas calcárias; este é o primeiro registro fóssil deste gênero, e o primeiro no Mioceno da Formação Solimões, nos estados do Amazonas e Acre (Araújo *et al.* 2023).

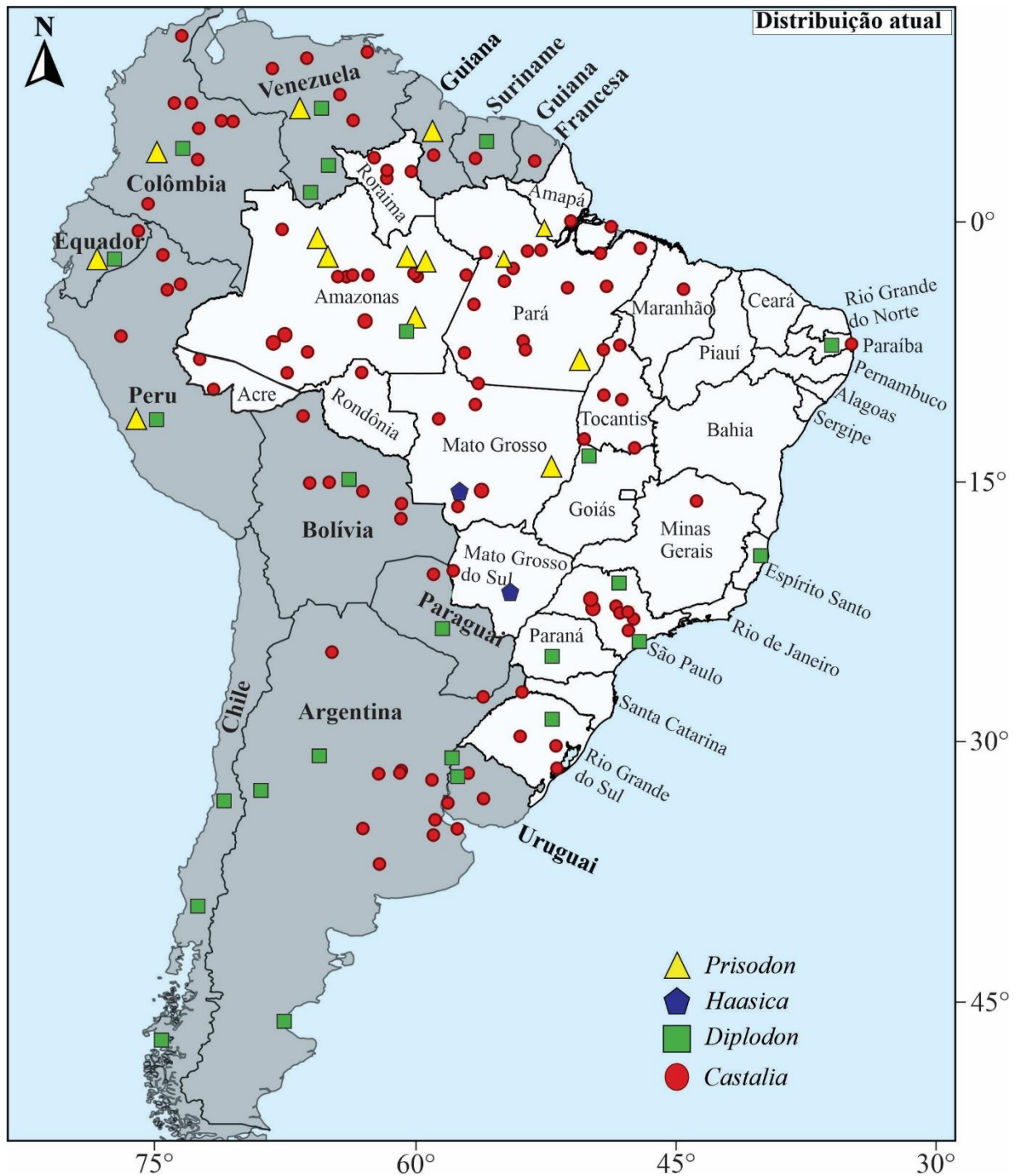


Figura 27- Mapa de distribuição geográfica atual na América do Sul dos gêneros estudados.

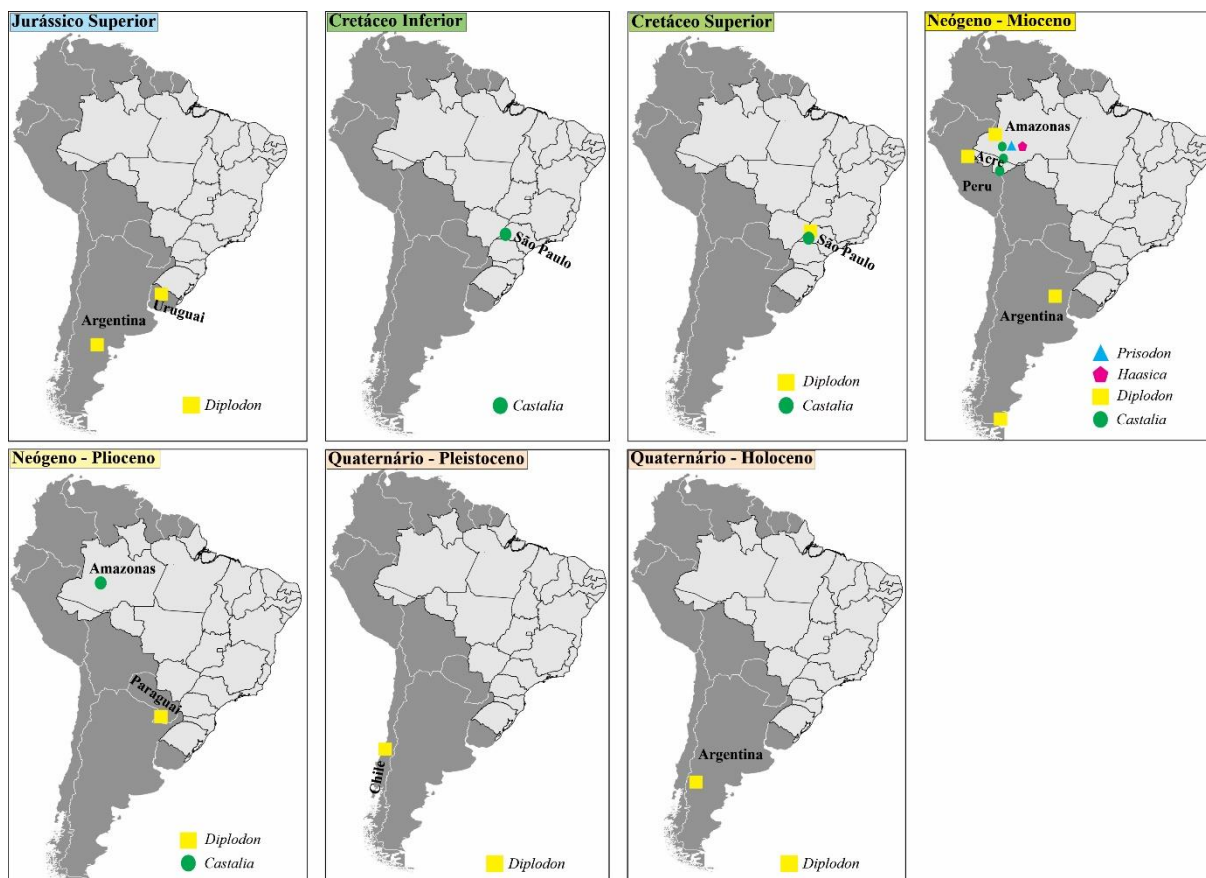


Figura 28- Registro fóssil dos gêneros identificados.

Apesar da ampla distribuição estratigráfica e paleobiogeográfica destes gêneros na América do Sul, é notório que não há ocorrências do gênero *Castalia* no período Paleogeno, sendo que seu registro mais antigo se dá no Cretáceo inferior, no estado do Maranhão, como também para o Cretáceo superior, no estado de São Paulo, representados pelas espécies *Castalia cretacea* e *Castalia minuta* (Ferreira *et al.* 1991, Mezzalira & Simone 1999, Caputo *et al.* 2005).

O gênero *Castalia* consta de representantes de bivalves dulcícolas (Wesselingh *et al.* 2001), sob condições ambientais influenciada por rios e/ou lagos, o que explica a ausência de registro deste gênero no Paleogeno, uma vez que as bacias estudadas, até o momento, são de ambiente deposicional relacionada única e exclusivamente a condições marinhas, a exemplo das Bacia de Potiguar, Bacia do Ceará e Bacia de Campos.

