



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**OSTRACODES DA FORMAÇÃO SOLIMÕES,
NEÓGENO DO ESTADO DO AMAZONAS, BRASIL:
TAXANOMIA, PALEOECOLOGIA E
BIOESTRATIGRAFIA**

Dissertação apresentada por:

ANA PAULA LINHARES PEREIRA

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

**BELÉM
2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

P455o Pereira, Ana Paula Linhares

Ostracodes da Formação Solimões, Neógeno do estado do Amazonas, Brasil: taxonomia, paleoecologia e bioestratigrafia / Ana Paula Linhares Pereira; Orientador: Maria Inês Feijó Ramos - 2011.

xiv, 112 f.: il.

Dissertação (mestrado em geologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2011.

1. Ostracodes. 2. *Cyprideis*. 3. Evolução paleoambiental. 4. Incurções marinhas. 5. Mioceno. 6. Amazônia Ocidental. I. Ramos, Maria Inês Feijó, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22° ed.: 565.33098113



**Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências**

Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

ANA PAULA LINHARES PEREIRA

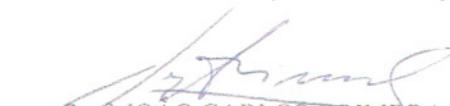
**OSTRACODES DA FORMAÇÃO SOLIMÕES, NEÓGENO
DO ESTADO DO AMAZONAS, BRASIL: TAXANOMIA,
PALEOECOLOGIA E BIOESTRATIGRAFIA**

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

Data de Aprovação: 16 / 08 / 2011

Banca Examinadora:


Prof.ª **MARIA INÊS FEIJÓ RAMOS**
Orientador (UFPA-MPEG)


Prof. **JOÃO CARLOS COIMBRA**
Membro (UFRGS)


Prof. **DERMEVAL APARECIDO DO CARMO**
Membro (UnB)

*Aos tesouros a quem Deus me presenteou:
Guilherme, Sofia, Alexandre e Solange
Minha eterna gratidão de poder ter o amor de vocês.*

AGRADECIMENTOS

A caminhada até aqui foi árdua e cheia de sinuosidades, de maneira que sem a colaboração de algumas pessoas, seja no sentido afetivo ou profissional, seria ainda mais penosa. Com imensa satisfação agradeço:

À Universidade Federal do Pará (UFPA), como referência o Instituto de Geociências e o Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG), pela infra-estrutura e apoio fornecido aos discentes;

A CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado, fornecendo apoio financeiro durante o desenvolvimento desta dissertação;

À Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (CCTE) do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), pela infra-estrutura e concessão do espaço físico, fundamental para o desenvolvimento de minha pesquisa;

À Companhia de Recursos Minerais (CPRM)-Manaus pela colaboração nas coletas e auxílio bibliográfico, e ao 8º. Distrito do Departamento de Produção Mineral (DNPM)-Manaus pela concessão das amostras e por toda disponibilidade dedicada nas pessoas do Superintendente Fernando Burgos e o senhor Gert Wothje.

À minha orientadora Dra. Maria Inês Feijó Ramos por sua orientação e paciência dedicada no processo de construção do presente estudo;

Ao Dr. João Carlos Coimbra e Dr. Dermeval Aparecido do Carmo por aceitarem o convite de examinadores desta dissertação;

Ao Dr. Hilton Tulio Costi, pelo auxílio e conhecimentos prestados nos laboratórios de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG);

Ao professor Msc. Fernando Pina por sua ajuda, conhecimento, confiança e amizade, serei sempre grata por apresentar-me a Paleontologia e pela oportunidade de um biólogo “sentir” como é ser geólogo;

Aos professores, Dr. Maamar Robrini, Dr. Pedro Walfir, Dr. Afonso Nogueira e Dra. Renata Hidalgo pelos conhecimentos transmitidos ao longo desses dois anos, além dos professores Dr. Jean-Michel Lafon, Dr. Roberto Viseu e Rômulo Angelica por sua colaboração na estruturação dos seminários I e II, e ao coordenador do PPGG, Dr. Marcondes Costa;

A Cleida, secretária do PPGG, pelo seu profissionalismo, colaboração e atenção em momentos primordiais;

Gostaria de agradecer imensamente a Melissa Fonseca, pela amizade e por compartilhar comigo os momentos propiciados durante a construção desta dissertação.

À Msc. Livia Guimarães por toda amizade e colaboração com a identificação dos moluscos e por todas as conversas sobre o Neógeno da Amazônia Ocidental.

Aos meus amigos e colegas do CCTE/MPEG: Natália Luz, Msc. Samantha Cecim, Wellen Fernanda, Msc. Andressa Nogueira, Msc. Denys Ferreira. Além das pesquisadoras Msc. Maria Heloisa Moraes Santos e Dra. Sue Anne Regina da Costa.

Aos amigos que fiz durante a dissertação Alexandra Lalôr, Msc. Ana Tayla, Msc. Silvana, Sulsiene Machado e Valber Gaia, meu imenso agradecimento pelos momentos de descontração e alegria proporcionados;

A todos aqueles, que não tiveram os seus nomes aqui citados, mas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho;

À minha família que nunca escondeu a admiração por minha dedicação aos estudos.

À minha mãe Solange, minha irmã Nayara e minha sobrinha Isadora por todo carinho familiar.

Ao meu leal e companheiro marido Alexandre que muito me apoiou e ajudou nesses 12 anos de união.

Em especial aos meus filhos, Guilherme e Sofia, que infelizmente aprenderam desde muito cedo o que é a ausência da mãe.

Finalmente agradeço ao ser que todos os dias me concede fé, força e perseverança na longa e sinuosa estrada da vida: DEUS.

MUITO OBRIGADA A TODOS!!!

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original.”
Albert Einstein

RESUMO

A análise de 123 amostras das perfurações 1AS-31-AM e 1AS-34-AM, localizadas no sudoeste do Estado do Amazonas, Brasil, permitiu verificar a abundância e diversidade da ostracofauna, registrando a presença de cinco famílias: Cytherideidae, Limnocytheridae, Cyclocyprididae, Darwinulidae e Candonidae, distribuídas em seis gêneros (*Candona*, *Cypria*, *Cytheridella*, *Darwinula*, *Perissocytheridea* e *Cyprideis*) e 23 espécies, das quais 15 já haviam sido registradas em trabalhos anteriores. A família Cytherideidae é a mais representativa, com dois gêneros e 19 espécies. O gênero *Cyprideis*, como em outras áreas previamente estudadas, é o mais abundante, representando 96% da ostracofauna e o mais diverso com 18 espécies. A distribuição estratigráfica dos ostracodes bem como da microfauna associada permitiu a reconstrução da evolução dos paleoambientes dos depósitos estudados na Amazônia, caracterizados por uma seqüência que inicia com ambientes lacustres na base, evoluindo para ciclos de curta ingressão marinha levando à formação de ambientes transicionais e gradando para um sistema fluvio-lacustre no topo. Esta variação vertical dos paleoambientes pôde ser melhor observada na perfuração 1AS-31-AM. A radiação do gênero *Cyprideis* possivelmente está associada às bruscas variações na salinidade sustentada pela ocorrência de nódulos. A distribuição bioestratigráfica das espécies de *Cyprideis*, permitiu a determinação de 3 biozonas (OS1, OS2 e OS3), com idade entre o final do Mioceno Inferior/início do Mioceno Médio a final do Mioceno Médio/início do Mioceno Superior para este testemunho. O intervalo analisado do testemunho 1AS-34-AM possivelmente corresponda ao Mioceno Médio/Mioceno superior, suportando a datação realizada com os moluscos. As incursões marinhas provavelmente ocorreram no Mioceno Médio de acordo com o biozoneamento proposto no presente trabalho e suportado por outros biozoneamentos com ostracodes, palinologia e moluscos.

Palavras-chave: Ostracodes. *Cyprideis*. Evolução paleoambiental. Incursões marinhas. Mioceno. Amazônia Ocidental.

ABSTRACT

The analysis of 123 samples from 1AS-31-AM and 1AS-34-AM cores from the southwest of Amazonas State, Brazil allowed to recognize the abundance and diversity of ostracodes with register of five families: Cytherideidae, Limnocytheridae, Cycloocyprididae, Darwinulidae and Candonidae, distributed in six genera (*Candona*, *Cypria*, *Cytheridella*, *Darwinula*, *Perissocytheridea* e *Cyprideis*) and 23 species, 15 of them previously recorded to adjacent areas. The family Cytherideidae is the most representative with two genera and 19 species. The *Cyprideis* genera, as recorded in previous studies, is the most abundant representing 96% of ostracofauna and most diverse with 18 species. The ostracod stratigraphic distribution and the associated microfauna allowed the reconstruction the paleoenvironmental evolution, The paleoenvironmental interpretation reveal an evolution of the depositional system in the Amazonia, which grades from continental (lacustrine) environments, at the base to a sporadically marine influenced settings into fluvial conditions at the top of the core sequence. This vertical variation might be better observed in 1AS-31-AM core. Probably, the radiation of *Cyprideis* is associated with sudden changes (mainly related to salinity change), supported by the presence of nodules in its shell. The biostratigraphic distribution of the *Cyprideis* species possibilited the determination of three biozones (OS1, OS2 e OS3), aged between the later Early Miocene/earlier Middle Miocene to later Middle Miocene/early Late Miocene. In the 1AS-34-AM core the analyzed range possibly corresponds to Middle Miocene/Late Miocene. The short-lived marine incursion reached the central part of Amazonia, probably in the Early-Middle Miocene based on the biostratigraphic model proposed here and supported by ostracod, palinological and mollusk biozonations.

Key-words: Ostracod. *Cyprideis*. Paleoenvironmental evolution. Marine incursion. Miocene. Occidental Amazonia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Localização dos testemunhos estudado.....	4
Figura 2- Perfil litológico do testemunho 1AS-31-AM.....	5
Figura 3- Perfil litológico do testemunho 1AS-34-AM.....	6
Figura 4- Localização geográfica e limites geológicos da Bacia do Solimões.....	7
Figura 5- Subdivisões da Bacia do Solimões.....	8
Figura 6- Carta estratigráfica da Bacia do Solimões, com destaque ao intervalo da Formação Solimões.....	9
Figura 7- Seção de Referência da Formação Solimões: Poço 2-RJ-1-AM- Petrobrás.....	12
Figura 8- Localidades com registro de influência marinha no oeste da Amazônia. 1-5: Indiana; 6: S. Teresa; 7: Tamshiyacu; 8: San Rafael; 9: Porvenir; 10: Ave Maria; 11: S. Julia; 12: S. Rosa de Pichana; 13-14: Rio Yavarí; 15: Buenos Aires; 16: Los Chorros; 17: Purus; 18: Seringal Amapá; 19: Community Katukina; 20: Tarauacá; 21: Volta Grande; 22: Rio Branco - Bolívia Hwy; 23: Boca de San Pedro; 24-25: Cocha Cashu; 26: Pastora; Rio de las Piedras.....	15
Figura 9- Biozoneamentos com base no estudo de pólen.....	17
Figura 10- Biozonas de ostracodes com base em estudo palinológico e de ostracodes do Caribe.....	18
Figura 11- Estudo evolutivo do gênero <i>Cyprideis</i>	20
Figura 12- Distribuição estratigráfica dos fósseis no testemunho 1AS-31-AM.....	22
Figura 13- Distribuição estratigráfica dos fósseis no testemunho 1AS-34-AM.....	23

Figura 14- Percentual de gêneros de ostracodes encontrados nos testemunhos 1-AS-31-AM e 1AS-34-AM.....	43
Figura 15- Ocorrência e abundância das espécies de ostracodes ao longo do testemunho 1AS-31-AM.....	45
Figura 16- Ocorrência e abundância das espécies de ostracodes ao longo do testemunho 1AS-34-AM.....	45
Figura 17- Valvas da espécie <i>Cyprideis</i> sp. 5 apresentando nódulos. Valva esquerda (a) e direita (b).....	51
Figura 18- Distribuição estratigráfica das espécies de <i>Cyprideis</i> em 1AS-31-AM.....	54
Figura 19- Distribuição estratigráfica das espécies de <i>Cyprideis</i> em 1AS-34-AM.....	55
Figura 20- Correlação das biozonas inferidas no presente estudo com os biozoneamentos.....	56

ABREVIATURAS E SIGLAS

CCTE - Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia;

CPCAN - Comissão do Plano do Carvão Nacional;

CPRM - Companhia de Produção de Recursos Minerais

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura;

MPEG - Museu Paraense Emílio Goeldi;

PPGG - Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica;

UFPA- Universidade Federal do Pará.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	x
ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 GERAIS.....	3
2.2 ESPECÍFICOS	3
3 ÁREA DE ESTUDO	4
3.1 LOCALIZAÇÃO.....	4
3.2 CARACTERIZAÇÃO LITOLÓGICA	4
4 GEOLOGIA REGIONAL	7
4.1 BACIA DO SOLIMÕES.....	7
5 NEÓGENO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL	11
5.1 FORMAÇÃO SOLIMÕES	11
5.2 PALEOAMBIENTES	13
5.3 IDADE.....	16

5.3.1 Biozonas Palinológicas	16
5.3.2 Biozonas de Moluscos	17
5.3.3 Biozonas de Ostracodes.....	18
5.4 OSTRACOFAUNA.....	19
6 MATERIAL E MÉTODOS	21
6.1 MATERIAL	21
6.2 MÉTODOS.....	24
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
7.1 TAXONOMIA	26
7.2 ANÁLISE FAUNÍSTICA	43
7.2.1 Ostracofauna.....	43
7.2.2 Grupos fósseis associados.....	46
7.3 INTERPRETAÇÕES PALEOAMBIENTAIS	47
7.4 INTERPRETAÇÕES BIOESTRATIGRÁFICAS	52
8 CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS	59
ANEXOS	68
ANEXO A (TABELAS 1-7)	69
ANEXO B (ESTAMPAS 1-9)	76
ANEXO C (MANUSCRITO)	94

1 INTRODUÇÃO

A Formação Solimões compreende os depósitos neógenos da Bacia do Solimões se estendendo, no Brasil, por milhares de quilômetros no oeste da Amazônia. Esta unidade apresenta grande diversidade biótica e caracteriza-se por um complexo sistema fluvial meandrante formado por depósitos predominantemente de barras em pontais, canais, planícies de inundação e leques de transbordamento (Maia *et al.*, 1977). Estudos paleontológicos, estratigráficos, litológicos e geocronológicos, permitiram correlacionar a Formação Solimões com outras unidades neógenas do Peru, onde é denominada de Formação Pebas (Hoorn, 1993, Hoorn, 1994a,b, Muñoz-Torres *et al.*, 2006), na Colômbia conhecida por “Terciário Amazônico” (Campbell *et al.*, 2006), no Equador com a Formação Curaray (Wesselingh *et al.*, 2002), e na Venezuela com a Formação Urumaco (Lundberg & Aguilera, 2003, Riff *et al.*, 2010).

Diversas ferramentas metodológicas vêm sendo utilizadas na busca da reconstrução paleoambiental do Neógeno da Amazônia Ocidental conhecido como Sistema Solimões/Pebas. Neste intuito foram realizados estudos palinológicos (Hoorn, 1993, Hoorn 1994a,b, Hoorn, 1996, Hoorn, 2006, Leite, 2006, Silva-Caminha *et al.*, 2010), estudos com a ostracofauna (Purper, 1977a,b, Purper, 1979, Shepard & Bate, 1980, Swain, 1998, Whatley *et al.*, 1998, Muñoz-Torres *et al.*, 1998, Muñoz-Torres *et al.*, 2006, Ramos, 2006a,b), diversos trabalhos sobre a malacofauna (Nuttal, 1990, Wesselingh *et al.*, 2002, Anderson *et al.*, 2006, Kandoorp *et al.*, 2006, Wesselingh *et al.*, 2006,a,b,c,d,e), trabalhos sobre os vertebrados (Mones & Toledo, 1989, Souza-Filho *et al.*, 1993, Lundberg *et al.*, 1998, Malabarba *et al.*, 1998, Monsch, 1998, Lovejoy *et al.*, 2006), além de estudos enfocando aspectos geológicos em geral (Räsänen *et al.*, 1995, Latrubesse *et al.*, 1997, Negri & Bocquentin, 1998, Negri & Ferigolo, 1999, Campbell *et al.*, 2006, Rebata *et al.*, 2006, Latrubesse *et al.*, 2007, Figueiredo *et al.*, 2009, Latrubesse *et al.*, 2010, Shephard *et al.*, 2010, Hoorn *et al.*, 2010).

Apesar de alguns avanços no contexto da reconstrução paleoambiental dos depósitos neógenos da Amazônia Ocidental, alguns aspectos devem ser discutidos, principalmente no que concerne sobre a evolução dos ambientes deposicionais e das evidências apontadas sobre as incursões marinhas. Embora ainda existam controvérsias, estudos mais recentes partilham de fundamentos comuns, questionando a presença de cenários extremos (Hovikoski *et al.*, 2010).

Uma das causas que tem levado às divergências na reconstituição do passado do Neógeno da Amazônia Ocidental é que a maior parte dos trabalhos tem se calcado em

amostras de superfície, fornecendo dados imprecisos e por vezes incompletos devido à escassez de exposição dos estratos, o que dificulta o estabelecimento de correlações estratigráficas. Além disso, a grande abrangência geográfica destes depósitos, bem como a falta de integração dos dados e os resultados conflitantes obtidos através de diferentes ferramentas metodológicas utilizadas nos trabalhos, tendem a colaborar ainda mais com estas divergências referentes aos modelos deposicionais já registrados e a idade correlacionada.

Diante disto, o estudo da ostracofauna em testemunhos de sondagem da Formação Solimões torna-se imprescindível, tanto para o aprimoramento taxonômico do grupo, quanto para interpretações paleoambientais e bioestratigráficas bem como correlações com outras unidades já estudadas, contribuindo para o conhecimento científico sobre a Amazônia durante o Neógeno.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo a identificação taxonômica da ostracofauna, além da interpretação paleoambiental e bioestratigráfica dos testemunhos de sondagem 1AS-31-AM e 1AS-34-AM, Amazonas, Brasil, permitindo ampliar o conhecimento acerca dos depósitos Neógenos da Formação Solimões e sua correlação com áreas adjacentes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as espécies de ostracodes encontradas nos testemunhos de sondagem 1AS-31AM e 1AS-34-AM;
- Analisar a distribuição estratigráfica das espécies ao longo das amostras estudadas;
- Interpretar os ambientes deposicionais a partir da ocorrência das associações de ostracodes registradas nos intervalos estudados;
- Verificar a correlação dos testemunhos estudados com áreas adjacentes.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo está situada na Bacia do Solimões, no sudoeste do estado do Amazonas (Figura 1), folha SB 19 Juruá, e compreende dois testemunhos de sondagem perfurados pela Companhia de Recursos Minerais (CPRM) como parte do Projeto Carvão no Alto Solimões (1977) e que, atualmente, estão armazenados na litoteca do 8º Distrito do Departamento de Produção Mineral (DNPM), Manaus, Amazonas. O testemunho 1AS-31-AM (lat. 05°18'S - long. 71°02'W), localiza-se às margens do Rio Ituí, na localidade de Cururu, e o testemunho 1AS-34-AM (lat. 05°37'S - long. 69°10'W), na localidade de Jutai Velho, próximo ao Rio Jutai.

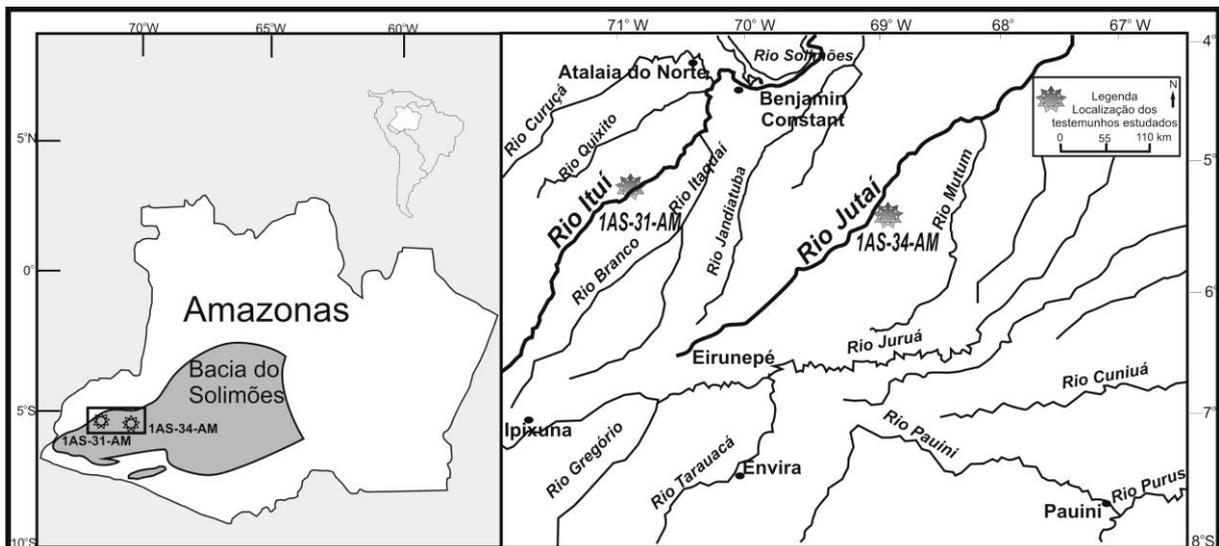


Figura 1- Localização dos testemunhos estudados.

Fonte: modificado de RADAMBRASIL (1977).

3.2 CARACTERIZAÇÃO LITOLÓGICA

Os testemunhos de sondagem utilizados no presente estudo praticamente não diferem na sua litologia sendo constituídos principalmente por sedimentos pelíticos, predominantemente por argilitos e siltitos finamente laminados ou maciços. Associados a essa seqüência pelítica, ocorrem, em menor quantidade, arenitos e delgadas camadas de linhito e calcário (Figuras 2 e 3).

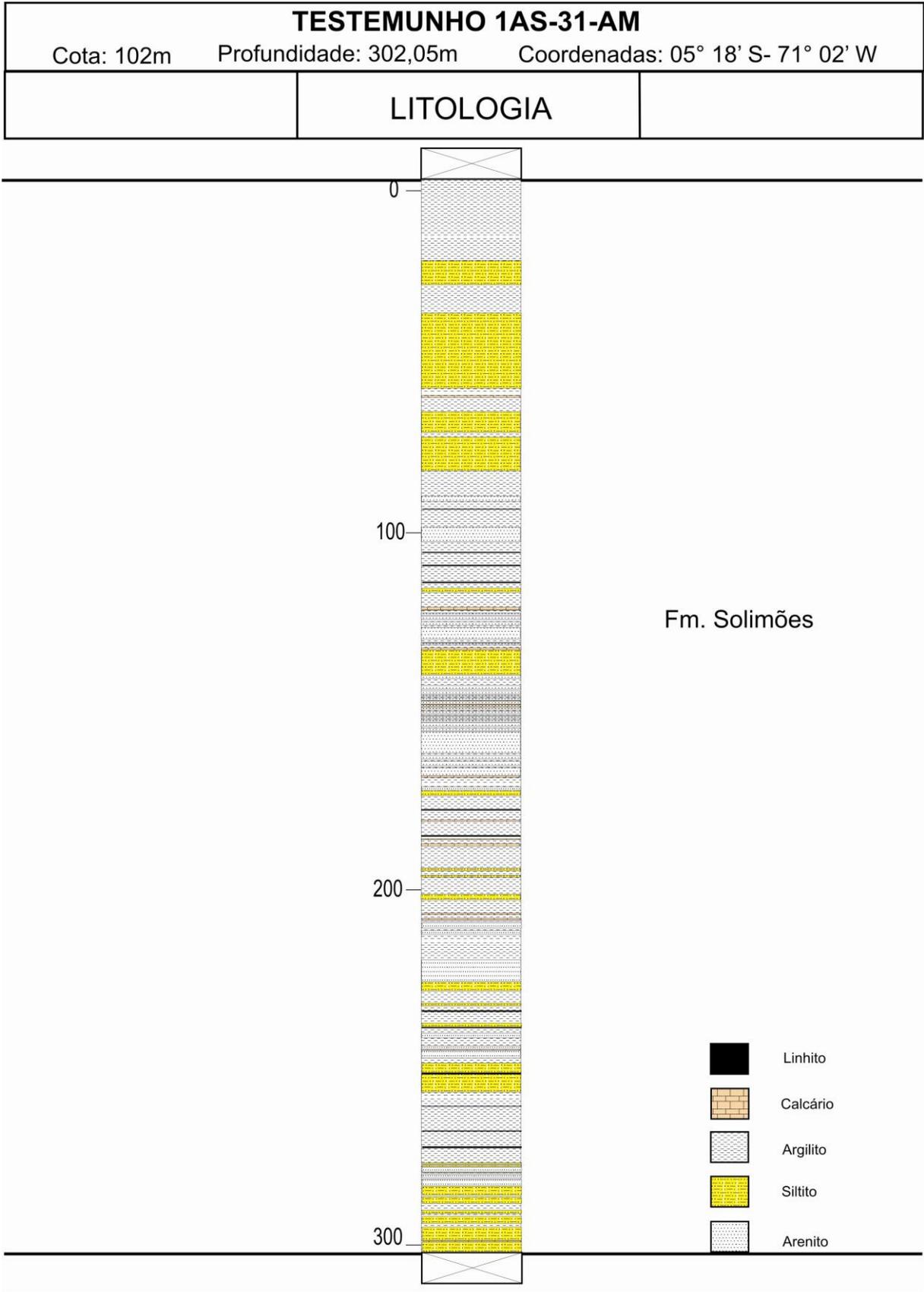


Figura 2- Perfil litológico do testemunho 1AS-31-AM.

Fonte: modificado de Maia *et al.* (1977).

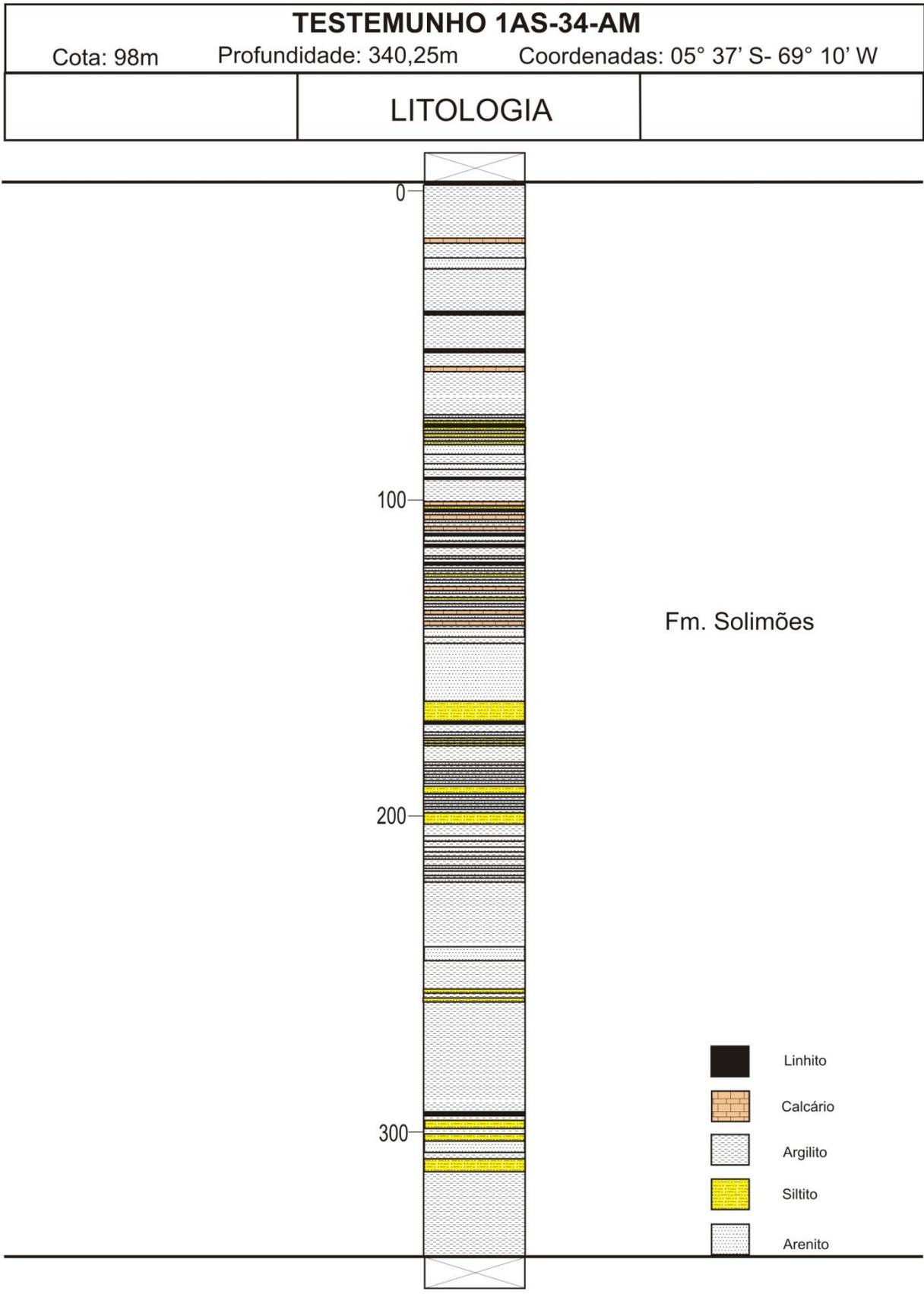


Figura 3- Perfil litológico do testemunho 1AS-34-AM.

Fonte: modificado de Maia *et al.* (1977).

4 GEOLOGIA REGIONAL

4.1 BACIA DO SOLIMÕES

A Bacia do Solimões foi, primeiramente, assim referida por Caputo (1984), o qual substituiu a antiga denominação de Bacia do Alto Amazonas, considerando que esta apresentou uma distinta evolução geológica em relação às bacias do Médio e do Baixo Amazonas. Além de ser produtora de óleo condensado e gás, trata-se de uma bacia paleozóica intracratônica orientada leste-oeste por cerca de 480.000 km² (o limite atual de ocorrência de rochas paleozóicas). Esta bacia é cortada pelo Rio Solimões e por uma rede de centenas de afluentes (Barata & Caputo, 2007, Wanderley Filho *et al.*, 2010).

Está situada geograficamente no Estado do Amazonas, e geologicamente localiza-se entre as áreas cratonizadas dos escudos das Guianas, ao norte, e Brasileiro, ao sul (Figura 4), separando-se da Bacia do Acre, a oeste, pelo Arco de Iquitos e da Bacia do Amazonas, a leste, pelo arco de Purus (Wanderley Filho *et al.*, 2007, Wanderley Filho *et al.*, 2010).

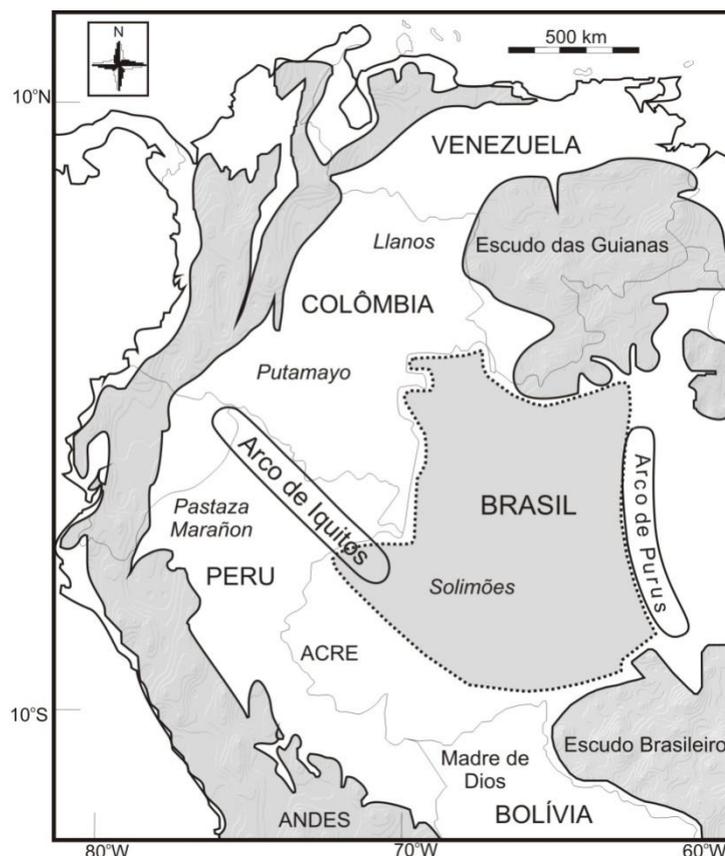


Figura 4- Localização geográfica e limites geológicos da Bacia do Solimões.

Fonte: modificado de Leite (2006).

A Bacia do Solimões está dividida em duas sub-bacias, Juruá e Jandiatuba, pelo arco de Carauari (Figura 5), uma feição geológica regional positiva norte-sul, com aproximadamente 120 km de largura, tendo exercido forte controle na sedimentação entre o Ordoviciano e Devoniano (510-360 milhões de anos), e em menor intensidade no Permocarbonífero (360-247 milhões anos), não influenciando expressivamente na sedimentação posterior (Caputo & Silva, 1990).

A Sub-bacia do Juruá, correspondente à subdivisão oriental, sendo esta mais conhecida em função da intensa pesquisa de petróleo desenvolvida pela Petrobrás a partir de 1977. Esta é constituída por rochas metassedimentares depositadas numa sucessão de bacias que constituíam um sistema de riftes proterozóicos. Na sub-bacia do Jandiatuba, o embasamento Proterozóico é constituído por rochas ígneas e metamórficas. Esta sub-bacia corresponde à subdivisão ocidental, e é pouco conhecida devido às restrições legais encontradas no Brasil para pesquisar petróleo em região dominada por áreas indígenas e reservas florestais (Eiras, 1998, Wanderley Filho *et al.*, 2007, Wanderley Filho *et al.*, 2010).

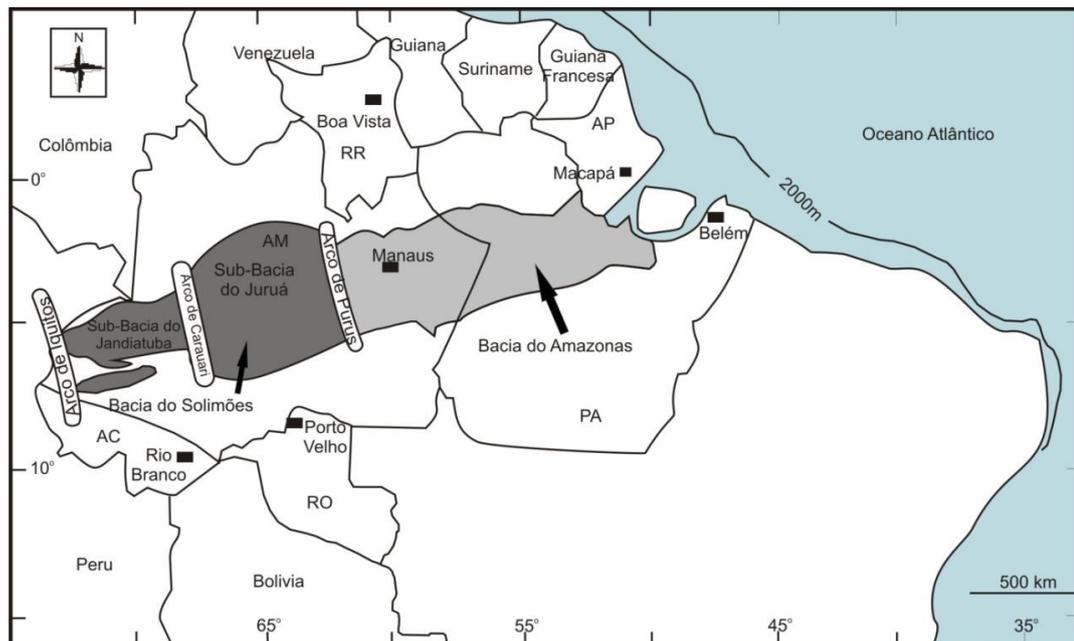


Figura 5- Subdivisões da Bacia do Solimões.

