



**UNIVERSIDADE BRASÍLIA - UnB**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA DE  
PALINOMORFOS E DE OSTRACODES DA FORMAÇÃO  
SOLIMÕES, NEÓGENO DA AMAZÔNIA, REGIÃO NORTE  
DO BRASIL: IMPLICAÇÕES BIOESTRATIGRÁFICAS**

Dissertação de Mestrado  
Nº 467

Pâmela Silveira Costa

Brasília-DF, 2020



**UNIVERSIDADE BRASÍLIA- UnB**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS-IG**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

Pâmela Silveira Costa

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA DE PALINOMORFOS E DE  
OSTRACODES DA FORMAÇÃO SOLIMÕES, NEÓGENO DA AMAZÔNIA, REGIÃO  
NORTE DO BRASIL: IMPLICAÇÕES BIOESTRATIGRÁFICAS**

Dissertação de Mestrado  
Nº 467

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Geologia.

Área de Concentração: Bioestratigrafia e Paleoecologia

**Orientador:**

Prof. Dr. Dermeval Aparecido do Carmo

**Comissão Examinadora**

Profa. Dra. Silane Aparecida Ferreira da Silva-Caminha - Membro Externo Titular - UFMT

Prof. Dr. Ricardo Lourenço Pinto - Membro Interno Titular - IG/UnB

Brasília-DF, 2020

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Meu muito obrigada pela concessão da bolsa de mestrado e pelo acesso ao importante Portal de Periódicos CAPES.

Meus sinceros agradecimentos também:

À Universidade de Brasília, ao Instituto de Geociências e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia;

*Ao Smithsonian Tropical Research Institute;*

À toda equipe e colegas do Laboratório de Micropaleontologia da Universidade de Brasília;

À minha família. Ao Juliano Barbosa Pretz pelo apoio, companheirismo desde o início, mas principalmente pelas conversas nos dias mais difíceis; ao nosso filhote Sebastião. Amo vocês!

Por fim, à banca examinadora, que contribuiu para o avanço e amadurecimento dessa dissertação de mestrado.

SC837a Silveira Costa, Pâmela  
ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA DE PALINOMORFOS E  
DE OSTRACODES DA FORMAÇÃO SOLIMÕES, NEÓGENO DA AMAZÔNIA,  
REGIÃO NORTE DO BRASIL: IMPLICAÇÕES BIOESTRATIGRÁFICAS /  
Pâmela Silveira Costa; orientador Dermeval Aparecido do  
Carmo. -- Brasília, 2020.  
99 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Geologia) --  
Universidade de Brasília, 2020.

1. Formação Solimões. 2. Mioceno. 3. Ostracodes. 4.  
Palinomorfos. 5. Bioestratigrafia. I. Aparecido do Carmo,  
Dermeval, orient. II. Título.

## RESUMO

Este estudo apresenta a revisão do arcabouço cronobioestratigráfico, bem como o refinamento bioestratigráfico da Formação Solimões, Neógeno da bacia do Solimões, a partir da integração de dados de espécies de palinórfos e de ostracodes provenientes da sondagem 1-AS-33-AM, Município de Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil. No que concerne aos palinórfos, seis biozonas foram reconhecidas: Biozona *Retipollenites crotonicolumellatus*, Andar Langhiano superior, Biozona *Crassoretitrites vanraadshoovenii sensu* Jaramillo *et al.* 2011, Andar Langhiano superior ao Serravalliano médio, Biozona *Fenestrites spinosus*, Andar Serravalliano médio ao Serravalliano superior, Biozona *Psilastephanoporites herngreenii*, Andar Serravalliano superior, Biozona *Psilastephanoporites tesseroporus*, Andar Serravalliano superior ao Tortoniano inferior e Biozona *Corsinipollenites oculusnoctis*, Andar Tortoniano inferior. A análise da distribuição de espécies de ostracodes permitiu reconhecer três biozonas: Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al.*, 2019, Andar Langhiano superior ao Serravalliano médio, Biozona *Cyprideis multiradiata*, Andar Serravalliano médio ao Tortoniano inferior e Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis sensu* Medeiros *et al.*, 2019, Andar Tortoniano inferior. A análise integrada da distribuição estratigráfica de espécies de palinórfos e de ostracodes permitiu ampliar significativamente o número de biozonas para a Formação Solimões, além de apresentar uma inovação na caracterização de unidades bioestratigráficas. Foram caracterizadas oito biozonas: Biozona *Retipollenites crotonicolumellatus – Cyprideis caraionae*, Andar Langhiano superior, Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al.*, 2019, Andar Langhiano superior ao Serravalliano médio, Biozona *Cyprideis simplex – Fenestrites spinosus*, Andar Serravalliano médio, Biozona *Fenestrites spinosus*, Andar Serravalliano médio ao Serravalliano superior, Biozona *Psilastephanoporites herngreenii*, Andar Serravalliano superior, Biozona *Psilastephanoporites herngreenii - Cyprideis multiradiata*, Andar Serravalliano superior ao Tortoniano inferior, Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis sensu* Medeiros *et al.* 2019, Andar Tortoniano inferior e Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis - Corsinipollenites oculusnoctis*, Andar Tortoniano inferior. Com base na análise realizada foi possível atribuir os estratos sedimentares ao intervalo cronoestratigráfico do Langhiano superior ao Tortoniano inferior.

**Palavras-chave:** Formação Solimões, Mioceno, ostracodes, palinórfos e bioestratigrafia.

## ABSTRACT

This study presents a review of the chronobiostratigraphic framework as well as the biostratigraphic refinement of the Solimões Formation, Neogen of the Solimões basin, based on the integration of data from species of palynomorphs and ostracods from the borehole 1-AS-33-AM at Atalaia do Norte City, Amazonas State, Brazil. With regard to palynomorphs, six biozones were recognized: *Retipollenites crotonicolumellatus* Biozone, upper Langhian Stage; *Crassoretitriletes vanraadshoovenii sensu* Jaramillo *et al.*, 2011 Biozone, upper Langhian Stage at the middle Serravallian; *Fenestrites spinosus* Biozone, middle Serravallian Stage at the upper Serravallian; *Psilastephanoporites herngreenii* Biozone, upper Serravallian Stage; *Psilastephanoporites tesseroporus* Biozone, upper Serravallian Stage at the lower Tortonian; and *Corsinipollenites oculusnoctis* Biozone, lower Stage. The analysis of distribution of ostracod species allowed the recognition of three biozones: *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al.*, 2019 Biozone, upper Langhian at the middle Serravallian; *Cyprideis multiradiata* Biozone, middle Serravallian Stage at the lower Tortonian; and *Cyprideis sulcosigmoidalis sensu* Medeiros *et al.*, 2019 Biozone, lower Tortonian Stage. The integrated analysis of stratigraphic distribution of species of palynomorphs and ostracods allowed a significantly increase in the number of biozones for the Solimões Formation, in addition to presenting an innovation in the characterization of biostratigraphic units. Eight biozones were characterized: *Retipollenites crotonicolumellatus-Cyprideis caraionae* Biozone, upper Langhian Stage; *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al.*, 2019 Biozone, upper Langhian Stage at the middle Serravallian; *Cyprideis simplex-Fenestrites spinosus* Biozone, middle Serravallian Stage; *Fenestrites spinosus* Biozone, middle Serravallian Stage at upper Serravallian; *Psilastephanoporites herngreenii* Biozone, upper Serravallian Stage; *Psilastephanoporites herngreenii-Cyprideis multiradiata* Biozone, upper Serravallian Stage at the lower Tortonian; *Cyprideis sulcosigmoidalis sensu* Medeiros *et al.*, 2019, lower Tortonian Stage; and *Cyprideis sulcosigmoidalis-Corsinipollenites oculusnoctis*, lower Tortonian Stage. Based on the analysis carried out, it was possible to attribute the sedimentary strata to the chronostratigraphic interval of the upper Langhian at the lower Tortonian.

**Keywords:** Solimões Formation, Miocene, ostracods, palynomorphs and biostratigraphy.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1	Objetivos específicos.....	2
1.2	Materiais e métodos de trabalho.....	2
1.3	Fundamentação teórica da bioestratigrafia.....	8
1.3.1	Estabelecimento de unidades bioestratigráficas.....	8
1.3.2	Principais modalidades de biozonas .....	9
<b>2</b>	<b>NEÓGENO DA BACIA DO SOLIMÕES</b> .....	<b>10</b>
2.1	Formação solimões.....	11
<b>3</b>	<b>PALINOLOGIA DA FORMAÇÃO SOLIMÕES E DEPÓSITOS COEVOS</b> .....	<b>14</b>
3.1	Arcabouços cronobioestratigráficos: tipo proposição .....	14
3.2	Arcabouços cronobioestratigráficos: tipo misto.....	16
3.3	Arcabouços cronobioestratigráficos: tipo correlação .....	17
3.4	Discussão a respeito dos arcabouços cronobioestratigráficos.....	20
<b>4.</b>	<b>OSTRACODES DA FORMAÇÃO SOLIMÕES E DEPÓSITOS COEVOS</b> .....	<b>21</b>
4.1	Discussão a respeito dos arcabouços cronobioestratigráficos .....	24
<b>5</b>	<b>MOLUSCOS DO NEÓGENO NA AMAZÔNIA</b> .....	<b>24</b>
5.1	Discussão a respeito do arcabouço cronobioestratigráfico .....	24
<b>6</b>	<b>ANÁLISE DOS DADOS BIOESTRATIGRÁFICOS DA SONDAEM 1-AS-33-AM</b> .....	<b>25</b>
6.1	Análise da distribuição estratigráfica de palinomorfos .....	25
6.2	Análise da distribuição estratigráfica de ostracodes .....	30
<b>7</b>	<b>ENSAIO DE ZONEAMENTO BIOESTRATIGRÁFICO INTEGRADO LOCAL DE PALINOMORFOS E OSTRACODES DA SONDAEM 1-AS-33-AM</b> .....	<b>33</b>
7.1	Biozonas com base em palinomorfos .....	35
7.2	Biozonas com base em ostracodes .....	42
7.3	Biozonamento integrado com palinomorfos e ostracodes .....	45
<b>8</b>	<b>ARCABOUÇO CRONOBIOESTRATIGRÁFICO</b> .....	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>52</b>
<b>10.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>53</b>
<b>12.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>61</b>
	Anexo 1 – .....	62
	Anexo 2 – .....	91
	Anexo 3 – .....	92
	Anexo 4 – .....	93

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1-** Mapa de localização da sondagem 1-AS-33-AM (S 05°15'/W 71°33') realizada no Distrito Canamã, Município de Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Figura 2-** Numeração atribuída às amostras processadas por Leite *et al.*, (2016; 2020) e Medeiros *et al.*, (2019) provenientes do poço 1-AS-33-AM.

**Figura 3-** Lista das espécies recuperadas na sondagem 1-AS-33-AM por Leite *et al.*, (2016; 2020) e Medeiros *et al.*, (2019).

**Figura 4-** Lista das espécies de grãos de pólen recuperadas na sondagem 1-AS-33-AM por Leite *et al.*, (2016; 2020).

**Figura 5-** Perfil litoestratigráfico da sondagem 1-AS-33-AM, Município de Atalaia do Norte, Estado do Amazonas (Modificado de Leite *et al.*, 2016; 2020 e Medeiros *et al.*, 2019). Obs.: As descrições litológicas das seções foram retiradas dos dados originais do Projeto Carvão no Alto Solimões (Maia *et al.*, 1977).

**Figura 6-** Principais tipos de biozonas. **A**= biozona de abundância; **B**= biozona de intervalo diferencial inferior; **C**= biozona de intervalo diferencial superior; **D**= biozona de associação; **E**= biozona de amplitude; **F**= biozona de coincidência e **G**= biozona de linhagem.

**Figura 7-** Coluna estratigráfica da Formação Solimões, bacia do Solimões (Modificada de Wanderley Filho *et al.*, 2007). Legenda: **ZP** = Biozonas com espécies de palinórfos (Hoorn, 1993); **ZM** = Biozonas com espécies de moluscos (Wesselingh *et al.*, 2006); **ZO** = Biozonas com espécies de ostracodes (Medeiros *et al.*, 2019).

**Figura 8-** Biozoneamentos com base em espécies de palinórfos para o Neógeno da Amazônia.

**Figura 9** - Biozoneamento proposto por Muñoz-Torres *et al.*, (2006) utilizando o gênero de ostracodes *Cyprideis*.

**Figura 10** - Amplitude estratigráfica de espécies selecionadas da sondagem 1-AS-33-AM e biozonas estabelecidas com base em palinórfos e ostracodes.

**Figura 11**– Arcabouço cronobioestratigráfico proposto no presente trabalho comparado com os já propostos para a sondagem 1-AS-33-AM.

**Figura 12**– Arcabouço cronobioestratigráfico da sondagem 1-AS-33-AM proposto no presente trabalho comparado com os arcabouços cronobioestratigráficos propostos por Hoorn (1993), Wesselingh *et al.* (2006) e Wesselingh & Ramos (2010).



## 1 INTRODUÇÃO

A presente dissertação tem como objetivo apresentar uma revisão do arcabouço cronobioestratigráfico do Neógeno da bacia do Solimões com intuito de promover a integração de dados a respeito da distribuição estratigráfica de palinórfos e ostracodes recuperados a partir da sondagem 1-AS-33-AM. Este objetivo visa contribuir para um refinamento bioestratigráfico do Neógeno da Amazônia do Brasil.

Essa abordagem integradora da análise da distribuição estratigráfica de espécies de palinórfos e ostracodes da sondagem anteriormente citada, baseia-se em dados de estudos prévios desenvolvidos com a Formação Solimões na sondagem 1-AS-33-AM (e.g. Leite, 2006; Leite *et al.*, 2016; Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019; Leite *et al.*, 2020). Leite *et al.* (2016; 2020) apresentam detalhado estudo de correlação bioestratigráfica utilizando espécies de palinórfos. Medeiros *et al.* (2019) apresentam uma nova proposta de arcabouço bioestratigráfico utilizando espécies de ostracodes. Além da análise bioestratigráfica, esses trabalhos apresentam extensos estudos de taxonomia e paleoecologia.

A Formação Solimões compreende uma ampla unidade litoestratigráfica depositada durante o Neógeno, estendendo-se em território brasileiro nas bacias do Solimões e do Acre. Mudanças paleoambientais significativas ocorreram na região, principalmente, em função da tectônica na margem andina, ao noroeste da plataforma (Maia *et al.*, 1977). A principal mudança ao longo do desenvolvimento do sistema amazônico ocorreu no Mesomioceno–Neomioceno, com a inversão da direção de fluxo do sistema fluvial do Paleo-Amazonas e do Paleo-Solimões que passaram a drenar para o oceano Atlântico e a presença de incursões marinhas (Hoorn *et al.*, 1995, 2010; Shephard *et al.*, 2010; Soares Junior *et al.*, 2011).

No Brasil, dados micropaleontológicos foram utilizados para estimar a idade relativa de deposição da Formação Solimões a partir de biozoneamentos propostos em países vizinhos, como Venezuela e Colômbia (e.g. Lorente, 1986; Jaramillo *et al.*, 2011). Dentre os microfósseis, destacam-se os palinórfos (Hoorn, 1993; Latrubesse *et al.*, 2007; Silva-Caminha *et al.*, 2010; Kachniasz & Silva-Caminha, 2016; Leite *et al.*, 2016; Silveira & Souza, 2017; Linhares *et al.*, 2019; Kern *et al.*, 2020; Leite *et al.*, 2020) e ostracodes (Munõz-Torres *et al.*, 1998, Wesselingh & Ramos, 2010; Linhares *et al.*, 2019; Medeiros *et al.*, 2019; Kern *et al.*, 2020) com os seus depósitos sedimentares atribuídos a distintos intervalos do Neógeno.

Respostas paleoambientais com dados adquiridos através de estudos geoquímicos e paleontológicos ainda apresentam resultados contraditórios, principalmente no que tange a

abrangência e duração de incursões marinhas ocorridas durante o Mioceno (Westaway, 2006). A dificuldade de datação direta de sedimentos é um dos motivos que implicam nesta controvérsia paleoambiental (Hoorn, 1993, 1995; Whatley *et al.*, 1998; Leite, 2006; Latrubesse *et al.*, 2010). Na Formação Solimões as informações sobre idade e paleoambiente ainda carecem de detalhamento ao considerar a evolução paleoambiental da extensa área e a descontinuidade do registro bioestratigráfico (Kachniasz & Silva-Caminha, 2016; Kern *et al.*, 2020).

### **1.1 Objetivos específicos**

A partir da análise da distribuição estratigráfica de espécies de palinomorfos e de ostracodes reportadas por Leite *et al.* (2017, 2020) e Medeiros *et al.* (2019) para a Formação Solimões, a presente dissertação tem três objetivos específicos:

- i. Produzir o estado da arte das unidades bioestratigráficas da Formação Solimões com intuito de avaliar a consistência de arcabouços cronobioestratigráficos em face à adequação destes ao Código Internacional de Estratigrafia;
- ii. Analisar a distribuição estratigráfica das espécies citadas em publicações científicas de diferentes grupos de fósseis, bem como a bioestratigrafia destes;
- iii. Apresentar ensaio de zoneamento bioestratigráfico local fundamentado na integração dos dados paleontológicos e geocronológicos previamente publicados;

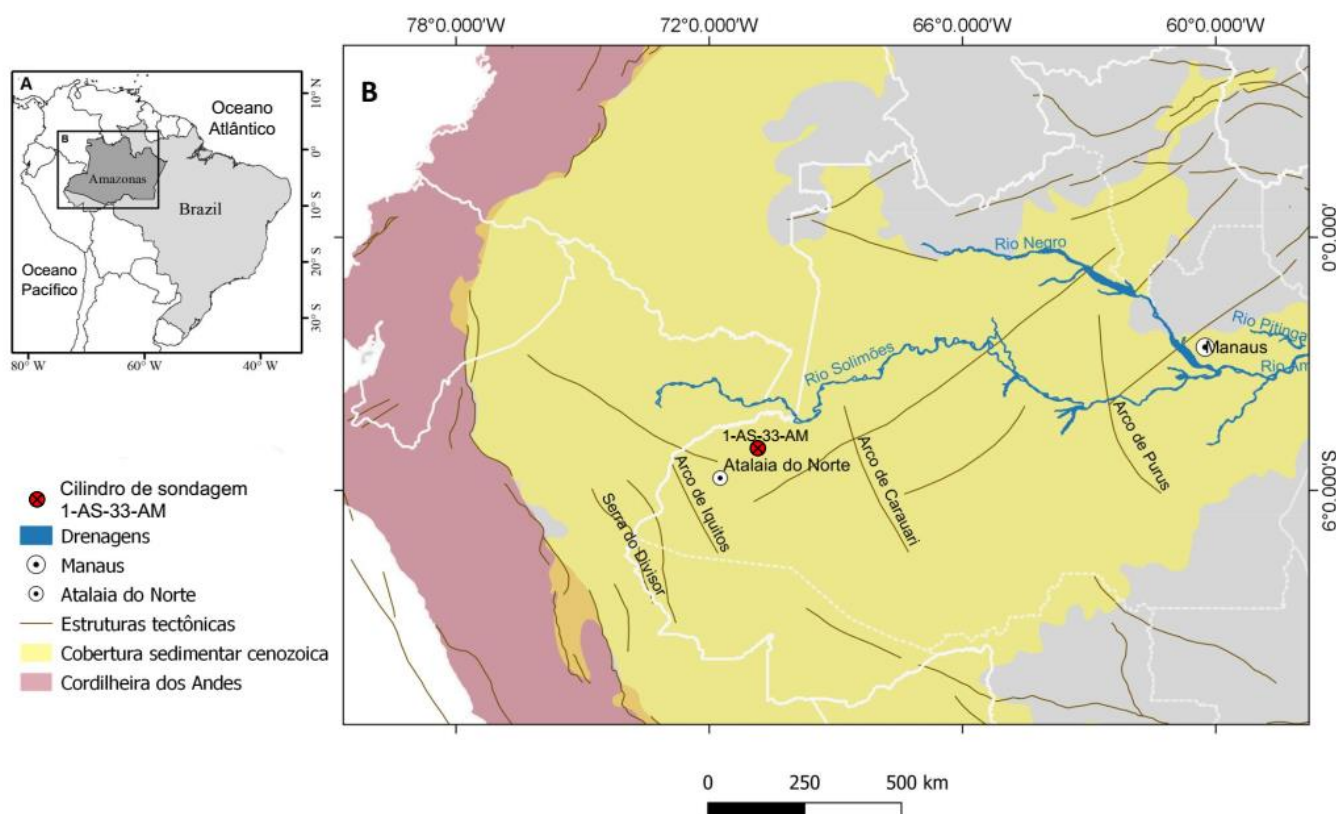
### **1.2 Materiais e métodos de trabalho**

Este trabalho consiste em uma análise detalhada da distribuição estratigráfica de microfósseis e integração de dados micropaleontológicos, utilizando dados científicos publicados por Leite *et al.*, (2016; 2020), Medeiros (2017) e Medeiros *et al.*, (2019). Os dados analisados são provenientes da sondagem 1-AS-33-AM, constituindo um intervalo sedimentar com 367,10 m de espessura.

A sondagem 1-AS-33-AM (S 05°15' / W 71°33'), pertencente ao Projeto “Carvão no Alto Solimões (Maia *et al.*, 1977) foi executada em 1976, no Distrito de Canamã, Município de Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil (Fig. 1), pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM), em parceria com o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM).

Para a integração dos dados, foi também realizado um levantamento das amostras processadas (Fig. 2), a partir da consulta no sistema de curadoria do Laboratório de Micropaleontologia da Universidade de Brasília (LabMicro/UnB). Somam-se 199 amostras processadas e analisadas pelos autores supracitados, onde 74 amostras foram analisadas com ênfase em palinomorfos e 199 com ênfase em microfósseis mineralizados (ostracodes e foraminíferos). Do total de 74 amostras analisadas para palinologia, 32 níveis se mostraram férteis para palinomorfos (Leite *et al.*, 2016; Leite *et*

al.,2020). Do total de 199 analisadas para microfósseis carbonáticos, 18 níveis se mostraram férteis (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).



**Figura 1-** Mapa de localização da sondagem 1-AS-33-AM (S 05°15'/W 71°33') realizada no Distrito Canamá, Município de Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

O resultado da análise palinológica da sondagem 1-AS-33-AM que abrange a Formação Solimões apresenta um total de 152 espécies de palinomorfos, correspondentes a uma espécie de clorofícea, uma de alga dinofícea, 13 espécies de esporos e 137 espécies de grãos de pólen. Adicionalmente, esporos de fungos foram registrados, embora não tenham sido quantificados (Leite *et al.*, 2016; 2020). O resultado do estudo de microfósseis carbonáticos consistiu na identificação de doze espécies de ostracodes e dois níveis de ocorrência de foraminíferos e microgastrópodes, embora esses últimos não tenham sido quantificados (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).

Todos os níveis estratigráficos da sondagem 1-AS-33-AM com recuperação micropaleontológica têm o conteúdo fóssilífero listado (Figs 3 e 4; Anexo 1) e entre parênteses, encontra-se dado de abundância das espécies (Anexo 1). O nível estratigráfico que corresponde a 99,80 m, foi o único com identificação de espécies para ambos os grupos, ou seja, palinomorfos e ostracodes (Fig. 5). O método bioestratigráfico utilizado neste trabalho, que consiste em um ensaio local, segue o Código Internacional de Estratigrafia (Petri *et al.*, 1986; Salvador *et al.*, 1994). Para a caracterização das biozonas, foi utilizada a análise qualitativa de distribuição de espécies de palinomorfos e de

ostracodes (Anexo 2) com foco no refinamento do biozoneamento e da cronoestratigrafia. No Anexo 3 e 4 são apresentados dados de abundância das espécies.

Amostras Processadas									
MP -	Intervalo	MP -	Intervalo	MP -	Intervalo	MP -	Intervalo	MP -	Intervalo
2368	404,8m	2409	322,2m	2450	240-240,1m	2491	173,15m	2532	87,6m
2369	404,2m	2410	320,25m	2451	239,9m	2492	169,05m	2533	85,1m
2370	403,5m	2411	318,5m	2452	238,33m	2493	167m	2534	82,1m
2371	401m	2412	312,35m	2453	237,9m	2494	159,75m	2535	80,4m
2372	399,2m	2413	308,65m	2454	237,4m	2495	158,2m	2536	80,1m
2373	399,1m	2414	304,45m	2455	234,2m	2496	157,87-157,97m	2537	79,4m
2374	396,6m	2415	302,2m	2456	232,18m	2497	157,87-157,97m	2538	77,1m
2375	393,55m	2416	300m	2457	231,1m	2498	157,35m	2539	75-75,1m
2376	391m	2417	299,05-299,15m	2458	227,9m	2499	156,8m	2540	72,3m
2377	390,35m	2418	299m	2459	225,2m	2500	155m	2541	68,9m
2378	387,5m	2419	295,8m	2460	223m	2501	154,7m	2542	60-60,1m
2379	386,6m	2420	294,75m	2461	222m	2502	151,6m	2543	59,45m
2380	384,7m	2421	292,1m	2462	219,25m	2503	149,4m	2544	59,15m
2381	384,4m	2422	290,05m	2463	217,5m	2504	148,58m	2545	57,7m
2382	382,4m	2423	288,95m	2464	216,3m	2505	147,4m	2546	57m
2383	377,25m	2424	287,35m	2465	213m	2506	146m	2547	55m
2384	374,2m	2425	285,8m	2466	212,65m	2507	145m	2548	51,95m
2385	372,1m	2426	284,1m	2467	212,05m	2508	139,4m	2549	49,2m
2386	371,15m	2427	282,55m	2468	210-210,1m	2509	137m	2550	47,9m
2387	368m	2428	282,55m	2469	208,75m	2510	136,35m	2551	46,8m
2388	359,8m	2429	279,2m	2470	207,7m	2511	133,3m	2552	45,25m
2389	357,5m	2430	278,7m	2471	204,75m	2512	131,5m	2553	45-45,1m
2390	356,35m	2431	276,7m	2472	203,5m	2513	121,3m	2554	38,9m
2391	355m	2432	272,55m	2473	203,15m	2514	120-120,1m	2555	35,7m
2392	351,4m	2433	272,5m	2474	202,75m	2515	120-?121,5m	2556	32m
2393	350,5m	2434	267,4m	2475	200,9m	2516	118,8m	2557	29,6m
2394	346,8m	2435	264,5m	2476	200,4m	2517	118,1m	2558	15-15,1m
2395	345,2m	2436	263,7m	2477	199,6m	2518	114,9m	2559	13m
2396	344,8m	2437	262m	2478	199,5m	2519	114,8m	2560	10m
2397	344,2-344,3m	2438	261,7m	2479	198,5m	2520	111,95m	2561	8,9m
2398	343,9m	2439	260,05m	2480	194,45m	2521	110,3m	2562	6,8m
2399	339,3m	2440	257,3m	2481	193,5m	2522	106,65m	2563	4,3m
2400	337,4m	2441	255-255,1m	2482	193,05m	2523	105,5-115m	2564	3,1m
2401	336,8m	2442	251,8m	2483	191,4m	2524	99,8m	2565	1m
2402	333,66m	2443	249,8m	2484	190,7m	2525	97,7m	2566	0,45m
2403	330,6m	2444	248,8m	2485	189m	2526	94,95m	<b>Legenda</b> Palinomorfos Microfósseis carbonáticos	
2404	329,25m	2445	244,25m	2486	187,5-187,9m	2527	93,77		
2405	326,25m	2446	243,35m	2487	185,5m	2528	92,5m		
2406	325,4m	2447	242,8m	2488	184,6m	2529	90m		
2407	325,4m	2448	241,9m	2489	182,2m	2530	89,05m		
2408	324,4m	2449	240,49m	2490	181,17-181,27m	2531	88,85m		

**Figura 2-** Numeração atribuída às amostras processadas por Leite *et al.*, (2016; 2020) e Medeiros *et al.*, (2019) provenientes do poço 1-AS-33-AM, Distrito Canamã, Município de Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