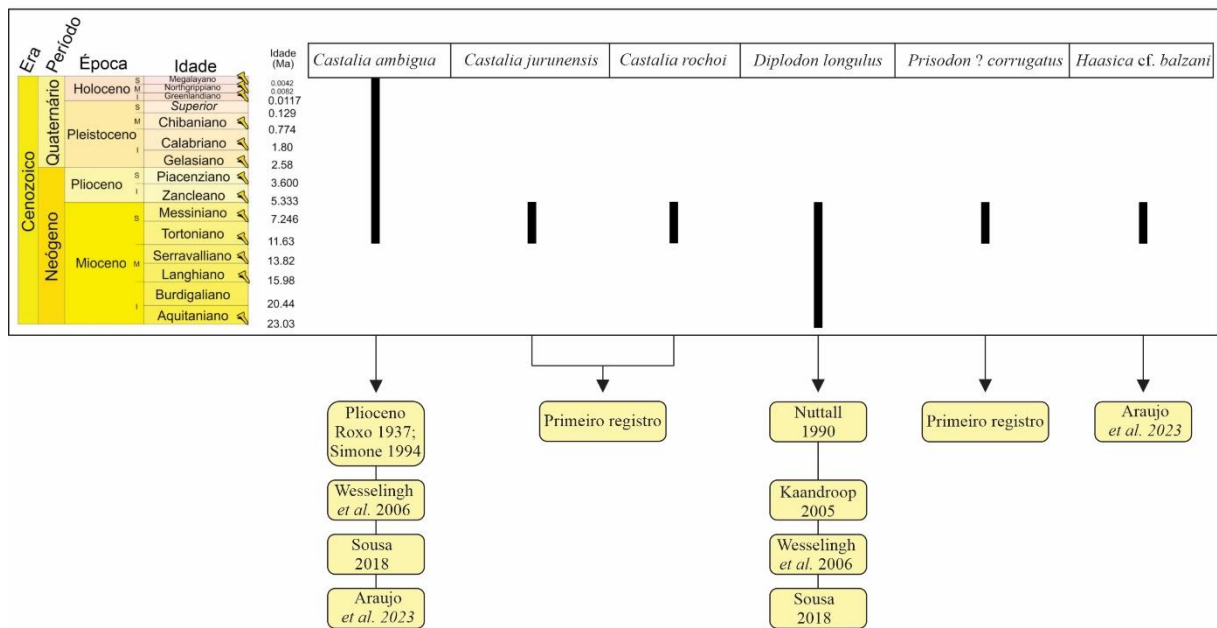


Figura 29- Distribuição estratigráfica das espécies identificadas.

5.4 INFERÊNCIAS PALEOAMBIENTAIS.

A Formação Solimões é atribuída a condições de ambientes lagunares a flúvio-lacustre, de mega-pântano e com possíveis incursões marinhas esporádicas durante o Mioceno, através de estudos em testemunhos de sondagem (Maia *et al.* 1997, Wesselingh *et al.* 2006b, Leite 2006, Hoorn *et al.* 2010, Silva-Caminha *et al.* 2010, Linhares *et al.* 2011, Jaramillo *et al.* 2017). As seções aflorantes desta unidade são interpretadas por ambientes exclusivamente dulcícolas, fluvial-lacustre e atribuídas ao Mioceno superior (Wesselingh *et al.* 2006b, Gross *et al.* 2011). Os gêneros identificados neste estudo (*Castalia*, *Diplodon*, *Haasica* e *Prisodon*) tem registro atual exclusivo para ambientes lacustres e fluviais. Desta forma, reforçam a presença de ambientes desta natureza, durante o Mioceno superior na região oeste da Amazônia, sem indícios de incursões marinhas nas camadas estudadas, corroborado com as interpretações já apresentadas na literatura.

6 CONCLUSÕES

O estudo das Famílias Hyriidae e Mycetopodidae proveniente da Formação Solimões, nas regiões de Eirunepé e Atalaia do Norte, a oeste do estado do Amazonas, Brasil permitiu, com base nas análises morfológicas realizar a identificação taxonômica das seguintes espécies: *Castalia ambigua* Lamarck 1819, *Diplodon longulus*, *Prisodon ?corrugatus* e *Haasica cf. balzani*. Ainda, foram identificadas e descritas duas espécies novas: *Castalia* sp. nov.1, *Castalia* sp. nov.2.

Através do levantamento realizado foi possível dimensionar a distribuição estratigráfica e paleogeográfica, no qual, verificou-se que atualmente a diversidade destes gêneros se aprimoram para a América do Sul, contudo, com amplas ocorrências no Brasil. Os estudos da malacofauna dos afloramentos apresentados no presente trabalho são inéditos, com exceção de Aquidabã, cujos moluscos foram primeiramente estudados por Roxo (1937).

O gênero *Castalia* tem seu registro mais antigo no Cretáceo inferior, no estado do Maranhão, como também para o Cretáceo superior, no estado de São Paulo: *Castalia cretacea* e *Castalia minutua* (Mezzalira & Simone 1999); seus representantes são exclusivamente dulcícolas, restritos a condições ambientais influenciada por rios e/ou lagos o que explica a ausência deste gênero no Paleogeno, nas bacias cuja o ambiente deposicional está relacionado única e exclusivamente a condições marinhas, como nas Bacia de Potiguar, Bacia do Ceará e Bacia de Campos; a espécie *Castalia ambigua* possui amplo registro recente e fóssil em toda a América do Sul e foi registrada anteriormente na Formação Solimões, para o Mioceno superior e Plioceno, nos estados do Acre e Amazonas (Brasil), e na Formação Pebas, Peru. Atualmente está disseminado ao longo da América do Sul, das Guianas ao Uruguai.

Os gêneros *Prisodon* e *Haasica*, também exclusivamente de ambientes dulcícolas, tem seu primeiro registro a partir do presente estudo, com ocorrência para o Mioceno, estando representados pelas espécies *Prisodon ?corrugatus* e *Haasica cf. balzani*.

O primeiro registro fóssil do gênero *Haasica* foi registrado por Araújo *et al.* (2023). A espécie era conhecida para o final do Mioceno da Formação Solimões no estado do Acre, Brasil. *Haasica balzani* é uma espécie endêmica com distribuição recente restrita na Bacia do Alto Paraguai (Rio Paraguai, estados de São Paulo e Mato Grosso, Brasil).

O gênero *Diplodon*, também exclusivamente dulcícola apresenta uma ampla ocorrência desde o Jurássico superior, no Uruguai, Bacia do Paraná, ao Holoceno, no Chile, Bacia do Taguatagua. A espécie *Diplodon longulus* já foi registrada em estratos da Formação Solimões (Mio-Plioceno), no estado do Acre (Cachoeira da Bandeira, e Oriente; Rio Branco), por Sousa

(2018), e no Peru (Iquitos, Negro Urca; Santa Rosa de Pichana, Santa Elena, Mazan, Santa Julia) com distribuição estratigráfica indo do Mioceno inferior ao Mioceno superior. Entretanto esta é a primeira ocorrência para o estado do Amazonas (Atalaia do Norte – Amazonas), com registros nos afloramentos São Pedro e Paumari, tendo sua distribuição geográfica ampliada.

Com base nas ocorrências dos gêneros aqui reportados, sugere-se condições ambientais dulcícolas, fluvial ou lacustre para a área de estudo sem indícios de incursões marinhas nas seções analisadas, corroborando com os trabalhos anteriores desenvolvidos nas seções aflorantes da região de Eirunepé. Ambiente deposicional semelhante também se infere para os afloramentos de Atalaia do Norte aqui estudados, através do registro do gênero *Prisodon*, típico de ambientes dulcícolas.

Os táxons identificados (gêneros *Castalia*, *Diplodon* e *Prisodon* (Família Hyriidae) e *Haasica* (Família Mycetopodidae) são exclusivamente dulcícolas, com registros em ambientes lacustres e fluviais, atestando estas condições para o Mioceno superior, na área de estudo.

REFERÊNCIAS

- Antoine P., Abello M.A., Adnet S., Altamirano Sierra A.J., Baby P., Billet G., Boivin M., Calderón Y., Candela A., Chabain J., Corfu F., Croft D.A., Ganerød M., Jaramilho C., Klaus S., Marivaux, L., Navarrete R.E., Orliac M.J., Parra F., Pérez M.E., Pujos F., Rage, J., Ravel A., Robinet C., Roddaz M., Tejada-Lara J.V., Vélez-Juarbe J., Wesselingh F.P., SalasGismondi R. 2016. A 60-million-year Cenozoic history of Western Amazonian ecosystems in Contamana, eastern Peru. *Gondwana Res.* **31**: 30–59.
- Barata C. B. & Caputo M. V. 2007. Geologia do petróleo da bacia do Solimões. O “Estado da arte”. In: 4º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás. *Resumos Expandidos*. Campinas, Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. p. 1-10.
- Barnes R.D. 1984. *Zoologia dos invertebrados*. 4. ed. São Paulo, Roca. **4**: p. 339-419.
- Boettger O. 1878. Die Tertiärfauna von Pebas am oberen Marañon. *Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichsanstalt*, **28** (3): 485-504.
- Bogan A. E. 2008. Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. *Hydrobiologia*, **595** (1): 139-147.
- Brown B. 1879. On the Tertiary deposits on the Solimões and Javary rivers, in Brazil. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, **35**: 76-81.
- Bissaro Júnior M. C. 2018. Tafonomia de macrovertebrados e geocronologia de depósitos fossilíferos da Formação Solimões (Bacia do Acre, Mioceno superior) (Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. p. 40.
- Dino R., Soares E. A. A., Antonioli L., Riccomini C., Nogueira A.C.R. 2012. Palynostratigraphy and sedimentary facies of Middle Miocene fluvial deposits of the Amazonas Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **34**:61-80.
- Callil C. T. & Mansur M. C. 2005. Ultrastructural analysis of the shells of *Anodontitestrapsialis*(Lamarck) and *Anodontites elongatus* (Swaison)(Mollusca, Bivalvia, Etherioidea) from the Mato Grosso Pantanal Region, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **22** (3): 724-734.
- Caputo M. V. 1984. *Stratigraphy, tectonics, palaeoclimatology and palaeogeography of northern basins of Brazil*. PhD Theses, University of Califórnia, Santa Bárbara, p.532.
- Carvalho I.S. 2000. *Paleontologia*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, p.387.
- Conrad T. A. 1871. Descriptions of a new fossil shells of the upper Amazon. *American Journal of Conchology*, **6** (3): 192-8.
- Cunha P. R. da Cruz Melo J. H. Gonçalves de, Silva O. B. da. 2007. Bacia do Amazonas. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, **15**: 227-251.
- Eiras J. F. 1999. Geologia e sistemas petrolíferos da Bacia do Solimões. In: 6º Simpósio de Geologia da Amazônia. Manaus. *Boletim de resumos expandidos*. Manaus, Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Norte, p. 30-32.