Fonte: modificado de Eiras (1998).

O arcabouço estratigráfico da Bacia do Solimões é dividido em cinco seqüências deposicionais limitadas por discordâncias regionais. Sob os critérios litoestratigráficos, essas seqüências deposicionais foram denominadas como Formação Benjamin Constant, Formação Jutáí, Grupo Marimari, Grupo Tefé, Grupo Javari (Figura 6), incluindo-se ainda o Magmatismo Penatecaua de idade Triássica (Wanderley Filho *et al.*, 2007).

A gênese e evolução geológica da Bacia do Solimões ainda são debatidas, uma das hipóteses mais recentes e mais coerentes admite que a origem e subsidência regional desta se deram em regime flexural, progressivo de oeste para leste, relacionada a um rifteamento paralelo à borda oeste do continente Gondwana, no Ordoviciano. Esta teria se formado na fase de subsidência termomecânica que sucedeu esse rifteamento, juntamente com outras depressões interiores e bacias marginais (Campos *et al.*, 1991).

O Início do soerguimento da cordilheira dos Andes começou a isolar essa bacia fluvial no Paleógeno. A sobrecarga Andina causou uma flexura na placa litosférica e deslocou o depocentro da sedimentação terciária para a região subandina, com comportamento de bacia tipo *foreland*. Os rios em treliça, cretáceos, cederam lugar a grandes lagos de água doce e rasa, pouco agitada, alimentados por um sistema fluvial meandrante e de baixa energia (Hoorn, 1995, Wanderley Filho *et al.*, 2010).

A partir do final do Oligoceno ao Mioceno Superior a bacia sofreu novo processo de subsidência. No Mioceno Médio, devido à significativa fonte sedimentar vinda da região leste da Cordilheira dos Andes, a bacia passou a ser assoreada por aporte sedimentar provindo desta área; até então os sedimentos eram provenientes da região do cráton (Figueiredo *et al.*, 2009, Hoorn *et al.*, 2010). Naquele momento, a subsidência excedeu o aporte sedimentar, o que resultou na formação de condições ambientais lacustrinas e pantanosas (Hoorn 1994a, Wesselingh *et al.*, 2006a, Hoorn *et al.*, 2010).

No final do Mioceno Médio a Mioceno Superior, a elevação da cadeia andina promoveu a mudança do curso do Rio Amazonas, onde começou a se implantar a rede de drenagem em direção ao Oceano Atlântico, precursora da bacia hidrográfica atual (Caputo & Silva, 1990, Eiras, 1998, Wanderley Filho *et al.*, 2010).

5 NEÓGENO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

5.1 FORMAÇÃO SOLIMÕES

A Formação Solimões foi designada inicialmente por Moraes Rêgo (1930) e revalidada por Caputo *et al.* (1971), como um pacote sedimentar de idade terciária ocorrente em toda a porção ocidental da Amazônia brasileira, e cujos depósitos estendem-se para os terrenos colombianos, sendo denominada de Terciário Amazônico, e peruano onde é chamada de Formação Pebas. A partir de pesquisas desenvolvidas pelo projeto Radambrasil (1977) e o Projeto Carvão no Alto Solimões (1977), foi possível alavancar o conhecimento a respeito desta unidade litoestratigráfica.

A seção-tipo de referência desta formação trata-se de um intervalo de 5-765 m representado pelo testemunho de sondagem da Petrobrás 2-RJ-1-AM (Figura 7), além da seção de referência adicional do testemunho da Petrobrás 1-BV-1-AM, que apresenta profundidade de 5-305 m, ambos situados na bacia intracratônica do Solimões (Eiras *et al.*, 1994, Wanderley filho *et al.*, 2010).

Esta formação compreende depósitos neógenos que se estendem por milhares de quilômetros quadrados no oeste da Amazônia, atingindo no Brasil uma espessura de pouco mais de 980 m, e caracteriza-se pela presença de pelitos, siltitos e arenitos atribuídos a ambientes de barra em pontal, canal, planície de inundação e leques de transbordamento caracterizando um sistema fluvial meandrante (Maia *et al.*, 1977).

Litologicamente a Formação Solimões individualiza-se por uma seqüência de idade Neógena constituída de argilitos, argilitos sílticos e arenosos, siltitos argilosos e níveis arenosos de granulometria de fina à média, com freqüentes restos vegetais e intercalações de linhito, argilas carbonosas e calcárias. Em superfície essa seqüência encontra-se coberta discordantemente por sedimentos quaternários e subsuperfície; ela transiciona lateral e verticalmente para uma seqüência de ambiente oxidante, caracterizada por argilitos variados e localmente arenitos de cores claras (Maia *et al.*, 1977).

A Formação Solimões recobre as bacias do Acre e Solimões, separadas entre si pelo arco de Iquitos. Na primeira repousa provavelmente em discordância angular sobre sedimentos da Formação Ramon (Caputo *et al.*, 1971, Maia *et al.*, 1977, Latrubesse *et al.*, 2007) e na última grada lateralmente e inferiormente para a Formação Alter do Chão (Caputo *et al.*, 1971). De acordo com os autores, a Formação Solimões é composta de argilitos vermelhos e cinzas, com camadas de conchas e de linhito, apresentando diversos fósseis animais e vegetais, como folhas, ostracodes, moluscos, fragmentos de peixes e ossos.

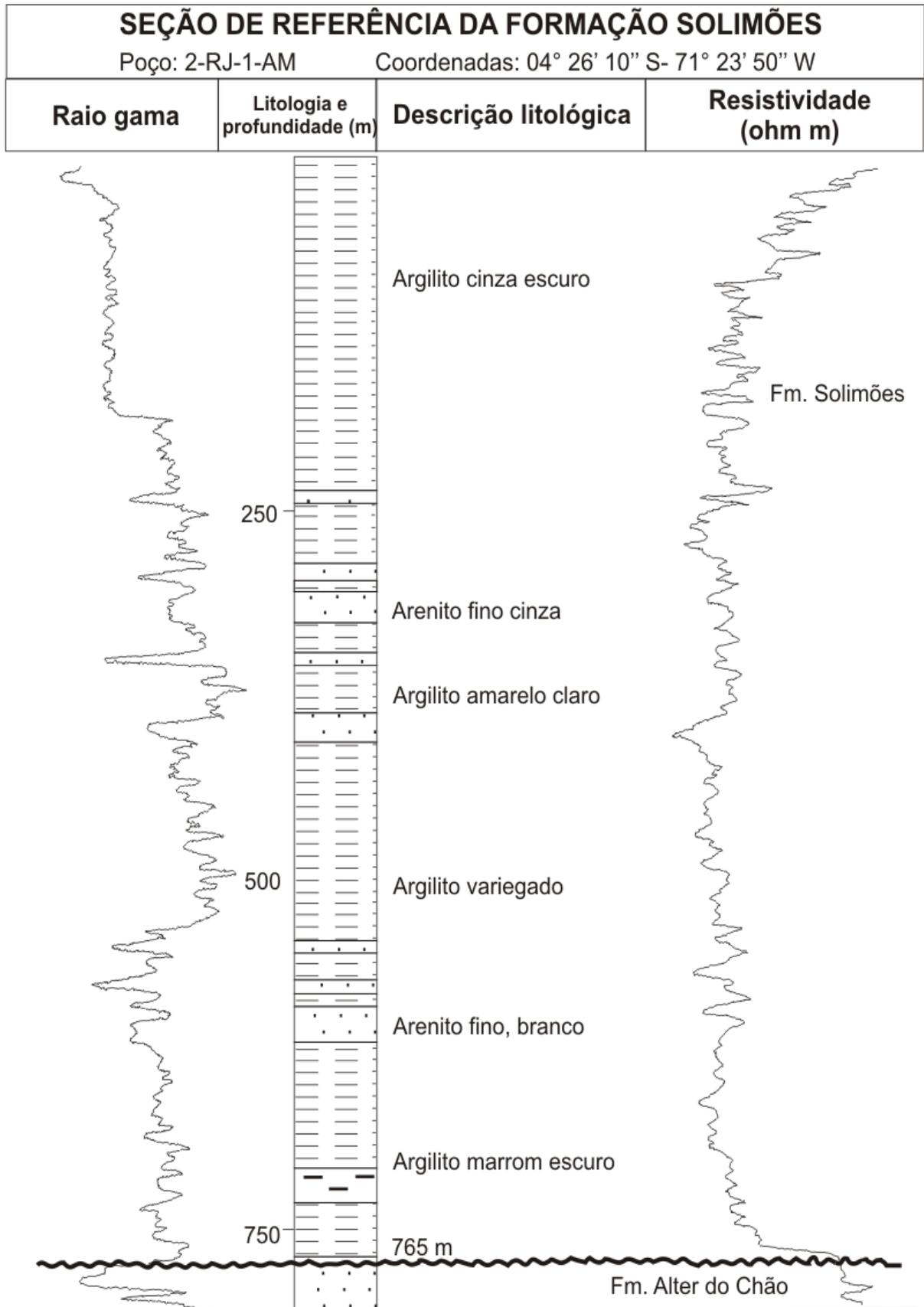


Figura 7- Seção de Referência da Formação Solimões: Poço 2-RJ-1-AM- Petrobrás.

Fonte: modificado de Hoorn *et al.* (2010).

5. 2 PALEOAMBIENTES

Desde os primeiros trabalhos a cerca do Neógeno da Amazônia Ocidental, tanto no Brasil, como também no Peru e na Colômbia, muitos foram os questionamentos e as divergências a respeito das interpretações paleoambientais desta região. Tais discrepâncias nas interpretações paleoambientais podem estar relacionadas à falta de correlação e as diferentes ferramentas utilizadas.

Purper (1979) analisando a ostracofauna da Formação Solimões, conclui que o material estudado caracteriza-se por um ambiente de águas calmas, de baixa energia, tipicamente mixohalino, com ocasional aporte de água doce.

Posteriormente, Sheppard & Bate (1980) através da associação de uma ostracofauna mista, registram a presença de um complexo sistema, predominantemente de águas pouco movimentadas, que permitiram o desenvolvimento de barras arenosas e que propiciaram a formação de ambientes transicionais como lagunas. A presença de lagos e planícies de inundação é confirmada pela predominância de gêneros de água doce. A ocorrência em menor número de espécies marinhas indicaria incursões pontuais do mar para os depósitos estudados na Colômbia e Peru.

A hipótese de planícies de inundação foi proposta por Hoorn (1993, 1994) e Hoorn *et al.* (1995) com base no estudo palinológico em diversas regiões estudadas no noroeste da Amazônia. Para a autora os episódios de incursão marinha na região central e oeste da Amazônia proporcionaram áreas de mangue.

Räsänen *et al.* (1995) consideraram um ambiente marinho intracontinental para os depósitos da Formação Solimões, no Acre. Os autores referem que apesar da ausência de moluscos de águas marinhas ou de águas de baixa salinidade, a abundância de fósseis de peixes e alguns dentes de tubarões eurihalinos em sedimentos da Formação Solimões datados do Mioceno Superior indicam ampla vida aquática e conexão com o mar.

De acordo com Lundberg *et al.* (1998) a elevação da Cadeia Andina forneceu condições para habitats aquáticos de planaltos, enquanto a subsidência de bacias de antepaís permitiu, por vezes, o desenvolvimento de espécies de habitats lacustres.

Para Whatley *et al.* (1998), embora a região amazônica tenha sido afetada por incursões marinhas, ela recebeu essencialmente aporte fluvial durante o Neógeno. A predominância de ostracodes do gênero *Cyprideis* indica águas transicionais e de baixa energia.

Vonhof *et al.* (1998) a partir da assinatura isotópica em moluscos, além de evidências sedimentológicas e faunísticas propõem condições de incursão marinha para o oeste da Amazônia.

Gingras *et al.* (2002) estudando sedimentos do Sistema Solimões/Pebas no Peru, identificaram ambientes de deposição influenciados por maré, além de evidências de bioturbações indicativas de ambientes marinhos marginais com base na presença de diversos icnogêneros.

Wesselingh *et al.* (2002), analisando moluscos da Amazônia peruana, propuseram um sistema predominantemente lacustre de enormes proporções, contendo episódios apenas localizados de invasão marinha, sendo caracterizado como do tipo mega-lago paramarinho.

Vonhof *et al.* (2003) realizando estudos isotópicos em conchas de moluscos restringem os episódios de incursão marinha nos depósitos Neógenos do Brasil, Peru e Colômbia. A reunião dos dados sedimentológicos e dos valores dos isótopos apontam para ambientes predominantemente lacustrinos rasos e pantanosos.

Com base nos estudos de moluscos da Formação Solimões/Pebas, Wesselingh *et al.* (2006b) estabeleceram condições pantanosas a lacustrinas, sem evidências maiores para a ocorrência de ambientes de influência marinha, embora dados de icnofósseis nos mesmos níveis estratigráficos indiquem elevação das taxas de salinidade.

Com base no estudo de diversos grupos de peixes e seguindo os critérios de distribuição geográfica das espécies, Lovejoy *et al.* (2006) mostraram consistência na hipótese de incursão marinha na Amazônia durante o Mioceno, e que as conexões desempenharam um papel de transição para os habitats de água doce.

Ramos (2006a,b) atribui as espécies de ostracodes identificadas a ambientes predominantemente continentais, fluvio-lacustre e de baixa energia, hipótese que é suportada pela sedimentologia e devido à boa preservação dos microfósseis encontrados.

Para Latrubesse *et al.* (2010) os depósitos da Amazônia peruana atribuídas ao Mioceno foram mal interpretados por diversos autores, tanto no aspecto ambiental como cronologicamente. Os autores atribuem à porção superior da Formação Solimões a um ambiente continental dominado por rios avulsivos associados a sistemas de megadeltas e bacias de inundação, tais como pântanos, lagos, deltas internos e *splays*.

Hoorn *et al.* (2010) considerou para a evolução dos paleoambientes do Sistema Solimões/Pebas três fases distintas. A fase percussora (~24 a 16 Ma) é caracterizada por depósitos fluvio-lacustres; a fase Pebas (~16 a 11.3 Ma) representa um amplo sistema de

inundação (mega-wetland) com esporádicas incursões marinhas; e por fim a fase Acre (<11.3 a 7 Ma) que compreende um depósitos de inundação com interferência de marés fluviais.

Muitas teorias propostas nos últimos anos ainda são alvos de questionamentos. O incremento de um conjunto de dados paleoambientais multidisciplinares provenientes de vários níveis estratigráficos do Mioceno em diversas localidades da Amazônia, revelaram complexidades deposicionais desencadeadas por repetidas mudanças de alta frequência de nível básico e um gradiente deposicional muito baixo. Como resultado, os estratos do Mioceno Médio a Superior (Fase Pebas) estão organizados em recorrentes sucessões transgressivo-regressivo de 3 a 10m de espessura. Um conjunto de evidências indica algum tipo de influência marinha nestes depósitos (Hovikoski *et al.*, 2010).

A figura 8 reúne diversas localidades que apresentaram configurações de influência marinha no oeste da Amazônia.

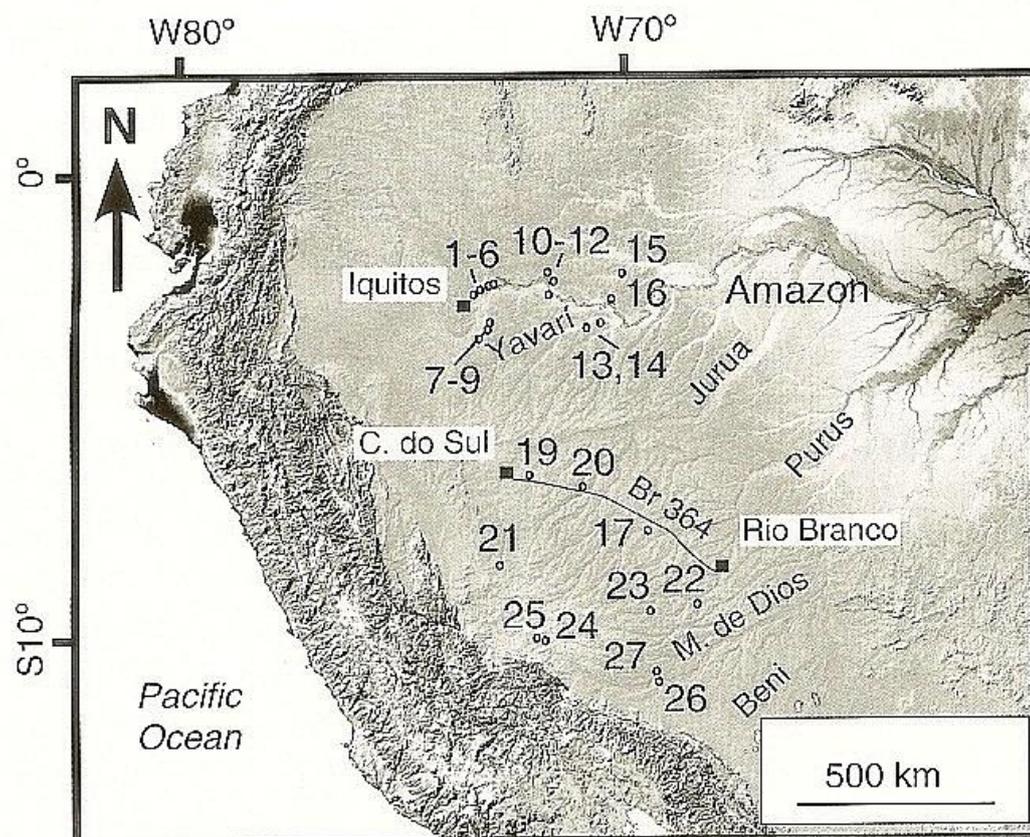


Figura 8- Localidades com registro de influência marinha no oeste da Amazônia. 1-5: Indiana; 6: S. Teresa; 7: Tamshiyacu; 8: San Rafael; 9: Porvenir; 10: Ave Maria; 11: S. Julia; 12: S. Rosa de Pichana; 13-14: Rio Yavarí; 15: Buenos Aires; 16: Los Chorros; 17: Purus; 18: Seringal Amapá; 19: Community Katukina; 20: Tarauacá; 21: Volta Grande; 22: Rio Branco- Bolívia; 23: Boca de San Pedro; 24-25: Cocha Cashu; 26: Pastora; Rio de las Piedras.

Fonte: retirado de Hovikoski *et al.* (2010).

5.3 IDADE

Desde os primeiros estudos sobre os depósitos do Neógeno da Amazônia Ocidental a idade também foi foco de contradições, pois se constituía uma tarefa difícil estabelecer seus limites. Tais discrepâncias variavam entre idades estabelecidas do Terciário Superior ao Recente (Roxo, 1924), do Paleoceno ao Pleistoceno (Caputo *et al.*, 1971), e o intervalo do Mioceno ao Plioceno (Maia *et al.*, 1977, Purper, 1979, Swain, 1998) e Plio-Pleistoceno (Sheppard & Bate, 1980).

Na tentativa de se estabelecer a idade da Formação Solimões em depósitos localizados no sudoeste da Amazônia, alguns trabalhos bioestratigráficos foram realizados, os quais englobaram, principalmente, estudos palinológicos (Figura 9) com testemunhos do projeto Carvão no Alto Solimões, coletados no Estado do Amazonas, como a exemplo dos trabalhos de Hoorn (1993), Silva (2004), Leite (2006) e Silva (2008); com a malacofauna, os estudos de Wesselingh *et al.* (2006d,e); e com ostracodes do gênero *Cyprideis* (Figura 10), os estudos de Muñoz-Torres *et al.* (2006), os quais contribuíram para refinar a definição da idade dos estratos.

5.3.1 Biozonas Palinológicas

De acordo com o biozoneamento realizado por Hoorn (1993), com base no estudo de pólen dos testemunhos 1AS-4a-AM e 1AS-51-AM, foram estabelecidas cinco zonas palinológicas (*Verrutricolporites*, *Retitricolporites*, *Psiladiporites-Crototricolpites*, *Crassoretitriletes* e *Grimsdalea*), equivalentes aos intervalos do Mioceno Inferior, Mioceno Médio e Mioceno Médio a Mioceno Superior.

A partir de estudos palinológicos de amostras do testemunho 1-AS-32-AM e afloramentos no Estado do Amazonas, Silva (2004) concluiu que o pacote estudado referia-se a um intervalo de idade entre Mioceno Médio/Superior a Mioceno Superior.

Leite (2006) estudando o testemunho 1AS-33-AM, no sudoeste do Estado do Amazonas, estabeleceu um zoneamento com intervalo mais recente que o realizado anteriormente, no qual a partir da presença da espécie *Psiladiporites caribbiensis* a autora infere ao pacote estudado idade equivalente ao Plioceno.

A partir do estudo de amostras dos testemunhos 1AS-19-AM e 1AS-27-AM, Silva (2008) realizou um biozoneamento no qual registrou três zonas palinológicas: biozona *Grimsdalea*, do Mioceno Médio/Superior; biozona *Asteraceae: Fenestrites*, do Mioceno Superior; e biozona *Psiladiporites caribbiensis*, do final do Mioceno Superior ao Plioceno.

Idade \ Autor		Hoorn, 1993	Silva, 2004	Leite, 2006	Silva, 2008	
Pleistoceno						
Plioceno	Superior			<i>Psiladiporites caribbiensis</i>	<i>Psiladiporites caribbiensis</i>	
	Médio					
MIOCENO	Inferior					
	Superior		Asteraceae		Asteraceae: Fenestrites	
		Médio	<i>Grimsdalea</i>	<i>Grimsdalea</i>		<i>Grimsdalea</i>
	Inferior		<i>Crassoretitriletes</i>		<i>Crassoretitriletes</i>	
			<i>Psiladiporites</i> <i>Crototricolpites</i>		<i>Psiladiporites</i> <i>Crototricolpites</i>	
			<i>Retitricolporites</i>			
	<i>Verrutricolporites</i>					

Figura 9- Biozoneamentos com base no estudo de pólen. Fonte: modificado de Silva (2008).

5.3.2 Biozonas de Moluscos

Wesselingh *et al.* (2006e), estudando moluscos de diversas localidades do Neógeno da Amazônia Ocidental, estabeleceu 12 biozonas, entre o Mioceno Inferior e Mioceno Superior, para os depósitos da Formação Solimões: MZ1- *Aylacostoma ava* Zona de amplitude; MZ2- *Dyris denticulatus* Zona de amplitude; MZ3- ?Zona indeterminada; MZ4- *Toxosoma carinatum* Zona de amplitude; MZ5- *Diplodon indianensis* Zona de amplitude; MZ6- *Onobops? iquitensis* - *Onobops communis* Zona de intervalo; MZ7- *Dyris pebasensis* Zona de amplitude; MZ8- *Dyris lanceolatus* Zona de amplitude; MZ9- *Pachydon trigonalis*- *Dyris tricarinatus* Zona de concorrência; MZ10: *Dyris mattii*- *Tryonia minuscula* Zona de intervalo; MZ11: *Pachydon obliquus*- *Dyris megacarinata* Zona de concorrência; MZ12: *Dyris bicarinatus sofianensis* Zona de amplitude.

Além deste trabalho, Wesselingh *et al.* (2006d) realizaram um estudo bioestratigráfico com base em amostras coletadas de três perfurações: Capahuari, Huayuri e Jibaro, localizadas no Peru, entre os rios Corrientes e Pastaza, na Bacia do Marañon, no qual foi possível diferenciar apenas quatro biozonas: CZ1, CZ2, CZ3 e CZ4, referentes ao mesmo intervalo de idade estabelecido no biozoneamento anterior.

5.3.3 Biozonas de Ostracodes

Muñoz-Torres *et al.* (2006), baseados em estudos bioestratigráficos anteriores de Hoorn (1993) e de ostracodes caribeanos de águas transicionais, reconheceram cinco biozonas de ostracodes para depósitos neógenos no Brasil, Peru e Colômbia. Com base no estudo do gênero *Cyprideis* foram identificadas as zonas *Cyprideis aulakos* (final do Mioceno Inferior a início do Mioceno Médio), *C. caraionae* (Mioceno Médio), *C. minipunctata* (Mioceno Médio), *C. obliquosulcata* (Mioceno Médio) e *C. cyrtoma* (final do Mioceno Médio a início do Mioceno Superior), representadas na figura 10.

ÉPOCA	IDADE	IDADE M.a	Zonas de Ostracodes Caribeanos (Águas transicionais)	Zonas palinológicas Hoorn, 1993	Zonas de Ostracodes Muñoz-Torres <i>et al.</i> 2006
MIOCENO	SUPERIOR	7.1	<i>Cyprideis pascagoulaensis</i>		Indefinida
		11.2			<i>Grimsdalea</i>
	MÉDIO		<i>Cyprideis aff. ovata</i>	<i>Crassoretitriletes</i>	<i>Cyprideis obliquosulcata</i>
			<i>Cyprideis pascagoulaensis</i>		<i>Cyprideis minipunctata</i>
		15.1			<i>Cyprideis caraione</i>
		16.6			<i>Cyprideis aulakos</i>
	INFERIOR		<i>Cyprideis aff. ovata</i>	<i>Psiladiporites/ Crototricolpites</i>	
		20.5			

Figura 10- Biozoneamento com base no estudo de ostracodes.

Fonte: modificado de Muñoz-Torres *et al.* (2006).

5.4 OSTRACOFAUNA

Apesar dos estudos paleontológicos a respeito do Neógeno da Amazônia ocidental terem se iniciado no século XIX como a exemplo dos trabalhos com moluscos (Gabb, 1869, Conrad, 1871, Woodward, 1871, Haart, 1872, Dall, 1872, Conrad, 1874a,b, Etheridge, 1879) as primeiras pesquisas com ostracodes nesta formação só foram realizadas a partir do século XX. Alguns autores fizeram pequenas referências, porém sem uma descrição detalhada como Gold (1967), além do trabalho de Gardner (1927), onde o autor cita apenas o gênero de água doce *Cypris* associado com moluscos.

O estudo da ostracofauna desta formação ganhou maior destaque com os trabalhos de Purper (1977a, 1979), nos quais a autora identificou e descreveu diversos gêneros e espécies novas provenientes de amostras de furos de sondagens e afloramentos da Bacia do Alto Amazonas, no Brasil, considerando a fauna endêmica, típica de ambiente mixoalino de águas calmas e de baixa energia, com raras e eventuais formas de água doce.

Paralelamente aos trabalhos no Brasil, Sheppard & Bate (1980), descrevem quinze espécies e três novos gêneros na Colômbia e Peru, caracterizando os depósitos como do Plio-Pleistoceno, flúvio-lacustres, com incursões marinhas localizadas.

Purper & Pinto (1983) descrevem dois novos gêneros e quatro novas espécies provenientes de material da Bacia do Alto Amazonas. Os autores referem uma variação na distribuição vertical das espécies que indicaria possíveis interpretações evolutivas.

Purper & Ornellas (1991) identificaram quatro espécies novas e relataram similaridades do material estudado com ostracodes provenientes de outros depósitos Neógenos da Colômbia e do Peru. As autoras concluem que detalhes estruturais influenciados por salinidade indicariam condições mesohalinas para a área estudada e que houve pouco transporte do material analisado.

Swain (1998) registrou na área de Iquitos, Peru, a ocorrência de seis espécies e subespécies do gênero *Cyprideis* considerando-as duvidosamente do Plioceno e típicas de águas transicionais.

Whatley *et al.* (1998) analisou 78 amostras de 18 diferentes localidades no Brasil, Peru e Colômbia, levando a revisão do gênero *Cyprideis* e a identificação de 14 espécies.

Muñoz-Torres *et al.* (1998) registraram a ocorrência de 11 gêneros de ostracodes distribuídos em 31 espécies, das quais seis são espécies novas. O gênero *Cyprideis* é dominante (90% da ostracofauna) representado por 17 espécies.

Posteriormente, Muñoz-Torres *et al.* (2006) realizando estudos bioestratigráficos em localidades do Peru, Colômbia e Brasil, estabeleceram cinco zonas de ostracodes, correspondentes ao final do Mioceno Inferior ao início do Mioceno Superior; além disto, os autores realizaram um estudo evolutivo do gênero *Cyprideis*, onde evidenciaram a ocorrência, a partir de características morfológicas, de duas linhagens evolutivas: uma de carapaça lisa e outra de carapaça ornamentada (Figura 11).

Ramos (2006a) estudando seções aflorantes da Formação Solimões, na região sudoeste do Amazonas, reconheceu uma espécie nova, *Cytheridella purperae*, e diversas espécies endêmicas do Neógeno da Amazônia Ocidental (*Cyprideis lacrimata* Muñoz-Torres *et al.*, 1998; *Cyprideis longispina* Purper, 1979; *Cyprideis pebasae* Purper, 1979; *Cyprideis graciosa* Purper, 1979; *Cypria aqualica* Shepard & Bate, 1980 e *Darwinula fragilis* Purper, 1979), e de uma espécie provavelmente nova (*Cytheridella* sp.), que ficou em nomenclatura aberta. O estudo destes afloramentos, no sudoeste do Estado do Amazonas, permitiu verificar a similaridade com depósitos do Mioceno do oeste da Amazônia, sugerindo um grande sistema deposicional flúvio-lacustre e de baixa energia.

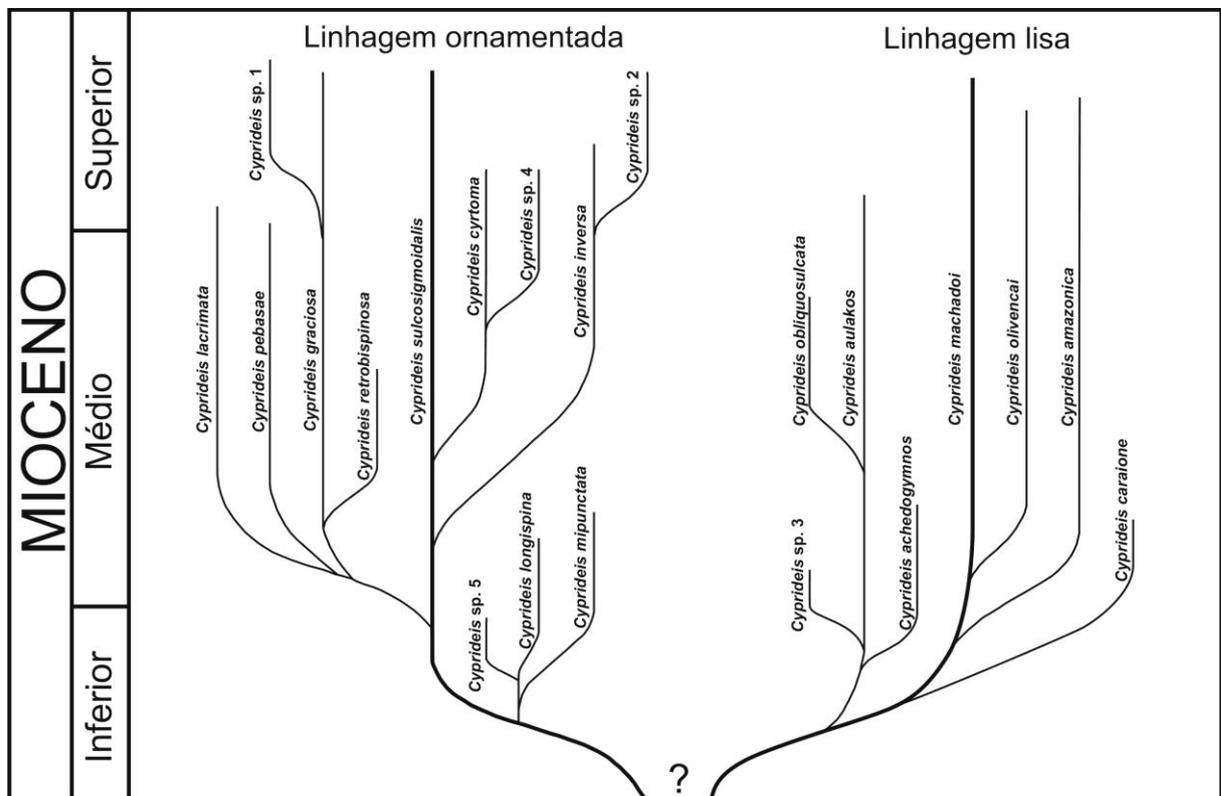


Figura 11- Estudo evolutivo do gênero *Cyprideis*.

Fonte: modificado de Muñoz-Torres *et al.* (2006).

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 MATERIAL

O material analisado consiste de 123 amostras de subsuperfície, das quais 93 são provenientes do testemunho de sondagem 1AS-31-AM, obtido na localidade de Cururu no Rio Ituí, e 30 amostras do testemunho 1AS-34-AM, da localidade de Jutáí Velho no Rio Jutáí, ambos no Estado do Amazonas, Brasil. Estas amostras foram cedidas pelo DNPM- Manaus, e são provenientes das perfurações realizadas pelo Projeto Carvão no Alto Solimões (1977), o qual tinha o objetivo de determinar o potencial linhítico da porção ocidental do Estado do Amazonas.

- Critérios de seleção e coleta das amostras

Para a obtenção das amostras foram necessárias quatro coletas, sendo estas realizadas em 2006, 2009, 2010 e 2011 na litoteca do 8º Distrito do DNPM- Manaus onde as perfurações estão acondicionadas. Tendo em vista a deterioração de grande parte destes testemunhos, a seleção destes e das respectivas amostras utilizadas no presente estudo ficou condicionada aos que se encontravam em melhor estado de preservação, evitando contaminação e o comprometimento das análises bem como os resultados desejados, visando cobrir a maior parte possível do testemunho.

Em ambos os testemunhos as amostras foram coletadas da base para o topo, seguindo a litologia e as respectivas profundidades; os intervalos foram amostrados com uma espessura média de 5 cm, com cerca de 250 gramas cada uma, suficiente para obtenção dos microfósseis.

Na perfuração 1AS-31-AM (Figura 12), que apresenta 302,05 m de profundidade total, as amostras obtidas estão distribuídas em 93 intervalos, das quais 38 contêm ostracodes e 55 são estéreis ou apresentam outros grupos fósseis. O testemunho de sondagem 1AS-34-AM (Figura 13) possui 340,25 metros de profundidade, e as amostras disponibilizadas correspondem a 30 intervalos, sendo que sete amostras apresentam ostracodes e 23 são estéreis ou apresentam outros grupos fósseis.