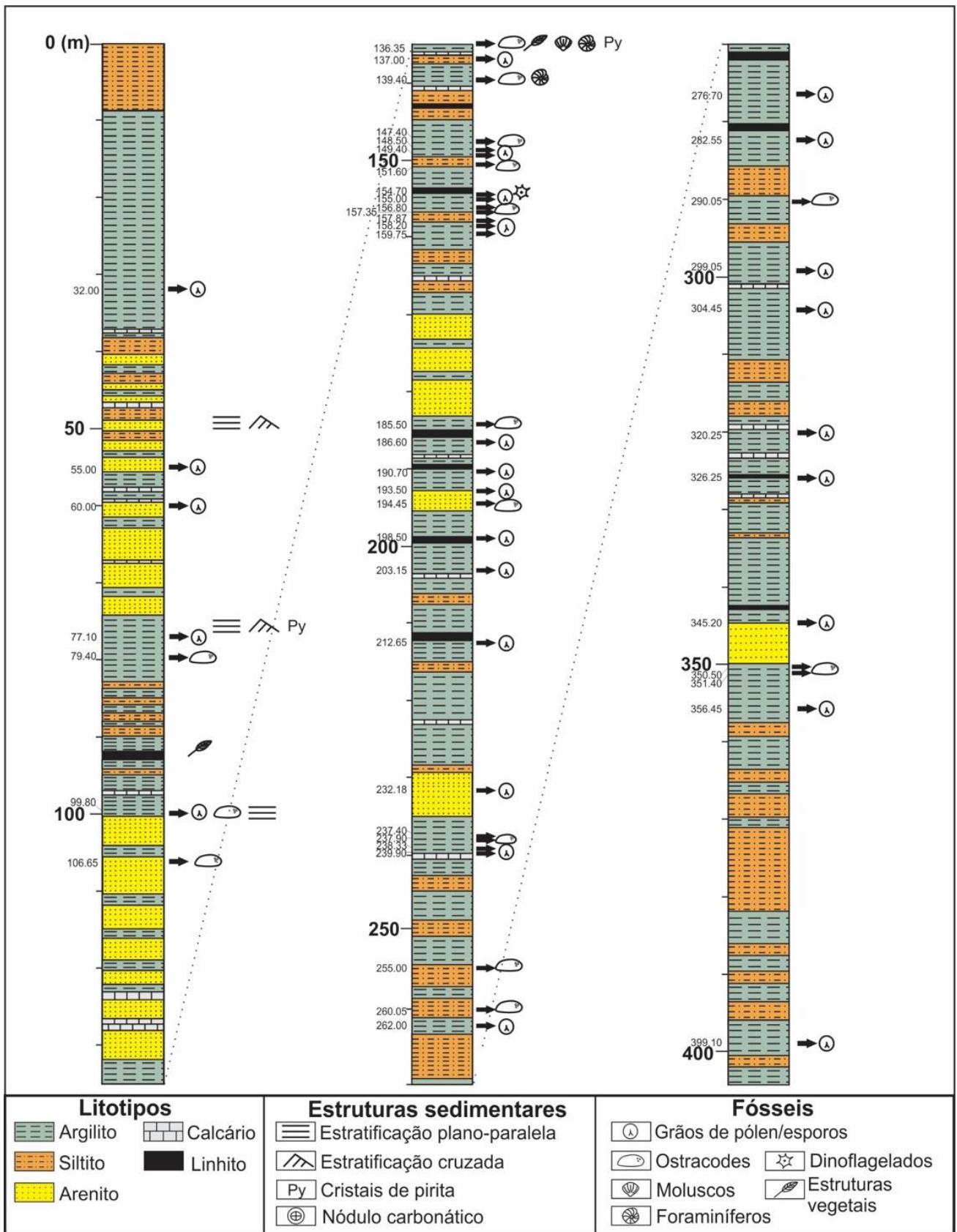


<b>ALGAE</b>
<i>Cisto de dinoflagelado</i>
<i>Pediastrum sp.</i>
<b>ESPOROS</b>
<i>Calliasporites sp.</i> (RW)
<i>Cicatricosporites decussatus</i> Jaramillo & Dilcher, 2001 (RW)
<i>Crassorettriletes vanraadshoovenii</i> Germeraad <i>et al.</i> , 1968
<i>Echitriletes muelleri</i> Regali <i>et al.</i> , 1974
<i>Laevigatosporites spp.</i>
<i>Magnastriatites grandiosus</i> (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980
<i>Nijssenosporites fossulatus</i> Lorente, 1986
<i>Polypodiaceosporites sp.</i>
<i>Polypodiisporites spp.</i>
<i>Psilatrilletes sp.</i> 25-50um
<i>Retitriletes altimuratus</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010
<i>Verrucatotrilletes bullatus</i> Van Hoeken-Klinkenberg 1964
<b>OSTRACODES</b>
<i>Alicenula olivencae</i> (Purper, 1984)
<i>Cyprideis aff. amazonica</i> Purper, 1979
<i>Cyprideis aff. Graciosa</i> (Purper, 1979)
<i>Cyprideis caraionae</i> Purper & Pinto, 1984
<i>Cyprideis inversa</i> (Purper & Pinto, 1983)
<i>Cyprideis machadoi</i> (Purper, 1979)
<i>Cyprideis multiradiata</i> (Purper, 1979)
<i>Cyprideis pebasae</i> (Purper, 1979)
<i>Cyprideis simplex</i> (Sheppard & Bate, 1980)
<i>Cyprideis sulcosigmoidalis</i> (Purper, 1979)
<i>Perissocytheridae sp. sensu</i> Purper, 1977
<i>Rhadinocytherura amazonensis</i> Sheppard & Bate, 1980
<b>Foraminíferos sp.</b>

**Figura 3-** Lista das espécies recuperadas na sondagem 1-AS-33-AM por Leite *et al.*, (2016; 2020) e Medeiros *et al.*, (2019).

GRÃOS DE PÓLEN	
Angiosperma indeterminada	<i>Psiladiporites minimus</i> Van der Hammen & Wijnstra, 1964
<i>Bombacacidites araracuarensis</i> Hoom, 1994	<i>Psilamonocolpites amazonicus</i> Hoom, 1993
<i>Bombacacidites baculatus</i> Muller <i>et al.</i> , 1987	<i>Psilamonocolpites grandis</i> (Van der Hammen, 1954) Van der Hammen & Garcia, 1965
<i>Bombacacidites brevis</i> (Dueñas, 1980) Muller <i>et al.</i> , 1987	<i>Psilamonocolpites medius</i> Van der Hammen & Garcia de Mutis, 1965
<i>Bombacacidites nacimientoensis</i> (Anderson, 1960) Elsik, 1968	<i>Psilaperiporites delicatus</i> Leite <i>et al.</i> , 2020
<i>Cichoreacidites "cristatus" (nomen nudum)</i>	<i>Psilastephanocolporites deoliverae</i> Leite <i>et al.</i> , 2020
<i>Cichoreacidites "pedestalis" (nomen nudum)</i>	<i>Psilastephanocolporites endoporatus</i> Leite <i>et al.</i> , 2020
<i>Cichoreacidites longispinosus</i> (Lorente 1986) Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010	<i>Psilastephanocolporites marinamensis</i> Hoom, 1994
<i>Cichoreacidites? flammulatus</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Psilastephanocolporites</i> sp.
<i>Clavainaperturites clavatus</i> Van der Hammen & Wijnstra, 1964	<i>Psilastephanoporites hergreenii</i> Hoom 1993
<i>Corsinipollenites oculusnoctis</i> (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965	<i>Psilastephanoporites tesseroporus</i> Regali <i>et al.</i> , 1974
<i>Costaticolporites reticulatus</i> Wijnstra, 1971	<i>Psilatricolpites minutus</i> Gonzalez-Guzmán, 1967
<i>Crassicoapertites columbianus</i> (Dueñas, 1980) Lorente, 1986	<i>Psilatricolporites labiatus</i> Hoom, 1993
<i>Crotoideaepollenites reticulatus</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010	<i>Psilatricolporites</i> sp.
<i>Crotonoideaepollenites "classicus" (nomen nudum)</i>	<i>Psilatricolporites vanus</i> González-Guzmán, 1967
<i>Crotonoideaepollenites echinatus</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Ranunculacidites operculatus</i> (Van der Hammen & Wijnstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001
<i>Ctenophonidites suigeneris</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010	<i>Retibrevitricolpites cf. R. catatumbus</i> Gonzalez-Guzmán, 1967
<i>Echidiporites barbeitoensis</i> Muller <i>et al.</i> , 1987	<i>Retibrevitricolpites microreticulatus</i> Leite <i>et al.</i> , 2020
<i>Echiperiporites akanthos</i> Van der Hammen and Wijnstra, 1964	<i>Retibrevitricolporites cf. R. grandis</i> Jaramillo & Dilcher, 2001
<i>Echiperiporites estelae</i> Gemeraad <i>et al.</i> , 1968	<i>Retibrevitricolporites costaporus</i> Leite <i>et al.</i> , 2020
<i>Echiperiporites gemeraadii</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Retibrevitricolporites? toigoae</i> Leite <i>et al.</i> , 2020
<i>Echiperiporites intactatus</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010	<i>Retimonocolpites maximus</i> Hoom, 1993
<i>Echiperiporites jaramilloi</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Retipollenites crotonicolumellatus</i> Jaramillo <i>et al.</i> , 2011
<i>Echiperiporites jutaiensis</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010	<i>Retipollenites solimoensis</i> Leite <i>et al.</i> , 2020
<i>Echiperiporites lophatus</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010	<i>Retistephanocolporites "irregularis" (nomen nudum)</i>
<i>Echitricolpites "romeroi" (nomen nudum)</i>	<i>Retistephanocolporites elizabetae</i> Leite <i>et al.</i> , 2020
<i>Echitricolpites cruziae</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Retistephanoporites cf. R. angelicus</i> Gonzalez-Guzmán, 1967
<i>Echitricolporites "microechinatus" (nomen nudum)</i>	<i>Retistephanoporites crassiannulatus</i> Lorente, 1986
<i>Echitricolporites mneillyi</i> Gemeraad <i>et al.</i> , 1968	<i>Retitrescolpites magnus</i> (Gonzalez-Guzmán, 1967) Jaramillo & Dilcher, 2001
<i>Echitricolporites</i> sp.	<i>Retitrescolpites? irregularis</i> (Van der Hammen & Wijnstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001
<i>Echitricolporites spinosus</i> Van der Hammen, 1956	<i>Retitricolpites conciliatus</i> Gonzalez-Guzmán, 1967
<i>Echitricolporites cricoporatiiformis</i> Jaramillo <i>et al.</i> , 2011	<i>Retitricolpites florentinus</i> Gonzalez-Guzmán, 1967
<i>Fenestrites spinosus</i> Van der Hammen, 1956	<i>Retitricolpites perforatus</i> Gonzalez-Guzmán, 1967
<i>Foveomonocolpites "lili" (nomen nudum)</i>	<i>Retitricolpites simplex</i> González-Guzmán, 1967
<i>Foveotricolporites caldensis</i> Gonzalez-Guzmán, 1967	<i>Retitricolpites wijningae</i> Hoom, 1994
<i>Foveotricolporites crassus</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Retitricolporites "heterobrochatus" (nomen nudum)</i>
<i>Foveotricolporites</i> sp.	<i>Retitricolporites ellipticus</i> Van Hoeken-Klinkenberg, 1964
<i>Glencopollis curvimuratus</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010	<i>Retitricolporites finitus</i> Gonzalez-Guzmán, 1967
<i>Gomphrenipollis garciae</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Retitricolporites guianensis</i> Van der Hammen & Wijnstra, 1964
<i>Grimsdalea magnaclavata</i> Gemeraad, Hopping & Muller, 1968	<i>Retitricolporites hispidus</i> Van der Hammen & Wijnstra, 1964
<i>Heterocolpites incomptus</i> (Van der Hammen, 1956) Hoom, 1993	<i>Retitricolporites kaarsii</i> Hoom, 1993
<i>Ilexpollenites</i> sp.	<i>Retitricolporites magnus</i> Gonzalez-Guzmán, 1967
<i>Inaperturopollenites</i> spp.	<i>Retitricolporites perpusillus</i> Regali <i>et al.</i> , 1974
<i>Jandoufouria scamrogiformis</i> Gemeraad <i>et al.</i> , 1968	<i>Retitricolporites</i> sp.1
<i>Ladakhipollenites caribbiensis</i> (Muller <i>et al.</i> , 1987) Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010	<i>Retitricolporites</i> sp.2
<i>Ladakhipollenites carmoi</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Retitricolporites</i> sp.3
<i>Longapertites "heterobrochatus" (nomen nudum)</i>	<i>Retitricolporites squarrosus</i> Van der Hammen & Wijnstra, 1964
<i>Malvacipollis "tenuixinatus" (nomen nudum)</i>	<i>Retitricolporites ticunorum</i> Hoom, 1993
<i>Malvacipollis echibaculatus</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Retitricolporites crassoreticulatus</i> Leite <i>et al.</i> , 2020
<i>Malvacipollis maristellae</i> (Muller <i>et al.</i> , 1987) Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010	<i>Retitricolporites dubiosus</i> Gonzalez-Guzmán, 1967
<i>Margocolporites "annulatus" (nomen nudum)</i>	<i>Retitricolporites rotundus</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010
<i>Margocolporites carinae</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Retitricolporites "delicatus" (nomen nudum)</i>
<i>Margocolporites vanwijhei</i> Gemeraad <i>et al.</i> , 1968	<i>Rubipollis mulleri</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010
<i>Mauritidites franciscoi</i> (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964	<i>Rugotricolporites arcus</i> Hoom, 1993
<i>Monoporopollenites annulatus</i> (Van der Hammen 1954) Jaramillo & Dilcher 2001	<i>Scabratricolpites tibialis</i> Gonzalez, 1967
<i>Monoporopollenites scabratus</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Scabratricolporites planetensis</i> Dueñas, 1980
<i>Multiaerolites formosus</i> (Van Der Hammen 1956) Gemeraad <i>et al.</i> , 1968	<i>Siltaria dilcheri</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010
<i>Multimarginites vanderhammenii</i> Gemeraad <i>et al.</i> , 1968	<i>Siltaria media</i> (González-Guzmán, 1967) Jaramillo & Dilcher, 2001
<i>Myrtacidites</i> spp.	<i>Spirosyncolpites spiralis</i> González-Guzmán, 1967
<i>Paleosantalaceaepites cingulatus</i> Jaramillo <i>et al.</i> , 2010	<i>Stephanocolpites costatus</i> Van der Hammen, 1954
<i>Parkiidites marileae</i> Leite <i>et al.</i> , 2020	<i>Striasyncolporites anastomosus</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010
<i>Parsonidites brenacii</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010	<i>Striatopollis catatumbus</i> González-Guzmán, 1967
<i>Perforitricolpites digitatus</i> González-Guzmán, 1967	<i>Striatricolporites digitatus</i> Jaramillo & Dilcher, 2001
<i>Perisyncolporites pokomyi</i> Gemeraad <i>et al.</i> , 1968	<i>Striatricolporites poloreticulatus?</i> Silva-Caminha <i>et al.</i> , 2010
<i>Podocarpidites</i> sp.	<i>Striatricolporites tenuissimus</i> Dueñas, 1980
<i>Polyadopollenites macroreticulatus</i> Salard-Cheboldaeff, 1974	<i>Syncolporites incomptus</i> Van Hoeken-Klinkenberg, 1964
<i>Polyadopollenites mariae</i> Dueñas, 1980	<i>Tetracolporopollenites transversalis</i> (Duenäs, 1980) Jaramillo & Dilcher, 2001
<i>Proteacidites triangulatus</i> Lorente, 1986	<i>Verrutricolporites</i> sp.
<i>Proxapertites minutus</i> Dueñas, 1980	<i>Zonocostites</i> sp.
<i>Proxapertites tertiaria</i> Van der Hammen & Garcia de Mutis, 1966	

Figura 4- Lista das espécies de grãos de pólen recuperadas na sondagem 1-AS-33-AM por Leite *et al.*, (2016; 2020).



**Figura 5-** Perfil litostratigráfico da sondagem 1-AS-33-AM, Município de Atalaia do Norte, Estado do Amazonas (Modificada de Leite *et al.*, 2016; 2020 e Medeiros *et al.*, 2019). Obs.: As descrições litológicas das seções foram retiradas dos dados originais do Projeto Carvão no Alto Solimões (Maia *et al.*, 1977).

### **1.3 Fundamentação teórica da bioestratigrafia**

A classificação estratigráfica abrange todas as rochas da crosta da Terra dividindo sistematicamente os corpos rochosos em unidades, a partir de suas propriedades intrínsecas e tangíveis. Segundo o “International Stratigraphic Guide”, destacam-se seis unidades estratigráficas formais: litoestratigráficas, delimitadas por inconformidades, bioestratigráficas, polaridade magnetoestratigráfica, cronoestratigráficas e geocronológicas. Destas, apenas a última listada representa unidades imateriais relacionadas ao tempo geológico. As demais são consideradas unidades materiais baseadas em características físicas das rochas (Salvador *et al.* 1994; Murphy & Salvador 1999).

As unidades geocronológicas estão intimamente relacionadas às unidades cronoestratigráficas, que incluem todas as rochas formadas durante um determinado intervalo de tempo. Dado isso, tem-se a distinção entre unidades cronoestratigráficas, que são constituídas pelo registro geológico e hierarquizadas em cinco categorias: Eonotema, Eratema, Sistema, Série e Andar. Essas categorias são equivalentes às unidades geocronológicas (Éon, Era, Período, Época e Idade, respectivamente) (Salvador *et al.*, 1994). Arcabouços bioestratigráficos associados as unidades cronoestratigráficas permitem datações relativas e, em alguns casos, datações absolutas dos estratos sedimentares. A integração das unidades bioestratigráficas e cronoestratigráficas com as geocronológicas possibilita o estabelecimento de idades absolutas para os fósseis-índices.

#### **1.3.1 Estabelecimento de unidades bioestratigráficas**

O estudo da bioestratigrafia objetiva a caracterização das camadas sedimentares em unidades bioestratigráficas, denominadas biozonas. As biozonas são caracterizadas e definidas pelo conteúdo fóssilífero dos corpos rochosos, que permite diferenciá-lo dos estratos sobrejacentes e subjacentes. Os limites de uma biozona, denominados de horizontes bioestratigráficos, são definidos com base em eventos biológicos reconhecidos no registro fóssilífero, relacionados às mudanças significativas na assemblagem fóssilífera (Petri *et al.*, 1986; Salvador *et al.* 1994; NACSN, 2005).

Os eventos biológicos, como, por exemplo, surgimento e extinção de espécies, devem ser rastreáveis fora das áreas em que foram definidos ou das seções de referência. Este rastreamento é permitido através da correlação bioestratigráfica, que busca estabelecer equivalência entre bio-horizontes separados geograficamente. Vale ressaltar que a correlação bioestratigráfica não é necessariamente correlata em tempo, já que um mesmo evento biológico pode ter ocorrido de forma gradativa, atingindo locais em tempos diferentes. Esta variação lateral e temporal de uma superfície estratigráfica é denominada diacronismo (Carvalho, 2011). O diacronismo nem sempre é facilmente



reconhecido, visto que exige um conhecimento amplo do arcabouço bioestratigráfico e dos estudos de correlação bioestratigráfica, de geocronologia e entre outros.

Considerando as determinações estabelecidas nos códigos de nomenclatura estratigráfica, os procedimentos para o estabelecimento de unidades bioestratigráficas incluem o nome da biozona, a definição da modalidade de biozona, a caracterização detalhada da assemblagem, estratotipo, atribuição cronoestratigráfica, discussão e publicação em periódico científico (Salvador *et al.*, 1994). Recomenda-se que a definição ou caracterização de uma unidade bioestratigráfica inclua a designação de uma, ou mais seções de referência específicas que revelam o contexto estratigráfico do táxon, ou taxons diagnósticos da unidade. A publicação de nomes de espécies fósseis utilizadas em unidades bioestratigráficas deve seguir as regras do *International Code of Zoological Nomenclature* ou o *International Code of Botanical Nomenclature* (Salvador *et al.*, 1994; Murphy & Salvador 1999).

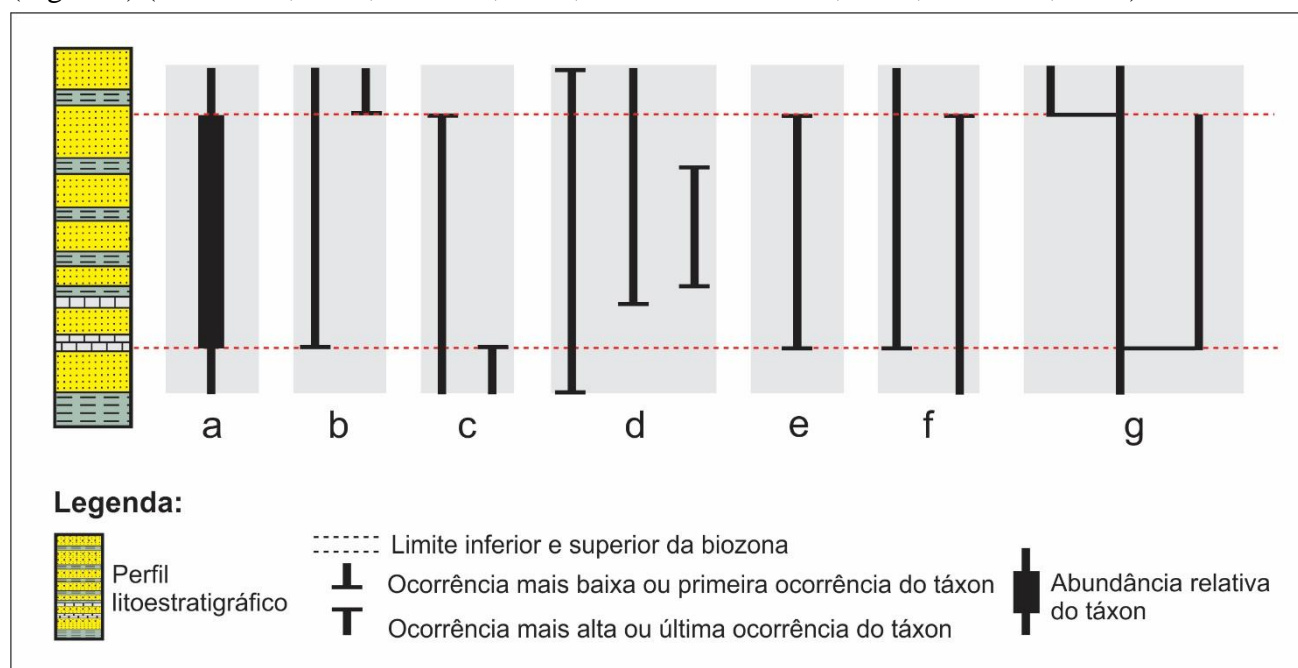
### 1.3.2 Principais modalidades de biozonas

As principais biozonas constituem seis modalidades: 1. biozona de abundância, 2. biozona de intervalo, 3. biozona de associação, 4. biozona de coincidência ou concorrência, 5. biozona de amplitude e, 6. biozona de linhagem. A modalidade de biozona escolhida dependerá da natureza do registro fóssilífero, dos objetivos do trabalho, dos problemas específicos a serem investigados e do tipo de amostragem (Salvador *et al.*, Petri *et al.*, 1986; 1994; NACSN, 2005).

No que tange a seleção da modalidade de biozona a ser utilizada, alguns parâmetros devem ser observados. Um exemplo de parâmetro refere-se a biozona de abundância, onde os bio-horizontes são definidos a partir da abundância significativamente maior de um ou mais taxons (Figura 6.A). Contudo, esta abundância no registro estratigráfico, pode ser o resultado de inúmeros processos (ecológicos, tafonômicos ou diagenéticos) de cunho local, que podem ser repetidos em diferentes partes do mundo em diferentes épocas (Berry, 1966). Deste modo, sugere-se que os bio-horizontes que definem uma zona de abundância, sejam evidentes e correlacionáveis lateralmente (NACSN, 2005; Carvalho, 2011).

A biozona de intervalo é subdividida em duas categorias: 1. biozona diferencial inferior e, 2. biozona diferencial superior: A biozona diferencial inferior é definida com base nos biohorizontes marcados pelo surgimento de dois taxons em posições estratigráficas sucessivas, respectivamente marcando base e topo da biozona (Fig. 6.B). A biozona diferencial superior é definida com base nos biohorizontes marcados pela extinção de dois taxons distintos em posições estratigráficas sucessivas (Fig. 6.C). A biozona de associação é caracterizada por um conjunto de três ou mais taxons de uma assemblagem que a distingue dos estratos limítrofes (Fig. 6.D). A biozona de amplitude corresponde ao intervalo de surgimento e de extinção de um mesmo táxon (Fig. 6.E). A biozona de coincidência ou concorrência é delimitada pela interseção dos alcances estratigráficos de dois taxons representando

um intervalo de coocorrência entre os mesmos (Fig. 6.F). A biozona de linhagem é delimitada por biohorizontes representativos do primeiro surgimento de sucessivos táxons em uma linhagem evolutiva (Fig. 6.G) (Petri *et al.*, 1986, NACSN, 2005; Zerfass & Andrade, 2008; Carvalho, 2011).



**Figura 6-** Principais tipos de biozonas. **A=** biozona de abundância; **B=** biozona de intervalo diferencial inferior; **C=** biozona de intervalo diferencial superior; **D=** biozona de associação; **E=** biozona de amplitude; **F=** biozona de coincidência e **G=** biozona de linhagem.

## 2 NEÓGENO DA BACIA DO SOLIMÕES

A bacia do Solimões, inicialmente denominada como bacia do Alto Amazonas, é uma bacia intracratônica do Paleozoico, que possui área de aproximadamente 440.000 km<sup>2</sup>, contida no Estado do Amazonas, região norte do Brasil. Os limites naturais são: ao norte o escudo das Guianas; ao sul o escudo brasileiro; a leste o arco de Purus e, a oeste o arco de Iquitos. O alto de Caruari divide a bacia em sub-bacia do Juruá, a leste e Sub-bacia do Jandiatuba, a oeste, com aproximadamente 3.800 m e 3.100 m de espessura de rochas sedimentares e soleiras de diabásio do magmatismo Penatecaua, respectivamente (Caputo, 1984; Silva 1987; Eiras *et al.*, 1994; Eiras, 2005; Wanderley Filho *et al.*, 2007; Barata & Caputo, 2007).

A carta estratigráfica da bacia do Solimões divide a bacia em cinco seqüências deposicionais de caráter cronoestratigráfico e limitadas por discordâncias regionais: Ordoviciano, Siluriano Superior-Devoniano Inferior, Devoniano Médio-Carbonífero Inferior, Carbonífero Superior-Permiano e Cretáceo Superior-Quaternário (Wanderley Filho *et al.*, 2007). Destas seqüências deposicionais, no presente trabalho aborda-se aquela atribuída ao Cretáceo Superior-Quaternário, pois, nesta inclui-se a Formação Solimões.

A sequência, Cretáceo Superior-Quaternário, representada pelo Grupo Javari, é caracterizada por um sistema fluvial de alta energia, subsistindo até o final do Cretáceo e depositando sedimentos arenosos que compõem a Formação Alter do Chão. Esse sistema fluvial é consequência da mudança do clima árido para úmido (Wanderley Filho *et al.*, 2007). Durante o Mioceno, este regime fluvial foi substituído por um sistema de corpos d'água rasos e pântanos, alimentados por um sistema fluvial interconectado com a deposição de sedimentos finos, junto com níveis ricos em restos vegetais e conchas. Esta unidade, essencialmente argilosa, é denominada de Formação Solimões (Eiras *et al.*, 1994; Hoorn, 1994a; Wanderley Filho *et al.*, 2007; Reis & Almeida, 2010).

## 2.1 Formação solimões

A Formação Solimões foi descrita por Moraes Rego (1930) e revalidada por Caputo *et al.* (1971). Apresenta sua seção-tipo no intervalo de 5 m-765 m da sondagem 2-RJ-1-AM e seção de referência adicional na sondagem 1-BV-1-AM, profundidade de 5 m-305 m, ambas perfuradas pela Petrobrás (Eiras *et al.*, 1994, Wanderley filho *et al.*, 2010).

Essa unidade litoestratigráfica compreende uma ampla distribuição geográfica que no Brasil abrange as bacias do Solimões e do Acre. Apresenta continuidade lateral com depósitos sedimentares coevos em bacias de outros países da região Amazônica: Nas bacias Pastaza, Marañon e Madre de Dios do Peru, os depósitos pelíticos do Neógeno são respectivamente chamados de formações Pebas, Ipururo e Nauta; Na Colômbia, as bacias Amazonas e Putumayo, são conhecidas respectivamente como Terciário Amazônico e camadas La Tagua (Hoorn, 1993, 1994ab; Whatley *et al.*, 1998; Campbell *et al.*, 2001; Roddaz *et al.*, 2005; Rebata *et al.*, 2006ab).

A Formação Solimões depositada durante o Neógeno é composta por uma sucessão de camadas siliciclásticas intercaladas com níveis de linhito, calcário e paleossolo (Maia *et al.*, 1977) (Fig. 5). O ambiente deposicional tem sido interpretado como predominantemente fluvio-lacustre com incursões marinhas (Hoorn, 1993; Hoorn *et al.*, 1995; Campbell *et al.*, 2001; Roddaz *et al.*, 2005; Rebata *et al.*, 2006ab; Medeiros *et al.*, 2019; Leite *et al.*, 2020).

No que concerne aos registros paleontológicos, a Formação Solimões apresenta grande diversidade, incluindo microfósseis, macrofósseis vegetais, invertebrados e vertebrados. Dentre os microfósseis, destacam-se os palinórfos, ostracodes, foraminíferos e girogonites de carófitas, sendo estes dois últimos grupos com ocorrências menos expressivas até o momento (Purper, 1979; Purper & Ornellas, 1991; Hoorn, 1993; Cruz, 1984; Silveira, 2005; Ramos, 2006; Latrubesse *et al.*, 2007; 2010, Wesselingh & Ramos, 2010; Silva-Caminha *et al.*, 2010; Leite *et al.*, 2017; Linhares *et al.*, 2017; Medeiros *et al.*, 2020; Leite *et al.*, 2020).

