



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 488

**ESTUDO DOS GÊNEROS *DYRIS* E *TRYONIA* (MOLLUSCA:
GASTROPODA) DA FORMAÇÃO SOLIMÕES: INFERÊNCIAS
PALEOAMBIENTAIS E BIOESTRATIGRÁFICAS**

Dissertação apresentada por:

FELIPE S'THIAGO FREITAS LEITE

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

**BELÉM
2016**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPa

Leite, Felipe S'Thiago Freitas, 1989-
Estudo dos gêneros *Dyris* e *Tryonia* (mollusca: gastropoda) da
Formação Solimões: inferências paleoambientais e bioestratigráficas
/ Felipe S'Thiago Freitas Leite. – 2016.

x, 87 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientadora: Maria Inês Feijó Ramos

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia
e Geoquímica, Belém, 2016.

1. Gastrópodes fósseis - Amazônia. 2. Paleocologia -
Amazônia. 3. *Tryonia* - Amazônia. 4. Paleontologia estratigráfica. 5.
Paleontologia – Mioceno. I. Título.

CDD 22. ed. 594.309811



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

**ESTUDO DOS GÊNEROS *DYRIS* E *TRYONIA* (MOLLUSCA:
GASTROPODA) DA FORMAÇÃO SOLIMÕES: INFERÊNCIAS
PALEOAMBIENTAIS E BIOESTRATIGRÁFICAS**


DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

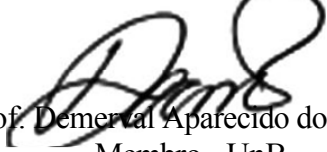
FELIPE S'THIAGO FREITAS LEITE

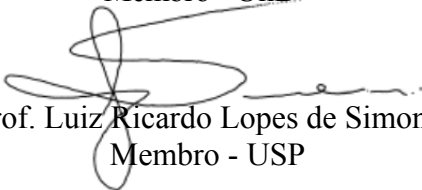
**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOLOGIA.**

Data de Aprovação: 20 / 10 / 2016

Banca Examinadora:


Prof.ª Maria Inês Feijó Ramos
Orientadora - UFPA


Prof. Demerval Aparecido do Carmo
Membro - UnB


Prof. Luiz Ricardo Lopes de Simone
Membro - USP

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2. 1. OBJETIVO GERAL.....	4
2. 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. ÁREA DE ESTUDO	5
3.1. GEOLOGIA REGIONAL.....	5
3. 1. 2. Formação Solimões	6
3.2. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS LITOLÓGICOS.....	7
4. HISTÓRICO PALEONTOLÓGICO DOS MOLUSCOS DO NEÓGENO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL	10
4. 1. IDADE E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL DA FORMAÇÃO SOLIMÕES.....	12
4. 2. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA INFLUÊNCIA MARINHA.....	16
4. 3. PALEOBIOGEOGRAFIA E PALEOECOLOGIA DOS GÊNEROS EM ESTUDO.....	18
5. MATERIAL E MÉTODOS	21
5. 1. MATERIAL.....	21
5. 2. MÉTODOS.....	21
6. RESULTADOS	23
6. 1. SISTEMÁTICA.....	23
6. 1. 2. Espécies	24
6. 2. ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS GASTRÓPODAS NO TESTEMUNHO 1AS-31-AM.....	36

6. 1. 2. Distribuição estratigráfica dos gêneros e espécies no testemunho ordenado da base para o topo.....	38
7. DISCUSSÃO.....	49
7. 1. INTERPRETAÇÕES PALEOAMBIENTAIS.....	50
7. 2. DATAÇÃO E CORRELAÇÃO.....	56
8. CONCLUSÕES.....	60
8. 1. TAXONÔMICAS.....	60
8. 2. PALEOAMBIENTAIS.....	60
8. 3. PALEOBIOGEOGRÁFICAS.....	61
8. 4. BIOESTRATIGRÁFICAS.....	61
REFERÊNCIAS.....	63
ANEXOS.....	71

AGRADECIMENTOS:

A realização deste trabalho não teria sido possível sem o apoio pessoal e profissional de diversas pessoas e instituições. Com isso, utilizo este espaço para reconhecer a importância dos mesmos.

Agradeço à Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) por terem possibilitado o meu ingresso no curso de mestrado, e também por toda a estrutura disponibilizada. Ao CNPQ pela concessão da bolsa de mestrado. À Coordenação de Ciências da Terra (CCTE) do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) pela estrutura oferecida. Ao Dr. João Carlos Coimbra, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pela disponibilização de seu laboratório e apoio técnico, que foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. Ao Dr. Hilton Tulio Costi, do MPEG pelo auxílio técnico, de fundamental importância para este trabalho. Aos meus pais, Nelson Jorge Leite e Patrícia Freitas Pereira, por toda a orientação, apoio, educação e dedicação que sempre me foram dados. À minha orientadora, Dr^a. Maria Inês Feijó Ramos, por sua grande contribuição, não só para com o desenvolvimento deste trabalho, mas também com o meu crescimento profissional. Aos meus colegas de trabalho e amigos pessoais, com quem tive grandes momentos durante o desenvolvimento desta dissertação: Dr^a. Ana Paula Linhares, por toda a contribuição técnica, acadêmica e apoio pessoal; MsC. Lívia Isadora Guimarães, pela grande ajuda com a taxonomia e malacologia aplicadas à esta pesquisa; MsC. Andrés Felipe Salazar Rios, pela amizade e apoio pessoal; MsC. Nathália Carvalho da Luz e MsC. Inaiê Malheiros Miranda que me receberam em sua casa em Porto Alegre, para que eu pudesse realizar as análises no laboratório de microscopia eletrônica da UFRGS; e a todos os outros que me incentivaram e me encorajaram, muito obrigado!

RESUMO:

A Formação Solimões compreende os estratos neógenos da Bacia do Solimões, os quais tem um amplo registro fossilífero. Os estudos realizados sobre a fauna fossilífera desta unidade fornecem importantes informações sobre a evolução dos paleoambientes e do sistema hidrográfico da Amazônia Ocidental durante o Neógeno. Os moluscos fósseis da Amazônia Ocidental vêm sendo estudados desde o século XIX e têm se mostrado uma importante ferramenta bioestratigráfica e para interpretações paleoambientais. Porém, grande parte desses estudos foram realizados com amostras provenientes de afloramentos, restringindo o intervalo de tempo estudado à uma porção limitada da unidade como um todo. A partir da década de 70, a exploração de carvão e gás natural na Amazônia Ocidental permitiu estudos em intervalos estratigráficos mais abrangentes através de testemunhos de sondagem. No presente estudo foi feita a análise de 93 amostras do testemunho 1AS-31-AM, com 302,05 metros de profundidade, localizado às margens do Rio Ituí, no Estado do Amazonas. Sete das amostras estudadas apresentaram gastrópodes em grande quantidade e diversidade de gêneros, estando *Dyris* e *Tryonia* entre os mais abundantes, sendo estes, foco do presente estudo. Eventos evolutivos como radiações e extinções foram observados nestes gêneros. Espécies do gênero *Dyris* nunca antes registradas na Amazônia brasileira, embora já registradas para a Amazônia Ocidental no Peru e Colômbia, tiveram sua distribuição paleobiogeográfica ampliada. A presença de espécies guias tais como *Dyris megacarinatus*, *Dyris romeroi*, *Dyris renemai*, *Dyris ariei*, *Dyris microbispiralis* e *Tryonia scarioides scarioides* permitiu datar o intervalo entre 170,80 m e 175,00 m, onde ocorre a maior concentração dos gastrópodes, em Mioceno Médio a Superior (Serravaliano ao Tortoniano) e correlacioná-lo com as biozonas de moluscos (MZ7 a MZ12), palinórfos (*Crassoretitriletes* e *Grimsdalea*) e ostracodes (*Cyprideis caraione*, *Cyprideis minipunctata*, *Cyprideis obliquosulcata* e *Cyprideis cyrtoma*) estabelecidas em trabalhos anteriores. Com base na associação de gêneros de água doce e água salobra a salgada interpreta-se a área de estudo como um ambiente compatível com um sistema de lagos próximos a lagunas.

Palavras-chave: Paleoambientes. *Dyris*. *Tryonia*. Bioestratigrafia. Incurções marinhas. Amazônia Ocidental. Mioceno.

ABSTRACT:

The Solimões Formation compresses the Solimões Basin Neogene strata, which owns a wide fossiliferous source. The studies about the fossil fauna of this unit provide important information about the evolution of paleoenvironments and hydrographic systems in West Amazonia during the Neogene. The West Amazonia fossil mollusks have been studied since XIX century and have showed potential for biostratigraphy and paleoenvironmental interpretation studies. However, most of those studies have been made using samples originated from outcrops, which limits the studied time range. Since the 70's decade the exploration of coal and natural gas in West Amazonia opened possibilities to researches of wider time ranges through boreholes. In the present study, 93 samples from the borehole 1AS-31-AM were analyzed, throughout 302,05 meters depth. The borehole is located by the edge of the Ituí River, in the Amazonas State. Seven of the studied samples presented gastropods in a big amount and high diversity of genera, with *Dyris* and *Tryonia*, aim of this study, as the most abundant ones. Evolutionary events like radiations and extinctions were observed within these genera. Some never yet found species of *Dyris* in Brazilian Amazonia had their paleobiogeographic distribution amplified. The presence of guide species such as *Dyris megacarinatus*, *Dyris romeroi*, *Dyris renemai*, *Dyris ariei*, *Dyris microbispiralis* and *Tryonia scalarioides scalarioides* has allowed to date the interval between 170,80m and 175,00m, where occurs the major concentration of gastropods, as Middle to Late Miocene (Serravalian to Tortonian) and relate it with the biozones of mollusks (MZ7 to MZ12), palynomorphs (*Crassoretitriletes* and *Grimsdalea*), and ostracods (*Cyprideis caraione*, *Cyprideis minipunctata*, *Cyprideis obliquosulcata* and *Cyprideis cyrtoma*) established in previous works. Based on the association of fresh and brackish to seawater genera, the study area is interpreted as an environment which is conformable with a system of lakes close to lagoons.

Keywords: Paleoenvironments. *Dyris*. *Tryonia*. Biostratigraphy. Marine incursions. West Amazon. Miocene.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Localização da Bacia do Solimões e suas sub-bacias.....	5
Figura 2:	Esquema demonstrando a posição das formações Içá, Solimões e Alter do Chão.....	7
Figura 3:	Localização do testemunho 1AS-31-AM e dos demais testemunhos já estudados.....	8
Figura 4:	Perfil do testemunho 1AS-31-AM.....	9
Figura 5:	Biozonas de palinómorfs, moluscos e ostracodes. PZ= zona de polens; MZ e CZ= zonas de moluscos; OZ= zona de ostracodes.....	14
Figura 6:	Medidas utilizadas na descrição de conchas de gastrópodes: Altura (A), largura (L), altura da abertura (Aab), largura da abertura (Lab) e altura da espira (Aes).....	22
Figura 7:	Gráfico de setores com a porcentagem dos gêneros nas amostras de 175,00 m a 170,80 m do testemunho 1AS-31-AM.....	37
Figura 8:	Porcentagem dos gêneros na profundidade de 175,00 m.....	38
Figura 9:	Porcentagem das espécies de <i>Dyris</i> e <i>Tryonia</i> na profundidade de 175,00 m.....	39
Figura 10:	Porcentagem dos gêneros na profundidade de 174,70 m.....	40
Figura 11:	Porcentagem das espécies de <i>Dyris</i> e <i>Tryonia</i> na profundidade de 174,70 m.....	40
Figura 12:	Porcentagem dos gêneros na profundidade de 174,66 m.....	41
Figura 13:	Porcentagem de espécies de <i>Dyris</i> e <i>Tryonia</i> na profundidade de 174,66 m.....	42
Figura 14:	Porcentagem dos gêneros na profundidade 174,55 m.....	43
Figura 15:	Porcentagem das espécies de <i>Dyris</i> e <i>Tryonia</i> na profundidade de 174,55 m.....	43
Figura 16:	Porcentagem dos gêneros na profundidade de 174,40 m.....	44
Figura 17:	Porcentagem das espécies de <i>Dyris</i> e <i>Tryonia</i> na profundidade de 174,40 m.....	45
Figura 18:	Porcentagem dos gêneros na profundidade de 174,30 m.....	46

Figura 19:	Porcentagem das espécies de <i>Dyris e Tryonia</i> na profundidade de 174,30 m.....	46
Figura 20:	Porcentagem dos gêneros na profundidade de 170,80 m.....	47
Figura 21:	Porcentagem das espécies de <i>Dyris e Tryonia</i> na profundidade de 170,80 m.....	48
Figura 22:	Gráfico ilustrando as relações de quantidade entre as espécies de <i>Dyris e Tryonia</i> ao longo das amostras de 170,80 m a 175,00 m.....	52
Figura 23:	Gráfico ilustrando as relações de quantidade entre os gêneros ao longo das amostras de 170,80 m a 175,00 m.....	54
Figura 24:	Correlação do testemunho 1AS-31-AM com biozonas de palinórfos (PZ), moluscos (MZ; CZ) e ostracodes (OZ).....	59

1. INTRODUÇÃO

O estudo de moluscos fósseis do Neógeno tem se apresentado como uma importante ferramenta para estudos de bioestratigrafia e reconstituição paleoambiental devido à grande irradiação do grupo neste período (Wesselingh, 2008; Wesselingh & Ramos, 2010), tendo sido aplicado aos estudos da Amazônia Ocidental desde o século XIX. Gabb (1868), um dos pioneiros desses estudos, sugeriu a presença de água salgada ou salobra em depósitos do Mioceno no Equador, com base nas características de gastrópodes e bivalves encontrados. Desde então, vários estudos fundamentados no registro fóssilífero de diversos grupos, litoestratigráficos e geoquímicos vêm sendo desenvolvidos no Neógeno da Amazônia Ocidental, visando o conhecimento da evolução dos sistemas deposicionais bem como da origem, irradiação e extinção da biota (Hoorn & Wesselingh, 2010).

A Formação Solimões, foco do presente estudo, está localizada na Amazônia Ocidental brasileira, e compreende os estratos do Neógeno da Bacia do Solimões, estendendo-se para a Bacia do Acre e a parte oeste da Bacia do Amazonas. Esta formação correlaciona-se com outras unidades cronocorrelatas como as Formações Pebas no Peru (Muñoz-Torres *et al.*, 2006; Antonie *et al.*, 2016), Formação Curaray no Equador (Wesselingh *et al.*, 2002), Formação Urumaco na Venezuela (Lundberg & Aguilera, 2003, Riff *et al.*, 2010) e “Terciário Amazônico”, na Colômbia (Hoorn *et al.*, 2010b).

Desde os estudos pioneiros até os dias atuais, as interpretações a respeito da evolução paleoambiental da Formação Solimões, e sua correlata Pebas, ainda divergem entre os autores. De forma geral, os paleoambientes são interpretados como flúvio-lacustres de águas calmas e de baixa energia (Vanhof *et al.*, 2008; Latrubesse *et al.*, 2007). Porém, devido à presença de uma fauna mista (marinha, salobra e/ou de água doce) associada, alguns autores defendem uma possível influência marinha (Gabb, 1868; Purper, 1979; Shepard & Bate, 1980; Hoorn, 1993, 1994a, 1994b; Monsch, 1998; Wesselingh *et al.*, 2006a; Wesselingh, 2006b; Hoorn *et al.*, 2010; Linhares *et al.*, 2011).

A hipótese da influência marinha tem sido atestada e refinada em estudos mais recentes, porém persistem as discussões no que concerne à origem, a idade e a forma

pela qual tais influências teriam permitido a migração e a adaptação de espécies marinhas ao ambiente flúvio-lacustre da Amazônia Ocidental (Linhares *et al.*, 2011; Boonstra *et al.*, 2015; Gross *et al.*, 2015; Antonie *et al.*, 2016).

Hoorn *et al.* (2010b) relacionaram a grande diversidade de espécies na Amazônia ao soerguimento dos Andes, demonstrando a influência que a cordilheira teria exercido sobre os ecossistemas e o sistema deposicional da região, com base em evidências geológicas, paleontológicas e filogenéticas. Os autores também reuniram evidências paleontológicas e dados geoquímicos que apontam que a incursão marinha teria vindo do Caribe através da porção norte da América do Sul adentrando a Amazônia Ocidental durante o Mioceno. Esta hipótese também é conferida por Wesselingh (2006b) e Linhares *et al.* (2011). Gross *et al.* (2015), apesar de não concordarem com as incursões marinhas, consideram a região caribeana como o portal de entrada da biota.

Os estudos sobre moluscos do Neógeno da Amazônia Ocidental foram principalmente desenvolvidos na região do Peru e Colômbia (Nuttal, 1990; Wesselingh 2006a). No Brasil, são poucos os estudos dos moluscos fósseis da Formação Solimões, que perante sua grande abundância e diversidade, ainda têm muito a ser estudado. Em sua maioria, as pesquisas foram focadas em estudos taxonômicos, contribuindo com o registro de alguns taxa do Neógeno da Amazônia (Maury, 1924; Roxo, 1937; Santos & Castro, 1967; Wesselingh, 2006a), embora alguns também tenham contribuído para estudos bioestratigráficos e paleoecológicos (Maury, 1937; Wesselingh *et al.*, 2002; Wesselingh, 2006b; Wesselingh & Ramos, 2010; Guimarães, 2011). Ainda, os estudos da Formação Solimões, assim como os de outras formações na Amazônia ocidental, têm sido desenvolvidos principalmente em afloramentos que nem sempre são de fácil acesso devido à localização e à presença de reservas indígenas (Kroonenberg & Roever, 2010), e que, em geral, não cobrem toda a extensão estratigráfica da unidade, limitando o conhecimento mais aprofundado. Desta forma faz-se necessário a complementação dos mesmos com dados obtidos através de perfurações feitas por companhias de exploração de óleo e gás (Hoorn *et al.*, 2010a).

Com base neste contexto, este estudo visa o avanço do registro de gastrópodes da Formação Solimões proveniente do testemunho de sondagem 1AS-31-AM, localizado

ao sul do Rio Ituí, estado do Amazonas, a fim de verificar a relação da evolução deste grupo com os paleoambientes associados no intervalo de tempo estudado. Embora a maioria das espécies, e inclusive alguns gêneros sejam endêmicos do Neógeno da Amazônia Ocidental, uma bioestratigrafia regional foi proposta por Wesselingh *et al.* (2006a), utilizando como base a proposta de Hoorn (1993, 1994a) através da análise palinológica. No presente estudo, pretende-se utilizar este biozoneamento como base e correlacionar a área de estudo com as biozonas estabelecidas por estes autores. O estudo terá como foco os gêneros *Tryonia* Stimpson 1865 e *Dyris* Conrad 1871, ambos pertencentes à família Cochliopidae. Segundo Wesselingh & Ramos (2010), esta família foi a que teve maior radiação dentro do sistema Pebas, e têm sido de fundamental importância para a definição das biozonas devido sua rápida evolução e irradiação durante o Neógeno da Amazônia, propiciando a presença de espécies guias (Wesselingh *et al.*, 2002; Wesselingh & Ramos, 2010). Desta forma, este estudo visa, através dos gêneros apontados, auxiliar na interpretação da evolução paleoambiental da área de estudo, verificar o intervalo de tempo estudado e sua correlação com as outras áreas já estudadas no Peru, Colômbia e Brasil.

2. OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

Estudo taxonômico dos gêneros *Dyris* Conrad, 1871 e *Tryonia* Stimpson, 1865 (Molluca: Gastropoda) na Formação Solimões (testemunho 1AS-31-AM), município de Atalaia do Norte, AM, e a relação com a evolução dos paleoambientes dentro do Neógeno da Amazônia Ocidental.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a distribuição estratigráfica dos gêneros e das respectivas espécies em estudo no testemunho 1-AS-31-AM;

-Identificar espécies guia que venham a auxiliar na identificação do intervalo de tempo compreendido pelo testemunho estudado, com base no biozoneamento proposto por Wesselingh *et al.* (2006a);

-Atualizar a distribuição paleobiogeográfica dos gêneros *Dyris* e *Tryonia*;

-Verificar através do registro das espécies guias encontradas na área de estudo, a correlação da mesma com as áreas adjacentes.

-Contribuir com a interpretação da evolução dos paleoambientes através dos gêneros e espécies identificados e das distribuições estratigráficas destes no testemunho.

- Verificar a correlação do testemunho 1AS-31-AM com as biozonas de moluscos previamente estabelecidas por Wesselingh *et al.* (2006a) e Hoorn (1993, 1994b), respectivamente.

- Comparar os resultados da evolução paleoambiental do testemunho estudado com as interpretações previamente identificadas para o Neógeno da Amazônia Ocidental.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia do Solimões é uma bacia Paleozóica com aproximadamente 950.000 km² de extensão, estendendo-se pela Amazônia ocidental brasileira. Seus limites geológicos são: ao norte, o escudo das Guianas; ao sul, o escudo Brasileiro; a oeste, o Arco de Iquitos, que a separa da Bacia do Acre; e, a leste, o Arco de Purus, separando-a da Bacia do Amazonas. Está dividida pelo Arco de Carauari em duas sub-bacias: A sub-bacia do Jandiatuba, na porção oeste, e a sub-bacia de Juruá, na porção leste (Figura 1); com respectivamente 3.100 e 3.800 metros de arcabouço estratigráfico Fanerozóico (Barata & Caputo, 2007). O arcabouço estratigráfico da Bacia do Solimões está dividido em cinco sequencias deposicionais, demarcadas por discordâncias regionais, sendo elas: Formação Benjamin Constant, Formação Jutaí, Grupo Marimari, Grupo Tefé e Grupo Javari (Wanderley Filho *et al.*, 2007).



Figura 1: Localização da Bacia do Solimões e suas sub-bacias. Fonte: Barata & Caputo (2007).

A gênese da Bacia do Solimões ainda é incerta, porém a hipótese mais aceita atualmente refere-se a um rifteamento paralelo à borda oeste do Gondwana, que teria originado a bacia em regime flexural de oeste para leste (Caputo & Silva, 1990). A sobrecarga causada pelo soerguimento da cordilheira dos Andes no Paleógeno, teria provocado essa flexura, deslocando o centro deposicional para a região sub-andina e

formando uma paisagem de lagos de água doce de baixa profundidade, alimentados por um sistema fluvial de baixa energia (Wanderley Filho *et al.*, 2007; Hoorn *et al.*, 2010b; Nogueira *et al.*, 2013).

O transporte de sedimentos provenientes da Cordilheira dos Andes foi responsável pelo assoreamento da Bacia do Solimões durante o Mioceno Médio, o que resultou em um processo de subsidência, formando um ambiente lacustre e pantanoso. (Hoorn, 1994; Hoorn *et al.*, 2010a, 2010b).

3.1.2. Formação Solimões

A Formação Solimões é uma unidade estratigráfica que compreende estratos Neógeno ricamente fossilíferos, e é composta, litologicamente, por uma sequência de argilitos, argilitos silticos e arenosos, siltitos argilosos e arenito de granulometria fina a média (Maia *et al.*, 1977). A unidade em apreço tem como seção-tipo os intervalos de 5 a 765 metros e 5 a 305 metros dos testemunhos da Petrobrás 2-RJ-1-AM e 1-BV-1-AM, situados na Bacia do Solimões (Wanderley-Filho *et al.*, 2010). Caputo *et al.* (1971) propôs o termo Formação Solimões referindo-se aos estratos de argilitos avermelhados a acinzentados, arenitos conchíferos e linhitos encontrados na Bacia do Solimões, anteriormente estudados por Moraes Rego (1930).

A Formação Solimões se estende pelas bacias do Acre, Solimões, e porção oeste da Bacia do Amazonas (Figura 2), recobrando 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; Rossetti *et al.*, 2015; Latrubesse *et al.*, 2007; Nogueira *et al.*, 2013).

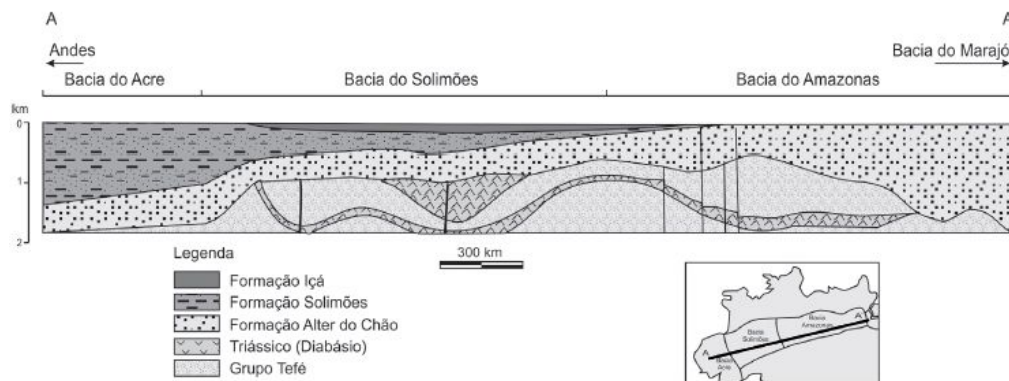


Figura 2: Esquema demonstrando a posição das formações Içá, Solimões e Alter do Chão. Fonte: Souza *et al.* (2013).

O registro fóssil desta formação é rico em invertebrados como **moluscos** (Conrad 1871; Woodward, 1871; Boettger, 1878; Brown, 1879; Etheridge, 1879; Oliveira & Carvalho, 1924; Maury, 1924; Roxo, 1924; Roxo, 1935; Nuttall, 1990; (Wesselingh, 2000; Wesselingh & Macsotay, 2005; Wesselingh *et al.*, 2002, 2006; Wesselingh, 2006a), **ostracodes** (Purper, 1979; Purper & Pinto, 1983; Muñoz-Torres *et al.*, 1998; Ramos, 2006; Wesselingh & Ramos, 2010; Linhares *et al.*, 2011; Gross *et al.*, 2011, 2014, 2015), **palinórfos** (Hoorn, 1993; 1994; Leite, 2006; Silva-Caminha *et al.*, 2009; Latrubesse *et al.*, 2010; Jaramillo *et al.*, 2010; Silveira & Souza, 2015), **peixes** (Monsch, 1998; Lundberg & Aguilera 2003; Lundberg *et al.*, 2010) além de outros **vertebrados** (Negri *et al.*, 2010).

3.2. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS LITOLÓGICOS

A área de estudo compreende a porção noroeste do estado do Amazonas, onde consta a perfuração 1AS-31-AM (05°18'S-71°02'W), objeto do presente estudo. Esta perfuração fica nas proximidades do rio Ituí e dos municípios de Atalaia do Norte e Benjamin Constant (Figura 3). O testemunho estudado apresenta uma litologia predominantemente pelítica, composta por alternância de argilitos e siltitos geralmente cinza esverdeados, a qual está associada à linhitos e calcários em menor quantidade (Figura 4). As sequências silito-argilito, marcam ciclos de sedimentação limitada no topo pelas camadas de linhitos. Secundariamente ocorrem camadas pouco espessas de arenito fino (Maia *et al.*, 1977).

Caminha, 2008; Silva-Caminha *et al.*, 2009), 1AS-27-AM (Silva-Caminha, 2008; Silva-Caminha *et al.*, 2009) e 1AS-34-AM (Guimarães, 2011) – e apresentam litologia semelhante, sendo basicamente compostos por argilitos e arenitos com intercalações de cascalho e linhito, característicos da Formação Solimões, conforme descrito por Maia *et al.* (1977).