Eiras J. F., Becker C. R., Souza E. M., Gonzaga F. G., Silva J. D., Daniel L. M. F., Matsuda N.S., Feijó F. J. 1994. Bacia do Solimões. *Boletim de Geociências da Petrobras*, **8**(1): 17-49.

Etheridge R. 1879. Bonus of the mollusca collected by C. Barrington Brown from the tertiary deposits of Solimões and Javary rivers, Brazil. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, **35**: 82-88.

Ferreira C. S., Carvalho I. S., Vicalvi M. A., Santos M. E. C. M., Carvalho M. S. S., & Eugenio W. S. 1991. Novas ocorrências de fósseis na Formação Itapecuru, Cretáceo do Maranhão. *An Acad Bras Cienc*, **63**:98-99.

Ghilardi R. P., D'Ágosta F. C. P., Alves K., de Arruda Campos A. C. 2011. Tafonomia de moluscos fósseis do Grupo Bauru (Cretáceo Superior, Bacia Bauru), na região do município de Monte Alto, São Paulo, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais*, **6** (2):197-206.

Ghilardi R.P. 1999. Paleoautoecologia dos bivalves do Grupo Passa Dois (Neopermiano), no Estado de São Paulo: bivalves fósseis como indicadores da dinâmica sedimentar. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 196 p. (Dissertação de Mestrado).

Gross M., Ramos M. I., Piller W. E. 2014. On the Miocene Cyprideis species flock (Ostracoda; Crustacea) of Western Amazonia (Solimões Formation): Refining taxonomy on species level. *Zootaxa*, **3899** (1):001-069.

Gross M., Piller W. E., Ramos M.I., da Silva Paz J. D. da S. 2011. Late Miocene sedimentary environments in south-western Amazonia (Solimões Formation; Brazil), *Journal of South American Earth Sciences*, **32** (2): 170-175.

Guimarães L. D. A., Ramos M. I. F., Simone L. R. L. 2018. New Records of Tryonia (Gastropoda, Cochliopidae) from the Mio-Pliocene Solimões Formation (State of Amazonas), Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **21**(3): 255-264.

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

Hovikoski J., Räsänen M., Gingras M.K., Lopez S. Ranzi A., Melo J. 2007. Palaeogeographical implications of the Miocene Quendeque Formation (Bolívia) and tidally-influenced strata in the southwestern Amazonia. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol.,* **243**: 23-41.

Horn C., & Wesselingh F. (eds.). 2011. *Amazonia: landscape and species evolution: a look into the past*. John Wiley & Sons. p. 303-316.

Horn C., Wesselingh F. P., Hovikoski J., Guerrero J. 2010. The development of the amazonian mega-wetland (Miocene; Brazil, Colombia, Peru, Bolivia). *Amazonia, landscape and species evolution: a look into the past*, 123-142.

Jaramillo C., Romero I., D'Apolito C., Bayona G., Duarte E., Louwye S., Escobar J., Luque J., Carrillo-Briceño J.D., Zapata V., Mora A., Schouten S., Zavada M., Harrington G., Ortiz J., Wesseling, F.P. 2017. Miocene flooding events of western Amazonia. *Science advances*. **3** (5): 1-11.

Kaandorp R. J., Wesselingh F. P., Vonhof H. B. 2006. Ecological implications from geochemical records of Miocene Western Amazonian bivalves. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**(1-2): 54-74.

Kaandorp R.J.G., Vonhof H. B., Wesselingh F.P., Pittman L.R., Kroon D., Hinte J. E. V, 2004. Seasonal Amazonian rainfall variation in the Miocene climate optimum, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **221-2005**: p 1-6.

Kachniasz K. E., Silva-Caminha S. A. P F da. 2017. "Palinoestratigrafia da Formação Solimões: comparação entre bioestratigrafia tradicional e o método de associações unitárias." *Revista Brasileira de Paleontologia* **19**(3): 481-490.

Lamarck J.M.B.de. 1819. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. Paris, published by the author, **6**: 232.

Leite F. P R. 2006. Palinologia da formação Solimões, neógeno da Bacia do Solimões, Estado do Amazonas, Brasil: implicações paleoambientais e bioestratigráficas. 2006. 138 f., il. Tese—Universidade de Brasília, Brasília, (Doutorado em Geologia), p. 3-9.

Leite F. P. R., Silva-Caminha S. A. F. D., D’Apolito C. 2021. New Neogene index pollen and spore taxa from the Solimões Basin (western Amazonia), Brazil. *Palynology*, **45** (1): 115-141.

Lundberg J. G., & Aguilera O. 2003. The late Miocene Phractocephalus catfish (Siluriformes: Pimelodidae) from Urumaco, Venezuela: additional specimens and reinterpretation as a distinct species. *Neotropical Ichthyology*, **1**: 97-109.

Lima R. L. 2010. Reprodução e cultivo de bivalves límnicos ameaçados de extinção, uma estratégia para a conservação do gênero *Diplodon* (spix, 1827) (mollusca, Hyriidae), Universidade de São Paulo, Tese (Doutorado) p. 3-23.

Linhares A. P., & Ramos M. I. F. 2011. Evidence for marine influx during the Miocene in southwestern Amazonia, Brazil—Evidencias de influencia marina durante el Mioceno en el Sudoeste de la Amazonia (Brasil). *Geología Colombiana*, **36** (1): 91.

Linhares A.P., Ramos M.I.F., Gaia V.C.S. 2017. The significance of marine microfossils for paleoenvironmental reconstruction of the Solimões Formation (Miocene), western Amazonia, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **79**: 57-66.

Linhares A. P., Ramos M. I., Gaia V. C., & Friaes Y. S. 2019. Integrated biozonation based on palynology and ostracods from the Neogene of Solimões Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **91**: 57-70.

Latrubesse E.M., Silva S.A.F. da., Cozzuol M., Absy M.L. 2007: Late Miocene continental sedimentation in southwestern Amazonia and its regional significance: Biotic and geological evidence. *Journal of South American Earth Sciences*, **23**:61-80.

Lovejoy N.R., Albert J.S., Crampton W.G.R. 2006. Miocene marine incursions and marine/freshwater transitions: Evidence from Neotropical fishes. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 5-13.

Lundberg J.G., Pérez M.H.S., Dahdul W.M., Aguilera O.A. 2010: The Amazonian Neogene fish fauna. In: Amazonia: Landscape and Species Evolution (Hoorn, C. and Wesseling, F eds.), Chapter 17:281-301p.

Leandro L. M., Linhares A. P., Mota M. A. D. L., Fauth G., Santos A., Villegas-Martín J. & Ramos M. I. 2022. Multi-proxy evidence of Caribbean-sourced marine incursions in the Neogene of Western Amazonia, Brazil. *Geology*, **50**(4): 465-469.

Maia N. G. R., Godoy K. H., Yamaguti S.H., Moura A. de. P., Costa. da. F. S. F., Holanda de. A. M., Costa A. de. J. 1977. Projeto Carvão no Alto Solimões, Relatório final, Volume I, Companhia de Pesquisa de recursos minerais, SUREG/MA, p. 85-87.

Maury C.J. 1924. Fósseis terciários do Brasil com descrição de novas formas cretáceas. *Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, **4**: 1-705.

Mezzalana S. & Simone L.R.L. 1999. Duas novas espécies de castalia (Mollusca, Bivalve, Unionoida,) no cretáceo do grupo Bauru, São Paulo, Brasil. *Geociências* **4** (6): 58-60.

Miyahira I. C., Santos S. B. D., Mansur M. C. D. 2017. Freshwater mussels from South America: state of the art of Unionida, specially Rhipidodontini. *Biota Neotropica*, **17**: 4.

Moore R. C. (ed.). 1971. *Treatise on invertebrate paleontology*. Part N, Mollusca 6, Bivalvia, Vols. **1-2**:1969, Vol. **3**: 1971. Colorado, Geol. Soc. Amer. Boulder.

Muñoz-Torres F.A., Whatley R.C., Van Harten D. 2006 Miocene ostracod (Crustacea) biostratigraphy of the Upper Amazon Basin and the Cyprideis genus evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 75–86.

Nuttall C.P. 1990. A review of the Tertiary non-marine molluscan faunas of the Pebasian and other inland basins of North-western South America. *Bulletin of the British Museum of Natural History* (Geology series), **45**: 165-371.

Nogueira A.C.R., Silveira R.R. & Guimarães J.T.F. 2013. Neogene-Quaternary sedimentary and paleovegetation history of eastern Solimões Basin, central Amazon region. *Journal of South American Earth Sciences*, **46**:89-99.