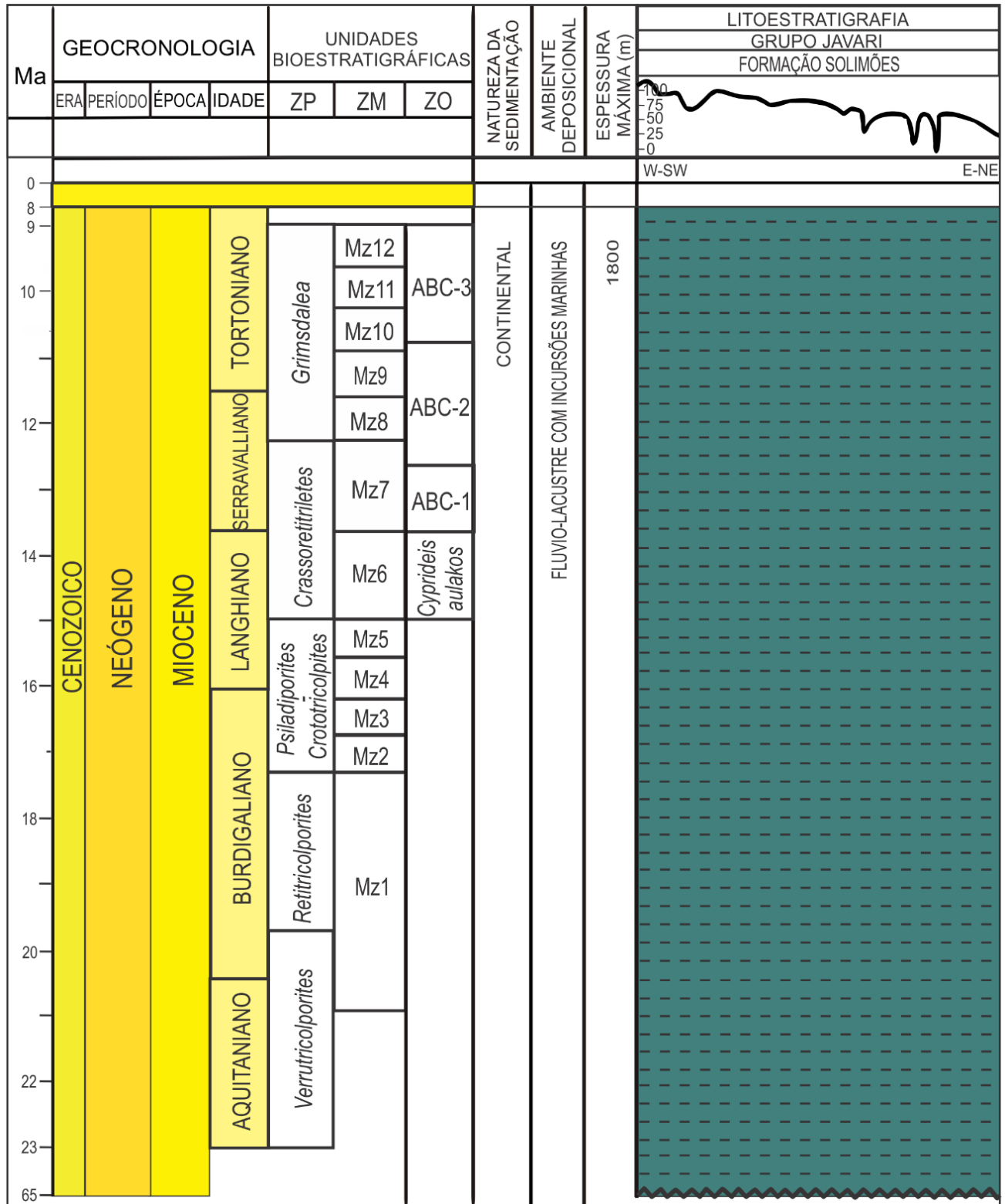
Sobre o cenário macrofossilífero, há registros de vegetais como troncos e folhas (Machado *et al.*, 2012), moluscos (Wesselingh *et al.*, 2006; Wesselingh 2008) e vertebrados. Durante o Mioceno, crocodilianos e tartarugas gigantes respectivamente como *Purussaurus* e *Podocnemys*, habitaram rios e lagos. Há também achados de fósseis de peixes da Família Acregoliathidaegigantes, aves gigantes representadas por anhingas e enormes roedores semiaquáticos como *Phoberomys* e *Neoepiblema* (Souza-Filho *et al.*, 2015).

Considerando a proposição de zoneamentos bioestratigráficos para a Formação Solimões, há três arcabouços cronobioestratigráficos: 1. com base em palinomorfos (Hoorn, 1993), 2. em moluscos (Wesselingh *et al.*, 2006) e, 3. em ostracodes (Medeiros *et al.*, 2019) (Fig.7). Hoorn (1993) definiu cinco biozonas utilizando espécies de palinomorfos provenientes do intervalo Mioceno Inferior à base do Mioceno Superior: Biozona *Verrutricolporites*, modalidade acme; Biozona *Retitricolporites*, modalidade acme; Biozona *Psiladiporites-Crototricolpites*, modalidade coincidência; Biozona *Crassoretitriteles*, modalidade diferencial inferior; e Biozona *Grimsdalea*, modalidade diferencial inferior.

A partir da correlação entre biozonas de moluscos e as palinozonas estabelecidas por Hoorn (1993), foi proposto doze biozonas para a Formação Solimões utilizando espécies de moluscos provenientes do intervalo Mioceno Inferior-Mioceno Superior (Wesselingh *et al.*, 2006). São estas: Biozona *Aylacostoma ava*, modalidade amplitude, codificada como MZ1; Biozona *Dyris denticulatus*, modalidade amplitude, codificada como MZ2; Biozona Indeterminada, codificada como MZ3; Biozona *Toxosoma carinatum*, modalidade amplitude, codificada como MZ4; Biozona *Diplodon indianensis*, modalidade amplitude, codificada como MZ5; Biozona *Onobops iquitensis-Onobops communis*, modalidade intervalo, codificada como MZ6; Biozona *Dyris pebasensis*, modalidade amplitude, codificada como MZ7; Biozona *Dyris lanceolatus*, modalidade amplitude, codificada como MZ8; Biozona *Pachydon trigonalis-Dyristricarinatus*, modalidade coincidência, codificado com MZ9; Biozona *Dyris mattii-Tryonia minuscula*, modalidade intervalo, codificada como MZ10; Biozona *Pachydon obliquus-Dyris megacarinata*, modalidade amplitude, codificada como MZ11; e Biozona *Dyris bicarinatus sofianensis*, modalidade amplitude, codificada como MZ12.

Com base em espécies de ostracodes, a partir da perfuração 1-AS-33-AM foram propostas três biozonas provenientes do intervalo Mioceno Médio à base do Mioceno Superior: Biozona *Cyprideis caraionae*, modalidade amplitude, codificada como ABC-1; Biozona *Cyprideis multiradiata*, modalidade amplitude, codificada como ABC-2; e Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis*, modalidade intervalo diferencial superior, codificada como ABC-3 (Medeiros *et al.*, 2019). Análises geoquímicas de U/Pb feitas em zircões detríticos amostrados no poço 1AS-14-AM, marcam uma idade máxima de

deposição de  $11,42 \pm 0,66$  Ma, ou idades mais jovens para o topo da Formação Solimões (Kern *et al.*, 2020).



**Figura 7-** Coluna estratigráfica da Formação Solimões, bacia do Solimões (Modificada de Wanderley Filho *et al.*, 2007).  
 Legenda: **ZP** = Biozonas com espécies de palinórfos (Hoorn, 1993); **ZM** = Biozonas com espécies de moluscos (Wesselingh *et al.*, 2006); **ZO** = Biozonas com espécies de ostracodes (Medeiros *et al.*, 2019).

### 3 PALINOLOGIA DA FORMAÇÃO SOLIMÕES E DEPÓSITOS COEVOS

Com base no Código de Nomenclatura Estratigráfica, para se efetivar a proposição de unidades bioestratigráficas devem-se seguir as determinações do referido código e, dessa maneira descrever e caracterizar o conteúdo fossilífero, localidade-tipo e inúmeras outras informações fundamentais. Assim sendo, através da revisão bibliográfica do Neogeno da Amazônia conduzida no presente trabalho, pode-se reconhecer três grupos de publicações relacionadas à bioestratigrafia: 1. Publicação com proposição de arcabouços cronobioestratigráficos, **tipo proposição**, 2. Publicações abrangendo correlação bioestratigráfica e proposição de novas unidades, **tipo misto**, e, 3. Publicações abrangendo correlação utilizando unidades bioestratigráficas previamente propostas, **tipo correlação**.

Com base em estudos palinológicos, cinco arcabouços cronobioestratigráficos foram propostos em depósitos coevos à Formação Solimões (e.g. Germeraad *et al.* 1968; Regali *et al.*; 1974ab; Lorente 1986; Jaramillo *et al.*, 2011; Parra *et al.*, 2019) e dois arcabouços cronobioestratigráficos foram caracterizados à partir de unidades bioestratigráficas previamente descritas, com a adição de novas biozonas em depósito coevo e para a Formação Solimões respectivamente (e.g. Muller *et al.*, 1987; Hoorn 1993). Outro grupo de citações refere-se a seis arcabouços cronobioestratigráficos da Formação Solimões, caracterizados a partir de unidades bioestratigráficas provenientes de depósitos coevos (e.g. Hoorn, 1994a; Silva, 2004; Silva-Caminha *et al.*, 2010; Silveira & Souza, 2017; Linhares *et al.*, 2019; Leite *et al.*, 2016; Leite *et al.*, 2020; Kern *et al.*, 2020).

#### 3.1 Arcabouços cronobioestratigráficos: tipo proposição

A partir da análise palinológica em intervalos sedimentares do Cenozoico de áreas tropicais, um importante arcabouço cronobioestratigráfico e paleoambiental foi proposto para áreas da América do Sul (Colômbia, Venezuela, Trinidad e Guianas), África (Nigéria) e Ásia (Bornéu). Na América do Sul, sete biozonas de modalidade diferencial inferior foram propostas: Biozona *Jandufouria Seamrogiformis* (Mioceno Inferior), Biozona *Psiladiporites minimus* (Mioceno Inferior), Biozona *Multimargenites vanderhammeni* (Mioceno Inferior), Biozona *Grimsdalea magnaclavata* (Mioceno Inferior - Mioceno Médio), Biozona *Pachydermites diderixi* (Mioceno Médio a Mioceno Superior), Biozona *Echitricolporites mcneillyi* (Plioceno) e Biozona *Alnipollentires verus* (Pleistoceno) (Germeraad *et al.* 1968 ). As idades das biozonas palinológicas supracitadas foram calibradas a partir da correlação com dados de foraminíferos propostos por Bolli (1966) (Germeraad *et al.* 1968) (Fig. 8).

Duas superzonas abrangendo cinco biozonas, relativas aos depósitos de áreas emersas e plataforma continental do Brasil foram propostas para o Neógeno: Superzona *Echitricolporites muelleri*, modalidade diferencial superior (Mioceno Inferior) e Superzona *Echitricolporites spinosus*, modalidade diferencial superior (base do Mioceno Médio ao topo do Plioceno). A Superzona

*Echitriletes muelleri* é dividida da base para o topo em três intervalos bioestratigráficos: Biozona *Hystrichosphaeridium paraensis*, modalidade diferencial superior, Biozona *Psilatricolporites triangularis*, modalidade diferencial superior e Biozona *Crassoretitriletes vanraadshooveni*, modalidade diferencial superior. A Superzona *Echitricolporites spinosus* é dividida da base para o topo em dois intervalos bioestratigráficos: Biozona *Grimsdalea magnaclava*, modalidade diferencial superior e Biozona *Retistephanocolpites gracilis*, modalidade diferencial superior (Regali *et al.*; 1974ab).

Outro importante biozoneamento cronobioestratigráfico foi realizado em três bacias sedimentares na Venezuela (bacias de Falcón, Maracaíbo e Venezuela Oriental), com a proposição de 11 unidades bioestratigráficas utilizando espécies de palinórfos, sendo sete biozonas e quatro subzonas: Biozona *Verrutricolporites-Cicatricosisporites*, modalidade diferencial inferior (Mioceno Inferior), Biozona *Verrutricolporites*, modalidade diferencial inferior (Mioceno Inferior), Biozona *Psiladiporites*, modalidade diferencial inferior (Mioceno Inferior ao médio mais basal), Biozona *Crassoretitriletes vanraadsooveni*, modalidade diferencial inferior (Mioceno Médio) Biozona *Grimsdalea magnaclavata*, modalidade diferencial inferior (Mioceno Médio à base do superior) Biozona *Asteraceae*, modalidade diferencial inferior (Mioceno Superior) e Biozona *Fenestrites longispinosus*, modalidade diferencial inferior (Mioceno Superior ao Plioceno). A Biozona *Asteraceae* apresenta uma subzona, denominada Subzona *Fenestrites*, de modalidade diferencial inferior (topo do Mioceno superior). A Biozona *Fenestrites longispinosus* é dividida em três subzonas: Subzona *Stephanocolpites evansii*, modalidade diferencial inferior (Mioceno Superior ao Plioceno mais basal), Subzona *Psilatricolporites caribbiensis*, modalidade diferencial inferior (Plioceno Inferior ao Plioceno Médio) e Subzona *Echitricolporites/Alnipollenites*, modalidade concorrência (Plioceno Superior). As idades das biozonas palinológicas, definidas para essas três bacias na Venezuela, foram calibradas a partir da correlação com dados de foraminíferos (Bolli, 1966) e nanofósseis calcários (Martini, 1971) (Lorente 1986) (Fig. 8).

Dois métodos bioestratigráficos nas análises palinológicas foram utilizados para propor um arcabouço cronobioestratigráfico em amostras da Colômbia e Venezuela: correlação gráfica e otimização restrita. Tais métodos objetivaram avaliar uma sequência ótima de eventos. Um evento refere-se a um *datum* de primeira ocorrência (FAD), que segundo o Código Brasileiro de Estratigrafia refere-se à modalidade diferencial inferior, e outro a um *datum* da última ocorrência (LAD), que segundo o Código Brasileiro de Estratigrafia refere-se à modalidade diferencial superior. (Jaramillo *et al.*, 2011). No que concerne ao Neógeno, seis biozonas foram propostas: Biozona *Horniella lunerensis*, Biozona *Echitricolporites maristellae*, Biozona *Grimsdalea magnaclavata*, Biozona *Crassoretitriletes vanraadshooveni*, Biozona *Fenestrites spinosus* e Biozona *Cyatheacidites annulatus*. A Biozona

*Horniella lunerensis*, modalidade diferencial inferior, codificada como T-12 (23 Ma à 17,7 Ma). A Biozona *Echitricolporites maristellae*, modalidade diferencial inferior, codificada como T-13 (17,7 Ma à 16,1 Ma). A Biozona *Grimsdalea magnaclavata*, modalidade diferencial inferior, codificada como T-14 (16,1 Ma à 14,2 Ma). A Biozona *Crassoretitriletes vanraadshooveni*, modalidade diferencial inferior, codificada como T-15 (14,2 Ma à 12,7 Ma). A Biozona *Fenestrites spinosus*, modalidade diferencial inferior, codificada como T-16 (12,7 Ma à 7,1 Ma). A Biozona *Cyatheacidites annulatus*, modalidade coincidência, codificada como T-17 (7,1 Ma à 4,8 Ma) (Jaramillo *et al.*, 2011) (Fig. 8).

No estudo palinológico de amostras da bacia do Marañon, no Peru, seis biozonas foram propostas abrangendo desde o Mioceno inferior ao Plioceno inferior: Biozona *Corsinipollenites oculusnoctis*, Biozona *Malvacipolloides maristellae*, Biozona *Mauritiidites crassibaculatus*, Biozona *Crassoretitriletes vanraadshooveni*, Biozona *Psilastephanoporites tesseroporus*, e Biozona *Ctenolophonidites suigeneris*. A Biozona *Corsinipollenites oculusnoctis*, modalidade diferencial inferior, codificada como Mar-A (23,03 Ma à 17,71 Ma). A Biozona *Malvacipolloides maristellae*, modalidade coincidência, codificada como Mar-B (17,71 à 16,1 Ma). A Biozona *Mauritiidites crassibaculatus*, modalidade associação, codificada como Mar-C (16,1 Ma à 14,2/13,9 Ma). A Biozona *Crassoretitriletes vanraadshooveni*, modalidade associação, codificada como Mar-D (14,2 à 11,62 Ma). A Biozona *Psilastephanoporites tesseroporus*, modalidade diferencial superior, codificada como Mar-E (11,62 Ma à 5,48 Ma). A Biozona *Ctenolophonidites suigeneris*, modalidade intervalo diferencial superior, codificada como Mar-F (5,48 Ma à 3,6 Ma) (Parra *et al.*, 2019) (Fig. 8).

### **3.2 Arcabouços cronobioestratigráficos: tipo misto**

Com a proposta de integrar novos dados aos já publicados foi elaborado um arcabouço cronobioestratigráfico do Cretáceo ao Recente para o norte da América do Sul (Brasil, Venezuela, Colômbia, Guiana, Suriname e Trindade). Para o Neógeno, foram estabelecidos cinco biozonas: Biozona *Verrutricolporites rotundiporus - Echidiporites barbeitoensis*, de modalidade coincidência, codificada como 26 (base do Mioceno); Biozona *Echitricolporites maristellae/ Psiladiporites minimus*, de modalidade coincidência, codificada como 27 (topo do Mioceno Inferior); Biozona *Crassoretitriletes vanraadshooveni*, de modalidade diferencial inferior, codificada como 28 (Mioceno Médio); Biozona *Echitricolporites spinosus*, de modalidade coincidência codificada como 29 (Mioceno Superior); e Biozona *Echitricolporites mcneillyi*, de modalidade coincidência, codificada como 30 (Plioceno) (Muller *et al.*, 1987) (Fig. 8).

Através do estudo realizado em 15 afloramentos e duas sondagens (1AS-4A-AM e 1AS-51-AM), abrangendo as formações Solimões (Estado do Amazonas) e Pebas (Colômbia), foi proposto um



arcabouço cronobioestratigráfico dividido em cinco biozonas: Biozona *Verrutricolporites*, modalidade acme (Mioceno Inferior); Biozona *Retitricolporites*, modalidade acme (Mioceno Inferior); Biozona *Psiladiporites – Crototricolpites*, modalidade coincidência (Mioceno Superior à início do Mioceno Médio); Biozona *Crassoretitriletes sensu* Lorente (1986), modalidade diferencial inferior (Mioceno Médio); e Biozona *Grimsdalea sensu* Lorente (1986), modalidade diferencial inferior (Final do Mioceno Médio até o início do Mioceno Superior) (Hoorn,1993) (Fig. 8).

### 3.3 Arcabouços cronobioestratigráficos: tipo correlação

Dados de espécies de palinomorfos de três afloramentos denominados de Mariñame, Três Ilhas e Santa Isabel, na Colômbia, foram considerados coevos àquelas ocorrências provenientes da Formação Solimões. Com base na abundância de *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 e pela associação de *Psiladiporites- Crototricolpites*, os estratos dos três afloramentos citados anteriormente foram atribuídos ao intervalo do Mioceno Inferior ao Mioceno Médio (Hoorn, 1994a).

Amostras da sondagem 1AS-32-AM, proveniente da região do Alto Solimões e de oito afloramentos localizados no Estado do Acre foram analisadas. A presença dos fósseis-índices *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 e *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956, possibilitou a identificação das biozonas *Grimsdalea magnaclavata* (Mioceno médio) e Asteraceae (Mioceno Superior) ambas propostas por Lorente, 1986 (Silva, 2004)

Posteriormente, a análise palinológica oriunda das sondagens 1AS-19-AM e 1AS-27-AM, porção oeste do Estado do Amazonas, permitiu a definição de três intervalos bioestratigráficos aplicando o método das Associações Unitárias: intervalo bioestratigráfico A, B e C. O intervalo bioestratigráfico A é definido pelos surgimentos de *Cichoreacidites longispinosus* (Lorente, 1986) Silva-Caminha *et al.* (2010) e de *Ladakhpollenites caribbiensis* (Muller *et al.*, 1987) Silva-Caminha *et al.*, 2010 e ausência de *Crototricolpites finitus* Silva-Caminha *et al.*, 2010, *Clavainaperturites microclavatus* Hoorn, 1994a e de *Bombacacidites fossulatus* Silva-Caminha *et al.*, 2010; o intervalo bioestratigráfico B é caracterizado pela ocorrência de *Clavainaperturites microclavatus* Hoorn, 1994a, *Bombacacidites fossulatus* Silva-Caminha *et al.*, 2010, *Rubipollis mulleri* Silva-Caminha *et al.*, 2010 e *Psilabrevitricolporites hoornii*; e o intervalo bioestratigráfico C, caracterizado pela primeira ocorrência de *Echiperiporites intectatus* Silva-Caminha *et al.*, 2010, *Parsonisidites brenacii* Silva-Caminha *et al.*, 2010, *Striasyncolporites anastomosus* e *Ladakhpollenites floratus* Silva-Caminha *et al.*, 2010. Esses intervalos bioestratigráficos foram correlacionados com a Subzona *Psilatricolporites caribbiensis* proposta por Lorente (1986) e posicionadas no Mioceno Superior/ Plioceno Inferior (Silva-Caminha *et al.*, 2010) (Fig. 8).

Em afloramentos da Formação Solimões localizados nos municípios de Atalaia do Norte, Benjamin Constant e Tabatinga (Estado do Amazonas), foram identificadas duas biozonas: *Grimsdalea magnaclavata* e *Psilatricolporites caribbiensis*. As sucessões sedimentares destes afloramentos foram atribuídas ao intervalo do Mioceno médio – Plioceno. Ressalta-se a ocorrência de *Diphyes* sp. (dinoflagelado) associado ao fóssil-índice *Ladakhipollenites caribbiensis* (Muller *et al.*, 1987) Silva-Caminha *et al.*, 2010, reportando a primeira evidência de incursão marinha em depósitos do Plioceno (Silveira & Souza, 2017) (Fig. 8).

No Município de Atalaia do Norte amostras das sondagens 1-AS-7D-AM e 1-AS-4A-AM foram estudadas e comparadas com biozoneamentos já propostos de palinomorfos e ostracodes. Cinco biozonas foram indentificadas: Biozona *Verrutricolporites*, Biozona *Psiladiporites/Crototricolpites*, Biozona *Crassoretitriletes*, Biozona *Grimsdalea* e Biozona Asteraceae. A Biozona *Verrutricolporites*, *sensu* Lorente (1986), modalidade diferencial inferior (base do Miocene Inferior). A Biozona *Psiladiporites-Crototricolpites*, *sensu* Hoorn (1993), modalidade amplitude (topo do Mioceno Inferior ao Mioceno Médio). A Biozona *Crassoretitriletes*, *sensu* Lorente (1986), modalidade diferencial inferior, (Mioceno Médio). A Biozona *Grimsdalea*, *sensu* Lorente (1986), modalidade intervalo diferencial inferior (topo do Mioceno Médio à base do Mioceno Superior). A Biozona Asteraceae, *sensu* Lorente (1986), modalidade diferencial inferior (Mioceno Superior) (Linhares *et al.*, 2019) (Fig. 8).

A análise das amostras palinológicas da sodagem 1-AS-14-AM, localizada ao longo do rio Solimões, Município Sururuá, permitiu a identificação de duas biozonas reconhecidas por Lorente (1986) e Hoorn (1993): Biozona *Grimsdalea magnaclavata* (Mioceno Médio – Mioceno Superior) e Biozona *Psilatricolporites caribbiensis* (Mioceno Superior – Plioceno). Análises geoquímicas de U/Pb revelaram idade máxima de deposição de  $11,42 \pm 0,66$  Ma integrada à Biozona *Psilatricolporites caribbiensis* (Kern *et al.*, 2020).

Amostras da sondagem 1-AS-33-AM tiveram os palinomorfos estudados permitindo a identificação de três biozonas e duas subzonas *sensu* Lorente (1986): Biozona *Crassoretitriletes*, Biozona Asteraceae, Biozona *Fenestrites longispinosus*, Subzona *Psilatricolporites caribbiensis* e Subzona *Echitricolporites-Alnipollenites* (Leite *et al.*, 2016). Dados cronobioestratigráficos para as sondagens 1-AS-33-AM e 1-AS-37-AM na bacia do Solimões e um afloramento na bacia do Acre, foram publicados utilizando o arcabouço bioestratigráfico proposto por Jaramillo *et al.*, 2011. Como resultado as biozonas reconhecidas foram: T14 (16–14,2 Ma), T15 (14,2–12,7 Ma) e T16 (12,7–7,1 Ma) *sensu* Jaramillo *et al.*, 2011 (Leite *et al.*, 2020) (Fig. 8).

GEOCRONOLOGIA				UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS												
Ma	Sistema/Período	Série/Época	Andar/Idade	Autores	Germeraad et al. (1968)	Lorente (1986)	Muller et al. (1987)	Horn (1993)	Silva-Caminha et al. (2010)	Jaramillo et al. (2011)	Leite et al. (2016)	Silveira & Souza (2017)	Linhares et al. (2019)	Parra et al. (2019)	Leite et al. (2020)	
2	Quaternário	Pleistoceno	Gelasiano													
3		Plioceno	Piacenziano		<i>Echitricolporites mcneyli</i>	<i>Echitricolporites - Alnipollenites</i>	<i>Echitricolporites mcneyli</i>			T-18 <i>Bombacacidites baculatus</i>	<i>Echitricolporites - Alnipollenites</i>	<i>Psilatricolporites caribbiensis</i>				
4			Zancleano			<i>Psilatricolporites caribbiensis</i>			<i>Psilatricolporites caribbiensis</i>	T-17 <i>Cyetheacidites annulatus</i>	<i>Psilatricolporites caribbiensis</i>			Mar-F		
5																
6			Messiniano													
7																
8																
9																
10			Tortoniano		<i>Pachidermites diderixi</i>	<i>Asteraceae</i>			<i>Asteraceae: Fenestrites</i>	T-16 <i>Fenestrites spinosus</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Grimsdalea magnaclavata</i>	<i>Asteraceae</i>		T-16 <i>Fenestrites spinosus</i>	
11																
12																
13	Neogeno	Mioceno	Serravalliano			<i>Crassoretitriletes vanraadshoovenii</i>	<i>Crassoretitriletes vanraadshoovenii</i>	<i>Crassoretitriletes</i>		T-15 <i>Crassoretitriletes vanraadshoovenii</i>	<i>Crassoretitriletes vanraadshoovenii</i>		<i>Crassoretitriletes vanraadshoovenii</i>	Mar-D <i>Crassoretitriletes vanraadshoovenii</i>	T-15 <i>Crassoretitriletes vanraadshoovenii</i>	
14																
15			Langhiano							T-14 <i>Grimsdalea magnaclavata</i>				Mar-C	T-14 <i>Grimsdalea magnaclavata</i>	
16						<i>Psiladiporites</i>		<i>Psiladicoporites-Crototricolporites</i>								
17					<i>Grimsdalea magnaclavata</i>					T-13 <i>Echitricolporites maristellae</i>				Mar-B		
18			Burdigalliano		<i>Multimarginites vanderhammenii</i>	<i>Verrutricolporites</i>	<i>Echitricolporites maristellae - Psiladiporites minimus</i>	<i>Retitricolporites</i>								
19					<i>Psiladiporites minimus</i>											
20						<i>Verrutricolporites-Cicatricosisporites</i>		<i>Verrutricolporites</i>						Mar-A		
21					<i>Jandufouria seamrogiformis</i>		<i>Verrutricolporites rotundiporus - Echidiporites barbettoensis</i>	<i>Verrutricolporites</i>		T-12 <i>Homiella lunarensis</i>						
22			Aquitano													

Figura 8- Biozoneamentos com base em espécies de palinórfos para o Neógeno da Amazônia.

### 3.4 Discussão a respeito dos arcaibouços cronobioestratigráficos

Ao comparar os arcaibouços bioestratigráficos propostos por Germeraad *et al.* (1968) e Regali *et al.* (1974ab) pode-se constatar que ambos se referem a uma biozona denominada *Grimsdalea magnaclavata* porém, não se trata da mesma unidade bioestratigráfica pois são de modalidades distintas. Germeraad *et al.* (1968) propõe a mesma na modalidade diferencial inferior, enquanto Regali *et al.* (1974a,b) propõe a mesma na modalidade diferencial superior. Adicionalmente, vale salientar que Regali *et al.* (1974a,b) tem os limites da Biozona *Grimsdalea magnaclavata* posicionados no Mioceno Médio ao Mioceno Superior, enquanto para Germeraad *et al.* (1968) os limites estão posicionados no topo do Mioceno Inferior. As modalidades de biozonas mencionadas para Germeraad *et al.* (1968) foram interpretadas a partir da caracterização apresentada por Germeraad *et al.* (1968), pois os autores não denominaram expressamente as modalidades de biozonas.