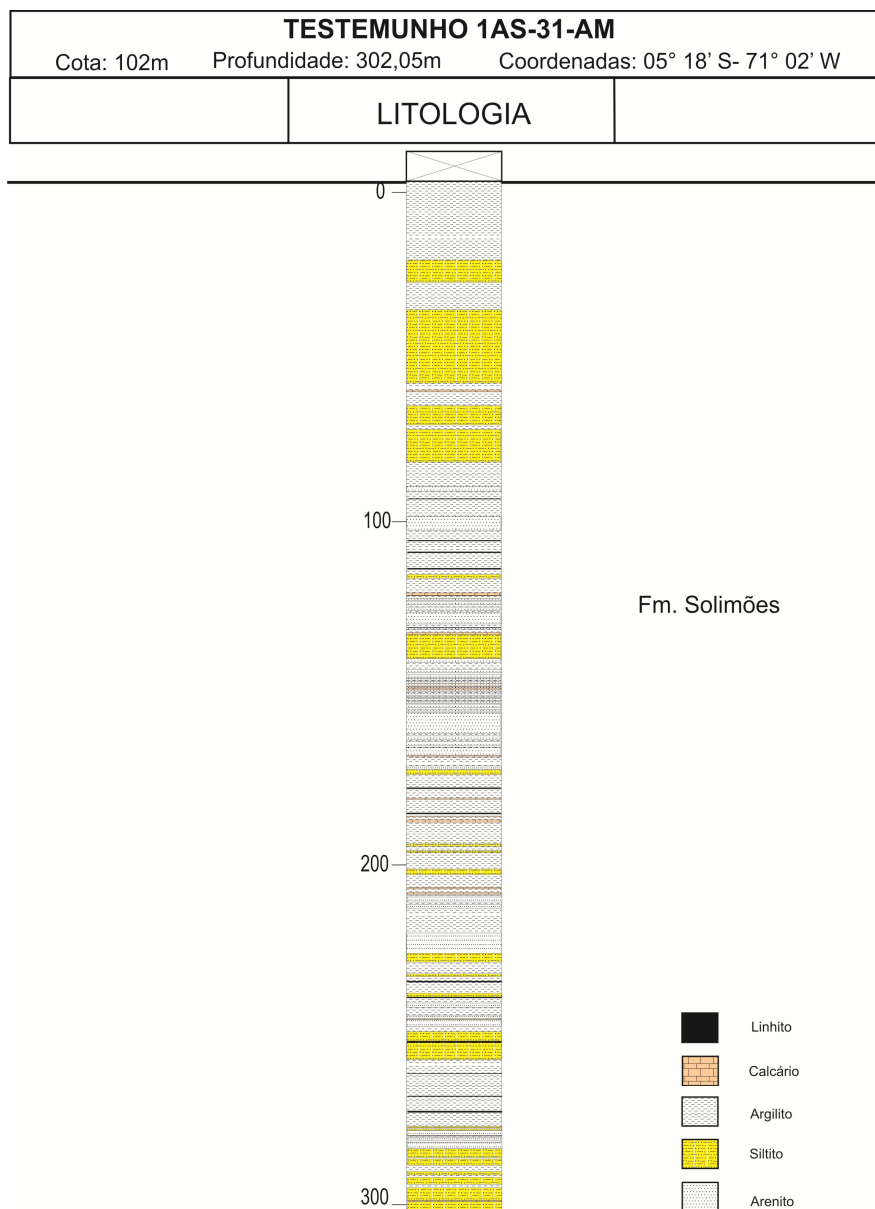


Figura 4: Perfil do testemunho 1AS-31-AM. Fonte: Adaptado de Maia *et al.* (1977).

4. HISTÓRICO PALEONTOLÓGICO DOS MOLUSCOS DO NEÓGENO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Os estudos sobre moluscos fósseis da Amazônia Ocidental teve início com Gabb (1868), que descreveu alguns exemplares de gastrópodes e bivalves oriundos do Rio Abiyacu, no Equador, sugerindo com base na análise dos espécimes, a presença de água salgada ou salobra. Conrad (1871) estudou espécimes também procedentes do Rio Abiyacu, próximo à sua foz, e concluiu que a idade das amostras não seria mais antiga que Cenozóico. No mesmo trabalho, Conrad descreveu quatro novos gêneros de gastrópodes, sendo eles: *Isaea*, *Liris*, *Ebora* e *Dyris*. O trabalho de Conrad (1871) foi analisado por Woodward (1871), que questionou alguns de seus resultados, como a existência do novo gênero *Isea*, que segundo este autor, não foi encontrado nas amostras. Woodward (1871) também afirma que a espécie *Neritina ortonii*, descrita por Conrad, seria sinônimo da espécie descrita anteriormente por Gabb (1868), *Neritina pupa*.

Boettger (1878) criticou severamente os trabalhos anteriores acerca da fauna fossilífera de Pebas, principalmente os desenhos e descrições de Conrad (1871), descrevendo três novas espécies de gastrópodes (*Hydrobia confusa*, *Hydrobia tricarinata* e *Pseudolacuna macroptera*) e uma de bivalve (*Dreissenha fragilis*).

Nuttall (1990) descreveu e revisou táxons de moluscos da Formação Pebas (Colômbia, Equador, Peru e Brasil), indicando a distribuição geográfica e estratigráfica, bem como as características morfológicas diagnósticas dos mesmos, 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, com uma provável ligação com o Mar do Caribe.

Wesselingh *et al.* (2002) fizeram uma interpretação paleoambiental do Mioceno da Amazônia Ocidental com base no estudo taxonômico de moluscos fósseis endêmicos da região e utilizando análises de isótopos. A área de estudo foi interpretada como um sistema de lagos de longa duração, havendo também pântanos e deltas, com eventuais incursões marinhas vindas do norte.

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

Em 2006, Wesselingh publicou diversos trabalhos acerca do Mioceno da Amazônia Ocidental: Wesselingh (2006a) revisou e complementou o trabalho de Nuttall (1990), documentando e descrevendo mais de cinquenta espécies de gastrópodes e bivalves do sistema Pebas. Wesselingh *et al.* (2006a) estabeleceram 12 biozonas de moluscos provenientes de 74 localidades no nordeste do Peru e sudeste da Colômbia e as correlacionou com biozonas de palinórfos, previamente demarcadas por Hoorn (1993, 1994 a, 1994b) e biozonas de ostracodes, previamente demarcadas por Muñoz-Torres *et al.* (2006). 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. Wesselingh (2006b) fez um levantamento a respeito da grande diversidade da família Pachydontinae (Bivalvia) na Formação Pebas e inferiu, baseado no modo de vida, a presença ininterrupta de um ambiente lacustre de baixa profundidade e frequente disoxia. Wesselingh *et al.* (2006b) estudaram treze táxons de gastrópodes e bivalves provenientes da porção brasileira da Formação Solimões, inferindo um ambiente de planície de inundação para o Mioceno Superior. Wesselingh & Salo (2006) falaram sobre a importância do Sistema Pebas na evolução da biota amazônica, que segundo estes autores, teria sido uma barreira geográfica separando a biota terrestre das porções oriental e ocidental da Amazônia, onde os *wetlands* teriam sido a porta de entrada de espécies marinhas na Amazônia Ocidental e possibilitado a adaptação e a radiação da vasta fauna endêmica de moluscos e ostracodes. Wesselingh *et al.* (2006c) estudou os processos deposicionais e a evolução paleoambiental do Neógeno da Amazônia Ocidental a partir de três testemunhos na Bacia Marañon (Peru) incluindo as formações Pebas, Marañon e Chambira, inferindo idade de Oligoceno para a Formação Chambira e início do Mioceno Superior para a Formação Pebas. Wesselingh *et al.* (2006d) estudaram o Mioceno da Seção Santa Rosa de Pichana (Peru), e através da análise de fácies sedimentares, tafonomia e análises

isotópicas de moluscos fósseis identificaram três sequencias deposicionais sendo: transgressão, inundação e regressão, e progradação.

Wesselingh & Macsotay (2006) estudaram a paleobiogeografia do bivalve *Pachydon hettneri* e encontraram evidências de uma possível conexão entre o ambiente amazônico e o Mar do Caribe durante o Mioceno Médio.

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”.

Mais recentemente, Guimarães (2011) fez um estudo sistemático de gastrópodes da Formação Solimões, do testemunho 1AS-34-AM, com foco maior no gênero *Tryonia*. A autora inferiu o intervalo final do Mioceno Médio - início do Mioceno Superior para o intervalo estudado, com base na distribuição de *Tryonia scalarioides*. A autora interpretou, ainda, um paleoambiente de baixa salinidade, rico em vegetação e de baixa energia, permitindo correlacionar a área de estudo com a biozona MZ8, previamente estabelecida para outras regiões do Peru, Colômbia e Brasil conforme Wesselingh *et al.* (2006a).

4.1. IDADE E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL DA FORMAÇÃO SOLIMÕES

Diversos estudos têm sido desenvolvidos no intuito de datar os estratos da Formação Solimões. Tais estudos começaram por Conrad (1871), que inferiu aos gastrópodes oriundos do Rio Abiyacu uma idade Cenozóica. Maury (1924) descreveu a fauna do Cenozóico amazônico, revisando táxons descritos em trabalhos anteriores

(Gabb, 1868; Conrad, 1870; Woodward, 1871; Boettger, 1878; Brown, 1879; Etheridge, 1879).

Entretanto, com os trabalhos de Hoorn (1993; 1994a; 1994b), a idade dos estratos do Neógeno da área estudada ficou mais bem estabelecida através dos estudos de polens em testemunho de sondagem (1AS-4a-AM), localizado à margem sul do Rio Javari, a oeste da localidade Benjamin Constant, no estado do Amazonas, Brasil (Maia *et al.*, 1977; Hoorn, 1993). Hoorn (1993) estabeleceu a idade deste testemunho como Mioceno, e com base em estudo palinológico e litoestratigráfico identificou diversos intervalos alternados entre planície costeira e planície aluvial do Mioceno Inferior até o final do Mioceno Médio.

Posteriormente, Wesselingh *et al.* (2006a), tendo por base o biozoneamento de Hoorn (1993), definiram doze biozonas com base em espécies guias de moluscos do Mioceno, como *Dyris denticulatus*, *Aylacostoma lataguensis* e *Tryonia semituberculata*; e em outro trabalho publicado no mesmo ano (Wesselingh, 2006a) o autor faz uma revisão de mais de cinquenta espécies de gastrópodes dos gêneros *Dyris*, *Tryonia*, *Toxosoma*, *Littoridinops* e *Onobops*, enfatizando a importância das mesmas como marcadoras estratigráficas do Mioceno Inferior, Médio e Superior na Amazônia Ocidental.

Posteriormente, Munoz-Torres *et al.* (2006) definiram 5 biozonas de ostracodes a partir de amostras coletadas em 26 afloramentos na Amazônia Ocidental. Tais biozonas foram estabelecidas como abrangendo o Mioceno Médio ao Superior e relacionadas às biozonas C e G de Hoorn (1993) e MZ6 a MZ12 de Wesselingh *et al.* (2006a) (Figura 5).

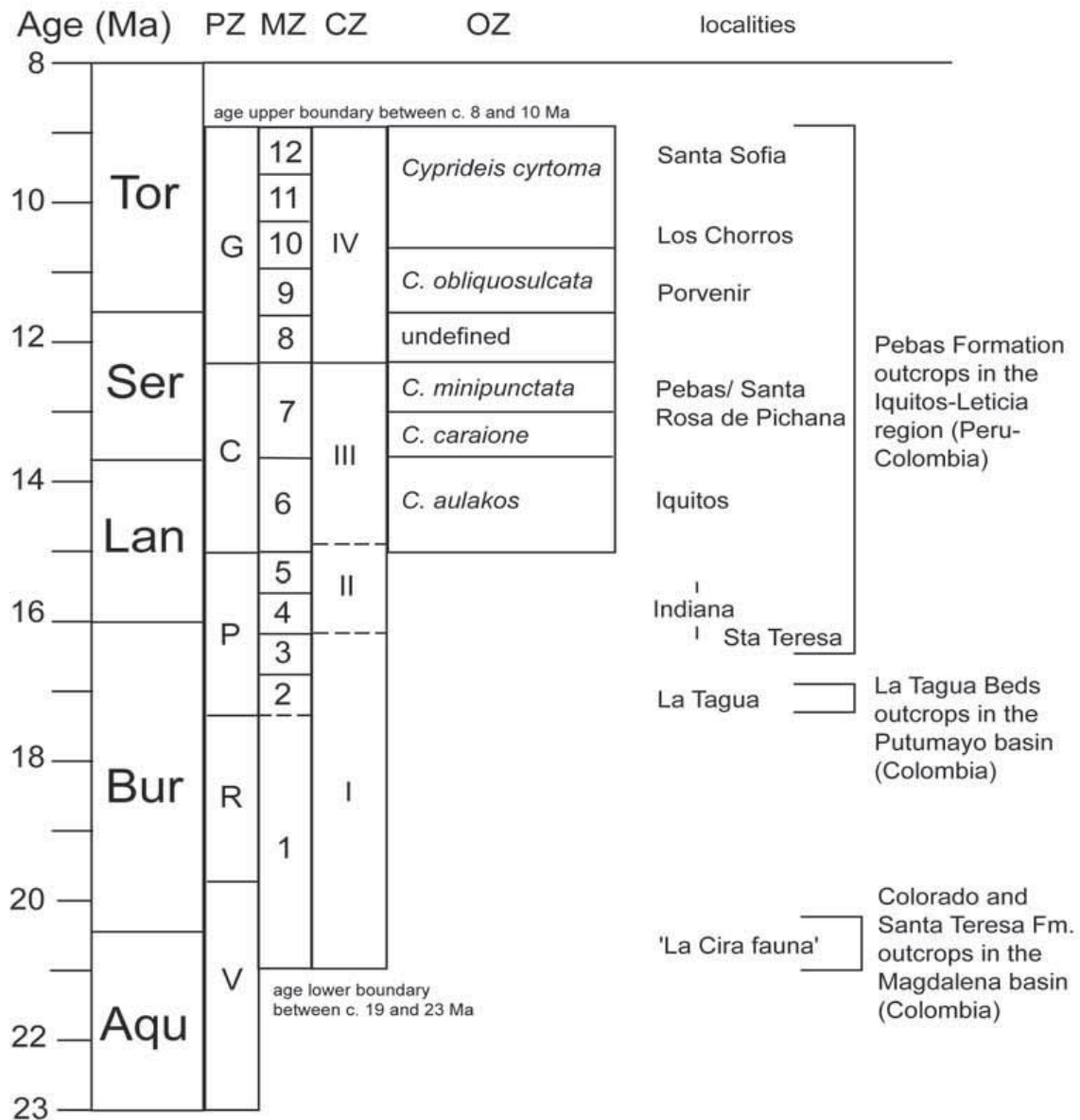


Figura 5: Biozonas de palinomorfos, moluscos e ostracodes. PZ= zona de polens; MZ e CZ= zonas de moluscos; OZ= zona de ostracodes. Fonte: Wesselingh *et. al.* (2006a).

Silva (2008) estudou os testemunhos 1AS-19-AM e 1AS-27-AM, localizados respectivamente próximo ao Rio Jandiatuba, Município de São Paulo de Olivença; e à margem do Rio Jutai, próximo à localidade de Tamanduá, ambos no Estado do Amazonas, Brasil (Maia *et al.*, 1997; Silva, 2008; Silva-Caminha *et al.*, 2009). Com base em estudos palinológicos nos dois testemunhos, Silva-Caminha *et al.* (2009) rejeitaram a hipótese da influência de condições marinhas durante o Neógeno da

Amazônia Ocidental. Segundo Latrubesse *et al.* (2010), os testemunhos 1AS-19-AM e 1AS-27-AM apresentam idade Mioceno Superior.

Guimarães (2011) estudou os gastrópodes provenientes do testemunho 1AS-34-AM, localizado às margens do Rio Jutai, Estado do Amazonas (Maia *et al.*, 1977). Guimarães (2011), através de estudo bioestratigráfico datou o testemunho como final do Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior; e interpretou seu paleoambiente como sendo de baixa salinidade, rico em vegetação e de baixa energia.

Linhares *et al.* (2011) estudaram o testemunho 1AS-31-AM, no Estado do Amazonas. Com base em microfósseis e moluscos, Linhares *et al.* (2011) inferiram três diferentes fases de sedimentação: ambiente lacustre (Fase I), transicional à marinha (Fase II) e fluvio-lacustre (Fase III). Ainda, os autores inferem que as incursões marinhas na Amazônia Ocidental (Fase II) teriam ocorrido durante o início do Mioceno Médio.

O testemunho 1AS-10-AM, localizado próximo à margem do Rio Ituí, a sudoeste de Benjamin Constant, Estado do Amazonas, Brazil foi estudado por Gross *et al.* (2014, 2015). Sua litologia é representada por alternância de argilito e siltito, com eventuais intercalações de linhito e calcário (Maia *et al.*, 1997; Gross *et al.*, 2014). Os autores, com base em estudo bioestratigráfico dos ostracodes, inferiram para este testemunho idade de final do Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior.

Estudos realizados em afloramentos da Formação Solimões, em porção mais a sudoeste, provêm dados adicionais a respeito dos sistemas deposicionais do Neógeno da Amazônia Ocidental. Gross *et al.* (2013) estudaram seis afloramentos localizados ao longo dos rios Juruá e Tarauacá, próximos ao município de Eirunepé, Estado do Amazonas, compostos predominantemente por argila e areia. Segundo os autores Gross *et al.* (2013), com base em interpretação de fácies e fauna fossilífera (principalmente ostracodes e gastrópodes), a deposição destes sedimentos teria ocorrido no Mioceno Superior em um ambiente de planície de inundação.

4.2 . CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA INFLUÊNCIA MARINHA

As interpretações paleoambientais do Mioceno da Amazônia Ocidental têm gerado grande discussão entre pesquisadores, principalmente no que se refere à influência marinha na região. Ainda que estudos estratigráficos indiquem a presença de condições marinhas (Hoorn, 1993; 1994a; Räsänen *et al.*, 1995), análises de isótopos, estudos taxonômicos e sedimentológicos apontam para ambientes transicionais (Wesselingh *et al.*, 2006a; Wesselingh *et al.*, 2006b; Vonhof *et al.*, 2003) ou exclusivamente de água doce (Latrubesse *et al.*, 2007; Gross *et al.*, 2011).

Räsänen *et al.* (1995), em estudo estratigráfico de afloramentos localizados no Estado do Acre, inferiram a presença de um corredor marinho que teria se estendido até a região central da América do Sul no sentido leste-oeste entre o Mioceno Médio e Superior, durante um período de elevação do nível do mar, há cerca de 10 milhões de anos.

Vonhof *et al.* (2003), a partir de análises de isótopos feitas em bivalves coletados em oito afloramentos no Peru e na Colômbia, e no testemunho 1AS-4a-AM no Brasil, concluíram que o Mioceno da região foi dominado por ambientes de água doce (pantanosos e lacustres de baixa profundidade) durante o Mioceno Inferior ao Superior, havendo um único intervalo com presença de condições mesohalinas, no testemunho 1AS-4a-AM.

Wesselingh *et al.* (2006a) ao estudarem a malacofauna fóssilífera em 12 biozonas localizadas no Peru e na Colômbia, encontraram poucas evidências de influência marinha. Associações de espécies costeiras, junto com resultados de análises de isótopos estáveis, indicaram condições oligohalinas em apenas duas biozonas (MZ9 e MZ10), datadas do início do Mioceno Superior.

Wesselingh *et al.* (2006b) analisaram espécimes de treze táxons de moluscos provenientes de seis afloramentos localizados nos estados do Acre e Amazonas. Seus estudos taxonômicos e tafonômicos concluíram que a fauna estudada seria oriunda de um ambiente de água doce, e teria sido fossilizada em planície de inundação.

Segundo Wesselingh (2008), o auge da biodiversidade de moluscos na Amazônia Ocidental se deu entre 17-14 milhões de anos (final do Mioceno Inferior,

início do Mioceno Médio), quando ocorreram intensa diversificação e radiação de gêneros como *Dyris*, *Tryonia* e *Pachydon*. Posteriormente, por volta de 12-11 milhões de anos, quando o sistema Pebas foi substituído por um sistema fluvial semelhante ao atual, um grande número de espécies destes gêneros se extinguiu. Hoorn *et al.* (2010a) propõe um modelo de evolução paleoambiental baseado em estudos palinológicos e estratigráficos, iniciando-se com uma fase flúvio-lacustre, (~24 – 16 Ma) do Oligoceno Superior ao Mioceno Inferior; passando por uma fase de “mega-wetlands” (~16 – 11.3 Ma/Fase Pebas) no Mioceno médio; culminando em uma fase caracterizada por um complexo fluvial, deltaico e estuarino (<11.3 – 7 Ma/Fase Acre) no Mioceno Superior. Esta interpretação é semelhante a que foi verificada por Linhares *et al.* (2011) no testemunho em estudo (1AS-31-AM).

Latrubesse *et al.* (2007) criticaram o trabalho de Räsänen *et al.* (1995) e afirmaram que as supostas incursões seriam insustentáveis com base em evidências geológicas e paleontológicas. Em vez disso, tais evidências apontariam para um ambiente de lagos raso e florestas de dossel ao longo de canais.

Linhares *et al.* (2011), através de estudo principalmente micropaleontológico em amostras do testemunho de sondagem 1AS-31-AM, localizado no estado do Amazonas, identificaram, semelhante aos estudos de Hoorn *et al.* (2010), 3 fases sedimentares distribuídas ao longo do testemunho, sendo a primeira um ambiente lacustre, transitando para uma breve influência marinha, durante o início Mioceno Médio, e restabelecendo um ambiente fluvial na terceira fase. A presença de organismos tipicamente marinhos no testemunho estudado, tais como foraminíferos planctônicos, briozoários e gastrópodes como *Melongena woodwardii* permitiu reforçar a hipótese da influência marinha na área de estudo. Segundo Linhares *et al.* (2011), a atividade tectônica e alterações no nível do mar teriam sido as prováveis causas para essas mudanças.

Boonstra *et al.* (2015), na intenção de revisar e conferir a presença de microfósseis de ambientes marinhos e transicionais na Amazônia colombiana e peruana, inferiram através da presença de foraminíferos, palinomorfos e dinoflagelados, a existência de um arranjo de ambientes parálicos com mistura de biota marinha a salobra

que colonizou a Amazônia e atingiu até, pelo menos, 200km de extensão, e que teria adentrado o continente pelo Mar do Caribe.

No mesmo ano, Gross *et al.* (2015), ao analisarem amostras do testemunho 1AS-10-AM, localizado no estado do Amazonas, Brasil, identificaram uma nova espécie de ostracode (*Pellucistoma curupira*) cujo gênero é frequentemente encontrado em ambientes marinhos rasos do Oligoceno ao Recente da América do Norte, Central e do Sul. Com base nisso, os autores supõem que o gênero *Pellucistoma* adentrou a Bacia de Laños (ao norte do Sistema Pebas) durante o Mioceno Inferior e chegou ao Sistema Pebas através de possíveis conexões entre corpos d'água, adaptando-se às condições flúvio-lacustres.

Antonie *et al.* (2016) estudando um larga sequência do Paleógeno ao Neógeno no Peru também verificaram um restrito intervalo de influência marinha na transição do Mioceno médio para o Mioceno Superior, dentro da Formação Pebas, correlata da Formação Solimões, e o correlaciona com os registros do intervalo de influência marinha do testemunho 1AS-31-AM estudado por Linhares *et al.* (2011). Os autores registram ainda que em trabalhos mais recentes (Hoorn *et al.*, 2010b; Roddaz *et al.*, 2010; Boonstra *et al.*, 2015; Salas-Gismondi *et al.*, 2015) ilustrando o Sistema de “Mega-wetlands” de Pebas (PMWS), as incursões marinhas e os pulsos tectônicos são considerados os maiores marcadores para a correlação intrabasinal entre o Peru, Brasil, Colômbia, Ecuador e Bolívia.

4.3. PALEOBIOGEOGRAFIA E PALEOECOLOGIA DOS GÊNEROS EM ESTUDO.

O gênero *Dyris*

O primeiro registro do gênero *Dyris* foi publicado por Conrad (1871), que elegeu *Dyris gracilis* como espécie-tipo para este gênero. Neste trabalho foram descritos quatro novos gêneros de gastrópodes, incluindo *Dyris*, entre exemplares oriundos de diferentes localidades da Amazônia Ocidental. Porém o autor não informou a exata localização em que os exemplares de *Dyris* foram coletados, deixando claro apenas que parte dos exemplares descritos naquele trabalho era oriunda de Pebas, próximo ao rio Ambiyacu,

e parte era oriunda de Pichua, ao sul do Rio Marañon, ambas no Perú. Segundo Nuttall (1990) a distribuição do registro fóssil de *Dyris* abrange todo o noroeste da América do Sul, sendo desconhecido qualquer exemplar vivente do gênero. Porém, Haas (1949) descreveu exemplares de *Potamopyrgus (Potamopyrgus) amazonicus* para o Holoceno, oriundos do Rio Tapajós, no município de Belterra, Pará, os quais foram revisados e transferidos para *Dyris amazonicus* por Wesselingh (2000), que também comentou a respeito da existência de exemplares viventes desta espécie confinados ao sistema Tapajós, e acrescentou que esta restrita ocorrência não é estranha se comparada com a distribuição e endemismo das outras espécies de *Dyris* no Mioceno.

O gênero *Dyris* é considerado endêmico do Neógeno da Amazônia Ocidental (Wesselingh, 2006a), havendo um único representante vivente (*Dyris amazonicus*), raramente encontrado, conhecido do rio Tapajós, estado do Pará (Wesselingh 2000). Ainda que a grande quantidade de espécies guias conhecidas tornem este gênero um importante marcador bioestratigráfico, a ausência de espécies recentes dificulta sua utilização para interpretação de paleoambientes. Contudo, o registro fóssil de *Dyris* é frequentemente encontrado em paleoambientes interpretados como exclusivamente de água doce ou com curtos intervalos de influência marinha (Conrad, 1871; Wesselingh *et al.*, 2002; Wesselingh, 2008; Linhares *et al.*, 2011).

O gênero *Tryonia*

O gênero *Tryonia* foi descrito primeiramente por Stimpson (1865), a partir de exemplares provenientes do sul da Califórnia, Estados Unidos. O autor não informou a profundidade ou o tipo de ambiente em que estes exemplares foram coletados. Conrad (1871) descreveu o gênero *Liris*, proveniente da Amazônia Ocidental, que mais tarde foi revisado por Nuttall (1990), que definiu sua distribuição como sendo do Cenozóico da Amazônia Ocidental. Nuttall (1990) também ressaltou a semelhança morfológica de *Liris* com o gênero *Tryonia* descrito anteriormente por Stimpson (1865). Na revisão mais recente feita para os gêneros de gastrópodes das Formações Solimões e Pebas, Wesselingh (2006a) incluiu as espécies de *Liris* dentro do gênero *Tryonia*, atribuindo ao mesmo uma ampla distribuição paleobiogeográfica: do Mioceno ao Plioceno no

noroeste da América do Sul; do Plioceno ao Recente na América Central; e do Mioceno ao Recente no sudoeste dos Estados Unidos.

Dentre os representantes da família Cochliopinae, o gênero *Tryonia* é um dos mais diversificados, com 23 espécies recentes encontradas no sul da América do Norte (Hershler, 2001). Wesselingh (2006a) incluiu no gênero *Tryonia* as espécies do gênero *Liris* (Conrad, 1871), do Cenozóico da Amazônia Ocidental. As espécies recentes deste gênero são encontradas em diversos ambientes, desde fontes termais, lagos, ambientes de água salobra como águas costeiras e até em ambientes com salinidade muitas vezes superior à do mar, como o Vale da Morte, nos Estados Unidos (Hershler *et.al*, 1999).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. MATERIAL

O material de estudo corresponde à 93 amostras procedentes do testemunho 1AS-31-AM (05°18'S - 71°02'W) , localizado à margem do rio Ituí, na localidade de Cururu, próximo ao município de Atalaia do Norte, estado do Amazonas. Foram feitas quatro coletas previamente a este estudo nos anos 2006, 2009, 2010 e 2011, na litoteca do 8º Distrito DNPM em Manaus, onde os testemunhos do Projeto Carvão no Alto Solimões (Maia *et al.*, 1977) encontravam-se depositados. 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 sob os números MPEG-2622-I a MPEG-2645-I.

5.2. MÉTODOS

Após as coletas, as amostras foram processadas em peneiras de malhas 0.32, 0.60 e 0.80 mesh. Depois de secas, as amostras foram triadas com microscópio estereoscópico modelo SV6, marca Zeiss, além do auxílio de placas de triagem e pincéis. Os gastrópodes e bivalves foram triados, e acondicionados em lâminas especiais e vidrarias específicas, marcados de acordo com a profundidade em que foram coletados.

No presente trabalho, as seguintes metodologias foram adotadas: foram triadas 93 amostras do testemunho 1AS-31-AM, sendo 85 delas estéreis para gastrópodes. Nas 8 amostras contendo exemplares de gastrópodes foram encontrados 1.068 espécimes, sendo as amostras correspondentes às profundidades: 170,80m; 174,30m; 174,40m; 174,55m; 174,66m; 174,70m; 175,00m e 227,40m da peneira de malha 0.32 mesh. Os espécimes foram coletados com auxílio de microscópio estereoscópico e foram separados os exemplares dos gêneros *Dyris* e *Tryonia* para posterior identificação.

Posteriormente, os espécimes em melhor estado de preservação foram selecionados para serem fotografados em microscópio eletrônico de varredura (MEV) (marca Zeiss, modelo LEO 1450VP) e fixados em stubs, com auxílio de fita autocolante e fita condutora em cobre e níquel (marca Electron Microscopy Sciences).