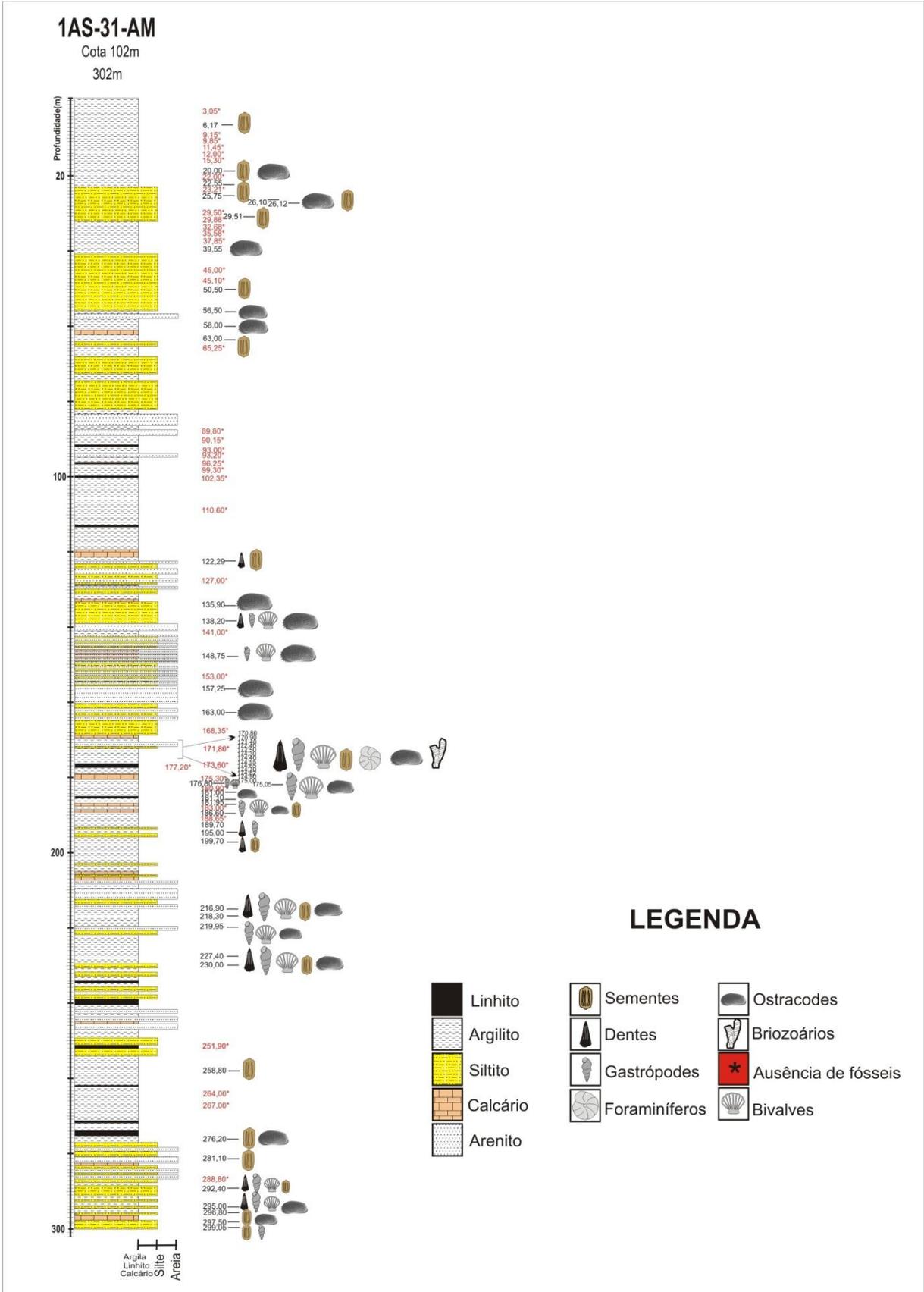


Figura 12- Distribuição estratigráfica dos fósseis no testemunho 1AS-31-AM.

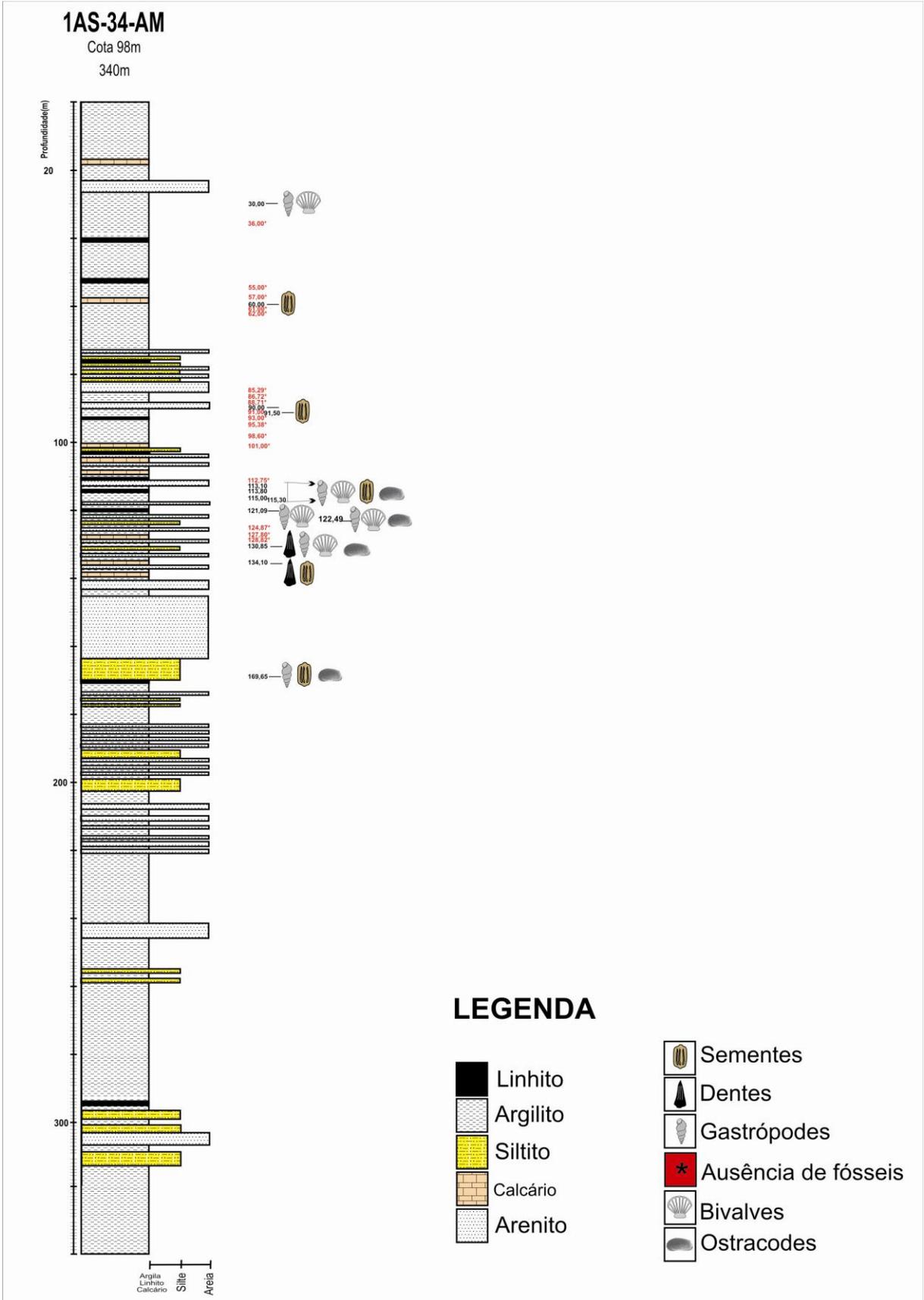


Figura 13- Distribuição estratigráfica dos fósseis no testemunho 1AS-34-AM.

6.2 MÉTODOS

ETAPA I: PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras foram preparadas com técnicas convencionais para estudos de microfósseis calcários no Laboratório de Polimento, da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (CCTE), do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), passando pelas seguintes etapas:

- 1) Pesagem:** primeiramente as amostras foram pesadas em balança eletrônica de alta precisão, utilizando-se aproximadamente 250 gramas de peso bruto para cada amostra;
- 2) Desagregação:** as amostras foram desagregadas através da emersão em água por um período de até 48 horas;
- 3) Lavagem e Peneiramento:** depois de diluídas as amostras passaram por lavagem e peneiramento, utilizando-se três frações de malhas 32 (= 0,50 mm), 60 (= 0,250 mm) e 80 (= 0,177 mm);
- 4) Secagem:** as amostras foram submetidas à secagem em estufa à 60°C por cerca de 48 horas;
- 5) Pesagem e Ensacamento:** depois de secas, as amostras foram pesadas em balança eletrônica de alta precisão, e posteriormente acondicionadas em sacos plásticos identificados, para posterior triagem.

ETAPA II: TRIAGEM E FOTOGRAFIA DOS OSTRACODES

Depois de preparadas, as amostras foram triadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica/MPEG, seguindo os procedimentos abaixo:

- 1) Triagem:** realizada com o auxílio de uma lupa binocular da marca Zeiss e pincéis nº 00, utilizando-se para esta etapa cerca de 10 gramas do peso relativo da amostra de cada uma das frações acima referidas;

2) Colagem: os espécimes de ostracodes foram colados separadamente em lâminas quadriculadas (“Células Flanke”) de acordo com uma prévia identificação a nível genérico e específico quando possível;

3) Limpeza: os melhores exemplares foram selecionados e passaram por processo de limpeza em álcool e água e, quando necessário, foi utilizado o aparelho de ultra-som, para posterior tomada de fotografias;

4) Preparação para obtenção das imagens: os exemplares em melhores condições de limpeza e preservação foram colados em “stubs” com fita dupla face para a metalização com Au por 2’30, com voltagem de 10 KV para a obtenção das imagens através de um microscópio eletrônico LEO modelo 1450VP, do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura- MEV/MPEG. Para uma melhor resolução de estruturas internas dos fósseis, foram também realizadas fotografias com uma câmera digital Cânon PowerShot A640, acoplada ao microscópio estereoscópico SV11 Zeiss.

ETAPA III: IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA

A classificação taxonômica das espécies seguiu a chave de identificação *Treatise on Invertebrate Paleontology, Parte Q, Arthropoda*, Moore (1961), além de bibliografia complementar especializada, como Purper (1977a, 1979), Whatley *et al.* (1998), Muñoz-Torres *et al.* (1998) e Ramos (2006a).

O material tipo será depositado na coleção micropaleontológica do MPEG, ficando temporariamente com a catalogação MPEG-01-AP a MPEG-88-AP.

Em relação aos foraminíferos, não foi realizada uma classificação taxonômica detalhada, a qual será feita em publicações futuras. Uma identificação a nível genérico seguiu o *Treatise on Invertebrate Paleontology, Parte C, Protista*, Moore (1964).

ETAPA IV: ILUSTRAÇÕES E EDIÇÃO DE IMAGENS

As imagens e mapas foram editados com o uso dos programas Coreldraw/CorelPhotopaint versão 13 e Adobe Photoshop CS3 BR. Para a confecção das tabelas e gráficos utilizou-se o programa Microsoft Office Excel 2010.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 TAXONOMIA

Para a identificação taxonômica das espécies do gênero *Cyprideis* foi utilizado no presente trabalho a diagnose feita por Whatley *et al.* (1998).

Filo CRUSTACEA Pennant, 1777
 Classe OSTRACODA Latreille, 1806
 Ordem PODOCOPIDA Muller, 1894
 Subordem PODOCOPINA Sars, 1866
 Superfamília CYTHEROIDEA Baird, 1850
 Família CYTHERIDEIDAE Sars, 1925
 Subfamília CYTHERIDEINAE Sars, 1925
 Gênero *Cyprideis* Jones, 1857

Cyprideis amazonica Purper, 1979
 ANEXO B1- Estampa 1; Figuras 1-6

1977 *Cytheridea* sp. nova B. Purper, p. 362-363, est. 3, figs. 11-16.

1979 *Cyprideis amazonica* Purper, p. 231, est. 4, figs. 1-11.

1998 *Cyprideis* cf. *amazonica* (Purper, 1979). Swain, p. 3, est. 2, fig 7.

1998 *Cyprideis amazonica* (Purper, 1979). Whatley *et al.*, p. 234, est. 1, figs. 1-5.

1998 *Cyprideis amazonica* (Purper, 1979). Muñoz-Torres *et al.*, p. 94, est. 2, figs. 4-6.

2010 *Cyprideis amazonica* (Purper, 1979). Wesselingh & Ramos
 , p. 308, fig. 18.5 K-L.

Localidade tipo: Testemunho CPCAN-III (19,50-20,78 m), São Paulo de Olivença, noroeste do Amazonas, Brasil, coordenadas: lat. 03°27'S - long. 68°48'W.

Outras ocorrências: CPCAN-I- Tamanduá, afloramento em Atalaia do Sul, Amazônia Ocidental. Afloramentos em Iquitos e Pebas (Peru) e várias localidades Colombianas como Santa Sofía, San Martín, Puerto Nariño, Macedonia e Los Chorros.

Material estudado: 276 carapaças e 1278 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 56,50 m; 58,00 m; 135,90 m; 163,00 m; 170,80 m; 174,30 m; 174,55 m; 174,65 m; 174,70 m; 174,90 m; 175,00 m; 175,05 m; 216,90 m; 219,95 m e 230,00 m.
- Testemunho 1AS-34-AM nas profundidades: 113,10 m; 113,80 m; 115,00 m; 115,30 m; 122,49 m; 130,85 m e 169,65 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-01-AP- comprimento: 0,84 mm, altura: 0,47 mm; **Homótipo MPEG-02-AP-** comprimento: 0,95 mm, altura: 0,57 mm; **Homótipo MPEG-03-AP-** comprimento: 0,81 mm, altura: 0,42 mm; **Homótipo MPEG-04-AP-** comprimento: 0,81 mm, altura: 0,38 mm.

Cyprideis aulakos Munoz-Torres, Whatley & Van Harten, 1998

ANEXO B1- Estampa 1; Figuras 7-12

1998 *Cyprideis* sp. aff. *C. retrobispinosa* Purper & Pinto, Swain, p. 12, est. 6, figs. 1-8.

1998 *Cyprideis* sp. 4 Whatley *et al.*, p. 237, est. 3 figs. 16-20.

1998 *Cyprideis aulakos* Muñoz-Torres *et al.*, p. 94, est. 2, figs. 7-11.

2010 *Cyprideis aulakos* (Muñoz-Torres *et al.*, 1998). Wesselingh & Ramos, p. 308, fig. 18.5 Q-R.

Localidade tipo: Seção H (Wesselingh 1993) Mocagua, km 13 à esquerda do Rio Amazonas, vila Puerto Nariño, Colômbia.

Material estudado: 30 carapaças e 195 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 148,75 m; 170,80 m; 170,90 m; 174,30 m; 174,40 m; 174,65 m; 174,70 m; 174,82 m; 174,90 m; 175,00 m; 276,20 m e 296,80 m.
- Testemunho 1AS-34-AM nas profundidades: 113,80 m; 115,00 m; 115,30 m; 122,49 m e 130,85 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-05-AP- comprimento: 0,98 mm, altura: 0,58 mm; **Homótipo MPEG-06-AP-** comprimento: 0,88 mm, altura: 0,48 mm; **Homótipo MPEG-05-AP-** comprimento: 0,98 mm, altura: 0,58 mm; **Homótipo MPEG-07-AP-** comprimento: 1,03 mm, altura: 0,59 mm; **Homótipo MPEG-08-AP-** comprimento: 1,05 mm, altura: 0,59 mm.

Cyprideis caraionae Purper & Pinto, 1985

ANEXO B1- Estampa 1; Figuras 13-14

1985 *Cyprideis caraionae* Purper & Pinto, p. 430, est. 1, figs. 1-13.

1998 *Cyprideis* sp. aff. *C. machadoi* Purper, 1979. Swain, p. 10, est. 4, figs. 1-4.

1998 *Cyprideis caraionae* (Purper & Pinto, 1985). Whatley *et al.*, p. 234, est. 1 figs. 6-10.

1998 *Cyprideis caraionae* (Purper & Pinto, 1985). Muñoz-Torres *et al.*, p. 94, est. 2, figs. 12-14.

Localidade tipo: Testemunho 1AS-33-AM, a sudoeste da localidade de Benjamin Constant, no Brasil, coordenadas: lat. 05°15'S - long. 71°33'W.

Material estudado: 73 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 138,20 m; 157,25 m; 170,80 m e 230 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-09-AP- comprimento: 0,77 mm, altura: 0,41 mm; **Homótipo MPEG-10-AP-** comprimento: 0,73 mm, altura: 0,39 mm.

Cyprideis cyrtoma Muñoz-Torres, Whatley & Van Harten, 1998

ANEXO B2- Estampa 2; Figuras 1-4

1998 *Cyprideis* sp. 1, Whatley *et al.*, p. 236, est. 3, figs. 6-10.

1998 *Cyprideis cyrtoma* Muñoz-Torres *et al.*, p. 94-95, est. 2, figs. 15-19.

Localidade tipo: Seção H (Wesselingh 1993) Mocagua, km 13 à esquerda do Rio Amazonas, vila Puerto Nariño, Colômbia.

Material estudado: 14 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 157,25 m e 170,80 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-11-AP- comprimento: 0,82 mm, altura: 0,43 mm; **Homótipo MPEG-12-AP-** comprimento: 0,79 mm, altura: 0,41 mm; **Homótipo MPEG-13-AP-** comprimento: 0,80 mm, altura: 0,39 mm; **Homótipo MPEG-14-AP-** comprimento: 0,83 mm, altura: 0,39 mm.

Cyprideis graciosa (Purper, 1979) Munoz-Torres, Whatley & Van Harten, 1998

ANEXO B2- Estampa 2; Figuras 5-8

1977a *Cytheridea* sp. D. Purper, p. 362-363, est. 3, figs. 5-6.

1979 *Cytheridea graciosa* Purper, p. 229, est. 3, figs. 1-9.

1991 *Cytheridea graciosa* (Purper, 1979). Purper & Ornellas, p. 26, est. 1, figs. 10-15.

1998 *Cyprideis graciosa* (Purper, 1979). Whatley *et al.*, p. 234, est. 1, figs. 11-15.

1998 *Cyprideis graciosa* (Purper, 1979). Muñoz-Torres *et al.*, p. 96, est. 3, figs. 1-3.

2006 *Cyprideis graciosa* (Purper, 1979). Ramos, p. 93, fig. 7d-h.

2010 *Cyprideis graciosa* (Purper, 1979). Wesselingh & Ramos, p. 308, fig. 18.5 E-F.

Localidade tipo: Testemunho CPCAN-III (19,50-20,78 m), São Paulo de Olivença, noroeste do Amazonas, Brasil, coordenadas: lat. 03°27'S - long. 68°48'W.

Outras ocorrências: CPCAN-II- Porerê (154,05-156,36m), noroeste do Amazonas, Brasil, coordenadas: lat. 03°23'S - long. 67°30'W.

Material estudado: 37 carapaças e 293 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 56,50 m; 58,00 m; 138,20 m; 157,25 m; 170,80 m; 174,30 m; 174,55 m; 174,65 m; 174,70 m; 174,82 m; 174,90 m; 175,00 m; 175,05 m; 181,10 m; 199,70 m; 216,90 m; 218,30 m; 219,95 m; 230,00 m e 295,00 m.
- Testemunho 1AS-34-AM nas profundidades: 113,80 m; 122,49 m e 130,85 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-15-AP- comprimento: 0,88 mm, altura: 0,49 mm; **Homótipo MPEG-16-AP-** comprimento: 0,83 mm, altura: 0,45 mm; **Homótipo MPEG-17-AP-** comprimento: 0,80 mm, altura: 0,37 mm; **Homótipo MPEG-18-AP-** comprimento: 0,80 mm, altura: 0,35 mm.

Cyprideis inversa (Purper & Pinto, 1983) Whatley, Munoz-Torres & Van Harten, 1998

ANEXO B2- Estampa 2; Figuras 9-10

1983 *Sohnicythere inversa* Purper & Pinto, p. 119-120, est. 3, figs. 12-24.

1998 *Cyprideis inversa* (Purper & Pinto, 1983). Whatley *et al.*, p. 234-235, est. 1, figs. 16-20.

1998 *Cyprideis inversa* (Purper & Pinto, 1983). Muñoz-Torres *et al.*, p. 96, est. 3, figs. 4-6.

Localidade tipo: Testemunho 1-AS-32-AM (18,50-84,00 m), Tambaquí, Rio Curuçá, noroeste do Amazonas, Brasil, coordenadas: lat. 04°32'S - long. 71°24'W.

Outras ocorrências: Afloramentos de Villareal e Los Chorros, Colômbia.

Material estudado: três valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 172,40 m e 230 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-19-AP- comprimento: 0,63 mm, altura: 0,37 mm; **Homótipo MPEG-20-AP-** comprimento: 0,54 mm, altura: 0,29 mm.

Cyprideis lacrimata Munoz-Torres, Whatley & Van Harten, 1998

ANEXO B3- Estampa 3; Figuras 1-6

1979 *Hulingsina?* sp. Purper, p. 239, est. 7, figs. 1-5.

1998 *Cyprideis lacrimata* Muñoz-Torres *et al.*, p. 96, est. 3, figs. 7-11.

2006 *Cyprideis lacrimata* (Muñoz-Torres *et al.*, 1998). Ramos, p. 93, fig. 7a-c.

2010 *Cyprideis lacrimata* (Muñoz-Torres *et al.*, 1998). Wesselingh & Ramos, p. 308, fig. 18.5 G-H.

Localidade tipo: Seção N (Wesselingh 1993) com Santa Sofia, km 40 a noroeste da cidade de Letícia, a direita do Rio Amazonas Colômbia.

Material estudado: três valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM na profundidade: 157,25 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-21-AP- comprimento: 0,66 mm, altura: 0,37 mm; **Homótipo MPEG-22-AP-** comprimento: 0,66 mm, altura: 0,37 mm; **Homótipo MPEG-23-AP-** comprimento: 0,67 mm, altura: 0,32 mm.

Cyprideis machadoi (Purper, 1979) Whatley, Munoz-Torres & Van Harten, 1998

ANEXO B3- Estampa 3; Figuras 7-12

1977 *Ostracoda* B. n.g., n.sp. Purper, p. 358-359, est. 1, figs. 9-14.

1979 *Chlamydocytheridea machadoi* Purper, p. 237-238, est. 6, figs. 1-6.

1979 *Cyprideis truncata* Purper, p. 232-233, est. 4, figs. 12-22.

1980 *Otarocyprideis elegans* Sheppard & Bate, p. 101-102, est. 8, figs. 10-12.

1991 *Chlamydocytheridea kotzianae* Purper & Ornellas, p. 26, est. 1, figs. 7-9.

1998 *Cyprideis machadoi* (Purper, 1979). Whatley *et al.*, p. 235, est. 2, figs. 1-5.

1998 *Cyprideis machadoi* (Purper, 1979). Muñoz-Torres *et al.*, p. 98, est. 3, figs. 15-17.

2010 *Cyprideis machadoi* (Purper, 1979). Wesselingh & Ramos, p. 308, fig. 18.5 M-N.

Localidade tipo: Testemunho CPCAN-III (31,52-32,62 m), São Paulo de Olivença, noroeste do Amazonas, Brasil, coordenadas: lat. 03°27'S - long. 68°48'W.

Outras ocorrências: CPCAN-I (211,86-214,96 m), Tamanduá, noroeste do Amazonas, Brasil, coordenadas: lat. 04°13'S - long. 67°52'W.

Material estudado: 27 carapaças e 143 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 39,55 m; 138,20 m; 157,25 m; 170,80 m; 174,30 m; 174,40 m; 174,55 m; 174,90 m; 175 m; 181 m; 227,40 m e 230 m.

- Testemunho 1AS-34-AM nas profundidades: 113,80 m; 122,49m e 130,85 m.

Dimensões do material figurado: **Homótipo MPEG-24-AP-** comprimento: 0,96 mm, altura: 0,52 mm; **Homótipo MPEG-25-AP-** comprimento: 1 mm, altura: 0,50 mm; **Homótipo MPEG-26-AP-** comprimento: 0,65 mm, altura: 0,32 mm; **Homótipo MPEG-27-AP-** comprimento: 1,11 mm, altura: 0,52 mm.

Cyprideis olivencai (Purper, 1979) Whatley, Munoz-Torres & Van Harten, 1998

ANEXO B4- Estampa 4; Figuras 1-6

1979 *Amazonacytheridea multiradiata* Purper, p. 234-235, est. 5, figs. 1-9.

1979 *Paulacoutoia olivencai* Purper, p. 235-236, est. 5, figs. 10-17.

1979 *Paulacoutoia kroemmelbeini* Purper, p. 236-237, est. 5, figs. 18-24.

1979 *Pseudoparakritella parallela* Purper, p. 238-239, est. 6, figs. 7-14.

1980 *Botulocyprideis simplex* Sheppard & Bate, p. 104, est. 9, figs. 6, 8-13.

1998 *Cyprideis olivencai* (Purper, 1979). Whatley *et al.*, p. 236, est. 2, figs. 11-15.

1998 *Cyprideis olivencai* (Purper, 1979). Muñoz-Torres *et al.*, p. 100, est. 4, figs. 5-7.

2010 *Cyprideis olivencai* (Purper, 1979). Wesselingh & Ramos, p. 308, fig. 18.5 O-P.

Localidade tipo: Testemunho CPCAN-III (31,52-32,62 m), São Paulo de Olivença, noroeste do Amazonas, Brasil, coordenadas: lat. 03°27'S - long. 68°48'W.

Outras ocorrências: Localidades de Mocagua, Los Chorros e Buenos Aires, Colômbia; além de Pebas e Santa Júlia, Peru.

Material estudado: 22 carapaças e 78 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 138,20 m; 157,25 m; 170,80 m; 172,40 m; 174,70 m; 175 m; 181,10 m; 181,95 m; 218,30 m; 227,40 m e 230 m.

- Testemunho 1AS-34-A nas profundidades: 113,80 m e 122,49 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-28-AP- comprimento: 0,73 mm, altura: 0,40 mm; **Homótipo MPEG-29-AP-** comprimento: 0,70 mm, altura: 0,36 mm; **Homótipo MPEG-30-AP-** comprimento: 0,65 mm, altura: 0,32 mm; **Homótipo MPEG-31-AP-** comprimento: 0,71 mm, altura: 0,33 mm.

Cyprideis pebasae (Purper, 1979) Whatley, Munoz-Torres & Van Harten, 1998

ANEXO B4- Estampa 4; Figuras 7-15

1977a *Cytheridea* sp. nov. C. Purper, p. 362-363, est. 3, figs. 1-4.

1979 *Cytheridea pebasae* Purper, p. 228-230, est. 2, figs. 11-23.

1980 *Cyprideis purperi purperi* Shepard & Bate, p. 104-105, est. 7, figs. 1-13.

1980 *Cyprideis purperi colombiaensis* Shepard & Bate, est. 8, figs. 3-9.

1998 *Cyprideis* sp. aff. *C. purperi colombiaensis* Shepard & Bate, 1980. Swain, est. 1, figs. 5-6, est. 2, figs. 1-6, 8,9, est. 3, figs. 3-4.

1998 *Cyprideis pebasae* (Purper, 1979). Whatley *et al.*, p. 236, est. 2, figs. 16-20.

1998 *Cyprideis pebasae* (Purper, 1979). Muñoz-Torres *et al.*, p. 100, est. 4, figs. 8-10.

2006 *Cyprideis pebasae* (Purper, 1979). Ramos, p. 91, fig. 6e-y.

2010 *Cyprideis pebasae* (Purper, 1979). Wesselingh & Ramos, p. 308, fig. 18.5 C-D.

Localidade tipo: Testemunho CPCAN-III (19,50-20,78 m), São Paulo de Olivença, noroeste do Amazonas, Brasil, Amazônia Ocidental, Brasil, coordenadas: lat. 03°27'S - long. 68°48'W.

Outras ocorrências: CPCAN-I (211,86-214,96 m), Tamanduá, noroeste do Amazonas, Brasil, coordenadas: lat. 04°13'S - long. 67°52'W, além de afloramentos em Atalaia do Norte, noroeste do Amazonas, Brasil; Iquitos no Peru e Pebas em Pichua, Macedônia e Villareal, na Colômbia.

Material estudado: 46 carapaças e 181 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 157,25 m; 170,80 m; 172,40 m; 174,30 m; 174,40 m; 174,55 m; 174,65 m; 174,70 m; 174,90 m; 175 m; 189,70 m; 199,70 m; 216,90 m; 218,30 m; 219,95 m; 227,40 m e 230 m.

- Testemunho 1AS-34-AM nas profundidades: 113,80 m; 115,00 m e 122,49 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-32-AP- comprimento: 0,86 mm, altura: 0,47 mm; **Homótipo MPEG-33-AP-** comprimento: 0,86 mm, altura: 0,43 mm; **Homótipo MPEG-34-AP-** comprimento: 0,72 mm, altura: 0,35 mm; **Homótipo MPEG-35-AP-** comprimento: 0,72 mm, altura: 0,36 mm; **MPEG-35-AP-** comprimento: 0,72 mm, altura: 0,31 mm.

Cyprideis sulcosigmoidalis (Purper, 1979) Whatley, Munoz-Torres & Van Harten, 1998

ANEXO B5- Estampa 5; Figuras 1-6

1977 *Cytheridea* sp. A. Purper, p. 360-361, Pl. 2, Figs. 1-6.

1979 *Cytheridea sulcosigmoidalis* Purper, p. 226-227, est. 1, figs. 11-18.

1998 *Cyprideis sulcosigmoidalis* (Purper, 1979). Whatley *et al.*, p. 236, est. 3, figs. 1-5.

1998 *Cyprideis sulcosigmoidalis* (Purper, 1979). Muñoz-Torres *et al.*, p. 100, est. 4, figs. 16-18.

2010 *Cyprideis sulcosigmoidalis* (Purper, 1979). Wesselingh & Ramos, p. 308, fig. 18.5 I-J.

Localidade tipo: Testemunho CPCAN-III (31,52-32,62 m), São Paulo de Olivença, noroeste do Amazonas, Brasil, lat. 04°21'S - long. 70°02'W.

Outras ocorrências: CPCAN-I (131,19-135,27 m), Tamanduá, noroeste do Amazonas, Brasil, coordenadas: lat. 04°13'S - long. 67°52'W.

Material estudado: 32 carapaças e 107 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 170,80 m; 172,40 m; 172,50 m; 174,30 m; 174,55 m; 174,65 m; 174,40 m; 175 m; 175,05 m; 181,95 m; 227,40 m; 230 m; 295 m e 297,50 m.

Dimensões do material figurado: MPEG-36-AP- comprimento: 1,01 mm, altura: 0,63 mm; **MPEG-37-AP-** comprimento: 1,04 mm, altura: 0,60 mm; **MPEG-38-AP-** comprimento: 0,98 m, altura: 0,59 mm; **MPEG-39-AP-** comprimento: 0,98 mm, altura: 0,55 mm.

Cyprideis sp. 1

ANEXO B5- Estampa 5; Figuras 7-9

1998 *Cyprideis* sp. 1 Muñoz-Torres *et al.*, p. 102, est. 5, figs. 1-2.

1998 *Cyprideis* sp. 2 Whatley *et al.*, p. 245, est. 3, figs. 11-13.

Ocorrências: Puerto Nariño, Los Chorros e Mocagua, na Colômbia, além do testemunho 1AS-31-AM, margem do Rio Ituí, a sudoeste da localidade de Benjamin Constant no Amazonas, Brasil.

Material estudado: 4 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 170,80 m; 172,40 m e 175 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-40-AP- comprimento: 0,86 mm, altura: 0,51 mm; **Homótipo MPEG-41-AP-** comprimento: 0,83 mm, altura: 0,49 mm.

Discussão: Muñoz-Torres *et al.* (1998) e Whatley *et al.* (1998) encontraram uma espécie com as mesmas características morfológicas e mesmo tamanho, em depósitos neógenos da Amazônia Ocidental, na Colômbia, os quais denominaram de *Cyprideis* sp. 1 e *Cyprideis* sp. 2, respectivamente.

Cyprideis sp. 2

ANEXO B5- Estampa 5; Figura 10

Material estudado: 1 valva.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM na profundidade: 175 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-42-AP- comprimento: 0,80 mm, altura: 0,41 mm.

Discussão: *Cyprideis* sp. 2 difere de outras espécies do gênero aqui registradas pelo contorno tipicamente subretangular da carapaça, margens anterior e posterior mais simetricamente arredondadas, ausência de espinhos antero e postero-marginais, pela presença de um sulco raso e pela disposição da ornamentação.

Cyprideis sp. 3

ANEXO B5- Estampa 5; Figura 11

Material estudado: 1 valva.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM na profundidade: 172,40 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-43-AP- comprimento: 0,79 mm, altura: 0,41 mm.

Discussão: *Cyprideis* sp. 3 difere de outras espécies do gênero aqui registradas pelo contorno da carapaça retangular a subretangular, ausência de sulco e pelo padrão da ornamentação reticulada.

Cyprideis sp. 4

ANEXO B5- Estampa 5; Figura 12

Material estudado: 1 valva.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM na profundidade: 174,65 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-44-AP- comprimento: 0,76 mm, altura: 0,37 mm.

Discussão: *Cyprideis* sp. 4 difere de outras espécies do gênero aqui registradas pelo pela disposição serrilhada dos espinhos antero e posteromarginais e ausência de sulco.

Cyprideis sp. 5

ANEXO B6- Estampa 6; Figuras 1-3

Material estudado: 9 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 170,80 m; 174,65 m e 175 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-45-AP- comprimento: 0,66 mm, altura: 0,38 mm; **Homótipo MPEG-46-AP-** comprimento: 0,62 mm, altura: 0,36 mm; **Homótipo MPEG-47-AP-** comprimento: 0,65 mm, altura: 0,38 mm.

Discussão: *Cyprideis* sp. 5 difere de outras espécies do gênero aqui registradas pela ausência de espinhos marginais, sulco dorso-mediano bem marcado e presença de nódulos.

Cyprideis? sp. 6

ANEXO B6- Estampa 6; Figuras 4-6

Material estudado: 2 carapaças e 10 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 157,25 m e 172,40 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-48-AP- comprimento: 0,52 mm, altura: 0,24 mm; **Homótipo MPEG-49-AP-** comprimento: 0,68 mm, altura: 0,33 mm.

Discussão: Ver na discussão da espécie *Cyprideis?* sp. 7.

Cyprideis? sp. 7

ANEXO B6- Estampa 6; Figuras 7-9

Ocorrência: Testemunho 1AS-31-AM, margem do Rio Ituí, a sudoeste da localidade de Benjamin Constant no Amazonas, Brasil.

Material estudado: 2 carapaças e 10 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 148,75 m; 175 m e 230 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-50-AP- comprimento: 0,69 mm, altura: 0,31 mm; **Homótipo MPEG-51-AP-** comprimento: 0,66 mm, altura: 0,29 mm.

Discussão: Esta espécie apresenta características muito semelhantes às espécies do gênero *Cyprideis* da linhagem lisa, porém pela insuficiência e má preservação do material obtido, não é possível determinar uma identificação mais exata.

Subfamília PERISSOCYTHERIDEINAE van de Bold, 1963

Gênero Perissocytheridea Stephenson, 1938

Perissocytheridea akistron Munoz-Torres, Whatley & Van Harten, 1998

ANEXO B6- Estampa 6; Figuras 10-11

1998 *Perissocytheridea akistron* Muñoz-Torres *et al.*, p. 102, est. 5, figs. 9-13.

Localidade tipo: Afloramento na localidade de Villareal, 40 km a noroeste da cidade de Letícia, à direita do Rio Amazonas, Colômbia.

Outras ocorrências: Los Chorros e Santa Sofia, Colômbia.

Material estudado: 1 valva.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-34-AM na profundidade: 122,49 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-52-AP- comprimento: 0,43 mm, altura: 0,19 mm.

Família LIMNOCYTHERIDAE Klie, 1938

Gênero Cytheridella Daday, 1905

Cytheridella sp.

ANEXO B7- Estampa 7; Figuras 1-2

Material estudado: 3 carapaças e 3 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 20 m e 172,40 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-53-AP- comprimento: 0,62 mm, altura: 0,34 mm; **Homótipo MPEG-54-AP-** comprimento: 0,63 mm, altura: 0,34 mm.

Discussão: *Cytheridella* sp. difere de *C. purperae* Ramos, 2006 identificada em sedimentos neógenos da Formação Solimões na localidade de Torre da Lua, próximo a Eirunepé, Amazonas, Brasil.

Superfamília CYPRIDOIDEA Baird, 1845
 Família CYCLOCYPRIDIDAE Kaufmann, 1900
 Gênero *Cypria* Zenker, 1854

Cypria aqualica Shepard & Bate, 1980
 ANEXO 7- Estampa 7; Figura 3-5

1977a *Cypria?* sp. Purper, p. 364-365, est. 4, fig. 9.

1979 *Cypria?* sp. 3 Purper, p. 247-248, est. 8, figs. 19-21.

1980 *Cypria aqualica* Shepard & Bate, p. 116-117, est. 1.13, figs. 1-6.

1998 *Cypria aqualica* (Shepard & Bate, 1980). Muñoz-Torres *et al.*, p. 94, est. 2, figs. 4-6.

2006 *Cypria aqualica* (Shepard & Bate, 1980). Ramos, p. 91, fig. 6d.

2010 *Cypria aqualica* (Shepard & Bate, 1980). Wesselingh & Ramos, p. 309, fig. 18.7 D.

Localidade tipo: Pichua no Rio Marañon (Peru) e localidade CAE/GEO/33, La Tagua, região sul da Colômbia.