Analisando os arcaibouços bioestratigráficos propostos por Germeraad *et al.* (1968) e Lorente (1986), notam-se que as biozonas *Grimsdalea magnaclavata*, embora homônimas, utilizam fósseis-índices diferentes. Informar qual são os fósseis-índices propostos por cada autor. Vale ressaltar que a espécie *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968, marcadora da Biozona *Grimsdalea magnaclavata* na modalidade diferencial inferior (Germeraad *et al.*, 1968; Lorente, 1986), tem os limites posicionados no topo do Mioceno Inferior (Germeraad *et al.*, 1968), enquanto em Lorente (1986) encontram-se posicionados do Mioceno Médio ao Mioceno Superior.

Segundo Silva (2008), algumas espécies utilizadas como fósseis-índices por Lorente (1986) necessitam ter os posicionamentos cronoestratigráficos revisados, pois, o paleoambiente pode ter controlado as distribuições paleogeográficas e estratigráficas das mesmas, afetando seus limites temporais. Vale salientar que a espécie utilizada para dar nome a Subzona *Psilatricolporites caribbiensis* sensu Lorente (1986) teve atualização taxonômica para *Ladakhipollenites caribbiensis* (Muller *et al.*, 1987) Silva-Caminha *et al.*, 2010, e segundo o Código de Nomenclatura Estratigráfica, doravante deve ser referida como Subzona *Ladakhipollenites caribbiensis*.

Ao comparar o arcaibouço bioestratigráfico proposto por Jaramillo *et al.* (2011), onde a Biozona *Grimsdalea magnaclavata* está posicionada no intervalo estratigráfico inferior àquele da Biozona *Crassoretiriletes vanraadshooveni*, nota-se a inversão dessa sucessão de biozonas, em relação aos biozoneamentos propostos por Lorente (1986), Muller *et al.* (1987) e Hoorn (1993). O zoneamento bioestratigráfico proposto por Parra *et al.* (2019) para a bacia Marañon tem a Biozona *Mauritiidites crassibaculatus* coeva à Biozona *Grimsdalea magnaclavata* sensu Jaramillo *et al.* (2011). Além destas, a Biozona *Crassoretiriletes vanraadshooveni* sensu Parra *et al.* (2019), é coeva com as biozonas

*Crassoretitriteles vanraadshooveni* propostas por Lorente (1986), Muller *et al.* (1987) e Jaramillo *et al.* (2011).

Linhares *et al.* (2019) aplicou os biozoneamentos propostos por Lorente (1986) e Hoorn (1993) nas sondagens 1-AS-7D-AM e 1-AS-4A-AM. A Biozona *Verrutricolporites sensu* Lorente (1986) citada por Linhares *et al.* (2019) como modalidade abundância é segundo Lorente (1986), modalidade diferencial inferior. Como se pode constatar nesse breve histórico bioestratigráfico, há em diversas publicações nomes de unidades bioestratigráficas homônimas mas que são fundamentalmente distintas.

#### **4. OSTRACODES DA FORMAÇÃO SOLIMÕES E DEPÓSITOS COEVOS**

O primeiro estudo realizado com ostracodes do Cenozoico da bacia do Solimões foi de caráter taxonômico utilizando amostras de três sondagens e um afloramento, resultando na descrição de 27 espécies e 18 gêneros. Reporta-se a presença de retrabalhamento a partir do registro de ostracodes do Jurássico Superior-Cretáceo Inferior, representados pelos gêneros *Bisulcocypris* e *Cypridea* com ostracodes do Cenozoico (Purper, 1979).

Paralelamente aos trabalhos no Brasil, foram descritas 15 espécies e três gêneros de ostracodes, a partir de um afloramento localizado no Peru e um afloramento e uma sondagem localizados na Colômbia. Como resultado, o paleoambiente foi caracterizado transicional fluvio-lacustre com incursões marinhas pontuais (menor número de espécies marinhas para depósitos da Colômbia e Peru) relacionados ao intervalo Plioceno–Pleistoceno (Sheppard & Bate, 1980).

Trabalhos posteriores elevaram o número de taxons, descrevendo dois gêneros e quatro espécies para a Formação Solimões. Tal estudo permitiu a caracterização da fauna como autóctone, endêmica, mixohalina e com ocasional aporte de água doce, similar àquela encontrada no Peru e na Colômbia por Shepard & Bate (1980) (Purper & Pinto, 1983; Purper & Ornellas, 1991).

Dentre as espécies reportadas para o Neógeno da Amazônia Ocidental, o Gênero *Cyprideis* Jones, 1857 apresenta maior abundância e diversidade (Muñoz-Torres *et al.*, 1998; Whatley *et al.*, 1998). Na área de Iquitos no Peru, foi registrada a ocorrência de seis espécies de *Cyprideis*, típicas de águas transicionais, atribuídas com incerteza ao Plioceno (Swain, 1998).

A análise compreendendo 78 amostras em 18 localidades distribuídas entre Brasil, Colômbia e Peru, permitiu a revisão de *Cyprideis* e a identificação de 14 espécies. Embora a Amazônia durante o Neógeno tenha o registro de incursões marinhas, seu aporte sedimentar é principalmente de origem fluvial (Whatley *et al.*, 1998).

Outro estudo de cunho taxonômico foi realizado em seções aflorantes da Formação Solimões, na região sudoeste do Amazonas, reconhecendo diversas espécies endêmicas de *Cyprideis*, reportadas

no Neógeno da Amazônia Ocidental e descrição de uma espécie (Ramos, 2006). Considerando as formações Solimões e Pebas coevas, foi proposto um arcabouço cronobioestratigráfico (Fig. 9), a partir da correlação com dados palinológicos de Hoorn (1993), formalizando cinco biozonas com espécies de *Cyprideis*: Biozona *Cyprideis aulakos*, Biozona *Cyprideis caraionae*, Biozona *Cyprideis minipunctata*, Biozona *Cyprideis obliquosulcata*, e Biozona *Cyprideis cyrtoma*. A Biozona *Cyprideis aulakos*, modalidade diferencial inferior (final do Mioceno Inferior ao início do Mioceno Médio). A Biozona *Cyprideis caraionae*, modalidade concorrência (Mioceno Médio). A Biozona *Cyprideis minipunctata*, modalidade diferencial superior (Mioceno Médio). A Biozona *Cyprideis obliquosulcata*, modalidade amplitude (Mioceno Médio). A Biozona *Cyprideis cyrtoma*, modalidade diferencial superior (Mioceno Médio Superior à parte mais basal do Mioceno Superior) (Muñoz-Torres *et al.*, 2006).

Ma	Eratema	Sistema	Série	Andar	Bioestratigrafia
10	CENOZOICO	NEÓGENO	MIOCENO	TORTONIANO	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <p><b>Legenda</b></p> <p>▲ Primeira ocorrência estratigráfica</p> <p>▼ Última ocorrência estratigráfica</p> </div>
11					<i>Cyprideis cyrtoma</i> ▼ <i>C. cyrtoma</i>
12				<i>C. obliquosulcata</i> ▼ ▲ <i>C. obliquosulcata</i>	
				Não identificada	
13				SERRAVALLIANO	<i>C. minipunctata</i> ▼ <i>C. minipunctata</i>
				<i>C. caraionae</i> ▼ <i>C. caraionae</i>	
14				LANGHIANO	▲ <i>C. schedogymnos</i>
	<i>C. aulakos</i> ▲ <i>C. aulakos</i>				

**Figura 9-** Biozoneamento proposto por Muñoz-Torres *et al.*, (2006) utilizando o gênero de ostracodes *Cyprideis* (Modificada de Muñoz-Torres *et al.*, 2006).

Além da proposta bioestratigráfica, um estudo evolutivo das espécies de *Cyprideis*, caracterizando duas linhagens evolutivas foi realizado: linhagem de carapaça lisa e linhagem de carapaça ornamentada (Muñoz-Torres *et al.*, 2006). Vale resaltar que a espécie *Cyprideis aulakos*

Muñoz-Torres, 1998 foi denominada como sendo *Cyprideis sulcosigmoidalis* (Purper, 1979) por Gross *et al.* (2014).

Uma revisão taxonômica extensiva das espécies de *Cyprideis* foi realizada a partir de amostras provenientes da sondagem 1AS-10-AM, Município de Atalaia do Norte. Neste estudo são enfatizados o endemismo da fauna e o domínio de espécies de *Cyprideis* nas assemblagens de ostracodes da Amazônia Ocidental. As assemblagens recuperadas foram atribuídas ao Mioceno Médio e a porção basal do Mioceno Superior (Gross *et al.*, 2014).

Através do estudo das amostras provenientes das sondagens 1AS-8-AM e 1AS-7D-AM, Município de Atalaia do Norte, foi proposta uma nova biozona: Biozona *Cyprideis paralela*. Além da proposição desta biozona, foram reconhecidas quatro biozonas previamente propostas: Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis*, Biozona *Cyprideis caraionae*, Biozona *Cyprideis minipunctata* e Biozona *Cyprideis cyrtoma*. A Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis*, modalidade diferencial inferior (Burdigaliano-Serravalliano). A Biozona *Cyprideis caraionae*, modalidade diferencial superior (Serravalliano-Tortoniano). A Biozona *Cyprideis minipunctata*, modalidade diferencial superior (Tortoniano). A Biozona *Cyprideis cyrtoma*, modalidade diferencial superior (Tortoniano). A Biozona *Cyprideis paralela*, modalidade diferencial superior (Tortoniano). Com exceção da Biozona *Cyprideis paralela*, as demais biozonas apesar de receberem os mesmos nomes, conforme originalmente propostas por Muñoz-Torres *et al.* (2006), apresentam seus limites modificados abrangendo intervalos um pouco mais recentes (Linhares *et al.*, 2019).

Com base no estudo de amostras provenientes da sondagem 1-AS-33-AM, foram identificadas 12 espécies de ostracodes, sendo a maioria atribuída à *Cyprideis*. Três novas biozonas foram propostas perfazendo um novo arcabouço bioestratigráfico: Biozona *Cyprideis caraionae*, Biozona *Cyprideis multiradiata* e Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis*. A Biozona *Cyprideis caraionae*, modalidade amplitude, codificada como ABC-1 (Serravalliano). A Biozona *Cyprideis multiradiata*, modalidade amplitude, codificada como ABC-2 (Serravalliano–Tortoniano). A Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis*, modalidade diferencial superior, codificada como ABC-3 (Tortoniano) (Medeiros *et al.*, 2019).

Na sondagem 1-AS-14-AM, Benjamin Constant, Estado do Amazonas, foram reconhecidas duas biozonas na modalidade diferencial superior, propostas por Muñoz-Torres *et al.* (2006) e Linhares *et al.* (2019): Biozona *Cyprideis minipunctata* (Mioceno médio ao Mioceno superior) e Biozona *Cyprideis cyrtoma* (Mioceno superior ao Plioceno). Nesta mesma sondagem, a partir do intervalo da Biozona *Cyprideis cyrtoma*, foram realizados estudos isotópicos em U/Pb revelando idade máxima de deposição de  $11,42 \pm 0,66$  Ma (Kern *et al.*, 2020).

#### 4.1 Discussão a respeito dos arcobouços cronobioestratigráficos

Embora a Biozona *Cyprideis caraionae* proposta por Medeiros *et al* (2019) tenha o mesmo nome da Biozona *Cyprideis caraionae* estabelecida por Muñoz-Torres *et al.* (2006), estas são de modalidades distintas. A Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al* (2019) consiste em uma biozona de modalidade amplitude e a Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Muñoz-Torres *et al.* (2006) modalidade de coincidência.

### 5 MOLUSCOS DO NEÓGENO NA AMAZÔNIA

A partir do biozoneamento baseado em palinomorfos estabelecido por Hoorn (1993) para a Formação Solimões, foram propostas 12 biozonas de moluscos provenientes de 74 localidades no nordeste do Peru e sudeste da Colômbia: Biozona *Aylacostoma ava*, Biozona *Dyris denticulatus*, Biozona indeterminada, Biozona *Toxosoma carinatum*, Biozona *Diplodon indianensis*, Biozona *Onobops iquitensis-Onobops communis*, Biozona *Dyris pebasensis*, Biozona *Dyris lanceolatus*, Biozona *Pachydon trigonalis-Dyristricarinatus*, Biozona *Dyris mattii-Tryonia minuscula*, Biozona *Pachydon obliquus-Dyris megacarinata*, Biozona *Dyris bicarinatus sofianensis*. A Biozona *Aylacostoma ava*, modalidade amplitude, codificada como MZ1 (Burdigaliano). A Biozona *Dyris denticulatus*, modalidade amplitude, codificada como MZ2 (Burdigaliano). A Biozona indeterminada, codificada como MZ3 (Burdigaliano). A Biozona *Toxosoma carinatum*, modalidade amplitude, codificada como MZ4 (Burdigaliano-Langhiano). A Biozona *Diplodon indianensis*, modalidade amplitude, codificada como MZ5 (Langhiano). A Biozona *Onobops iquitensis-Onobops communis*, modalidade intervalo, codificada como MZ6 (Langhiano). A Biozona *Dyris pebasensis*, modalidade amplitude, codificada como MZ7 (Langhiano-Serravalliano). A Biozona *Dyris lanceolatus*, modalidade amplitude, codificada como MZ8 (Serravalliano). A Biozona *Pachydon trigonalis-Dyristricarinatus*, modalidade coincidência, codificada como MZ9 (Serravalliano). A Biozona *Dyris mattii-Tryonia minuscula*, modalidade intervalo, codificada como MZ10 (Serravalliano). A Biozona *Pachydon obliquus-Dyris megacarinata*, modalidade coincidência, codificada como MZ11 (Serravalliano-Tortoniano). A biozona *Dyris bicarinatus sofianensis*, modalidade amplitude, codificada como MZ12 (Tortoniano) (Wesselingh *et al.*, 2006).

#### 5.1 Discussão a respeito do arcabouço cronobioestratigráfico

Com relação a Zona *Onobops iquitensis-Onobops communis*, designada como modalidade de intervalo por Wesselingh *et al.* (2006), vale salientar que com base no Código Internacional de Nomenclatura Estratigráfica a mesma se enquadra na modalidade diferencial inferior. O mesmo ocorre para Biozona *Dyris mattii-Tryonia minuscula*, designada como modalidade de intervalo e que se



enquadra mais precisamente na modalidade diferencial superior. O arcabouço bioestratigráfico com base em ostracodes proposto por Muñoz-Torres *et al.* (2006) foi correlacionado com as 12 biozonas de moluscos citadas anteriormente, a saber: Biozona *Cyprideis aulakos* com a Biozona MZ6, Biozona *Cyprideis caraionae* e Biozona *Cyprideis minipunctata* com a MZ7, Biozona *Cyprideis obliquosulcata* com as MZ9 e MZ10 e Biozona *Cyprideis cyrtoma* com as MZ11 e MZ12. Por fim, a correlação de biozonas baseada em moluscos e ostracodes apontam o mesmo intervalo cronoestratigráfico, ou seja do Langhiano ao Tortoniano.

## 6 ANÁLISE DOS DADOS BIOESTRATIGRÁFICOS DA SONDAGEM 1-AS-33-AM

Os estudos taxonômicos e cronobioestratigráficos a partir da sondagem 1-AS-33-AM foram realizados com base em espécies de palinórfos (Leite *et al.*, 2016; 2020) e de ostracodes (Medeiros *et al.*, 2019). A seguir serão apresentados e discutidos os dados de distribuição estratigráfica desses dois grupos microfossilíferos.

### 6.1 Análise da distribuição estratigráfica de palinórfos

Com relação aos palinórfos, três biozonas e duas subzonas foram reconhecidas utilizando o arcabouço cronobioestratigráfico de Lorente (1986) e comparadas com o arcabouço cronoestratigráfico proposto por Jaramillo *et al.*, (2011) (Leite *et al.*, 2016). Posteriormente, uma revisão dos estudos de correlação cronobioestratigráfica, desta vez baseada em Jaramillo *et al.* (2011), abrangendo a sondagem 1-AS-33-AM, com a identificação de três biozonas foi publicada (Leite *et al.*, 2020).

Assim sendo, com o intuito de analisar as duas propostas de correlação cronobioestratigráfica da sondagem 1-AS-33-AM, a seguir são apresentados os resultados dos dois trabalhos, ou seja, Leite *et al.* (2016; 2020). Da base para o topo da referida sondagem, são estas as três biozonas e duas subzonas *sensu* Lorente (1986) comparadas com os dados de Jaramillo *et al.*, (2011) e reconhecidas por Leite *et al.* (2016): Biozona *Crassoretitriletes vanraadsooveni sensu* Lorente (1986), Biozona *Asteraceae sensu* Lorente (1986), Biozona *Fenestrites longispinosus sensu* Lorente (1986), Subzona *Psilatricolporites caribbiensis sensu* Lorente (1986) e Subzona *Echitricolporites-Alnipollenites sensu* Lorente (1986).

A Biozona *Crassoretitriletes vanraadsooveni sensu* Lorente (1986) tem o limite inferior definido pelas primeiras ocorrências das espécies *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* e *Trichotomocolpites sp.* O limite superior é definido pela primeira ocorrência da espécie *Grimsdalea magnaclavata*. O primeiro nível de ocorrência da espécie *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* foi correlacionado com a Biozona NN5 *sensu* Martini (1971) (Lorente, 1986). A Biozona T-15 *Crassoretitriletes vanraadsooveni sensu* Jaramillo *et al.* (2011) tem os limites inferior e superior

definidos pelas primeiras ocorrências das espécies *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* e *Fenestrites spinosus* respectivamente. As espécies *Psilastephanoporites tesseroporus* e *Retipollenites crotonicumellatus* também caracterizam esta biozona (Jaramillo *et al.*, 2011). No intervalo estratigráfico 399,10 m–276,70 m da sondagem 1-AS-33-AM, Leite *et al.* (2016) reconheceu a Biozona *Crassoretitriletes vanraadsooveni sensu* Lorente (1986) pela presença da espécie *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* (326,25 m) e definiu a referida biozona comparando com a Biozona T-15 *Crassoretitriletes vanraadshoovenii sensu* Jaramillo *et al.* (2011) (considerando ambas cronocorrelatas) à partir do surgimento das espécies *Psilastephanoporites tesseroporus* (399,10 m) e *Retipollenites crotonicumellatus* (399,10 m). Essas duas espécies tiveram os níveis de surgimento datados por Jaramillo *et al.* (2011) em 13,99 Ma e 13,94 Ma respectivamente. Vale salientar que a embora Leite *et al.* (2016) tenha utilizado a biozona proposta por Lorente (1986), a mesma não considerou o fóssil-índice *Grimsdalea magnaclavata*, que marca o topo da biozona.

A Biozona Asteraceae *sensu* Lorente (1986) tem o limite inferior definido pelo surgimento da *Echitricolporites spinosus* e o limite superior definido pelo surgimento de *Stephanocolpites evansii*. As espécies *Fenestrites spinosus*, *Cichoreacidites longispinosus*, *Cyatheacidites annulatus* e *Maravenites polyoratus* também tem as suas primeiras ocorrências nesta biozona *sensu* Lorente (1986). O nível basal da Biozona Asteraceae foi correlacionada entre as biozonas NN9 e NN10 *sensu* Martini (1971) (Lorente, 1986). No intervalo estratigráfico 276,70 m–262,00 m da sondagem 1AS-33-AM, Leite *et al.* (2016) reconheceu a Biozona Asteraceae *sensu* Lorente (1986) pela presença da espécie *Fenestrites spinosus*. Vale salientar que o limite superior definido no biozoneamento *sensu* Lorente (1986) não foi reconhecido, uma vez que a espécie *Stephanocolpites evansii* não tem ocorrência na sondagem 1-AS-33-AM.

A Biozona *Fenestrites longispinosus sensu* Lorente (1986) tem o limite inferior definido pelo surgimento de *Stephanocolpites evansii* e o limite superior pelo surgimento de *Alnipollenites verus*. A espécie *Cichoreacidites longispinosus* ocorre durante todo o intervalo da biozona (Lorente 1986). No intervalo estratigráfico 262,00 m–32,00 m da sondagem 1AS-33-AM, Leite *et al.* (2016) reconheceu a Biozona *Fenestrites longispinosus sensu* Lorente (1986) pela primeira ocorrência da espécie *Cichoreacidites longispinosus* (Leite *et al.*, 2016). Vale salientar que conforme a atualização taxonômica proposta por Silva-Caminha *et al.* (2010) para a espécie que designa o nome para a biozona em questão, deve ser atualizada para Biozona *Cichoreacidites longispinosus*. Adicionalmente, ressaltase que o limite superior definido no biozoneamento *sensu* Lorente (1986) não foi reconhecido, uma vez que *Alnipollenites verus* não ocorre na sondagem 1-AS-33-AM.

A Biozona *Psilatricolporites caribbiensis sensu* Lorente (1986) tem o limite inferior definido pelo surgimento de *Ladakhipollenites caribbiensis* e o limite superior pelo surgimento de

*Echitricolporites mcneillyi*. O nível de surgimento de *Ladakhipollenites caribbiensis* foi correlacionado entre as biozonas NN12 e NN15 (Martini, 1971) (Lorente, 1986). Para o intervalo estratigráfico 239,90 m–70,00 m da sondagem 1AS-33-AM, Leite *et al.* (2016) reconheceu a Biozona *Fenestrites longispinosus sensu* Lorente (1986) pelo surgimento de *Ladakhipollenites caribbiensis*. Nesta subzona foi recuperada a espécie *Paleosantalaceaeapites cingulatus*, espécie-índice da Biozona T-16 *Fenestrites spinosus sensu* Jaramillo *et al.* (2011), a qual tem o nível de surgimento datado em 12,08 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011; Leite *et al.*, 2016). Vale salientar que a espécie *Echitricolporites mcneillyi*, que marca o topo da biozona *sensu* Lorente (1986), embora ocorra no nível estratigráfico 77,10 m, a mesma não foi utilizada por Leite *et al.* (2016).

A Biozona *Echitricolporites-Alnipollenites sensu* Lorente (1986) tem o limite inferior definido pelo surgimento *Echitricolporites mcneillyi* e o limite superior pelo surgimento de *Alnipollenites verus* (Lorente, 1986). No intervalo estratigráfico 70,00 m–32,00 m da sondagem 1AS-33-AM, Leite *et al.* (2016) reconheceu a Biozona *Echitricolporites-Alnipollenites sensu* Lorente (1986), a partir da ocorrência da espécie *Echitricolporites mcneillyi*. Ressalta-se que a espécie *Alnipollenites verus* que marca o topo da biozona *sensu* Lorente (1986), não ocorre nas amostras da sondagem 1-AS-33-AM.

Uma atualização nos dados bioestratigráficos da sondagem 1-AS-33-AM foi realizada utilizando o arcabouço cronobioestratigráfico proposto por Jaramillo *et al.*, 2011, permitindo a identificação de três biozonas baseada em palinomorfos. Da base para o topo da referida sondagem, são estas as três biozonas *sensu* Jaramillo *et al.*, (2011) reconhecidas por Leite *et al.* (2020): Biozona *Grimsdalea magnaclavata*, T-14, Biozona *Crassoretitriletes vanraadshooveni*, T-15 e Biozona *Fenestrites spinosus*, T-16.

A Biozona *Grimsdalea magnaclavata sensu* Jaramillo *et al.* (2011) tem o limite inferior definido pelo surgimento de *Grimsdalea magnaclavata* e o limite superior pelo surgimento de *Crassoretitriletes vanraadshooveni*. Esta biozona foi atribuída ao intervalo de idade 16,1 Ma à 14,2 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011), correspondendo aos andares Burdigaliano-Langhiano. No intervalo estratigráfico 399,10 m–326,25 m da sondagem 1AS-33-AM, Leite *et al.* (2020) reconheceu a Biozona *Grimsdalea magnaclavata sensu* Jaramillo *et al.* (2011) pelo surgimento de *Crassoretitriletes vanraadshooveni*, que marca o topo desta biozona. A espécie *Grimsdalea magnaclavata* tem o seu primeiro nível de ocorrência em 239,90 m na sondagem 1-AS-33-AM, não sendo considerada nesta biozona (Leite *et al.*, 2020).

A Biozona *Crassoretitriletes vanraadshooveni sensu* Jaramillo *et al.* (2011) tem o limite inferior definido pelo surgimento de *Crassoretitriletes vanraadshooveni* e o limite superior pelo surgimento de *Fenestrites spinosus*. Esta biozona foi atribuída ao intervalo de idade 14,2 Ma à 12,7 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011), correspondendo aos andares do Langhiano ao Serravalliano. No intervalo

estratigráfico 326,25 m–276,70 m da sondagem 1AS-33-AM, Leite *et al.* (2020) reconheceu a Biozona *Crassoretitriletes vanraadshooveni sensu* Jaramillo *et al.* (2011) a partir dos surgimentos de *Crassoretitriletes vanraadshooveni* e *Fenestrites spinosus*, que respectivamente marcam a base e o topo desta biozona (Leite *et al.*, 2020).

A Biozona *Fenestrites spinosus sensu* Jaramillo *et al.* (2011) tem o limite inferior definido pelo surgimento de *Fenestrites spinosus* e o limite superior pelo surgimento de *Cyatheacidites annulatus*. Esta biozona foi atribuída ao intervalo de idade 12,7 Ma à 7.1 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011), correspondendo aos andares do Langhiano ao Messiniano. No intervalo estratigráfico 276,70 m–32,00 m da sondagem 1AS-33-AM, Leite *et al.* (2020) reconheceu a Biozona *Fenestrites spinosus sensu* Jaramillo *et al.* (2011) pelo primeiro nível de surgimento de *Fenestrites spinosus*, que marca a base desta biozona (Leite *et al.*, 2020). Ressalta-se que a espécie *Cyatheacidites annulatus* que marca o topo da biozona *sensu* Jaramillo *et al.* (2011), não ocorre nas amostras da sondagem 1-AS-33-AM. Ou seja, de acordo com os dados cronobioestratigráficos, há uma certa indefinição a respeito da atribuição cronoestratigráfica da parte superior da sondagem 1-AS-33-AM.

Considerando os dados palinológicos registrados na sondagem 1-AS-33-AM e comparando com os demais do Neógeno da Amazônia, observa-se que grande parte das espécies-guias registradas na sondagem 1-AS-33-AM apresentam surgimento estratigráfico variável entre o Mioceno e o Plioceno (Germeraad *et al.*, 1968; Regali *et al.*, 1974b; Lorente, 1986; Muller *et al.*, 1987; Jaramillo *et al.*, 2011). A espécie *Malvacipolloides maristellae* tem o nível de surgimento atribuído ao topo do Mioceno inferior (Lorente, 1986; Muller *et al.*, 1987) e marca o limite inferior da Biozona *Echitricolporites maristellae sensu* Jaramillo *et al.* (2011) com surgimento em 17,71 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011). Vale salientar que as espécies referidas anteriormente, *Echitricolporites maristellae* e *Malvacipolloides maristellae*, são sinônimas.

A espécie *Echitricolporites spinosus*, também presente na Biozona *Echitricolporites maristellae sensu* Jaramillo *et al.* (2011), tem o surgimento atribuído à idade 17,41 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011). Na sondagem 1-AS-33-AM, ambas espécies, *Malvacipolloides maristellae* e *Echitricolporites spinosus* ocorrem ao longo de todo o perfil, desde a amostra mais basal, sugerindo idade máxima Burdigaliano.

A espécie *Grimsdalea magnaclavata* tem o surgimento no Neógeno da Amazônia atribuído ao Neomioceno, mais especificamente posicionado no Andar Burdigaliano, 16.09 Ma (Germeraad *et al.*, 1968; Jaramillo *et al.* 2011) ou Mesomioceno (Lorente, 1986; Hoorn, 1993). O nível de extinção foi atribuído ao Plioceno, Andar Piacenziano, 3,40 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011) e Pleistoceno (Germeraad *et al.*, 1968, Lorente 1986). Essa diferença de atribuição, seja de surgimento e ou extinção de

*Grimsdalea magnaclavata*, é devido à carência de dados geocronológicos que caracterizam os trabalhos prévios àquele de Jaramillo *et al.* (2011).

Na sondagem 1-AS-33-AM, registra-se a distribuição estratigráfica de *Retipollenites crotonicumellatus* de 399,10 m à 137,00 m. Considerando que Jaramillo *et al.*, (2011) datou o surgimento dessa espécie em 14,2 Ma, Andar Langhiano, sugere-se que o intervalo de surgimento na sondagem 1-AS-33-AM seja considerado como Langhiano.

O nível de surgimento de *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* foi datado em 14,18 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011) como Mesomioceno, Andar Langhiano, embora previamente aos trabalhos geocronológicos tenha sido considerado como Eomioceno (Germeraad *et al.*, 1968; Regali *et al.*, 1974b; Lorente, 1986) e Mesomioceno (Muller *et al.*, 1987). Considerando a datação de surgimento de *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* por Jaramillo *et al.* (2011), sugere-se que o intervalo de surgimento para essa espécie na sondagem 1-AS-33-AM seja atribuída ao Langhiano.

A espécie *Paleosantalaceaepites cingulatus* tem os níveis de surgimento e de extinção respectivamente datados em 12,08 Ma e 3,72 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011), atribuídos aos andares Serravalliano e Zancleano. Na sondagem 1-AS-33-AM, registra-se a distribuição estratigráfica de *Paleosantalaceaepites cingulatus* de 232,18 m à 77,10 m e, considerando as datações de surgimento e de extinção previamente citadas, sugere-se que o intervalo de distribuição estratigráfica dessa espécie na sondagem 1-AS-33-AM seja do Serravalliano ao Zancleano.