Após serem fotografados, os exemplares foram medidos com o retículo micrométrico acoplado ao microscópio estereoscópio, modelo SV11, da Zeiss. As medidas das conchas foram feitas segundo o padrão utilizado por Salvador & Simone (2013) (Figura 6). Estas atividades foram desenvolvidas nos respectivos laboratórios da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia do MPEG. As fotografias em microscópio eletrônico de Varredura foram também realizadas, em parte, no laboratório da CPRM, Belém, no Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e no Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA).

A identificação taxonômica das espécies foi realizada com o auxílio da literatura especializada tendo por base, principalmente, os trabalhos de Nuttall (1990) e Wesselingh (2006a).

Os exemplares foram contabilizados e inseridos em um banco de dados em planilha Excel para análise quantitativa e qualitativa e apresentados em um gráfico de setores.

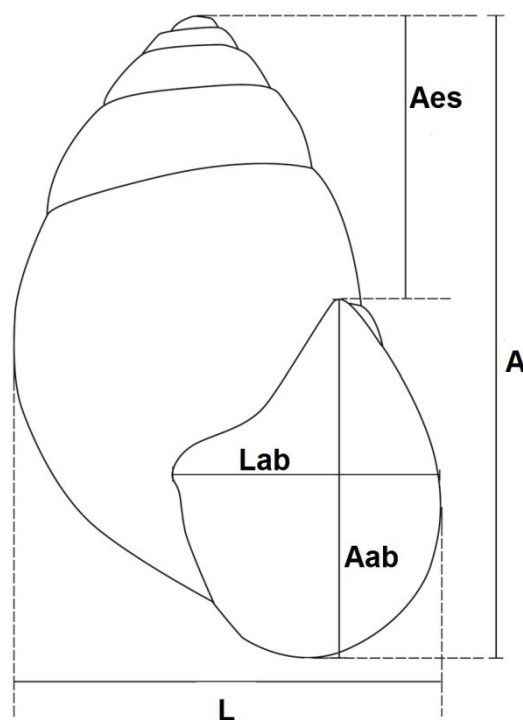


Figura 6: Medidas utilizadas na descrição de conchas de gastrópodes: Altura (A), largura (L), altura da abertura (Aab), largura da abertura (Lab) e altura da espira (Aes). Fonte: Adaptado de Salvador & Simone (2013).

6. RESULTADOS

A identificação taxonômica permitiu observar a presença de 11 gêneros de gastrópodes no testemunho (*Dyris*, *Tryonia*, *Onobops*, *Toxosoma*, *Aylacostoma*, *Pyrgophorus*, *Littoridina*, *Littoridinops*, *Sheppardioconcha*, *Hemisinus* e *Cochliopina*). Para os gêneros *Dyris* e *Tryonia*, foco do presente estudo, foram identificadas 11 e 2 espécies, respectivamente.

6.1. SISTEMÁTICA

Filo MOLLUSCA Linnaeus, 1758

Classe GASTROPODA Curvier, 1797

Subclasse ORTHOGASTROPODA Ponder & Lindberg, 1996

Infraclasse APOGASTROPODA Salvini-Plawen & Haszprumar, 1987

Superordem CAENOGASTROPODA Cox, 1959

Ordem SOBREOCONCHA Ponder & Lindberg, 1997

Subordem HYPGASTROPODA Ponder & Lindberg, 1997

Infraordem LITTORINIMORPHA Golikov & Starobogatov, 1975

Superfamília RISSOOIDEA Gray, 1874

Família COCHLIOPIDAE Tryon, 1866

Gênero *Dyris* Conrad, 1871

Espécie-tipo: *Dyris gracilis* Conrad, 1871.

Diagnose:

Conchas turriteliformes a hidrobiformes, normalmente com ornamentação em espiral bem desenvolvida; duas ou três costelas espirais começando logo após o limite protoconcha-teleoconcha; núcleo inclinado com ornamentação das margens pouco evidente; protoconcha bulbosa, lisa, frequentemente bem separada da teleoconcha por uma linha axial ou costeleta; duas ou raramente três costelas espirais que se

desenvolvem simultaneamente levemente depois do limite protoconcha-teleoconcha; rampa subestrutural bem definida na primeira volta da teleoconcha demarcando o limite entre a protoconcha e a teleoconcha; a ornamentação da última volta da teleoconcha pode conter bandas espirais mais ou menos evidentes, e em algumas espécies há o desenvolvimento de elementos axiais mais profundos; linhas de crescimento prosóclinas; na maioria das espécies a columela tem a forma de “saca-rolhas”; concha geralmente imperfurada, mas ocasionalmente com um umbílicus bem desenvolvido (Wesselingh, 2006a).

Discussão:

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 trata-se de fósseis e, portanto, as partes moles não são encontradas. Em alguns exemplares, a rampa subestrutural apresenta-se não tão bem definida, enquanto outros apresentam mais de três costelas espirais compondo sua ornamentação. Exceto por estes dois pontos divergentes, os espécimes de *Dyris* descritos aqui estão em concordância com a diagnose feita por Wesselingh (2006a) para o gênero.

6.1.2. Espécies

A análise morfológica das conchas dos exemplares estudados permitiu identificar 10 espécies e uma subespécie pertencentes ao gênero *Dyris*, sendo elas: *D. megacarinatus*, *D. microbispiralis*, *D. enlongatus*, *D. renemai*, *D. gracilis*, *D. romeroi*, *D. hoornae*, *D. ariei*, *D. microturritela*, *D. matti*. e a subespécie *D. bicarinatus*.

Dyris megacarinatus Wesselingh, 2006a

Estampa 01, Figuras 1– 6.

Dyris megacarinatus: Wesselingh, 2006a: 101 (figs. 115-116).

Material: 26 Exemplares.

Material figurado: 2 Exemplares: MPEG-2622-I e MPEG-2623-I.

Dimensões: MPEG-2622-I: A: 3,6 mm; L: 2 mm; Aab: 0,9 mm; Lab: 0,8 mm; Aes: 2,4 mm. MPEG-2623-I: A: 1,9 mm; L: 1 mm; Aab: 0,5 mm; Lab: 0,4 mm; Aes: 1,4 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (05°18'S - 71°02'W; profundidades de 170,80 m; 174,40 m; 174,44 m; 174,70 m e 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil.

Distribuição estratigráfica: Final do Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior (Biozonas MZ11 – MZ12, segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia colombiana (Wesselingh, 2006a) e estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

Os exemplares identificados no presente trabalho assemelham-se à espécie-tipo descrita por Wesselingh (2006a), porém o exemplar MPEG-2622-I apresenta um detalhe particular (Plate 1; figuras 1 – 4), que não foi observado nos demais indivíduos da mesma espécie identificados neste trabalho, nem descrito por Wesselingh (2006a). Tal detalhe trata-se de uma costela em espiral presente na metade inferior de cada volta, apresentando um espaçamento homogêneo com a costela central começando na primeira volta da teleoconcha e tornando-se gradualmente mais evidente a cada volta. Apesar do detalhe incomum, todas as demais características descritas por Wesselingh (2006a) para *Dyris megacarinatus* estão visivelmente presentes no exemplar em questão, sendo desta forma o exemplar mantido na mesma espécie.

Dyris microbispiralis Wesselingh, 2006a

Estampa 02, Figuras 1– 5.

Dyris gracilis: Nuttall, 1990: 186(fig. 47a, b) (*non* Conrad, 1871).

Dyris microbispiralis: Wesselingh, 2006a: 71 (figs. 67-69).

Material: 3 Exemplares.

Material figurado: 1 Exemplar: MPEG-2624-I.

Dimensões: MPEG-2624-I: A: 2 mm; L: 0,83 mm; Aab: 0,3 mm; Lab: 0,4 mm; Aes: 1,6 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (05°18'S - 71°02'W; profundidades de 170,80 m e 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil .

Distribuição estratigráfica: Mioceno Médio (Biozona MZ7 segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia peruana (Wesselingh, 2006a); estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

Os exemplares da espécie aqui descrita apresentam morfologia perfeitamente concordante com a diagnose feita por Wesselingh (2006a) para a espécie. Esta espécie distingue-se de outros *Dyris* de concha pequena pelas duas costelas robustas e regularmente espaçadas ao longo de toda a teleoconcha.

Dyris elongatus Wesselingh, 2006a

Estampa 03, Figuras 1– 5.

Dyris elongatus: Wesselingh, 2006a: 79 (figs. 78-79).

Material: 2 exemplares.

Material figurado: 1 exemplar: MPEG-2625-I.

Dimensões: MPEG-2625-I: A: 7,7 mm; L: 1,5 mm; Aab: 1,3 mm; Lab: 0,7 mm; Aes: 6 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (05° 18' S - 71° 02' W; profundidades de 170,80 e 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil.

Distribuição estratigráfica: Final do Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior (Biozonas MZ9 – MZ12 segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia peruana e colombiana (Wesselingh, 2006a); estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

Os dois exemplares identificados como *Dyris elongatus* apresentam as mesmas características da espécie tipo descrita por Wesselingh (2006a), principalmente a concha alongada, voltas espessas e abertura sub quadrática. Esta espécie assemelha-se a *Dyris regularis* Wesselingh, 2006a, no comprimento e no formato da concha, porém *Dyris elongatus* apresenta costelas menos evidentes e com espaçamento irregular, enquanto que em *Dyris regularis* as costelas são mais espessas e evidentes, além de apresentarem um espaçamento uniforme entre as mesmas.

Dyris renemai Wesselingh, 2006a

Estampa 04, Figuras 1– 5.

Dyris renemai : Wesselingh, 2006a: 73 (figs. 70-72).

Material: 20 exemplares.

Material figurado: 1 exemplar: MPEG-2626-I.

Dimensões: MPEG-2626-I: A: 5,1 mm; L: 1,4 mm; Aab: 0,8 mm; Lab: 0,7 mm; 4,3 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (05°18'S - 71°02'W; profundidade de 170,80 m; 174,55 m; 174,66 m e 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil .

Distribuição estratigráfica: Final do Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior (Biozonas MZ8 – MZ12 segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia colombiana e peruana (Wesselingh, 2006a); estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

Os exemplares de *Dyris renemai* observados apresentam grande parte das características descritas por Wesselingh (2006a), tais como a presença de duas costelas em espiral nas primeiras voltas da teleoconcha, e cerca de cinco costelas nas voltas seguintes e voltas bastante arredondadas demarcadas por uma sutura profunda. Porém o espécime MPEG-2626-I (Plate 04; figuras 1 – 5) possui a protoconcha bulbosa e pouca diferença de largura entre as voltas seguintes. Além disso, este exemplar apresenta os limites das voltas pouco demarcados, com exceção do limite entre a penúltima e a última volta.

Dyris gracilis Conrad, 1874

Estampa 05, Figuras 1– 4.

Dyris gracilis: Conrad, 1874: 195 (pl. 10, fig. 8, pl. 11, fig. 7).

Dyris gracilis: Nuttall, 1990: 186 (figs. 41-42) (*non* figs. 43-48, 545-555).

Material: 21 exemplares.

Material figurado: 1 exemplar: MPEG-2627-I

Dimensões: MPEG-2627-I: A: 3,2 mm; L: 1,1 mm; Aab: 1 mm; Lab: 0,5 mm; Aes: 2,2 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (05°18'S - 71°02'W; profundidades de 170,80 a 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil.

Distribuição estratigráfica: Mioceno Médio (Biozonas MZ6 – MZ7, segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia peruana (Wesselingh, 2006a) e estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

Os exemplares de *Dyrus gracilis* identificados no presente trabalho encontram-se mal preservados. Das conchas encontradas, nenhuma se apresenta na íntegra, porém as características diagnósticas da espécie, como formato da abertura, linhas de crescimento e o padrão de costelas estão preservados o suficiente para permitir a identificação taxonômica. A concha apresenta um perfil alongado fino; com núcleo levemente inclinado e demarcado por uma fina linha em espiral; quatro costelas espirais igualmente espaçadas ornamentam cada volta; abertura ovalada e concha imperfurada.

Dyrus romeroi Wesselingh, 2006a

Estampa 06, Figuras 1– 5.

Dyrus gracilis?: Costa, 1980: 883 (pl. 2, figs. 5-6) (*non* Conrad, 1871)

Dyrus romeroi: Wesselingh, 2006a: 80 (figs. 17e, 80-83).

Material: 8 Exemplares.

Material figurado: 1 Exemplar: MPEG-2628-I.

Dimensões: MPEG-2628-I: A: 3 mm; L: 1,3 mm; Aab: 0,7 mm; Lab: 0,5 mm; Aes: 2,3 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (profundidade de 170,80 a 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil (05°18'S - 71°02'W).

Distribuição estratigráfica: Final do Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior (Biozonas MZ8 – MZ11 segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia colombiana e peruana (Wesselingh, 2006a); estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

Apesar dos exemplares de *Dyrus romeroi* estarem mal preservados, não sendo possível observar com clareza as linhas de crescimento, as demais características diagnósticas

são compatíveis com a diagnose feita por Wesselingh (2006a), exceto pelas margens de sua abertura, que são mais espessas em alguns exemplares.

Dyris hoornae Wesselingh, 2006a

Estampa 07, Figuras 1– 5.

Dyris hoornae: Wesselingh, 2006a: 98 (fig. 108-109).

Material: 2 Exemplares.

Material figurado: 1 Exemplar: MPEG-2629-I.

Dimensões: MPEG-2629-I. A: 2,3 mm; L: 1,1 mm; Aab: 0,7 mm; Lab: 0,4 mm; Aes: 1,6 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (profundidades de 170,80 a 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil (05°18'S - 71°02 W).

Distribuição estratigráfica: Final do Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior (Biozonas MZ7 – MZ9 segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia peruana (Wesselingh, 2006a); estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

Os exemplares aqui identificados como *Dyris hoornae* apresentam quatro costelas menos espessas e não tão bem definidas quanto nos exemplares descritos por Wesselingh (2006a), porém coincidem em número e na regularidade do espaçamento entre as mesmas. Além disso, os exemplares de *Dyris hoornae* encontrados no presente trabalho encontram-se em mal estado de preservação, o que pode ser a causa da má definição das costelas.

Dyris ariei Wesselingh, 2006a

Estampa 08, Figuras 1– 5.

Dyris lintea: Nuttall, 1990: 190 (fig. 58) (*non* Conrad, 1871).

Dyris tricarinata: Nuttall, 1990: 190 (figs. 74-75) (*non* Boettger, 1878).

Dyris ariei: Wesselingh, 2006a: 99 (figs. 110-112).

Material: 5 Exemplares.

Material figurado: 1 Exemplar: MPEG-2630-I

Dimensões: MPEG-2630-I : A: 3 mm; L: 1,1 mm; Aab: 0,5 mm; Lab: 0,4 mm; Aes: 2 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (profundidades de 170,80 a 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil (05°18'S - 71°02'W).

Ocorrência estratigráfica: Final do Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior (Biozonas MZ9 – MZ12 segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia colombiana (Wesselingh, 2006a); estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

Os espécimes encontrados possuem morfologia compatível com a diagnose de Wesselingh (2006a). *Dyris ariei* pode ser confundido com *Dyris hoornae* Wesselingh, 2006a quanto ao formato da concha e o padrão de costelas. Porém, *D. ariei* difere-se por apresentar uma concha mais larga e costelas adicionais nas últimas voltas da teleoconcha.

Dyris bicarinatus Etheridge, 1879

Estampa 09, Figuras 1– 5.

Melania bicarinata: Etheridge, 1879: 88 (pl. 7, fig. 7).

Dyris gracilis: Nuttall, 1990: 186 (fig. 454) (*non* Conrad, 1871).

Dyris bicarinatus bicarinatus: Wesselingh, 2006a: 93 (fig. 101-104).

Material: 13 Exemplares.

Material figurado: 1 Exemplar: MPEG-2631-I.

Dimensões: MPEG-2631-I: A: 5,2 mm; L: 1,8; Aab: 0,7 mm; Lab: 0,6 mm; Aes: 2,7 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (profundidades de 170,80 a 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil (05°18'S - 71°02'W).

Ocorrência estratigráfica: Final do Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior (Biozonas MZ9 – MZ12 segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia colombiana e peruana (Wesselingh, 2006a); estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

Os exemplares identificados no presente trabalho são compatíveis com a descrição da espécie apresentada por Etheridge (1879) e por Wesselingh (2006a), no que diz respeito à forma da concha e ao padrão de carenas e costelas secundárias. Porém o exemplar MPEG-2631-I possui a abertura com formato ovalado, diferindo levemente dos exemplares apresentados por Wesselingh (2006a).

Dyris microturritella Wesselingh, 2006a

Estampa 10, Figuras 1– 5.

Dyris microturritella: Wesselingh, 2006a: 75 (fig. 16h, 17d, 73-75).

Material: 2 Exemplares.

Material figurado: 1 Exemplar: MPEG-2632-I.

Dimensões: MPEG-2632-I: Altura: 2,7 mm; Largura: 0,94 mm; Aab: 0,5 mm; 0,4 mm; Aes: 1,7 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (profundidades de 170,55 e 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil (05°18'S - 71°02'W).

Ocorrência estratigráfica: Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior (Biozonas MZ7 – MZ12 segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia colombiana e peruana (Wesselingh, 2006a); estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

A abertura encontra-se danificada, porém o padrão de costelas e o perfil da concha permitiram a identificação deste exemplar como *Dyris microturritella*, de acordo com a descrição feita por Wesselingh (2006a). Esta espécie pode ser distinguida de espécies semelhantes como *Dyris gracilis* Conrad, 1874 e *Dyris renemai* Wesselingh, 2006a por sua espira alta, com voltas arredondadas e cerca de sete costelas com espaçamento levemente irregular.

Dyris mattii Wesselingh, 2006

Estampa 11, Figuras 1– 5.

Dyris mattii: Wesselingh, 2006a: 89 (figs, 94-95).

Material: 3 Exemplares.

Material figurado: 1 Exemplar: MPEG-2633-I.

Dimensões: MPEG-2633-I: A: 5 mm; L: 1,5 mm; Aab: 1 mm; Lab: 0,6 mm; Aes: 3,2 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (profundidades de 170,80 a 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil (05°18'S - 71°02' W).

Ocorrência estratigráfica: Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior (Biozonas MZ7 – MZ10 segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia colombiana e peruana (Wesselingh, 2006a); estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

Os exemplares de *Dyris matti* identificados no presente trabalho estão em perfeita conformidade com a descrição de Wesselingh (2006a). *Dyris mattii* é diferido de outras espécies do gênero principalmente pela ausência da forma de saca-rolhas na columela, e pela ornamentação espiral, bastante regular, formada por três ou quatro costelas cobrindo três quintos de cada volta.

Gênero *Tryonia* Stimpson, 1865

Espécie-tipo: *Trionia clathrata* Stimpson, 1865

Diagnose:

Concha alongada com ornamentação axial bem desenvolvida nas voltas da teleoconcha; algumas espécies desenvolvem conchas reticulares ou quase lisas; protoconcha de inclinada a muito inclinada com ornamentação mamilada, pouco desenvolvida, marginal ou em baixo relevo; as linhas de crescimento, densas e espaçadas após o limite protoconcha-teleoconcha, entre a primeira e a segunda volta, frequentemente com o desenvolvimento gradual de uma ou duas costelas em espiral que geralmente desaparece nas últimas voltas da teleoconcha; abertura ovalada, agregada à margem parietal ou destacada (Wesselingh, 2006a).

Tryonia scalarioides Etheridge, 1879

Estampa 12, Figuras 1– 6.

Melania scalarioides: Etheridge, 1879: 88 (pl. 7, fig. 8).

Liris scalarioides: Nuttall, 1990: 206 (figs. 139-456) (*non* Etheridge, 1879).

Tryonia scalarioides scalarioides: Wesselingh, 2006a: 46 (figs. 23-25).

Material: 368 Exemplares

Material figurado: 2 Exemplares: MPEG-2634-I e MPEG-2635-I.

Dimensões: MPEG-2634-I : A: 4,5; L: 1,6 mm; Aab: 0,8 mm; Lab: 0,7 mm; Aes: 3 mm. MPEG-2635-I : A: 5,2 mm; L: 2 mm; Aab: 1 mm; Lab: 1 mm; Aes: 4,2 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (05°18'S - 71°02'W; profundidade de 170,80 a 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil .

Distribuição estratigráfica: Final do Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior (Biozonas MZ8 – MZ12 segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia colombiana, peruana e brasileira (Wesselingh, 2006a); estado do Amazonas, Brasil segundo Guimarães (2011) e no presente trabalho.

Discussão:

Os exemplares de *Tryonia scalarioides* aqui identificados, em geral, apresentam as características diagnósticas descritas por Etheridge (1879), bem como as características atribuídas à espécie por Wesselingh (2006a) tais como: suturas profundas, a projeção de uma carena na metade de cada volta da concha e a abertura em formato oval. Porém alguns exemplares apresentam uma leve variação, como o exemplar MPEG-2635-I, o qual não possui costelas em espiral no início da teleoconcha e as voltas são menos proeminentes, tornando as suturas menos profundas.

Tryonia nuttalli Wesselingh, 2006a

Estampa 13, Figuras 1– 5.

Liris minuscula: de Greve, 1938: 92 (pl. 1, figs. 31-35, pl. 2, figs. 1-9, 11-13). Costa, 1981: 643 (pl. 1, figs. 9-10) (*non* Gabb, 1868).

Liris scalarioides: Nuttall, 1990: 206 (figs. 140-146) (*non* Etheridge, 1879).

Tryonia nuttalli: Wesselingh, 2006a: 51 (figs. 33-37).

Material: 63exemplares

Material figurado: 1 Exemplar: MPEG-2636-I

Dimensões: MPEG-2636-I: A: 4 mm; L: 1,5 mm; Aab: 0,3 mm; Lab: 0,4 mm; Aes: 2,2 mm.

Procedência: Testemunho 1AS-31-AM (05°18'S - 71°02'W; profundidade de 170,80 a 175,00 m) ao sul de Atalaia do Norte, estado do Amazonas, Brasil.

Distribuição estratigráfica: Final do Mioceno Inferior ao início do Mioceno Superior (Biozonas MZ4 – MZ12, segundo Wesselingh, 2006a).

Distribuição geográfica: Amazônia colombiana, peruana e brasileira (Wesselingh, 2006); estado do Amazonas, Brasil no presente trabalho.

Discussão:

Os exemplares identificados no presente trabalho como *Tryonia nuttalli* apresentam as mesmas características diagnósticas descritas por Wesselingh (2006a) para esta espécie. *Tryonia nuttalli* pode ser distinguida de *Tryonia scalarioides* Etheridge, 1879 e *Tryonia minuscula* Gabb, 1869 por suas voltas mais largas e convexas, e por suas costelas axiais, que ocupam toda a altura de cada volta.

6.2. ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS GASTRÓPODAS NO TESTEMUNHO 1AS-31-AM

Os gastrópodes estão presentes em 8 das 93 amostras estudadas e são praticamente restritos ao intervalo entre 175,00m e 170,80m, com exceção da amostra 227,40m, onde foram encontrados somente 3 indivíduos. Os gêneros *Dyris* e *Tryonia* ocorrem em todas as amostras deste intervalo. Além destes, outros gêneros também apresentam relativa abundância entre estas profundidades neste intervalo, como *Onobops*, *Toxosoma*, *Pyrgophorus* e *Aylacostoma*. Os gêneros *Sheppardioconcha*, *Littoridina*, *Littoridinops*,

Cochliopina, *Hemisinus* e *Neritina* também estão presentes, porém em quantidades muito pouco expressivas. À exceção destas, a amostra 227,40m contém apenas 3 espécimes (sendo dois do gênero *Dyris* e um não identificado), dos quais o estado de preservação não permitiu a identificação de espécie. A representatividade dos gêneros identificados está ilustrada na Figura 7. No presente trabalho o gênero *Hemisinus* é tratado como um gênero a parte de *Aylacostoma*, seguindo a classificação de Wesselingh (2006a), que diferencia o gênero *Aylacostoma* de *Hemisinus* a partir de seu perfil ombrado (*shouldered*) e sem o formato de fuso, presente em *Hemisinus*.

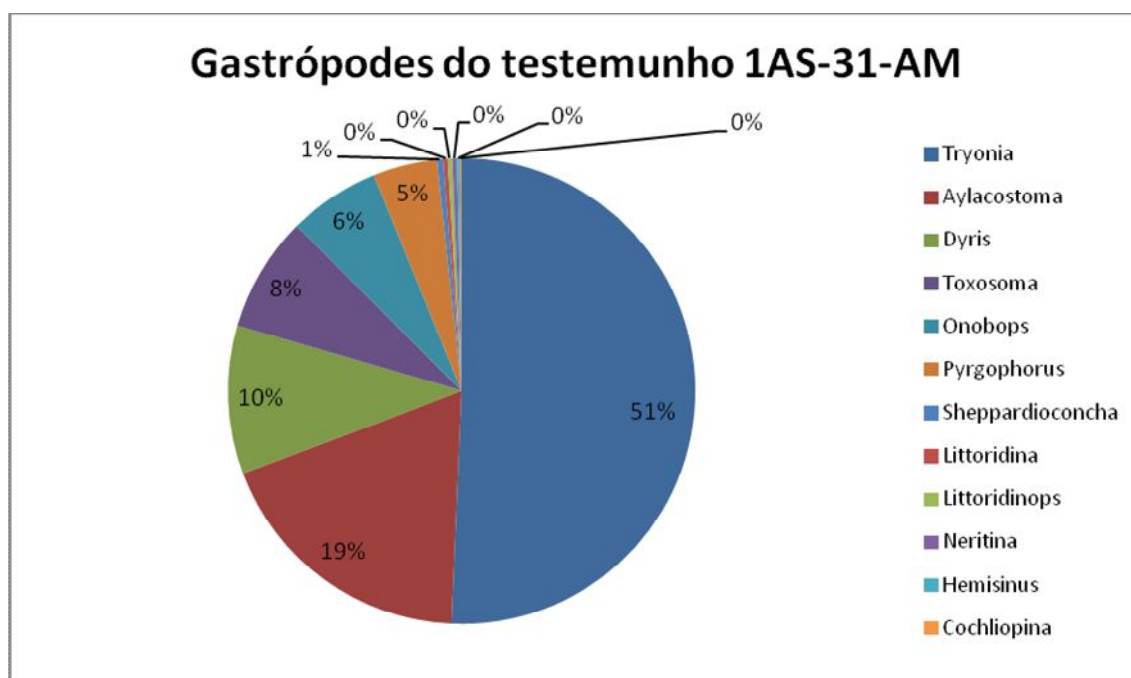


Figura 7: Gráfico de setores com a porcentagem dos gêneros nas amostras de 175,00 m a 170,80 m do testemunho 1AS-31-AM.

Ainda que o mal estado de conservação de alguns dos gastrópodes estudados tenha dificultado ou impedido a identificação dos mesmos, a maioria dos exemplares está bem conservada e com suas características diagnósticas (ornamentação, costelas, linhas de crescimento e formato da abertura) preservadas. As espécies identificadas relativas aos gêneros *Dyris* e *Tryonia* foram organizadas por profundidade e quantidade de seus respectivos exemplares, conforme mostrado na Tabela 1 em anexo.

6.2.1. Distribuição estratigráfica dos gêneros e espécies no testemunho ordenado da base para o topo

Amostra 175,00 m:

Esta amostra é onde começam a surgir os gastrópodes significativamente em relação às demais profundidades do testemunho. Caracteriza-se pela grande ocorrência do gênero *Tryonia*, apresentando também os gêneros *Aylacostoma*, *Dyris*, *Toxosoma* e *Pyrgophorus* em quantidade significativa (Figura 8). Em termos de espécies, *Tryonia scalarioides* representa 78% da amostra. O gênero *Dyris* é o mais diverso estando representado por 8 espécies sendo *D. renemai*, *D. megacarinatus* e *D. gracilis* as mais abundantes (Figura 9).