Outras ocorrências: Santa Sofía, Macedônia e Puerto Nariño, Colômbia. Testemunho CPCAN-III, São Paulo de Olivença, coordenadas: lat. 03°27'S - long. 68°48'W, noroeste do Amazonas, Brasil.

Material estudado: 2 carapaças e 69 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 39,55 m; 138,20 m e 157,25 m.

- Testemunho 1AS-34-AM na profundidade: 122,49 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-55-AP- comprimento: 0,83 mm, altura: 0,53 mm; **Homótipo MPEG-56-AP-** comprimento: 0,66 mm, altura: 0,37 mm, **Homótipo MPEG-57-AP-** comprimento: 0,65 mm, altura: 0,36 mm.

Superfamília DARWINULACEA Brady & Norman, 1889

Família DARWINULIDAE Brady & Norman, 1889

Gênero *Darwinula* Brady & Robertson, 1885

Darwinula fragilis Purper, 1979

ANEXO B7- Estampa 7; Figuras 6-9

1977a *Darwinula* sp. Purper, p. 364-365, est. 4, figs. 5-8.

1979 *Darwinula fragilis* Purper, p. 225, est. 1, figs. 4-10.

1980 *Darwinula* sp. Shepard & Bate, p. 117, est. 13, fig. 7.

1998 *Darwinula fragilis* (Purper, 1979). Muñoz-Torres *et al.*, p. 90, est. 1, figs. 1-3.

2006 *Darwinula fragilis* (Purper, 1979). Ramos, p. 91, fig. 6a-c.

2010 *Darwinula fragilis* (Purper, 1979). Wesselingh & Ramos, p. 309, fig. 18.7 E-F.

Localidade tipo: Testemunho CPCAN-III São Paulo de Olivença, noroeste do Amazonas, Brasil, coordenadas: lat. 03°27'S - long. 68°48'W.

Outras ocorrências: Afloramentos de Atalaia do Norte e Benjamin Constant, noroeste do Amazonas, Brasil.

Material estudado: 12 carapaças e 31 valvas.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM nas profundidades: 26,10 m; 26,12 m; 39,55 m; 138,20 m e 157,25 m.

- Testemunho 1AS-34-AM nas profundidades: 115,30 m e 122,49 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-58-AP- comprimento: 0,51 mm, altura: 0,20 mm; **Homótipo MPEG-59-AP-** comprimento: 0,54 mm, altura: 0,22 mm.

Superfamília CYPRIDOIDEA Baird, 1845

Família CANDONIDAE Kaufmann, 1900

Gênero CANDONA Baird, 1845

Candona? sp.

ANEXO B7- Estampa 7; Figuras 10-11

Material estudado: 1 carapaça.

Distribuição:

- Testemunho 1AS-31-AM na profundidade: 172,40 m.

Dimensões do material figurado: Homótipo MPEG-60-AP- comprimento: 0,44 mm, altura: 0,22 mm.

Discussão: *Candona?* sp. assemelha-se a *Candona (Pseudocandona) adriana* Pipík, 1998 identificada em sedimentos panonianos da margem ocidental da Bacia Danube, Pezinok, Slovakia, quanto a forma alongada da carapaça e superfície ligeiramente pontuada a lisa, porém pela insuficiência e má preservação do material obtido, não é possível determinar uma identificação mais exata.

7.2 ANÁLISE FAUNÍSTICA

7.2.1 Ostracofauna

O estudo de 123 amostras analisadas nos testemunhos 1AS-31-AM e 1AS-34-AM levou a identificação de um total de 3.000 espécimes de ostracodes, sendo 1.255 encontrados no primeiro e 1.745, no segundo. Do total das 23 espécies identificadas, nove táxons permanecem em nomenclatura aberta pelo pequeno número de espécimens recuperados das amostras analisadas, além da sua má preservação. As espécies identificadas representam seis gêneros e quatro famílias, dentre as quais a família Cytherideidae é a mais representativa. O gênero *Cyprideis* é o mais diverso e abundante, totalizando aproximadamente 96% da ostracofauna (Figura 14), sendo representado por 18 espécies, das quais 11 já haviam sido descritas anteriormente e sete são espécies provavelmente novas.

As espécies de ostracodes comuns para os dois testemunhos são *Cypria aqualica*, *Darwinula fragilis*, *Cyprideis amazonica*, *C. aulakos*, *C. graciosa*, *C. machadoi*, *C. olivencai* e *C. pebasae*.

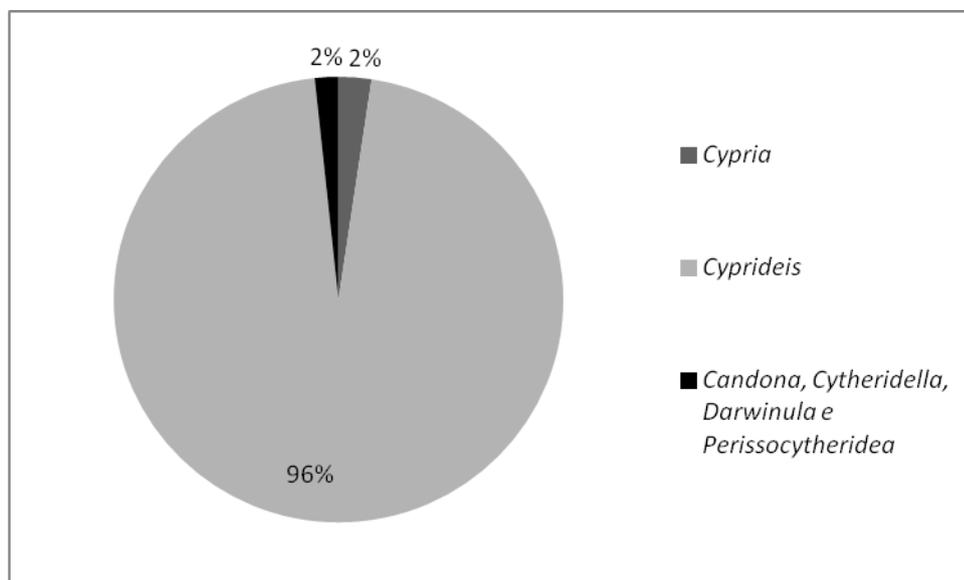


Figura 14- Percentual de gêneros de ostracodes encontrados nos testemunhos 1-AS-31-AM e 1AS-34-AM.

No testemunho 1AS-31-AM, das 93 amostras analisadas, foi possível verificar a presença de ostracodes em 38 intervalos entre as profundidades 297,50 m a 20,0 m (ANEXO A1- Tabela 1). A análise quantitativa levou a um total de 1255 espécimes, representados por

cinco gêneros e 22 espécies. As espécies *Cyprideis graciosa*, com 211 espécimes e *Cyprideis pebasae*, com 202 espécimes, são as mais freqüentes e abundantes (Figura 15).

A base deste testemunho é praticamente estéril, ocorrendo apenas o gênero *Cyprideis* representado pelas espécies *C. aulakos*, *C. graciosa* e *C. sulcosigmoidalis* Purper, 1979. A porção mediana revelou-se mais abundante e diversa, com o registro de 18 espécies de *Cyprideis*, além *Candona?* sp., *Cypria aqualica* e *Darwinula fragilis*. Os intervalos 175,00 m e 170,80 m são os que apresentam maior número de espécimes e maior diversidade. O topo do testemunho é menos abundante e diversificado e muitos intervalos desta porção são estéreis (ANEXO A2- Tabela 2).

No testemunho 1AS-34-AM, foram analisadas 30 amostras de onde foram registradas a ocorrência de ostracodes em sete intervalos entre as profundidades de 169,65m a 113,10 m (ANEXO A3- Tabela 3). A análise quantitativa levou a um total de 1.745 espécimes distribuídos em quatro gêneros e nove espécies, sendo *C. amazonica* Purper, 1979 a mais abundante com um total de 1.437 espécimens (Figura 16).

O intervalo 122,49 m foi o que apresentou maior diversidade, com um total de nove espécies: *Cypria aqualica*, *Darwinula fragilis*, *Perissocytheridea akistron*, *Cyprideis amazonica*, *C. aulakos*, *C. graciosa*, *C. machadoi*, *C. olivencai* e *C. pebasae*.

Neste testemunho, embora o intervalo amostrado bem como o número de amostras analisadas seja menor que no testemunho 1-AS-31-AM, a grande abundância de *Cyprideis amazonica* na profundidade 115,30m, com o total de 1.183 espécimes, leva a uma representatividade de quase 70% de todos os indivíduos encontrados, enquanto que as profundidades 169,65 m; 130,85 m; 115,00 m, 113,80 m e 113,10 m possuem menor abundância e também são menos diversas (ANEXO 4- TABELA 4).

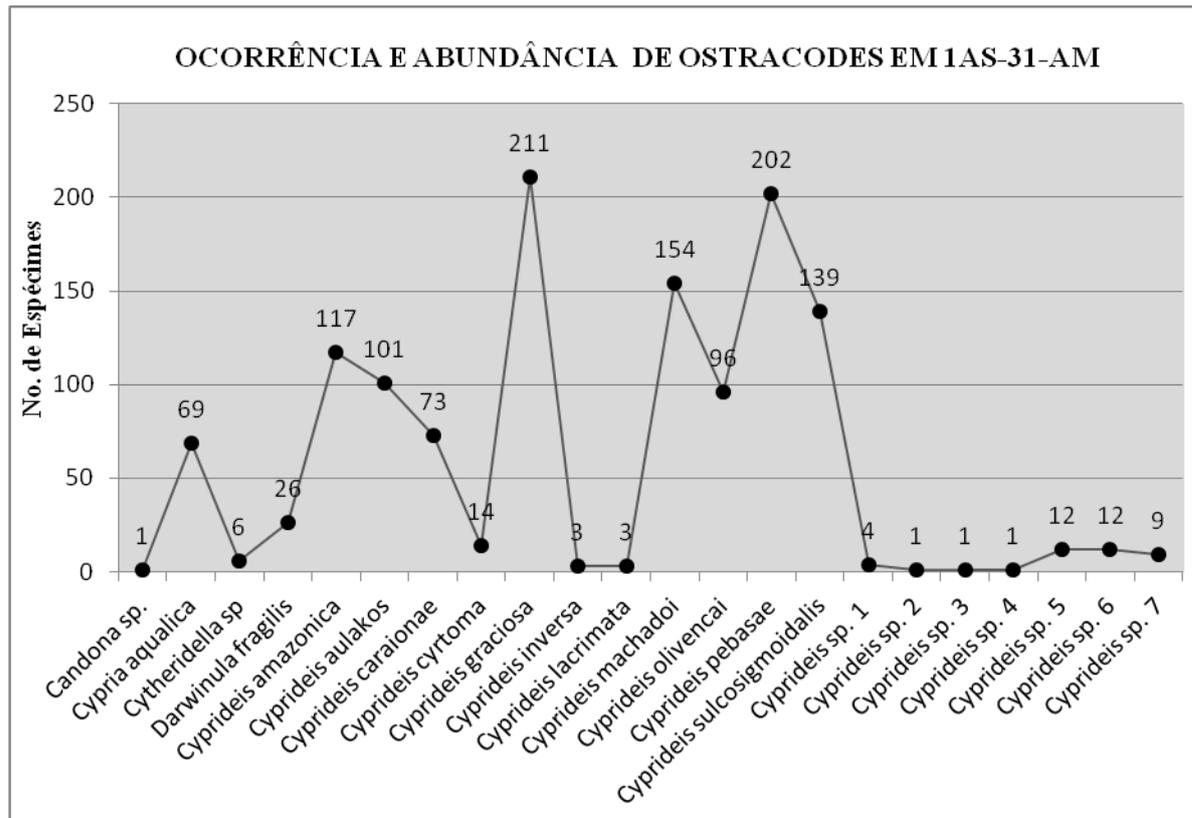


Figura 15- Ocorrência e abundância das espécies de ostracodes do testemunho 1AS-31-AM.

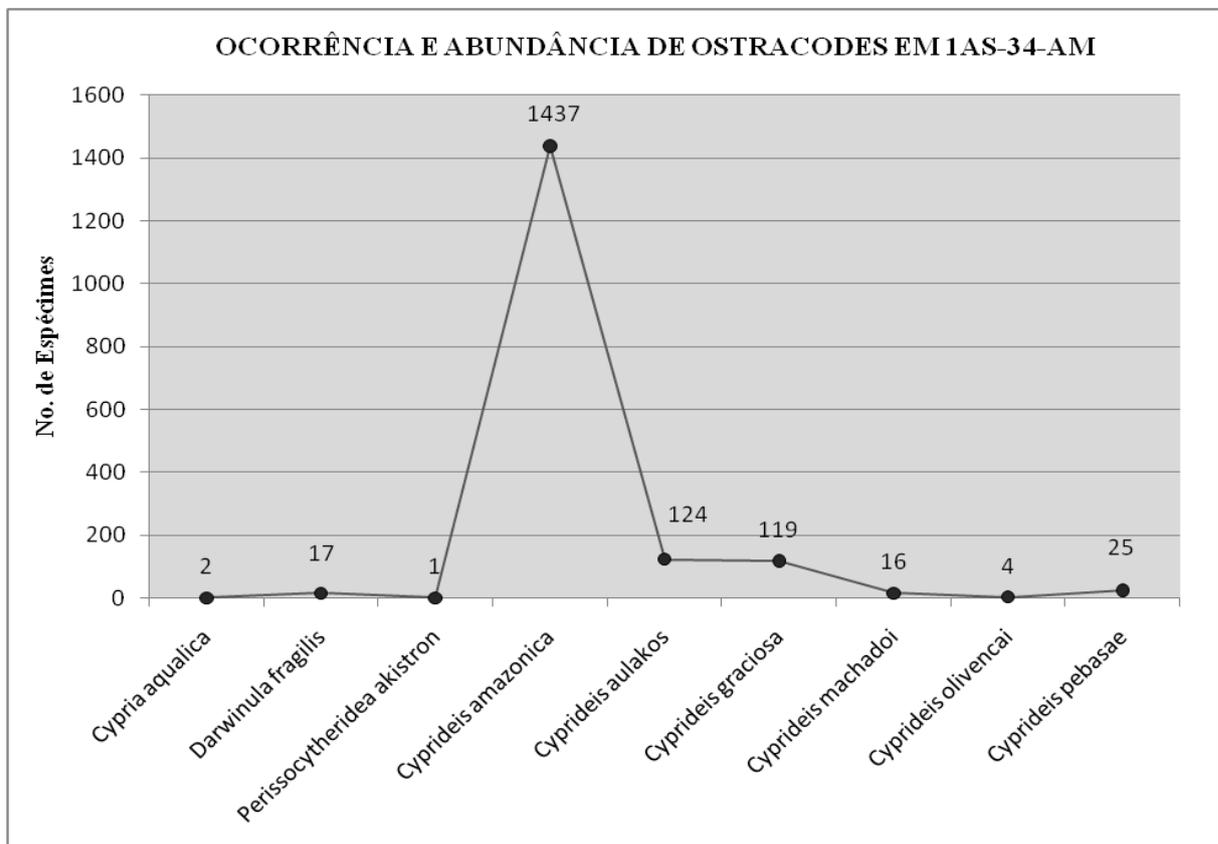


Figura 16- Ocorrência e abundância das espécies de ostracodes do testemunho 1AS-34-AM.

7.2.2 Grupos fósseis associados

A análise dos testemunhos levou ao registro de microfósseis diversos associados, ou não, à ostracofauna, os quais foram utilizados como mais uma ferramenta para a interpretação paleoambiental neste trabalho.

No testemunho 1AS-34-AM, além dos ostracodes foram encontrados moluscos (gastrópodes e bivalves) e ictiólitos de peixes ósseos e cartilagosos (ANEXO A5- Tabela 5). O testemunho 1AS-31-AM mostrou-se mais diversificado, apresentando além destes microfósseis já citados, a presença de foraminíferos, briozoários, raras carófitas e fragmentos de decápodos (ANEXO A6- Tabela 6).

Depois dos ostracodes, os moluscos são os mais freqüentes e abundantes ocorrendo quase que nos mesmos intervalos da ostracofauna. Os peixes também apresentaram uma ampla distribuição embora estejam em menor proporção do que os moluscos e ostracodes; os foraminíferos e briozoários ocorrem somente no testemunho 1AS-31-AM, nas profundidades 170,90 m, 171,40 m, 172,40 m, 174,40 m e 189,70m.

A análise quantitativa dos foraminíferos revelou a ocorrência de apenas 54 espécimes. A identificação taxonômica do grupo foi realizada, a princípio, em nível genérico, levando ao reconhecimento de nove gêneros e 11 espécies que estão em nomenclatura aberta devido ao pequeno número de representantes (ANEXO A7- Tabela 7).

Do testemunho 1AS-31-AM, no que diz respeito aos moluscos, foram identificados e ilustrados apenas alguns gêneros utilizados para a interpretação paleoambiental, os quais foram classificados como *Melongena woodwardi* Roxo, 1924 e *Neritina roxoi* de Greve, 1938 (com. pessoal Lívia Guimarães).

O estudo detalhado dos moluscos do testemunho 1AS-34-AM foi tratado em dissertação de mestrado, cuja publicação está em preparação por Guimarães *et al.* (in prep.).

Os outros microfósseis não foram classificados taxonomicamente em nível de espécie, entretanto suas ocorrências auxiliaram na complementação das interpretações paleoambientais.

7.3 INTERPRETAÇÕES PALEOAMBIENTAIS

A análise quantitativa e qualitativa da ostracofauna nos testemunhos estudados permitiu verificar o predomínio do gênero *Cyprideis* em relação aos outros gêneros associados em ambas as perfurações estudadas, coincidindo com estudos anteriores de ostracodes do Neógeno da Amazônia Ocidental que apontam uma representatividade de mais de 90% da ostracofauna (Whatley *et al.*, 1998, Munõz-Torres *et al.*, 2006). Whatley *et al.* (1998) registra a ocorrência de foco de radiação deste gênero para a Formação Solimões/Pebas, associando-o a um ambiente peculiar, como um sistema hidrológico fechado, que propiciou a expansão e predomínio do mesmo. Tais características particulares impediram uma maior expansão de gêneros tipicamente marinhos, bem como os de água doce.

Cyprideis é um gênero que pode ser encontrado em ambientes com diferentes gradientes de salinidade, sendo sua presença geralmente associada a ambientes mixohalinos, onde este é normalmente abundante, porém pouco diverso (Coimbra *et al.*, 2007). Entretanto, estudos apontam a ocorrência de *Cyprideis* nos mais variados ambientes, inclusive de água doce (Martens *et al.*, 1994, Wouters & Martens, 1992, 1994). Ainda, este gênero pode ocorrer em condições extremas suportando inclusive ambientes hipersalinos.

Este gênero é dominante em condições de estresse ambiental e exibe significativa variabilidade intra-específica, muitas vezes desenvolvendo estruturas morfológicas, como os nódulos, tornando-o uma ferramenta muito importante em estudos paleoambientais.

Ainda, *Cyprideis* é importante para estudos bioestratigráficos, evolutivos e na reconstrução paleobiogeográfica, principalmente em paleolagos de limitada longevidade e conexão com outros ecossistemas, como a exemplo do Lago Pebas e Lago Pannon (Gross & Piller, 2009).

- Testemunho 1AS-34-AM

De acordo com a análise da ostracofauna no testemunho 1AS-34-AM foi possível verificar para os intervalos estudados, que existe o predomínio do gênero *Cyprideis*, o qual está representado pela presença quase que exclusiva de *Cyprideis amazonica*. Esta espécie além de ser a mais frequente, é a mais abundante com 1.162 indivíduos em uma única amostra na profundidade 115,30 m. Esta ocorrência é muito significativa em relação a outras espécies de *Cyprideis* encontradas tanto neste como no testemunho 1AS-31-AM, onde o número de indivíduos não ultrapassa 50 por amostra.

A condição ambiental que proporcionou a alta abundância desta espécie no referido intervalo, também limitou a ocorrência de outras espécies, sendo observadas em menor número *C. aulakos* (seis espécimes), *C. sulcosigmoidalis* (um espécime) e *Darwinula fragilis* (14 espécimes). Este fato pode estar relacionado a uma condição de variação em fatores físico-químicos (possivelmente salinidade) que limitem a ocorrência de outras espécies de *Cyprideis* e favoreçam a ocorrência deste e do gênero dulcícola *Darwinula*, mesmo que em menor proporção.

Cyprideis ocorre ainda em todos os outros intervalos analisados (169,65 m; 130,85 m; 122,49 m; 115,30 m; 115 m; 113,80 m; 113,10 m), representados por *C. amazonica*, *C. aulakos*, *C. graciosa*, *C. machadoi*, *C. olivencai* e *C. pebasae*, enquanto que os outros gêneros característicos de água doce, *Cypria* e *Darwinula*, que representam apenas 1% desta ostracofauna, estão presentes somente nos intervalos 122,49 m e 115,30 m.

A profundidade 122,49 m é a mais diversa onde ocorre uma mistura de gêneros de água doce e mixohalinos, inclusive *Cyprideis* e *Perissocytheridea*. Este último ocorre apenas neste intervalo o que pode indicar algum gradiente mais elevado de salinidade, uma vez que este também é característico de águas salobras (Whatley *et al.*, 1983).

- Testemunho IAS-31-AM

A porção mais basal deste testemunho (299,05 m a 251,90 m) apresentou-se praticamente estéril em microfósseis restringindo-se a presença de poucos espécimes de *Cyprideis aulakos*, *C. graciosa* e *C. sulcosigmoidalis*.

A partir de 230 m até 216 m é observado o aumento gradativo na diversidade e abundância dos ostracodes, dentes de peixes e moluscos, o que pode estar associado ao estabelecimento de um ambiente com condições favoráveis à ocorrência dos mesmos.

Dentre os ostracodes, neste intervalo, ocorre um aumento expressivo na diversidade e abundância de *Cyprideis* (*C. amazonica*, *C. caraionae*, *C. graciosa*, *C. inversa*, *C. machadoi*, *C. olivencai*, *C. pebasae*, *C. sulcosigmoidalis* e *Cyprideis?* sp. 6), o que, possivelmente, possa representar ambientes lacustres uma vez que é comum a abundância e diversidade do gênero *Cyprideis* nestes ambientes conforme consta na literatura (Whatley *et al.*, 1998, Wouters & Martens, 2001, Muñoz-Torres *et al.*, 2006).

Do intervalo entre 199,70 m a 175,05 m ocorre um número muito reduzido de fósseis, onde estes apresentam-se bem alterados e recobertos por óxido de ferro, podendo representar ambientes de exposição subaérea, que impediram a preservação e o registro de ostracodes.

Entre 175 m e 174,55 m os ostracodes voltam a ser predominantes e quase que exclusivamente representados por uma grande diversidade e abundância de *Cyprideis*, além da ocorrência de fragmentos de peixes e raras carófitas. Ocorre, ainda, neste intervalo, a presença de nódulos em valvas de *Cyprideis*, que demonstra, possivelmente, ter ocorrido nesta porção bruscas alterações na salinidade.

Acima destas profundidades, entre 174,40 m e 170,90 m, uma sequência de aproximadamente 3,5 m de argilito com leitos delgados de arenito e siltito, apresenta uma microfauna bastante diversa com uma mistura de elementos tipicamente marinhos (foraminíferos planctônicos e bentônicos, briozoários, moluscos e peixes), transicionais (foraminíferos aglutinantes e ostracodes) e não-marinhos (ostracodes dos gêneros *Candona?* e *Cytheridella*) associados à presença de fragmentos de decápodes não identificados. Os moluscos marinhos estão representados pela espécie *Melongena woodiwardi* (com. pess. Lívia Guimarães); e os peixes por um otólito e por diversas escamas de tubarões.

Os foraminíferos nesta porção são bem representativos com nove gêneros e 11 espécies. Destes, os francamente marinhos estão representados por gêneros planctônicos (*Globigerina*, *Globigerinoides* e *Globorotalia*) e porcelanáceos (*Amphistegina*, *Quinqueloculina* e *Planorbulina*). Os aglutinantes, representantes de ambientes transicionais, estão representados por duas espécies de *Textularia*, além da presença de dois gêneros indeterminados. Neste intervalo também ocorrem organismos eurihalinos como *Cyprideis*, além de moluscos como *Neritina roxoi* (com. pess. Lívia Guimarães). Cabe ressaltar que a maior diversidade de foraminíferos ocorre no topo deste intervalo (170,90 m) e que o gênero *Amphistegina* é o mais abundante.

Segundo Távora & Coelho (2006) a ocorrência de *Amphistegina* associada à presença de gêneros planctônicos pode indicar uma conexão entre ambientes marinhos e lagunares.

No final desta sequência, na profundidade 170,80 m, observa-se o desaparecimento da microfauna mista e o retorno do predomínio do gênero *Cyprideis* com grande diversidade e abundância, e com um novo registro de nódulos em valvas deste gênero, confirmando mais uma vez nova alteração no gradiente de salinidade no intervalo.

Assim, pode-se concluir que a evolução paleambiental da sequência estudada inicia-se com ambientes lacustres, passando por ciclos gradacionais (progradação e retrogradação), de maior e menor salinidade, os quais estão bem representados pelas sequências litológicas, e posterior estabelecimento de condições lacustres a fluviais para o topo da sequência. Estas últimas (157,25 m a 20 m) se expressam pelo desaparecimento dos elementos marinhos e a ocorrência, além de *Cyprideis*, de ostracodes tipicamente não-marinhos como *Cypria*,

Cytheridella e *Darwinula*, os quais ocorrem em ambientes lacustres (água doce a mesohalina). A porção superior do testemunho (a partir de 20 m) culmina na total ausência de fósseis.

Estes dados corroboram estudos anteriores que referem episódios de incursão marinha restrita, com progradação rápida, influenciados por maré, com intercalação de seqüências de água salobra e de água doce para o Neógeno da Amazônia Ocidental (Hovikoski *et al.*, 2007, Hovikoski *et al.*, 2010).

O desenvolvimento de um ambiente fluviolacustre associado a rápidos e episódicos eventos de incursão marinha pode estar relacionado à subsidência na periferia do Escudo das Guianas, para a Bacia do Solimões, durante o Mioceno. Este evento coincide com a ascensão do nível do mar global (Serravaliano), como a exemplo da Formação Carbonera, na Colômbia (Räsänen *et al.*, 1995, Gomez *et al.*, 2009).

- Processo de Nodação

Uma particularidade vista em 1AS-31-AM foi a ocorrência de nódulos na superfície de valvas de *Cyprideis* nos intervalos de profundidade 175 m, 174,65 m e 170,80 m.

O processo de nodação em carapaças de ostracodes é bem conhecido para determinados gêneros como *Cyprideis*, *Cytherissa*, *Hemicyprideis*, *Limnocythere* e *Paracypridea* (Danielopol *et al.*, 1988, Carmo *et al.*, 1999, Van Harten, 2000). Segundo Keyser & Aladin (2004) a formação de nódulos é considerada uma estrutura adaptativa, que se forma a partir da elaboração de sua carapaça ainda nos estágios juvenis e associada a uma reação à variações de gradientes de salinidade, mais provavelmente a redução da mesma. Ainda, Keyser & Aladin (2004) concluíram que o processo de nodação em *Cyprideis torosa* é basicamente um problema individual de controle osmótico. A formação dos nódulos está intimamente ligada com o processo de muda, onde estas estruturas surgem em águas de baixo teor salino devido a incapacidade da espécie de adaptar-se à menor pressão osmótica da água durante o desenvolvimento dos estágios ontogenéticos, além também da baixa quantidade de íons de carbonato de cálcio dentro do animal.

O nível crítico de salinidade, o qual marca o início do aparecimento de nódulos varia muito de acordo com os diversos autores de 1 g l⁻¹ (Wagner, 1957); de 6 g l⁻¹ (Vesper, 1972, 1975) e 8 g l⁻¹ (Van Harten, 1996). Em ambientes de águas anomohalinas, que constituem o habitat típico de *Cyprideis*, a salinidade é significativamente variável por influência de marés e especialmente por efeitos opostos de precipitação e evaporação (Van Harten, 1975, Keyser & Aladin, 2004).

Van Harten (2000) através de experimentos com *Cyprideis torosa* em culturas, onde as salinidades eram de aproximadamente 13, 10, 7 e 3 g l⁻¹, observou que a porcentagem de ocorrência dos nódulos era mais elevada em salinidade reduzida e que estes eram mais freqüentes em valvas direitas. Ele comenta ainda da possibilidade de haver outro fator ambiental chamado de **X**, o qual combinado com baixos níveis de salinidade resultaria no processo de nodação. Este fator poderia representar o pH ou CO₂, que são diretamente relacionados a dissolução do CaCO₃.

No caso deste trabalho, o processo de nodação é equivalente para ambas as valvas (50%), entretanto, os nódulos comportam-se de maneiras distintas sendo mais pronunciados na valva direita (Figura 17).

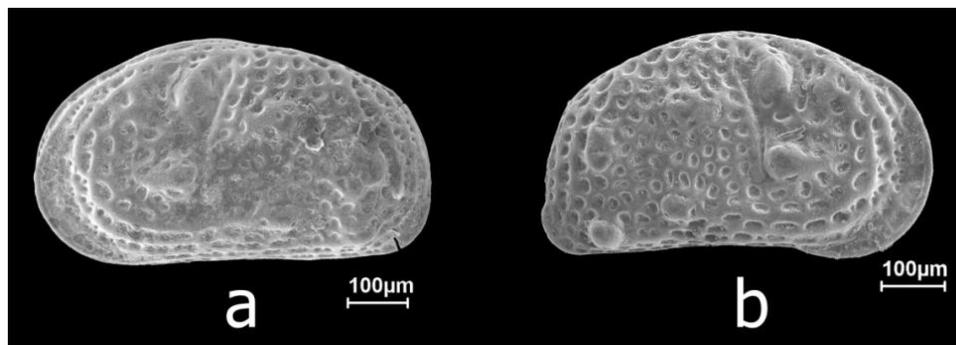


Figura 17- Valvas da espécie *Cyprideis* sp. 5 apresentando nódulos. Valva esquerda (a) e direita (b).

No presente estudo, o primeiro registro de valvas com nódulos no testemunho 1AS-31-AM, considerando a seqüência da base para o topo, ocorre na profundidade 175 m, posteriormente à 174,65 m, e o último registro à 170,80 m. Entre estas ocorrências de *Cyprideis* com nódulos está o curto intervalo de maior influência marinha.

O processo de nodação observado nos limites entre o aparecimento e desaparecimento de grupos típicos de ambientes marinhos a transicionais, pode estar associado às bruscas variações na taxa de salinidade na porção estudada, levando a concluir que as águas de maior teor salino entraram e saíram rapidamente em ciclos, alterando a salinidade do sistema continental lacustre.

7.4 INTERPRETAÇÕES BIOESTRATIGRÁFICAS

A distribuição estratigráfica das espécies do gênero *Cyprideis* nos testemunhos estudados (Figuras 18 e 19) permitiu inferir um intervalo com idade entre o final do Mioceno Inferior/início do Mioceno Médio ao final do Mioceno Médio/início do Mioceno Superior, para a porção estudada, o qual foi mais bem definido no testemunho 1AS-31-AM, pela maior amplitude de amostragem.

A tentativa de biozoneamento apresentada neste trabalho correlaciona-se em parte com a bioestratigrafia apresentada por Munoz-Torres *et al.* (2006) para ostracodes, com a datação de Hoorn (1993) para palinologia e a de moluscos de Wesselingh *et al.* (2006e), em amostras de superfície e subsuperfície em depósitos da Formação Solimões/Pebas.

No testemunho 1AS-31-AM foi possível identificar três biozonas de intervalo aqui denominadas informalmente de biozonas OS1, OS2 e OS3.

A biozona OS1 tem o limite superior marcado pela pelo surgimento de *Cyprideis amazonica*, *C. caraionae*, *C. inversa*, *C. machadoi*, *C. olivencai*, *C. pebasae* e *Cyprideis* sp.7.

Espécies associadas: *Cyprideis aulakos*, *C. graciosa* e *C. sulcosigmoidalis*.

Esta biozona está compreendida no intervalo, quase estéril, entre 297,50 m a 230 m e refere-se provavelmente a biozona *Cyprideis aulakos* de Muñoz-Torres *et al.* (2006) marcada para o final do Mioceno Inferior/início do Mioceno Médio (Figura 20).

A biozona OS2, cujo intervalo vai de 230 m a 175 m, tem o limite inferior marcado pelo primeiro aparecimento de *Cyprideis amazonica*, *C. caraionae*, *C. inversa*, *C. machadoi*, *C. olivencai*, *C. pebasae* e *Cyprideis* sp.7 e o limite superior marcado pelo primeiro aparecimento de *Cyprideis* sp. 1, *Cyprideis* sp. 2 e *Cyprideis* sp. 5.

Espécies associadas: *Cyprideis graciosa* e *C. sulcosigmoidalis*.

Esta biozona possivelmente corresponda a biozona *Cyprideis caraionae* definida por Muñoz-Torres *et al.* (2006) marcada para o Mioceno Médio (Figura 20).

A biozona OS3 tem o limite inferior marcado pelo primeiro surgimento *Cyprideis* sp. 1, *Cyprideis* sp. 2. e *Cyprideis* sp. 5 e o limite superior é marcado pela última ocorrência de *C. caraionae* e *C. olivencai*.

Espécies associadas: *Cyprideis amazonica*, *C. aulakos*, *C. inversa*, *C. pebasae*, *C. sulcosigmoidalis* e *Cyprideis* sp. 7, além da ocorrência restrita de *C. cyrtoma*, *C. lacrimata*, *Cyprideis* sp. 3, *Cyprideis* sp. 4 e *Cyprideis?* sp. 6.

Esta biozona possivelmente corresponda a biozona *Cyprideis cyrtoma* definida por Muñoz-Torres *et al.* (2006) para o final do Mioceno Médio a início do Mioceno Superior.

Para o topo do testemunho 1AS-31-AM, a partir do intervalo que marca o final da biozona OS3, surge um intervalo estéril de 127 m a 58 m sendo que a partir desta profundidade a ocorrência das espécies se restringe a *Cyprideis amazonica*, *C. graciosa* e *C. machadoi*.

Para o testemunho 1AS-34-AM, só foi possível determinar tentativamente a idade para o intervalo de 130,85 m a 113,10 m, que provavelmente corresponda à biozona aqui denominada OS3. Esta hipótese é sustentada pela ocorrência de uma associação constituída pelas espécies de *Cyprideis amazonica*, *C. graciosa*, *C. machadoi*, *C. olivencai* e *C. pebasae* (Figura 21), e principalmente pela presença de *C. aulakos*, que tem seu último aparecimento até o final do Mioceno Médio a início do Mioceno Superior. Esta equivale à biozona *C. cyrtoma* de Muñoz-Torres *et al.* (2006) com idade entre o final do Mioceno Médio e início do Mioceno Superior (Figura 20).

Esta idade para o mesmo intervalo do testemunho 1AS-34-AM também foi verificada por Guimarães (2011), com base no estudo de moluscos, mais especificamente de espécies do gênero *Tryonia*.

O Intervalo 169,65 m não apresentou dados suficientes para que fosse realizada uma correlação bioestratigráfica. A ocorrência única de *C. amazonica* não possibilita um posicionamento estratigráfico para esta porção do testemunho, muito embora pode-se inferir que se trata de um estrato não mais recente que o da Biozona OS3.

A falta de mais amostras na porção basal em 1AS-34-AM não permitiu uma maior amplitude do posicionamento estratigráfico deste testemunho.