O nível de surgimento de *Cichoreacidites longispinosus* foi datado como 10,06 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011) e Neomioceno (Lorente, 1986). Na sondagem 1-AS-33-AM, registra-se a distribuição estratigráfica de *Cichoreacidites longispinosus* de 262,00 m-32,00 m e, considerando a datação do intervalo de surgimento previamente citado, sugere-se que este intervalo na sondagem seja atribuído ao Andar Tortonian.

A espécie *Psilastephanoporites tesseroporus* tem os níveis de surgimento e de extinção respectivamente datados em 13,99 Ma e 5,48 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011), atribuídos aos andares Langhiano e Messiniano. Na sondagem 1-AS-33-AM, registra-se a distribuição estratigráfica de *Psilastephanoporites tesseroporus* de 399,10 m à 99,80 m e, considerando as datações de surgimento e de extinção previamente citadas, sugere-se que o intervalo de distribuição estratigráfica dessa espécie na sondagem 1-AS-33-AM seja atribuídos aos andares do Langhiano ao Messiniano.

O nível de surgimento de *Echitricolporites mcneillyi* foi datado em 1,56 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011) e atribuído ao Pleistoceno, Andar Gelasiano. Muito embora, previamente aos trabalhos geocronológicos, o aparecimento dessa espécie tenha sido atribuído ao limite Mioceno–Plioceno, devido a ausência de outros microfósseis indicativos do Plioceno (Germeraad *et al.*, 1968) e Plioceno (Lorente, 1968; Muller *et al.*, 1987). Na sondagem 1-AS-33-AM, registra-se a ocorrência dessa espécie

restrita ao nível 77,10 m, associada com a *Grimsdalea magnaclavata*. Vale salientar que como a extinção de *Grimsdalea magnaclavata* é atribuída por Jaramillo *et al.* (2011) à 3,40 Ma, e a sua ocorrência com *Echitricolporites mcneillyi* sugere uma idade mínima de deposição de 3.40 Ma, Andar Piacenziano, para o intervalo que essa associação das duas espécies ocorrem.

Adicionalmente, ressalta-se que o nível de surgimento de *Cyatheacidites annulatus* foi datado em 7,1 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011). Esta espécie ocorre no afloramento Patos associada com *Echitricolporites mcneillyi* que tem surgimento datado por Jaramillo *et al.* (2011) em 1,56 Ma, Pleistoceno (Leite *et al.*, 2020). Embora na sondagem 1-AS-33-AM não ocorra *Cyatheacidites annulatus*, tem-se o questionamento em relação às idades de surgimento dessas duas espécies. Uma possível interpretação para a coocorrência dessas duas espécies no afloramento Patos, seria o retrabalhamento de *Cyatheacidites annulatus* durante o Pleistoceno. Se for considerada essa hipótese do retrabalhamento, a ocorrência de *Echitricolporites mcneillyi*, pode ser considerada como marcadora do Pleistoceno, seja no afloramento Patos, quanto na sondagem 1-AS-33-AM. Uma outra hipótese possível de interpretação para aquela ocorrência no afloramento Patos, discutida por Leite *et al.* (2020), é o surgimento de *Echitricolporites mcneillyi* em níveis muito mais antigos àquele datado por Jaramillo *et al.* (2011).

## 6.2 Análise da distribuição estratigráfica de ostracodes

Considerando os dados de ostracodes registrados na sondagem 1-AS-33-AM, um novo arcabouço bioestratigráfico foi proposto, com base na distribuição estratigráfica das espécies de *Cyprideis*. Três biozonas foram delimitadas: Biozona *Cyprideis caraionae*, Biozona *Cyprideis multiradiata* e Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis* (Medeiros *et al.*, 2019).

A Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al.* (2019) tem o limite inferior e superior definidos pelo surgimento e extinção da espécie *Cyprideis caraionae*. Essa espécie ocorre no intervalo estratigráfico 290,05 m à 350,50 m, em abundância notável, delimitando esta biozona. Adicionalmente, o limite superior é marcado pelo surgimento de seis outras espécies: *Cyprideis aff. amazonica*, *Cyprideis machadoi*, *Cyprideis simplex*, *Cyprideis multiradiata*, *Cyprideis sulcosigmoidalis* e *Perissocytheridae sp.*. Esta biozona foi atribuída ao Andar Serravaliano médio (Medeiros *et al.*, 2019). Apesar da Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al.* (2019) ser homônima à de Muñoz-Torres *et al.* (2006), são de modalidades distintas: amplitude Medeiros *et al.* (2020) e coincidência (Muñoz-Torres *et al.* 2006). O limite inferior da Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Muñoz-Torres *et al.* (2006) é definido à partir do surgimento de *Cyprideis schedogymnos*, espécie sem ocorrência na sondagem 1-AS-33-AM, enquanto que o limite superior é atribuído à extinção de *Cyprideis caraionae*.

- A Biozona *Cyprideis multiradiata*, modalidade de amplitude, tem o limite inferior e superior definidos respectivamente pelo surgimento e extinção da espécie *Cyprideis multiradiata*. Essa espécie ocorre no intervalo estratigráfico 290,05 m à 136,35 m, delimitando esta biozona. Adicionalmente, o limite inferior é marcado pela extinção de *Cyprideis caraionae* e pelo surgimento de cinco outras espécies de ostracodes, *Cyprideis* aff. *amazonica*, *Cyprideis machadoi*, *Cyprideis simplex*, *Cyprideis sulcosigmoidalis* e *Perissocytheridae* sp. Esta biozona foi atribuída ao intervalo do Andar Serravaliano superior ao Tortoniano inferior (Medeiros *et al.*, 2019). Ao comparar a amplitude estratigráfica da espécie *Cyprideis multiradiata* com as amplitudes para a mesma espécie nas sondagens 1-AS-7D-AM, 1-AS-8-AM (Linhares *et al.*, 2019) e 1-AS-14-AM (Kern *et al.*, 2020), é possível constatar que esta biozona apresenta até o momento uma aplicabilidade local ou estendendo-se até a sondagem 1-AS-7D-AM. Na sondagem 1-AS-8-AM a amplitude estratigráfica de *Cyprideis multiradiata* apresenta coocorrência com a amplitude estratigráfica de *Cyprideis caraionae*. Na sondagem 1-AS-14-AM, não há registro da espécie *Cyprideis caraionae*.

A Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis*, modalidade diferencial superior, tem o limite inferior definido pela extinção de *Cyprideis multiradiata* e o limite superior pela extinção de *Cyprideis sulcosigmoidalis*. O intervalo estratigráfico correspondente à esta biozona na sondagem 1-A-33-AM é de 136,35 m à 89,30 m. Adicionalmente, a base desta biozona é definida pelo desaparecimento dos foraminíferos junto com o surgimento das espécies *Cyprideis pebasae*, *Cyprideis inversa* e *Cyprideis machadoi*. Esta biozona foi atribuída ao Andar Tortoniano superior (Medeiros *et al.*, 2019). Vale ressaltar que em Medeiros (2017) a extinção de *Cyprideis sulcosigmoidalis* ocorre no nível estratigráfico 79,40 m, estendendo então o limite superior desta biozona de 89,30 m à 79,40 m. Ao comparar a amplitude estratigráfica da espécie *Cyprideis sulcosigmoidalis* com as amplitudes para a mesma espécie nas sondagens 1-AS-7D-AM, 1-AS-8-AM (Linhares *et al.*, 2019) e 1-AS-14-AM (Kern *et al.*, 2020), é possível constatar que esta biozona apresenta até o momento uma aplicabilidade local ou estendendo-se até a sondagem 1-AS-8-AM. Nas sondagens 1-AS-7D-AM e 1-AS-14-AM, as extinções de *Cyprideis sulcosigmoidalis* e de *Cyprideis multiradiata* são no mesmo nível estratigráfico. Em Kern *et al.* (2020) as extinções de *Cyprideis sulcosigmoidalis* e *Cyprideis multiradiata* são atribuídos ao intervalo de idade 11,42 Ma à 11,31 Ma.

Considerando os dados de ostracodes registrados na sondagem 1-AS-33-AM e comparando com os demais do Neógeno da Amazônia, observa-se duas espécies-guias registradas na sondagem 1-AS-33-AM, com surgimento estratigráfico variável entre o Mioceno inferior e o Mioceno superior (Muñoz-Torres *et al.*, 2006; Gross *et al.*, 2014; Medeiros *et al.*, 2019; Linhares *et al.*, 2019; Kern *et al.*, 2020): *Cyprideis caraionae* e *Cyprideis sulcosigmoidalis*. Apesar da distribuição cronoestratigráfica dessas duas espécies compreenderem amplos intervalos do Mioceno, *Cyprideis caraionae* é

característica do Mioceno médio e *Cyprideis sulcosigmoidalis* é característica do Mioceno inferior à base do Mioceno superior.

A espécie *Cyprideis caraionae*, tem o nível de surgimento atribuído ao Mesomioceno (Wesselingh & Ramos, 2010), entre os andares Langhiano e Serravalliano. A amplitude dessa espécie compreende o intervalo da Biozona *Cyprideis aulakos* até a Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Muñoz-Torres *et al.* (2006). Na sondagem 1-AS-33-AM, registra-se a ocorrência dessa espécie entre os níveis estratigráficos 351,40 m à 290,05 m e, ao correlacionar com os níveis estratigráficos e idades de surgimento das espécies de palinórfos *Psilastephanoporites tesseroporus* (399,10 m), 13,99 Ma, *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* (326,25 m), 14,18 Ma e *Fenestrites spinosus* (276,70 m), 12,70 Ma, é possível atribuir o surgimento e extinção de *Cyprideis caraionae* na sondagem 1-AS-33-AM ao Langhiano e Serravalliano, concordando com a idade de Wesselingh & Ramos (2010).

Os níveis de surgimento e extinção de *Cyprideis sulcosigmoidalis* são respectivamente atribuídos do Eomioceno ao início do Neomioceno (Wesselingh & Ramos, 2010), com a amplitude estendendo da Biozona *Cyprideis aulakos* à Biozona *Cyprideis cyrtoma sensu* Muñoz-Torres *et al.* (2006). Ressalta-se que as espécies *Cyprideis aulakos* e *Cyprideis sulcosigmoidalis* são sinônimas (Gross *et al.*, 2014; Medeiros *et al.*, 2019). Na sondagem 1-AS-33-AM, registra-se a ocorrência dessa espécie entre os níveis estratigráficos 290,05 m à 74,90 m e, ao correlacionar com os níveis estratigráficos e idades de surgimento dos palinórfos *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* (326,25 m), 14,18 Ma e de extinção de *Psilastephanoporites tesseroporus* (99,80 m), 5,48 Ma e *Grimsdalea magnaclavata* (32,00 m), 3,40 Ma, é possível atribuir o surgimento de *Cyprideis sulcosigmoidalis* na sondagem 1-AS-33-AM à partir do Langhiano e extinção mais antigo que Piacenziano, Plioceno superior. Com relação ao posicionamento cronoestratigráfico da extinção de *Cyprideis sulcosigmoidalis* na sondagem em estudo, vale comparar com estudos de distribuição estratigráfica e paleogeográfica da espécie de palinórfos *Malvacipolloides maristellae* para o Oeste da Amazônia. Ou seja, para essa região a distribuição estratigráfica de *Malvacipolloides maristellae* restringe-se, segundo Espinosa *et al.*, 2019, ao topo do Mioceno. Visto isso, na sondagem 1-AS-33-AM, a espécie *Cyprideis sulcosigmoidalis* pode ter a extinção atribuída no máximo ao topo do Mioceno, não sendo factível a atribuição da extinção dessa espécie ao Plioceno.

Os níveis de surgimento e extinção de *Cyprideis multiradiata* são respectivamente atribuídos do início do Mesomioceno ao início do Neomioceno (Wesselingh & Ramos, 2010). Com relação ao arcabouço bioestratigráfico de Muñoz-Torres *et al.* (2006), essa espécie tem a sua distribuição estratigráfica a partir da porção superior da Biozona *Cyprideis aulakos* até a porção inferior da Biozona Indeterminada *sensu* Muñoz-Torres *et al.* (2006). Na sondagem 1-AS-33-AM, registra-se a ocorrência dessa espécie entre os níveis estratigráficos 290,05 m à 136,35 m e, ao correlacionar com os níveis



estratigráficos e idades de surgimento dos palinórfos *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* (326,25 m), 14,18 Ma e de extinção (99,80 m), 5,48 Ma, é possível atribuir os limites de *Cyprideis multiradiata* na referida sondagem do Langhiano ao Messiniano, corroborando a datação de Wesselingh & Ramos (2010). Ao correlacionar a amplitude estratigráfica de *Cyprideis multiradiata* (Purper, 1979) da sondagem 1-AS-33-AM com a sondagem 1-AS-14-AM (Kern *et al.*, 2020), é possível considerar a extinção dessa espécie como sendo mais antiga que 11,30 Ma.

## **7 ENSAIO DE ZONEAMENTO BIOESTRATIGRÁFICO INTEGRADO LOCAL DE PALINOMORFOS E DE OSTRACODES DA SONDAGEM 1-AS-33-AM**

A análise da distribuição de espécies de palinórfos e de ostracodes com ocorrências registradas na sondagem 1-AS-33-AM foi utilizada para elaboração do ensaio de zoneamento bioestratigráfico integrado local. Os dados de distribuição estratigráfica das espécies dos grupos acima mencionados foram organizados verticalmente da base para o topo das ocorrências observando os limites inferiores e superiores da distribuição estratigráfica de cada espécie com ocorrência na sondagem (Anexo 1). O ensaio de zoneamento bioestratigráfico integrado foi composto em três partes: i) reconhecimento e delimitação de biozonas utilizando espécies de palinórfos; ii) reconhecimento e delimitação de biozonas utilizando espécies de ostracodes; e iii) reconhecimento e delimitação de biozonas integrando as espécies de palinórfos e ostracodes.

O estudo da distribuição estratigráfica das espécies de palinórfos e de ostracodes com ocorrência na sondagem 1-AS-33-AM permitiu compor o biozoneamento desta sondagem em: i) seis intervalos bioestratigráficos com base em espécies de palinórfos; ii) três intervalos bioestratigráficos com base em espécies de ostracodes e; iii) oito intervalos bioestratigráficos integrando palinórfos e ostracodes (Fig.10).

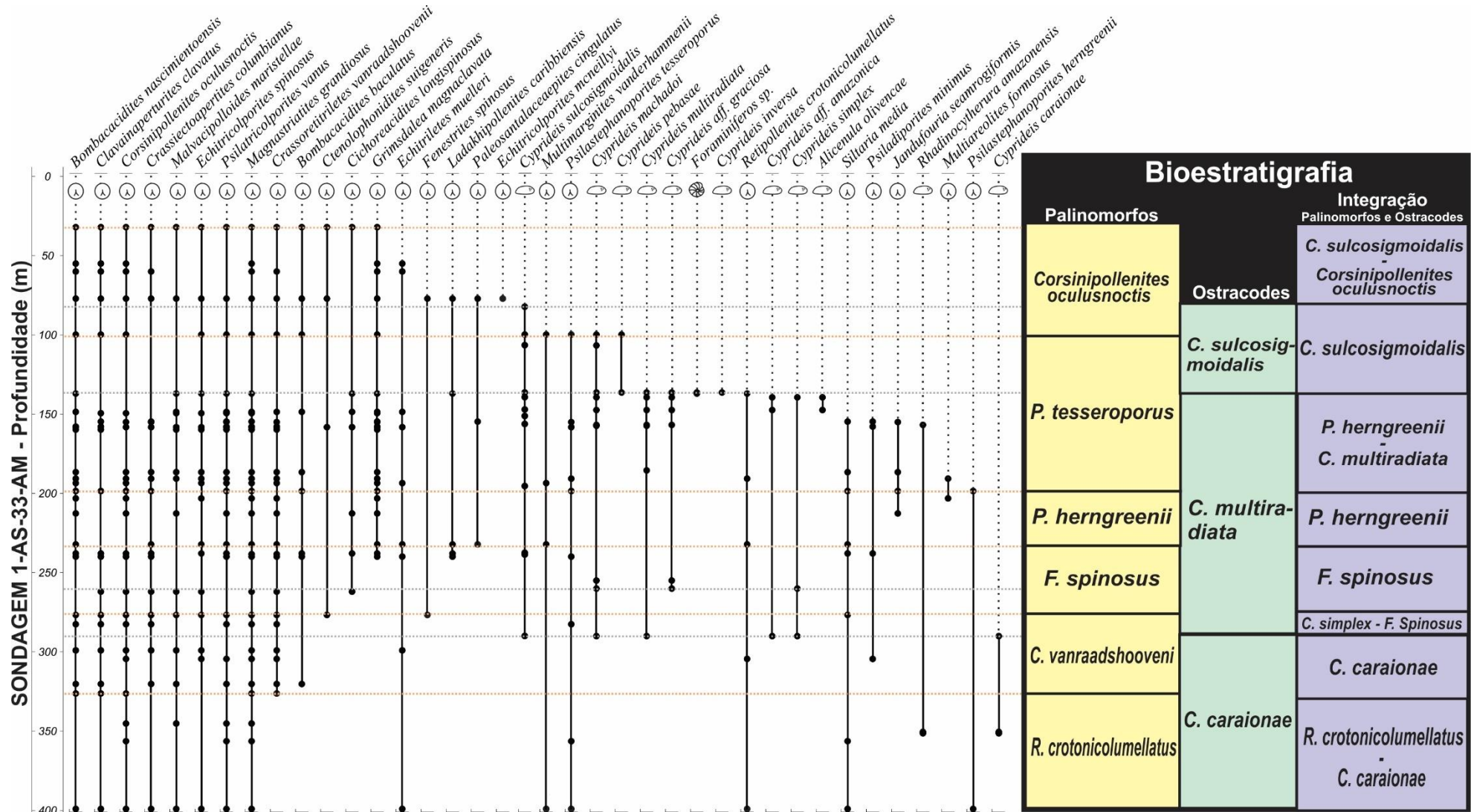


Figura 10 - Amplitude estratigráfica de espécies selecionadas da sondagem 1-AS-33-AM e biozonas estabelecidas com base em palinómorfos e ostracodes.

## 7.1 Biozonas com base em palinomorfos

Seis biozonas com base em palinomorfos, orientadas da base para o topo estão caracterizadas: 1) Biozona *Retipollenites crotonicolumellatus*, modalidade diferencial inferior, 2) Biozona *Crassoretitriletes vanraadshoovenii sensu* Jaramillo *et al.* 2011, modalidade diferencial inferior, 3) Biozona *Fenestrites spinosus*, modalidade diferencial inferior, 4) Biozona *Psilastephanoporites herngreenii*, modalidade concorrência, 5) Biozona *Psilastephanoporites tesseroporus*, modalidade diferencial superior e 6) Biozona *Corsinipollenites oculusnoctis*, modalidade diferencial superior. Visto que Leite *et al.* (2020) aplicou o arcabouço cronobioestratigráfico proposto por Jaramillo *et al.* (2011) obtendo resultados inéditos e satisfatórios para a sondagem 1-AS-33-AM. No presente trabalho foi utilizado dados cronoestratigráficos de eventos de aparecimento e extinção de palinomorfos com base nos trabalhos de Jaramillo *et al.* (2011) e Parra *et al.* (2019), e dados geoquímicos de U/Pb apresentados por Kern *et al.* (2020), possibilitando uma ampliação da resolução bioestratigráfica com o aumento de três para seis biozonas. A seguir são apresentadas as biozonas caracterizadas a partir do ensaio de biozonamento para a sondagem 1-AS-33-AM (Fig. 10).

### **Biozona *Retipollenites crotonicolumellatus***

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade intervalo diferencial inferior.

**Definição:** O limite inferior é caracterizado pelo surgimento aparente de *Retipollenites crotonicolumellatus* e ou de *Psilastephanoporites tesseroporus*. O limite superior é caracterizado pelo surgimento de *Crassoretitriletes vanraadshoovenii*.

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 399,10 m - 326,25 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Cronoestratigrafia:** Andar Langhiano superior.

**Caracterização:** No limite inferior além das duas espécies diagnósticas desta biozona, podem surgir as espécies *Bombacacidites nacimientoensis*, *Clavinaaperturites clavatus*, *Corsinipollenites oculusnoctis*, *Crassietoapertites columbianus*, *Crotoidaepollenites reticulatus*, *Echiperiporites estelae*, *Echiperiporites jaramilloi*, *Malvacipolloides maristellae*, *Echitricolporites spinosus*, *Margocolporites vanwijhei*, *Monoporopollenites annulatus*, *Perfotricolpites digitatus*, *Perisyncolporites pokorny*, *Proxapertites tertiaria*, *Psilamonocolpites medius*, *Psilatricolporites vanus*, *Retitrescolpites? irregularis*, *Retitricolporites guianensis*, *Retitricolporites sp.1*, *Retitricolpites simplex*, *Spirosyncolpites spiralis*, *Syncolporites incomptus*, *Echitriporites cricotriporatiformis?*, *Echiperiporites akanthos*, *Striatopollis catatumbus*, *Mauritiidites franciscoi*, *Psilastephanocolporites*

*deoliverae*, *Ranunculacidites operculatus*, *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993, *Multimarginites vanderhammenii*, *Psilastephanoporites tesseroporus*, *Retitrescolpites magnus*, *Gomphrenipollis garciae*, *Inaperturopollenites* spp., *Retipollenites crotonicolumellatus*, *Retitricolporites "heterobrochatus"*, *Siltaria media*, *Bombacacidites araracuarensi*, *Psilamonocolpites grandis*, *Psilastephanoporites herngreenii*, *Striatricolporites poloreticulatus?*, *Retistephanocolporites "irregularis"*, *Rubipollis mulleri*, *Retistephanocolporites elizabetae*, *Retistephanoporites* cf. *R. angelicus*, *Laevigatosporites* spp., *Magnastriatites grandiosus*, *Polypodiisporites* spp., *Psilatriletes* sp. 25-50 µm, *Retitriletes altimuratus* e *Echitriletes muelleri*. Na porção superior podem surgir *Retitricolpites conciliatus*, *Polypodiaceoisporites* sp., *Retipollenites solimoensis* e *Psilamonocolpites amazonicus*. No limite superior além da espécie diagnóstica desta biozona, podem surgir *Echiperiporites lophatus*, *Retistephanoporites crassiannulatus* e *Retitricolporites kaarsii*.

**Espécies de ostracodes associadas:** *Cyprideis carionae* e *Rhadinocytherura amazonensis*.

**Discussão:** Em Jaramillo *et al.* (2011) os surgimentos das espécies *Retipollenites crotonicolumellatus* e *Psilastephanoporites tesseroporus* caracterizam a Biozona *Crassoretitriletes vanraadsshovenii sensu* Jaramillo *et al.* (2011). Na sucessão de espécies da sondagem 1-AS-33-AM, os surgimentos das espécies *Retipollenites crotonicolumellatus* e *Psilastephanoporites tesseroporus* ocorrem em um intervalo bioestratigráfico inferior ao surgimento de *Crassoretitriletes vanraadsshovenii*. Assim sendo, mesmo que estas espécies apresentem na sondagem 1-AS-33-AM uma baixa abundância, optou-se por esta sugestão de biozona. No que se refere ao posicionamento cronoestratigráfico, com base na idade de surgimento da espécie *Crassoretitriletes vanraadshoovenii*, 14,18 Ma (Jaramillo *et al.*, 2011), pode-se atribuir o limite superior desta biozona ao Andar Langhiano superior. Adicionalmente, a espécie *Retistephanocolporites elizabetae* Leite *et al.*, 2020 que tem a ocorrência pontual no limite inferior, pode futuramente ser considerada espécie-índice para a porção inferior desta biozona tentativamente mantida no Burdigaliano/Langhiano, conforme as idades atribuídas por Leite *et al.* (2020).

### **Biozona *Crassoretitriletes vanraadshoovenii sensu* Jaramillo *et al.* 2011**

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade intervalo diferencial inferior.

**Definição:** O limite inferior é caracterizado pelo surgimento de *Crassoretitriletes vanraadshoovenii*. O limite superior é caracterizado pelo surgimento de *Fenestrites spinosus*.

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 326,25 m – 276,70 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Cronoestratigrafia:** Andar Langhiano superior ao Andar Serravalliano médio.

**Caracterização:** No limite inferior além da espécie diagnóstica desta biozona, podem surgir as espécies *Echiperiporites lophatus*, *Retitricolporites kaarsii* e *Retistephanoporites crassiannulatus*. Na porção inferior ocorrem os surgimentos de *Retitricolporites perpusillus*, *Bombacacidites baculatus*, *Podocarpidites* sp., *Retitricolporites ticuneorum*, *Margocolporites "annulatus"*, *Psilastephanocolporites endoporatus*, *Myrtaceidites* spp., *Psilaperiporites delicatus*, *Retitricolpites perforatus*, *Retibrevitricolpites* cf. *R. catatumbus*, *Psiladiporites minimus* e *Heterocolpites incomptus*. Na porção superior podem ocorrer os surgimentos de *Polyadopollenites mariae*, *Costatricolporites reticulatus*, *Verrutricolporites* sp., *Retitriporites dubiosus*, *Tetracolporopollenites transversalis*, *Foveotricolporites crassus*, *Polypodiaceoisporites* sp. No limite superior além da espécie diagnóstica desta biozona, podem surgir *Retitricolporites hispidus*, *Retibrevitricolpites microreticulatus*, *Ctenolophonidites suigeneris*, *Retibrevitricolporites costaporus*, *Fenestrites spinosus*, *Retricolpites "delicatus"*, *Psilatricolporites labiatus* e *Scabratricolporites planetensis*.

**Espécies de ostracode associadas:** *Cyprideis caraionae*, *Cyprideis multiradiata*, *Cyprideis sulcosigmoidalis* e *Rhadinocytherura amazonensis*.

**Discussão:** Com base nas idades de surgimento de *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* 14,18 Ma e *Fenestrites spinosus*, 12,70 Ma, datadas por Jaramillo *et al*, 2011, pode-se atribuir esta biozona ao intervalo do Andar Langhiano superior ao Serravalliano médio.

### **Biozona *Fenestrites spinosus***

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade intervalo intervalo diferencial inferior.

**Definição:** O limite inferior é caracterizado pelo surgimento de *Fenestrites spinosus*. O limite superior é caracterizado pelo surgimento de *Paleosantalaceaepites cingulatus*.

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 276,70 m - 232,18 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Cronoestratigrafia:** Andar Serravalliano médio ao Andar Serravalliano superior.

**Caracterização:** No limite inferior além da espécie diagnóstica desta biozona, podem surgir as espécies *Retitricolporites hispidus*, *Retricolpites "delicatus"*, *Psilatricolporites labiatus*, *Scabratricolporites planetensis*. Ainda no limite inferior, este pode ser caracterizado pela extinção de *Foveotricolporites crassus*. A porção inferior pode ser caracterizada pelos surgimentos de *Cichoreacidites longispinosus*, *Cichoreacidites? flammulatus*, *Bombacacidites brevis* e *Psilatricolporites labiatus*. A porção superior pode ser caracterizada pelos surgimentos de *Grimsdalea magnaclavata*, *Ladakhipollenites caribbiensis*, *Ilexpollenites* sp., *Monoporopollenites scabratus*, *Proteacidites triangulatus*, *Retitricolporites finitus*, *Longapertites "heterobrochatus"*, *Echitricolpites*

"romeroi" e *Retibrevitricolporites* cf. *R. grandis*. As espécies *Parkioidites marileae*, *Polyadopollenites macroreticulatus*, *Psilastephanocolporites marinamensis* podem aparecer na porção superior e se extinguir no limite superior. Ainda na porção superior, as espécies *Retitriporites rotundus*, *Cicatricosporites decussatus*, *Psilastephanocolporites* sp. e *Retitriporites crassoreticulatus* podem ocorrer de forma pontual e a espécie *Margocolporites "annulatus"*. No limite superior além da espécie diagnóstica desta biozona, podem ocorrer de forma pontual as espécies *Calliasporites* sp., *Echitricolporites "microechinatus"* e *Malvacipollis "tenuixinatus"*, e as extinções de *Rubipollis mulleri* e *Striatricolporites poloreticulatus*?

**Espécies de ostracodes associadas:** *Cyprideis sulcosigmoidalis*, *Cyprideis machadoi*, *Cyprideis multiradiata*, *Cyprideis* aff. *graciosa* e *Cyprideis* aff. *amazonica* e *Rhadinocytherura amazonensis*.

**Discussão:** Embora este intervalo bioestratigráfico possua o mesmo nome que em Jaramillo *et al.* (2011) – Biozona *Fenestrites spinosus* (12,7 Ma–7,1 Ma) – não compreende a mesma biozona. Jaramillo *et al.* (2011) define o limite inferior da Biozona *Fenestrites spinosus* a partir do surgimento de *Fenestrites spinosus*, enquanto o limite superior é atribuído ao surgimento de *Cyatheacidites annulatus*, não registrada na sondagem 1-AS-33-AM. Com base nas idades de surgimento de *Fenestrites spinosus*, 12,70 Ma e de *Paleosantalaceaepites cingulatus* 12,08 Ma, datadas por Jaramillo *et al.*, 2011, pode-se atribuir esta biozona ao intervalo do Andar Serravalliano médio ao Serravalliano superior. A idade de surgimento de *Grimsdalea magnaclavata* na sondagem 1-AS-33-AM estimado em 12 Ma por Leite *et al.* (2020) corrobora a idade proposta para esta biozona.