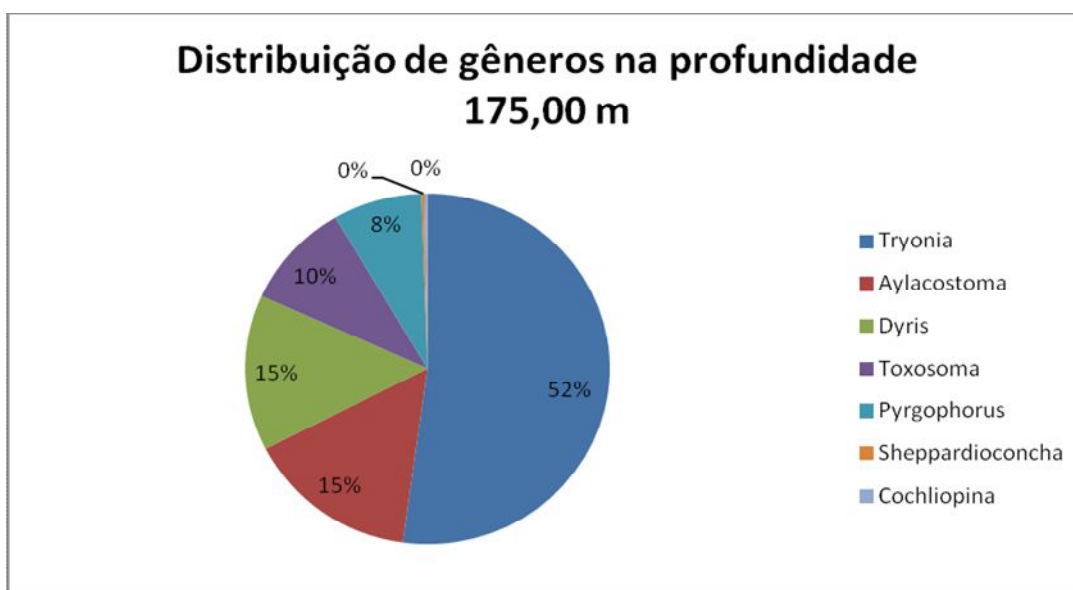


Figura 8: Porcentagem dos gêneros na profundidade de 175,00 m.

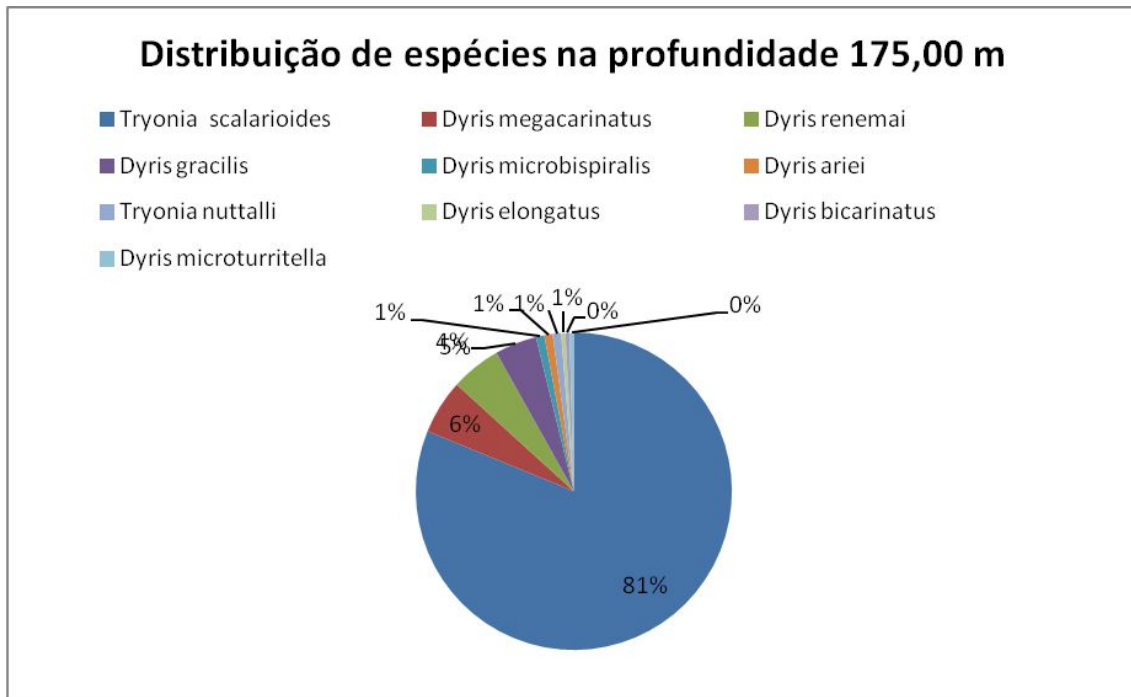


Figura 9: Porcentagem das espécies de *Dyrus* e *Tryonia* na profundidade de 175,00 m.

Amostra 174,70 m:

Esta amostra é caracterizada pela extensa presença dos gêneros *Tryonia* e *Aylacostoma*, com pequena representatividade dos gêneros *Toxosoma* e *Dyrus*; e em menor número, *Sherppardioconcha* e *Pyrgophorus* (com apenas um exemplar cada) (Figura 10). *Tryonia scalarioides* e *Tryonia nuttalli* são as mais abundantes, embora com redução bastante significativa em relação à amostra 175,00 m. Neste intervalo há também uma redução na diversidade de *Dyrus*, sendo *Dyrus bicarinatus*, *Dyrus hoornae* e *Dyrus megacarinatus* as únicas espécies encontradas do gênero, com apenas um exemplar cada (Figura 11).

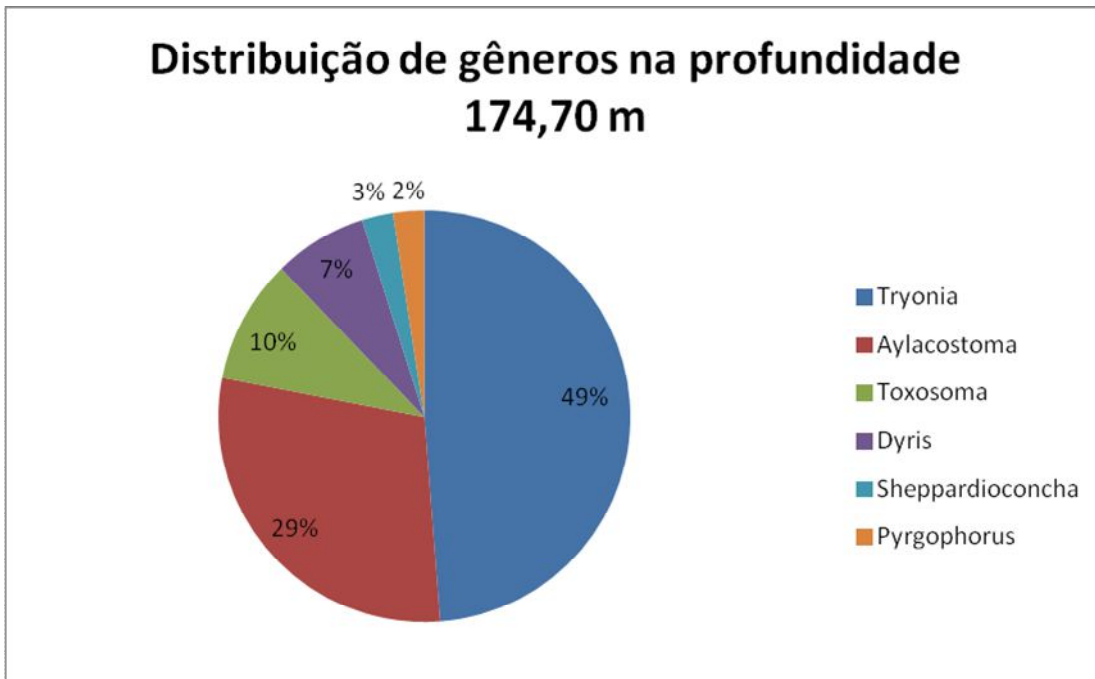


Figura 10: Porcentagem dos gêneros na profundidade de 174,70 m.

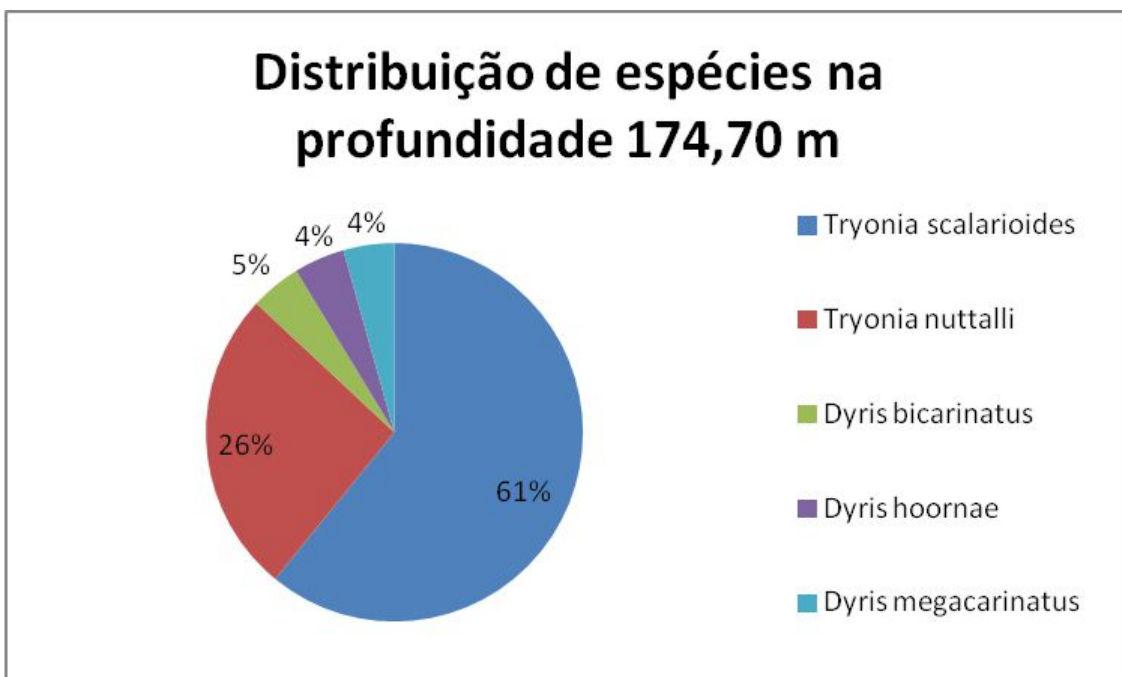


Figura 11: Porcentagem das espécies de *Dyris* e *Tryonia* na profundidade de 174,70 m.

Amostra 174,66 m:

Esta profundidade é composta principalmente pelos gêneros *Tryonia*, *Dyris* e *Aylacostoma*, havendo também uma considerável presença de *Onobops* e, em menor número, *Littoridina* e *Neritina* (Figura 12). Entre as espécies de *Dyris* e *Tryonia*, esta amostra apresenta *Tryonia scalarioides* como a mais abundante. Há um aumento considerável na diversidade e abundância de *Dyris*, estando representado pelas espécies: *Dyris renemai*, *Dyris bicarinatus*, *Dyris ariei*, *Dyris gracilis* e *Dyris romeroi*. *Tryonia nuttalli* aparece como uma das espécies menos representativas (Figura 13).

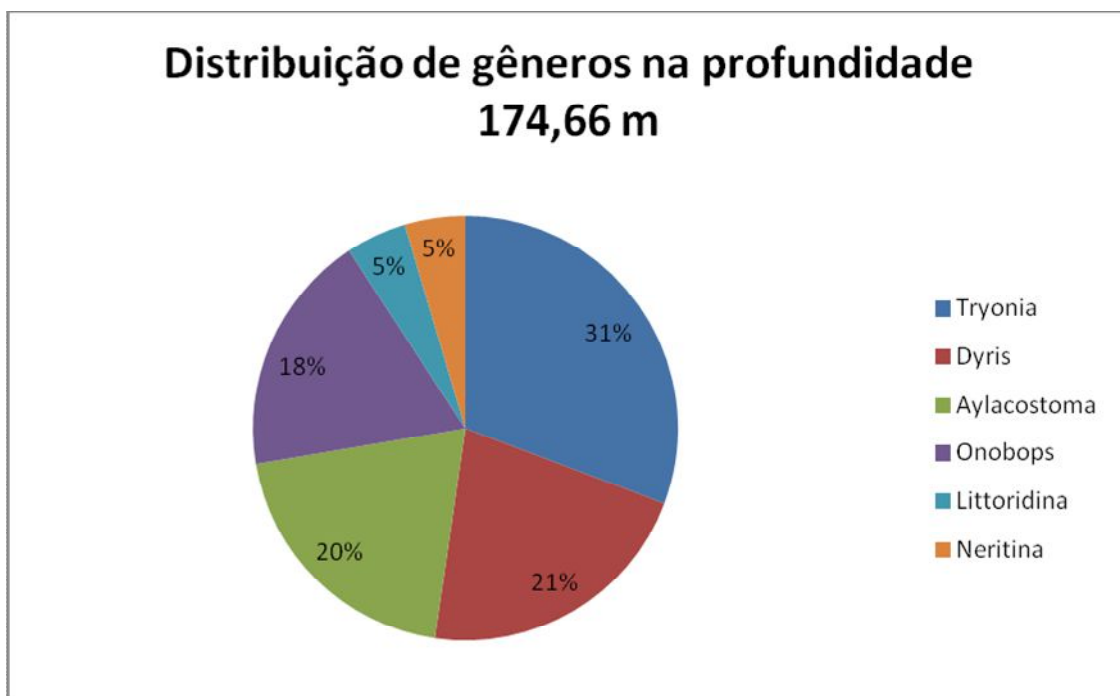


Figura 12: Porcentagem dos gêneros na profundidade de 174,66 m.

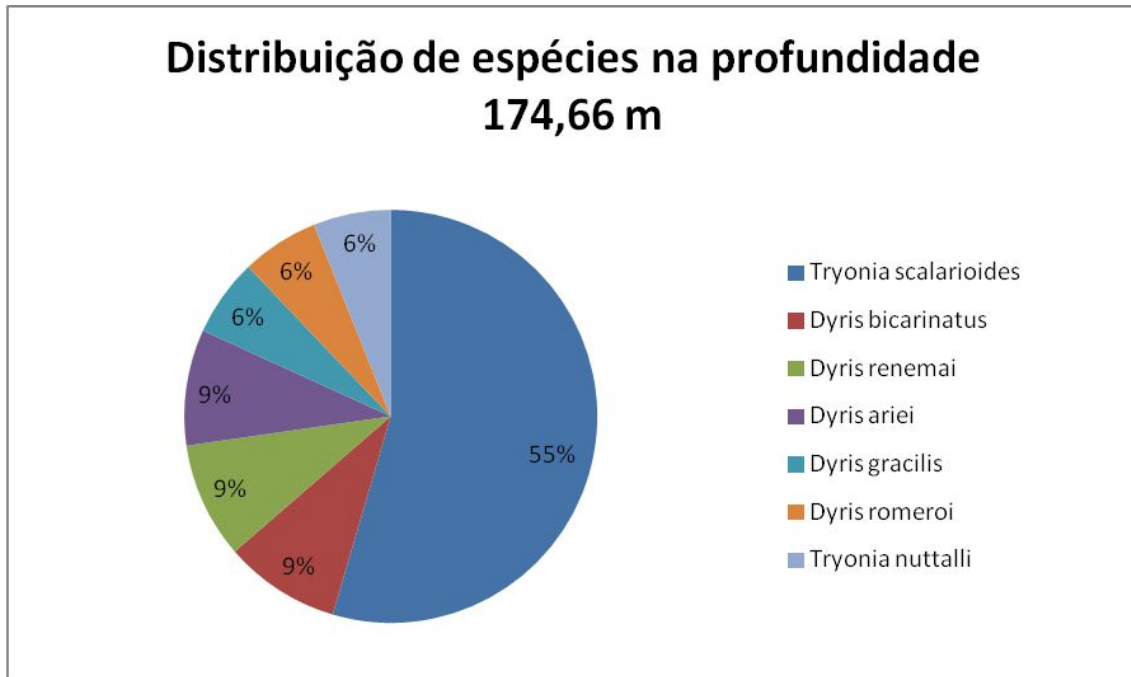


Figura 13: Porcentagem de espécies de *Dyris* e *Tryonia* na profundidade de 174,66 m.

Amostra 174,55 m:

Nesta profundidade o gênero *Tryonia* representa 60% de todos os exemplares, com um aumento considerável de indivíduos de ambas as espécies; havendo também a presença dos gêneros *Dyris*, *Aylacostoma* e *Toxosoma* (Figura 14). Este intervalo apresenta também um aumento na diversidade de espécies do gênero *Dyris*, com 7 espécies deste gênero (Figura 15). Entre as espécies de *Dyris* e *Tryonia*, as mais representativas são *Tryonia scalarioides* e *Tryonia nuttalli*. *Dyris megacarinatus* é a terceira espécie mais representativa nesta amostra, havendo também, em menor abundância, as espécies *Dyris renemai*, *Dyris gracilis*, *Dyris microtuttitella*, *Dyris romeroi*, *Dyris bicarinatus* e *Dyris hoornae*.

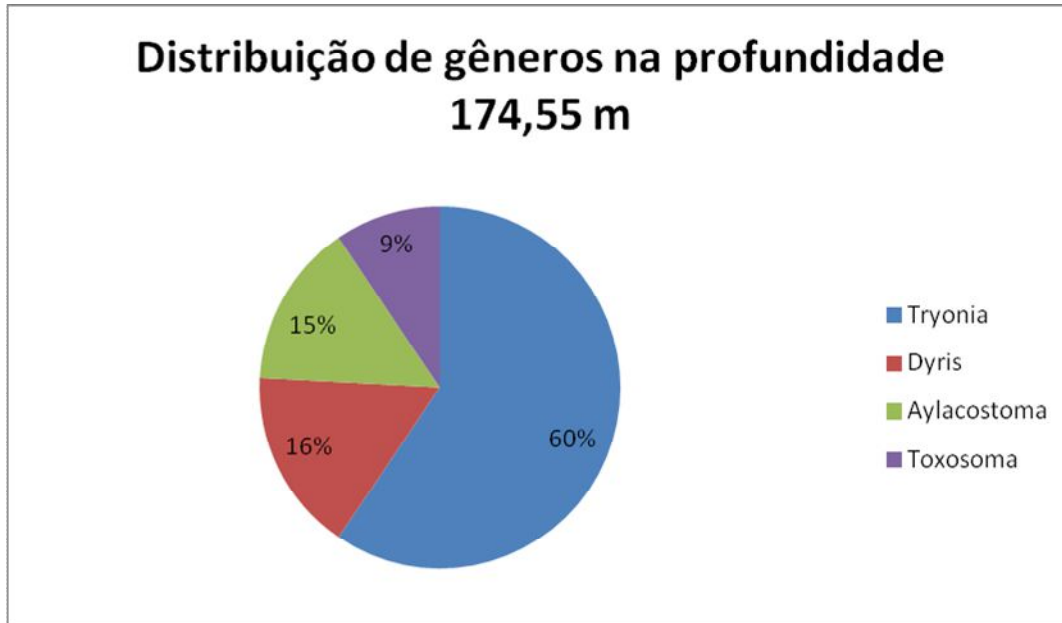


Figura 14: Porcentagem dos gêneros na profundidade 174,55 m.

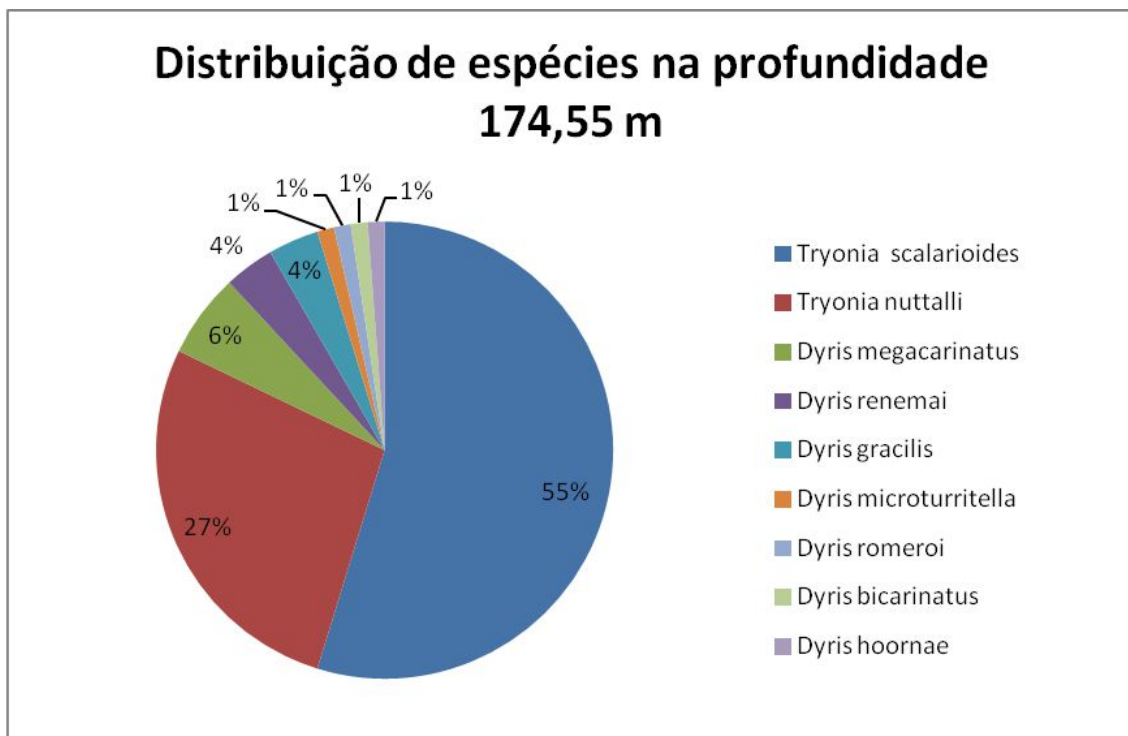


Figura 15: Porcentagem das espécies de *Dyris* e *Tryonia* na profundidade de 174,55 m.

Amostra 174,40 m:

Na amostra 174,40 m predominam os gêneros *Tryonia*, *Dyris*, *Pyrgophorus* e *Aylacostoma*. Há também a presença em menor número dos gêneros *Littoridinops*, *Hemisinus* e *Onobops* (Figura 16). As espécies mais abundantes são *Tryonia scalarioides*, a qual se mantém estável em relação à amostra anterior, e *Tryonia nuttalli*. Nesta profundidade ocorre uma queda considerável na diversidade de *Dyris*, que é representado principalmente por *Dyris megacarinatus* e, em menor representatividade, *Dyris bicarinatus* e *Dyris romeroi* (Figura 17).

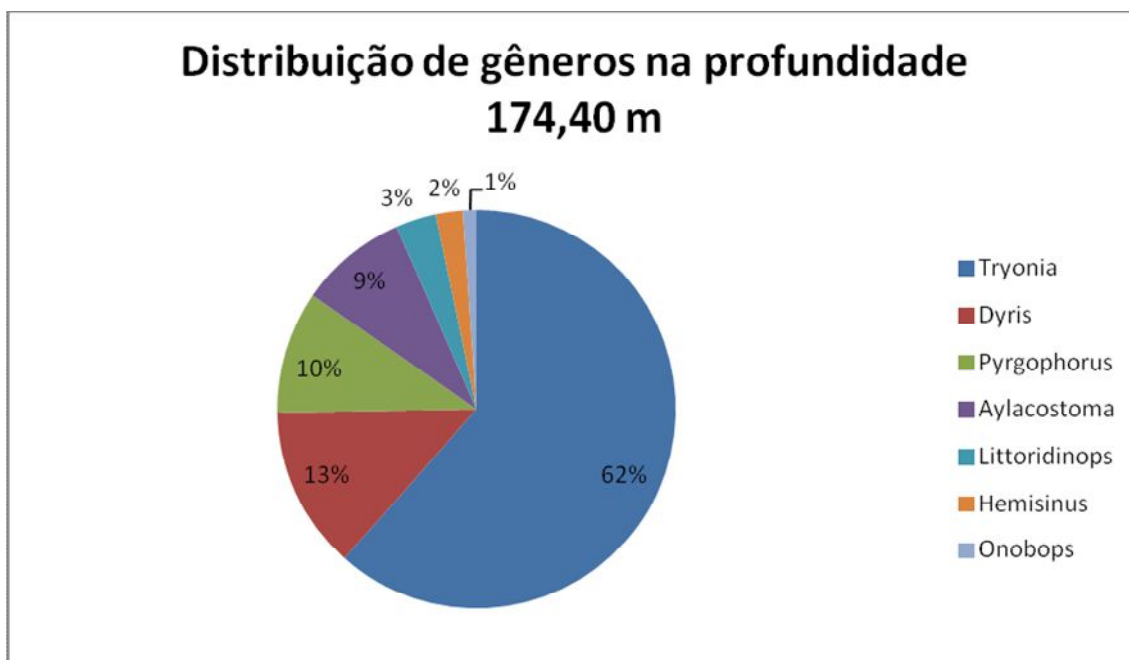


Figura 16: Porcentagem dos gêneros na profundidade de 174,40 m.

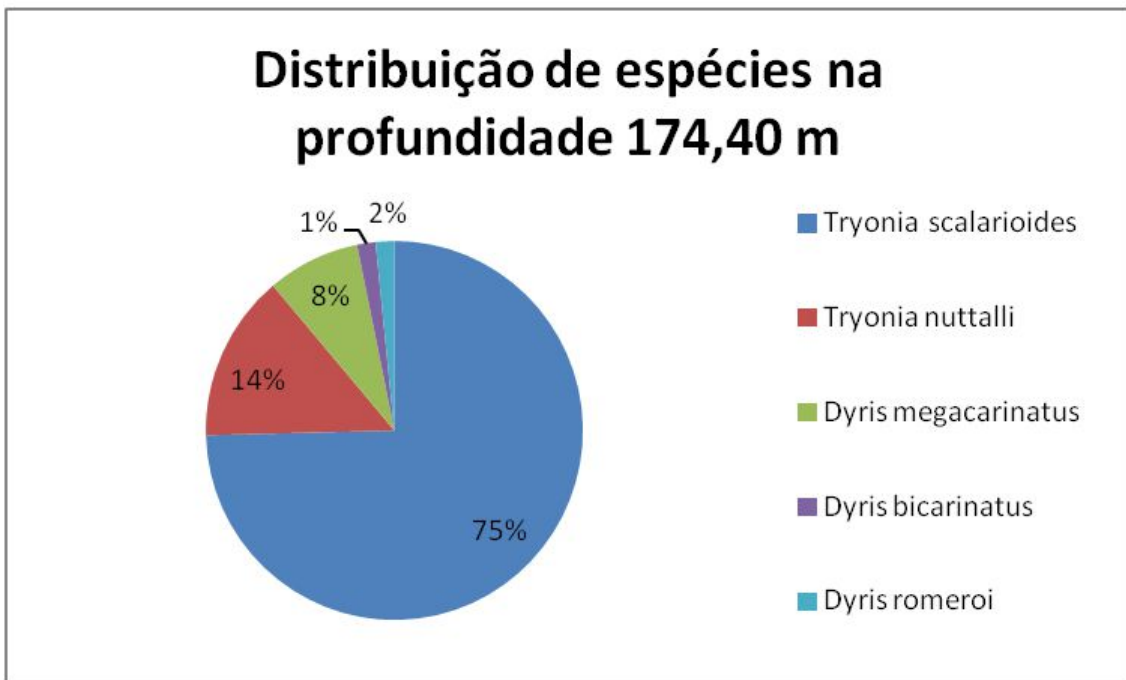


Figura 17: Porcentagem das espécies de *Dyrus* e *Tryonia* na profundidade de 174,40 m.

Amostra 174,30 m:

O gênero *Tryonia* representa 70% desta amostra; *Onobops*, *Dyrus*, *Toxosoma*, *Pyrgophorus* e *Littoridinops* aparecem com menor representatividade (Figura 18). Das espécies identificadas, as mais abundantes são *Tryonia scalarioides* e *Tryonia nuttalli*; o gênero *Dyrus* se mantém com baixa diversidade, com presença em menor abundância de *Dyrus romeroi*, *Dyrus bicarinatus* e *Dyrus gracilis*. (Figura 19).

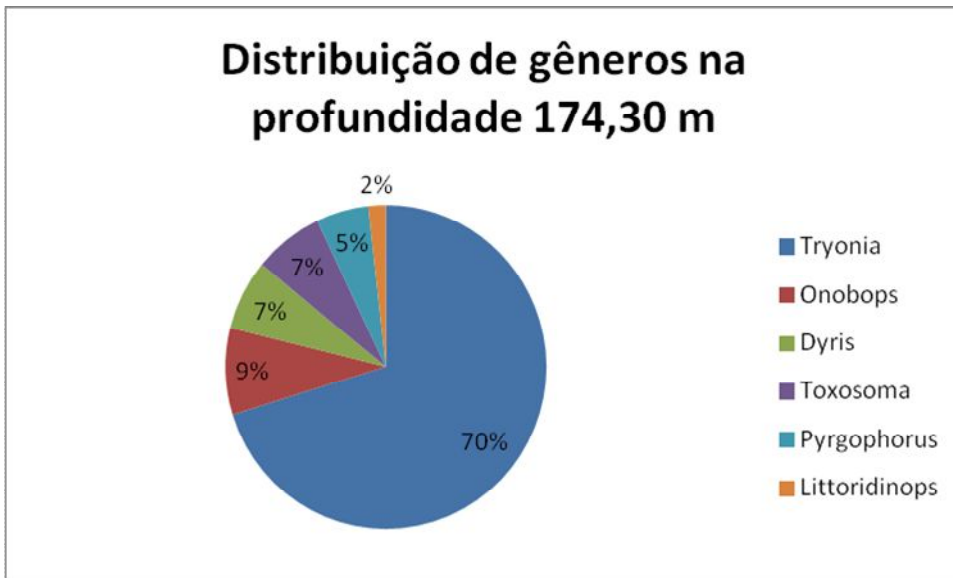


Figura 18: Porcentagem dos gêneros na profundidade de 174,30 m.