Oliveira A. I. & Carvalho P. F. 1924. Estudos geológicos na fronteira com o Peru (linhito no Alto Solimões). *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, **8**: 55-76.

Parkhaev P.Y. 2017. Origin and the early evolution of the phylum Mollusca. *Paleontological Journal*, **51**(6): 663-686.

Parodiz J.J. 1969. The tertiary non-marine mollusca of South America. *Annals of the Carnegie Museum*, **40**: 1-242.

Pereira D., Mansur M. C. D., Duarte L. D., de Oliveira A. S., Pimpao D. M., Callil C. T., & Scarabino F. 2014. Bivalve distribution in hydrographic regions in South America: historical overview and conservation. *Hydrobiologia*, **735** (1): 15-44.

Pereira P.A. 2011. *Aspectos taxonômicos e paleoecológicos dos Braquiópodes e moluscos (Bivalves) da Formação Inaja (devoniano), Bacia do Jatobá*. MS Dissertation, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, p. 56.

Pastorino G. & Darrigan G. 2011. *Castalia ambigua*. [S.l.], The IUCN red list of threatened species 2011: e.T188881A8657032.

Pimpão D. M. 2010. *Morfologia comparada de moluscos bivalves da Amazônia, direcionado a taxonomia e sistemática filogenética de Hyriidae (mollusca bivalve Unionoida)*. PhD Theses, Ciências Biológicas, Instituto Nacional de pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, Amazonas, p. 124.

Pimpão D. M., Rocha M. S., Fettuccia D. de Castro. 2008. Freshwater mussels of Catalão, confluence of Solimões and Negro rivers, state of Amazonas, Brazil. *CheckList*, **4**(4): 395-400

Pimpão D.M. & Mansur M.C.D. 2009. Chave pictórica para identificação dos bivalves do baixo rio Aripuanã, Amazonas, Brasil (Sphaeriidae, Hyriidae e Mycetopodidae). *Biota Neotrop.*, **9**: 379-382.

Purper I. & Pinto I. D. 1983. New genera and species of ostracodes of the upper Amazon basin, Brazil. *Pesquisas*, **15**: 113-126.

Purper I. 1979. Cenozoic ostracodes of the upper Amazon basin, Brazil. *Pesquisas*, **12**: 209-281.

Purper I. 1977. Histórico e comentários sobre a paleontologia e idade da Formação Pebas. *Pesquisas*, Porto Alegre, **8**: 7-32.

Rego L.F. M. 1930. *Notas sobre a geologia do Território do Acre e da Bacia do Javary*. Manaus, Cavalcanti & Cia, p. 45.

Radambrasil 1977. *Folha SB. 19 Juruá*: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. [S.l.], DNPM, Brasil, p. 436.

Raup D. M. & Stanley S. M. 1978. Paleoeecology. In: *Principies of Paleontology*. 2. São Francisco, Freeman and CO. **2**: p. 231-299.

Rangel C. C., Rodrigues S. C., Ghilardi R.P. 2013. Descrição de bivalves fósseis do cretáceo do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. *Horizonte Científico*, **7** (1): 1-3.

Roxo G. O. 1924. Breve notícia sobre os fósseis terciários do Alto Amazonas. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, **11**: 41-52.

Roxo M. O. 1935. Considerações sobre a geologia e a paleontologia do Alto Amazonas. *Annaes da Academia Brasileira de Sciencias*, **7** (1): 63-70.

Roxo M. O. 1937. Fósseis Pliocenos do Rio Juruá, Estado do Amazonas. *Notas Preliminares e Estudos do Serviço Geológico e Mineralógico*. **9**: 4-14.

Riff D., R. Romano P. S., Oliveira G. R., & Aguilera O. A. 2009. Neogene crocodile and turtle fauna in northern South America. *Amazonia: Landscape and Species Evolution: A look into the past*, p. 259-280.

Savazzi E. & Peiyi Y. 1992. Some morphological adaptations in freshwater bivalves. *Lethaia*, **25**: 195-209.

- Silva S. A. F. 2008. *Palinologia do Neógeno da Bacia do Alto Solimões, Amazônia Ocidental, Brasil*: aspectos sistemáticos, bioestratigráficos e paleoecológicos. PhD Theses, INPA/UFAM, Manaus, viii, p.182.
- Silva-Caminha S. A., Jaramillo C. A., Absy M. L. 2009. Neogene palynology of the Solimões Basin, Brazilian Amazonia. *Palaeontographica*, **1** (3):1-67.
- Silveira R. R.da. 2005. *Cronoestratigrafia e interpretação paleoambiental de depósitos miocenos da formação Solimões, Região de Coari, AM*. MS Dissertation, Geociências, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, p.117.
- Silveira R. R. & Souza P. A. 2017. Palinoestratigrafia da Formação Solimões na região do alto Solimões (Atalaia do Norte e Tabatinga), Amazonas, Brasil. *Geociências*, UNESP, **36** (1): 100-117.
- Silveira R.R. & Souza P.A. 2017. Palinoestratigrafia da Formação Solimões na região do Alto Solimões (Atalaia do Norte e Tabatinga), Amazonas, Brasil. *Geociências*, São Paulo, **36** (1): 100-117.
- Simone L. R. L. 2006. *Land and freshwater molluscs of Brazil*. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, Editora Fapesp, p.252-255.
- Simone L.R.L. & Mezzalira S. 1994. Fossil Molluscs of Brazil, documento e pesquisa ambiental. *Boletim do Instituto Geológico*, São Paulo, **11**: 1-202.
- Stanley S.M. 1970. *Relation of shell form to life habits of the Bivalvia (Mollusca)*. Boulder, Colorado. (Geological Society of America, 125). p. 1- 281
- Vermeij G.J. 1971. Gastropod evolution and morphological diversity in relation to shell geometry. *Journal of Zoology*, **163** (1): 15-23.
- Vonhof H.B., Wesselingh F. P., Ganssen G.M. 1997. Reconstruction of the Miocene western Amazonian aquatic system using molluscan isotopic signatures. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **141**(1-2): 85-93.
- Vonhof H.B., Wesselingh F. P., Kaandorp R.J.G., Davies G.R., Hinte van E.J., Guerero J., Rasanen M., Romero-Pittman L., Ranzi A. 2003. Paleogeography of Miocene Western Amazonia; Isotopic composition of molluscan shells constrains the influence of marine incursions. *Geological Society of America Bulletin*, **115** (8): 986-987.
- Wanderley Filho J.R., Eiras J. F., Vaz P. T. 2007. Bacia do Solimões. *Boletim de Geociências da Petrobras*, **15** (2): 217-225.
- Wanderley Filho J.R., Eiras J. F., Cunha P.R.C., van der Ven P.H. 2010. The paleozoic Solimões and Amazonas basins and the Acre foreland basin of Brazil. In: Hoorn C. & Wesselingh F.P. (eds.). *Amazonia, landscape and species evolution: a look into the past*. Oxford, Wiley-Blackwell, p. 29-37.
- Wesselingh F. P. 2006a. Evolutionary ecology of the Pachydontinae (Bivalvia, Corbulidae) in the Pebas lake/wetland system (Miocene, western Amazonia). *Scripta Geologica*, **133**: 395-417.

Wesselingh F. P. 2006b. Molluscs from the Miocene Pebas Formation of Peruvian and Colombian Amazonia. *Scripta Geologica*, **133**: 19-290.

Wesselingh F. P. & Macsotay O. 2006c. *Pachydon hettneri* () as indicator for Caribbean–Amazonian lowland connections during the Early–Middle Miocene. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**:(1-2): 49-53.

Wesselingh F. P. & Ramos M. I. F. 2010. Amazonian aquatic invertebrate faunas (Mollusca, Ostracoda) and their development over the past 30 million years.) *In*: Hoorn C. & Wesselingh F.P. (eds). *Amazonia: landscape and species evolution, a look into the past*. UK, WileyBlackwell publications, p. 302-316.

Wesselingh F. & Salo J. A. 2006. A Miocene perspective on the evolution of the Amazonian biota. *Scripta Geologica*, **133**: 439-458.

Wesselingh F. P. & Salas-Gismondi R. 2016. A 60-million-years Cenozoic history of western Amazonian ecosystems in Contamana, eastern Peru. *Gondwana Research*, **31**: 30-59.

Wesselingh F. P., Ranzi A., Räsänen M. E. 2006a,b. Miocene freshwater Mollusca from western Brazilian Amazonia. *Scripta Geologica*, **133**: 419-437. citação (Wesselingh *et al.* 2006a,b)

Wesselingh F.P., Räsänen M.E., Irion G., Vonhof H.B., Kaandorp R., Renema W., RomeroPittman L., Gingras M. 2002. Lake Pebas: a palaeo-ecological reconstruction of a Miocene long-lived lakecomplex in Western Amazonia. *Cainozoic Research*, **1**: 35-81.

Woodward H. 1871. The tertiary shells of the Amazon Valley. *Annals & Magazine of Natural History*. London, **7**: 59-64.

GLOSSARIO

Expressões utilizadas nos textos de identificação das famílias Hyriidae e Mycetopodidae:

Charneira: parte dorsal interna sob o umbo da concha onde encontra-se a presença de dentes e dentes pseudocardinais laterais, onde se encaixam em fossetas das valvas opostas; área dorsal laminar interna de cada valva.

Costelas (raios): representam elevações situadas ao longo da concha, bem alongadas e bastante evidentes em alguns espécimes de Hyriidae, podendo ser radial ou concêntrica.