### **Biozona *Psilastephanoporites herngreenii***

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade de coincidência.

**Definição:** Intervalo de coocorrência de *Paleosantalaceaepites cingulatus* e de *Psilastephanoporites herngreenii*. O limite inferior é caracterizado pelo surgimento de *Paleosantalaceaepites cingulatus* em coocorrência com *Psilastephanoporites herngreenii* que extingue no limite superior.

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 232,18 m – 198,50 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Cronoestratigrafia:** Andar Serravalliano superior.

**Caracterização:** No limite inferior além da espécie diagnóstica desta biozona, podem ocorrer de forma pontual as espécies *Calliasporites* sp. (RW), *Echitricolporites "microechinatus"* e *Malvacipollis "tenuixinatus"* e as extinções de *Rubipollis mulleri* e *Striatricolporites poloreticulatus*?. Na porção superior podem surgir *Nijssenosporites fossulatus*, *Crotonoidaepollenites echinatus*, *Jandufouria seamrogiformis*, *Retitricolpites wijningae* e a ocorrência pontual de *Scabratricolpites tibialis*.

Adicionalmente na porção superior, pode extinguir *Retibrevitricolporites* cf. *R. grandis*. O limite superior além da espécie diagnóstica desta biozona, pode ser marcado pelas extinções de *Psilamonocolpites grandis*, *Heterocolpites incomptus* e pela ocorrência pontual de *Proxapertites minutus*.

**Espécies de ostracodes associadas:** *Cyprideis sulcosigmoidalis*, *Cyprideis machadoi*, *Cyprideis multiradiata*, *Cyprideis* aff. *graciosa*, *Cyprideis* aff. *amazonica* e *Rhadinocytherura amazonensis*.

**Discussão:** Com base nas idades de surgimento de *Paleosantalaceaepites cingulatus*, 12,08 Ma, e de extinção de *Psilastephanoporites herngreenii*, 11,79 Ma, datadas por Jaramillo *et al*, 2011, pode-se atribuir esta biozona ao Andar Serravalliano superior.

### **Biozona *Psilastephanoporites tesseroporus***

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade intervalo diferencial superior.

**Definição:** O limite inferior é caracterizado pela extinção de *Psilastephanoporites herngreenii*. O limite superior é caracterizado pelas extinções de *Psilastephanoporites tesseroporus* e ou de *Multimarginites vanderhammenii*.

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 198,50 m – 99,80 de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Cronoestratigrafia:** Andar Serravalliano superior ao Andar Tortoniano inferior.

**Caracterização:** O limite inferior além da espécie diagnóstica desta biozona, pode ser marcado pelas extinções de *Psilamonocolpites grandis*, *Heterocolpites incomptus* e pela ocorrência pontual de *Proxapertites minutus*. A porção inferior pode ser marcada pelos surgimentos de *Zonocostites* sp., *Echiperiporites jutaiensis*, *Cichoreacidites "cristatus"*, *Foveotricolporites caldensis*, *Retitricolpites florentinus*, *Striatricolporites tenuissimus*, *Psilatricolporites* sp. *Striatricolporites digitatus*, *Verrucatotriletes bullatus* e *Retitricolporites* sp.3. Adicionalmente, a porção inferior pode ser marcada pelas extinções de *Psilamonocolpites amazonicus*, *Retibrevitricolpites* cf. *R. catatumbus*, *Foveotricolporites* sp., *Echitricolporites* sp., *Siltaria media*, *Psiladiporites minimus*, *Crotonoidaepollenites echinatus*, *Jandufouria seamrogiformis*, *Podocarpidites* sp., *Bombacacidites araracuarensis*, *Retitricolporites ticuneorum*, *Bombacacidites brevis*, *Psilatricolporites labiatus*, *Echitricolpites "romeroi"*, *Multiareolites formosus*, *Scabratricolporites planetensis*, *Retitricolpites wijningae* e pela ocorrência pontual de *Echidiporites barbeitoensis*, *Stephanocolpites costatus* e cisto de dinoflagelado. A porção superior pode ser marcada pelos surgimentos de *Ladakhipollenites carmoi* e *Foveomonocolpites "lili"* e pelas extinções de *Gomphrenipollis garciae*, *Inaperturopollenites* spp., *Retipollenites crotonicolumellatus*, *Retitricolporites "heterobrochatus"*, *Tetracolporopollenites*

*transversalis*, *Retitricolpites "delicatus"*, *Cichoreacidites? Flammulatus* e *Cichoreacidites "pedestalis"*. Espécies de foraminíferos ocorrem na porção superior desta biozona. O limite superior além das duas espécies diagnósticas desta biozona, pode ser marcado pelas extinções de *Retitrescolpites magnus*, *Retitricolpites perforatus*, *Retitriporites dubiosus*, *Retitricolporites finitus*, *Foveomonocolpites "lili"*, *Retitricolporites squarrosus*, *Retitricolpites florentinus* e *Psilatricolporites* sp.

**Espécies de ostracodes associadas:** *Rhadinocytherura amazonensis*, *Cyprideis* aff. *amazonica*, *Cyprideis machadoi*, *Cyprideis simplex*, *Cyprideis multiradiata*, *Cyprideis sulcosigmoidalis*, *Perissocytheridae* sp., *Cyprideis* aff. *Graciosa*, *Alicenula olivencae*, *Cyprideis pebasae* e *Cyprideis inversa*.

**Discussão:** Embora este intervalo bioestratigráfico possua o mesmo nome que em Parra *et al.*, (2019) – Biozona *Psilastephanoporites tesseroporus* (11,62 Ma–5,48 Ma) – não compreende a mesma biozona. Parra *et al.* (2019) define o limite inferior da Biozona *Psilastephanoporites tesseroporus* a partir da extinção de *Corsinipollenites oculusnoctis* e ou *Cyathidites congoensis*, enquanto o limite superior é atribuído à extinção de *Psilastephanoporites tesseroporus* e ou *Siltaria santaisabelensis*. Ressalta-se que, *Corsinipollenites oculusnoctis* tem a ocorrência estratigráfica desde a base até o topo da sondagem 1-AS-33-AM, enquanto as espécies *Cyathidites congoensis* e *Siltaria santaisabelensis* não foram recuperadas, não sendo possível a aplicação da Biozona *Psilastephanoporites tesseroporus sensu Parra et al.* (2019) para a sondagem 1-AS-33-AM. A parte superior da sondagem 1-AS-33-AM apresenta dificuldade na correlação cronoestratigráfica devido as extinções de *Psilastephanoporites tesseroporus* e de *Multimarginites vanderhammenii* respectivamente datadas em 5,48 Ma e 1,07 Ma por Jaramillo *et al.* (2011). Comparando as idades anteriormente citadas para estas duas espécies de palinórfos com a datação da extinção da espécie de ostracode *Cyprideis sulcosigmoidalis*, datada em 11,31 Ma por Kern *et al.* (2020), optou-se no presente trabalho em desconsiderar as mesmas como marcadores cronoestratigráficos. Na sondagem 1-AS-33-AM a extinção de *Cyprideis sulcosigmoidalis* é registrada em intervalo sobreposto aqueles em que ocorrem as extinções de *Psilastephanoporites tesseroporus* e de *Multimarginites vanderhammenii*. Assim sendo, pode-se considerar a possibilidade de atribuir a Biozona *Psilastephanoporites tesseroporus* ao intervalo do Andar Serravalliano superior ao Tortonianiano inferior.

### **Biozona *Corsinipollenites oculusnoctis***

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade intervalo diferencial superior.



**Definição:** O limite inferior é caracterizado pelas extinções de *Psilastephanoporites tesseroporus* e ou *Multimarginites vanderhammenii*. O limite superior é caracterizado pela extinção aparente de *Corsinipollenites oculusnoctis*.

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 99,80 m – 32,00 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Cronoestratigrafia:** Andar Tortoniano inferior.

**Caracterização:** O limite inferior além das duas espécies diagnóticas desta biozona, pode ser marcado pelas extinções de *Retitrescolpites magnus*, *Retitricolpites perforatus*, *Retitriporites dubiosus*, *Retitricolporites finitus*, *Foveomonocolpites "lili"*, *Retitricolporites squarrosus*, *Retitricolpites florentinus* e *Psilatricolporites* sp. A porção inferior pode ser marcada pelas extinções de *Mauritiidites franciscoi*, *Psilastephanocolporites deoliverae*, *Ranunculacidites operculatus*, *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993, *Retipollenites solimoensis*, *Retistephanoporites crassiannulatus*, *Retitricolporites kaarsii*, *Retibrevitricolporites? toigoae*, *Parsonidites brenacii*, *Fenestrites spinosus*, *Ladakhpollenites carmoi*, *Ilexpollenites* sp., *Monoporopollenites scabratus*, *Proteacidites triangulatus*, *Paleosantalaceaepites cingulatus*, *Retitricolporites* sp.3, *Zonocostites* sp., *Cichoreacidites "cristatus"*. A espécie *Echitricolporites mcneillyi* pode ocorrer de forma pontual na porção inferior desta biozona. A porção superior desta biozona pode ser marcada pelas extinções de *Echitriporites cricotriporatiformis*, *Echitriletes muelleri*, *Polypodiaceoisporites* sp., *Crotonoidaepollenites "classicus"*, *Verrucatotriletes bullatus*, *Echiperiporites intectatus*, *Glencopollis curvimuratus*, *Echiperiporites akanthos*, *Striatopollis catatumbus*, *Malvacipolloides echibaculatus*, *Retitricolporites* sp.2, *Ladakhpollenites carmoi* e pelas ocorrências pontuais de *Striasyncolporites anastomosus* e *Pediastrum* sp. O limite superior além da espécie diagnótica desta biozona, pode ser marcado pelas extinções (aparentes) de *Clavainaperturites clavatus*, 1964, *Echiperiporites lophatus*, *Echiperiporites estelae*, *Crotoidaepollenites reticulatus*, *Echiperiporites jutaiensis*, *Monoporopollenites annulatus*, *Bombacacidites nacimientoensis*, *Malvacipolloides maristellae*, *Echiperiporites germeraadii*, *Perisyncolporites pokorny*, *Psilamonocolpites medius*, *Psilatricolporites vanus*, *Retitricolporites* sp.1, *Retitricolpites simplex*, *Grimsdalea magnaclavata*, *Spirosyncolpites spiralis*, *Retitricolporites ellipticus*, *Foveotricolporites caldensis*, *Striatricolporites digitatus*, *Retitricolporites perpusillus*, *Cichoreacidites longispinosus*, *Echitricolporites spinosus*, *Perfotricolpites digitatus*, *Proxapertites tertiaria*, *Retitrescolpites? irregularis*, *Retitricolporites guianensis*, *Syncolporites incomptus*, *Echitricolpites cruziae*, *Verrutricolporites* sp., *Retitricolporites hispidus*, *Crassiectoapertites columbianus*, *Echiperiporites jaramilloi*, *Margocolporites vanwijhei*, *Striatricolporites tenuissimus*, *Psilatricolpites minutus*, *Retitricolpites conciliatus*, *Bombacacidites baculatus*, *Myrtaceidites* spp., *Psilaperiporites delicatus*, *Polyadopollenites mariae*, *Margocolporites*

*carinae*, *Costatricolporites reticulatus*, *Retibrevitricolpites microreticulatus*, *Ctenolophonidites suigeneris*, *Retibrevitricolporites costaporus*, *Siltaria dilcheri*, *Magnastriatites grandiosus*, *Laevigatosporites* spp., *Retitriletes altimuratus*, *Crassoretitriletes vanraadshoovenii*, *Polypodiisporites* spp. e *Nijssenosporites fossulatus*.

**Espécies de ostracodes associadas:** O limite inferior é marcado pelas extinções de *Cyprideis pebasae* e *Cyprideis machadoi*. A porção inferior é marcada pela extinção de *Cyprideis sulsigmoidalis*.

**Discussão:** Embora este intervalo bioestratigráfico possua o mesmo nome que em Parra *et al.*, (2019) – Biozona *Corsinipollenites oculusnoctis* (23,03 Ma–17,71 Ma) – não compreende a mesma biozona. Parra *et al.* (2019) utiliza modalidade de intervalo diferencial inferior, definindo o limite inferior da Biozona *Corsinipollenites oculusnoctis* a partir do surgimento de *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965. Com base na idade 11,62 Ma, extinção de *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 atribuída por Parra *et al.*, 2019, pode-se considerar a possibilidade de posicionar o limite inferior desta biozona ao Andar Tortoniano inferior. Para o limite superior desta biozona, o mesmo permanece sem atribuição cronoestratigráfica precisa.

## 7.2 Biozonas com base em ostracodes

Três biozonas com base em ostracodes, orientadas da base para o topo estão caracterizadas: 1) Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al.*, 2019, modalidade amplitude, 2) Biozona *Cyprideis multiradiata*, modalidade diferencial superior e 3) Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis sensu* Medeiros *et al.*, 2019, modalidade diferencial superior. No presente trabalho, foi utilizado o arcabouço bioestratigráfico de Medeiros *et al.*, 2019, com mudança na modalidade da Biozona *Cyprideis multiradiata*. A mudança da modalidade da Biozona *Cyprideis multiradiata*, de amplitude para diferencial superior, implica numa melhor utilização da distribuição cronoestratigráfica e paleogeográfica da espécie *Cyprideis multiradiata*, visto que em outras sondagens da Formação Solimões, essa espécie que denomina a Biozona *Cyprideis multiradiata*, coocorre com a espécie *Cyprideis caraionae*, fóssil-índice da Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al.*, 2019. Embora até o momento, o biozoneamento de Medeiros *et al.* (2019) tenha uma aplicabilidade local, este arcabouço é aquele com melhor resolução bioestratigráfica ao considerar a falta de espécies-guias do arcabouço bioestratigráfico de Munoz-Torres *et al.* (2006) na sondagem 1-AS-33-AM. A seguir são apresentadas as biozonas caracterizadas a partir do ensaio de biozonemanto para a sondagem 1-AS-33-AM (Fig. 8).

### **Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al.* (2019)**

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade amplitude (Medeiros *et al.*, 2019).

**Definição:** A delimitação desta biozona obedeceu à amplitude de *Cyprideis caraionae*, em que a base e o topo correspondem respectivamente ao surgimento e extinção dessa espécie (Medeiros *et al.*, 2019).

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 351,40 m - 290,05 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil (Medeiros *et al.*, 2019).

**Cronoestratigrafia:** Andar Langhiano superior ao Serravalliano médio.

**Caracterização:** O limite inferior além da espécie diagnóstica desta biozona, pode ser marcado pelo surgimento de *Rhadinocytherura amazonensis*, 1980. O limite superior além da espécie diagnóstica desta biozona, pode ser marcado pelos surgimentos de *Cyprideis machadoi*, *Cyprideis simplex*, *Cyprideis sulcosigmoidalis*, *Cyprideis multiradiata* e *Cyprideis aff. Amazonica* (Medeiros *et al.*, 2019).

**Principais espécies de palinórfos associadas:** *Bombacacidites nacimientoensis*, *Clavainaperturites clavatus*, *Corsinipollenites oculusnoctis*, *Crassietoapertites columbianus*, *Malvacipoloides maristellae*, *Echitricolporites spinosus*, *Magnastriatites grandiosus*, *Crassoretitriletes vanraadshoovenii*, *Echitriletes muelleri*, *Multimarginites vanderhammenii*, *Psilastephanoporites tesseroporus*, *Retipollenites crotonicolumellatus*, *Siltaria media*, *Psilastephanoporites herngreenii*, *Bombacacidites baculatus* e *Psiladiporites minimus*.

**Discussão:** Para este intervalo bioestratigráfico foi aplicada a Biozona *Cyprideis caraionae* proposta por Medeiros *et al.* (2019), atribuída pelos autores ao Andar Serravalliano médio. Ao correlacionar com a idade de surgimento das espécies de palinórfos *Crassoretitriletes vanraadshoovenii*, 14,18 Ma e *Fenestrites spinosus*, 12,7 Ma, datadas por Jaramillo *et al.* (2011), pode-se considerar a possibilidade de atribuir esta biozona ao intervalo do Andar Langhiano superior ao Serravalliano médio, sendo portanto a interpretação cronoestratigráfica assumida no presente trabalho mais antiga do que aquela considerada por Medeiros *et al.* (2019).

### **Biozona *Cyprideis multiradiata***

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade intervalo diferencial superior.

**Definição:** O limite inferior é caracterizado pela extinção de *Cyprideis caraionae*. O limite superior é caracterizado pela extinção de *Cyprideis multiradiata*.

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 290,05 m – 136,35 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Cronoestratigrafia:** Andar Serravalliano médio ao Andar Tortoniano inferior.

**Caracterização:** O limite inferior além da espécie diagnóstica desta biozona, pode ser marcado pelos surgimentos de *Cyprideis machadoi*, *Cyprideis simplex*, *Cyprideis sulcosigmoidalis*, *Cyprideis multiradiata* e *Cyprideis* aff. *amazonica*. O limite superior além da espécie diagnóstica desta biozona, pode ser marcado pelos surgimentos de *Cyprideis pebasae*, *Alicenula olivencae*, pela ocorrência pontual de *Cyprideis inversa* e pelas extinções de *Cyprideis* aff. *graciosa*. Foraminíferos aparecem nesse nível. Na porção superior podem ocorrer as extinções de *Cyprideis* aff. *amazonica*, *Cyprideis simplex*, *Alicenula olivencae* e *Rhadinocytherura amazonensis*.

**Principais espécies de palinomorfos associadas:** *Ctenolophonidites suigeneris*, *Cichoreacidites longispinosus*, *Grimsdalea magnaclavata*, *Fenestrites spinosus*, *Ladakhipollenites caribbiensis*, *Paleosantalaceaeapites cingulatus*, *Siltaria media*, *Psiladiporites minimus*, *Jandufouria seamrogiformis*, *Multiareolites formosus* e *Psilastephanoporites herngreenii*.

**Discussão:** Embora este intervalo bioestratigráfico possua o mesmo nome que em Medeiros *et al.* (2019), Biozona *Cyprideis multiradiata* (Serravalliano superior– Tortonian inferior), não compreende a mesma biozona. Medeiros *et al.*, 2019 definiu a Biozona *Cyprideis multiradiata* com base no surgimento e extinção de *Cyprideis multiradiata* caracterizando uma modalidade de amplitude. Devido à aplicabilidade local da Biozona *Cyprideis multiradiata sensu* Medeiros *et al.* (2019), já discutida neste trabalho, sugere-se a mudança da modalidade amplitude (Medeiros *et al.*, 2019) para diferencial superior. A espécie *Cyprideis multiradiata* tem a extinção no mesmo nível estratigráfico de *Cyprideis inversa* com idade atribuída à 11 Ma por Wesselingh & Ramos (2010). Com base na correlação cronobioestratigráfica de Wesselingh & Ramos (2010), pode-se considerar a possibilidade de atribuir esta biozona ao intervalo do Andar Serravalliano médio ao Tortoniano inferior, conforme Medeiros *et al.* (2019).

### **Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis sensu* Medeiros *et al.* (2019)**

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade intervalo diferencial superior (Medeiros *et al.*, 2019).

**Definição:** O limite inferior é caracterizado pela extinção de *Cyprideis multiradiata*. O limite superior é caracterizado pela extinção de *Cyprideis sulcosigmoidalis* (Medeiros *et al.*, 2019).

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 136,35 m – 79,40 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil (Medeiros *et al.*, 2019).

**Cronoestratigrafia:** Andar Tortoniano inferior.

**Caracterização:** Adicionalmente, o limite inferior pode ser marcado pelos surgimentos de *Cyprideis pebasae*, *Alicenula olivencae*, pela ocorrência pontual de *Cyprideis inversa* e pelas extinções de *Cyprideis* aff. *graciosa*. Foraminíferos desaparecem nesse nível (Medeiros *et al.*, 2019).

**Principais espécies de palinórfos associadas:** *Psilastephanoporites tesseroporus*, *Multimarginites vanderhammenii*, *Bombacacidites nacimientoensis*, *Clavainaperturites clavatus*, *Corsinipollenites oculusnoctis*, *Crassietoapertites columbianus*, *Malvacipolloides maristellae*, *Echitricolporites spinosus*, *Magnastriatites grandiosus*, *Crassoretiriletes vanraadshoovenii*, *Ctenolophonidites suigeneris*, *Cichoreacidites longispinosus*, *Grimsdalea magnaclavata*, *Fenestrites spinosus*, *Ladakhipollenites caribbiensis*, *Paleosantalaceaepites cingulatus*, *Bombacacidites baculatus*, *Echitriletes muelleri* e *Echitricolporites mcneillyi*.

**Discussão:** Para este intervalo bioestratigráfico foi aplicada a Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis* *sensu* Medeiros *et al.* (2019), atribuída pelos autores ao Andar Tortoniano superior. Ao correlacionar a extinção de *Cyprideis Sulcosigmoidalis* com a idade 11,31 Ma (Kern *et al.*, 2020), pode-se considerar a possibilidade de atribuir esta biozona ao Andar Tortoniano inferior, sendo portanto a interpretação cronoestratigráfica assumida no presente trabalho mais antiga do que aquela considerada por Medeiros *et al.* (2019).

### 7.3 Biozonamento integrado com palinórfos e ostracodes

Oito biozonas com base na integração de palinórfos e ostracodes, orientadas da base para o topo são caracterizadas: 1) Biozona *Retipollenites crotonicolumellatus*-*Cyprideis Caraionae*, modalidade diferencial inferior, 2) Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al.*, 2019 (detalhada no item 7.2), modalidade amplitude, 3) Biozona *Cyprideis simplex*-*Fenestrites spinosus*, modalidade diferencial inferior, 4) Biozona *Fenestrites spinosus* (detalhada no item 7.1), modalidade diferencial inferior, 5) Biozona *Psilastephanoporites herngreenii* (detalhada no item 7.1), modalidade concorrência, 6) Biozona *Psilastephanoporites herngreenii*-*Cyprideis multiradiata*, Modalidade diferencial superior, 7) Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis sensu* Medeiros *et al.*, 2020 (detalhada no item 7.2), modalidade diferencial inferior e 8) Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis*-*Corsinipollenites oculusnoctis*, modalidade diferencial inferior. Das oito biozonas supracitadas, em quatro destas, os limites inferior e superior são definidos por espécies de palinórfos e de ostracodes. Ou seja, com a utilização da integração de dados bioestratigráficos de espécies de palinórfos e de ostracodes foi possível ampliar a resolução bioestratigráfica do intervalo estudado. Quanto às outras quatro biozonas, duas têm os limites inferior e superior marcados por espécies de palinórfos e as outras duas com base em espécies de ostracodes. A seguir são apresentadas as biozonas caracterizadas a partir do ensaio de biozonamento integrado para a sondagem 1-AS-33-AM (Fig. 8).

#### **Biozona *Retipollenites crotonicolumellatus*–*Cyprideis caraionae***

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade intervalo diferencial inferior.

**Definição:** O limite inferior é caracterizado pelo surgimento da espécie de palinomorfo *Retipollenites crotonicolumellatus*. O limite superior é caracterizado pelo surgimento da espécie de ostracode *Cyprideis caraionae*.

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 399,10 m- 351,40 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Cronoestratigrafia:** Andar Langhiano superior.

**Caracterização:** No limite inferior, além da espécie diagnóstica desta biozona, podem surgir as espécies de palinomorfos *Bombacacidites nacimientoensis*, *Clavainaperturites clavatus*, *Corsinipollenites oculusnoctis*, *Crassietoapertites columbianus*, *Crotoidaepollenites reticulatus*, *Echiperiporites estelae*, *Echiperiporites jaramilloi*, *Malvacipolloides maristellae*, *Echitricolporites spinosus*, *Margocolporites vanwijhei*, *Monoporopollenites annulatus*, *Perfotricolpites digitatus*, *Perisyncolporites pokorny*, *Proxapertites tertiaria*, *Psilamonocolpites medius*, *Psilatricolporites vanus*, *Retitrescolpites? irregularis*, *Retitricolporites guianensis*, *Retitricolporites* sp.1, *Retitricolporites simplex*, *Spirosyncolpites spiralis*, *Syncolporites incomptus*, *Echitriporites cricotriporatiformis?*, *Echiperiporites akanthos*, *Striatopollis catatumbus*, *Mauritiidites franciscoi*, *Psilastephanocolporites deoliverae*, *Psilastephanocolporites deoliverae*, *Ranunculacidites operculatus*, *Retimonocolpites maximus*, *Multimarginites vanderhammenii*, *Psilastephanoporites tesseroporus*, *Retitrescolpites magnus*, *Gomphrenipollis garciae*, *Inaperturopollenites* spp., *Retipollenites crotonicolumellatus*, *Retitricolporites "heterobrochatus"*, *Siltaria media*, *Bombacacidites araracuarensis*, *Psilamonocolpites grandis*, *Psilastephanoporites herngreenii*, *Striatricolporites poloreticulatus?*, *Retistephanocolporites "irregularis"*, *Rubipollis mulleri*, *Retistephanocolporites elizabetae*, *Retistephanoporites* cf. *R. angelicus*, *Laevigatosporites* spp., *Magnastriatites grandiosus*, *Polypodiisporites* spp., *Psilatriteles* sp., *Retitriteles altimuratus*, *Echitriteles muelleri*. A porção superior pode ser marcada pelos surgimentos de *Psilamonocolpites amazonicus* e *Retipollenites solimoensis*. Adicionalmente o limite superior pode ser marcado pelo surgimento da espécie de ostracode *Rhadinocytherura amazonensis*.

**Discussão:** Com base nas idades de surgimento da espécie *Crassoretitriteles vanraadshoovenii*, 14,18 Ma, datada por Jaramillo *et al.*, 2011, pode-se considerar a possibilidade de atribuir o limite superior desta biozona basal ao Andar Langhiano superior. Adicionalmente, a espécie *Retistephanocolporites elizabetae* Leite *et al.*, 2020 que tem a ocorrência pontual no limite inferior, pode futuramente ser considerada espécie-índice para a porção inferior desta biozona tentativamente mantida no Burdigaliano/Langhiano, conforme as idades atribuídas por Leite *et al.* (2020).

**Biozona *Cyprideis caraionae* sensu Medeiros et al. (2019)**

Biozona detalhada no item 7.2 (Figs 10, 11 e 12)

**Biozona *Cyprideis simplex*–*Fenestrites spinosus***

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade diferencial inferior.

**Definição:** O limite inferior é caracterizado pelo surgimento da espécie de ostracode *Cyprideis simplex*. O limite superior é caracterizado pelo surgimento da espécie de palinomorfo *Fenestrites spinosus*.

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 290,05 m - 276,70 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Cronoestratigrafia:** Andar Serravalliano médio.

**Caracterização:** O limite inferior, além da espécie diagnóstica desta biozona, pode ser marcado pela extinção da espécie de ostracode *Cyprideis caraionae* e pelos surgimentos de *Cyprideis machadoi*, *Cyprideis sulcosigmoidalis*, *Cyprideis multiradiata* e *Cyprideis* aff. *amazonica*. O limite superior pode ser marcado pelo surgimento da espécie de palinomorfo *Ctenolophonidites suigeneris*. Na porção inferior pode ocorrer o surgimento da espécie de palinomorfo *Cichoreacidites longispinosus*.

**Discussão:** O surgimento da espécie de ostracode *Cyprideis simplex* na sondagem 1-AS-33-AM, ocorre no mesmo nível estratigráfico de extinção da espécie de ostracode *Cyprideis Caraionae*, atribuída à 13 Ma. O surgimento da espécie de grão de pólen *Fenestrites spinosus* marca a base da biozona *Fenestrites spinosus sensu Jaramillo et al. (2011)*, correspondendo a 12,7 Ma. Pode-se considerar a possibilidade de atribuir esta biozona ao Andar Serravalliano médio.

**Biozona *Fenestrites spinosus***

Biozona detalhada no item 7.1 (Figs 10, 11 e 12)

**Biozona *Psilastephanoporites herngreenii***

Biozona detalhada no item 7.1 (Figs 10, 11 e 12)

**Biozona *Psilastephanoporites herngreenii* -*Cyprideis multiradiata***

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade diferencial superior.

**Definição:** O limite inferior é caracterizado pela extinção da espécie de palinomorfo *Psilastephanoporites herngreenii*. O limite superior é caracterizado pela extinção da espécie de ostracode *Cyprideis multiradiata*.

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 198,50 m - 136,35 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Cronoestratigrafia:** Andar Serravalliano superior ao Tortoniano inferior.