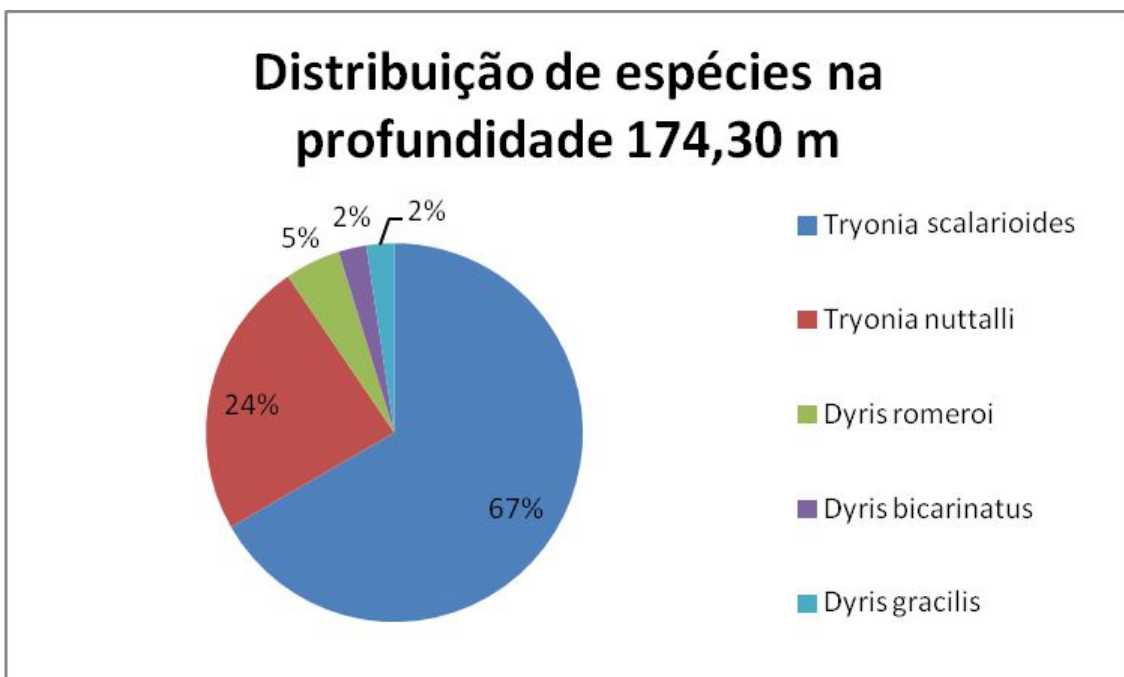


Figura 19: Porcentagem das espécies de *Dyris* e *Tryonia* na profundidade de 174,30 m.

Amostra 170,80 m:

Nesta profundidade os gêneros *Tryonia*, *Dyris* e *Onobops* são os mais abundantes, seguidos por *Toxosoma* e *Aylacostoma* com menor representatividade

(Figura 20). *Tryonia scalarioides* e *Tryonia nuttalli* são as espécies mais representativas, havendo também um significativo aumento, novamente, na diversidade do gênero *Dyris*, estando representado pelas espécies *Dyris bicarinatus*, *Dyris gracilis*, *Dyris romeroi*, *Dyris renemai*, *Dyris mattii*, *Dyris megacarinatus*, *Dyris microbispiralis* e *Dyris elongatus* (Figura 21).

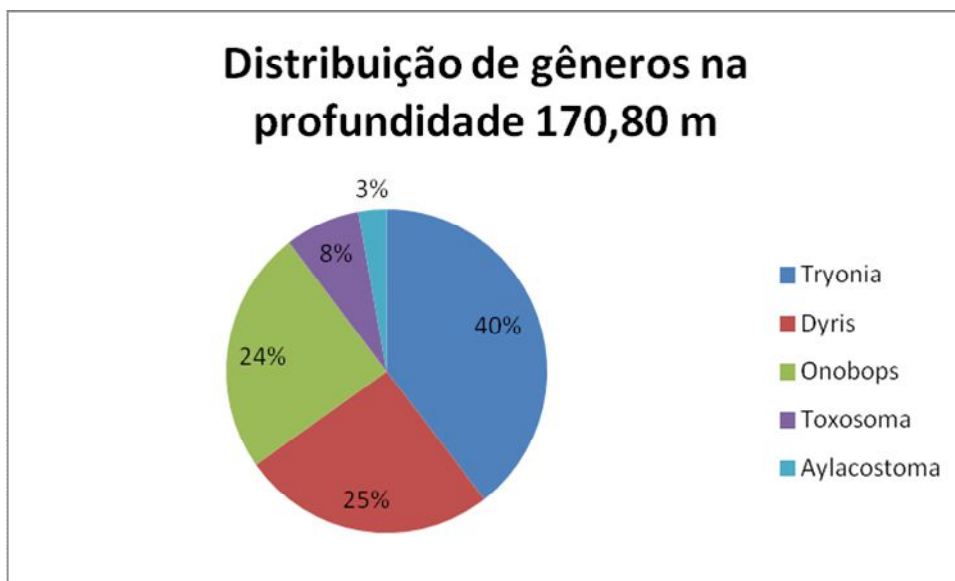


Figura 20: Porcentagem dos gêneros na profundidade de 170,80 m.

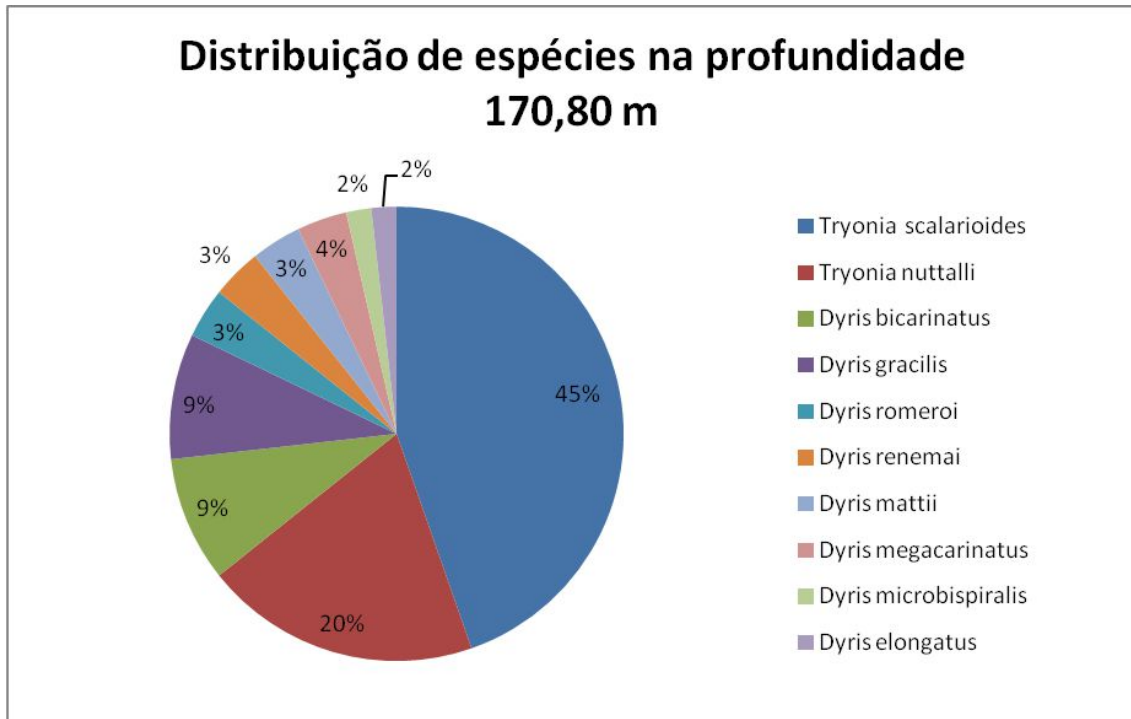


Figura 21: Porcentagem das espécies de *Dyris* e *Tryonia* na profundidade de 170,80 m.

7. DISCUSSÃO

A distribuição dos gastrópodes no testemunho 1AS-31-AM está concentrada em um curto intervalo entre as profundidades de 170,80 m a 175,00 m. O gênero *Tryonia* é o mais abundante em todas as profundidades onde ocorrem os gastrópodes, representando 51% de todos exemplares (368 exemplares). Este número deve-se principalmente à espécie *Tryonia scalarioides*, que também é a mais frequente e na maioria dos intervalos representa mais de 50% dos exemplares identificados a nível específico. O gênero *Dyris* é o terceiro mais abundante (105 exemplares) depois de *Aylacostoma*, porém é o mais diverso em número de espécies (11 espécies) identificadas. Todas as espécies encontradas, de ambos os gêneros, são restritas ao Mioceno, do Serravaliano ao Tortoniano.

Além dos gêneros *Dyris* e *Tryonia*, foco do presente estudo, outros gêneros associados também foram encontrados no testemunho 1AS-31-AM (Plate 14; figuras a-i) os quais são importantes indicadores paleoambientais e serão tratados a seguir.

O gênero *Aylacostoma* apresenta diversas espécies viventes encontradas em ambientes de água doce no leste do Brasil (Nuttall, 1990; Simone, 2006). *Pyrgophorus* são atualmente encontradas em ambientes de água doce na América do Sul e Central (Hershler & Thompson, 1992; Hershler, 1994), embora haja também registros em ambientes salobros, como no Golfo do México e Península da Flórida (Rosenberg *et al.*, 2009; Thompson, 2004). *Onobops* é atualmente encontrado em ambientes de água salobra na costa atlântica das Américas e no Caribe (Wesselingh, 2008). *Sheppardioconcha*, cuja família (Pachychilidae) é conhecida por compreender os gêneros neotropicais de água doce, geralmente dependentes do substrato (Wesselingh *et al.*, 2002). *Hemisinus* é encontrado atualmente em ambientes de água doce no Caribe (Nuttall, 1990) porém, apresenta algumas espécies que podem tolerar variações temporárias de salinidade (Glaubrecht, 1996 *apud* Wesselingh *et al.* 2002). *Littoridinops*, encontrado atualmente em rios e em zonas costeiras do Caribe e na costa atlântica dos Estados Unidos (Wesselingh, 2006a; Rosemberg *et al.*, 2009); é encontrado mais frequentemente em água salobra embora ocorram espécies de água doce na costa leste da América do Norte, no México. (Thompson, 2004). *Littoridina*, com espécies recentes encontradas em rios, córregos e estuários da costa pacífica do

Equador à do México, e em rios na região costeira do Golfo do México e em mangues da região caribenha (Wesselingh, 2006a). Espécies de *Neritina* são encontradas em regiões de manguezais e em gramíneas (Crandall, 1999). Segundo Ortiz & Blanco (2012) os representantes do gênero *Neritina* são também encontrados em manguezais do Caribe colombiano; fora dos manguezais, são encontrados em substratos duros como rochas e troncos caídos em praias. E em outras áreas geográficas, *Neritina* é um importante componente de costões rochosos. O gênero *Toxosoma*, também encontrado no testemunho, não apresenta espécies viventes, sendo endêmico do Mioceno da Amazônia Ocidental; porém o registro fóssil de suas espécies é geralmente associado a espécies de *Dyris*, *Tryonia* e *Feliconcha*, em estratos interpretados como sendo de água doce, ou com pequenas influências marinhas (Wesselingh *et al.*, 2006a).

7.1. INTERPRETAÇÕES PALEOAMBIENTAIS

A análise somente dos gêneros *Dyris* e *Tryonia* não permitiu estabelecer uma interpretação paleoambiental precisa para o intervalo estudado, devido à falta de representantes viventes do gênero *Dyris*, além do seu caráter endêmico, bem como pelo caráter eurialino e ampla distribuição do gênero *Tryonia*. Entretanto a variação de abundância e diversidade destes gêneros e de suas espécies ao longo do intervalo analisado indica que houve mudanças significativas nas condições ambientais, possivelmente associadas a variações de salinidade. É possível observar a adaptação e grande radiação, principalmente do gênero *Dyris*, ao longo do intervalo estudado; o gênero *Tryonia*, embora com baixa diversidade, com somente duas espécies, é a mais abundante e frequente ao longo da sequência, se mostrando flexível às variações, embora apresentem redução em sua abundância em intervalos que parecem mais críticos ao gênero, mas se mantendo para o topo, embora com redução significativa na abundância. Ainda, a análise da associação genérica dos gastrópodes encontrados no intervalo estudado foi fundamental para suportar estas interpretações. De maneira geral, a associação genérica é constituída por gêneros de água doce à salobra, tolerantes às variações de salinidade, típicos de ambientes transicionais.

Esta análise permitiu observar uma ciclicidade na abundância e diversidade da fauna de gastrópodes em geral. Assim, foram observados três ciclos de maior

diversidade genérica, acompanhada pela radiação do gênero *Dyris* associada a períodos de mudanças ambientais relacionadas principalmente a salinidade. O primeiro é na base, a 175,0 m; o segundo é a 174,55 m e o terceiro já no topo da sequência a 170,80 m. Estes estão intercalados por dois outros eventos nas profundidades de 174,70 m e a 174,40 m. A sequência destes ciclos será apresentada em detalhe a seguir.

O início da sequência, à profundidade de 175,00 m apresenta uma associação de gêneros através da qual se pode inferir um ambiente predominantemente de água doce, devido à abundância do gênero *Aylacostoma* e a presença do gênero *Pyrgophorus*, ambos muito comuns nestes ambientes, embora também estejam presentes outros gêneros considerados flexíveis quanto ao nível de salinidade, como *Tryonia*. Esta profundidade é dominada por *T. scarioides*, com presença também de uma diversidade expressiva de *Dyris* (8 espécies sendo *Dyris renemai*, *Dyris megacariatus* e *Dyris gracilis* as mais abundantes); as espécies com menor representatividade são *Dyris microbispiralis* e *Dyris ariei* com dois exemplares, *Dyris bicarinatus*, *D. microturritella* e *Dyris elongatus* com um exemplar cada. O início do intervalo estudado (175,00 m), onde começam a ocorrer os gastrópodes, de acordo com Linhares *et al.* (2011) é o final de uma fase de ambiente lacustre, quando aparecem as primeiras evidências de aumento de salinidade, como carapaças de *Cyprideis* (Crustacea: Ostracoda) contendo nódulos, e um otólito de um peixe tipicamente marinho. Entretanto, no presente trabalho, esta profundidade ainda indica condições pouco salinas, através da associação de gastrópodes.

O segundo evento, na amostra 174,55 m, é marcado pelo grande aumento na abundância de *Tryonia*, também há um pequeno aumento de *Dyris* e *Aylacostoma*, juntamente com o reaparecimento de *Toxosoma* e o desaparecimento de *Onobops* e *Neritina*; esta associação indica provavelmente uma queda no nível de salinidade do ambiente. O total de exemplares volta a subir nesta profundidade; *Tryonia nuttalli* se torna mais expressiva juntamente com *Tryonia scarioides*. O gênero *Dyris* mantém a diversidade, embora com uma queda na abundância de *Dyris megacarinatus*, *Dyris renemai* e *Dyris gracilis*; *D. microturritella*, *D. ariei* e *D. hoornae* tem sua última ocorrência nesta profundidade.

Já no final da sequência, à profundidade de 170,80 m, é possível observar o retorno do aumento na diversidade de espécies (10 espécies), semelhante à profundidade 175,0 m, embora com associação genérica e específica distinta. Nesta profundidade o aumento no número de *Onobops* pode indicar novamente condições mais salinas; embora diferente dos outros níveis, o gênero *Dyris* também sofre grande radiação nesta profundidade, com abundância significativa das espécies *Dyris bicarinatus* e *Dyris romeroi*, encontradas também nas profundidades de maior salinidade (174,66 m e 174,30 m). No presente trabalho, o crescimento de *Onobops*, e o desaparecimento de *Pyrgophorus* também indicam aumento das condições salinas no ambiente (Figura 23). *Tryonia scalarioides* e *Tryonia nuttalli* continuam a sofrer queda, enquanto *Dyris bicarinatus* e *Dyris gracilis* tornam-se as espécies mais abundantes; *Dyris romeroi* mantém-se estável e *Dyris megacarinatus* reaparece enquanto *Dyris elongatus* e *Dyris microbispiralis* voltam a ocorrer, ainda que com pouca representatividade. Há também, ainda em 170,80 m, a primeira ocorrência de *Dyris mattii* (Figura 22).

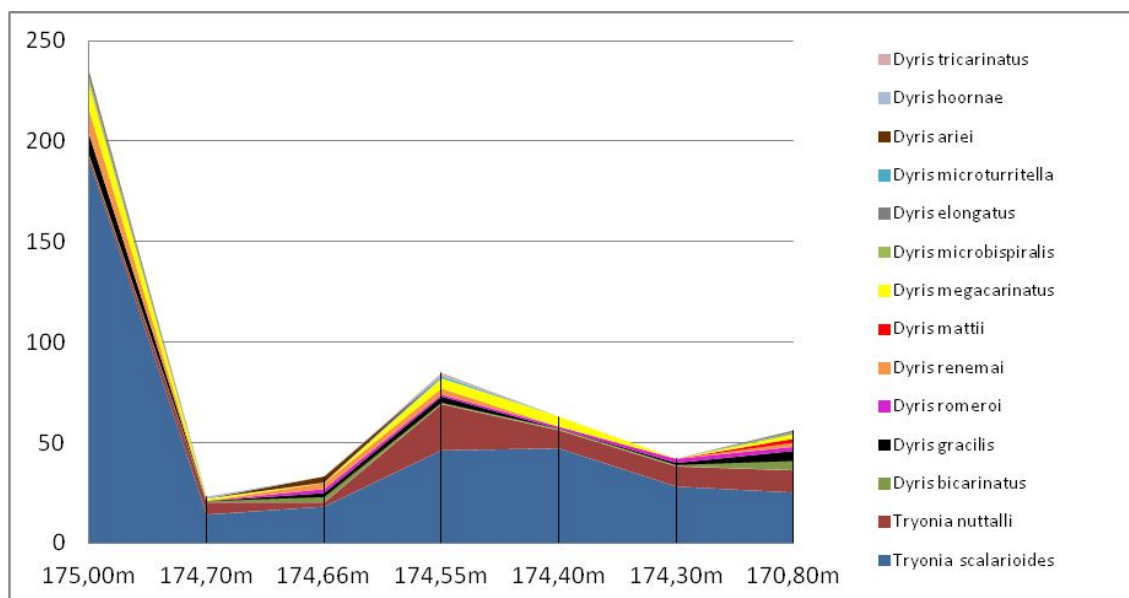


Figura 22: Gráfico ilustrando as relações de quantidade entre as espécies de *Dyris* e *Tryonia* ao longo das amostras de 170,80 m a 175,00 m.

Já os intervalos reversos aos picos de abundância e diversidade apontados acima, ocorrem nas profundidades de 174,70 à 170,66 m onde há uma brusca diminuição no número total de gastrópodes, embora algumas espécies de *Dyris* permaneçam, como *Dyris megacarinatus* e *Dyris bicarinatus*, porém com um único exemplar. Um aumento do nível de salinidade é sugerido na amostra 174,70 m, indicado pelo desaparecimento de *Pyrgophorus* e a drástica redução na abundância de *Aylacostoma*. Embora, os gêneros *Tryonia* e *Dyris* tenham se mostrado flexíveis às variações ambientais ao longo do intervalo de ocorrência dos gastrópodes no testemunho, nesta profundidade é notável a redução na abundância de *Tryonia* e *Dyris*. Neste mesmo intervalo foi registrada a ocorrência do gastrópode marinho *Melongena woodwardii* por Linhares *et al.* (2011), corroborando com a possível salinização do ambiente a partir desta profundidade. Na amostra seguinte, 174,66 m, anterior ao início do segundo pico de radiação (174,55 m) o aumento da abundância de *Onobops*, junto com a presença de *Neritina* sugere uma nova fase de elevação da salinidade.

Além desta, um segundo momento de salinização é observado entre 174,40 m e 174,30 m onde a diversidade de espécies e o número total de exemplares caem novamente, sendo esta profundidade dominada por *Tryonia scalaroides*, *Tryonia nuttalli* e *Dyris megacarinatus*, e com ocorrência de *Dyris bicarinatus* com apenas um exemplar cada. Os gêneros presentes nestas profundidades inferem novamente a presença de água salobra, pois há uma grande queda no número de *Dyris* e *Tryonia*, e *Aylacostoma* diminui consideravelmente em 174,40 m até desaparecer em 174,30 m; além disso, há o ressurgimento de *Onobops*.

O testemunho 1AS-31-AM foi anteriormente estudado por Linhares *et al.* (2011), porém com foco em ostracodes. Os autores observaram uma maior abundância e diversidade do gênero *Cyprideis* (Crustacea: Ostracoda) entre as profundidades de 175,00 m e 170,80 m, intervalo onde foram registrados os gastrópodes do presente estudo. Os ostracodes juntamente com outros grupos de microfósseis, carófitas, briozoários, restos de peixes e a presença dos gastrópodes *Melongena woodwardii* e *Neritina roxoi* levou aos autores interpretarem o intervalo de 174,90 m a 170,90 m como de maior salinidade. Ao final deste intervalo (170,90 m), próximo ao topo da sequência onde ocorrem os gastrópodes (170,80 m) esta associação desaparece, e a

presença de foraminíferos planctônicos e bentônicos indicam um momento de máxima salinidade.

Assim, o intervalo de ocorrência dos gastrópodes (175,00 m a 170,80 m) coincide com o intervalo de maior diversidade de ostracodes e da associação mista (marinha e salobra) que segundo Linhares *et al.* (2011) compreende a fase “transicional a marinha” do testemunho estudado.

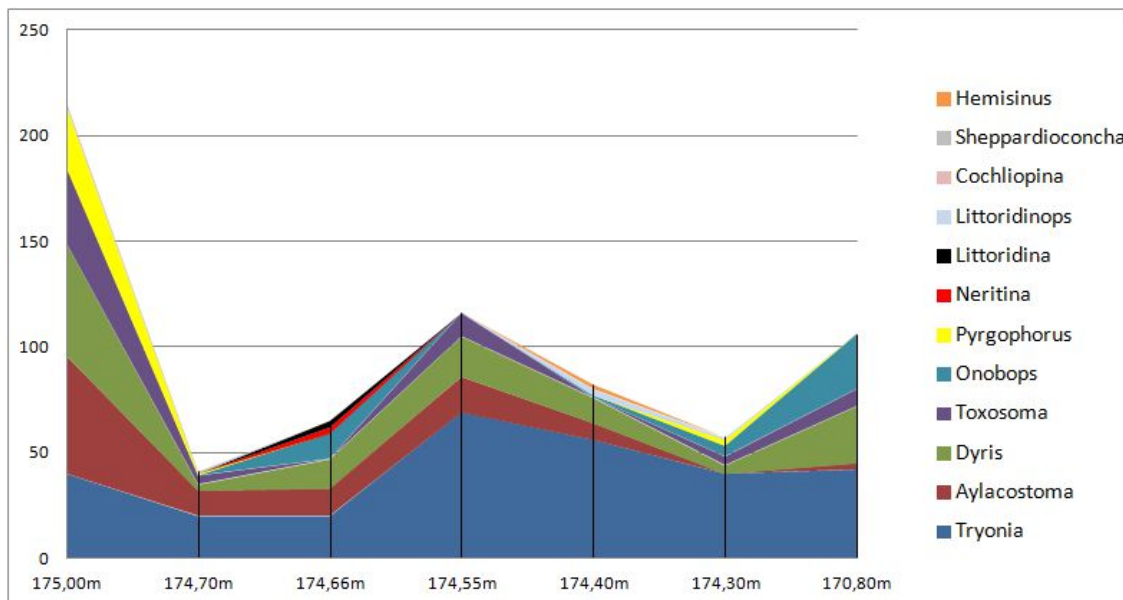


Figura 23: Gráfico ilustrando as relações de quantidade entre os gêneros ao longo das amostras de 170,80 m a 175,00 m.

Desta forma, a drástica diminuição no número e na diversidade de gastrópodes, inclusive de *Dyris* e *Tryonia* nas profundidades de 174,70 m e 174,30 m coincide com os intervalos de maior salinidade. Outro ponto a se destacar é que logo após cada um destes intervalos, o gênero *Dyris* sofre considerável especiação. É possível notar que a resposta dos gêneros e a radiação de *Dyris* às mudanças ambientais possivelmente relacionadas às variações de salinidade, vêm como um retardo, ou seja, um pouco após os intervalos de maior salinização. No final da sequência o gênero *Dyris* demonstra

adaptação às condições mais salinas se mantendo com uma diversidade expressiva e quantidade razoável.

Já o gênero *Tryonia* permanece com apenas duas espécies durante todo o intervalo, sofrendo apenas variações em sua abundância, o que evidencia uma maior tolerância do gênero e de suas respectivas espécies *Tryonia scalarioides* e *Tryonia nuttalli* às mudanças ambientais, conforme já apontado para o gênero na literatura (Figura 22). Desta forma, embora os gêneros *Dyris* e *Tryonia* tenham se mostrado persistentes ao longo do intervalo de analisado, estes também se mostraram sensíveis às variações das condições ambientais. A distribuição e abundância destes reflete o esforço adaptativo, como mostra a grande radiação, principalmente do gênero *Dyris*, mas que posteriormente a esta sequência o mesmo se extingue. O desaparecimento destes parece estar relacionado com a tendência à dessalinização e a substituição de lagos salinos e lagunas pelos ambientes tipicamente fluviais atuais, aos quais eles não resistiram.

Assim, podemos concluir que do final do Mioceno Médio para o início do Mioceno Superior pulsos cíclicos de variações do nível do mar foram intensos, afetando uma vasta área, levando a salinização de lagunas e lagos, do litoral até continente adentro. Estes pulsos levaram a modificações bruscas nas condições físico-químicas de um complexo de subambientes litorâneo a continental, como mangues, lagunas, estuários e lagos, levando a grande radiação e posterior extinção dos gastrópodes.

A presença de condições marinhas e ambientes transicionais entre o Mioceno Médio e o Mioceno Superior da Amazônia Ocidental já havia sido atestada em trabalhos anteriores (Hoorn, 1993; 1994a; Wesselingh *et al.*, 2006a; Antonie *et al.*, 2016). Além disso, o final do intervalo onde há presença de gastrópodes (170,80 m) correlaciona-se com o período onde, segundo Wesselingh *et al.* (2006a) e Hoorn *et al.* (2010a), o Sistema Pebas começa a ser substituído por um sistema fluvial, semelhante ao atual Rio Amazonas, mudança esta que provavelmente causou a extinção da malacofauna encontrada na Formação Solimões.

Tais variações de salinidade provavelmente estão relacionadas a ciclos globais de variação do nível do mar, já que ao longo do Mioceno, são registrados diversos momentos de aumento do nível global do mar, havendo uma diminuição deste nível a

partir do Mioceno Superior (Eberli, 2000; Sickel *et al.*, 2004; Miller *et al.*, 2005; Kominz *et al.*, 2008).

7.2. DATAÇÃO E CORRELAÇÃO

A distribuição estratigráfica dos gêneros e espécies estudados no testemunho 1-AS-31-AM permitiu verificar que, da base para o topo, a profundidade de 175,00 m é dominada por *T. scalaroides*, e também de uma diversidade expressiva de espécies de *Dyris*, entre estas: *Dyris renemai* (MZ8-MZ12), *Dyris megacariatus* (MZ11-MZ12) e *Dyris gracilis* (MZ6-MZ7); as espécies com menor representatividade são *Dyris microbispiralis* (MZ7) com dois exemplares, *Dyris bicarinatus* (MZ9-MZ12) e *Dyris elongatus* (MZ9-MZ12) com um exemplar cada.