Dentes laterais: são saliências próximas das extremidades anterior e/ou posterior da charneira, distantes da região central; alongadas em espécimes de Hyriidae, localizados na região dorsal da concha, próximo ao umbo.

Dentes pseudocardinais: protuberâncias anteriores partindo do centro da charneira, abaixo do umbo; formato variável, geralmente de difícil individualização, presentes em Hyriidae.

Dentes: protuberâncias situadas próximas à extremidade do umbo; permite o encaixe das valvas, localizadas na charneira, bem evidentes nos espécimes da família Hyriidae (Pimpão & Mansur, 2007).

Linhas de crescimento: são linhas concêntricas que contornam a concha, que delimitam uma margem de estágio de crescimento, visível da concha; demarcam parte da superfície externa.

Liso: ornamentação lisa, aparentemente apenas com linhas de crescimento, sem ornamentação.

Micro-espinhos: são pequenas ondulações presentes na ornamentação, como pequenos pontos pouco presentes na concha.

Subtriangular: o contorno da concha, como na sua parte dorsal com a cavidade mais arqueada, e com a parte ventral mais alongada e redonda.

Sulcos: são depressões situadas nas conchas, ou linhas da face externa de uma valva.

Umbo: localizada acima da charneira, na região dorsal da valva, com saliências presentes.

Valvas: partes constituintes da concha dos bivalves, sempre duas e opostas.

ANEXO A

Artigo publicado na revista “Journal of South American Earth Sciences”. Vale ressaltar que o mesmo foi redigido seguindo as normas da referida revista. Diferente da Dissertação que segue as normas do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará.



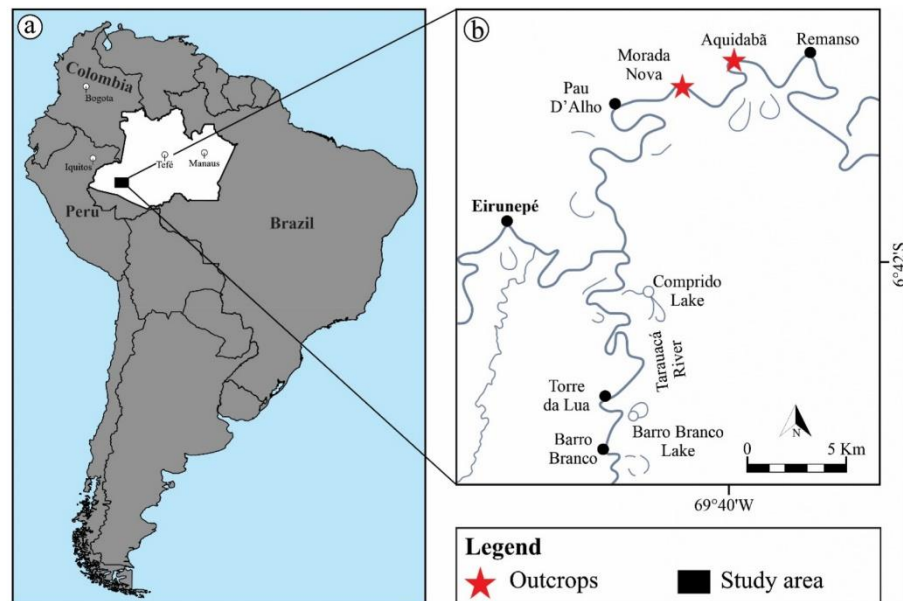


Fig. 1. Location of the studied outcrops (Modified from Gross et al., 2013).

et al., 2016, da Silveira and Souza, 2015, Sousa and Ramos, 2023, Santos and Ramos, 2023, and references therein).

The studied outcrops are located close to the town of Eirunepé, Amazonas state (Fig. 1). Gross et al. (2011, 2013) presented a detailed sedimentological description and the late Miocene microfossils of the study area. The studied bivalves are restricted to the uppermost portion of the studied section, which is related to gray and dark shales from floodplains of lakes (Fig. 2).

2. Material and methods

The studied material comprises 58 mollusk specimens collected by hand through the geological stratigraphic sections (Fig. 2). The localities are Aquidabã (06°31'40.8"S 069°39'52.0"W) and Morada Nova (06°32'51.1"S 069°42'39.4"W), right bank of Juruá River. The studied material is housed in the Paleontological collection at Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

We used a digital camera Canon, model 600D lens macro 100 mm Usm, attached to an optic microscope Leica for photographic recording (LEICA S8AP0).

3. Results and Discussion

Systematic paleontology

Class Bivalvia Linnaeus, 1758
Order Unionoidea Gray, 1854
Family Hyriidae Swainson, 1840
Genus *Castalia* Lamarck, 1819

Diagnosis: *Castalia* Lamarck, 1819 [*C. Ambigua* OD] [= *Tetraplodon* Spix, 1827]. Triangular, heavy, inflated, with high sharp posterior ridge behind which margin is distinctly truncate; beaks very full and high, sculpture radial or with 1 or 2 pairs of central ribs coalescing below, whole extending over disc as strong ridges; periostracum thick, dark, dull; hinge line arched, all teeth vertically ridged; 1 strong compressed

cardinal in LV, 2 in RV, all in front of beaks, behind which lie denticles; 1 lamellar tooth in RV and 2 in LV; beak cavities deep, not compressed. Rec., S. Am (Morre, 1969).

Fig. D50, 4 °C. *ambigua*; 4°-d, RV ext., LV int., both valves dorsal, hinges.

Castalia ambigua Lamarck, 1819

Fig. 3 A-L *Castalia ambigua*: Roxo (1924): 45p; Sousa (2018), 76–77p, Fig. 3 A-C; 79p, Fig. 4-D.

Castalia cf. *ambigua*: Simone and Mezzalana (1994): 165p, Fig. 740; Wesselingh et al., 2006: 425–426, Figs. 11–12.

Material: 36 specimens.

Figured material (Dimensions - High/length in cm): MPEG-2810-I; MPEG-3574-I; MPEG-3575-I; MPEG-3236-I; MPEG-2709a-I; MPEG-2709b-I.

Dimensions: MPEG-2810-I (1.5/1.7); MPEG-3574-I (fragmented; 1.7/1.9); MPEG-3575-I (fragmented; 2.0/2.3); MPEG-3236-I (1.7/2.0); MPEG-2709a-I (2.3/2.5); MPEG-2709b-I (2.4/2.8); MPEG-2709-I (2.4/3.0); MPEG-2784-I (2.7/3.0); MPEG-3241-I (0.8/1.2); MPEG-3564-I (1.4/1.8); MPEG-3235-I (2.2/2.5); MPEG-3573-I (1.7/1.9).

Remarks. *Castalia ambigua* has morphological variations mainly in size (Average: 2.05), outline, and ornamentation pattern observed in the analyzed specimens and the literature (Wesselingh et al., 2006). Related to the ornamentation, the radial ridges, when present, are larger and sparse (Fig. 3 C and E), extending along the entire surface, from the umbo to the ventral region, sometimes with a nitid "V" shape ridge close to the umbo (Fig. 3A–C), in other specimens the ridges are thinner (Fig. 3 A, I, K), or they seem to fade in middle level of the valves in larger specimens, intercepted by evident deep grooves (Fig. 3 G). The growth lines are visible in the ventral region, convergent to the anterior and posterior margins crossing the radial ridges; some are more evident (Fig. 3 C, E, G). In rare specimens, some discrete tubercles over the ridges in the anterior margin can be seen (Fig. 3 A, G). In the internal view, it has strong hinge with median ridge and low cardinal and lateral teeth (Fig. 3B, F); the adductor muscle is pronounced in the anterior