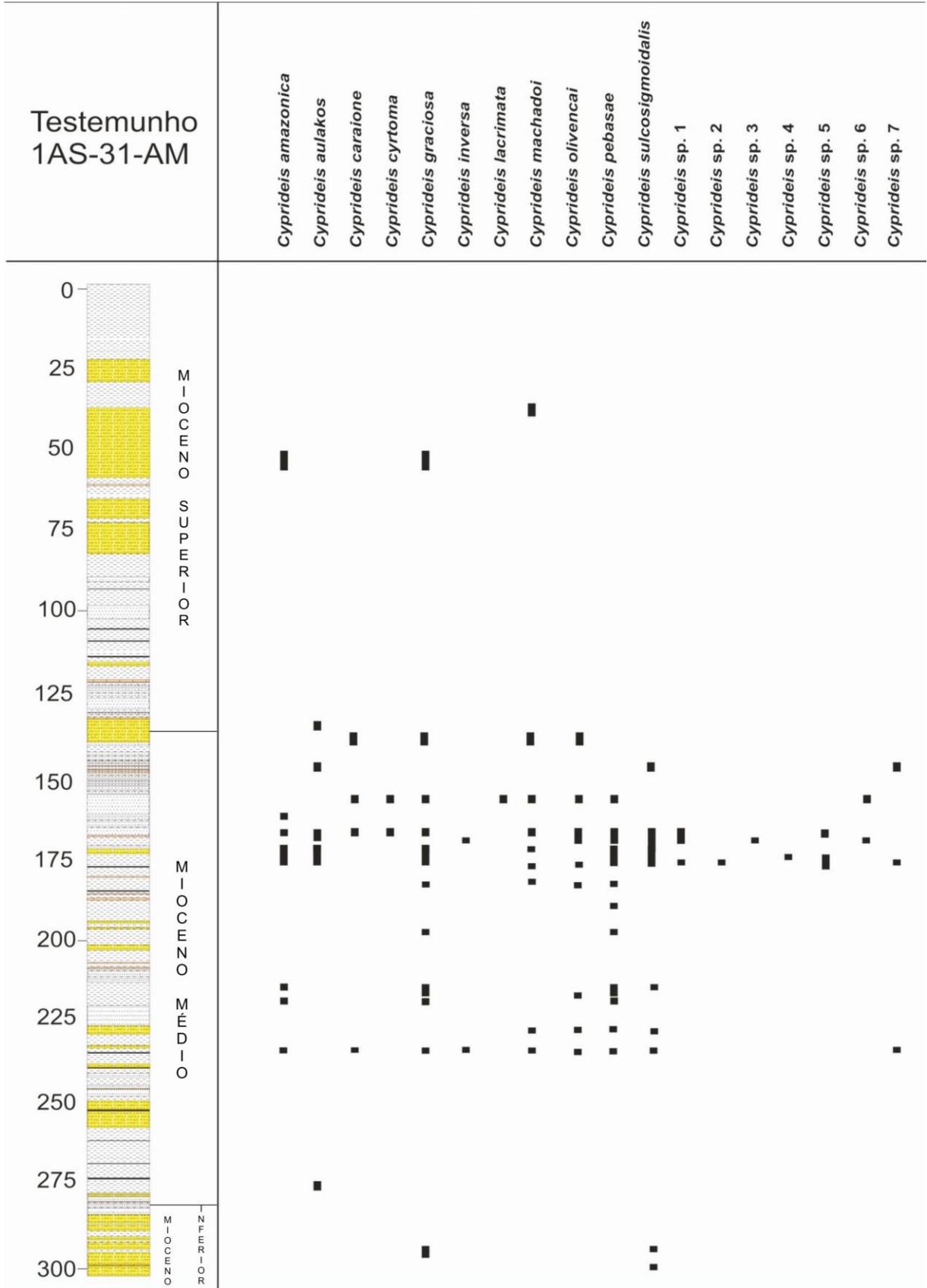


Figura 18- Distribuição estratigráfica das espécies de *Cyprideis* no testemunho 1AS-31-AM.

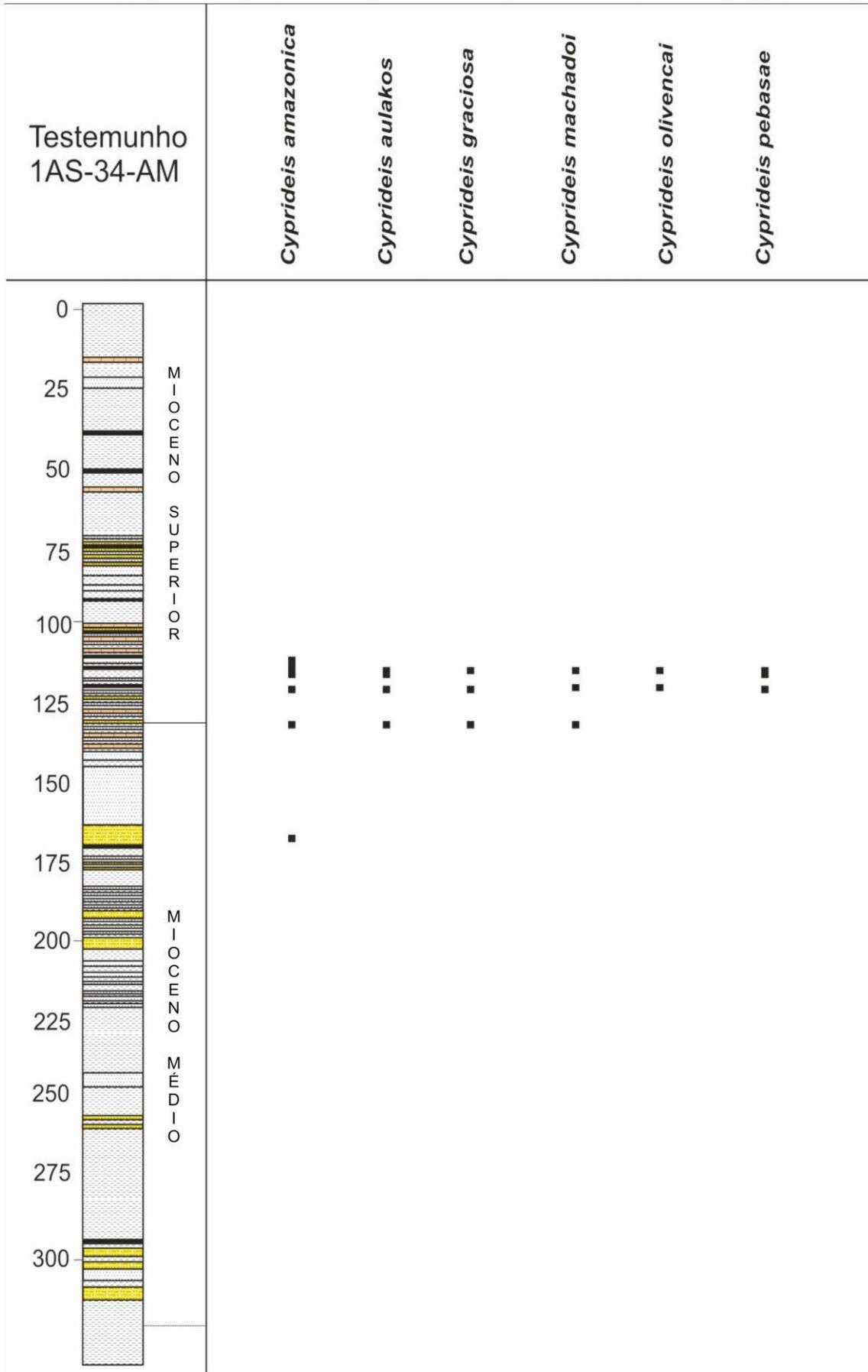


Figura 19- Distribuição estratigráfica das espécies de *Cyprideis* no testemunho 1AS-34-AM.

ÉPOCA		IDADE	IDADE M.a.	ZP	ZM	ZO	Linhares, 2011 1AS-31-AM				
M I O C E N O	S U P E R I O R	T O R T O N I A N O	7.1	<i>Grimsdalea</i>	12	Indefinida					
			11.2					8	11		
									10		
		9									
		M É D I O	S E R R A V A L L I A N O		15.1			<i>Crassoretitriletes</i>	7	<i>Cyprideis cyrtoma</i>	Os3
	<i>Cyprideis minipunctata</i>										
	5										
	I N F E R I O R			B U R D I G A L I A N O	15.1	<i>Crassoretitriletes</i>	4	<i>Cyprideis caraione</i>	Os2		
										16.6	3
		20.5	<i>Psiladiporites/ Crotoxicolpites</i>		2						

Figura 20- Correlação das biozonas inferidas no presente estudo com o zoneamento palinológico (ZP) realizado por Hoorn (1993), o zoneamento com moluscos (ZM) realizado por Wesselingh *et al.* (2006e) e com o zoneamento de ostracodes realizado por Muñoz-Torres *et al.* (2006).

CONCLUSÕES

- O estudo taxonômico dos ostracodes provenientes dos testemunhos 1AS-31-AM e 1AS-34-AM permitiu o reconhecimento de quatro famílias, seis gêneros e 23 espécies;

- o gênero *Cyprideis* é o mais diverso e abundante, com 18 espécies, constituindo 96% da ostracofauna;

- associados às espécies do gênero *Cyprideis* ocorrem em menor número, outros gêneros mixoalinos e dulcícolas como *Candona?*, *Cypria*, *Cytheridella*, *Darwinula* e *Perissocytheridea*;

- foram identificadas 11 espécies de *Cyprideis* já registradas em outras localidades do Neógeno da Amazônia Ocidental e outras sete espécies que permanecem em nomenclatura aberta devido a escassez de material;

- a análise das 123 amostras estudadas nos testemunhos 1AS-31-AM e 1AS-34-AM permitiu confirmar o predomínio e a abundância da ostracofauna representada por 3.000 espécimes, bem como a grande diversidade do gênero em depósitos da Formação Solimões;

- a espécie *Cyprideis amazonica* é a mais abundante e freqüente no testemunho 1-AS-34-AM com ocorrência quase que exclusiva da mesma, com um número bastante expressivo em relação às outras espécies tanto deste testemunho como no 1AS-31-AM;

- o testemunho 1AS-31-AM é mais diverso que o 1AS-34-AM, com ocorrência de 18 espécies do gênero *Cyprideis*, sendo *Cyprideis graciosa* a mais abundante;

- a ocorrência de uma associação microfossilífera constituída por uma mistura de elementos marinhos, mixoalinos e dulcícolas no intervalo entre 175 m a 170,80 m permitiu confirmar influência marinha na área de estudo;

- os eventos de incursão marinha, para o testemunho 1AS-31-AM, ocorreram provavelmente durante o Mioceno Médio e podem estar associados ao evento global de T-R do nível relativo do mar;

- a sequência deposicional deste testemunho corresponde à uma evolução paleoambiental que se inicia com ambientes lacustres ao final do Mioceno Inferior/Mioceno Médio gradando para transicionais a marinhos no Mioceno Médio e culminando em ambientes fluvio-lacustres no final do Mioceno Médio/início do Mioceno Superior, corroborando com as interpretações apresentadas por outros autores;

- o predomínio do gênero *Cyprideis*, bem como sua grande irradiação de espécies, e a presença de nódulos, em alguns intervalos, suportam que a influência marinha nos depósitos lacustres foi rápida e esporádica, alterando bruscamente o gradiente de salinidade;

- até então, os episódios de possíveis incursões do mar em sedimentos neógenos da Formação Solimões tinham sido registrados apenas para porção noroeste da Amazônia, estendo-se assim com este registro a primeira ocorrência de influência marinha na região mais sudoeste;

- no testemunho 1AS-31-AM, foram propostas três biozonas de intervalos informais (OS1, OS2 e OS3) correspondentes a sequências com idades entre o final do Mioceno Inferior/Mioceno Médio (OS1); Mioceno Médio (OS2) e final do Mioceno Médio/início do Mioceno Superior (OS3);

- para o testemunho 1AS-34-AM, o intervalo analisado possibilitou determinar que os sedimentos entre 130,85 m e 113 m foram depositados aproximadamente no final do Mioceno Médio/início do Mioceno Superior.

REFERÊNCIAS

- Anderson, L.C., Hartman, J.H., Wesselingh, F.P. 2006. Close evolutionary affinities between freshwater corbulid bivalves from the Neogene of western Amazonia and Paleogene of the northern Great Plains, USA. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 28-48.
- Barata, F.C. & Caputo, M.V. 2007. Geologia do petróleo da Bacia do Solimões. *O "Estado da arte", 4º PDPETRO*, Campinas, SP: 1-10.
- Campbell Jr., K.E., Frailey, C.D., Romero-Pittman, L. 2006. The Pan-Amazonian Ucayali Peneplain, late Neogene sedimentation in Amazonia, and the birth of the modern Amazon River system. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **239**: 166-219.
- Campos, J.N.P., Murakami, C.Y., Mario Filho, A., Barbosa, C.M. 1991. Evolução tectono sedimentar, habitat do petróleo e exploração do Solimões. Manaus: *Petrobrás/Denoc. Relatório n.º* 131-08015.
- Caputo, M.V. 1984. Stratigraphy, tectonics, palaeoclimatology and palaeogeography of northern basins of Brazil. Tese de doutorado. *University of Califórnia*, Santa Barbara, 532p.
- Caputo, M.V. & Silva, O.B. 1990. Sedimentação e Tectônica da Bacia do Solimões. In: Cabaglia, G. P. R., Milani, E.J. *Origem e Evolução de bacias sedimentares*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Petrobrás, **1**: 169-193.
- 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.
- Carmo, D.A., Whatley, R.C., Timberlake, S. 1999. Variable nodding and palaeoecology of a Middle Jurassic limnocytherid ostracod: implications for a modern brackish water taxa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **148**: 23-35.
- Coimbra, J.C., Carreño, A.L., Geraque, E.A., Eichler, B.B. Ostracodes (Crustacea) from Cananéia-Iguape estuarine/lagoon system and geographical distribution of the mixohaline assemblages in southern and southeastern Brazil. *Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre*, **97** (3): 273-279.
- Conrad, T.A. 1871. Descriptions of new fossil shells of the Upper Amazon. *American Journal of the Upper Amazon*. Philadelphia, **6** (3): 192-198.
- Conrad, T.A. 1874a. Remarks on the Tertiary clay of the Upper Amazon, with descriptions of new shells. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. Philadelphia, **26**: 25-32.
- Conrad, T.A. 1874b. Descriptions of two new fossil shells of the Upper Amazon. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. Philadelphia, Pa **26**: 81-83.
- Dall, W.H. 1872. Note on the genus *Anisothyris*, Conrad, with a description of a new species. *American Journal of Conchology*, **7**: 89-92.

- Danielopol, D.L., Geiger, W., Tolderer-Farmer, M., Orellana, C.P., Terrat, M.-N. 1988. In search of *Cypris* and *Cythere*- A Report of the Evolutionary Ecological Project on Limnic Ostracoda from the Mondsee (Austria). In: Hanai, T., Ikeya, N. & Ishizaki, K. (eds). *Evolutionary Biology of Ostracoda*, Elsevier, Oxford, 485-500.
- Ducasse, O., Carbonel, P. 1993. Tanganyikacythere nov. gen. (Cytherideinae, Ostracoda) du Lac Tanganyika: systématique des valves, données écologiques. *Géobios*, **26** (4): 427-447.
- Ducasse, O., Carbonel, P. 1994. Cytherideinae (Crustacea, Ostracoda) Récents du Lac Tanganyika. *Archeocyprideis tuberculata* n. gen. n.sp.: Systématique, distribution, écologie. *Rev. Micropaléont.*, **37** (2): 97-112.
- Eiras, J.F. 1998. Tectônica, Sedimentação e Sistemas Petrolíferos da Bacia do Solimões, Estado do Amazonas In: *Searching for Oil and Gas in the Land of Giants. The Search Magazine*, Edição Especial sobre o Brasil. Schlumberger, Argentina S.A.
- Eiras, J.F., Becker, C.R., Souza, E.M., Gonzaga, F.G., Silva, G.F., Daniel, M.L.F., Matsuda, N.S., Feijó, F.J. 1994. Bacia do Solimões. *Boletim Geociências Petrobrás*, Rio de Janeiro, **8** (1): 17-49.
- Etheridge, R. 1879. Notes on 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*, London, **35**: 82-88.
- Figueiredo, J., Hoorn, C., van der Ven, P., Soares, E. 2009. Late Miocene onset of the Amazon River and the Amazon deep-sea fan: Evidence from the Foz do Amazonas Basin. *Geology*, **37**: 619-622.
- Gabb, W.M. 1869. Descriptions of new species of South American fossils. *American Journal of Conchology*, **4**: 197-200.
- Gardner, J. 1927. A recent collection of late Pliocene invertebrates from the head-waters of the Amazon. *Journal of the Washington Academy of Science*, Washington, **17** (20): 505-509.
- Gold, O. 1967. Pesquisa Preliminar de Carvão ou Lignito na Bacia Terciária do Alto Amazonas. *Comissão do Plano do Carvão Nacional, Relatório Final*. Rio de Janeiro.
- Gomez, A.A., Jaramillo, C.A, Parra, M., Mora, A. 2009. Huesser horizon: a lake and a marine incursion in northwestern South America during the Early Miocene. *Palaios*, **24** (4): 199-210.
- Gingras, M.K., Räsänen, M., Pemberton, G.S., Romero L.P. 2002. Ichnology and sedimentology reveal depositional characteristics of bay-margin parasequences in the Miocene Amazonian foreland Basin. 2002. *Journal of Sedimentary Research*, **72** (6) 871-883.

- Gross, M. & Piller, W.E. 2009. Evolution and Philogeny in *Cyprideis* (Ostracoda) - Project Introduction. *Berichte Geol. B. A.*, 81 (ISSN 1017-8880)- 15 Jahrestagung OPG Stetten.
- Guimarães, L.I.A. 2011. Estudo sistemático de Gastrópodes Neógenos, com ênfase ao gênero *Tryonia* (Stimpson, 1865), Formação Solimões, Estado do Amazonas. Dissertação de Mestrado. *Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA*. 86 p.
- Guimarães, L.I.A. & Ramos, M.I.F. The genus *Tryonia* (Gastropoda) from Solimões Formation, Amazonas state, Brazil. In prep.
- Haart, C.F. 1872. On the Tertiary Basin of the Marañon. *American Journal of Sciences & Arts*, New Haven, **4**: 53-8.
- 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 palaeoenvironments in the intracratonic Amazonas Basin (Early Miocene - early Middle Miocene, Colombia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **109**: 1-54.
- Horn, C. 1994b. An environmental reconstruction of the palaeo-Amazon River system (Middle-Late Miocene, NW Amazonia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **112**:187-238.
- Horn, C. 1996. Miocene Deposits in the Amazonian Foreland Basin. *Science*, **273**: 122-123.
- Horn, C. 2006. Mangrove Forests and Marine Incursions in Neogene Amazonia (Lower Apaporis River, Colombia). *Palaios*, **21**: 197-209.
- Horn, C., Guerrero, J., Sarmiento, G., Lorente, M. 1995. Andean Tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology*, **23** (3): 237-240.
- Horn, C., Wesselingh, F.P., Hovikoski, J., Guerrero, J. 2010. 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.
- Hovikoski, J., Räsänen, M., Gingras, M.K., Lopez, S. Ranzi, A., Melo, J. 2007. Palaeogeographical implications of the Miocene Quendeque Formation (Bolívia) and tidally-influenced strata in the southwestern Amazonia. *Palaeogeogr., Palaeocl.*, **243**: 23-41.
- Hovikoski, J., Wesselingh, F.P., Räsänen, M.E., Gingras, M.K., Vonhof, H.B. 2010. Marine influence in Amazonia: evidence from the geological record. In: Hoorn C. & Wesselingh F.P. (eds) Amazonia: *Landscape and species evolution, a look into the past*, Wiley-Blackwell publications, 143-161.

- Kaandorp, R.J.G., Wesselingh, F.P. Vonhof, H.B. 2006. Ecological implications from geochemical records of Miocene Western Amazonian bivalves. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 24-74.
- Keyser, D. & Aladin, N. 2004. Noding in *Cyprideis torosa* and its causes. *Studia Quaternaria*, **21**: 19-24.
- Latrubesse, E.M., Bocquentin, J., Santos, J.C.R., Ramonell, C.G. 1997. Paleoenvironmental model for the Late Cenozoic of Southwestern Amazonia: *Paleontology and Geology. Acta Amazonica*, **27** (2): 103-118.
- Latrubesse, E.M., Cozzuol, M., Silva-Caminha, S.A.F., Rigsby, C.A., Absy, M.L., Jaramillo, C.A. 2010. *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. Tese de doutorado. *Instituto de Geociências, Universidade de Brasília*, Brasília, 128p.
- Lovejoy, N.R., Albert, J.S., Crampton, W.G.R. 2006. Miocene marine incursions and marine/freshwater transitions: Evidence from Neotropical fishes. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 5-13.
- Lundberg, J.G. & Aguilera, O. 2003. The late Miocene *Phractocephalus* catfish (Siluriformes: Pimelodidae) from Urumaco, Venezuela: additional specimens and reinterpretation as a distinct species. *Neotropical Ichthyology, Sociedade Brasileira de Ictiologia*, **1** (2): 97-109.
- Lundberg, J.G., Marshall, L.G., Guerrero, J., Horton, B., Malabarba, M.C.S.L., Wesselingh, F.P. 1998. The Stage for Neotropical fish diversification: a history of tropical South American Rivers. In Malabarba L.R., Reis R.E., Vari R.P., Lucena Z.M., Lucena C.A.S (Eds). *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Porto Alegre, Edipucrs, p. 13-48.
- 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.
- Malabarba, M.C. S.L., Oliveira, M.M. de., Cunha, L.F. 1998. Some Callichthyidae Fossil remains (Ostariophysi: Siluriformes) from the Solimões Formation, Acre State, Northern Brazil. *Comum. Mus. Ciênc. Tecnol., PUCRS, Sér. Zool. Porto Alegre*, **11**: 99-107.
- Martens, K., Coulter, G., Goddeeris, B. 1994. Speciation in ancient lakes-40 years after. In: Martens, K., Goddeeris, B., Coulter, G. (Eds.), *Speciation in Ancient Lakes Advances in Limnology*, **44**: 75-96.

- 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.
- Moore, R.C. 1961. *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part Q- Arthropoda 3*. New York, Laurence, Geological Society of America and University of Kansas. Vol. 1.
- Moore, R.C. 1964. *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part C- Protista 2*. New York, Laurence, Geological Society of America and University of Kansas. Vol. 2.
- Mones, A. & Toledo, P.M. 1989. Primer hallazgo de *Euphilus* Ameghino, 1889 (Mammalia:Rodentia:Neopiblemidae) en el Neogeno del Estado de Acre. *Comunicaciones Paleontológicas Del Museo de Historia Natural de Montevideo. Montevideo*: **21**: 1-15.
- Moraes Rêgo, L.F., 1930. Notas sobre a Geologia do território do Acre e da Bacia do Javari. *Cezar & Cavalcante*, Manaus, 45 p.
- 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., Harten, Van. D. 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. & Bocquetin, J.C. 1998. Vértébras cervicais e Xifiplastrão de *Stupendemys* sp. (Chelonii, Podocnemedidae, Podocnemedinae) no Mio-Plioceno do Estado do Acre e da região Fronteiriça Brasil-Peru. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, **10**: 17-27.
- Negri, F.R. & Ferigolo, J. 1999. Anatomia craniana de *Neopiblema ambrosettianus* (Ameghino, 1889) (Rodentia, Caviomorpha, Neopiblemidae) do Mioceno Superior-Plioceno, Estado do Acre, Brasil, e revisão das espécies do gênero. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, **11**: 3-80.
- Nuttal, C.P. 1990. A review of the Tertiary non marine molluscan faunas of the Pebasian and other inland basins of forth-western South America. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology*, **45** (2): 165-371.
- Pipík, R. 1998. Salinity changes recorded by Ostracoda assemblages found in pannonian sediments in the western margin of the Danube Basin. In: Crasquin-Soleau, S.; Braccini, E. & Lethiers, F. What about Ostracoda! Actes du 3^o Congrès Européen des Ostracodologistes, 1996. *Bulletin Centre Rech Elf Explor. Prod.*, Mém. **20**: 167-177.
- Purper, I. 1977a. Some Ostracodes from the Upper Amazon Basin, Brazil. Environment and age. In: Loffler, H. Danielopol, D. (Eds), Aspects of Ecology and Zoogeography of Recent and Fossil Ostracoda. *Sixth International Ostracods Symposium, Saalfelden*, 353-367.

- Purper, I. 1977b. Ostracodes cenozóicos da Amazônia Ocidental. Tese de doutorado. Instituto de Geociências, *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, Rio Grande do Sul, 131 p.
- Purper, I. 1979. Cenozoic Ostracodes of the Upper Amazon Basin, Brazil. *Pesquisas*, **12**: 209-281.
- Purper, I. & Ornellas, L. de. 1991. New ostracodes of endemic fauna of the Pebas Formation, Upper Amazon Basin Brasil. *Pesquisas*, **18**: 25-38.
- 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. 2006a. Ostracods from the Neogene Solimões Formation (Amazonas, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 87-95.
- Ramos, M.I.F. 2006b. Paleoecology and age of the Neogene Solimoes Formation, southwestern Amazonia state, Brazil, based on ostracods (Crustacea). In: *9o Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Córdoba, Resúmenes, p. 234.
- 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.
- Rebata, L.A., Räsänen, M. E., Gingras, M.K., Vieira Jr., V., Barberi, M., Irion, G. 2006. Sedimentology and ichnology of tide-influenced Late Miocene successions in western Amazonia: The gradational transition between the Pebas and Nauta formations. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**: 96-119.
- Riff, D., Romano, P.S.R., Oliveira, G.R., Aguilera, O. 2010. Neogene crocodile and turtle fauna in northern South America In: Hoorn C. & Wesselingh F.P. (eds). *Amazonia: Landscape and species evolution, a look into the past*, Wiley-Blackwell publications, 259-280.
- Roxo, M.G.O. 1924. Breve noticia sobre os fosseis terciário do Alto Amazonas. *Boletim Serviço Geologico e Mineralogico do Brasil*, **11**: 41-52.
- Shepard, L. & Bate, R. 1980. Plio-Pleistocene ostracods from the Upper Amazon of Colombia and Peru. *Palaeontology*, **23** (1): 97-124.
- Shephard, G.E., Müller, R.D., Gurnis, M. 2010. Miocene drainage reversal of the Amazon River driven by plate-mantle interaction. *Nature Geoscience*, **3**, 870-875: 1-15.
- Silva, S.A.F. 2004. Palinologia do Neógeno da Amazônia Sul Ocidental, Brasil. Dissertação de mestrado. *Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus*. 107 p.

- Silva, S.A.F. 2008. Palinologia do Neógeno da Bacia do Alto Solimões, Amazônia Ocidental, Brasil: aspectos sistemáticos, bioestratigráficos e paleoecológicos. Tese de doutorado. *Programa de pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Humanos, Universidade Federal do Amazonas, Manaus*. 169 p.
- Silva-Caminha, S.A.F., Jaramillo, C.A., Absy, M.L. 2010. Neogene palynology of the Solimões Basin, Brazilian Amazonia. *Palaeontographica, Abteilung B: Palaeobotany-Palaeophytology*, **283**, 1-3: 1-67.
- Souza-Filho, J.P., Bocquetin, J.C., Negri, F.R. 1993. Um crânio de *Hesperogavialis* sp. (Crocodylia, Alligatoridae) do Mioceno Superior-Plioceno do Estado do Acre, Brasil. *Ameghiniana*. Buenos Aires, **30** (3): 321-356.
- Swain, F.M. 1998. Ostracoda from the Pliocene? Pebas Formation at Iquitos, Peru. http://www.geo.umn.edu/people/profs/swain/iquitos_peru.pdf. Acesso em: 01 Agosto de 2009.
- Távora, V.A. & Coelho, J.R. 2006. Tafonomia de Foraminíferos da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará. *Geociências, UNESP, São Paulo*, **25** (2): 197-204.
- Van Harten, D. 1975. Size and environmental salinity in the modern euryhaline ostracod *Cyprideis torosa* (Jones, 1850), a biometrical study. *Palaeogeog. Palaeoclimat. Palaeoecol.* **17**: 35-48.
- Van Harten, D. 1996. *Cyprideis torosa* (Ostracoda) revisited. Of salinity, nodes and shell size. Proc. 2nd European Ostracodologists Meeting. *Br micropalaeontol. Soc., London*: 191-194.
- Van Harten, D. 2000. Variable nodding in *Cyprideis torosa* (Ostracoda, Crustacea): na overview, experimental results and a model from Catastrophe Theory. *Evolutionary Biology and Ecology of Ostracoda. Hydrobiologia*, **419**: 131-139.
- Vesper, B., 1972. Zum Problem der Buckelbildung bei *Cyprideis torosa* (Jones, 1850) (Crustacea, Ostracoda, Cytheridae). *Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst.* **68**: 79-94.
- Vesper, B., 1975. To the problem of nodding on *Cyprideis torosa* (Jones, 1850). *Bull. am. Paleontol.* **65**: 205-216.
- Vonhof, H.B., Wesselingh, F.P., Gringas, G.K. 1998. Reconstruction of the Miocene western Amazonian aquatic system using molluscan isotopic signatures. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **141**: 85-93.
- Vonhof, H.B., Wesselingh, F.P., Kaandorp, R.J.G., Davies, G.R., van Hinte, J.E., Guerrero, J. 2003. Paleogeography of Miocene western Amazonia: isotopic composition of molluscan shells constrains the influence of marine incursions. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **115**: 983-993.
- Wagner, C.W. 1957. Sur lês ostracodes Du Quaternaire récent dès Pay-Bas et leur utilisation dans l' étude géologique dès dépôts holocenes. *Mouton & Co., The Hague*, 259 p.

- 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*, Wiley-Blackwell publications. p. 29-37.
- Wanderley Filho, J.R.W., Eiras, J.F., Vaz, P.T. 2007. Bacia do Solimões. *Boletim de Geociências. Petrobras*, Rio de Janeiro, **15** (2): 217-225.
- 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., 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., Räsänen, M.E., Renema, W. 2006b. 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., Ranzi, A., Räsänen, M.E. 2006c. Miocene freshwater Mollusca from western Brazilian Amazonia. *Scripta Geologica*, **133**: 419-437.
- Wesselingh, F.P., Guerrero, J., Räsänen, M.E., Romero Pittmann, L., Vonhof, H.B. 2006d. Landscape evolution and depositional processes in the Miocene Amazonian Pebas lake/wetland system: evidence from exploratory boreholes in northeastern Peru. *Scripta Geologica*, **133**: 323-381.
- Wesselingh, F.P., Hoorn, M.C., Guerrero, J., Räsänen, M.E., Romero Pittmann, L., Salo, J. 2006e. Stratigraphy of Miocene Amazonian deposits. *Scripta Geologica*, **133**: 291-322.
- 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*, Wiley-Blackwell publications, p. 302-316.
- Whatley, R.C. 1983. The Application of Ostracoda to Palaeoenvironmental Analysis. In: Maddocks, R.F. (ed.) *Applications of ostracoda*, *Univ. Houston, Geosciences*, 55-71.
- Whatley, R.C., Muñoz-Torres, Harten, D. Van. 1998. The Ostracoda of an isolated Neogene saline lake in the western Amazon Basin. In: Crasquin-Soleau, S.; Braccini, E. & Lethiers, F. What about Ostracoda! Actes du 3^o Congrès Européen des Ostracodologistes, 1996. *Bulletin Centre Rech Elf Explor. Prod.*, Mém. **20**: 231-245.
- Woodward, H. 1871. The Tertiary shells of the Amazon Valley- *Annals and Magazine of Natural History*, New York, 4th. Ser., **4** (7): 59-64.

- Wouters, K. 1979. *Kavalacythereis braconensis* gen. n. sp. n., a remarkable new cytheracean ostracod genus and species from Lake Tanganyika (Zaire). *Ann. Soc. R. Zool. Belg.*, **108** (3-4): 179-187.
- Wouters, K. 1988a. On *Romecytheridea tenuisculpta* (Rome). *Stereo-Atlas Ostracod Shells*, **15** (2): 97-100.
- Wouters, K. 1988b. On *Romecytheridea ampla* Wouters sp. nov. *Stereo-Atlas Ostracod Shells*, **15** (2): 101-106.
- Wouters, K. & Martens, K. 1992. Contribution to the knowledge of Tanganyikan cytheraceans, with the description of *Mesocyprideis* nom. nov. (Crustacea, Ostracoda). *Bull. k. belg. Inst. Natuurwet., Biol.*, **62**: 159-166.
- Wouters, K. & Martens, K. 1994. Contribution to the knowledge of the *Cyprideis* species flock (Crustacea: Ostracoda) of Lake Tanganyika, with the description of three new species. *Bull. k. belg. Inst. Natuurwet., Biol.*, **64**: 111-128.
- Wouters, K. & Martens, K. 2001. On the *Cyprideis* species flock (Crustacea, Ostracoda) in Lake Tanganyika, with the description of four new species. *Hydrobiologia*, **450**: 111-127.

ANEXOS

ANEXO A- TABELA 1

Tabela 1 - Ocorrência de ostracodes nas amostras das malhas 32, 60 e 80 Mesh/IAS-31-AM.

Prof. (m)	80 Mesh	60 Mesh	32 Mesh	Prof. (m)	80 Mesh	60 Mesh	32 Mesh
3,05	-	-	-	171,40	-	-	-
6,17	-	-	-	171,80	-	-	-
9,15	-	-	-	172,40	X	X	-
9,85	-	-	-	172,50	-	X	-
11,45	-	-	-	173,60	-	-	-
12,00	-	-	-	174,30	X	X	X
15,30	-	-	-	174,40	X	X	-
20,00	-	X	-	174,55	-	X	-
22,00	-	-	-	174,65			
22,55	-	-	-	174,70			
23,21	-	-	-	174,82			
25,75	-	-	-	174,90			
26,10	X	-	-	175,00	X	X	X
26,12	X	-	-	175,05			
29,50	-	-	-	175,30			
29,51	-	-	-	176,80			
29,88	-	-	-	177,20	-	-	-
32,68	-	-	-	180,90			
35,58	-	-	-	181,00	-	X	-
37,85	-	-	-	181,10			
39,55	X	X	-	181,95			
45,00	-	-	-	183,00			
45,10	-	-	-	186,60			
50,50	-	-	-	188,65	-	-	-
56,50	X	X	-	189,70			
58,00	X	-	-	195,00	-	-	-
63,00	-	-	-	199,70			
65,25	-	-	-	216,90	-	X	-
89,80	-	-	-	218,30	-	X	-
90,15	-	-	-	219,95	-	X	-
93,00	-	-	-	227,40	X	X	X
93,20	-	-	-	230,00	X	X	X
96,25	-	-	-	251,90	-	-	-
99,30	-	-	-	258,80	-	-	-
102,35	-	-	-	264,00	-	-	-
110,60	-	-	-	267,00	-	-	-
122,29	-	-	-	273,20	-	-	-
127,00	-	-	-	276,20	X	-	-
135,90	-	X	-	281,10	-	-	-
138,20	X	X	-	288,80	-	-	-
141,00	-	-	-	292,40	-	-	-
148,75	X	X	X	295,00	-	X	-
153,00	-	-	-	296,80	-	X	-
157,25	X	X	-	297,50	-	X	-
163,00	X	X	-	299,05	-	-	-
168,35	-	-	-				
170,80	X	X	X				
170,90	X	-	X				

Convenções: X : presença de ostracodes

- : ausência de ostracodes

ANEXO A- TABELA 2

Tabela 2- Distribuição e abundância das espécies de ostracodes ao longo dos níveis analisados no testemunho 1AS-31-AM.