Desta forma, a presença das espécies *Dyris gracilis* (MZ6-MZ7) e *Dyris microbispiralis* (MZ7) marcam a base do intervalo em MZ7, segundo o biozoneamento de Wesselingh *et al.* (2006a) e Wesselingh (2006a).

Na profundidade seguinte (174,70 m) ocorre uma brusca diminuição no número total de gastrópodes, principalmente de *Dyris*, com o desaparecimento da maioria das espécies, embora com o surgimento de *D. hoornae* (MZ7-MZ9) e a redução de *Dyris megacarinatus* e *Dyris bicarinatus*, ficando com um único exemplar.

Em 174,66 m há um leve aumento no número total de exemplares, onde *Dyris romeroi* (MZ8-MZ11) têm sua primeira ocorrência; *Dyris megacarinatus* desaparece junto com *D. microbispiralis*, *D. elongatus* e *D. microturritella*; *Dyris gracilis* volta a ocorrer e *Dyris bicarinatus* torna-se mais expressiva.

Na amostra 174,55 m o total de exemplares volta a subir, *Tryonia nuttalli* se torna mais expressiva juntamente com *Tryonia scalaroides*, assim como *Dyris megacarinatus*; *Dyris microturritella* volta a ocorrer com um único exemplar e o quase desaparecimento de *Dyris bicarinatus* e *Dyris romeroi*, enquanto que *Dyris renemai* e *Dyris gracilis* mantêm-se praticamente estáveis. Desaparecem as espécies *D. microbispiralis*, *D. elongatus* e *D. ariei*.

Em 174,40 m a diversidade de espécies e o número total de exemplares caem novamente, sendo esta profundidade dominada por *Tryonia scalarioides* e *Tryonia nuttalli*. *Dyris megacarinatus* se mantém com 5 exemplares, enquanto *Dyris bicarinatus* e *D. romeroi* com apenas um exemplar cada. Nesta profundidade ocorre o último aparecimento das espécies *D. ariei* (MZ9-MZ12), *D. hoornae* (MZ7-MZ9) e *D. microturritella* (MZ7-MZ12).

Na amostra 174,30 m ocorrem o desaparecimento de *D. megacarinatus* e o reaparecimento de *Dyris gracilis*, porém com um só exemplar; *Dyris bicarinatus* mantém-se estável com um exemplar e *Dyris romeroi* apresenta um leve aumento. *Tryonia scalarioides* e *Tryonia nuttalli* sofrem uma pequena queda mas permanecem sendo as espécies mais representativas.

Já no topo do intervalo (170,80 m) é possível observar novamente a maior diversidade de espécies embora *Tryonia scalarioides* e *Tryonia nuttalli* continuem a sofrer queda; enquanto *Dyris bicarinatus* e *Dyris gracilis* tornam-se mais abundantes; *Dyris romeroi* mantém-se estável e *D. renemai*, *D. microbispiralis* (MZ7), *D. elongatus* (MZ9-MZ12) e *Dyris megacarinatus* reaparecem, ainda que com pouca representatividade. Há também, ainda a primeira ocorrência de *Dyris mattii* (MZ7-MZ10).

Levando em consideração a restrita distribuição estratigráfica das espécies *D. gracilis* (MZ6-MZ7) e *D. microbispiralis* (MZ7) ao intervalo MZ7, de acordo com o biozoneamento de Wesselingh *et al.* (2006a) e suas presenças desde a profundidade mais inferior (175,00 m) até a mais superior da sequência (170,80 m), poderia-se inferir a idade Serravaliano (MZ7) para todo o intervalo. Entretanto a co-ocorrência com as demais espécies que surgem na MZ8/MZ9 como *D. elongatus* (MZ9-MZ12), *D. renemai* (MZ8-MZ12), *D. romeroi* (MZ8-MZ11), *D. ariei* (MZ9-MZ12), *D. bicarinatus* (MZ9-MZ12) e ainda *Tryonia scalarioides* (MZ8-MZ12), torna provável que o intervalo estudado se estenda ao início do Tortoniano (MZ9). Ainda a restrita distribuição de *D. hoornae* (MZ7/MZ9) e o surgimento de *D. matti* no final do intervalo (170,80 m) reforça que este não é mais antigo que MZ9, uma vez que esta espécie tem sua distribuição restrita a MZ7/MZ10, onde a biozona que lhe confere o nome (MZ10) é marcada pelo seu último aparecimento. *Dyris megacarinatus*, uma espécie bem

característica e de fácil identificação, cuja distribuição se dá nas biozonas MZ11-MZ12, conforme Wesselingh *et al.* (2006a), tem sua distribuição estendida para a MZ9 devido a que esta espécie é a única que não ocorre dentro do intervalo MZ7/MZ9, apontado pela associação das demais espécies do intervalo estudado. Desta forma, propõe-se que o intervalo onde os gastrópodes predominam no testemunho estudado é restrito a MZ7/MZ9, abrangendo o Serravaliano até o início do Tortoniano (Figura 24).

A idade do intervalo estudado no presente trabalho correlaciona-se ainda às biozonas de palinórfos *Crassoretirilettes* (Mioceno Médio/MZ6-MZ7) e *Grimsdalea* (Mioceno Médio a Superior/MZ8-MZ9), estabelecidas por Hoorn (1993) para o testemunho 1AS-4-AM (Amazonas, Brasil) e que se estendem também para outras áreas já estudadas no Peru e Colômbia.

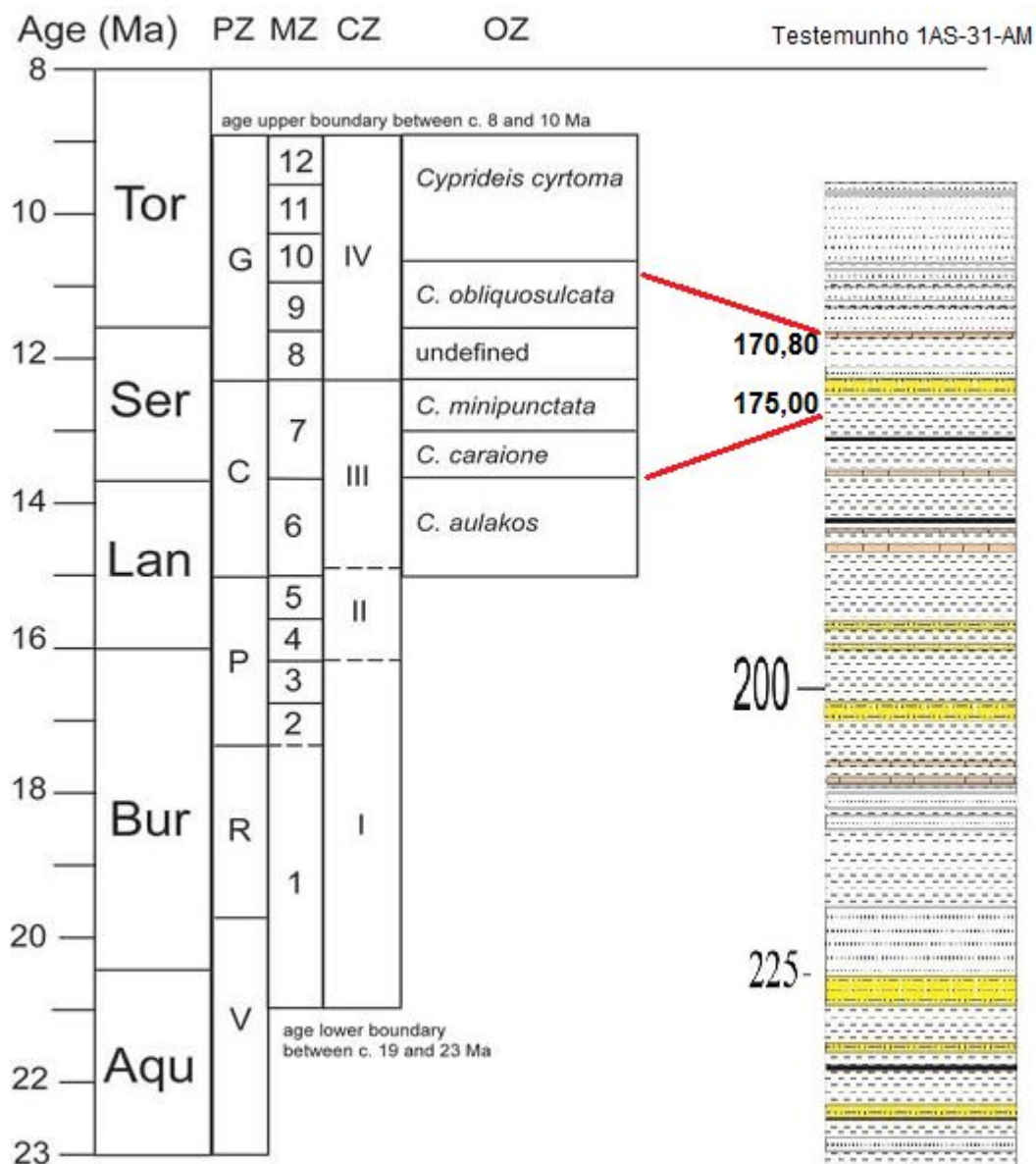


Figura 24: Correlação do testemunho 1AS-31-AM com biozonas de palinórfos (PZ), moluscos (MZ; CZ) e ostracodes (OZ). Fonte: Wesselingh *et. al.* (2006a).

8. CONCLUSÕES

8.1. TAXONÔMICAS

Foram recuperados do testemunho 1AS-31-AM, representantes dos gêneros: *Aylacostoma*, *Pyrgophorus*, *Onobops*, *Sheppardioconcha*, *Hemisinus*, *Littoridinops*, *Littoridina*, *Neritina*, *Toxosoma*, e os gêneros foco do presente estudo: *Dyris*, representados pelas espécies *D. bicarinatus*, *D. gracilis*, *D. romeroi*, *D. renemai*, *D. mattii*, *D. megacarinatus*, *D. microbispiralis*, *D. elongatus*, *D. microturritella*, *D. ariei*, *D. hoornae*; e *Tryonia*, representado por *T. scalarioides* e *T. nuttalli*.

8.2. PALEOAMBIENTAIS

Com base na análise taxonômica da fauna de gastrópodes (*Aylacostoma*, *Pyrgophorus*, *Onobops*, *Hemisinus*, *Littoridinops*, *Littoridina*, *Neritina*, *Toxosoma*, *Dyris* e *Tryonia*) encontrada no testemunho 1AS-31-AM, o presente trabalho conclui que a área de estudo fora marcada pela presença de lagos sazonais, próximos à lagunas, influenciados por constantes variações de salinidade, provavelmente relacionadas a pulsos transgressivos, que teriam sido responsáveis pela grande taxa de especiação do gênero *Dyris*, que se diversifica ao longo das amostras estudadas. A grande radiação do gênero reforça a instabilidade dos ambientes, assim como já demonstrados por outros grupos já registrados para a Formação Solimões. A ocorrência de gêneros de água doce, salobros dos gastrópodes encontrados no presente trabalho atesta a existência de um complexo lacustre a lagunar costeiro, influenciado por pulsos transgressivos. Ainda, a notável ciclicidade na proporção entre os gêneros ao longo das amostras estudadas aponta para um ambiente instável, provavelmente relacionado às variações físico-químicas, tendo a salinidade como um dos principais fatores de influência. Tais variações explicam a grande radiação principalmente do gênero *Dyris*, cuja posterior extinção possa esta associada ao estabelecimento do sistema fluvial atual.

8.3. PALEOBIOGEOGRÁFICAS

Espécies do gênero *Dyris* ainda pouco conhecidas, e que até então não haviam sido encontradas na Amazônia brasileira, tais como *D. megacarinatus*, *D. microbispiralis*, *D. renemai*, *D. elongatus*, *D. bicarinatus*, *D. hoornae*, *D. ariei* e *D. gracilis*, tiveram no presente trabalho os seus primeiros registros no Estado do Amazonas, Brasil, permitindo a correlação com outras áreas do Brasil, Peru e Colômbia. As espécies de *Tryonia* (*T. scalaroides* e *T. nuttalli*) já registradas também para outras áreas do Brasil, Peru e Colômbia têm aqui sua distribuição geográfica ampliada. Este gênero não apresentou grandes variações durante o intervalo estudado, se mostrando bastante tolerante às variações ambientais, assim como os representantes viventes do gênero na América Central e do Norte.

8.4. BIOESTRATIGRÁFICAS

A idade do intervalo entre 170,80m e 175,00m do testemunho 1AS-31-AM corresponde do final do Mioceno Médio ao início do Mioceno Superior (Serravaliano ao Tortoniano) e correlaciona-se às biozonas MZ7 a MZ9, propostas por Wesselingh & Salo (2006), e também às biozonas de palinomorfos *Crassoretritiletetes* (Mioceno Médio/MZ6-MZ7) e *Grimsdalea* (Mioceno Médio a Superior/MZ8-MZ9), estabelecidas por Hoorn (1993) que se estendem também para outras áreas já estudadas no Peru e Colômbia.

Conclui-se por fim, que no intervalo do final do Mioceno Médio (Serravaliano) ao início do Mioceno Superior (Tortoniano), a Amazônia Ocidental foi composta por um sistema de lagos e lagoas influenciadas por constantes e bruscas variações do nível do mar, que contribuíram para uma grande taxa de especiação e extinções dentre a fauna de gastrópodes. Tais variações de salinidade provavelmente estão relacionadas aos ciclos globais de variação do nível do mar, já que ao longo do Mioceno, são registrados diversos momentos de aumento do nível global do mar, havendo uma diminuição deste nível a partir do Mioceno Superior.

O presente estudo reforça que a presença das incursões marinhas e os pulsos tectônicos do final do Mioceno Médio para o início do Mioceno Superior na Amazônia

serem um dos maiores marcadores para a correlação intra-basinal entre o Peru, Brasil, Colômbia, Equador e Bolívia.

REFERÊNCIAS

- Antonie P., 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., 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., Véléz-Juarbe J., 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.
- Barata F.C. & Caputo M.V. 2007. Geologia do petróleo da Bacia do Solimões. O “Estado da arte”, 4º PDPETRO, Campinas, SP: 1-10.
- Boettger O. 1878. Die Tertiärfauna von Pebas am oberen Marañon. *Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichsanstalt*, **28** (3): 485-504.
- Boonstra M., Ramos M. I. F., Lammertsma E. I., Antoine, P. O., Hoorn C. 2015. Marine connections of Amazonia: Evidence from foraminifera and dinoflagellate cysts (early to middle Miocene, Colombia/Peru). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **417** (2015): 176-194.
- 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.
- Caputo M.V. 1984. Stratigraphy, tectonics, palaeoclimatology and palaeogeography of northern basins of Brazil. PhD Thesis, University of California, Santa Barbara, 532p.
- Caputo M.V., Rodrigues, R., Vasconcelos, D.N.N., 1971. Litoestratigrafia da Bacia do Rio Amazonas. *Relatório Técnico Interno*. 641-A. Petrobrás- Renor, Belém, p. 35-46.
- Caputo M.V. & Silva O.B. 1990. Sedimentação e Tectônica da Bacia do Solimões. In: Cabaglia G.P.R.; Milani. E.J. (Eds.). *Origem e Evolução de Bacias sedimentares*. Rio de Janeiro, Petrobrás, p. 169-193.
- Conrad T. A. 1871. Descriptions of a new fossil shells of the upper Amazon. *American Journal of Conchology*, **6** (3): 192-8.
- Eberli G. P. 2000. The record of Neogene sea-level changes in the prograding carbonates along the Bahamas Transect. *Proceedings of the Drilling Program, Scientific Results*, **166**: 167-177.
- 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.

- Gabb W. 1868. Descriptions of fossils from the Clay deposits of the upper Amazon. *American Journal of Conchology*, **4**: 197-200.
- Gross M., Piller W. E., Ramos M.I., da Silva Paz J. D., 2011. Late Miocene sedimentary environments in south-western Amazonia (Solimões Formation; Brazil), *Journal of South American Earth Sciences*, **32** (2): 169-181.
- Gross M., Ramos M. I., Caporaletti M., Piller W. E. 2013. Ostracods (Crustacea) and their paleoenvironmental implication for the Solimões Formation (Late Miocene; Western Amazonia/Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, **42**: 216-241.
- 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., Ramos M. I. F., Piller W. E. 2015. A minute ostracode (Crustacea: Cytheromatidae) from the Miocene Solimões Formation (western Amazonia, Brazil): evidence for marine incursions?. *Journal of Systematic Palaeontology*, **14** (7): 581-602
- Guimarães L.I.A. 2011. *Estudo sitemático de gastrópodes neógenos, com ênfase ao gênero Tryonia (Stimpson, 1865), Formação Solimões, Estado do Amazonas*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 86p.
- Haas F. 1949. On fresh water mollusks from the Amazonian region. *Anales Instituto Biologico del Universidad de Mexico*, **20**: 301-314.
- Hershler R., 2001. Systematics of the North and Central American aquatic snail genus *Tryonia* (Rissooidea: Hydrobiidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*, **612**: 1-53.
- Hershler R., Mulvey M., Liu H. P. 1999. Biogeography in the Death Valley region: evidence from springsnails (Hydrobiidae: *Tryonia*). *Zoological Journal of the Linnean Society*, **126**(3): 335-354.
- 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.
- Horn C. 1994a. Fluvial palaeoenvironmental in the intracratonic Amazonas Basin (Early Miocene- Early Middle Miocene) Colombia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **109**: I-54.

- Hoorn C. 1994b. An environmental reconstruction of the palaeo-Amazon River system (Middle-Late Miocene, NW Amazonia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **112**:187-238.
- Hoorn C., Wesselingh, F.P., Hovikoski J., Guerrero J. 2010a. The development of the Amazonian mega-wetland (Miocene; Brazil, Colombia, Peru, Bolívia) *In*: Hoorn C. & Wesselingh F.P. (eds). *Amazonia: Landscape and species evolution, a look into the past*, Wiley-Blackwell publications, 123-142.
- Hoorn C., Wesselingh F.P., Streege H., Bermudez M.A., Mora A., Sevink J., Sanmartín I., Sanchez-Meseguer A., Anderson C.L., Figueiredo J.P., Jaramilho C., Riff D., Negri F.R. Hooghiemstra H., Stadler T., Särkinen T., Antonelli A. 2010b. Amazonia Through Time: Andean Uplift, Climate Change, Landscape Evolution, and Biodiversity. *Science*, **330** (6006): 927-931.
- Hulka C., Gräfe K. U, Sames B., Uba C. E., Heubeck C. 2006. Depositional setting of the Middle to Late Miocene Yecua Formation of the Chaco Foreland Basin, southern Bolivia. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 135-150.
- Kaandorp R. J. G., Vonhof H.B., Wesselingh F.P., Romero Pittman L., Kroon D. & Hinte J.E. van. 2005. Seasonal Amazonian rainfall variation in the Miocene limatic optimum. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **221**: 1-6.
- Kominz M. A., Browning J. V., Miller K. G., Sugarman P. J., Mizintseva S., Scotese C. R. 2008. Late Cretaceous to Miocene sea-level estimates from the New Jersey and Delaware coastal plain coreholes: an error analysis. *Basin Research*, **20**: 211-226.
- Kroonenberg S. B., Roeber E. W. F. 2010. Geological evolution of the Amazonian Craton *In*: Hoorn C. & Wesselingh F.P. (eds). *Amazonia: Landscape and species evolution, a look into the past*. UK, Wiley-Blackwell publications, p. 9-28.
- Latrubesse E.M., Cozzuol M., Silva-Caminha S.A.F., Rigsby C.A., Absy M.L., Jaramilho C.A. 2010: The Late Miocene paleogeography of the Amazon Basin and the evolution of the Amazon river system. *Earth-Science Reviews*, **99**: 99–124.
- 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.
- Leite F. P. R. 2006. *Palinologia da Formação Solimões, Neógeno da Bacia do Solimões, Estado do Amazonas, Brasil: Implicações paleoambientais e bioestratigráficas*. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 69p.
- Linhares A. P., Machado Jr, L., Ramos M. I. F. 2013. O gênero *Cyprideis* (Crustacea, Ostracoda) em depósitos da Formação Solimões, Atalaia do Norte, AM, Brasil. *Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia*. Outubro/2013.

- Linhares A.P., Ramos M.I., Gross M., Piller W.E. 2011. Evidence for marine influx during the Miocene in southwestern Amazonia, Brazil. *Geología Colombiana*, **36**(1): 91-104.
- Lundberg J. G., Aguilera O. 2003. The Late Miocene *Phractocephalus* catfish (Siluriformes: Pimelididae) from Urumaco, Venezuela: additional specimens and reinterpretation as a distinct species. *Sociedade Brasileira de Ictiologia*, **1** (2): 97-109.
- Lundberg J. G., Pérez M. H. S., Dahdul W. M., Aguilera O. A. 2010. The Amazonian Neogene fish fauna *In*: Hoorn C. & Wesselingh F.P. (eds). Amazonia: *Landscape and species evolution, a look into the past*. UK, Wiley-Blackwell publications, p. 281-301.
- Machado L. G., Scheel-Ybert R., Bolson R., T., Carvalho M. A., Carvalho I. S., 2012. Lenhos fósseis do Neógeno da Bacia do Acre, Formação Solimões: contexto paleoambiental. *Revista Brasileira de Geociências*, **42**(1): 67-80.
- Maia R.G.N., Godoy H. de O., Yamaguti H.S., Moura P.A., Costa F.S.F. da, Holanda, M.A., Costa J.A. 1977. *Projeto Carvão no Alto Solimões; Relatório Final*. Manaus: CPRM; DNPM, **1**: 142 p.
- 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.
- Maury C.J. 1937. Argilas fossilíferas do Plioceno do Território do Acre, Brasil. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, **77**: 1-29.
- Miller K. G., Kominz M. A., Browning J. V., Wright J. D., Mountain G. S., Katz M. E., Sugarman P. J., Cramer B. S., Christie-Blick N., Pekar S. F. 2005. The Phanerozoic Record of Global Sea-Level Change. *Science*, **310**: 1293-1298.
- Monsch K.A. 1998. Miocene fish faunas from the northwestern Amazonia Basin (Colombia, Peru, Brazil) with evidence of marine incursions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **143**: 31-50.
- Muñoz-Torres F., Whatley R., Harten Van. D. 1998. The endemic Non-marine Miocene ostracod fauna of the upper Amazon Basin. *Revista Española de Micropaleontología*, **30** (3): 89-105.
- Muñoz-Torres F., Whatley R.C., Harten D. van. 2006. Miocene ostracod (Crustacea) biostratigraphy of the Upper Amazon Basin and evolution of the genus Cyprideis. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 75-86.
- Negri F. R., Bocquentin-Villanueva J., Ferigolo J., Antoine P. 2010. A review of the Tertiary mammal faunas and birds from western Amazonia *In*: Hoorn C. & Wesselingh F.P. (eds). Amazonia: *Landscape and species evolution, a look into the past*. UK, Wiley-Blackwell publications, p. 245-258.

- Nogueira A. C. R., Silveira R., Guimarães J. T. F. 2013. Neogene-Quaternary sedimentary and paleovegetation history of the eastern Solimões Basin, central Amazon region. *Journal of South American Earth Sciences*, **46**: 89-99.
- 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.
- 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.
- Ortiz L. F. & Blanco J. F. 2012. Distribución de los gasterópodos del manglar, *Neritina virgínea* (Neritidae) y *Littoraria angulifera* (Littorinidae) em La Ecorregión Darién, Caribe colombiano. *Revista de biología tropical*, **60** (1): 219-232.
- Pereira A. P. L. 2011. *Ostracodes da Formação Solimões, neógenos do estado do Amazonas, Brasil, taxonomia, paleoecologia e bioestratigrafia*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica. Universidade Federal do Pará. 112p.
- Purper I. 1979. Cenozoic Ostracodes of the Upper Amazon Basin, Brazil. *Pesquisas*, **12**: 209-281.
- Purper I. & Pinto I. D. 1983. New genera and species of ostracodes of the Upper Amazon Basin, Brazil. *Pesquisas*, **15**: 113-126
- Radambrasil. 1977. Folha SB.19 Juruá: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. (DNPM), Brasil, 436 p.
- Ramos M. I. F. 2006. Ostracods from the Neogene Solimões Formation (Amazonas, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 87-95.
- Räsänen M.E., Linna A.M., Santos J.C.R., Negri F.R. 1995: Late Miocene Tidal Deposits in the Amazonian Foreland Basin. *Science*, **269**: 386-390.
- Riff D., Romano P. S. R., Oliveira G.R., Aguilera O. A. 2010. Neogene crocodile and turtle fauna. In: Hoorn C. & Wesselingh F. P. (eds). *Amazonia: Landscape and species evolution, a look into the past*. UK, Wiley-Blackwell publications, p. 259-280.
- Rosenberg G., Moretzohn F., García E. F. 2009. Gastropoda (Mollusca) of the Gulf of Mexico In: Felder D. L. & Camp D. K. (eds). *Gulf of Mexico-Origin, Waters, and Biota. Biodiversity*. Texas A&M University Press, p. 579-699.

- Rossetti D. F., Toledo P. M., Góes A. M. 2005. New geological framework for Western Amazonia (Brazil) and implications for biogeography and evolution. *Quaternary Research*, **63**: 78-89.
- 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 Ciências*, **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.
- Salvador R. B., Simone L. R. L. 2013. Taxonomic revision of the fóssil pulmonate mollusks of Itaboraí Basin (Paleocene), Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, **53 (2)**: 5-46.
- Santos E. C. M., Castro J. S. 1967. Moluscos cenozoicos de água doce do Alto Amazonas. *Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica, Geociências*, **1**: 411-23.
- Shepard L. & Bate R. 1980. Plio-Pleistocene ostracods from the Upper Amazon of Colombia and Peru. *Palaeontology*, **23 (1)**: 97-124.
- Sickel W. A., Kominz M. A., Miller K. G. Browning J. V. 2004. Late Cretaceous and Cenozoic sea-level estimates: backstripping analysis of borehole data, onshore New Jersey. *Basin Research*, **16**: 451-465.
- Silva-Caminha S. A. F. 2008. *Palinologia do Neógeno da Bacia do Alto Solimões, Amazônia Ocidental, Brasil: Aspectos sistemáticos, bioestratigráficos e paleoecológicos*. PhD Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 72p.
- 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., Souza P. A. 2015. Palinologia (grãos de pólen de angiospermas) das Formações Solimões e Içá (Bacia do Solimões), nas regiões de Coari e Alto Solimões, Amazonas. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **18 (3)**: 455-474.
- Simone L. R. L. 2006. *Landscape and Freshwater Molluscs of Brazil*. São Paulo, EGB Fapesp, 390p.
- Souza E. L., Galvão P. H. F., Pinheiro C. S. S., Baessa M. P. M., Demétrio J. G. A., Brito W. R. R. 2013. Síntese da hidrogeologia nas bacias sedimentares do Amazonas e do Solimões: Sistemas Aquíferos Içá-Solimões e Alter do Chão. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, **13 (1)**: 107-117.
- Stimpson W. 1865. Researches upon the Hydrobiinae and allied forms: chiefly made from materials in the Museum of the Smithsonian Institution. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, **7**: 1-59.