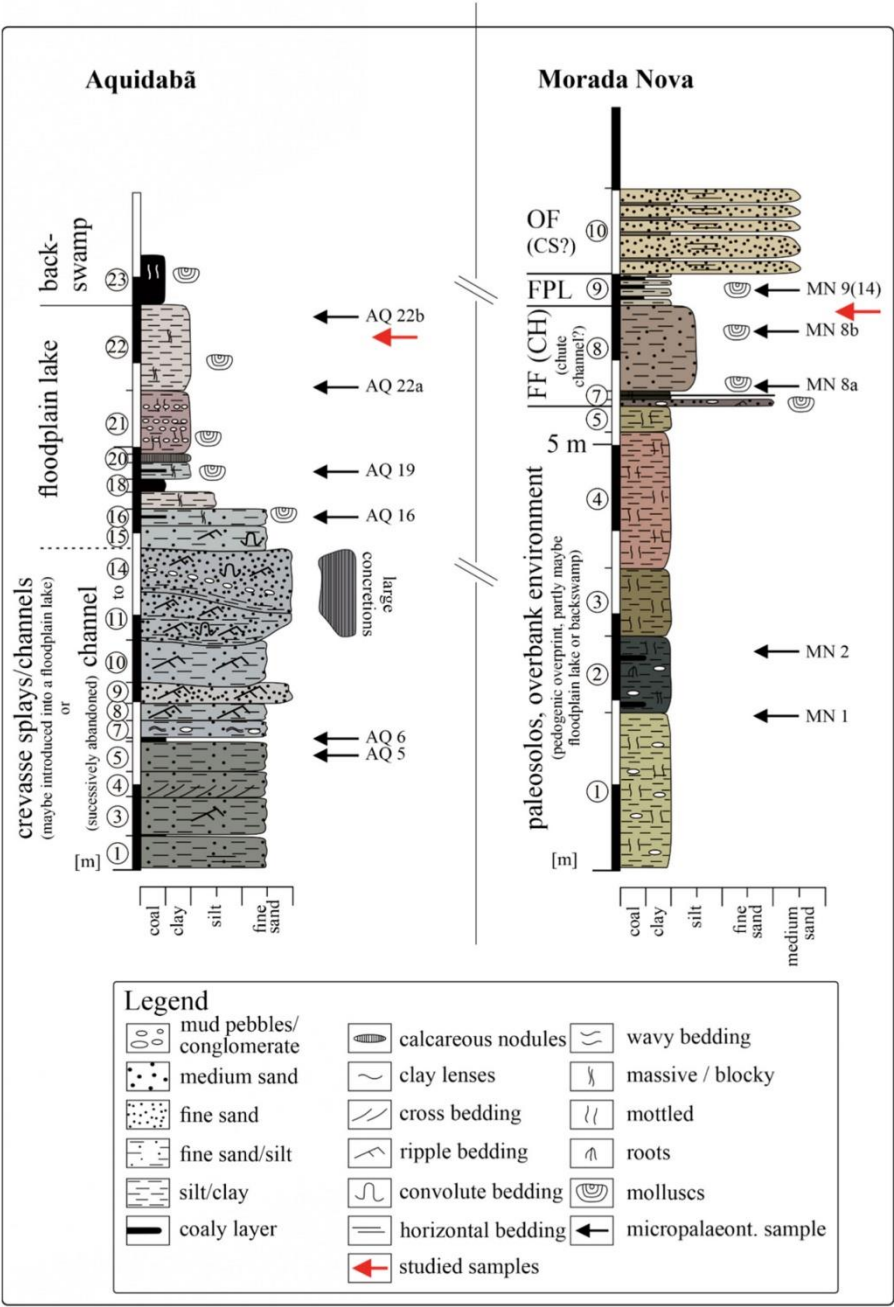


Fig. 2. Stratigraphic sections of the studied outcrops with the collected samples (Modified from Gross et al., 2011).

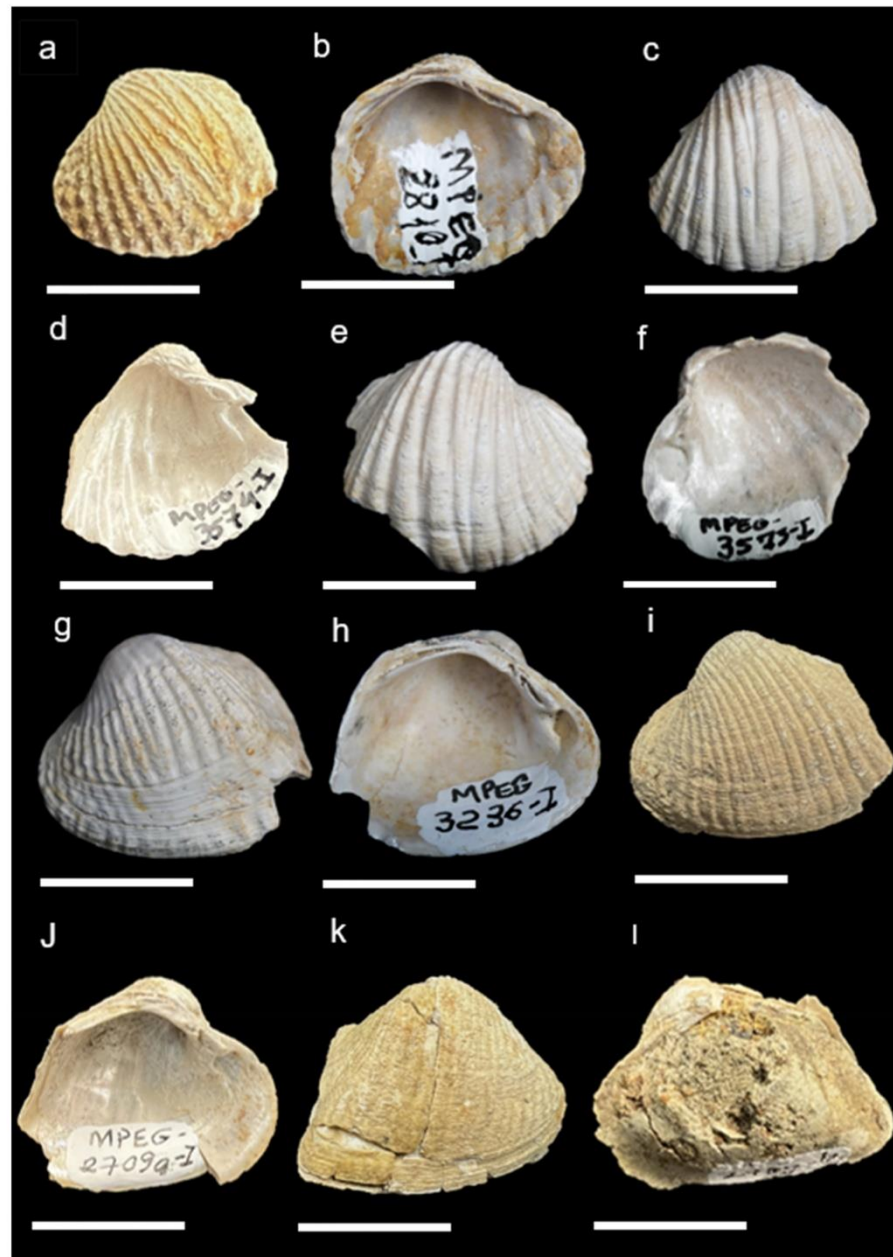


Fig. 3. *Castalia ambigua*; A-B, MPEG- 2810-I, A-external view, left valve; B- interior view, left valve, ring detail; C-D, MPEG-3574-I, C- external view, left valve; D- interior view, left valve, ring detail; E-F, MPEG-3575-I, E-external view, left valve; F- interior view, left valve, ring detail; G-H, MPEG-3236-I, G-external view, left valve; H- interior view, left valve, ring detail; MPEG-2709A-I, I- external view, left valve; J-internal view, left valve, ring detail; MPEG-2709B-I, K- external view, left valve; L-internal view, left valve, ring detail. (Scale 2 cm).

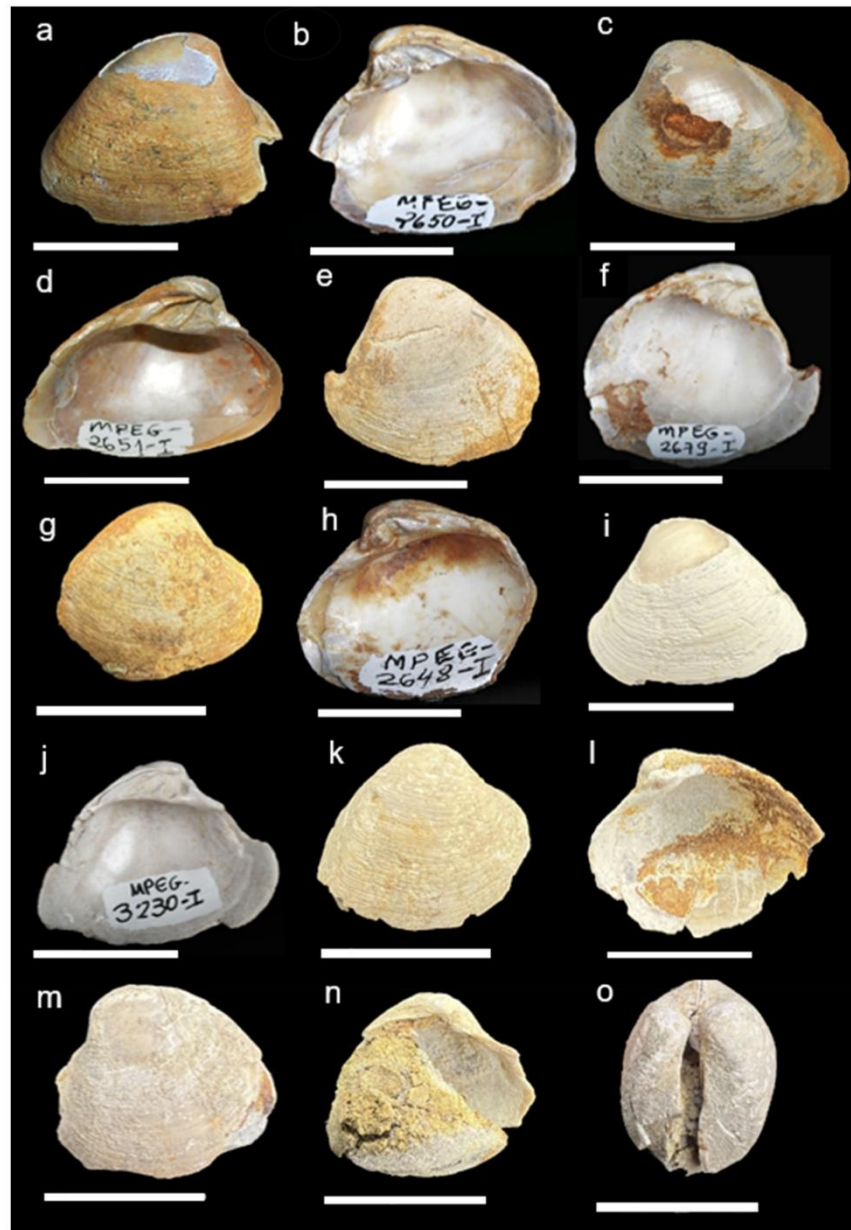


Fig. 4. *Haasica cf. bazani*; A-B, MPEG-2650-I, A-external view, right valve; B-internal view, right valve, hinge detail; C-D, MPEG-2651-I, C-external view, right valve; D-internal view, right valve, hinge detail; E-F, MPEG-2679-I, E-external view, right valve; F-internal view, right valve, hinge detail; G-H, MPEG-2648-I, G-external view, left valve; H-internal view, left valve, hinge detail; MPEG-3230-I, I-external view, left valve; J-internal view, left valve, hinge detail; MPEG-2796A-I, K-external view, left valve; L-internal view, left valve, hinge detail; MPEG-2796B-I, M-external view, left valve; N-internal view, left valve, hinge detail. O-view of the two valves. (Scale 2 cm).

region (Fig. 3 B, F; H). Some specimens are not well preserved, with the ornamentation eroded, but the hinge line is typical of the genus, the length is longer than their height. (Fig. 3 J, L).