No. da amostra	Profundidade (m)	<i>Candona?</i> sp.	<i>Cypria aequalica</i>	<i>Cytheridella</i> sp.	<i>Darwinula fragilis</i>	<i>Cyprideis amazonica</i>	<i>Cyprideis aulakos</i>	<i>Cyprideis carraionae</i>	<i>Cyprideis cyrtoma</i>	<i>Cyprideis graciosa</i>	<i>Cyprideis inversa</i>	<i>Cyprideis lacrimata</i>	<i>Cyprideis machadoi</i>	<i>Cyprideis olivencat</i>	<i>Cyprideis pebasae</i>	<i>Cyprideis sulcosigmoidalis</i>	<i>Cyprideis</i> sp. 1	<i>Cyprideis</i> sp. 2	<i>Cyprideis</i> sp. 3	<i>Cyprideis</i> sp. 4	<i>Cyprideis</i> sp. 5	<i>Cyprideis?</i> sp. 6	<i>Cyprideis?</i> sp. 7	TOTAL POR AMOSTRA
01	3,05																							
02	6,17																							
03	9,15																							
04	9,85																							
05	11,45																							
06	12,00																							
07	15,30																							
08	20,00			01																				01
09	22,00																							
10	22,55																							
11	23,21																							
12	25,75																							
13	26,10				01																			01
14	26,12				02																			02
15	29,50																							
16	29,51																							
17	29,88																							
18	32,68																							
19	35,58																							
20	37,85																							
21	39,55		02		02								01											05
22	45,00																							
23	45,10																							
24	50,50																							
25	56,50					02				07														09
26	58,00					01				01														02
27	63,00																							
28	65,25																							
29	89,80																							
30	90,15																							
31	93,00																							
32	93,20																							
33	96,25																							
34	99,30																							
35	102,35																							
36	110,60																							
37	122,29																							
38	127,00																							
39	135,90					02																		02
40	138,20		41		19			13		17			02	01										93
41	141,00																							
42	148,75						15									26						02		43
43	153,00																							
44	157,25		26		02			54	13	29		03	16	33	08						08			192
45	163,00					06																		06
46	168,35																							
47	170,80					22	19	02	01	08			30	12	20	21	01						04	140
48	170,90						01																	01
49	171,40																							
50	171,80																							
51	172,40	01		05							02			03	04	02	02		01		04			24
52	172,50															01								01
53	173,60																							
54	174,30					12	10			02			03		06	05								38
55	174,40						14						13		42									69
56	174,55					06				10			03		19	06								44
57	174,65					13	05			22					06	11			01				02	60
58	174,70					10	02			14				12	08	04								50
59	174,82						01			01														02
60	174,90					01	01			06			02		02									12
61	175,00					38	31			25			45	08	41	22	01	01				05	05	220
62	175,05					01				02						02								05
63	175,30																							
64	176,80																							
65	177,20																							
66	180,90																							
67	181,00												02											02
68	181,10									01				06										07
69	181,95													02		01								03
70	183,00																							
71	186,60																							
72	188,65																							
73	189,70														01									01
74	195,00																							
75	199,70									02					01									03
76	216,90					01				01					05									07
77	218,30									17				03	06									26
78	219,95					01				26					15									42
79	227,40												10	07	01	24								42
80	230,00					01		04		18	01		27	09	17	11						05	05	93
81	251,90																							
82	258,80																							
83	264,00																							
84	267,00																							
85	273,20																							
86	276,20						01																	01
87	281,10																							
88	288,80																							
89	292,40																							
90	295,00									02					01									03
91	296,80						01																	01
92	297,50															02								02
93	299,05																							
TOTAL POR TAXON		01	69	06	26	117	101	73	14	211	03	03	154	96	202	139	04	01	01	01	12	12	09	1255

ANEXO A- TABELA 3

Tabela 3- Ocorrência de ostracodes nas amostras das malhas 32, 60 e 80 Mesh/1AS-34-AM.

Profundidade(m)	Malha 80 Mesh	Malha 60 Mesh	Malha 32 Mesh
30,00	-	-	-
36,00	-	-	-
55,00	-	-	-
57,00	-	-	-
60,00	-	-	-
61,00	-	-	-
62,00	-	-	-
85,29	-	-	-
86,72	-	-	-
88,71	-	-	-
90,00	-	-	-
91,00	-	-	-
91,50	-	-	-
93,00	-	-	-
95,38	-	-	-
98,60	-	-	-
101,00	-	-	-
112,75	-	-	-
113,10	X	X	-
113,80	X	X	X
115,00	X	X	-
115,30	X	X	X
121,09	-	-	-
122,49	X	X	X
124,87	-	-	-
127,80	-	-	-
128,82	-	-	-
130,85	-	X	-
134,10	-	-	-
169,65	-	X	-

Convenções:**X** : presença de ostracodes

- : ausência de ostracodes

ANEXO A- TABELA 4

Tabela 4- Distribuição e abundância das espécies de ostracodes ao longo dos níveis analisados no testemunho 1AS-34-AM.

No. da amostra	Profundidade (m)	<i>Cypria aqualica</i>	<i>Darwinula fragilis</i>	<i>Perissocytheridea akistron</i>	<i>Cyprideis amazonica</i>	<i>Cyprideis aulakos</i>	<i>Cyprideis graciosa</i>	<i>Cyprideis machadoi</i>	<i>Cyprideis olivencai</i>	<i>Cyprideis pebasae</i>	TOTAL POR AMOSTRA
01	30,00										
02	36,00										
03	55,00										
04	57,00										
05	60,00										
06	61,00										
07	62,00										
08	85,29										
09	86,72										
10	88,71										
11	90,00										
12	91,00										
13	91,50										
14	93,00										
15	95,38										
16	98,60										
17	101,00										
18	112,75										
19	113,10				66						66
20	113,80				51	45	103	01	02	20	222
21	115,00				47	63				01	111
22	115,30		14		1162	06				01	1183
23	121,09										
24	122,49	02	03	01	83	01	15	12	02	03	122
25	124,87										
26	127,80										
27	128,82										
28	130,85				27	09	01	03			40
29	134,10										
30	169,65				01						01
TOTAL POR TÁXON		02	07	01	1437	124	119	16	04	25	1745

ANEXO A- TABELA5

Tabela 5- Distribuição de outros grupos fósseis nas amostras do testemunho 1AS-34-AM.

Profundidade(m)	Moluscos (gastrópode e bivalve)	Peixes (ictiólitos)
30,00	X	-
36,00	-	-
55,00	-	-
57,00	-	-
60,00	-	-
61,00	-	-
62,00	-	-
85,29	-	-
86,72	-	-
88,71	-	-
90,00	-	-
91,00	-	-
91,50	-	-
93,00	-	-
95,38	-	-
98,60	-	-
101,00	-	-
112,75	-	-
113,10	X	-
113,80	X	-
115,00	X	-
115,30	X	-
121,09	X	-
122,49	X	-
124,87	-	-
127,80	-	-
128,82	-	-
130,85	X	X
134,10	-	X
169,65	X	-

Convenções:

X : presença de moluscos/peixes

- : ausência de moluscos/peixes

ANEXO A- TABELA 6

Tabela 6- Distribuição de outros grupos fósseis nas amostras do testemunho 1AS-31-AM.

Prof. (m)	Moluscos (gast. e biv.)	Peixes (ictiólitos)	Foraminíferos	Briozoários	Frag. Decápoda	Oogônias
3.05	-	-	-	-	-	-
6.17	-	-	-	-	-	-
9.15	-	-	-	-	-	-
9.85	-	-	-	-	-	-
11.45	-	-	-	-	-	-
12.00	-	-	-	-	-	-
15.30	-	-	-	-	-	-
20.00	-	-	-	-	-	-
22.00	-	-	-	-	-	-
22.55	-	-	-	-	-	-
23.21	-	-	-	-	-	-
25.75	-	-	-	-	-	-
26.10	-	-	-	-	-	-
26.12	-	-	-	-	-	-
29.50	-	-	-	-	-	-
29.51	-	-	-	-	-	-
29.88	-	-	-	-	-	-
32.68	-	-	-	-	-	-
35.58	-	-	-	-	-	-
37.85	-	-	-	-	-	-
39.55	-	-	-	-	-	-
45.00	-	-	-	-	-	-
45.10	-	-	-	-	-	-
50.50	-	-	-	-	-	-
56.50	-	-	-	-	-	-
58.00	-	-	-	-	-	-
63.00	-	-	-	-	-	-
65.25	-	-	-	-	-	-
89.80	-	-	-	-	-	-
90.15	-	-	-	-	-	-
93.00	-	-	-	-	-	-
93.20	-	-	-	-	-	-
96.25	-	-	-	-	-	-
99.30	-	-	-	-	-	-
102.35	-	-	-	-	-	-
110.60	-	-	-	-	-	-
122.29	-	X	-	-	-	-
127.00	-	-	-	-	-	-
135.90	-	-	-	-	-	-
138.20	X	X	-	-	-	-
141.00	-	-	-	-	-	-
148.75	X	X	-	-	-	-
153.00	-	-	-	-	-	-
157.25	-	-	-	-	-	-
163.00	-	-	-	-	-	-
168.35	-	-	-	-	-	-
170.80	X	X	-	-	-	-
170.90	X	X	X	X	-	-
171.40	X	X	X	X	-	-
171.80	-	-	-	-	-	-
172.40	X	X	X	X	X	-
172.50	-	-	-	-	-	-
173.60	-	-	-	-	-	-
174.30	X	X	-	-	-	-
174.40	X	X	X	X	-	-
174.55	X	X	-	-	-	-
174.65	X	X	-	-	-	X
174.70	X	X	-	-	-	-
174.82	X	X	-	-	-	-
174.90	X	X	-	-	-	-
175.00	X	X	-	-	-	-
175.05	X	-	-	-	-	-
175.30	-	-	-	-	-	-
176.80	-	-	-	-	-	-
177.20	-	-	-	-	-	-
180.90	-	-	-	-	-	-
181.00	-	-	-	-	-	-
181.10	-	-	-	-	-	-
181.95	X	-	-	-	-	-
183.00	-	-	-	-	-	-
186.60	X	-	-	-	-	-
188.65	-	-	-	-	-	-
189.70	-	-	X	-	-	-
195.00	X	X	-	-	-	-
199.70	-	X	-	-	-	-
216.90	X	X	-	-	-	-
218.30	X	-	-	-	-	-
219.95	X	-	-	-	-	-
227.40	X	X	-	-	-	-
230.00	X	X	-	-	-	-
251.90	-	-	-	-	-	-
258.80	-	-	-	-	-	-
264.00	-	-	-	-	-	-
267.00	-	-	-	-	-	-
273.20	-	-	-	-	-	-
276.20	-	-	-	-	-	-
281.10	-	-	-	-	-	-
288.80	-	-	-	-	-	-
292.40	X	X	-	-	-	-
295.00	X	X	-	-	-	-
296.80	-	-	-	-	-	-
297.50	-	-	-	-	-	-
299.05	X	-	-	-	-	-

Convenções:

X: presença

-: ausência

ANEXO A-TABELA 7

Tabela 7- Distribuição e abundância das espécies de foraminíferos ao longo dos níveis analisados no testemunho 1AS-31-AM.

No. da amostra	Profundidade (m)	<i>Amphistegina</i> sp. 1	<i>Amphistegina</i> sp. 2	<i>Globigerina</i> sp.	<i>Globigerinoides</i> sp.	<i>Globorotalia</i> sp.	<i>Planorbulina</i> sp.	<i>Quinqueloculina</i> sp.	<i>Textularia</i> sp. 1	<i>Textularia</i> sp. 2	Gênero indeterminado 1	Gênero indeterminado 2	TOTAL POR AMOSTRA
01	3,05												
02	6,17												
03	9,15												
04	9,85												
05	11,45												
06	12,00												
07	15,30												
08	20,00												
09	22,00												
10	22,55												
11	23,21												
12	25,75												
13	26,10												
14	26,12												
15	29,50												
16	29,51												
17	29,88												
18	32,68												
19	35,58												
20	37,85												
21	39,55												
22	45,00												
23	45,10												
24	50,50												
25	56,50												
26	58,00												
27	63,00												
28	65,25												
29	89,80												
30	90,15												
31	93,00												
32	93,20												
33	96,25												
34	99,30												
35	102,35												
36	110,60												
37	122,29												
38	127,00												
39	135,90												
40	138,20												
41	141,00												
42	148,75												
43	153,00												
44	157,25												
45	163,00												
46	168,35												
47	170,80												
48	170,90	07	03	01	02	01	01			02	01	03	21
49	171,40	05	03					01					09
50	171,80												
51	172,40	08	02					02	01			01	14
52	172,50												
53	173,60												
54	174,30												
55	174,40	07	02										09
56	174,55												
57	174,65												
58	174,70												
59	174,82												
60	174,90												
61	175,00												
62	175,05												
63	175,30												
64	176,80												
65	177,20												
66	180,90												
67	181,00												
68	181,10												
69	181,95												
70	183,00												
71	186,60												
72	188,65												
73	189,70	01											
74	195,00												
75	199,70												
76	216,90												
77	218,30												
78	219,95												
79	227,40												
80	230,00												
81	251,90												
82	258,80												
83	264,00												
84	267,00												
85	273,20												
86	276,20												
87	281,10												
88	288,80												
89	292,40												
90	295,00												
91	296,80												
92	297,50												
93	299,05												
TOTAL POR TAXON		28	10	01	02	01	01	03	01	02	01	04	54

ANEXO B- ESTAMPA 1*Cyprideis amazonica* Purper, 1979

Fig. 1- Vista externa valva esquerda fêmea, 32X, MPEG-AP-01.

Fig. 2- Vista externa valva direita fêmea, 31X, MPEG-AP-02.

Fig. 3- Vista interna valva direita fêmea, 31X, MPEG-AP-02.

Fig. 4- Vista externa valva esquerda macho, 34X, MPEG-AP-03.

Fig. 5- Vista externa valva direita macho, 31X, MPEG-AP-04.

Fig. 6- Detalhe de charneira valva direita fêmea, 51X, MPEG-AP-02.

Cyprideis aulakos Muñoz-Torres *et al.*, 1998

Fig. 7- Vista externa valva esquerda fêmea, 27X, MPEG-AP-05.

Fig. 8- Vista externa valva direita fêmea, 24X, MPEG-AP-06.

Fig. 9- Vista interna valva esquerda fêmea, 27X, MPEG-AP-05.

Fig. 10- Vista externa valva esquerda macho, 26X, MPEG-AP-07.

Fig. 11- Vista externa valva direita macho, 26X, MPEG-AP-08.

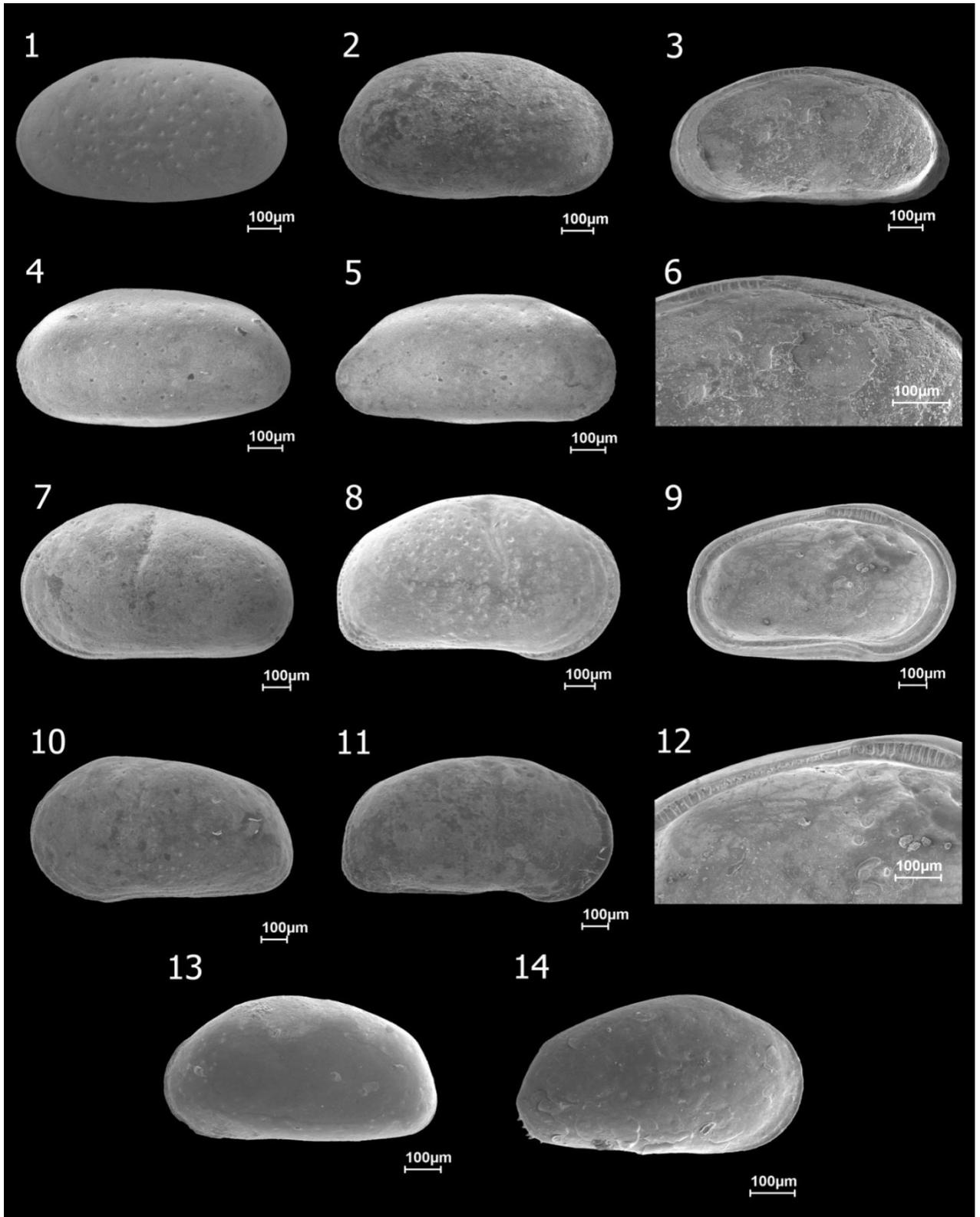
Fig. 12- Detalhe de charneira valva esquerda fêmea, 46X, MPEG-AP-05.

Cyprideis caraionae Purper & Pinto, 1985

Fig. 13- Vista externa valva esquerda fêmea, 38X, MPEG-AP-09.

Fig. 14- Vista externa valva direita fêmea, 39X, MPEG-AP-10.

ESTAMPA 1



ANEXO B- ESTAMPA 2

Cyprideis cyrtoma Muñoz-Torres *et al.*, 1998

Fig. 1- Vista externa valva esquerda fêmea, 36X, MPEG-AP-11.

Fig. 2- Vista externa valva direita fêmea, 33X, MPEG-AP-12.

Fig. 3- Vista externa valva esquerda macho, 35X, MPEG-AP-13.

Fig. 4- Vista externa valva direita macho, 31X, MPEG-AP-14.

Cyprideis graciosa (Purper, 1979) Whatley *et al.*, 1998

Fig. 5- Vista externa valva esquerda fêmea, 35X, MPEG-AP-15.

Fig. 6- Vista externa valva direita fêmea, 30X, MPEG-AP-16.

Fig. 7- Vista externa valva esquerda macho, 45X, MPEG-AP-17.

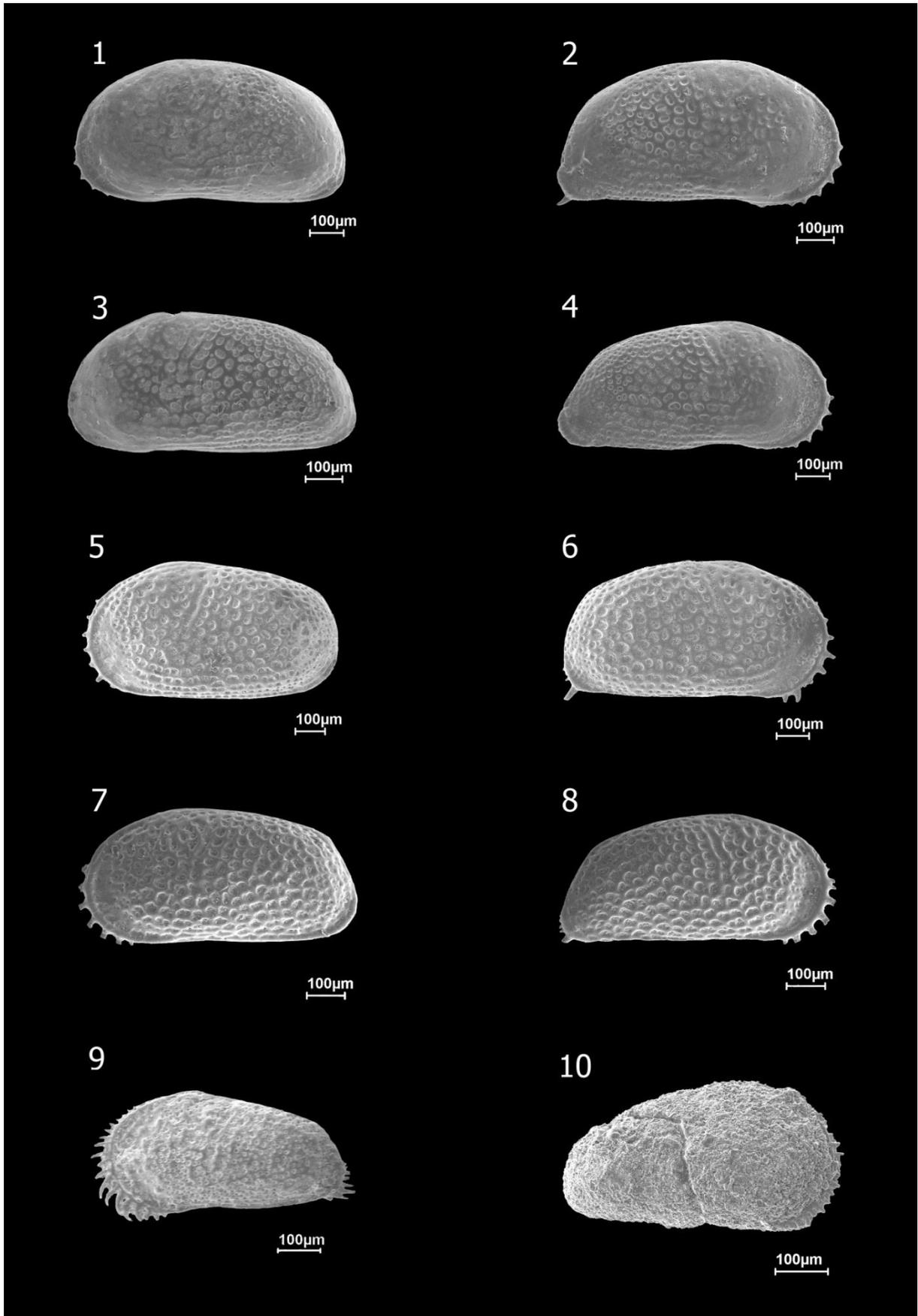
Fig. 8- Vista externa valva direita macho, 49X, MPEG-AP-18.

Cyprideis inversa (Purper & Pinto, 1983) Whatley *et al.*, 1998

Fig. 9- Vista externa valva direita, 36X, MPEG-AP-19.

Fig. 10- Vista externa valva direita, 52X, MPEG-AP-20.

ESTAMPA 2



ANEXO B- ESTAMPA 3

Cyprideis lacrimata Muñoz-Torres *et al.*, 1998

Fig. 1- Vista externa valva esquerda fêmea, 37X, MPEG-AP-21.

Fig. 2- Vista interna valva esquerda fêmea, 40X, MPEG-AP-21.

Fig. 3- Vista interna valva esquerda macho, 41X, MPEG-AP-22.

Fig. 4- Vista externa valva esquerda macho, 36X, MPEG-AP-22.

Fig. 5- Vista externa valva direita macho, 41X, MPEG-AP-23.

Fig. 6- Vista interna detalhe de charneira, 53X, MPEG-AP-22.

Cyprideis machadoi (Purper, 1979) Whatley *et al.*, 1998

Fig. 7- Vista externa valva esquerda fêmea, 27X, MPEG-AP-24.

Fig. 8- Vista externa valva direita fêmea, 35X, MPEG-AP-25.

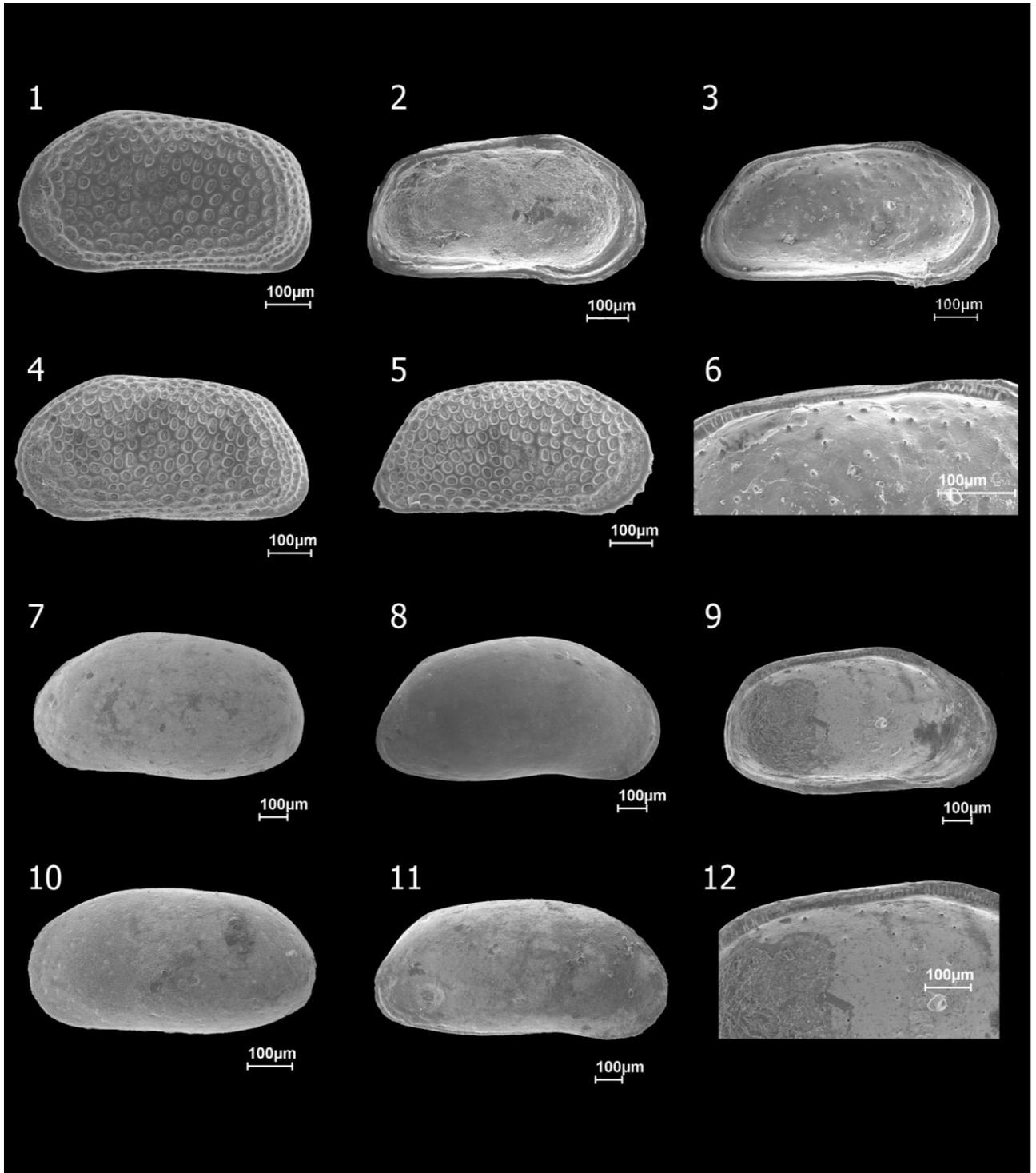
Fig. 9- Vista interna valva esquerda fêmea, 27X, MPEG-AP-24.

Fig. 10- Vista externa valva esquerda macho, 35X, MPEG-AP-26.

Fig. 11- Vista externa valva direita macho, 29X, MPEG-AP-27.

Fig. 12- Vista interna detalhe de charneira, 54X, MPEG-AP-24.

ESTAMPA 3



ANEXO B- ESTAMPA 4

Cyprideis olivencai (Purper, 1979) Whatley *et al.*, 1998

Fig. 1- Vista externa valva esquerda fêmea, 37X, MPEG-AP-28.

Fig. 2- Vista externa valva direita fêmea, 38X, MPEG-AP-29.

Fig. 3- Vista interna valva esquerda fêmea, 42X, MPEG-AP-28.

Fig. 4- Vista externa valva esquerda macho, 42X, MPEG-AP-30.

Fig. 5- Vista externa valva direita macho, 38X, MPEG-AP-31.

Fig. 6- Vista interna valva direita macho, 30X, MPEG-AP-31.

Cyprideis pebasae (Purper, 1979) Wathley *et al.*, 1998

Fig. 7- Vista externa valva esquerda fêmea, 29X, MPEG-AP-32.

Fig. 8- Vista externa valva direita fêmea, 28X, MPEG-AP-33.

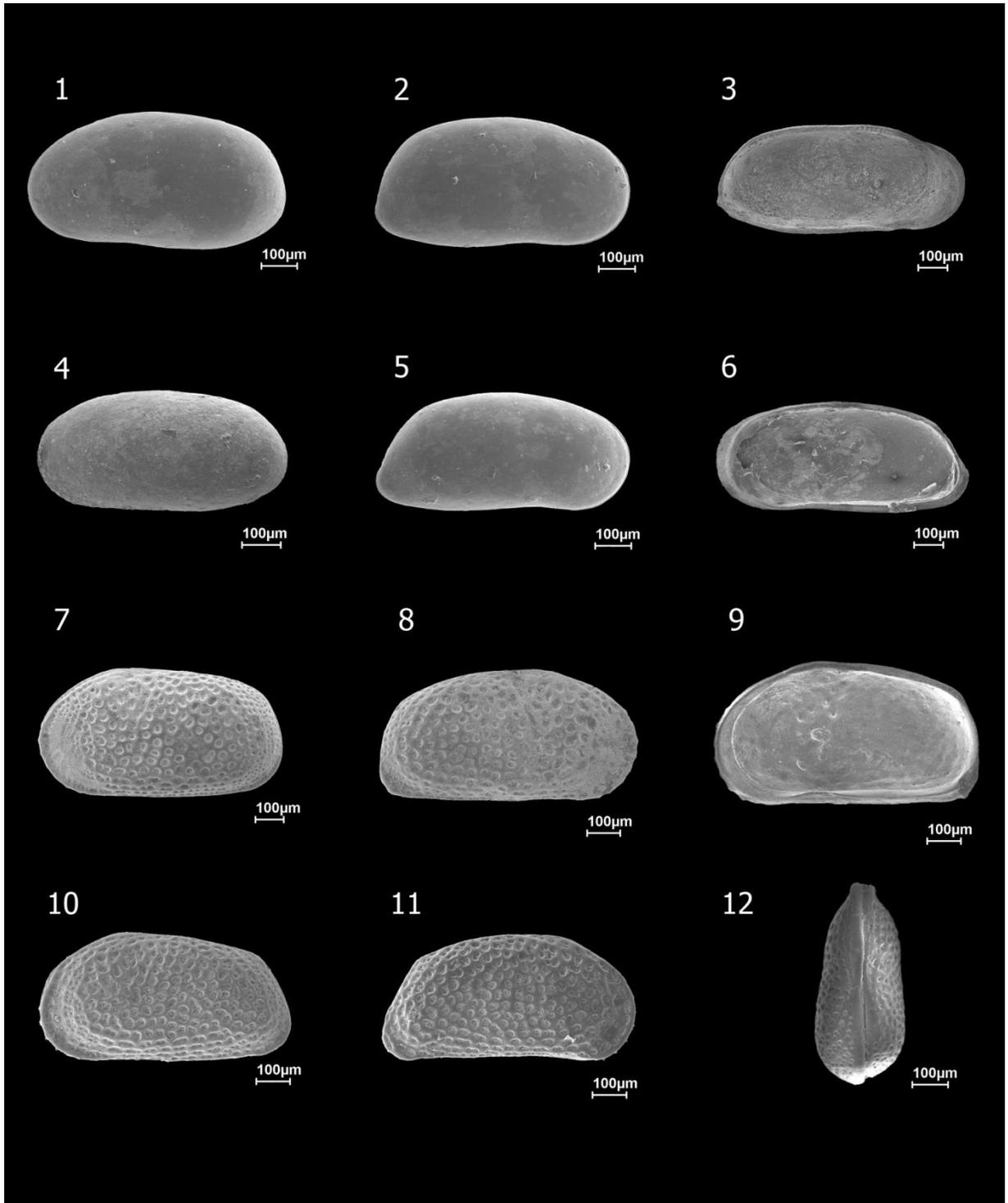
Fig. 9- Vista interna valva direita fêmea, 33X, MPEG-AP-33.

Fig. 10- Vista externa valva esquerda macho, 32X, MPEG-AP-34.

Fig. 11- Vista externa valva direita macho, 33X, MPEG-AP-35.

Fig. 12- Vista dorsal carapaça macho, 29X, MPEG-AP-35.

ESTAMPA 4



ANEXO B- ESTAMPA 5

Cyprideis sulcosigmoidalis (Purper, 1979) Whatley *et al.*, 1998

Fig. 1- Vista externa valva esquerda fêmea, 25X, MPEG-AP-36.

Fig. 2- Vista externa valva direita fêmea, 25X, MPEG-AP-37.

Fig. 3- Vista interna valva esquerda fêmea, 25X, MPEG-AP-36.

Fig. 4- Vista externa valva esquerda macho, 26X, MPEG-AP-38.

Fig. 5- Vista externa valva direita macho, 28X, MPEG-AP-39.

Fig. 6- Vista interna detalhe de charneira, 45X, MPEG-AP-36.

***Cyprideis* sp. 1**

Fig. 7- Vista externa valva esquerda, 30X, MPEG-AP-40.

Fig. 8- Vista externa valva direita, 30X, MPEG-AP-41.

Fig. 9- Vista interna valva direita, 33X, MPEG-AP-41.

***Cyprideis* sp. 2**

Fig. 10- Vista externa valva direita, 31X, MPEG-AP-42.

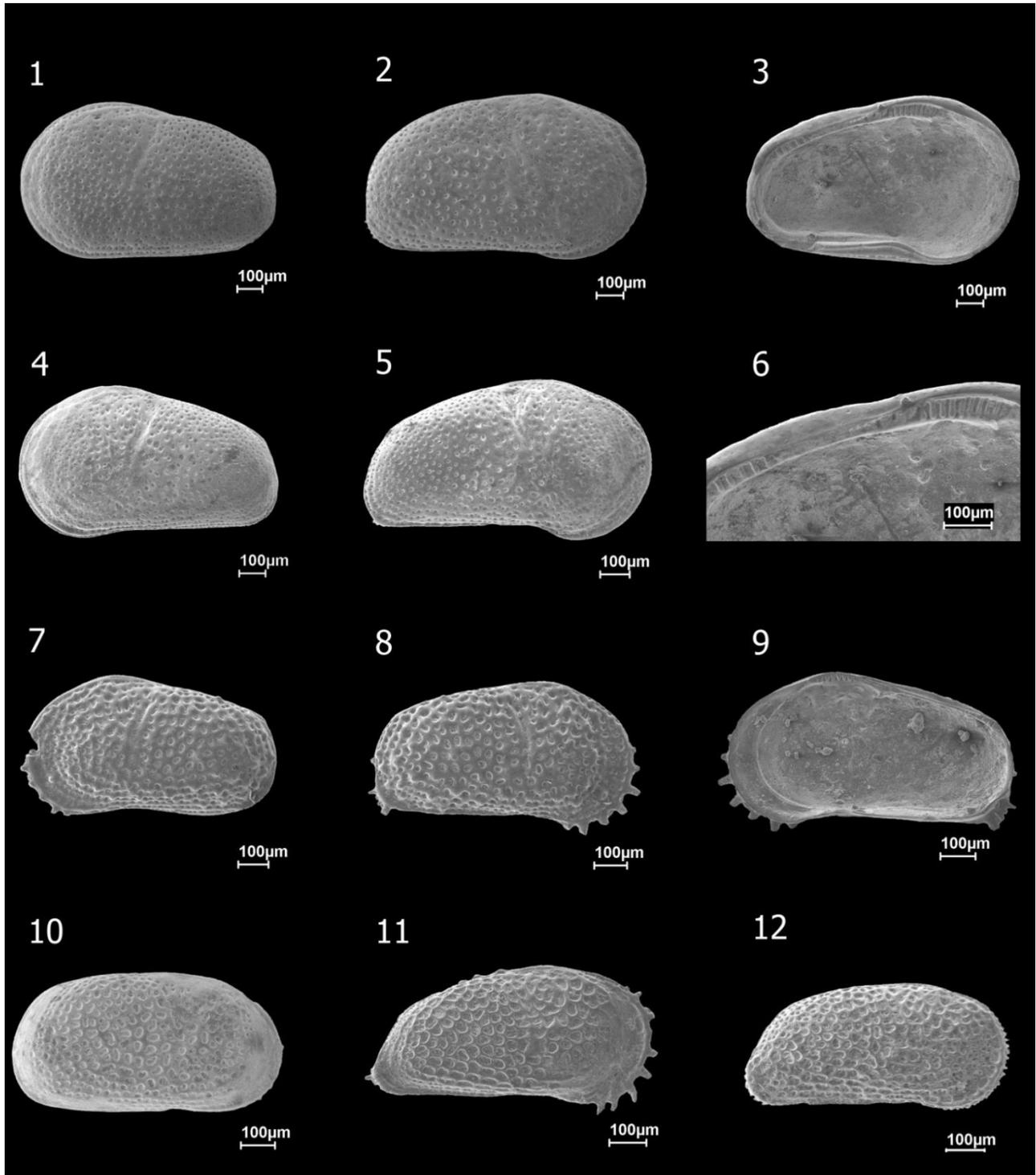
***Cyprideis* sp. 3**

Fig. 11- Vista externa valva direita, 25X, MPEG-AP-43.