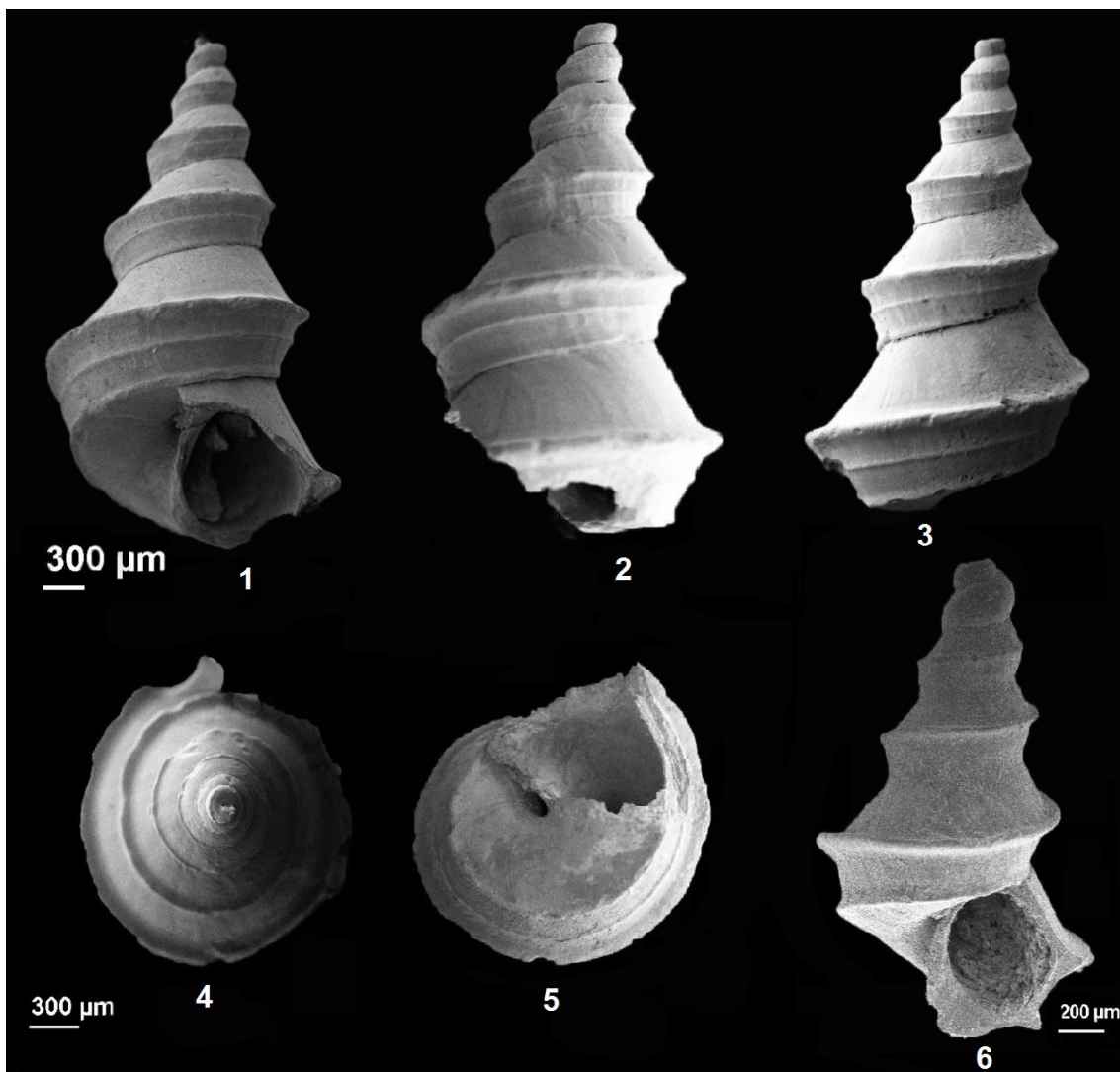
- Vonhof H.B., Wesselingh F.P., Gringas G.M. 1998: Reconstruction of the Miocene western Amazonian aquatic system using molluscan isotopic signatures. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **141**: 85-93.
- Vonhof H. B., Wesselingh F.B., Kaandorp R.J., Davies G.R, van Hinte J.E., Guerrero L., Räsänen M., Romero-Pitman L., Ranzi A. 2003: Palaeogeography of Miocene Western Amazonia: isotopic composition of molluscan shells constrain the influence marine incursions. *Geological Society of American Bulletin*, **20**: 983-993.
- Wanderley Filho J.R.W., Eiras J.F., Vaz P.T. 2007. Bacia do Solimões. *Boletim de Geociências. Petrobras*, **15** (2): 217-225.
- Wanderley Filho J.R.W.; 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*. UK, Wiley-Blackwell publications, p. 29-37.
- Wesselingh F. P. 2000. On relict hydrobiid species in Brazilian Amazonia (Gastropoda, Prosobranchia, Hydrobiidae). *Basteria*, **64**: 129-136.
- Wesselingh F. P. 2006a. Molluscs from the Miocene Pebas Formation of Peruvian and Colombian Amazonia. *Scripta Geologica*, **133**: 19-290.
- Wesselingh F. P. 2006b. Evolutionary ecology of the Pachydontinae (Bivalvia, Corbulidae) in the Pebas lake/wetland system (Miocene, western Amazonia). *Scripta Geologica*, **133**: 395-417.
- Wesselingh F. P. 2006c. Miocene long-lived lake Pebas as a stage of mollusc radiations, with implications for landscape evolution in western Amazonia. *Scripta Geologica*, **133**: 1-17.
- Wesselingh F. P. 2008. Molluscan Radiations and Landscape Evolution in Miocene Amazonia. Turun Yliopiston Julkaisuja. Annales Universitates Turkuensis. *Sarja - ser. Aiiosa - tom.*, **232**: p. 1-41.
- Wesselingh F. P., Guerrero J., Räsänen M., Romero Pitmann L. & Vonhof H. 2006c. Landscape evolution and depositional processes in the Miocene Amazonian Pebas lake/wetland system: evidence from exploratory boreholes in northeastern Peru. *Scripta Geologica*, **133**: 323-361.
- Wesselingh F.P., Hoorn M.C., Guerrero J., Räsänen M.E., Romero Pittmann L., Salo J. 2006a. The stratigraphy and regional structure of Miocene deposits in western Amazonia (Peru, Colombia and Brazil), with implications for Late Neogene landscape evolution. *Scripta Geologica*, **133**: 291-322.

- Wesselingh F.P., Kaandorp R.J.G., Vonhof H.B., Rasanen M.E., Renema W., Gingras M. 2006d. The nature of aquatic landscapes in the Miocene of western Amazonia: an integrated palaeontological and geochemical approach. *Scripta Geologica*, **133**: 363-393.
- Wesselingh F. P., Macsotay O. 2006. *Pachydon hettneri* (Anderson, 1928) as indicator for Caribbean-Amazonian lowland connections during the Early-Middle Miocene. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 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, Wiley-Blackwell publications, p. 302-316.
- Wesselingh F.P., Ranzi A. & Räsänen M.E. 2006b. Miocene freshwater Mollusca from western Brazilian Amazonia. *Scripta Geologica*, **133**: 419-437.
- Wesselingh F.P., Räsänen M.E., Irion G., Vonhof H.B., Kaandorp R.J.G., Renema W. Romero-Pittman I., Gingras M.K., 2002. Lake Pebas: A palaeo-ecological reconstruction of a Miocene long-lived lake complex in Western Amazonia. *Cenozoic. Research*, **1**: 35-81.
- Wesselingh F. P. & Salo J.A. 2006. Miocene perspective on the evolution of the Amazonian biota. *Scripta Geologica*, **133**: 439-458.
- Woodward H. 1871. The tertiary shells of the Amazon Valley. *Annals & Magazine of Natural History*, 4th. Serie, London, 7: 59-64, 101-9.

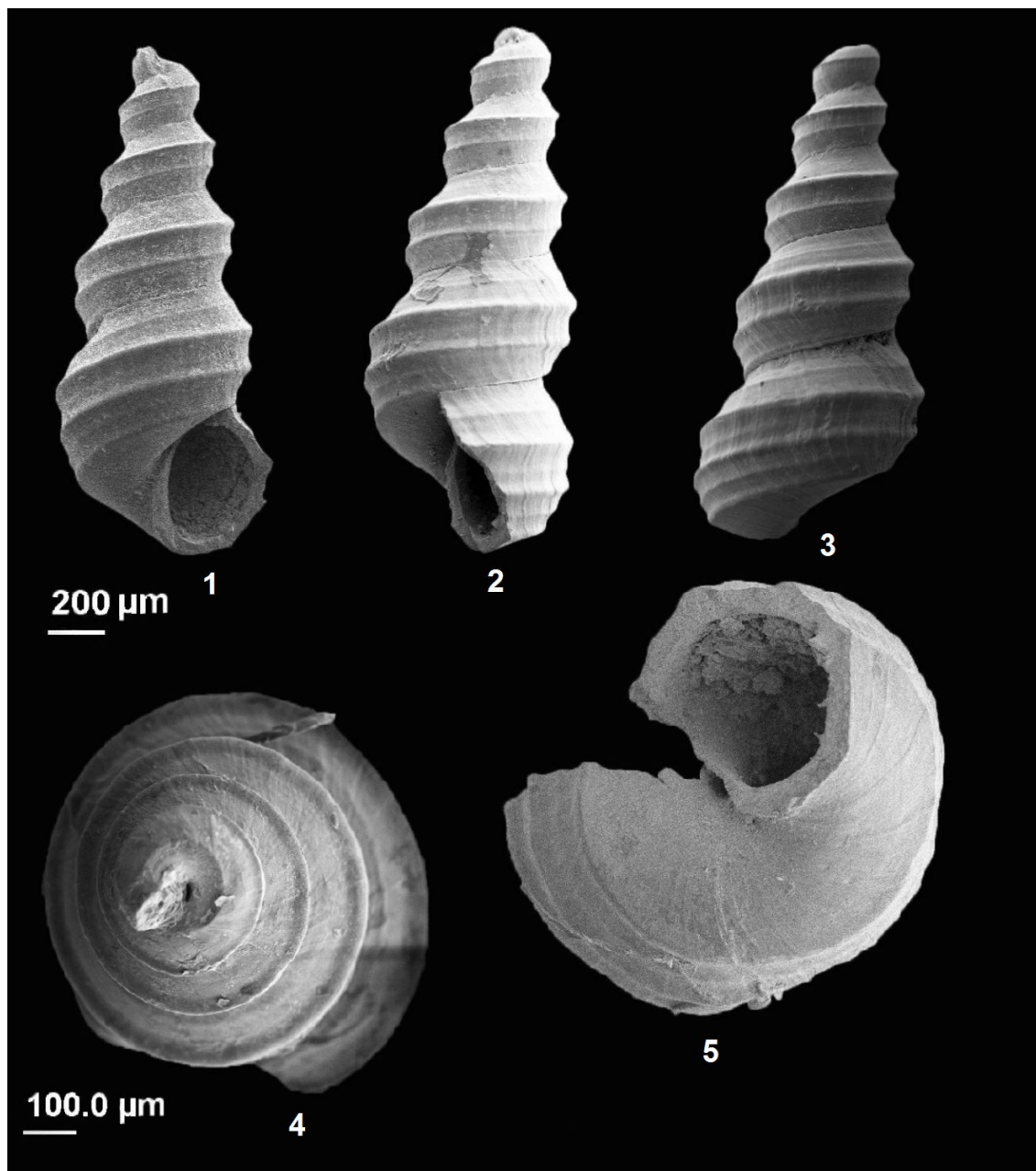
ANEXOS

Tabela 1: Espécies de *Dyris* e *Tryonia* identificadas no testemunho 1AS-31-AM. Quantidades por amostra.

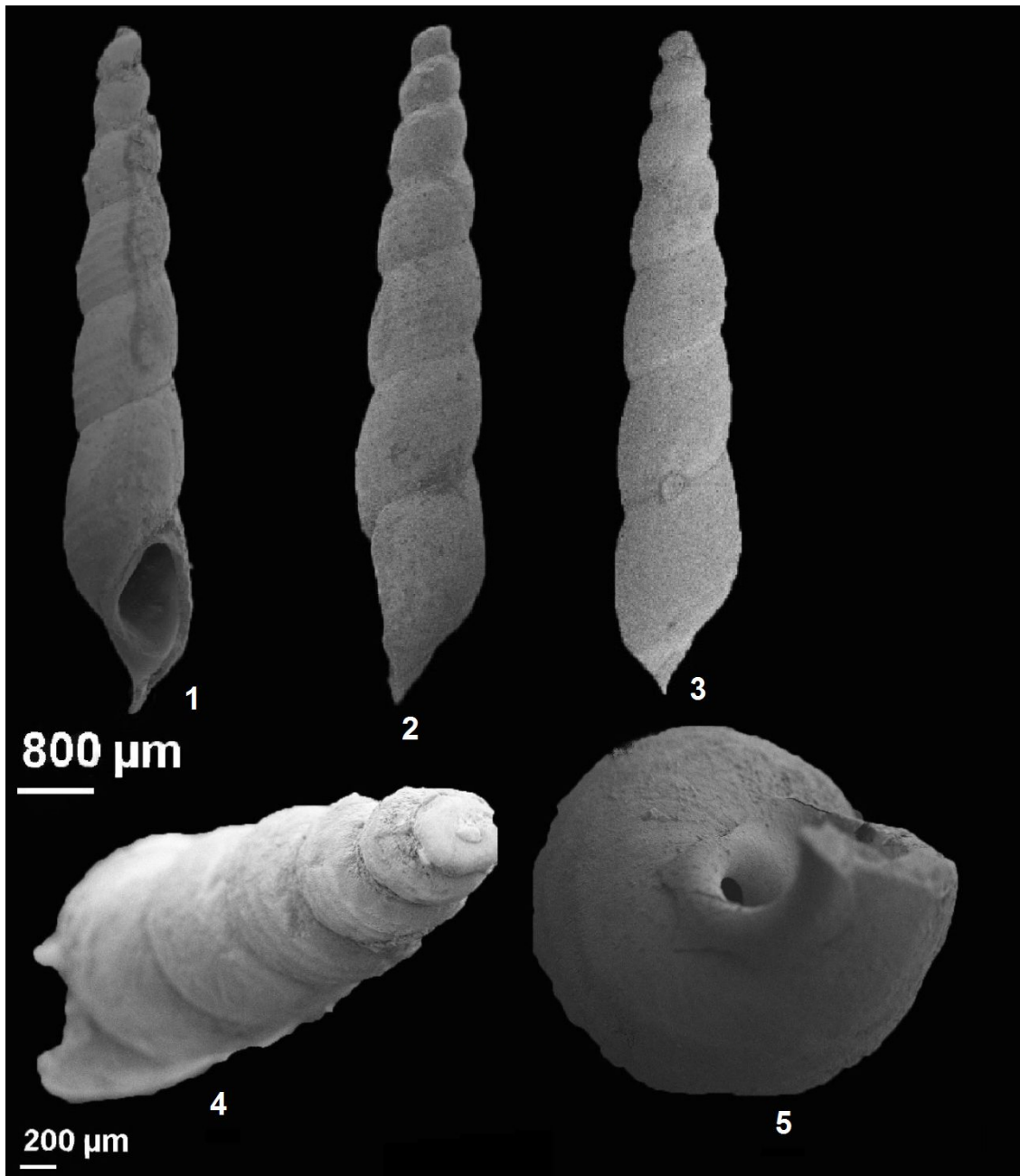
	<i>Tryonia scalarioides</i>	<i>Tryonia nuttalli</i>	<i>Dyris bicarinatus</i>	<i>Dyris gracilis</i>	<i>Dyris romeroi</i>	<i>Dyris renemai</i>	<i>Dyris mattii</i>	<i>Dyris megacarinatus</i>	<i>Dyris microbispiralis</i>	<i>Dyris elongatus</i>	<i>Dyris microturritella</i>	<i>Dyris ariei</i>	<i>Dyris hoornae</i>
175,00m	190	2	1	10	0	12	0	13	2	1	1	2	0
174,70m	14	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
174,66m	18	2	3	2	2	3	0	0	0	0	0	3	0
174,55m	46	23	1	3	1	3	0	5	0	0	1	0	1
174,40m	47	9	1	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0
174,30m	28	10	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
170,80m	25	11	5	5	2	2	3	2	1	1	0	0	0
Total	368	63	13	21	8	20	3	26	3	2	2	5	2



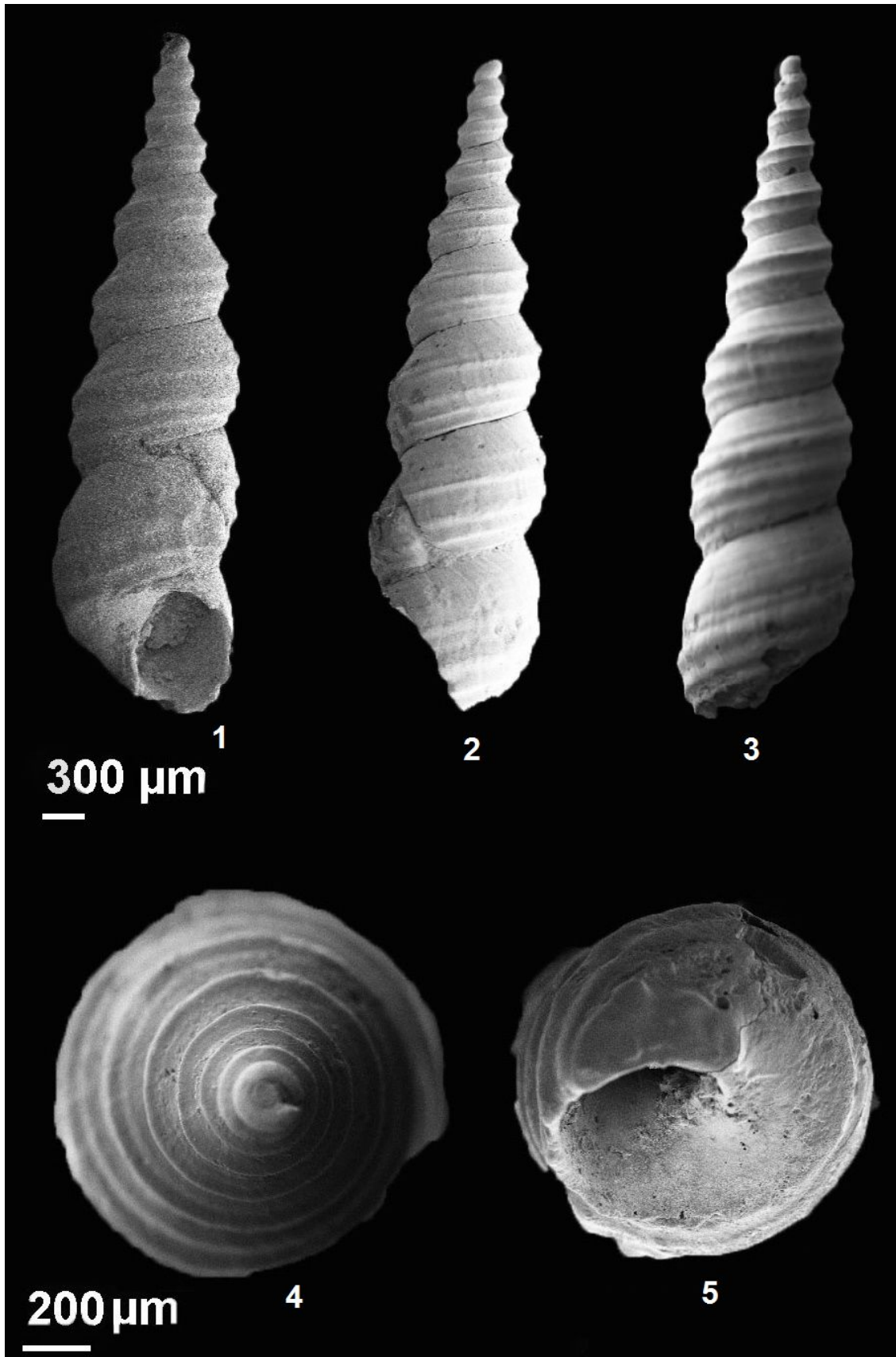
Estampa 1, Figuras 1 – 6: *Dyris megacarinatus*, MPEG-2622-I: (1) vista frontal; (2) vista lateral; (3) vista dorsal; (4) vista apical e (5) vista basal; MPEG-2623-I: (6) vista frontal.



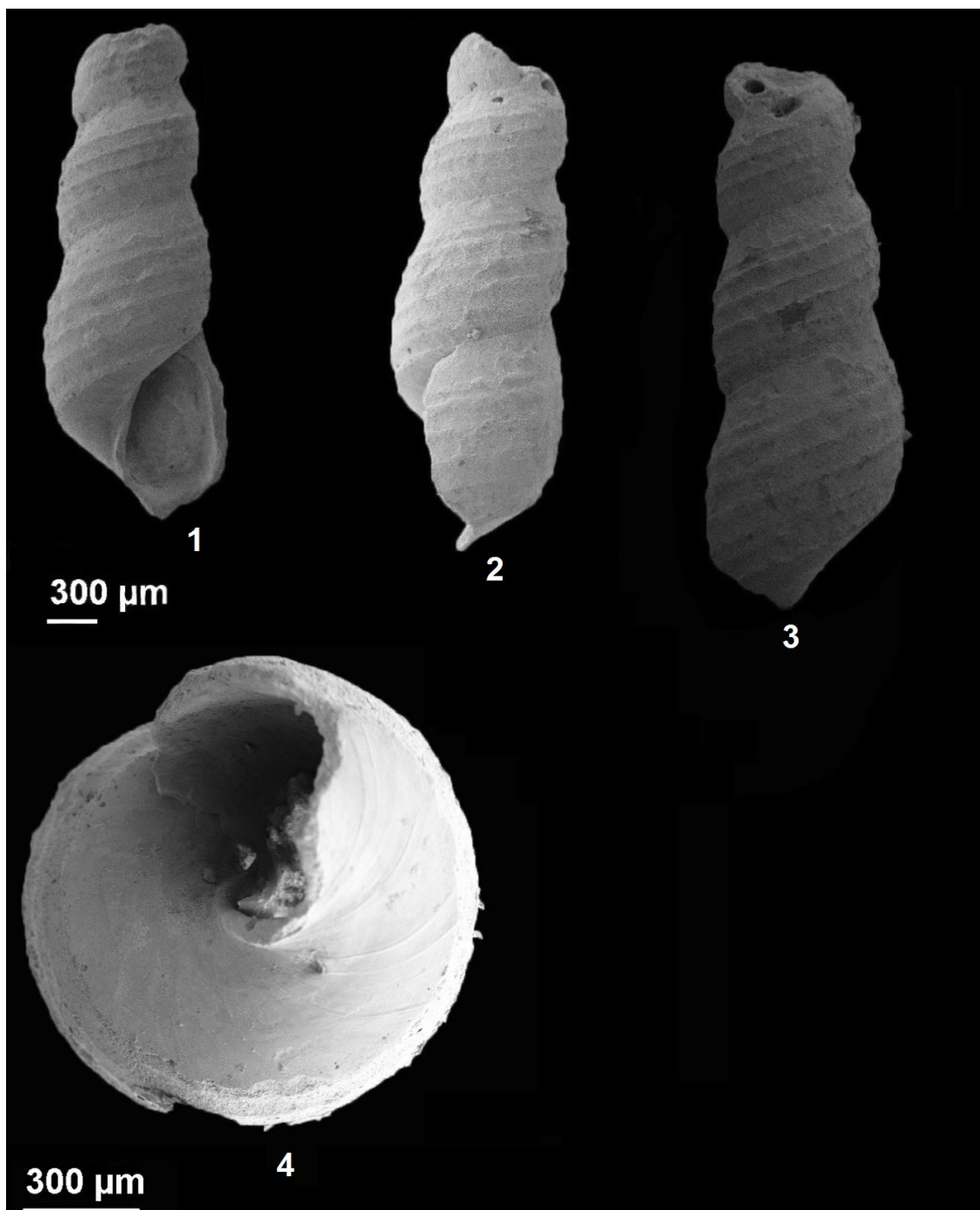
Estampa 2, Figuras 1 – 5: *Dyris microbispiralis*, MPEG-2624-I: vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3); apical (4) e basal (5).



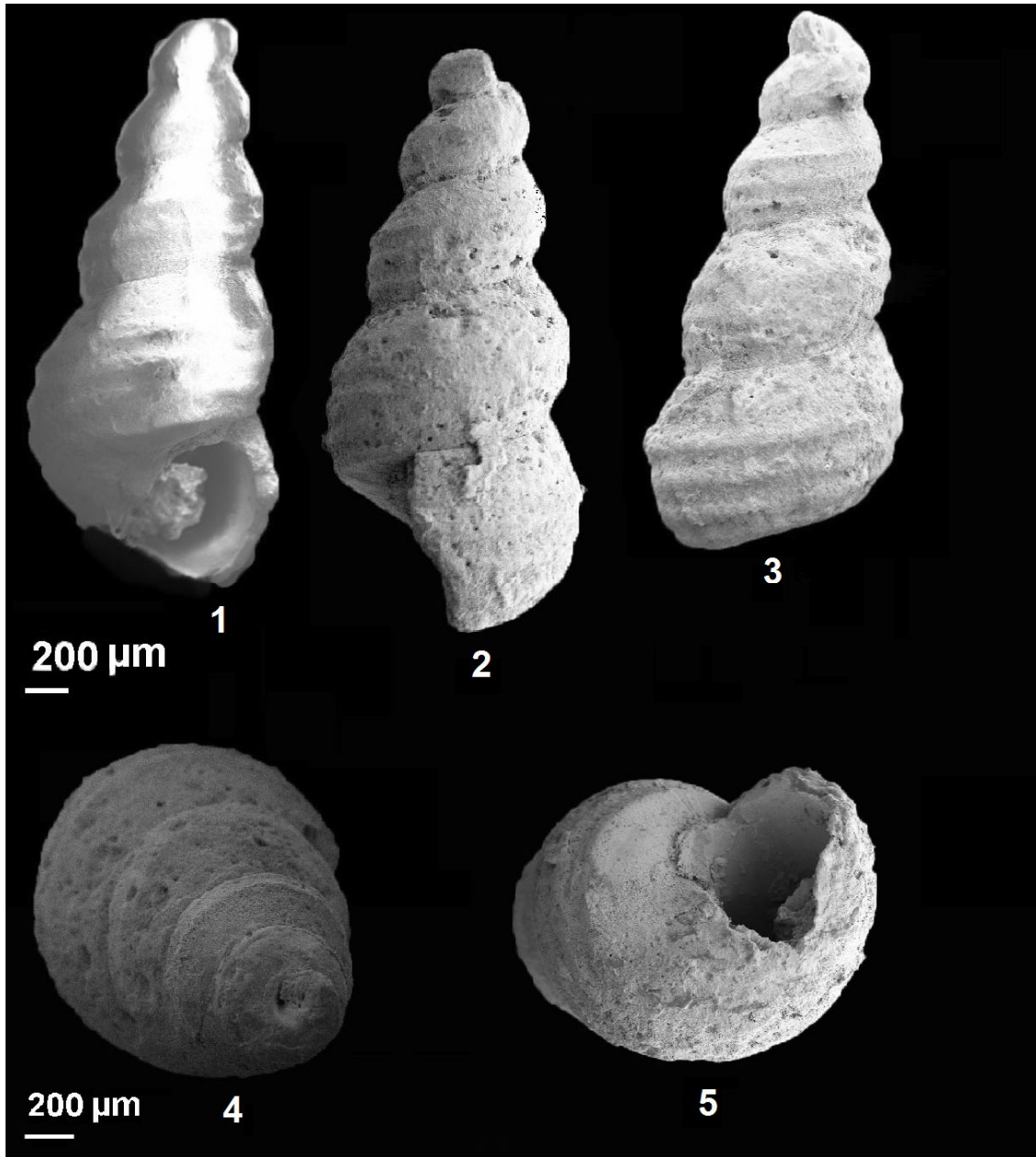
Estampa 3, Figuras 1 – 5: *Dyrus elongatus* MPEG-2625-I: vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3); apical (4) e basal (5).



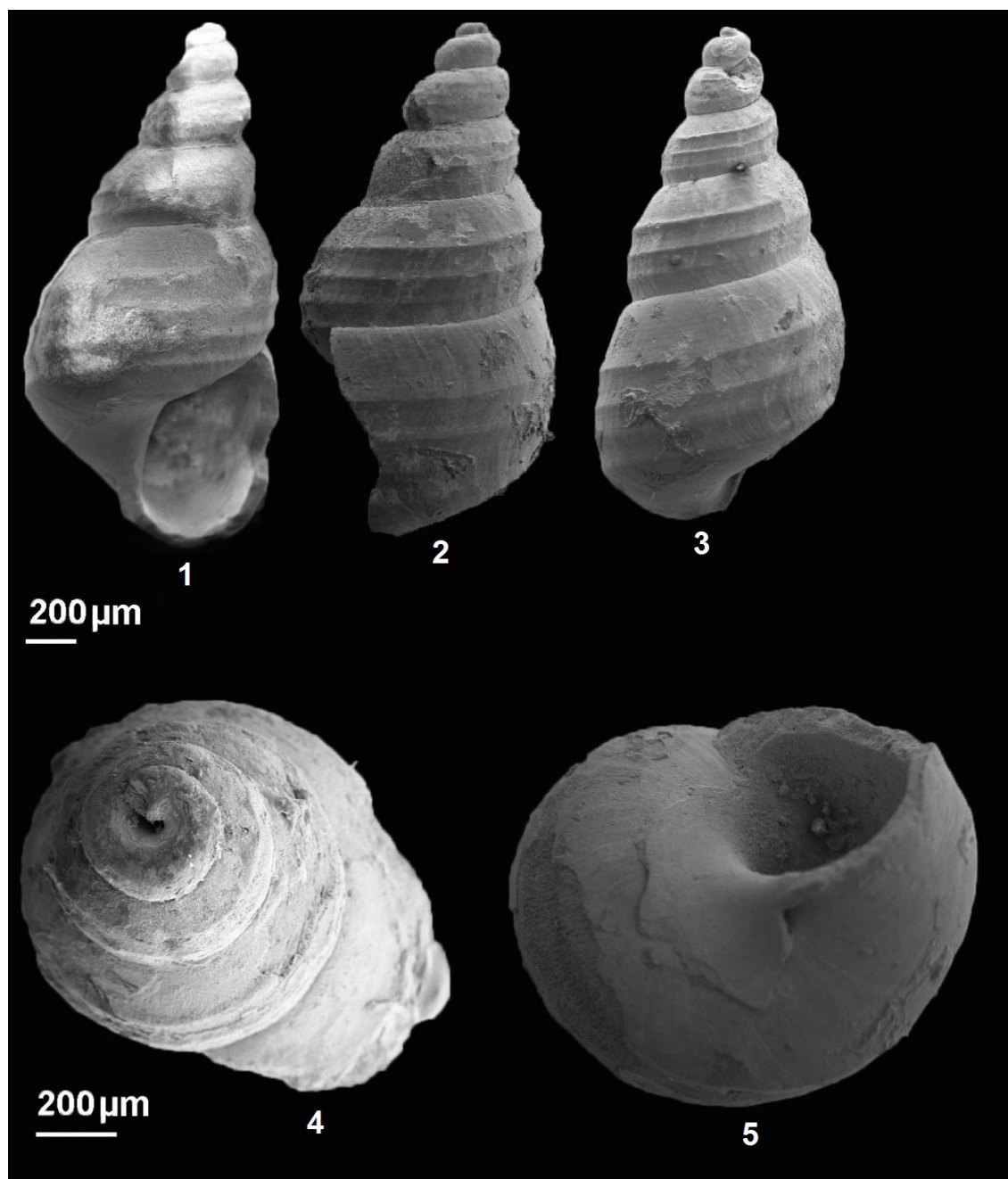
Estampa 4, Figuras 1 – 5: *Dyrus renemai*, MPEG-2626-I: vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3); apical (4) e basal (5).