Occurrence: The collected specimens occur in the uppermost portion of the studied sections, of the Aquidabã and Morada Nova outcrops, on the right bank of the Jurua River, Eirunepé town, Amazonas state, Brazil; the layers are constituted by gray and dark shales related to floodplain lakes (Fig. 2) Solimões Formation, late Miocene.

Stratigraphic and geographic distribution: *Castalia ambigua* has a wide Recent and fossil record throughout South America. It was previously recorded in the Late Miocene and Pliocene Solimões Formation in the Acre and Amazonas states (Brazil) (Wesselingh et al., 2006a; Sousa, 2018), and in the Pebas Formation, Perú (Roxo, 1924, 1937). Presently, it is widespread along South America, from Guyanas to Uruguay (Roxo, 1924, 1937; Wesselingh et al., 2006a; Sousa, 2018).

Family mycetopodidae

Genus *Haasica* Strand, 1932

Diagnosis: *Haasica* Strand, 1932 [= *Plagiodon balzani* Ihering, 1893; OD] [= *Marshalliella* Haas, 1932 (non Kiefer, 1913; nec Poppus, 1914). Externally like *Monocondylaea*; hinge plate with high narrow cardinal in RV, separated from low denticle behind by cuneiform groove; preumbonal callosity in RV, divided from high narrow tooth by narrow, deep furrow which extends under beak; beak cavities deep, somewhat compressed. Rec., S. Am (Morre, 1969).

Fig. D54, 11. **H. balzani* (Ihering); 11°-d, RV int., both valves dorsal.

Haasica cf. *balzani* (Ihering, 1893).

Fig. 4: A–O.

Non *Fossula balzani matogrosensis* Ihering, 1915

Callonaia sp: Wesselingh et al., 2006: 427–430, Figs. 19–27

Callonaia duprei: Sousa 2018: 84–85, Fig. 7 A–B (non Récluz, 1842)

Material: 22 specimens.

Figured material (Dimensions - High/length in cm): MPEG-2650-I; MPEG-2651-I; MPEG-2679-I; MPEG-2648-I; MPEG-3230-I; MPEG-2796a-I; MPEG-2796b-I.

Dimensions (High/length in cm): MPEG- 2650-I (2.4/2.8); MPEG-2651-I (2.5/3.5); MPEG- 2679-I (fragmented; 3.4/3.4); MPEG-2648-I (2.4/2.9); MPEG-3230-I (fragmented; 2.3/2.9); MPEG-2796a-I (2.2/2.5); MPEG-2796b-I (2.4/2.5); MPEG-3232-I (2.2/2.4); MPEG-2785-I (2.5/3.5); MPEG-2680-I (2.5/2.9); MPEG-2691-I (2.0/2.2); MPEG-2677-I (2.6/2.9); MPEG-3578-I (1.5/1.8).

Remarks. Specimens of *Haasica* cf. *balzani* from the studied material have external morphological patterns typical of the genus; the surface is smooth, and the right valve has evident fine and concentric growth lines that are close to each other, extending from the dorsal to the ventral portion of the shell; umbo acute sometimes more angulated and well projected (Fig. 4A–C), lower in the left valve (Fig. 4 G, H). Internal view typical of the genus; the hinge is evident, with cardinal teeth high and elongated; lateral teeth absent (Fig. 4 B). (Average: 2.58).

A typical *Haasica balzani* has a slightly more rounded outline (Simone, 2006: Fig. 1028) than the specimens studied herein. The studied valves are slightly more triangular and with taller umbo. Because these differences have been found in some extreme variation specimens of *H. balzani*, the suggestive identification is presented herein. The hinge leaves no doubt about its generic attribution, but the available material still needs to allow a more specific, accurate identification. Therefore, we preferred a more conservative approach; however, a new species is possible.

This species has already been recorded in the Solimões Formation as belonging to *Callonaia* (*Callonaia duprei*). Morphological analysis of the specimens allowed us to verify that they are very different from the genus *Callonaia*, which belongs to the Hyriidae family. This genus has valves with a much more angular anterior region and without wing projections. In addition, it differs in the hinge from *Haasica*, which has a hinge with higher and more curved cardinal teeth without lateral teeth.

Occurrence: *Haasica* cf. *balzani* was found in the Aquidabã locality, on the right bank of the Jurua River, Eirunepé town, Amazonas state,

Brazil, in the uppermost portion of the section, related to gray and dark shales, and floodplain lakes (Fig. 2). Solimões Formation, Late Miocene.

Stratigraphic and geographic distribution: It is the first fossil record for the genus. The species was known for the late Miocene Solimões Formation in Acre state, Brazil (Wesselingh et al., 2006; Sousa, 2018), (see synonymy list). *Haasica balzani* is an endemic species with a restricted Recent distribution in the Alto Paraguay Basin (Paraguay River, São Paulo and Mato Grosso states, Brazil), (Simone, 2006; Graf and Cummings, 2019).

4. Conclusions

The genus *Haasica* was found for the first time in the fossil record (Solimões Formation, Late Miocene), and the geographic distribution of the species *Haasica* cf. *balzani* is restricted to Brazil, so this was the first record for the state of Amazonas, Brazil. *Castalia ambigua* was found in new localities in the State of Amazonas, Brazil. These two genera, which are typical of freshwater environments, suggest a lacustrine environment to the upper portion (Upper Miocene) of the Solimões Formation.

CRedit authorship contribution statement

Lorena Lisboa Araújo: Writing – review & editing, Writing – original draft, Supervision, Project administration, Methodology. **Maria Inês Feijó Ramos:** Writing – review & editing, Writing – original draft, Supervision, Project administration, Investigation. **Luiz Ricardo Lopes De Simone:** Writing – review & editing. **Sergio Martínez:** Writing – review & editing.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Data availability

No data was used for the research described in the article.

Acknowledgments

The research was supported by Museu Emílio Goeldi and the Federal University of Pará (UFPA) through the Programa de Pós Graduação em Geologia and Geoquímica (PPGG). It was also carried out with financial support from the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brazil), through PIBIC and a Master grant to the first author (110576-2017-9; 164502/2021-1), research grant process number 307424/2019-7, to MIF. Ramos and financial support for the field trip (process number 401806/2010-3). We would like to thank Fábio Roberto Filpo Jacob (MPEG) for helping with photograph acquisition.

References

- Antoine, P.O., Abello, M.A., Adnet, S., Sierra, A.J.A., Baby, P., Billet, G., Boivin, M., Calderón, Y., Candela, A., Chabain, J., Corfu, F., Croft, D.A., Ganerod, M., Jaramillo, C., Klaus, S., Marivaux, L., Navarrete, R.E., Orliac, M.J., Parra, F., Pérez, M.E., Pujos, F., Rage, J., Ravel, A., Robinet, C., Roddaz, M., Tejada Lara, J.V., Velez Juarbe, J., Wesselingh, F.P., Salas Gismondi, R., 2016. A 60 million years Cenozoic history of western Amazonian ecosystems in Contamana, eastern Peru. *Gondwana Res.* 31, 30–59. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2015.11.001>.
- Boettger, O., 1878. Die tertiärfauna von Pebas am oberen marañon. *Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichsanstalt* 28 (3), 485–504.
- Brown, B., 1879. On the tertiary deposits on the Solimões and Javary rivers, in Brazil. *Q. J. Geol. Soc. Lond.* 35, 76–81. <https://doi.org/10.1144/GSL.JGS.1879.035.01.04.125>.
- Conrad, T.A., 1871. Descriptions of a new fossil shells of the upper Amazon. *Ann. J. Conchol.* 6 (3), 192–198.
- Etheridge, R., 1879. Notes on the Mollusca collected by C. Barrington Brown, esq., ARSM, from the tertiary deposits of Solimões and Javary rivers, Brazil. *Q. J. Geol. Soc.* 35 (1–4), 82–88. <https://doi.org/10.1144/GSL.JGS.1879.035.01.04.126>.