***Cyprideis* sp. 4**

Fig. 12- Vista externa valva direita, 21X, MPEG-AP-44.

ESTAMPA 5



ANEXO B- ESTAMPA 6***Cyprideis sp.5***

Fig. 1- Vista externa valva esquerda com nódulos fêmea, 28X, MPEG-AP-45.

Fig. 2- Vista externa valva direita com nódulos fêmea, 29X, MPEG-AP-46.

Fig. 3- Vista externa valva direita fêmea, 28X, MPEG-AP-47.

Cyprideis sp.6

Fig. 4- Vista externa valva esquerda, 50X, MPEG-AP-48.

Fig. 5- Vista externa valva direita, 29X, MPEG-AP-49.

Fig. 6- Vista interna valva direita, 31X, MPEG-AP-49.

Cyprideis sp.7

Fig. 7- Vista externa valva esquerda, 39X, MPEG-AP-50.

Fig. 8- Vista externa valva direita, 40X, MPEG-AP-51.

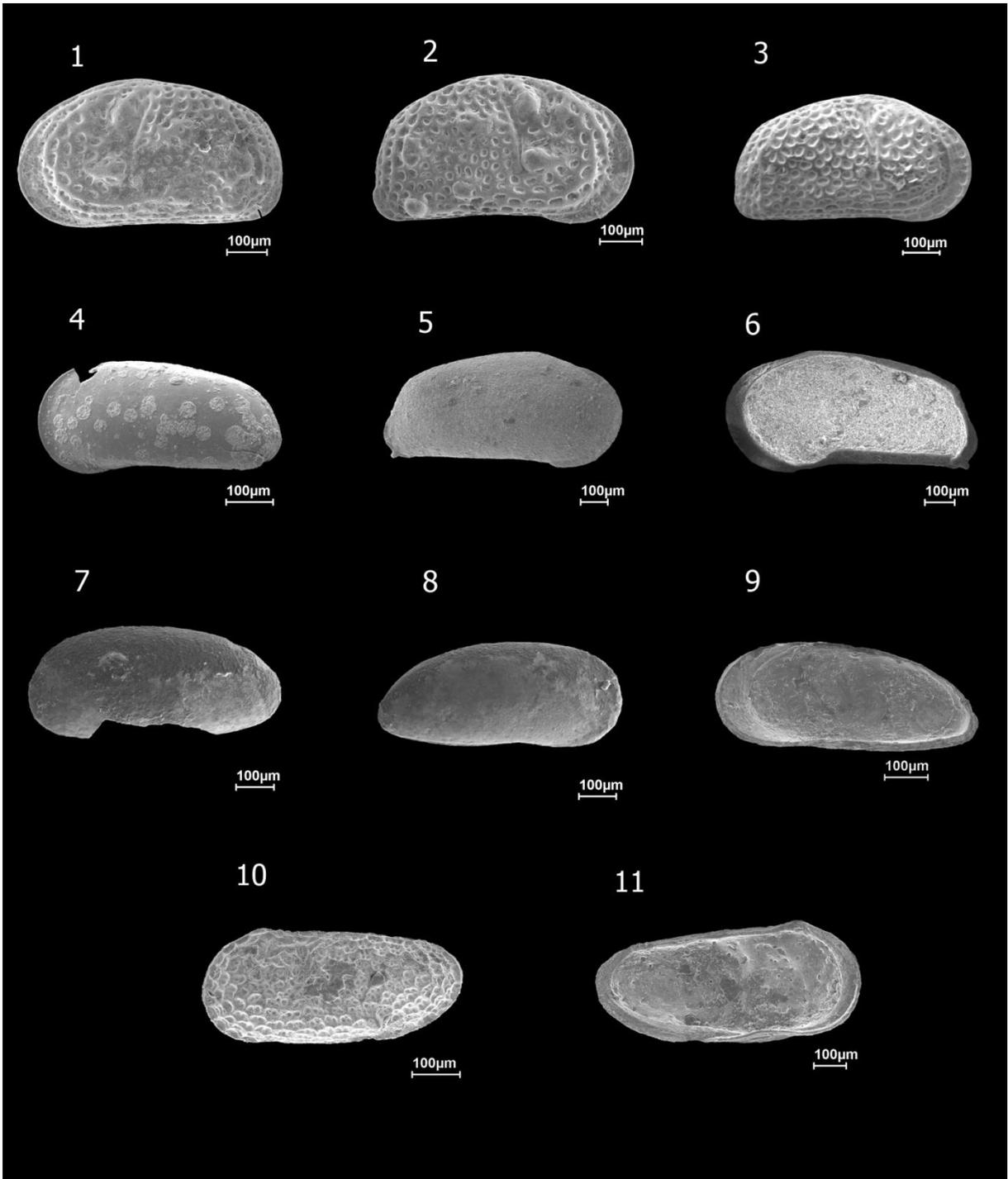
Fig. 9- Vista interna valva direita, 43X, MPEG-AP-51.

***Perissocytheridea akistron* Munoz-Torres *et al.*, 1998**

Fig. 10- Vista externa valva esquerda, 64X, MPEG-AP-52.

Fig. 11- Vista interna valva esquerda, 60X, MPEG-AP-52.

ESTAMPA 6



ANEXO B- ESTAMPA 7***Cytheridella* sp.**

Fig. 1- Vista externa valva esquerda, 43X, MPEG-AP-53.

Fig. 2- Vista externa valva direita, 45X, MPEG-AP-54.

***Cypria aqualica* Shepard and Bate, 1980**

Fig. 3- Vista externa direita carapaça, 32X, MPEG-AP-55.

Fig. 4- Vista externa valva esquerda, 48X, MPEG-AP-56.

Fig. 5- Vista externa valva direita, 55X, MPEG-AP-57.

***Darwinula fragilis* Purper, 1979**

Fig. 6- Vista externa valva esquerda, 55X, MPEG-AP-58.

Fig. 7- Vista externa valva direita, 63X, MPEG-AP-59.

Fig. 8- Vista interna valva esquerda, 59X, MPEG-AP-58.

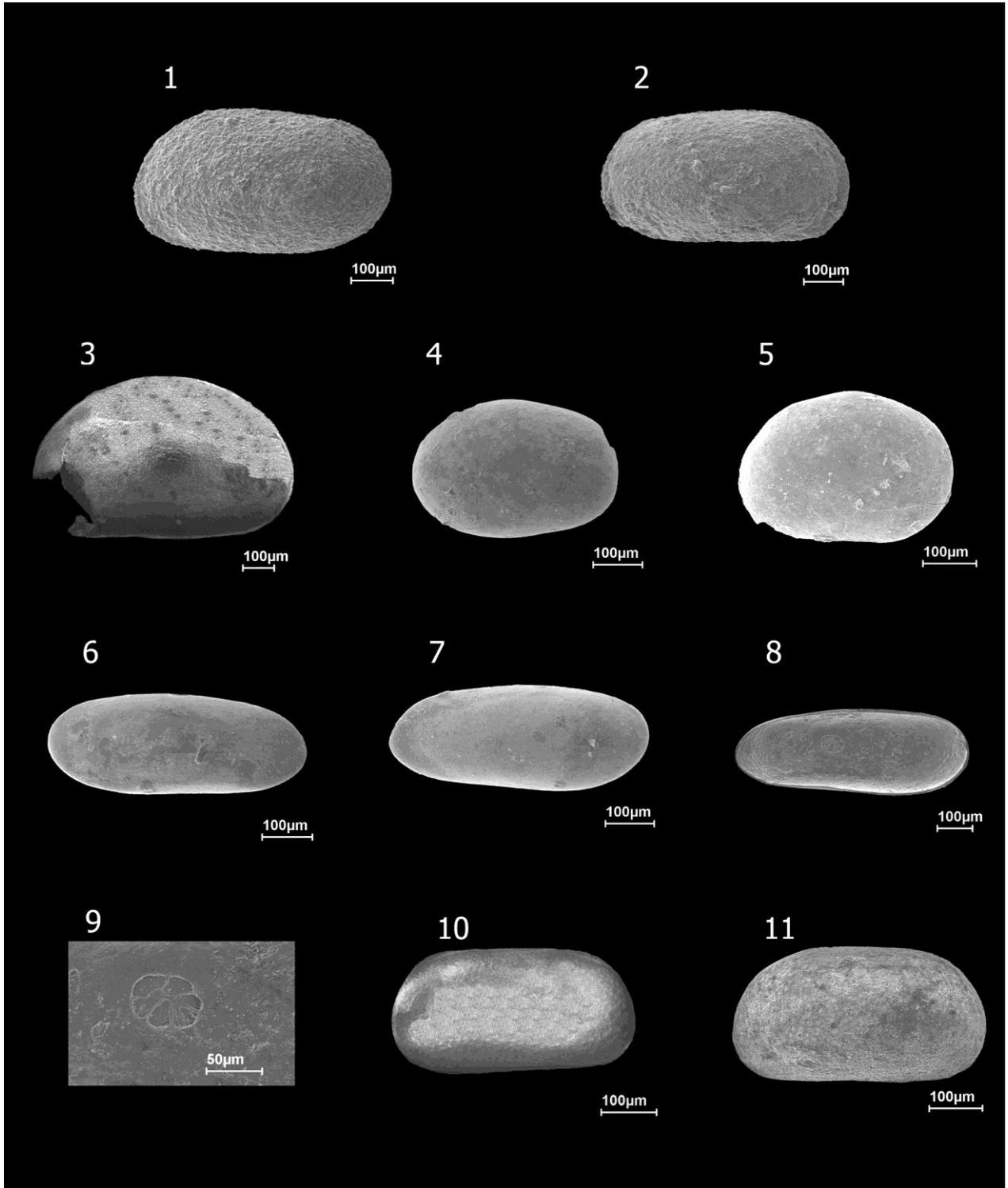
Fig. 9- Detalhe de impressão muscular em forma de roseta, 114X, MPEG AP-58.

***Candona?* sp.**

Fig. 10- Vista externa esquerda carapaça, 55X, MPEG-AP-60.

Fig. 11- Vista externa direita carapaça, 49X, MPEG-AP-60.

ESTAMPA 7



ANEXO B- ESTAMPA 8***Amphistegina* sp. 1**

Fig. 1- Vista umbilical, 21X, MPEG-AP-61.

Fig. 2- Vista umbilical, 18X, MPEG-AP-61.

Fig. 3- Vista frontal, 15X, MPEG-AP-61.

***Amphistegina* sp. 2**

Fig. 4- Vista umbilical, 45X, MPEG-AP-62.

Fig. 5- Vista umbilical, 21X, MPEG-AP-62.

Fig. 6- Vista frontal, 18X, MPEG-AP-62.

***Globigerinoides* sp.**

Fig. 7- Vista umbilical, 38X, MPEG-AP-63.

***Globigerina* sp.**

Fig. 8- Vista umbilical, 58X, MPEG-AP-64.

***Planorbulina* sp.**

Fig. 9- Vista umbilical, 27X, MPEG-AP-65.

***Globorotalia* sp.**

Fig. 10- Vista umbilical, 20X, MPEG-AP-66.

***Textularia* sp. 1,**

Fig. 11- Vista umbilical, 33X, MPEG-AP-67.

***Textularia* sp. 2**

Fig. 12- Vista umbilical, 26X, MPEG-AP-68.

***Quinqueloculina* sp.**

Fig. 13- Vista umbilical, 20X, MPEG-AP-69.

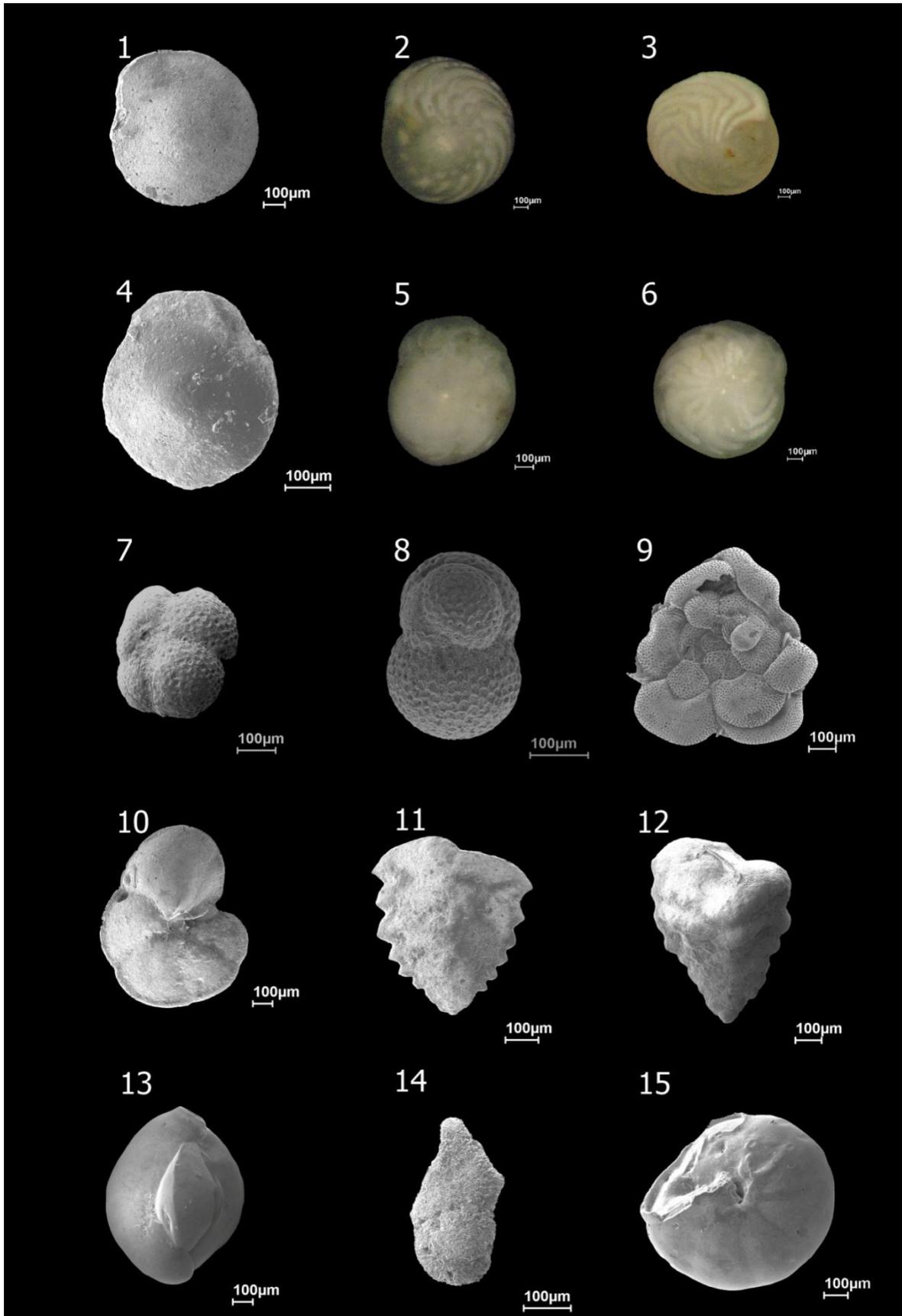
Gênero indeterminado 1

Fig. 14- Vista umbilical, 47X, MPEG-AP-70.

Gênero indeterminado 2

Fig. 15- Vista umbilical, 24X, MPEG-AP-71.

ESTAMPA 8



ANEXO B- ESTAMPA 9

Fig. 1- Briozoário, 11X, MPEG-AP-72.

Fig. 2: Briozoário, 13X, MPEG-AP-73.

Fig. 3: Briozoário, 12X, MPEG-AP-74.

Fig. 4: Briozoário, 6X, MPEG-AP-75.

Fig. 5: *Melongena*, 5X, MPEG-AP-76.

Fig. 6: *Neritina*, 6X, MPEG-AP-77.

Fig. 7: Apêndice de decápode, 26X, MPEG-AP-78.

Fig. 8: Dente de peixe, 24X, MPEG-AP-79.

Fig. 9: Dente de peixe, 26X, MPEG-AP-80.

Fig. 10: Dente de peixe, 23X, MPEG-AP-81.

Fig. 11: Dente de peixe, 33X, MPEG-AP-82.

Fig. 12: Dente de peixe, 34X, MPEG-AP-83.

Fig. 13: Dente de peixe, 23X, MPEG-AP-84.

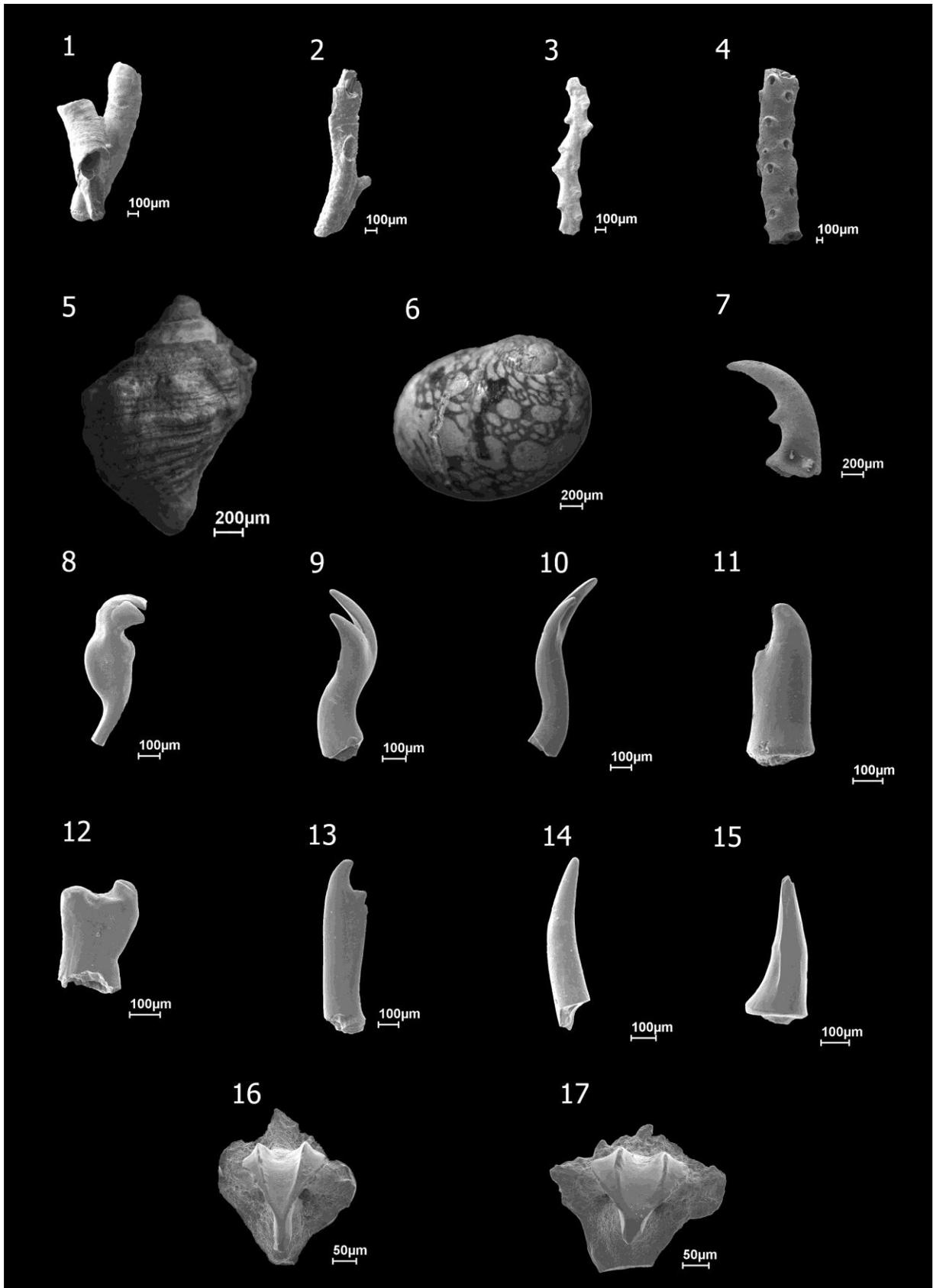
Fig. 14: Dente de peixe, 28X, MPEG-AP-85.

Fig. 15: Dente de peixe, 32X, MPEG-AP-86.

Fig. 16: Escama de tubarão, 52X, MPEG-AP-87.

Fig. 17: Escama de tubarão, 58X, MPEG-AP-88.

ESTAMPA 9



ANEXO C: MANUSCRITO PUBLICADO NA REVISTA DE GEOLOGIA COLOMBIANA, EDIÇÃO ESPECIAL, VOLUME 36 (1), 91-104, AGOSTO-2011

**Evidence for marine influx during the Miocene in southwestern Amazonia, Brazil
Evidencias de influencia marina durante el Mioceno en el Sudoeste de la Amazonia
(Brasil)**

ANA PAULA LINHARES ¹

MARIA INÊS FEIJÓ RAMOS ¹

MARTIN GROSS ²

WERNER E. PILLER ³

¹Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia, Museu Paraense Emílio Goeldi, Avenida Perimetral, s/n Terra Firme, Belém-PA 66077-830, Brazil; e-mail: mramos@museu-goeldi.br

²Department for Geology and Palaeontology, Universalmuseum Joanneum, Weinzöttlstrasse 16, 8045 Graz, Austria; e-mail: martin.gross@museum-joanneum.at; telephone: +43-316-8017-9733; fax: +43-316-8017-9671

³Institute for Earth Sciences, Karl-Franzens-University, Heinrichstrasse 26, 8010 Graz, Austria; e-mail: werner.piller@uni-graz.at

Abstract

The possibility of marine incursions into the Amazonia during the Miocene has been the subject of discussion for a long time, while incomplete geological and palaeontological data impedes the exact tracing of the proposed marine ingressions. However, previous record of marine taxa mixed with transitional and non-marine fossils, including foraminifers, marginal marine mollusks, shark teeth, rays, mangrove pollen, ostracods and barnacles, indicate that marine influence was present, at least episodically, in Amazonia during the Neogene although fluvial and lacustrine environments predominated. Here we present micropaleontological analyses of core samples (core 1AS-31-AM) from the southwest of Amazonas State, Brazil of that corroborate marine influence during the Miocene. The samples, from between 170.90 and 174.40 m depth yielded a mixture of marine (mainly base on planktonic foraminifers and bryozoans), transitional and non-marine faunal elements. Some of these organisms are resilient by stress conditions, such as the ostracod Cyprideis, some mollusks and agglutinated

foraminifers. The radiation of Cyprideis and the presence of noded Cyprideis-valves below and above the mixed faunal levels points to abrupt paleoenvironmental change related to salinity fluctuations (from marine normal to non-marine). These fossils and the particular morphologic (ecophenotypic traits) features can be associated with a short-lived marine incursion. The presence of planktonic foraminifers indicates that marine influence must have been much more profound than previously reported. The marine influence reached the central part of Amazonia, probably during the Early Middle Miocene age.

Key-words: Marine Miocene Amazonia Brazil ostracods Solimoes Formation

Resumen

Probables incursiones marinas en la región Amazónica durante el Mioceno han sido objeto de debates durante mucho tiempo. La base de datos general, impide una exacta localización de las incursiones marinas propuestas. Sin embargo, una mezcla de grupos marinos y de transición o no marinos: foraminíferos, moluscos marinos marginales, dientes de tiburones, rayas, pólen de los manglares, ostrácodos y percebes han sido registradas en estudios previos. Esto indica que la influencia marina puede haber jugado, al menos esporádicamente, algún papel en los depósitos neógenos de la Amazonía, a pesar que los fluviais y lacustres fueron los ambientes predominantes. Recientes estudios micropaleontológicos con muestras de testigo (1AS-31-AM). Las muestras entre 170,90 y 174,40 metros de profundidad, contienen esporádicamente una mezcla de organismos marinos principalmente en la presencia de foraminíferos y briozoarios, otra fauna de transición y también no marinos (principalmente de foraminíferos y ostrácodos). Aparte de estos elementos de la fauna, también la presencia de Cyprideis nodulares por debajo y por encima de los niveles mezcla de fauna, indican fluctuaciones de los niveles de salinidad y cambios paleoambientales abruptos. Estos microfósiles y las características morfológicas particulares de los fósiles pueden estar relacionados con una ingesión marina de corta duración. Esta influencia marina que llegó a la parte central de la Amazonia, probablemente puede haber ocurrido durante el inicio del Mioceno Medio.

Palabras clave: Mioceno marino Amazonia brasileña

Correspondent author: alinhares@museu-goeldi.br; mramos@museu-goeldi.br

Introduction

Neogene deposits are widespread in Amazonia. In Brazil, these deposits are represented by the Solimoes Formation that reflects part of the orogenic history of Western Amazonia during the Neogene. Considerable environmental changes took place during this period when the uplift of the Andes Mountains and sea-level fluctuations affected the hydrographical, ecological and climate systems of this region (Shephard et al., 2010).

Previous studies recorded the presence of marine, transitional and non-marine fossil taxa in the Solimões Formation and others contemporaneous units, which indicates that marine conditions, at least sporadically, influenced Amazonia during the Neogene (Shepard & Bate 1980; Hoorn, 1993, 1994 a, b; Räsänen et al. 1995; Monsch, 1998; Muñoz-Torres et al., 1998; Wesselingh et al., 2002, 2006; Gingras et al., 2002 and Hovikoski et al., 2010). However, a complex of fluvial and lacustrine environments generally predominated (Wesselingh et al., 2006; Ramos, 2006; Lundberg et al., 2010; Hoorn, 1996; Hoorn et al., 2010; Latrubesse et al, 2010; Gross et al., 2011), and the biostratigraphical correlation of different localities within the Solimões Formation remains problematic (see Hoorn and Wesselingh, 2010).

Most investigations are restricted to only a few localities that cover relatively short stratigraphical range. The availability of core material from petroleum companies is usually difficult due to their policy of restrictive access, and is mostly limited to the western fringe of Amazonia where hydrocarbon resources are being explored. Most of the cores that have been analysed in detail originate from western Brazilian Amazonia where they were collected in the 1970's by the Geological Survey of Brazil (CPRM) to investigate the presence of lignite. The studies on these cores began with Purper (1979, employing ostracods), and was followed by Hoorn (1994a, 1994b, utilising pollen). The recent re-examination of these cores has focused mainly on palynological taxonomy, biostratigraphy and paleoecology (Leite, 2006; Silva-Caminha et al., 2010; Latrubesse et al., 2007, 2010). The present paper presents a new micropaleontological analysis of samples from core 1AS-31-AM (05°18'S/71°02'W, 302 m depth), located near the Ituí River, southwest of Amazonas state, Brazil (Fig. 1). The main aim is to reconstruct the paleoenvironmental evolution of this area during the Miocene and to attempt correlations with previously studies.

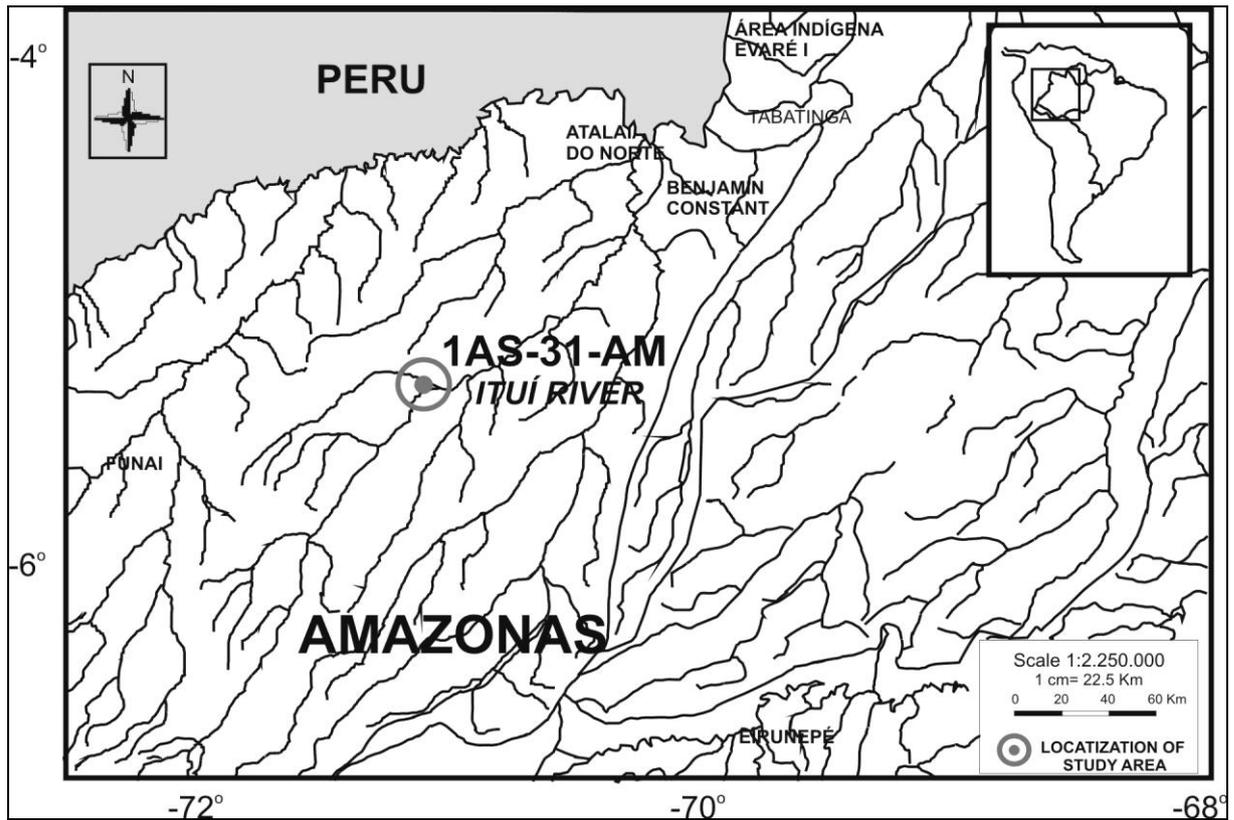


Figure 1. Location map of the study area (modified from RADAMBRASIL, 1977).

Figura 1. Mapa de la localidad estudiada (modificado del RADAMBRASIL, 1977).

Methodology

The study material comprise 93 samples from core 1AS-31-AM (Fig. 2), drilled on the margin of the Ituí river (Maia et al., 1977). The core reached a depth of 302.05 m; five cm of sediment was taken from each cored sampled intervals. Samples were processed following conventional micropaleontological techniques (250g of dry sediment sieved through a $\geq 250\mu\text{m}$ size fractions). Microfossils were extracted from the sieve residual using a stereo microscope and then identified. Photographs were obtained by using LEO 1450VP SEM (Museu Paraense Emilio Goeldi, Belem, Para). The core samples were loan by Departamento Nacional de Produção Mineral (8° Distrito, Manaus).

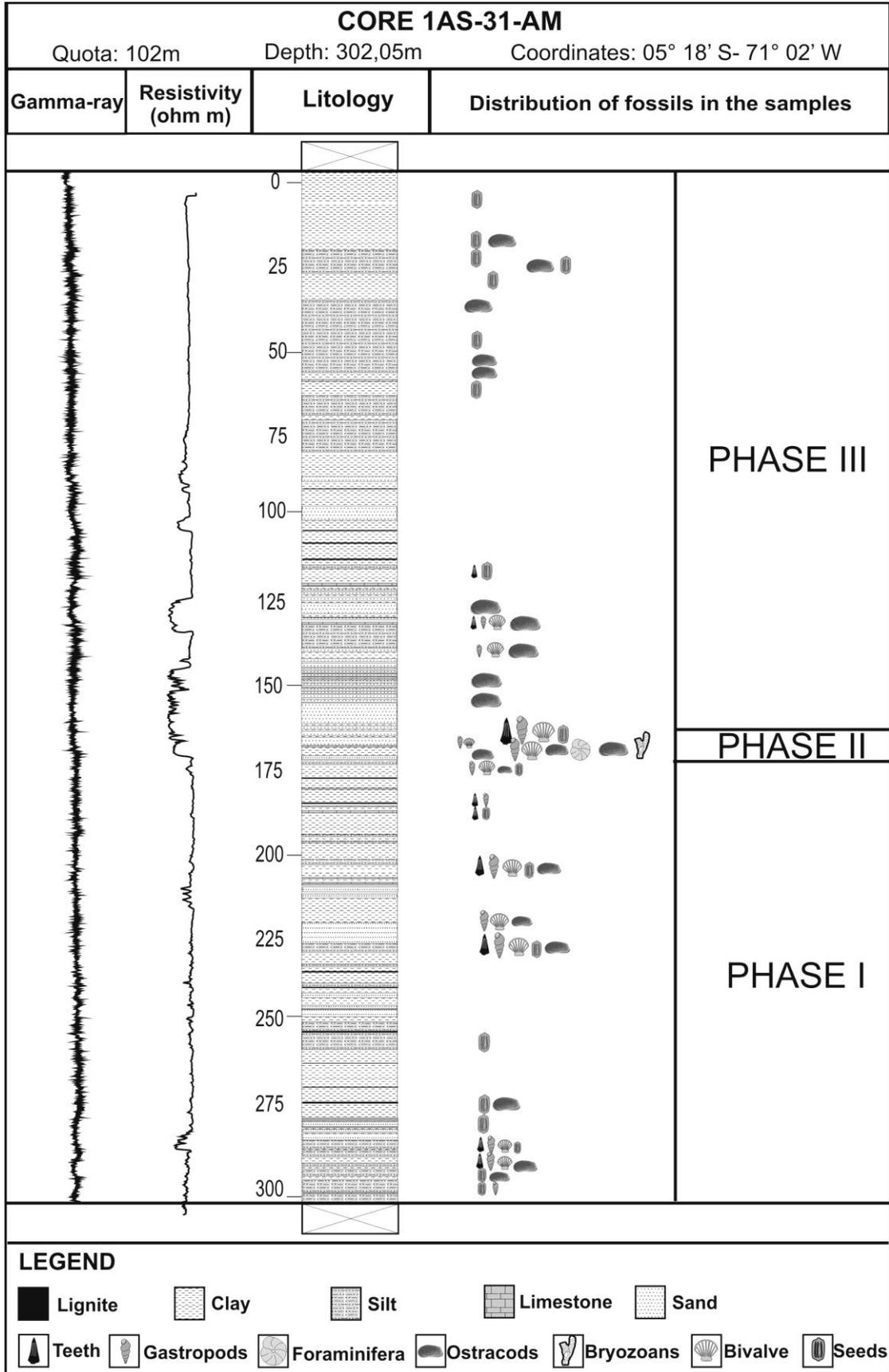


Figure 2. Lithologic columns of the core 1AS-31-AM with the distribution of fossils in the respective environmental phases (I, II and III).