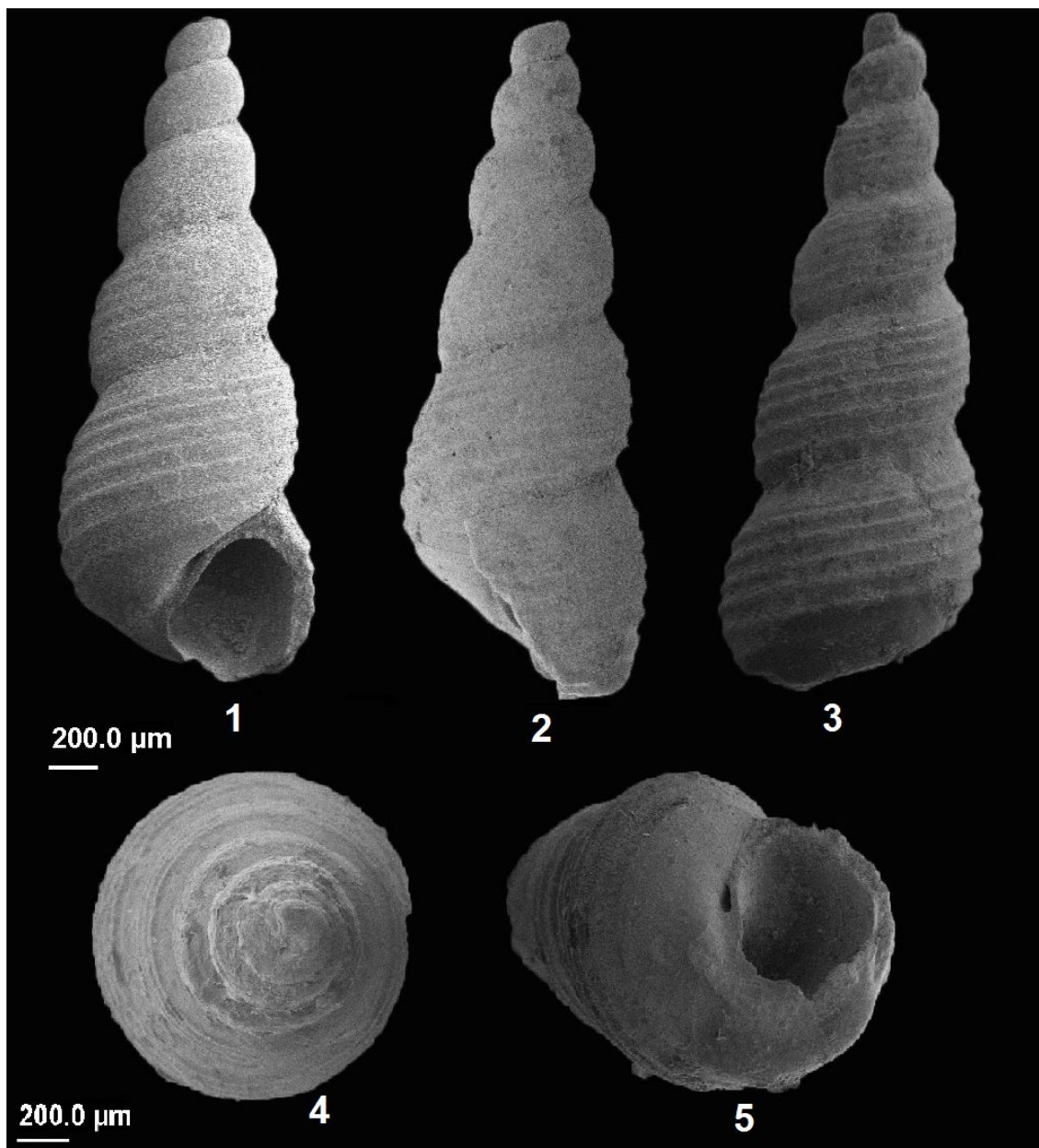
Estampa 5, Figuras 1 – 4: *Dyrus gracilis*, MPEG-2627-I: vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3) e basal (4).



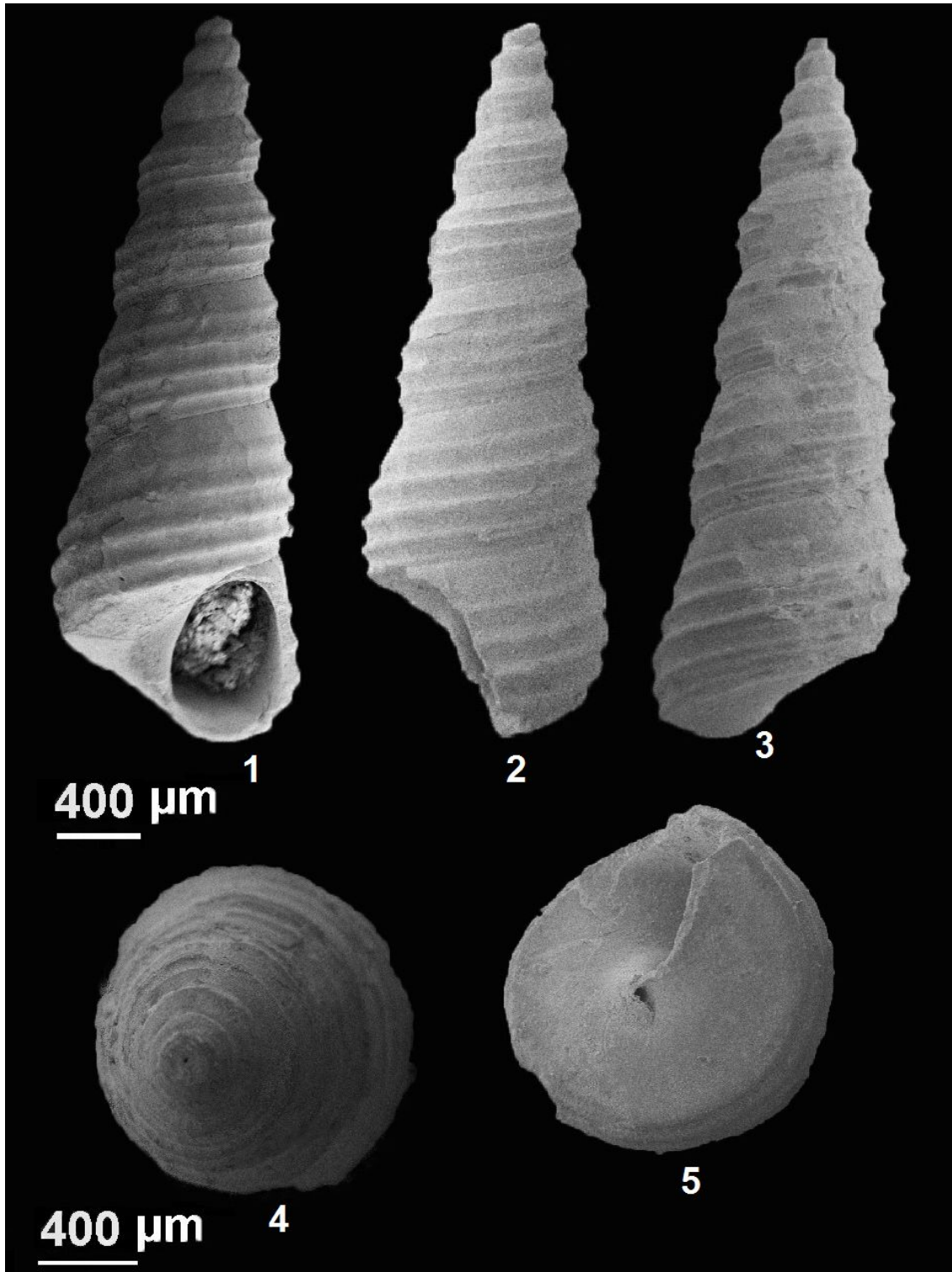
Estampa 6, Figuras 1 – 5: *Dyrus romeroi*, MPEG-2628-I: vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3); apical (4) e basal (5).



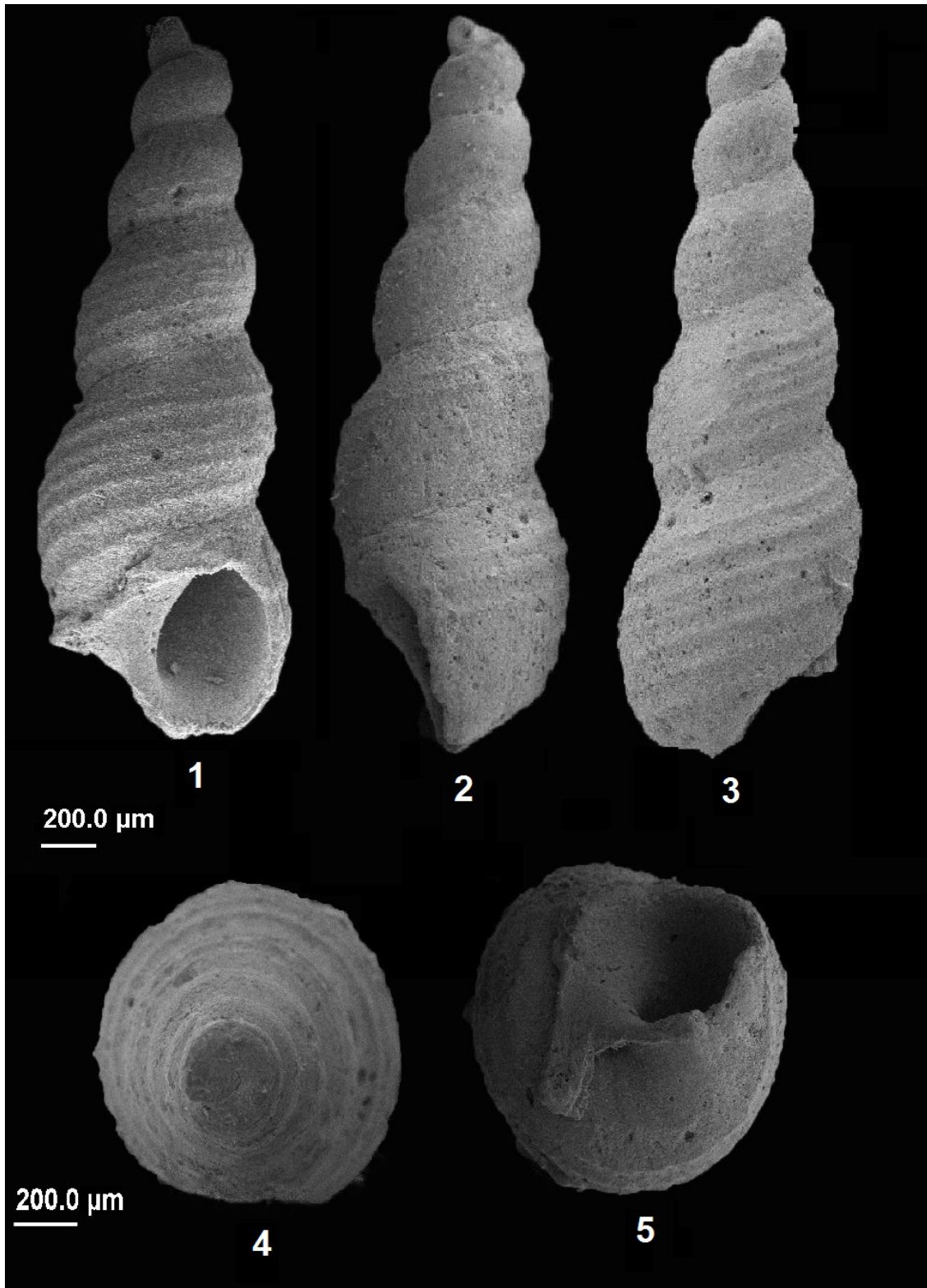
Estampa 7, Figuras 1 – 5: *Dyris hoornae*, MPEG-2629-I: vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3); apical (4) e basal (5).



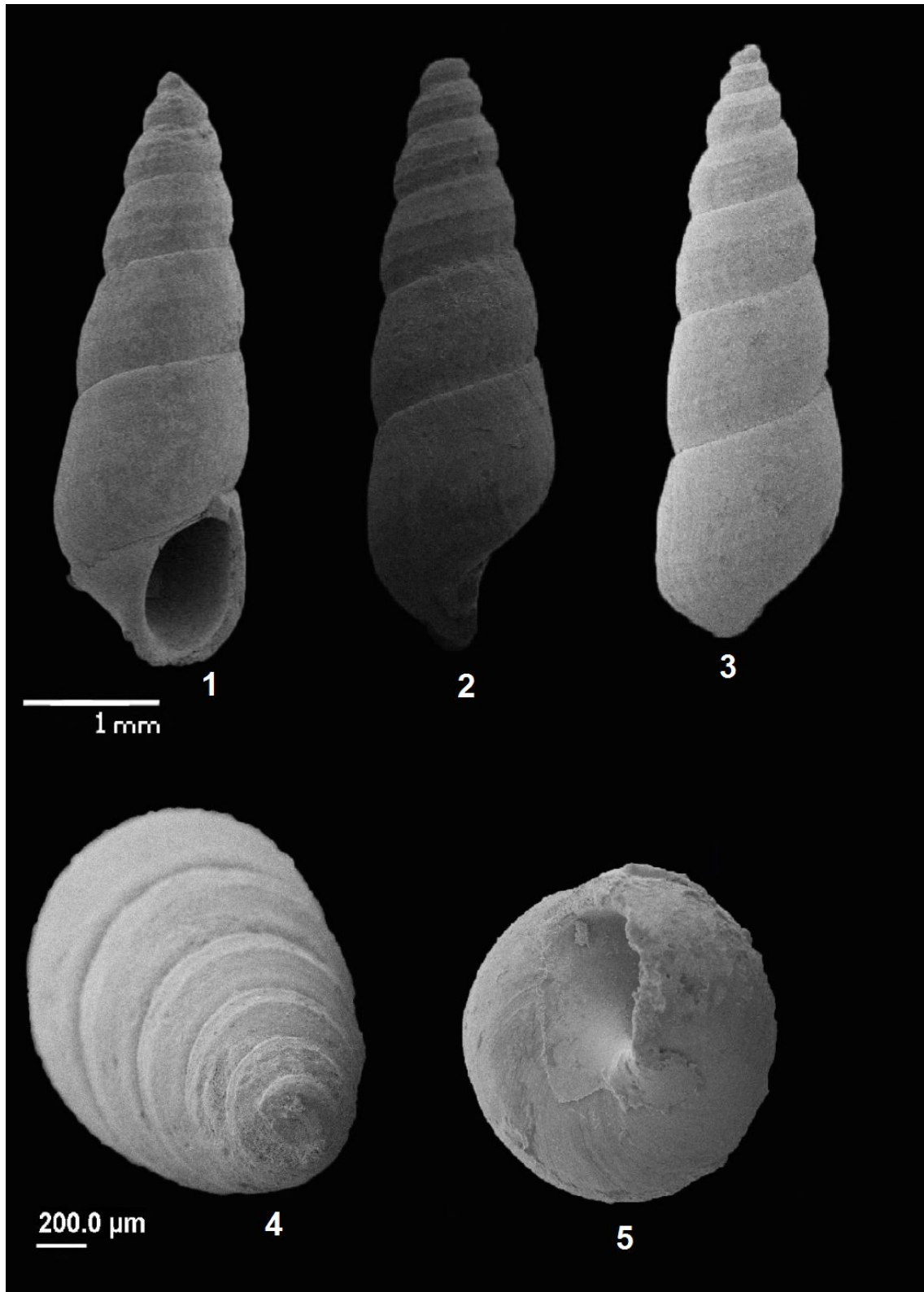
Estampa 8, Figuras 1 – 5: *Dyrus ariei*, MPEG-2630-I : vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3); apical (4) e basal (5).



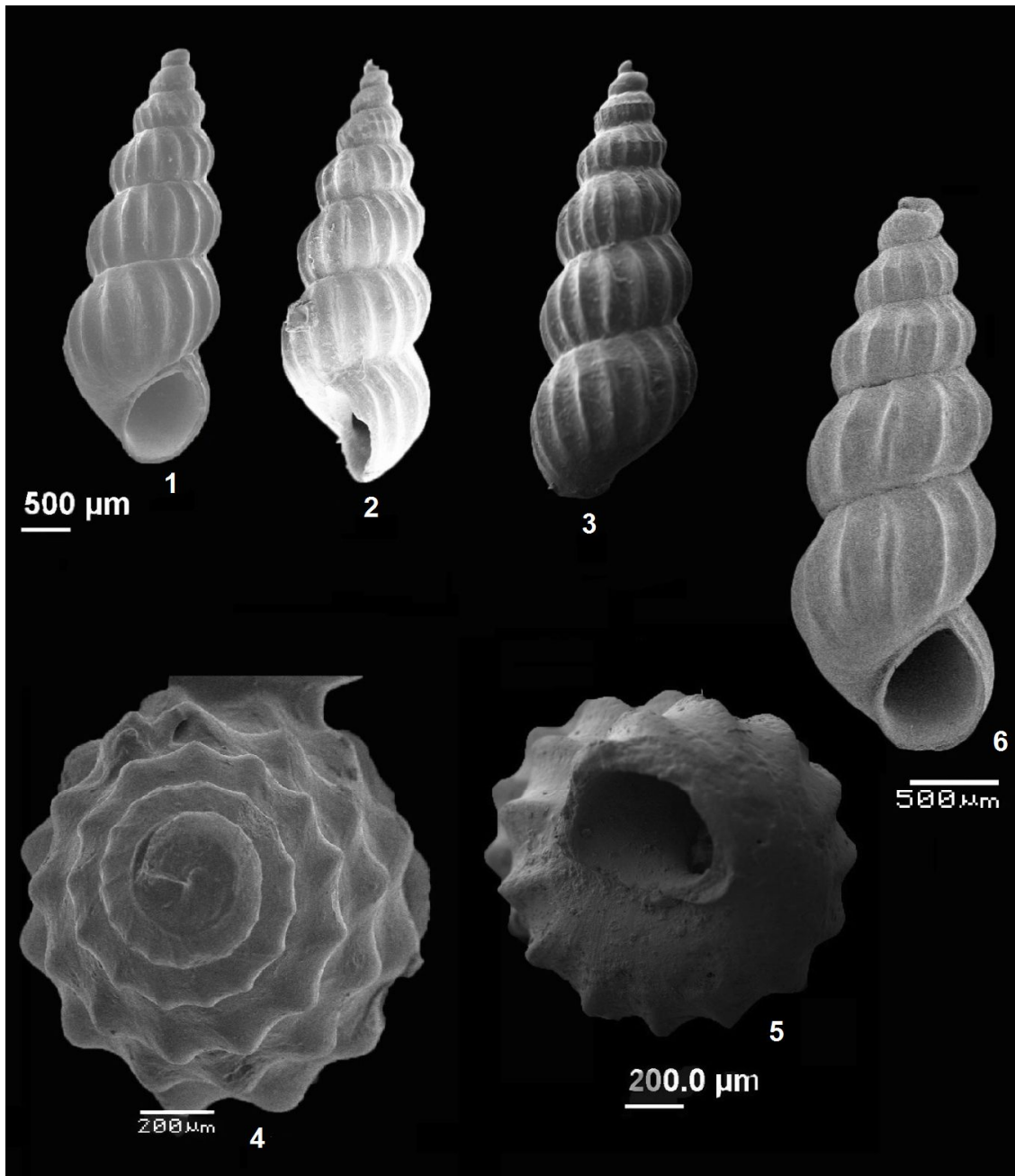
Estampa 9, Figuras 1 – 5: *Dyris bicarinatus*, MPEG-2631-I: vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3); apical (4) e basal (5).



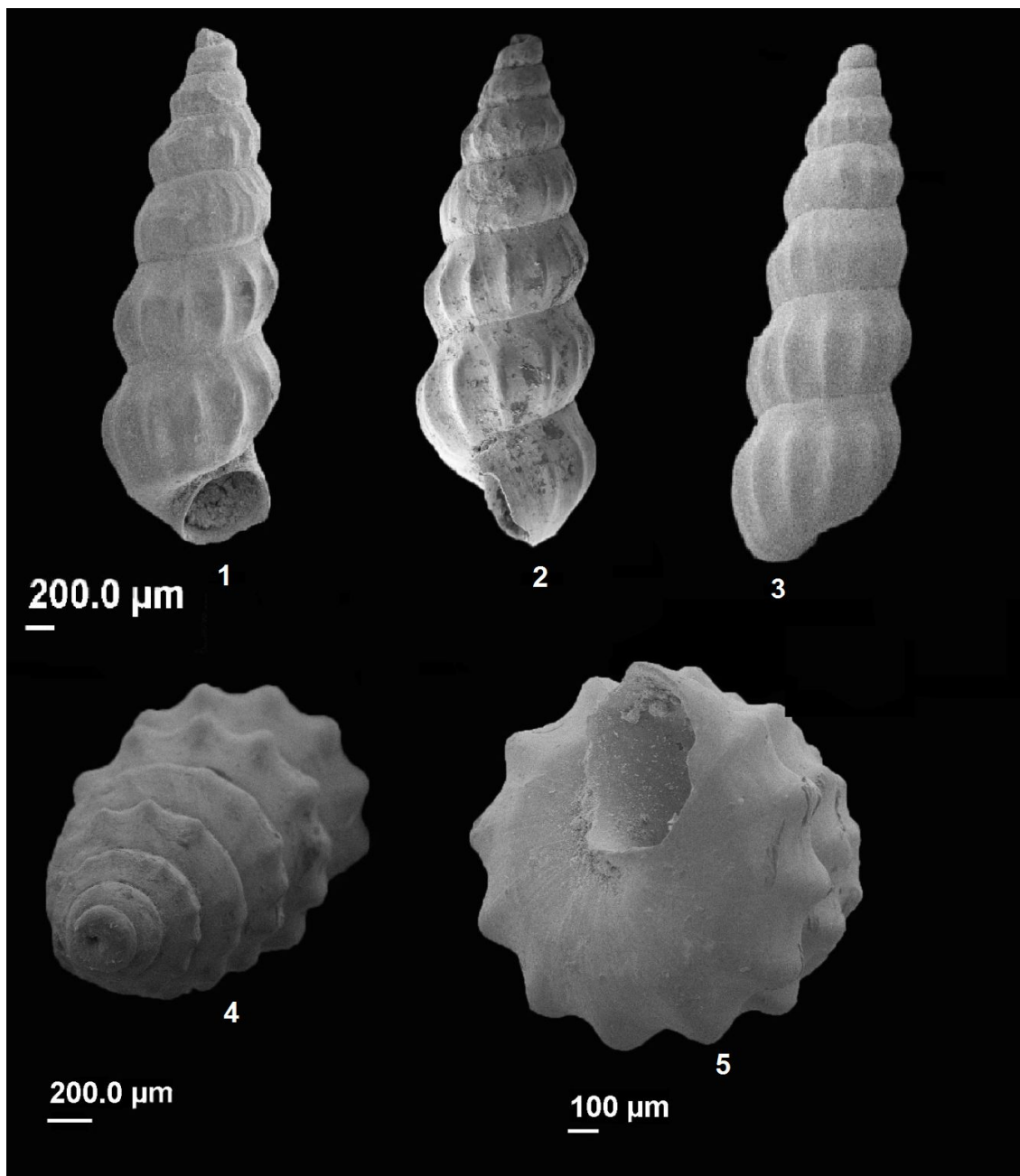
Estampa 10, Figuras 1 – 5: *Dyrus microturritella*, MPEG-2632-I: vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3); apical (4) e basal (5).



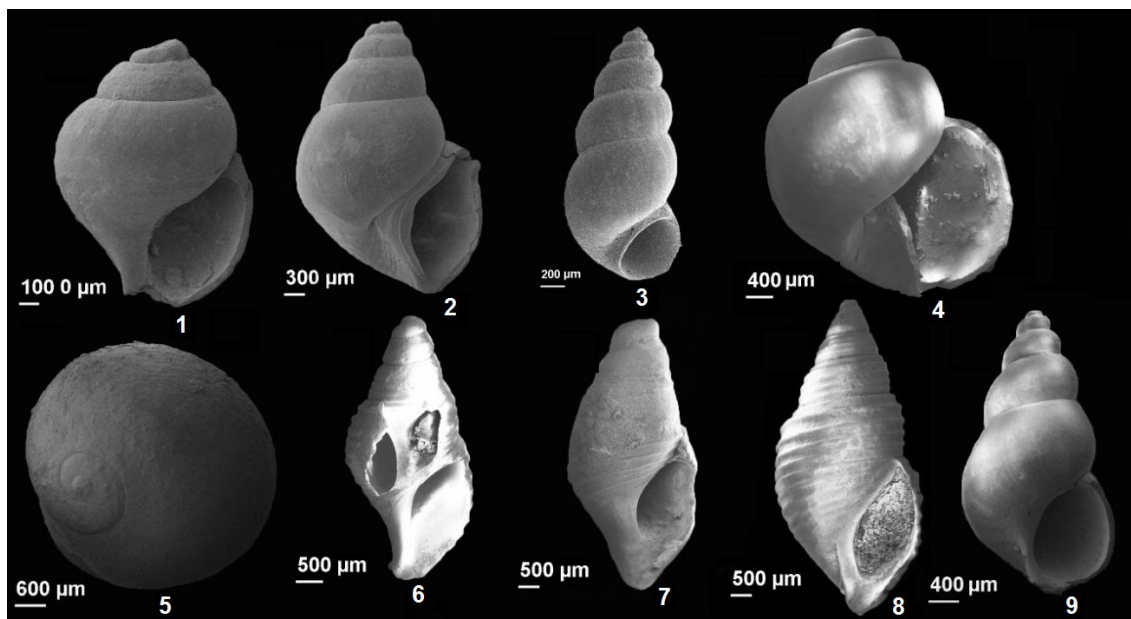
Estampa 11, Figuras 1 – 5: *Dyrus mattii*, MPEG-2633-I: vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3); apical (4) e basal (5).



Estampa 12, Figuras 1 – 6: *Tryonia scalarioides*, MPEG-2634-I: vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3); apical (4) e basal (5); MPEG-2635-I: vista frontal (6).



Estampa 13, Figuras 1 – 5: *Tryonia nuttalli*, MPEG-2636-I: vista frontal (1); lateral (2); dorsal (3); apical (4) e basal (5).



Estampa 14: Outros gêneros de gastrópodes encontrados no testemunho 1AS-31-AM. *Pyrgophorus* MPEG-2637-I (1), *Toxosoma* MPEG-2638-I (2), *Onobops* MPEG-2639-I (3), *Cochliopina* MPEG-2640-I (4), *Neritina* MPEG-2641-I (5), *Hemisinus* MPEG-2642-I (6), *Sheppardioconcha* MPEG-2643-I (7), *Aylacostoma* MPEG-2644-I (8), *Littoridinops* MPEG-6245-I (9).