**Caracterização:** O limite inferior além da espécie diagnóstica desta biozona, pode ser marcado pelas extinções das espécies de palinomorfos: *Psilamonocolpites grandis*, 1965, *Heterocolpites incomptus* e pela ocorrência pontual de *Proxapertites minutus*. A porção superior pode ser marcada pelos surgimentos de *Zonocostites* sp., *Echiperiporites jutaiensis*, *Cichoreacidites "cristatus"*, *Foveotricolporites caldensis*, *Retitricolpites florentinus*, *Striatricolporites tenuissimus*, *Psilatricolporites* sp. *Striatricolporites digitatus*, *Verrucatotriletes bullatus* e *Retitricolporites* sp.3. Adicionalmente, a porção superior pode ser marcada pelas extinções de *Psilamonocolpites amazonicus*, *Retibrevitricolpites* cf. *R. catatumbus*, *Foveotricolporites* sp., *Echitricolporites* sp., *Siltaria media*, *Psiladiporites minimus*, *Crotonoidaepollenites echinatus*, *Jandufouria seamrogiformis*, *Podocarpidites* sp., *Bombacacidites araracuarensis*, *Retitricolporites ticuneorum*, *Bombacacidites brevis*, *Psilatricolporites labiatus*, *Echitricolpites "romeroi"*, *Rugotricolporites arcus*, *Multiareolites formosus*, *Scabratricolporites planetensis*, *Retitricolpites wijningae* e pela ocorrência pontual de *Echidiporites barbeitoensis*, *Stephanocolpites costatus* e cisto de dinoflagelado. O limite superior, além da espécie diagnóstica desta biozona, pode ser marcado pelos surgimentos das espécies de ostracodes *Cyprideis pebasae*, *Alicenula olivencae*, pela ocorrência pontual de *Cyprideis inversa* e pelas extinções de *Cyprideis* aff. *graciosa*. Foraminíferos aparecem nesse nível. Na porção superior podem ocorrer as extinções de *Cyprideis* aff. *amazonica*, *Cyprideis simplex*, *Alicenula olivencae* e *Rhadinocytherura amazonensis*.

**Discussão:** A partir da extinção da espécie de palinomorfo *Psilastephanoporites herngreenii*, datada em 11,79 Ma por Jaramillo *et al*, 2011 e considerando que a espécie de ostracode *Cyprideis multiradiata* tem a extinção no mesmo nível estratigráfico de *Cyprideis inversa*, atribuída à 11 Ma por Wesselingh & Ramos (2010), segue-se para a presente biozona o intervalo do Andar Serravalliano superior ao Tortoniano inferior.

### **Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis sensu* Medeiros *et al.* (2019)**

Biozona detalhada no item 7.2 (Figs 10, 11 e 12)



## Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis* -*Corsinipollenites oculusnoctis*

(Figs 10, 11 e 12)

**Tipo de biozona:** Modalidade diferencial superior.

**Definição:** O limite inferior é caracterizado pela extinção da espécie de ostracode *Cyprideis sulcosigmoidalis*. O limite superior é caracterizado pela extinção da espécie de palinomorfo *Corsinipollenites oculusnoctis*.

**Estratotipo:** Poço 1-AS-33-AM, 79,40 m – 32,00 m de profundidade. Distrito de Canamã, Município Atalaia do Norte, Estado do Amazonas, Brasil.

**Cronoestratigrafia:** Andar Tortoniano inferior.

**Caracterização:** O limite inferior além da espécie diagnóstica desta biozona, pode ser marcado pelos surgimentos das espécies de ostracodes *Cyprideis pebasae*, *Alicenula olivencae*, pela ocorrência pontual de *Cyprideis inversa* e pelas extinções de *Cyprideis* aff. *graciosa*. Foraminíferos desaparecem nesse nível. A porção inferior pode ser marcada pelas extinções dos palinomorfos *Mauritiidites franciscoi*, *Psilastephanocolporites deoliverae*, *Ranunculacidites operculatus*, *Retimonocolpites maximus*, *Retipollenites solimoensis*, *Retistephanoporites crassiannulatus*, *Retitricolporites kaarsii*, *Retibrevitricolporites? toigoae*, *Parsonidites brenacii*, *Fenestrites spinosus*, *Ladakhipollenites carmoi*, *Ilexpollenites* sp., *Monoporopollenites scabratus*, *Proteacidites triangulatus*, *Paleosantalaceaepites cingulatus*, *Retitricolporites* sp.3, *Zonocostites* sp., *Cichoreacidites "cristatus"*. A espécie de palinomorfo *Echitricolporites mcneillyi* pode ocorrer de forma pontual na porção inferior desta biozona. A porção superior desta biozona pode ser marcada pelas extinções das espécies de palinomorfos *Echitriporites cricotriporatiformis*, *Echitriletes muelleri*, *Polypodiaceoisporites* sp., *Crotonoidaepollenites "classicus"*, *Verrucatotriletes bullatus*, *Echiperiporites intectatus*, *Glencopollis curvimuratus*, *Echiperiporites akanthos*, *Striatopollis catatumbus*, *Malvacipolloides echibaculatus*, *Retitricolporites* sp.2, *Ladakhipollenites carmoi* e pelas ocorrências pontuais de *Striasyncolporites anastomosus* e *Pediastrum* sp. O limite superior além da espécie diagnóstica desta biozona, pode ser marcado pelas extinções (aparentes) de *Clavainaperturites clavatus*, *Echiperiporites lophatus*, *Echiperiporites estelae*, *Crotonoidaepollenites reticulatus*, *Echiperiporites jutaiensis*, *Monoporopollenites annulatus*, *Bombacacidites nacimientoensis*, *Malvacipolloides maristellae*, *Echiperiporites germeraadii*, *Perisyncolporites pokornyi*, *Psilamonocolpites medius*, *Psilatricolporites vanus*, *Retitricolpites simplex*, *Grimsdalea magnaclavata*, *Spirosyncolpites spiralis*, *Retitricolporites ellipticus*, *Foveotricolporites caldensis*, *Striatricolporites digitatus*, *Retitricolporites perpusillus*, *Cichoreacidites longispinosus*, *Echitricolporites spinosus*, *Perfotricolpites digitatus*, *Proxapertites tertiaria*, *Retitrescolpites? irregularis*, *Retitricolporites guianensis*, *Syncolporites incomptus*, *Echitricolpites cruziae*, *Verrutricolporites* sp., *Retitricolporites hispidus*,

*Crassiectoapertites columbianus*, *Echiperiporites jaramilloi*, *Margocolporites vanwijhei*, *Striatricolporites tenuissimus*, *Psilatricolpites minutus*, *Retitricolpites conciliatus*, *Bombacacidites baculatus*, *Myrtaceidites* spp., *Psilaperiporites delicatus*, *Polyadopollenites mariae*, *Margocolporites carinae*, *Costatricolporites reticulatus*, *Retibrevitricolpites microreticulatus*, *Ctenolophonidites suigeneris*, *Retibrevitricolporites costaporus*, *Siltaria dilcheri*, *Magnastriatites grandiosus*, *Psilatriteles* sp. 25-50µm, *Laevigatosporites* spp., *Retitriteles altimuratus*, *Crassoretitriteles vanraadshoovenii*, *Polypodiisporites* spp. e *Nijssenosporites fossulatus*.

**Discussão:** Considerando a datação de 11,31 Ma para o topo da perfuração 1-AS-14-AM (Kern *et al.*, 2020), pode-se atribuir à extinção da espécie de ostracode *Cyprideis sulcosigmoidalis* (Purper, 1979) ao Andar Tortoniano inferior. Através da análise cronoestratigráfica das espécies supracitadas sugere-se a atribuição do limite inferior desta biozona ao Andar Tortoniano inferior. Para o limite superior desta biozona, o mesmo permanece sem atribuição cronoestratigráfica precisa.

## 8 ARCABOUÇO CRONOBIOESTRATIGRÁFICO

A sondagem 1-AS-33-AM é particularmente importante para o estudo da sucessão fossilífera pois abrange aproximadamente 400 m de camadas sedimentares da Formação Solimões e, por isso foi selecionada para a condução do presente trabalho. Da amostragem mais basal, em 399,10 m até a amostragem mais superior em 32,00 m, totalizam-se 367,10 m de intervalo sedimentar que, após a condução da análise bioestratigráfica atualizada, foram atribuídos ao intervalo cronoestratigráfico Langhiano superior – Tortoniano inferior.

O estudo integrado de distribuição estratigráfica das espécies de palinórfos e de ostracodes provenientes das amostras da sondagem 1-AS-33-AM, permitiu ampliar a resolução bioestratigráfica aumentando o número de biozonas para a Formação Solimões. Isso só foi possível por mérito das décadas de trabalhos que enfatizaram os estudos taxonômicos e bioestratigráficos, sendo referência para a presente revisão e atualização da bioestratigrafia da Formação Solimões. A atribuição destes estratos sedimentares ao intervalo cronoestratigráfico Langhiano superior–Tortoniano inferior, difere de Medeiros *et al.* (2019) que posiciona os depósitos sedimentares no intervalo Serravalliano médio-Tortoniano superior, e de Leite *et al.* (2020) que posiciona o topo da sondagem 1-AS-33-AM até 7,1 Ma, Messiniano inferior (Fig.11). Vale salientar que, as biozonas caracterizadas no presente trabalho utilizando dados de surgimento e de extinção datados nos trabalhos de Jaramillo *et al.* (2011), Parra *et al.* (2019) e Kern *et al.* (2020), apresentaram boa correlação cronoestratigráfica com os arcabouços cronobioestratigráficos propostos por Hoorn (1993), Wesselingh *et al.* (2006) e Wesselingh & Ramos (2010) (Fig.12).

GEOCRONOLOGIA		UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS						
Ma	ÉPOCA	IDADE	PALINOMORFOS		OSTRACODES		PALINOMORFOS E OSTRACODES	
			Leite <i>et al.</i> (2020)	PRESENTE ESTUDO	Medeiros <i>et al.</i> (2019)	PRESENTE ESTUDO	PRESENTE ESTUDO	
	MIOCENO	MESSINIANO						
8		TORTONIANO	T-16					
9								
10						<i>Cyprideis sulcosigmoidalis</i>		
11								
11				<i>Corsinipollenites oculusnoctis</i>	<i>Cyprideis multiradiata</i>	<i>Cyprideis sulcosigmoidalis</i>	<i>Cyprideis sulcosigmoidalis</i> - <i>Corsinipollenites oculusnoctis</i>	
12			<i>Psilastephanoporites tesseroporus</i>	<i>Psilastephanoporites hermgenii</i> - <i>Cyprideis multiradiata</i>				
12			<i>P. hermgenii</i>	<i>Psilastephanoporites hermgenii</i>				
12		SERRAVALLIANO	T-15	<i>Fenestrites spinosus</i>	<i>Cyprideis multiradiata</i>	<i>Fenestrites spinosus</i>		
13						<i>Cyprideis caraionae</i>	<i>Cyprideis. simplex</i> - <i>Fenestrites spinosus</i>	
13					<i>Crassoretitiletes vanraadshoovenii</i>	<i>Cyprideis caraionae</i>	<i>Cyprideis caraionae</i>	
14		LANGHIANO	T-14	<i>R. crotonicolumellatus</i>		<i>Retipollenites crotonicolumellatus</i> - <i>Cyprideis caraionae</i>		
15								
16		BURDIGALIANO						

**Figura 11**– Arcabouço cronobioestratigráfico proposto no presente trabalho comparado com os os arcabouços cronobioestratigráficos de Medeiros *et al.* (2019) e Leite *et al.* (2020) na sondagem 1-AS-33-AM.

GEOCRONOLOGIA		UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS							
Ma	ÉPOCA	IDADE	PALINOMORFOS (Horn, 1993)	MOLUSCOS (Wesselingh & Ramos 2010)	SONDAGEM 1-AS-33-AM				
					PALINOMORFOS	OSTRACODES	PALINOMORFOS E OSTRACODES		
11	MIOCENO	TORTONIANO	Grimsdalea	MZ12	<i>Corsinipollenites oculusnoctis</i>	<i>Cyprideis sulcosigmoidalis</i>	<i>Cyprideis sulcosigmoidalis</i> - <i>Corsinipollenites oculusnoctis</i>		
							<i>Cyprideis sulcosigmoidalis</i>		
							<i>Psilastephanoporites tesseroporos</i>	<i>Psilastephanoporites herngreenii</i> - <i>Cyprideis multiradiata</i>	
								<i>Psilastephanoporites herngreenii</i>	
							SERRAVALLIANO	MZ10	<i>P. herngreenii</i>
		<i>Fenestrites spinosus</i>							
		<i>Cyprideis. simplex</i> - <i>Fenestrites spinosus</i>							
		MZ8	<i>Crassoretitriletes vanraadshoovenii</i>	<i>Cyprideis caraionae</i>	<i>Cyprideis caraionae</i>				
					<i>Cyprideis. simplex</i> - <i>Fenestrites spinosus</i>				
		LANGHIANO	MZ7	<i>R. crotonicolumellatus</i>	<i>Retipollenites crotonicolumellatus</i> - <i>Cyprideis caraionae</i>	<i>Retipollenites crotonicolumellatus</i> - <i>Cyprideis caraionae</i>			
<i>Retipollenites crotonicolumellatus</i> - <i>Cyprideis caraionae</i>									
MZ6	<i>R. crotonicolumellatus</i>					<i>Retipollenites crotonicolumellatus</i> - <i>Cyprideis caraionae</i>			
							<i>Retipollenites crotonicolumellatus</i> - <i>Cyprideis caraionae</i>		
12									
13									
14									
15									

**Figura 12**– Arcabouço cronobioestratigráfico da sondagem 1-AS-33-AM proposto no presente trabalho comparado com os arcabouços cronobioestratigráficos propostos por Horn (1993), Wesselingh *et al.* (2006) e Wesselingh & Ramos (2010).

## 9 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio de biozoneamento integrado local usando dados de espécies de palinórfos e de ostracodes provenientes da sondagem 1-AS-33-AM, permitiu atribuir a seção estudada ao intervalo cronoeestratigráfico Langhiano superior–Tortoniano inferior. Foram caracterizadas através de fósseis-índices, seis biozonas com base em palinórfos, três biozonas com base em ostracodes e oito biozonas integrando palinórfos e ostracodes, resultando em uma notável ampliação do arcabouço bioestratigráfico para a sondagem 1-AS-33-AM.

No que concerne ao biozoneamento baseado em espécies de palinórfos, foi reconhecida uma biozona previamente proposta para o Neógeno da Amazônia e outras cinco novas biozonas foram caracterizadas: Biozona *Retipollenites crotonicolumellatus*, Andar Langhiano superior, Biozona *Crassoretitriletes vanraadshoovenii sensu* Jaramillo *et al.* 2011, Andar Langhiano superior ao Serravalliano médio, Biozona *Fenestrites spinosus*, Andar Serravalliano médio ao Serravalliano superior, Biozona *Psilastephanoporites herngreenii*, Andar Serravalliano superior, Biozona *Psilastephanoporites tesseroporos*, Andar Serravalliano superior ao Tortoniano inferior e Biozona *Corsinipollenites oculusnoctis*, Andar Tortoniano inferior. Como resultado, obteve-se um limite temporal mais antigo do que àquele em publicações prévias para o topo desta sondagem.

A distribuição de espécies de ostracodes permitiu reconhecer duas biozonas previamente propostas para esta sondagem e caracterizar uma nova biozona. São elas: Biozona *Cyprideis caraionae sensu* Medeiros *et al.*, 2019, Andar Langhiano superior ao Serravalliano médio, Biozona *Cyprideis multiradiata*, Andar Serravalliano médio ao Tortoniano inferior e Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis sensu* Medeiros *et al.*, 2019, Andar Tortoniano inferior. Como resultado, obteve-se um limite temporal mais antigo do que aquele proposto em publicações prévias para a base e o topo desta sondagem.

O biozoneamento integrado utilizando espécies de palinórfos e de ostracodes permitiu ampliar o número de biozonas, além de apresentar uma inovação no estabelecimento de unidades bioestratigráficas combinando dois grupos microfossilíferos. Foram caracterizadas oito biozonas: Biozona *Retipollenites crotonicolumellatus*–*Cyprideis caraionae*, Andar Langhiano superior, Biozona *Cyprideis caraionae*, Andar Langhiano superior ao Serravalliano médio, Biozona *Cyprideis simplex*–*Fenestrites spinosus*, Andar Serravalliano médio, Biozona *Fenestrites spinosus*, Andar Serravalliano médio ao Serravalliano superior, Biozona *Psilastephanoporites herngreenii*, Andar Serravalliano superior, Biozona *Psilastephanoporites herngreenii*–*Cyprideis multiradiata*, Andar Serravalliano superior ao Tortoniano inferior, Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis sensu* Medeiros *et al.*, 2020, Andar Tortoniano inferior e Biozona *Cyprideis sulcosigmoidalis*–*Corsinipollenites oculusnoctis*, Andar Tortoniano inferior.

Visto que a maioria dos arcabouços bioestratigráficos da Formação Solimões foram estabelecidos a partir de bacias de outros países com registro sedimentar do Neógeno da Amazônia, com a presente contribuição enfatiza-se o biozoneamento para o Neógeno da Amazônia a partir de ampla sucessão sedimentar no Brasil. Em trabalhos futuros, pretende-se testar a aplicabilidade deste ensaio bioestratigráfico a partir da integração com dados de outras sondagens realizadas na Formação Solimões e datar a base e o topo da sondagem 1-AS-33-AM. Os resultados atingidos no presente trabalho demonstram o potencial de aplicação da integração de dados para a realização de interpretações bioestratigráficas, bem como biogeográficas e paleoambientais.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, R.Y. 1960. Cretaceous-Tertiary palynology, eastern side of the San Juan Basin, New Mexico. State Bureau of Mines and Mineral Resources - New Mexico Institute of Mining and Technology, New Mexico, USA. 58pp.
- Antunes R.L., Melo J.H.G. 2001. Micropaleontologia e estratigrafia de seqüências. In: Ribeiro H.J.P.S. ed. Estratigrafia de Seqüências - fundamentos e aplicações. São Leopoldo: Editora Unisinos. p. 137-218.

- Barata C.B. & Caputo M.V. 2007. Geologia do petróleo da Bacia do Solimões. O “estado da arte”. 4º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Campinas, 1:147-157.
- Berry W.B.N. 1966. Zones and zones with exemplification from the Ordovician. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 50(7):1487-1500.
- Bolli, H. M., 1966. Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic Foraminifera. *Bol. Inform. Asoc. Venezolana Geol. Minería Petrol.*, 9: 3-32.
- Campbell K.E., Heizler M., Frailey C.D., Romero-Pittman L., Porthero D.R. 2001. Upper Cenozoic chronostratigraphy of the Southwestern Amazon basin. *Geology*, 29: 595-598.
- Caputo M.V., Rodrigues R., Vasconcelos D.N.N. 1971. Litoestratigrafia da Bacia do rio Amazonas. Relatório Técnico Interno 641-A, Petrobras-Renor, Belém, p. 35-46
- Caputo M.V. 1984. Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology e palaeogeography of Northern basins of Brazil. Unpublished PhD thesis. University of California, Santa Barbara, 583p.
- Caputo, M.V., 2014. Juruá Orogeny: Brazil and Andean Countries *Brazilian Journal of Geology*, 44(2): 181-190. DOI: 10.5327/Z2317-4889201400020001.
- Carvalho, Ismar de Souza. Paleontologia: microfósseis, paleoinvertebrados. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 531 p.
- Cruz, N.M.C. 1984. Palinologia do Linhito do Solimões no Estado do Amazonas. *Anais do II Simpósio Amazônico*, Manaus, BR. p. 473-480.
- Eakin, C. M.; Lithgow-Bertelloni, C. & Dávila, F. M. 2014. Influence of Peruvian flat-subduction Dynamics on the evolution of western Amazonia. *Earth and Planetary Science Letters*, 404:250- 260. [dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2014.07.027](https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.07.027).
- Eiras J.F., Becker C.R., Souza E.M., Gonzaga J.G., Da Silva J.G.F., Daniel L.M.F., Matsuda N.S., Feijó F.J. 1994. Bacia do Solimões. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, 8 (1): 17-46.
11. Eiras J.F. 2005. Cenário geológico das bacias sedimentares do Brasil. In: Projeto Multimin Tecnologia. Apostila sobre prospecção e desenvolvimento de campos de petróleo e gás (Schlumberger) Segunda parte: Tectônica, sedimentação e sistemas petrolíferos da bacia Solimões, estado do Amazonas. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAOU0AA/geologiapetroleo?part=3>
- Elsik, W.C. 1968. Palynology of a Paleocene Rockdale Lignite, Milam County, Texas. II. Morphology and taxonomy. *Pollen and Spores*, 10(2): 263-314.
- Germeraad J.H., Hopping C.A., Muller J. 1968. Palynology of Tertiary sediments from tropical areas. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 6: 189-348.

- Gross, M., Ramos, M.I.F., Piller, W.E., 2014. On the Miocene Cyprideis species flock (Ostracoda; Crustacea) of Western Amazonia (Solimões Formation): refining taxonomy on species level. *Zootaxa* 3899, 1–69. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3899.1.1>.
- Hooghiemstra, H.; Lundberg, J.; Stadler, T.; Särkinen, T. & Antonelli, A. 2010. Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *Science*, 330:927-931. doi:10.1126/science.1194585.
- 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 (3-4): 267–309.
- Horn C. 1994a. An environmental reconstruction of the palaeo-Amazon River system (Middle–Late Miocene, NW Amazonia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 112 (3-4): 187-238.
- Horn C. 1995. Miocene palynostratigraphy and paleoenvironments of Northwestern Amazonia: evidence for marine incursions and the influence of the Andean. Ph.D. Thesis, University of Amsterdam, 156 p. 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 (3-4): 267–309.
- Horn, C.; Wesselingh, F. P.; Ter Steege, H.; Bermudez, M. A.; Mora, A.; Sevink, J.; Sanmartín, I. Sanchez-Meseguer, A.; Anderson, C. L.; Figueiredo, J. P.; Jaramillo, C.; Riff, D.; Negri, F. Amazonia through time 2010: Andean uplift, climate change, landscape evolution and biodiversity. *Science*, 330(6006): 927-931.
- Jaramillo C., Rueda M., Torres V. 2011. A palynological zonation for the Cenozoic of the Llanos and Llanos Foothills of Colombia. *Palynology*, 35: 46-84.
- Kachinasz, K.R.; Silva-Caminha, S.A.F. 2016. Palinoestratigrafia da Formação Solimões: comparação entre bioestratigrafia tradicional e o método de associações unitárias. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 19(3): 481-490.
- Kern, Andrea & Gross, Martin & Galeazzi, Cristiano & Pupim, Fabiano & Sawakuchi, André & Almeida, Renato & Piller, Werner & Kuhlmann, Gabriel & Basei, Miguel. (2020). Re-investigating Miocene age control and paleoenvironmental reconstructions in western Amazonia (northwestern Solimões Basin, Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 109652. 10.1016/j.palaeo.2020.109652.
- Latrubesse, E. M.; Silva, S. A. F.; Cozzuol, M. & Absy, M. L. 2007. Late Miocene continental sedimentation in the southwestern Amazonia and its regional significance: Biotic and

geological evidence. *Journal of South American Earth Sciences*, 23:61–80. doi:10.1016/j.jsames.2006.09.021.

- Latrubesse E.M., Cozzuol M., Silva-Caminha S.A.F., Rigsby C.A., Absy M.L., Jaramillo C. 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, Programa de Pós-graduação em Geociências Aplicadas, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 128p.
- Leite F.P.R., Paz J., Carmo D.A., Silva-Caminha S.A.F. 2016. The effects of the inception of Amazonian transcontinental drainage during the Neogene on the landscape and vegetation of the Solimões Basin, Brazil. *Palynology*.doi:10.1080/01916122.2016.1236043.
- Linhares, A.P.; Gaia, V.S.; Ramos, M.I.F. 2017. The significance of marine microfossils for paleoenvironmental reconstruction of the Solimões Formation (Miocene), western Amazonia, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 79: 57-66.
- Leite F.P.R., Silva-Caminha S.A.F & D’Apolito, C., 2020: New Neogene index pollen and spore taxa from the Solimões Basin (Western Amazonia), Brazil, *Palynology*, DOI: 10.1080/01916122.2020.1758971.
- Linhares, A.P., Ramos, M.I.F., Gaia, V.C.S., Friaes, Y.S., 2019. Integrated biozonation based on palynology and ostracods from the Neogene of Solimões Basin, Brazil. *J. South Am. Earth Sci.* 91, 57–70. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.01.015>.
- Lorente M.A. 1986. Palynology and palynofacies of the Upper Tertiary of Venezuela. *Dissertationes Botanicae*, 99: 1-222.
- Machado, Luciano & Scheel-Ybert, Rita & Bolzon, Robson & Carvalho, Marcelo & Carvalho, Ismar. (2012). Lenhos fósseis do Neógeno da Bacia do Acre, Formação Solimões: contexto paleoambiental. *Revista Brasileira de Geociências*. 42. 67-80. 10.25249/0375-7536.20124216780.
- Maia R.G.N., Godoy H.K., Yamaguti H.S., Moura P.A., Costa F.S.F., Holanda M.A., Costa J.A. 1977. Projeto Carvão no Alto Solimões. Relatório Final. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-Departamento Nacional da Produção Mineral, Manaus, 142 p.
- Martini, E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In A. Farinacci (ed.), *Proc. II Plankt. Conf, Roma, 1970, 2, Tecnoscienza, Rome, 739-785*.



- Medeiros C. G. 2017. Ostracodes da Formação Solimões, Brasil: contribuição à bioestratigrafia do Neógeno da Amazônia. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 67p.
- Medeiros, C.G., Carmo, D.A., Antonietto, L.S., Boush, L.E.P., 2019. The ostracods from Solimoes Formation, Brazil: an alternative biostratigraphic zonation for the Neogene of Amazonia. *Revista Brasileira de Paleontologia* 22, 97–105. <https://doi.org/10.4072/rbp.2019.2.02>.
- Moraes Rego L.F. 1930. Notas sobre a Geologia do território do Acre e da bacia do Javari. Cezar & Cavalcante, Manaus, 45 p.
- Muller J., Di Giacomo E., Van Erve A.W. 1987. A palynological zonation for the Cretaceous, Tertiary, and Quaternary of northern South America. *AASP Contribution Series*, 19: 7-76.
- 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.A., Whatley, R.C., Harten, D. van, 2006. Miocene ostracod (Crustacea) biostratigraphy of the upper Amazon Basin and evolution of the genus *Cyprideis*. *J. S. Am. Earth Sci.* 21, 75–86. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2005.08.005>.
- Murphy, M.A. and Salvador, A., 1999. *International Stratigraphic Guide – An abridged version*. *Episodes* 22: 255-271.
- NACSN (North American Commission on Stratigraphic Nomenclature). North American stratigraphic code. *AAPG Bulletin*, v. 89, n. 11, p. 1547-1591, 2005.
- Parra, F. J., Navarrete R.E., di Pasquo M.M., Roddaz, M., Calderón Y. & Baby P. (2019): Neogene palynostratigraphic zonation of the Marañon Basin, Western Amazonia, Peru, *Palynology*, DOI: 10.1080/01916122.2019.1674395.
- Petri S., Coimbra A.M., Amaral G., Ponçano W.L. 1986. Guia de nomenclatura estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, 16(4): 376-415.
- Purper I. & Ornellas L.P. 1991. New Ostracodes of the Endemic Fauna of the Pebas Formation, Upper Amazon Basin, Brazil. *Pesquisas*, 18: 25-30.
- Purper, I. & Pinto, I.D. (1983) New genera and species of ostracodes of the Upper Amazon Basin, Brasil. *Pesquisas*, 15, 113–126.
- Purper I. & Pinto I.D. 1985. New data and new ostracods from Pebas Formation— Upper Amazon Basin. 8º Congresso Brasileiro de Paleontologia, Rio de Janeiro, 1985, *Seria Geologia, Paleontologia/Estratigrafia*, DNPM 27: 427-441.
- Purper I. 1979. Cenozoic Ostracodes of the Upper Amazon Basin, Brazil. *Pesquisas*, 12: 209-281.

- Ramos M.I.F. 2006. Ostracods from the Neogene Solimões Formation (Amazonas, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 21 (1-2): 87-95.
- Rebata-H L.A., Gingras M.Y.K., Räsänen M.E., Barberi M. 2006a. Tidal-channel deposits on a delta plain from the Upper Miocene Nauta Formation, Marañón Foreland Sub-basin, Peru. *Sedimentology*, 53: 971–1013.
- Regali, M.S.; Uesegui, N.; Santos, A. 1974. Palinologia dos sedimentos Meso–Cenozoicos do Brasil (I). *Boletim Técnico da Petrobrás*, 17: 263-362.
- Regali, M.S.P. 1971. Palinologia dos Sedimentos Cenozóicos da Foz do Rio Amazonas. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 118 p.
- Reis N.J. & Almeida M. E. 2010. Arcabouço Geológico In: Maia M. A. M., Marmos J.L. (eds.). Geodiversidade do estado do Amazonas. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, Manaus, 275 p.
- Reis N.J. & Almeida M. E. 2010. Arcabouço Geológico In: Maia M. A. M., Marmos J.L. (eds.). Geodiversidade do estado do Amazonas. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, Manaus, 275 p.
- Roddaz M., Baby P., Brusset S., Hermoza W., Darrozes J.M. 2005. Forebulge dynamics e environmental control in western Amazonia: The case study of the Arch of Iquitos (Peru). *Tectonophysics*, 399 (1-4): 87-108.
- NACSN (North American Commission on Stratigraphic Nomenclature). North American stratigraphic code. *AAPG Bulletin*, v. 89, n. 11, p. 1547-1591, 2005.
- Salvador, Amos *et al.* (Ed.). International stratigraphic guide: a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure. Geological Society of America, 1994. 214 p.
- Sheppard, L.M., Bate, R.H., 1980. Plio-Pleistocene ostracods from the Upper Amazon of Colombia and Peru. *Palaeontology* 23, 97–124.
- Sheppard, Grace & Müller, Dietmar & Liu, Lijun & Gurnis, M.. (2010). Miocene drainage reversal of the Amazon River driven by plate–mantle interaction. *Nature Geoscience*. 3. 870-875. 10.1038/NGEO1017.
- Silva, O. B. Análise da Bacia do Solimões (revisão estratigráfica, magmatismo e geoquímica). 1987. 177 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) –Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1987.
- Silva. S.A.F. 2004. Palinologia do neógeno da Amazônia Sul Ocidental, Brasil. Manaus, 105p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA.