Results and discussions

The genus *Cyprideis* comprise 90% of the ostracod fauna from the Solimões Formation with high diversity and abundance (Muñoz-Torres et al., 1998, 2006). However, it also occurs with few marine, marginal-marine and freshwater taxa (e.g. *Paracypris*, *Pontocypris*, *Perissocytheridea*, *Cytheridella*, *Cypria*, *Darwinula*, *Heterocypris*) at different localities in the Neogene of Amazonia (Purper, 1979; Shepard & Bate, 1980; Whatley et al., 1998; Ramos, 2006; Wesselingh & Ramos, 2010). Ecophenotypes of *Cyprideis* can tolerate lower to higher salinities (1.5‰ to 60‰ Athersuch et al., 1989 apud Keyser et al., 2004) thriving in environments that can be physiologically stressful such as lagoons and inland ephemeral saltwater lakes (e.g., Whatley et al., 1998; Aladin & Potts, 1996).

Cyprideis can develop nodes as a response to salinity fluctuation, generally linked to lower (<5‰) saline conditions (Keyser & Aladin, 2002; Keyser, 2005). According to Keyser (2005) the main cause of the nodding in low salinity waters is a failure in osmoregulation capacities during molting, which also can occurs in others genera like *Heterocypris* (see Keyser & Aladin, 2002; Keyser, 2005). Although *Cyprideis* is more usually associated with brackish water it also occurs in freshwater, especially the African lakes (Martens et al., 1994, Wouters and Martens, 1992, 2001).

The Solimoes and Pannonian Basin of SW Europe are two important examples of adaptive radiations of *Cyprideis* during the Miocene (Whatley et al., 1998; Gross & Piller, 2009). According to Whatley et al. (1998) the radiation of *Cyprideis* in Solimões Formation, occurred in a brackish closed hydrological system where extra-basinal species migration was limited. There appears to be no correlation between enhanced evolutionary activity and named extrinsic events.

As with other records, the microfauna of 1AS-31-AM is dominated *Cyprideis*, with 18 species, 11 recorded previously from others localities and seven new species to science (Figs. 3, 4, 5).

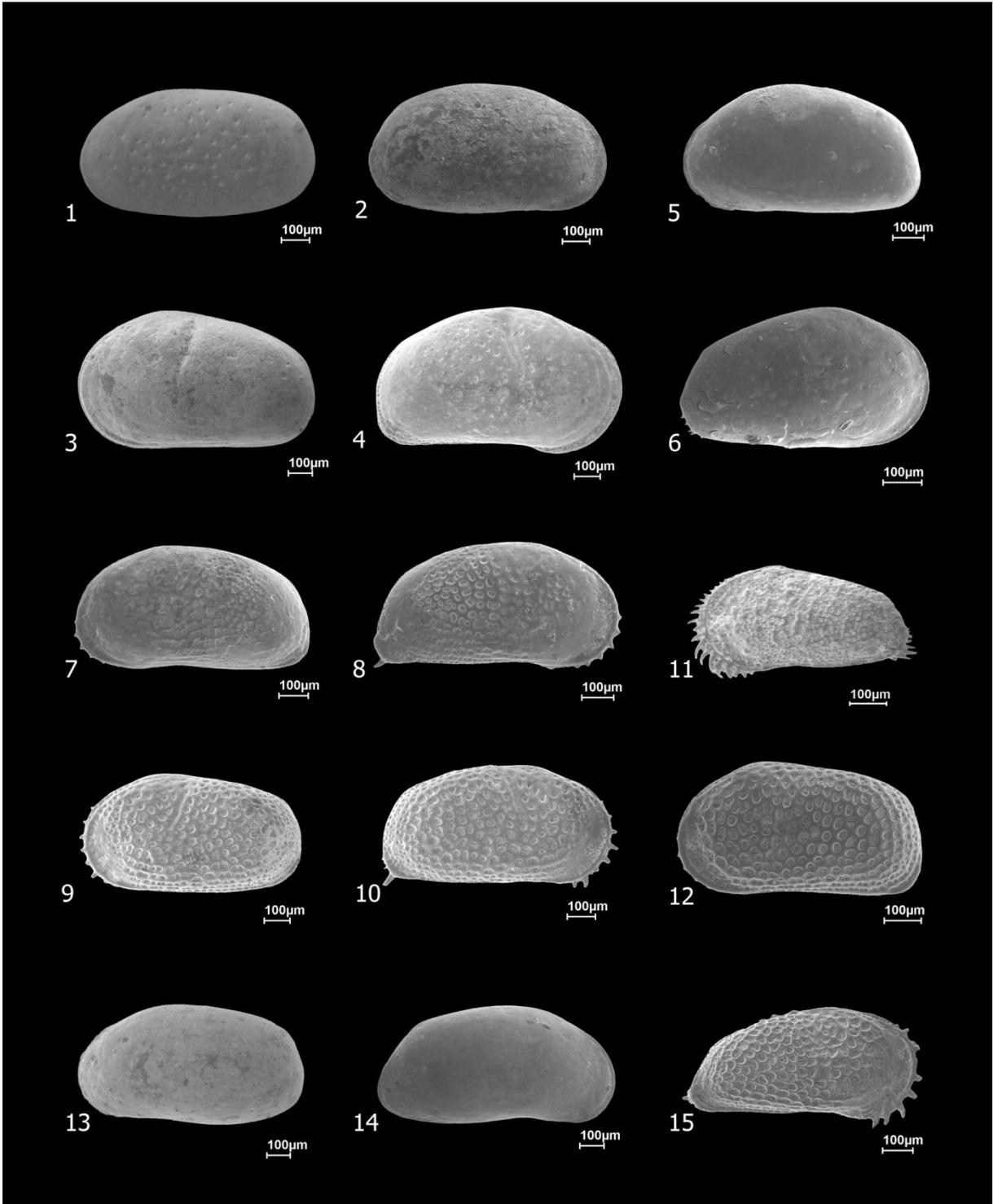


Figure 3. Diversity of *Cyprideis* species: 1-2. *Cyprideis amazonica*; 3-4. *C. aulakos*; 5-6. *C. caraionae*; 7-8. *C. cyrtoma*; 9-10. *C. graciosa*; 11. *C. inversa*; 12. *C. lacrimata*; 13-14. *C. machadoi*; 15. *Cyprideis* sp.3.

Figura 3. Diversidad de las especies de *Cyprideis*: 1-2. *Cyprideis amazonica*; 3-4. *C. aulakos*; 5-6. *C. caraionae*; 7-8. *C. cyrtoma*; 9-10. *C. graciosa*; 11. *C. inversa*; 12. *C. lacrimata*; 13-14. *C. machadoi*; 15. *Cyprideis* sp.3.

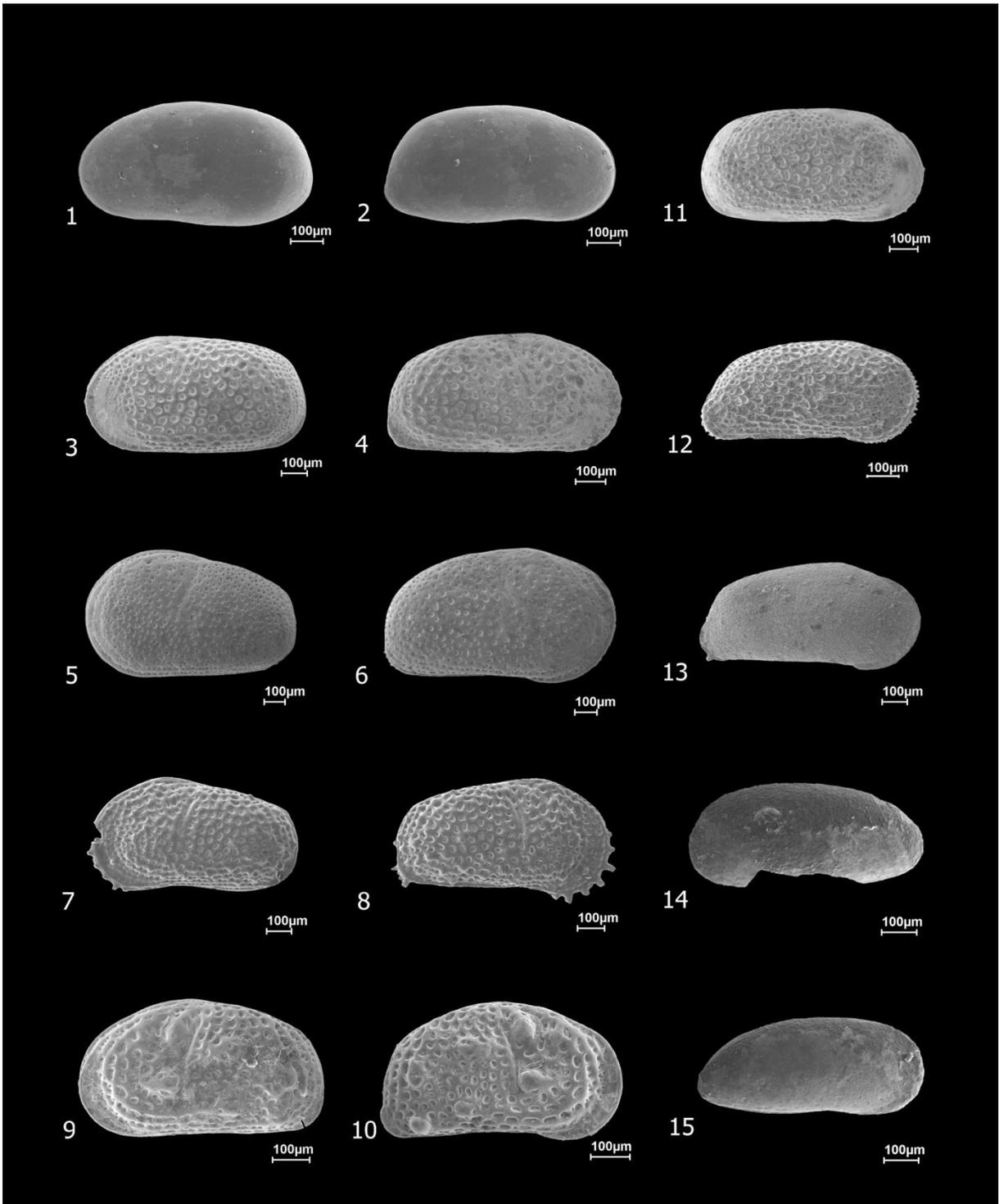


Figure 4. Diversity of *Cyprideis* species: 1-2. *Cyprideis olivencai*; 3-4. *C. pebasae*; 5-6. *C. sulcosigmoidalis*; 7-8. *Cyprideis* sp. 1; 9-10. *Cyprideis* sp. 5 with nodes; 11. *Cyprideis* sp. 2; 12. *Cyprideis* sp.4; 13. *Cyprideis* sp. 6; 14-15. *Cyprideis* sp. 7.

Figura 4. Diversidad de las especies de *Cyprideis*: *Cyprideis olivencai*; 3-4. *C. pebasae*; 5-6. *C. sulcosigmoidalis*; 7-8. *Cyprideis* sp. 1; 9-10. *Cyprideis* sp. 5 with nodes; 11. *Cyprideis* sp. 2; 12. *Cyprideis* sp.4; 13. *Cyprideis* sp. 6; 14-15. *Cyprideis* sp. 7.

Cyprideis species occur from 297.50m to 20.0m depth. The highest diversity as well as the presence of noded *Cyprideis*-valves are found in samples below and just above of the marine incursion interval (at 175 and 170.80m respectively, fig. 5). Besides the ostracodes, the microfossil assemblages analyses throughout the core allowed identifying three temporally variable salinity intervals (Fig.2): *Lacustrine Phase* (Interval I); *Transicional to marine Phase* (Interval II); and *Fluvio-lacustrine Phase* (Interval III).

Lacustrine Phase: Interval I (230.0m-175.0m) is dominated by the *Cyprideis* assemblage that consists of nine species (*C. amazonica*, *C. caraionae*, *C. graciosa*, *C. machadoi*, *C. olivencai*, *C. pebasae*, *C. sulcosigmoidalis*, *C. sp. 6* and *C. sp.7*) and 93 specimens that reduce abruptly by 180.9m. Rare mollusks and fishes remains occur associated to the ostracods.

The first occurrence of foraminifera (*Amphistegina* sp) is at 181m. In the end of the Interval I, at 175.0m, besides noded *Cyprideis*-valves the *Cyprideis* assemblage re-emerges with two new species, and a total of 11 species from 220 specimens. Also, at this depth, an otolith of typical marine fish was found (Aguilera et al., in press). It could indicate the first signals of the marine influence.

The Transicional to Marine Phase: Interval II (174.90-170.90m) is represented by a mixture of marine, transitional and non-marine taxa. This interval begins with the presence of marine mollusk *Melongena woodwardii* alongside a lower diversity (five species) and abundance of *Cyprideis* (*C. amazonica*, *C. aulakos*, *C. graciosa*, *C. machadoi* and *C. pebasae*). At 174.65m and 174.40m charophytes oogonia were found with a few specimens of *Amphistegina* spp., bryozoans and *Cyprideis* (*C. aulakos*, *C. machadoi* and *C. pebasae*). At 172.40 m, a more diverse assemblage occurs: benthic (*Amphistegina* spp. and *Quinqueloculina*) and agglutinated (*Textularia*) foraminifers, bryozoans, decapods, mollusks, fishes remains, rare non-marine ostracods (*Candona* and *Cytheridella*) and some species of *Cyprideis* (*C. inversa*, *C. Olivencai*, *C. pebasae*, *C. sulcosigmoidalis*, *C. sp. 1*, *C. sp. 3* and *C. sp. 5*).

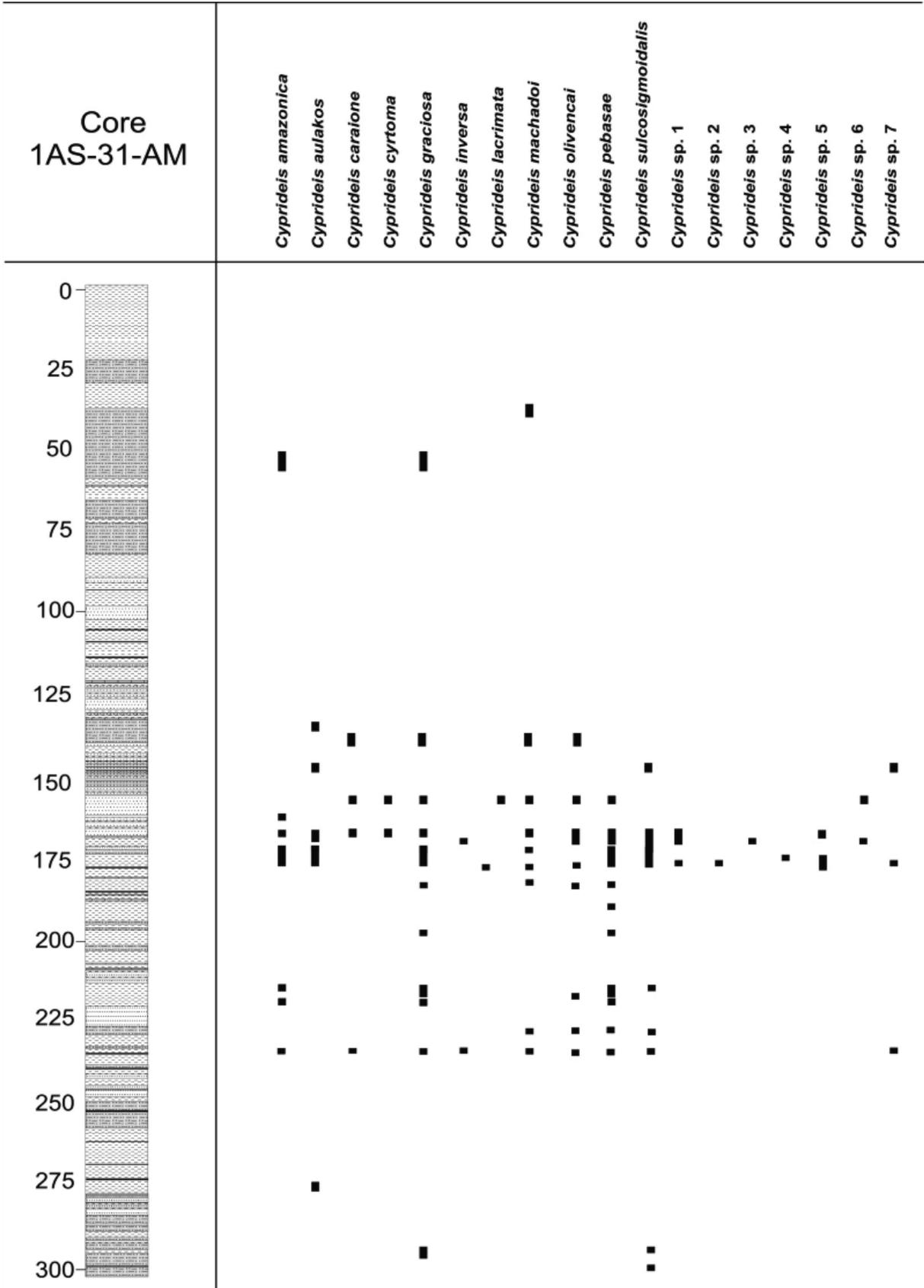


Figure 5. Stratigraphical distribution of the *Cyprideis* species in the studied core.

Figura 5. Distribución estratigráfica de las especies de *Cyprideis* en la sección estudiada.

The Interval II, at 170.90m depth, finish with a typical marine microfauna dominated by planktonic (*Globigerinoides*, *Globorotalia* and *Globigerina*) and benthic foraminifers (*Amphistegina*, *Planorbulina* and *Quinqueloculina*), totalizing 21 specimens, as well as bryozoans (Fig. 6). The presence of planktonic foraminifers at this depth indicates the peak of marine conditions within this sequence. At this depth, the others taxa (mollusks, fishes remains, etc.) mentioned before and the ostracods disappear with only one remaining specimen of *C. aulakos*.

Fluvio-lacustrine Phase: Interval III (170.80m-20m) begin with the disappearance of marine taxa and the return of high *Cyprideis* diversity (*C. amazonica*, *C. aulakos*, *C. caraionae*, *C. cyrtoma*, *C. graciosa*, *C. machadoi*, *C. olivencai*, *C. pebasae*, *C. sulcosigmoidales*, *C. sp.1* and *C. sp.7*); the presence of noded *Cyprideis* (Fig. 4; 9-10) as well as agglutinated foraminifers and mollusks (e.g. *Neritina roxoi*) which are able to tolerant fluctuating salinities as well as fresh-water fishes remains suggests abrupt decrease of salinity water. From 157.25m to 138.20m the diversity of *Cyprideis* reduces and new fresh water ostracodes genera, such as *Cypria* and *Darwinula* arise indicating a freshening of waters. To the uppermost of this interval the ostracodes almost disappear, remaining only few freshwater species (*Cypria aqualica*, *Darwinulla fragilis* and *Cytheridella* sp.) and few *Cyprideis* (*C. amazonica*, *C. graciosa* and *C. machadoi*). This fresh water ostracod assemblage (*Cypria*, *Cytheridella* and *Darwinulla*) has been recorded in the Late Miocene (Solimões Formation) outcrops around Eirunepé city, in environments associated with a complex fluviolacustrine environment (Ramos, 2006; Gross et al, 2011). Recently, living *Cypria* and *Cytheridella* has been found in fresh-water natural floodplain lake (abandoned channels fill) in the Amazonia, closed to Eirunepé city (M.I.F.R. pers. comun.). Probably the endemic *Cyprideis* assemblage from Solimões Fm. was extinct at the end of Late Miocene.

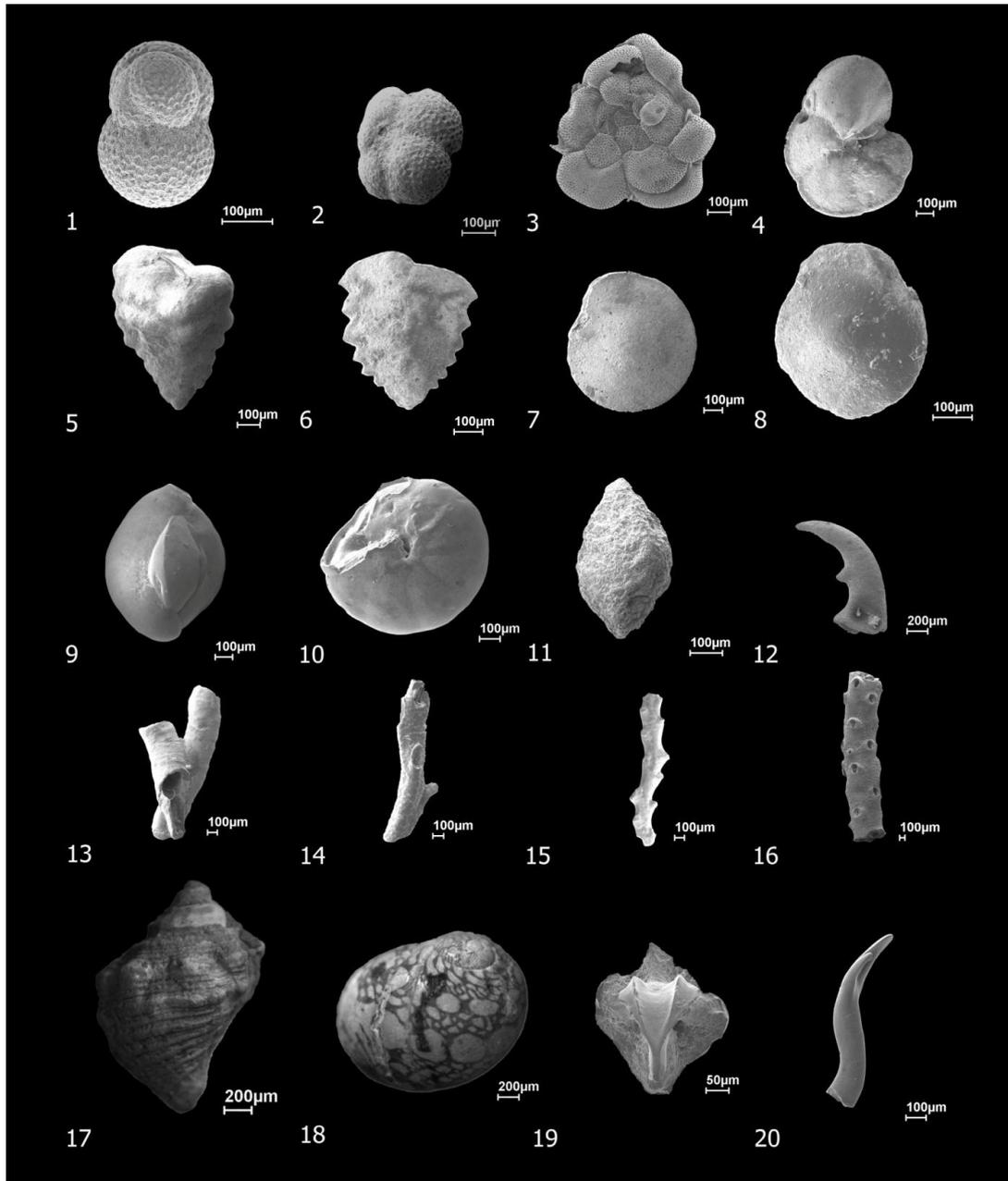


Figure 6. Microfossils representing the mixed assemblage: 1-11. Foraminifers: 1. *Globigerinoides* sp.; 2. *Globigerina* sp.; 3. *Planorbulina* sp.; 4. *Globorotalia* sp.; 5. *Textularia* sp.1; 6. *Textularia* sp.2; 7. *Amphistegina* sp. 1; 8. *Amphistegina* sp. 2; 9. *Quinqueloculina* sp.; 10. gen. indet.1; 11. gen . indet. 2; 12. decapod claw; 13-16. Unidentified bryozoan remains; 17. *Melongena woodwardi*; 18. *Neritina roxoi*; 19-20. Unidentified fish remains.

Figura 6. Asociación mixta de los microfósiles: 1-11. Foraminifera: 1. *Globigerinoides* sp.; 2. *Globigerina* sp.; 3. *Planorbulina* sp.; 4. *Globorotalia* sp.; 5. *Textularia* sp.1; 6. *Textularia* sp. 2; 7. *Amphistegina* sp. 1; 8. *Amphistegina* sp. 2; 9. *Quinqueloculina* sp.; 10. gen. indet.1; 11. gen . indet. 2; 12. quela de decapoda; 13-16. briozoarios indet.; 17. *Melongena woodwardi*; 18. *Neritina roxoi*; 19-20. restos de peces.

The radiation of *Cyprideis* in this study is an excellent biological marker for abrupt salinity change. The number of *Cyprideis* species increase before and after the *Transicional to Marine Phase* (Interval II). When marine waters invade the lacustrine environment for the first time (at 174.90), the adaptation of *Cyprideis* begin rapidly resulting carapace nodding. Nodding of *Cyprideis* also occurred during the offstage, as region reverted to continental conditions. Whatley et al. (1998) suggest that the high diversity of *Cyprideis*, throughout the Miocene in Amazonia, occurred within a stable, isolated body of saline water; however, in the study core, radiation is directly associated with the salinities change caused by marine incursions. It represents that the radiation of *Cyprideis* do not occurred in a closed system. Similar to the *Cyprideis* signature, Wesselingh et al. (2010) show an important mollusk turnover linked to marine incursions in Peru and Colombia. At the time the endemic bivalve *Pachydon obliquus* became replaced by *P. trigonalis* as the dominant bivalve species. Furthermore, several previously common gastropod species, such as *Dyris tricarinatus* disappeared and various novel species appeared. It is thus possible that the marine incursion played an important role in reshaping the invertebrate fauna of Amazonian lakes and wetlands.

Until recently, most authors suggested only marginal marine influence in the Miocene of western Amazonia (e.g., Hoorn, 1995; Vonhof et al., 1998; Vermeij & Wesselingh, 2002; Gingras et al., 2002; Wesselingh & Ramos, 2010). Geochemical and faunal paleosalinities were estimated at most 5 psu (Vonhof et al., 1998, 2003). Hovikoski et al. (2007, 2010) recorded within the Pebas Formation a low-gradient depositional system, influenced by recurring, shallow and restricted marine incursions.

The presence of planktonic foraminifera shows, however, that episodically paleosalinities must have been near normal marine and that the (probably short-lived) marine peak influx in Amazonia may have been much more profound than previously recognized. The *Transicional to Marine Phase* (Interval II) is not younger than Early Middle Miocene based on the stratigraphical distribution of the *C. caraione*. According to the ostracod biozonation by Muñoz-Torres et al. (2006), the *C. caraione* occur since the *Cyprideis aulakos* zone (Late Early to Early Middle Miocene) to *C. caraione* zone (Early Middle Miocene) in the Langhian.

Although marine incursions was previously attributed to Late Middle Miocene (*Grimsdalea* zone of Hoorn,1995) based on the occurrence of marine mollusks (including *Melongena woodwardi*), barnacles and bryozoans in samples in localities Buenos Aires, Porvenir, Nuevo Horizonte from Colombia and Peru (Wesselingh et al., 2010; Vonhof et

al.,1998), the estimated Early Middle Miocene age (~ 16 to 11.3 Ma) to the marine incursion in the present study is in agreement with the “Pebas Phase” by Hoorn et al. (2010).

This palaeoenvironmental reconstruction offers new insight into the evolution of the Amazonia depositional system. Micro and macro-faunal evidence clearly indicates a transition from continental (lacustrine) environments at the base to a short duration marine influenced and the re-establishment of fluvial conditions at the top of the sequence. The effect of this environmental change, mainly the abrupt marine incursion is probably related to tectonic activity and/or sea level rise rate change. Probably events of great magnitude that could allow the sea water reach so long distance into the continent. The radiation of *Cyprideis* is most likely triggered by these sudden environmental changes (mainly related to salinity change). These fossils and the particular morphologic (ecophenotypic traits) features infer that a short-lived marine incursions reached the central part of Amazonia, probably in the Early Middle Miocene.

The origin of the marine incursion has a good chance to be from Caribbean region, based on the fossil content, although a more detailed taxonomic study of taxa, is necessary in subsequent publications.

Conclusions

The microfossils from 93 samples of the 1-AS-31-AM core (southwestern Amazonas state, Brazil) allowed the reconstruction of paleoenvironmental conditions in southwestern Amazonia, Brazil during the Miocene. Three temporally variable salinity intervals are recognized: *Lacustrine Phase* (Interval I); *Transicional to marine Phase* (Interval II); and *Fluvio-lacustrine Phase* (Interval III). The succession began with lacustrine environments and graded into a short- live marine incursion and ending with the establishment of a fluvio-lacustrine system. The peak of the marine incursions at 170.90m is evidenced by the occurrence of planktonic foraminifers, and the disappearance of brackish and non-marine taxa. The extent of the marine influence is much more profound than previously assumed. The short-lived marine incursion caused rapid changes in water salinities resulting in the radiation of the ostracod genus *Cyprideis*. The presence of nodes in *Cyprideis* valves as well as the presence of eurytopic microfossils is related to abrupt salinity change. This brief but profound marine incursion was probably caused by tectonic events of great magnitude that most likely took place during the Early Middle Miocene.

Acknowledgments

The authors thanks to CNPq for the financial support; DNPM (8° Distrito, Manaus) for the permission to access and loan the core samples and especially to Gert Woeltje for his assistance during the samples collecting; to Adrian Wood for the comments and the english review and finally to Frank Wesselingh for the fruitful suggestions and corrections and the other anonymous review.

References

- Aguilera, O.S., Ramos, M.I.F., Linhares, A.P., Ohe, F. in press: Miocene Marine episodes in Western Amazonia: An interpretation of Fossil Ariidae catfishes occurrence and their palaeobiogeographic significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
- Aladin, N.V. & Potts, W.T.W. (1996). The osmoregulatory capacity of the Ostracoda. *Journal of Comparative Physiology*, **166**: 215-222.
- Gingras, M.K., Rasanen, M., Pemberton, G.S., Romero, L.P. (2002): Ichnology and sedimentology reveal depositional characteristics of bay-margin parasequences in the Miocene Amazonian foreland Basin. 2002. *Journal of Sedimentary Research*, **72** (6) 871-883.
- Gross, M., Piller, W.E., Ramos, M.I.F., Paz, J.D.S. (2011): Late Miocene sedimentary environments in south-western Amazonia (Solimões Formation; Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, **32**: 169-181.
- Hoorn, 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.
- Hoorn, 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. (1996): Miocene Deposits in the Amazonian Foreland Basin. *Science*, **273**: 122-123.
- Hoorn C. & Wesselingh, F.P. (2010): Amazonia: Landscape and species evolution, a look into the past 447p. Wiley-Blackwell publications, UK.
- Hoorn, C., Wesselingh, F.P., Hovikoski, J., Guerrero, J. (2010): The development of the Amazonian mega-wetland (Miocene; Brazil, Colombia, Peru, Bolivia). In: Hoorn C. & Wesselingh F. (eds) Amazonia: Landscape and species evolution, a look into the past, Chapter **8**:123-142. Wiley-Blackwell publications, UK.
- Hovikoski, J., Räsänen, M., Gingras, M., Lopez, S. Ranzi, A., Melo, J. (2007): Palaeogeographical implications of the Miocene Quendeque Formation (Bolivia) and tidally-influenced strata in the southwestern Amazonia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **243**: 23-41.
- Hovikoski, J., Wesselingh, F.P., Räsänen, M., Gingras, M., Vonhof, H.B. (2010): Marine influence in Amazonia: evidence from the geological record. In: Hoorn C. & Wesselingh F. (eds) Amazonia: Landscape and species evolution, a look into the past, Chapter **9**:143-161. Wiley-Blackwell publications, UK.
- Keyser, D. & Aladin, N.V. (2002): Noding in *Cyprideis torosa* and its causes. *Studia Quaternaria*, **21**: 19-24.
- Keyser, D., Aladin, N.V., Plotnikov, N.I. (2004): Ostracods and their adjustment to saline environments. *Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst.* **101**: 157-167.
- Keyser, D. (2005): Histological peculiarities of the nodding process in *Cyprideis torosa* (Jones) (Crustacea, Ostracoda). *Hydrobiologia*, **538**: 95–106.
- 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.

- Latrubesse, E.M., Cozzuol, M., Silva-Caminha, S.A.F., Rigsby, C.A., Absy, M.L., Jaramillo, 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.
- Leite, F.P.R. (2006): *Palinologia da Formação Solimões, Neógeno da Bacia do Solimões, Estado do Amazonas, Brasil: Implicações paleoambientais e bioestratigráficas* (Tese de Doutorado). 128p. Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília.
- Lundberg, J.G., Pérez, M.H.S., Dahdul, W.M., Aguilera, O.A. (2010): The Amazonian Neogene fish fauna. In: *Amazonia: Landscape and Species Evolution* (Hoorn, C. and Wesseling, F eds.), Chapter **17**. 281-301p.
- 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.
- Martens, K., Coulter, G., Goddeeris, B. (1994): Speciation in ancient lakes-40 years after. *Advances in Limnology*, **44**: 75-96.
- 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.C., Harten, D. van. (1998): The endemic non-marine Miocene ostracod fauna of the Upper Amazon Basin. *Revista Espanola de Micropaleontologia*, **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.
- Purper, I. (1979): Cenozoic Ostracods of the Upper Amazon Basin, Brazil. *Pesquisas*, **12**: 209-281.

- Radambrasil. (1977): Folha SB.19 Juruá: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. DNPM, Brasil, 436 pp.
- Ramos, M.I.F. (2006): Ostracods from the Neogene Solimoes 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.
- Shepard, L.M. & Bate, R.H. (1980): Plio-Pleistocene Ostracods from the Upper Amazon of Colombia and Peru. *Palaeontology*, **23**: 97-124.
- Shepard, G.E., Müller, R.D., Gurnis, M. (2010): Miocene drainage reversal of the Amazon River driven by plate-mantle interaction. *Nature Geoscience*, **3**, 870-875: 1-15.
- Silva-Caminha, S.A.F., Jaramillo, C.A. & Absy, M.L. (2010): Neogene palynology of the Solimoes Basin, Brazilian Amazonia. *Palaeontographica, Abteilung B: Palaeobotany – Palaeophytology*, **283**, 1–3: 1-67.
- Vermeij, G.J. & Wesseling, F.P. (2002): Neo-Gastropod mollusks from the Miocene of Western Amazonia, with comments on marine to fresh water transition on mollusks. *J. Paleontol.* **76**: 265-270.
- Vonhof, H. B., Wesselingh, F.B., Kaandorp, R.J., Davies, G.R, van Hinte, J.E., Guerrero, I., 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.
- 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.

- Wesselingh, F.B., Rasanen, M.E., Irion, G., Vonhof, H.B., Kaandorp, R.J., Renema, W., Romero-Pitman, L., Gingras, M. (2002): Lake Pebas: a palaeocological reconstruction of a Miocene, long-lived lake complex in western Amazonia. *Cainozoic Research* **1**: 35-81.
- Wesselingh, F.P., Hoorn, M.C., Guerrero, J., Räsänen, M. E., Romero Pittmann, L., Salo, J. (2006): 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. & Ramos M.I. F. (2010): Amazonian aquatic invertebrate faunas (Mollusca, Ostracoda) in their development over the past 30 million years. In: *Amazonia: Landscape and Species Evolution* (Hoorn, C. and Wesseling, F. eds.), Chapter **18**: 302-316.
- Whatley, R., Muñoz-Torres, F. & Harten, D. van. (1998): The Ostracoda of an isolated Neogene saline lake in the Western Amazon Basin. In: S. Crasquin-Soleau, Braccini, E. and Lethiers, F. (ed.). *What About Ostracoda!* Bulletin Centre Recherches Elf Exploration Production Mémoires, **20**: 231-245.
- Wouters, K. & Martens, K. (1992): Contribution to the knowledge of the tanganyikan cytheraceans, with the description of *Mesocyprideis* nom. nov., (Crustacea, Ostracoda). *Bulletin Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Biologie*, **62**: 159-166.
- Wouters, K. & Martens, K. (1994): Contribution to the knowledge of *Cyprideis* species flock (Crustacea, Ostracoda) of Tanganyika, with the description of three new species. *Bulletin Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Biologie*, **64**: 111-128.
- Wouters, K. & Martens, K. (2001): On the *Cyprideis* species flock (Crustacea, Ostracoda) in Lake Tanganyika, with the description of four new species. *Hydrobiologia*, **450**: 111-127.