- Friaes, Y.S., Ramos, M.L.F., Linhares, A.P., 2022. New palaeoenvironmental and palynostratigraphic data from solimões formation (solimões basin, Amazonas, Brazil). *J. S. Am. Earth Sci.* 115, 103751.
- Graf, D.L., Cummings, K.S., 2019. Mussel database: the Freshwater Mussels (Unionoida) of the World (and other less consequential bivalves) available online at: <http://mussel-project.uwsp.edu/>.
- Gross, M., Piller, W.E., Ramos, M.L., Paz, J.D., da, S., 2011. Late Miocene sedimentary environments in South western Amazonia (Solimões Formation; Brazil). *J. S. Am. Earth Sci.* 32 (2), 170–175. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2011.05.004>.
- Gross, M., Ramos, M.L.F., Caporaletti, M., Piller, E., 2013. Ostracods (Crustacea) and their palaeoenvironmental implication for the Solimões Formation (late Miocene; western Amazonia/Brazil). *J. S. Am. Earth Sci.* 42, 216–241.
- Gross, M., Ramos, M.L.F., Piller, W.E., 2014. On the Miocene *cyprideis* species flock (ostracoda; Crustacea) of western Amazonia (Solimões Formation): refining taxonomy on species level. *Zootaxa* 3899 (1), 1–69.
- Guimaraes, L.D.A., Ramos, M.L.F., Simone, L.R.L., 2018. New records of Tryonia (gastropoda, cochliopidae) from the mio-pliocene Solimões Formation (state of Amazonas), Brazil. *Rev. Bras. Palaontol.* 21 (3), 255–264.
- Hoorn, C., 1993. Marine incursions and the influence of Andean tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonia: results of a palynostratigraphic study. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 105, 267–309.
- Hoorn, C., Wesselingh, F. (Eds.), 2011. Amazonia: Landscape and Species Evolution: a Look into the Past. John Wiley & Sons, pp. 303–316.
- Hoorn, C., Wesselingh, F.P., Hovikoski, J., Guerrero, J., 2010. The Development of the Amazonian Mega Wetland (Miocene; Brazil, Colombia, Peru, Bolivia). Amazonia, Landscape and Species Evolution: a Look into the Past, pp. 123–142.
- Jaramillo, C., Romero, I., D'Apolito, C., Bayona, G., Duarte, E., Louwye, S., Escobar, J., Luque, J., Carrillo Briceño, J.D., Zapata, V., Mora, A., Schouten, S., Zavada, M., Harrington, G., Ortiz, J., Wesselingh, F.P., 2017. Miocene flooding events of western Amazonia. *Sci. Adv.* 3 (5), 1–11.
- Kachinsz, K.E., Silva-caminha, S.A.F., 2017. Palinoestratigrafia da Formação Solimões: comparação entre bioestratigrafia tradicional e o método de associações unitárias. *Rev. Bras. Palaontol.* 19 (3), 481–490.
- Leandro, L.M., Linhares, A.P., de Lira Mota, M.A., Fauth, G., Santos, A., Villegas-Martín, J., Ramos, M.L.F., 2022. Multi-proxy evidence of caribbean-sourced marine incursions in the Neogene of western Amazonia, Brazil. *Geology*, 4. In: Moore, R.C. (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology: Part Nov. 1* [of 3] *Mollusca 6 Bivalvia*. Geological Society of America, vol. 50, pp. 465–469, 1969.
- Leite, F.P.R., 2006. Palinologia da formação Solimões, neógeno da Bacia do Solimões, Estado do Amazonas, Brasil: implicações paleoambientais e bioestratigráficas. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Tese de Doutorado, p. 128.
- Leite, F., 2016. Estudo dos generos *Dyras* e *Tryonia* (Mollusca: Gastropoda) da Formação Solimões: inferências paleoambientais e bioestratigráficas. Universidade Federal do Pará, Belém-PA, p. 2. Dissertação de Mestrado.
- Linhares, A.P., Ramos, M.L.F., Gaia, V.C.S., 2017. The significance of marine microfossils for palaeoenvironmental reconstruction of the Solimões Formation (Miocene), western Amazonia, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 79, 57–66.
- Linhares, A.P., Ramos, M.L.F., Gaia, V.C.S., Friaes, Y.S., 2019. Integrated biozonation based on palynology and ostracods from the Neogene of Solimões Basin, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.01.015>.
- Linhares, A.P., Ramos, M.L.F., Gross, M., Piller, W., 2011. Evidence for marine influx during the Miocene in southwestern Amazonia, Brazil-Evidências de influencia marina durante el Mioceno en el Sudoeste de la Amazonia (Brasil). *Geol. Colomb.* 36 (1), 91.
- Maia, R.G.N., Godoy, H.K., Yamaguti, H.S., Moura, P.A.de, Costa, F.S.F.da, Holanda, M. A.de, Costa, J.A.D., 1977. Projeto Carvão No Alto Solimões, Relatório Final, vol. I. Companhia de Pesquisa de recursos minerais, SUREG/MA, pp. 85–87.
- Maury, C.J., 1924. Fósseis terciários do Brasil com descrição de novas formas cretáceas. Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil 4, 1–705.
- Muñoz-Torres, F., Whitley, R.C., Van Harten, D., 1998. The endemic non-marine Miocene ostracod fauna of the Upper Amazon Basin. *Rev. Española Micropaleontol.* 30 (3), 89–105.
- Nuttall, C.P., 1990. A review of the Tertiary non-marine molluscan faunas of the Pebasian and other inland basins of North western South America. *Bullet. British Museum Natural Hist. (Geol. series)* 45, 165–371.
- Oliveira, A.L., Carvalho, P.F., 1924. Estudos geológicos na fronteira com o Peru (linhito no Alto Solimões). Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil 8, 55–76.
- Parra, F.J., Navarrete, R.E., di Pasquo, M.M., Roddaz, M., Calderón, Y., Baby, P., 2020. Neogene palynostratigraphic zonation of the marañon basin, western Amazonia, Peru. *Palynology* 44 (4), 675–695.
- Purper, L., 1979. Cenozoic ostracodes of the upper amazon basin, Brazil. *Pesquisas* 12, 209–281.
- Ramos, M.L.F., 2006. Ostracods from the Neogene Solimões Formation (Amazonas, Brazil). *J. S. Am. Earth Sci.* 21, 87–95.
- Roxo, M.G.O., 1924. Breve notícia sobre os fósseis terciários do Alto Amazonas. Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil 11, 41–52.
- Roxo, M.G.O., 1935. Considerações sobre a geologia e a paleontologia do Alto Amazonas. *Anuaes da Academia Brasileira de Ciências* 7 (1), 63–70.
- Roxo, M.G.O., 1937. Fósseis pliocenos do rio Juruá, estado do Amazonas. *Notas Preliminares e Estudos do Serviço Geológico e Mineralógico* 9, 4–14.
- Santos, K.S., dos & Ramos, M.L.F., 2023. Taphonomic analysis on Neogene ostracods from Solimões formation, Borehole 1AS 5 AM, Brazil: a tool to the palaeoenvironmental reconstitution. *J. S. Am. Earth Sci.*, 104172.
- Silva-Caminha, S.A., Jaramillo, C.A., Absy, M.L., 2010. Neogene palynology of the Solimões basin, Brazilian Amazonia. *Palaeontograph. Abteilung B* 284, 13–79.
- Simone, L.R.L., 2006. Land and Freshwater Molluscs of Brazil. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, Editora Fapesp, pp. 252–255.
- Simone, L.R.L., Mezzalana, S., 1994. Fossil Molluscs of Brazil, Documento e Pesquisa Ambiental. Instituto Geológico, São Paulo, p. 165 (Boletim 11).
- Sousa, F.N., 2018. Sistemática e paleoautoecologia de moluscos da Formação Solimões (Mioceno Superior, Bacia do Acre, Brasil) e implicações paleoambientais. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Dissertação de Mestrado, p. 85.
- Sousa, F.S.D., Ramos, M.L.F., 2023. Taxonomic study of the genus *Cyprideis* JONES, 1857 from the Pebas formation (Miocene), Iquitos (Peru), with description of three new species. *J. S. Am. Earth Sci.*, 104126.
- Wesselingh, F.P., 2006a. Molluscs from the Miocene Pebas Formation of Peruvian and Colombian Amazonia. *Scripta Geol.* 133, 19–290.
- Wesselingh, F.P., 2006b. Evolutionary ecology of the pachyodontinae (Bivalvia, corbulidae) in the Pebas lake/wetland system (Miocene, western Amazonia). *Scripta Geol.* 133, 395–417.
- Wesselingh, F.P., Ramos, M.L.F., 2010. Amazonian aquatic invertebrate faunas (Mollusca, Ostracoda) and their development over the past 30 million years. In: Hoorn, C., Wesselingh, F.P. (Eds.), *Amazonia: Landscape and Species Evolution, a Look into the Past*. Wiley Blackwell publications, UK, pp. 302–316.
- Wesselingh, F.P., Ranzani, A., Räsänen, M.E., 2006. Miocene freshwater Mollusca from western Brazilian Amazonia. *Scripta Geol.* 133 (9), 419–437.
- Wesselingh, F.P., Räsänen, M.E., Irion, G., Vonhof, H.B., Kaandorp, R., Renema, W., Romero-Pittman, L., Gingras, M., 2002. Lake Pebas: a palaeoecological reconstruction of a Miocene, long-lived lake complex in western Amazonia. *Cainozoic Res.* 1 (1/2), 35–68.
- Woodward, H., 1871. The tertiary shells of the Amazon Valley. *Annals Magazine Natural Hist.* 4th. Serie, London 7 (59–64), 101–109.