- Silva, Silane Aparecida Ferreira da. Palinologia do neógeno da bacia do alto solimões: aspectos sistemáticos, bioestratigráficos e paleoecológicos. Manaus: [s.n.], 2008. viii, 80 f.. Tese (Biologia (Ecologia)) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- Silva-Caminha, S.A.F.; Jaramillo, C.; Absy, M.L. 2010. Neogene palynology of the Solimões Basin, Brazilian Amazonia. *Palaeontographica Abteilung B*, 283(1): 1-67.
- Silveira, R.R.; Souza, P.A. 2015. Palinologia (grãos de pólen de angiospermas) das formações Solimões e Içá (bacia do Solimões), nas regiões de Coari e Alto Solimões, Amazonas. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 18(3): 455-474.
- Silveira, R.R.; Souza, P.A. 2016. Palinologia (esporos de fungos e pteridófitas, grãos de pólenes de gimnospermas, cistos de algas e escolocodonte) das formações Solimões e Içá (Neogeno e Pleistoceno, Bacia do Solimões), Amazonas, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 43(1): 17-39.
- Silveira, R.R.; Souza, P.A. 2017. Palinoestratigrafia da Formação Solimões na Região do Alto Solimões (Atalaia do Norte e Tabatinga), Amazonas, Brasil. *Geociências*, 36(1): 100-117.
- Silveira, R.R. 2005. Cronoestratigrafia e Interpretação Paleoambiental de Depósitos Miocenos da Formação Solimões, Região de Coari, AM. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Amazonas, Dissertação de Mestrado, 115 p.
- Souza-Filho, J.P., Guilherme, E., 2015. A Paleontologia no Estado do Acre. In: Adamy, A. (Ed.), *Geodiversidade Do Estado Do Acre*. Porto Velho, pp. 147–158.
- Soares, Adilson & Hasui, Yociteru & Costa, João & Machado, Fábio. 2011. Evolução do Rifteamento e Paleogeografia da Margem Atlântica Equatorial do Brasil: Triássico ao Holoceno. *Geociências*. 30. 669-692.
- Swain, F.M. (1998) Ostracoda from the Pliocene? Pebas Formation at Iquitos, Peru. Available from: [http://www.geo.umn.edu/people/profs/swain/iquitos\\_Peru.pdf](http://www.geo.umn.edu/people/profs/swain/iquitos_Peru.pdf).
- Thiergart, F. 1940. Die Mikropaläontologie als Pollenanalyse in Dienst der Braunkohlenforschung. *Brennstoff-Geologie*, 13: 1-82.
- Wanderley Filho J.R., Eiras J.R., Vaz P.T. 2007. Bacia do Solimões. *Boletim Geociências Petrobras*, Rio de Janeiro, 15 (2): 217-225.
- 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, Oxford, p. 302–316.
- Wesselingh F.P. 2008. Molluscan radiations and landscape evolution in Miocene Amazonia. *Annales Universitatis Turkuensis: A II: Biologica - Geographica – Geologica*, Turku, 232: 41p.

- Wesselingh F.P. 2006. Molluscs from the Miocene Pebas Formation of Peruvian and Colombian Amazonia, *Scripta Geol*, 133: 19-290.
- Wesselingh, F.P.; Hoorn, M.C.; Guerrero, J.; Räsänen, M.; Romero, L.P. & 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.; Räsänen, M.E.; Irion, G.; Vonhof, H.B.; Kaandorp, R.; Renema, W. *et al.* 2002. Lake Pebas: a palaeoecological reconstruction of a Miocene, long-lived lake complex in western Amazonia. *Cainozoic Research*, 1: 35-81.
- Westaway, R. 2006. Late Cenozoic fluvial sequences in western Amazonia: fluvial or tidal? Deductions from the June IGCP 449 field trip. *Journal of South American Earth Sciences*, 21 (1-2): 120-134.
- Whatley R.C., Muñoz-Torres F., Van Harten D. 1998. The Ostracoda of an isolated Neogene saline lake in the western Amazon Basin. *Bulletin du Centres de Recherches Elf Exploration-Production, Memoires*, 20: 231-245.
- Zerfass G.S.A., Andrade E.J. 2008. Foraminíferos e Bioestratigrafia: uma abordagem didática. *Terra Didatica*, 3(1):18-35.

## **12. ANEXOS**

**ANEXO 1-** Conteúdo fossilífero listado e entre parênteses, encontra-se dado de abundância das espécies.

### **Nível estratigráfico 399,10 m**

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (16), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (02), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (03), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (01), *Crassiectoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (02), *Crotoidaepollenites reticulatus* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (01), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (02), *Echiperiporites jaramilloi* Leite *et al.*, 2020 (03), *Echitricolporites maristellae* Muller *et al.*, 1987 (21), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (01), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad *et al.*, 1968 (04), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (04), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (02), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (02), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (03), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (10), *Retitricolporites irregularis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (03), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (05), *Retitricolporites sp.1* (21), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (121), *Spirosyncolpites spiralis* González-Guzmán, 1967 (02), *Syncolporites incomptus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (01), *Echitriporites cricotriporatiformis?* Jaramillo *et al.*, 2011 (01), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (25), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (01), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (08), *Psilastephanocolporites deoliverae* Leite *et al.*, 2020 (03), *Ranunculacidites operculatus* (Van der Hammen & Wymstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001 (07), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (01), *Multimarginites vanderhammeni* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Psilastephanoporites tesseroporus* Regali *et al.*, 1974 (02), *Retitrescolpites magnus* (Gonzalez-Guzman, 1967) Jaramillo & Dilcher, 2001 (09), *Gomphrenipollis "garciae"* (02), *Inaperturopollenites* spp. (09), *Retipollenites crotonicolumellatus* Jaramillo *et al.*, 2011 (01), *Retitricolporites "heterobrochatus"* (01), *Siltaria media* (González-Gusmán, 1967) comb. nov. Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Bombacacidites araracuarensis* Hoorn, 1994 (01), *Psilamonocolpites grandis* (Van der Hammen, 1954) Van der Hammen & Garcia, 1965 (04), *Psilastephanoporites herngreenii* Hoorn 1993(01), *Striatricolporites poloreticulatus?* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (02), *Retistephanocolporites "irregularis"* (03), *Rubipollis mulleri* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (01), *Retistephanocolporites elizabetae* Leite *et al.*, 2020 (02) e

*Retistephanoporites cf. R. angelicus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (02); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (32), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (87), *Polypodiisporites* spp. (07), *Psilatriletes sp.* 25-50µm (02), *Retitriletes altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01) e *Echitriletes muellerii* Regali *et al.*, 1974 (03) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

#### Nível estratigráfico 356,35 m

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (11), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (02), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (04), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (07), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (04), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (14), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (01), *Retitricolporites sp.1* (03), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (267), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (08), *Psilastephanoporites tesseroporus* Regali *et al.*, 1974 (02), *Siltaria media* (González-Guzmán, 1967) comb. nov. Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Retipollenites solimoensis* Leite *et al.*, 2020 (04) e *Psilamonocolpites amazonicus* Hoorn, 1993 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (290), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (10), *Polypodiisporites* spp. (60) e *Psilatriletes sp.* 25-50µm (05) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

#### Nível estratigráfico 351,40 m

**Ostracodes:** *Cyprideis caraionae* Purper & Pinto, 1985 (209) e *Rhadinocytherura amazonensis* Sheppard & Bate, 1980 (13) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).

#### Nível estratigráfico 350,00 m

**Ostracodes:** *Cyprideis caraionae* Purper & Pinto, 1985 (40) e *Rhadinocytherura amazonensis* Sheppard & Bate, 1980 (02) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).

#### Nível estratigráfico 345,20 m

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (20), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (01), *Echitricolporites maristellae* Muller *et al.*, 1987 (01), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (06), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (01), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (07), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (03), *Retitricolpites simplex* González-

Guzmán, 1967 (47), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (07), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (04) e *Retitricolpites conciliatus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (55), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (02) e *Polypodiaceoisporites* sp. (15) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

#### Nível estratigráfico 326,25 m

**Grãos de pólen:** *Angiosperma indeterminada* (12), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (05), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (22), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (03), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (14), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (12), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (13), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (02), *Psilamonocolpites grandis* (Van der Hammen, 1954) Van der Hammen & Garcia, 1965 (02), *Retistephanocolporites "irregularis"* (01), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (14), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Retitricolporites kaarsii* Hoorn, 1993 (01) e *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (02); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (36), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (49), *Polypodiisporites* spp. (12), *Psilatriletes* sp. 25-50 $\mu$ m (138) e *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (211) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

#### Nível estratigráfico 320,25 m

**Grãos de pólen:** *Angiosperma indeterminada* (46), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (04), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (17), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (01), *Echitricolporites maristellae* Muller *et al.*, 1987 (01), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (01), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (39), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (03), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (03), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (05), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (04), *Echitriporites cricotriporatiformis?* Jaramillo *et al.*, 2011 (01), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (02), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (146), *Ranunculacidites operculatus* (Van der Hammen & Wymstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001 (02), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (03), *Bombacacidites araracuarensis* Hoorn, 1994 (10), *Striatricolporites poloreticulatus?* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (01), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (02),



*Echiperiporites lophatus et al.*, 2010 (02), *Retitricolporites perpusillus* Regali *et al.*, 1974 (01), *Bombacacidites baculatus* Muller *et al.*, 1987 (06), *Podocarpidites sp.* (01), *Retitricolporites ticuneorum* Hoorn, 1993 (01), *Margocolporites "annulatus"* (03) e *Psilastephanocolporites "endoporatus"* (03); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (47), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (18), *Polypodiisporites* spp. (352), *Psilatriletes sp. 25-50µm* (05), *Polypodiaceoisporites sp.* (02) e *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (26) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 304,45 m

**Grãos de pólen:** *Angiosperma indeterminada* (38), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (01), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (03), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (45), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (01), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (02), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (12), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(01), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (01), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (01), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (84), *Psilastephanocolporites deoliverae* Leite *et al.*, 2020 (02), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (07), *Retipollenites crotonicolumellatus* Jaramillo *et al.*, 2011 (01), *Psilamonocolpites grandis* (Van der Hammen, 1954) Van der Hammen & Garcia, 1965 (01), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (20), *Myrtaceidites* spp. (02), *Psilaperiporites "delicatus"* (01), *Retipollenites solimoensis* Leite *et al.*, 2020 (15), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (02), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Retitricolpites perforatus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (02), *Retibrevitricolpites cf. R. catatumbus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (03), *Psiladiporites minimus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (53), *Retitricolporites ticuneorum* Hoorn, 1993 (01) e *Heterocolpites incomptus* (Van der Hammen, 1956) Hoorn, 1993 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (55), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (02), *Polypodiisporites* spp. (25), *Psilatriletes sp. 25-50µm* (66) e *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (17) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 299,05 m

**Grãos de pólen:** *angiosperma indeterminada* (23), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (01), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (79), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (05), *Crassiectoapertites*

*colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (06), *Crotoideaepollenites reticulatus* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (08), *Echitricolporites maristellae* Muller *et al.*, 1987 (02), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (06), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad *et al.*, 1968 (04), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (01), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (11), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (21), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (01), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(01), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (03), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (119), *Ranunculacidites operculatus* (Van der Hammen & Wymstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001 (04), *Gomphrenipollis "garciae"* (01), *Inaperturopollenites* spp. (05), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (03), *Myrtacidites* spp. (01), *Polyadopollenites mariae* Dueñas, 1980 (01), *Margocolporites carinae* Leite *et al.*, 2020 (06), *Crotonoidapollenites "classicus"* (01), *Retitricolporites kaarsii* Hoorn, 1993 (01), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (01), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (01) e *Retitricolporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (1700), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (29), *Polypodiisporites* spp. (460), *Psilatriteles* sp. 25-50 $\mu$ m (11), *Echitriteles muellerii* Regali *et al.*, 1974 (08), *Polypodiaceoisporites* sp. (13) e *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (94) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 290,05 m

**Ostracodes:** *Cyprideis caraionae* Purper & Pinto, 1985 (103), *Cyprideis* aff. *amazonica* Purper, 1979 (03), *Cyprideis machadoi* Purper, 1979 (02), *Cyprideis simplex* Sheppard & Bate, 1980 (05), *Cyprideis multiradiata* Purper, 1979 (10), *Cyprideis sulcosigmoidalis* Purper, 1979 (132) e *Perissocytheridae* sp. *sensu* Purper, 1977 (06) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).

### Nível estratigráfico 282,55 m

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (32), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) (87), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wymstra, 1964 (24), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (04), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (01), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (01), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (10), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (07), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (04), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (27), *Retitricolporites* sp.1 (07), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán,

1967 (09), *Syncolporites incomptus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (01), *Echitriporites cricotriporatiformis?* Jaramillo *et al.*, 2011 (01), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (37), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (06), *Psilastephanoporites tesseroporus* Regali *et al.*, 1974 (01), *Psilamonocolpites grandis* (Van der Hammen, 1954) Van der Hammen & Garcia, 1965 (02), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (22), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (03), *Myrtaceidites* spp. (02), *Costatricolporites reticulatus* Wijmstra, 1971 (02), *Verrutricolporites* sp. (02), *Crotonoidapollenites "classicus"* (01), *Retipollenites solimoensis* Leite *et al.*, 2020 (10), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (04), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (06), *Parsonidites brenacii* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (02), *Retitriporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Tetracolporopollenites transversalis* (Duenãs, 1980) Jaramillo & Dilcher, 2001 (01) e *Foveotricolporites "crassus"* (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (1441), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (19), *Polypodiisporites* spp. (300), *Psilatriteles* sp. 25-50µm (56), *Polypodiaceoisporites* sp. (01) e *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (188) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

#### Nível estratigráfico 276,70 m

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (40), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (12), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (09), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (16), *Crassiectoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (03), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (25), *Echitricolporites maristellae* Muller *et al.*, 1987 (26), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (13), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (04), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (21), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (18), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (05), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(01), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Retitricolporites* sp. I (01), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (13), *Syncolporites incomptus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (02), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (02), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (02), *Psilastephanocolporites deoliverae* Leite *et. al.*, 2020 (01), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (01), *Retitrescolpites magnus* (Gonzalez-Guzman, 1967) Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Gomphrenipollis "garciae"* (02), *Inaperturopollenites* spp. (05), *Siltaria media* (González-Guzmán, 1967) comb. nov. Jaramillo & Dilcher, 2001 (02), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (17), *Retitricolporites*

*perpusillus* Regali *et al.*, 1974 (01), *Margocolporites carinae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Verrutricolporites* sp. (01), *Retitricolporites hispidus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Retibrevitricolpites microreticulatus* Leite *et al.*, 2020 (01), *Ctenolophonidites suigeneris* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (20), *Retipollenites solimoensis* Leite *et al.*, 2020 (08), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (09), *Fenestrites spinosus* *Fenestrites spinosus* Van der Hammen, 1956 (01), *Retitriporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Tetracolporopollenites transversalis* (Duenäs, 1980) Jaramillo & Dilcher, 2001 (07), *Retricolpites "delicatus"* (02), *Podocarpidites* sp. (01), *Psilatricolporites labiatus* Hoorn, 1993 (02), *Scabraticolporites planetensis* Dueñas, 1980 (10), *Heterocolpites incomptus* (Van der Hammen, 1956) Hoorn, 1993 (04) e *Foveotricolporites "crassus"* (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (1638), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (18), *Polypodiisporites* spp. (59), *Psilatriteles* sp. 25-50µm (22), *Retitriteles altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01) e *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (52) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

#### Nível estratigráfico 262,0 m

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (10), *Clavinaaperturae clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (17), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (01), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (01), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Echitricolporites maristellae* Muller *et al.*, 1987 (03), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (32), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (04), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (01), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(200), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (01), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wijmstra, 1964 (03), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (02), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (46), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (01), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Margocolporites carinae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Cichoreacidites longispinosus* (Lorente 1986) Silva-Caminha *et al.*, 2010 (02), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (01), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (02), *Tetracolporopollenites transversalis* (Duenäs, 1980) Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Cichoreacidites "flamulatus"* (12), *Retibrevitricolpites cf. R. catatumbus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (02) e *Bombacacidites brevis* (Dueñas, 1980) Muller, Di Giacomo & Van Erve, 1987 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (588), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (15), *Polypodiisporites* spp. (153), *Psilatriteles* sp. 25-50µm (03), *Polypodiaceoisporites* sp. (04),

*Crassoretitriletes vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (23) e *Reticulosporis cretacicus* (02) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

#### **Nível estratigráfico 260,05 m**

**Ostracodes:** *Cyprideis machadoi* Purper, 1979 (04), *Cyprideis simplex* Sheppard & Bate, 1980 (04) e *Cyprideis aff. Graciosa* Purper, 1979 (11) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).

#### **Nível estratigráfico 255,0 m**

**Ostracodes:** *Cyprideis machadoi* Purper, 1979 (01) e *Cyprideis aff. Graciosa* Purper, 1979 (01) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).

#### **Nível estratigráfico 239,90 m**

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (18), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (06), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (02), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (01), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (03), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (30), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (08), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (02), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(01), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (03), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (05), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (23), *Psilastephanocolporites deoliverae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (04), *Psilastephanoporites tesseroporus* Regali *et al.*, 1974 (02), *Retitrescolpites magnus* (Gonzalez-Guzman, 1967) Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Inaperturopollenites* spp. (01), *Striatricolporites poloreticulatus?* Silva- Caminha *et al.*, 2010 (01), *Ladakhipollenites caribbiensis* (Muller *et al.*, 1987) Silva- Caminha *et al.*, 2010 (02), *Echitricolpites "romeroi"* (01), *Parkioidites marileae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Psilastephanocolporites marinamensis* Hoorn, 1994 (05), *Psilastephanocolporites sp.* (02), *Retitricolporites magnus* (01), *Retitriporites crassoreticulatus* Leite *et al.*, 2020 (02), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Bombacacidites baculatus* Muller *et al.*, 1987 (50), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (120), *Crotonoidapollenites "classicus"* (01), *Retipollenites solimoensis* Leite *et al.*, 2020 (01), *Retitricolporites kaarsii* Hoorn, 1993 (01), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (07), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (02), *Podocarpidites sp.* (01), *Psilatricolporites labiatus* Hoorn, 1993 (01) e *Margocolporites "annulatus"* (01), *Bombacacidites*

*baculatus* (50), *Bombacacidites bellus* (06), *Corsinipollenites oculusnoctis* (02), *Crototricolpites* sp. (01), *Grimsdalea magnaclavata* (120), *Heterocolpites incomptus* (02), *Inaperturopollenites elizabeti* (02), *Inaperturopollenites solimoensis* (01), *Inaperturopollenites* spp. (01), *Margocolporites vanwijhei* (01), *Mauritiidites franciscoi* (23), *Monoporites annulatus* (03), *Perisyncolporites pokorny* (30), *Polyadopollenites marileae* (02), *Proxapertites tertiaria* (08), *Psilastephanocolporites* aff. *P. fissilis* (01), *Psilastephanocolporites* sp. (05), *Psilatricolpites minutus* (01), *Psilatricolporites labiatus* (01), *Psilatricolporites vanus* (02), *Retimonocolpites maximus* (04), *Retistephanoporites crassiannulatus* (07), *Retitricolpites* cf. *R. simplex* (03), *Retitricolporites* aff. *R. magnus* (01), *Retitricolporites irregularis* (01), *Striatricolpites catatumbus* (05) e angiospermas indeterminadas (42); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (195), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (06), *Polypodiisporites* spp. (34), *Psilatriletes* sp. 25-50 µm (13), *Echitriletes muellerii* Regali et al., 1974 (02), *Polypodiaceoisporites* sp. (01) e *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* Germeraad et al., 1968 (01) (Leite et al., 2016; 2020).

### **Nível estratigráfico 238,33 m**

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (43), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (07), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (05), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (01), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (01), *Echiperiporites estelae* Germeraad et al., 1968 (02), *Echiperiporites jaramilloi* Leite et al., 2020 (01), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (06), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (01), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (08), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad et al., 1968 (14), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (01), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (01), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (18), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(02), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Retitricolporites* sp.1 (05), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (13), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (03), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (13), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (42), *Ranunculacidites operculatus* (Van der Hammen & Wymstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001 (06), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (02), *Gomphrenipollis "garciae"* (01), *Inaperturopollenites* spp. (03), *Siltaria media* (González-Guzmán, 1967) comb. nov. Jaramillo & Dilcher, 2001 (02), *Psilamonocolpites grandis* (Van der Hammen, 1954) Van der Hammen & Garcia, 1965 (02), *Ladakhipollenites caribbiensis* (Muller et al., 1987) Silva-Caminha et al., 2010 (03), *Echitricolpites "romeroi"* (01), *Parkiidites marileae* Leite et al., 2020 (01),

*Ilexpollenites* sp. (01), *Monoporopollenites scabratus* Leite et al., 2020 (01), *Proteacidites triangulatus* Lorente, 1986 (02), *Retitricolporites finitus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (08), *Retibrevitricolporites* cf. *R. grandis* Jaramillo & Dilcher, 2001 (03), *Retitriporites rotundus* Silva Caminha et al., 2010 (02), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Bombacacidites baculatus* Muller et al., 1987 (04), *Myrtaceidites* spp. (01), *Psilaperiporites "delicatus"* (01), *Margocolporites carinae* Leite et al., 2020 (02), *Costatricolporites reticulatus* Wijmstra, 1971 (03), *Retitricolporites hispidus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (03), *Cichoreacidites longispinosus* (Lorente 1986) Silva-Caminha et al., 2010 (02), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (26), *Retipollenites solimoensis* Leite et al., 2020 (14), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (04), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite et al., 2020 (01), *Parsonidites brenacii* Silva-Caminha et al., 2010 (01), *Retitriporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Tetracolporopollenites transversalis* (Duenäs, 1980) Jaramillo & Dilcher, 2001 (08), *Retibrevitricolpites* cf. *R. catatumbus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (05), *Psiladiporites minimus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Retitricolporites ticuneorum* Hoorn, 1993 (01), *Psilatricolporites labiatus* Hoorn, 1993 (01), *Scabratricolporites planetensis* Dueñas, 1980 (01) e *Heterocolpites incomptus* (Van der Hammen, 1956) Hoorn, 1993 (02); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (583), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (03), *Polypodiisporites* spp. (100), *Psilatriletes* sp. 25-50 µm (17), *Retitriletes altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (04), *Polypodiaceoisporites* sp. (03), *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* Germeraad et al., 1968 (10) e *Cicatricosporites decussatus* Jaramillo & Dilcher, 2001 (RW) (01) (Leite et al., 2016; 2020).

#### **Nível estratigráfico 237,90 m**

**Ostracodes:** *Cyprideis sulcosigmoidalis* Purper, 1979 (01) (Medeiros, 2017; Medeiros et al., 2019).

#### **Nível estratigráfico 237,40 m**

**Ostracodes:** *Cyprideis sulcosigmoidalis* Purper, 1979 (01) (Medeiros, 2017; Medeiros et al., 2019).

#### **Nível estratigráfico 232,18 m**

**Grãos de pólen:** *angiosperma indeterminada* (36), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (06), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (02), *Echiperiporites estelae* Germeraad et al., 1968 (10), *Echiperiporites jaramilloi* Leite et al., 2020

(01), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (01), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad et al., 1968 (07), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (04), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (02), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad et al., 1968 (07), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (01), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (09), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (61), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(02), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (02), *Retitricolporites sp.1* (09), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (04), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wijmstra, 1964 (04), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (03), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (03), *Ranunculacidites operculatus* (Van der Hammen & Wymstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001 (02), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (01), *Multimarginites vanderhammeni* Germeraad et al., 1968 (04), *Retipollenites crotonicumellatus* Jaramillo et al., 2011 (01), *Siltaria media* (González-Guzmán, 1967) comb. nov. Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Bombacacidites araracuarensis* Hoorn, 1994 (01), *Psilamonocolpites grandis* (Van der Hammen, 1954) Van der Hammen & Garcia, 1965 (01), *Striatricolporites poloreticulatus?* Silva-Caminha et al., 2010 (01), *Ladakhipollenites caribbiensis* (Muller et al., 1987) Silva-Caminha et al., 2010 (15), *Polyadopollenites macroreticulatus* Salard-Cheboldaeff, 1974 (02), *Parkioidites marileae* Leite et al., 2020 (09), *Psilastephanocolporites marinamensis* Hoorn, 1994 (01), *Retitricolporites finitus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (03), *Echitricolpites cruziae* Leite et al., 2020 (01), *Malvacipolloides "echibaculatus"* (03), *Retitricolporites sp.2* (19), *Paleosantalaceapites cingulatus* Jaramillo et al., 2010 (03), *Retitricolporites squarrosus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (03), *Foveotricolporites sp.* (01), *Echitricolporites sp.* (04), *Rugotricolporites arcus* Hoorn, 1993 (03), *Echitricolporites "microechinatus"* (02), *Malvacipollis "tenuiexinatus"* (02), *Retitricolporites ellipticus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (01), *Rubipollis mulleri* Silva Caminha et al., 2010 (01), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Retitricolpites conciliatus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (03), *Myrtacidites* spp. (01), *Polyadopollenites mariae* Dueñas, 1980 (05), *Costatricolporites reticulatus* Wijmstra, 1971 (01), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (04), *Crotonoidapollenites "classicus"* (04), *Retipollenites solimoensis* Leite et al., 2020 (01), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite et al., 2020 (03), *Psilamonocolpites amazonicus* Hoorn, 1993 (03) e *Heterocolpites incomptus* (Van der Hammen, 1956) Hoorn, 1993 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (41), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (01), *Polypodiisporites* spp. (11), *Psilatriteles sp.* 25-50 µm (04), *Retitriteles altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (81), *Echitriteles muellerii* Regali et al., 1974 (20),



*Crassoretitriletes vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (02) e *Calliasporites sp.* (RW) (11) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 212,65 m

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (19), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (45), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (02), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (04), *Echiperiporites jaramilloi* Leite *et al.*, 2020 (03), *Echitricolporites maristellae* Muller *et al.*, 1987 (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (04), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (04), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (07), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (25), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (25), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(11), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wymstra, 1964 (03), *Retitricolporites sp.1* (06), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (07), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wymstra, 1964 (02), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (02), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (18), *Psilastephanocolporites deoliverae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Inaperturopollenites* spp. (02), *Ilexpollenites sp.* (01), *Monoporopollenites scabratus* Leite *et al.*, 2020 (01), *Proteacidites triangulatus* Lorente, 1986 (02), *Retibrevitricolporites cf. R. grandis* Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Echitricolpites cruziae* Leite *et al.*, 2020 (04), *Foveotricolporites sp.* (25), *Rugotricolporites arcus* Hoorn, 1993 (03), *Crotonoidaepollenites echinatus* Leite *et al.*, 2020 (01), *Jandufouria seamrogiformis* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Retitricolpites wijningae* *Retitricolpites wijningae* Hoorn, 1994 (01), *Scabratricolpites tibialis* *Scabratricolpites tibialis* Gonzalez, 1967 (01), *Psilaperiporites "delicatus"* (01), *Costatricolporites reticulatus* Wymstra, 1971 (01), *Cichoreacidites longispinosus* (Lorente 1986) Silva-Caminha *et al.*, 2010 (01), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (55), *Retipollenites solimoensis* Leite *et al.*, 2020 (02) e *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (02); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (138), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (03), *Polypodiisporites* spp. (11), *Psilatritetes sp.* 25-50 µm (07), *Retitriletes altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (04), *Polypodiaceoisporites sp.* (05), *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (14) e *Nijssenosporites fossulatus* Lorente, 1986 (10) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 203,15 m

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (26), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (10), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965

(04), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (05), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (07), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (23), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (26), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (03), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Retitricolporites sp.1* (03), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (01), *Syncolporites incomptus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (01), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wijmstra, 1964 (01), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (17), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (01), *Inaperturopollenites* spp. (11), *Echitricolpites "romeroi"* (01), *Monoporopollenites scabratus* Leite *et al.*, 2020 (60), *Retibrevitricolporites cf. R. grandis* Jaramillo & Dilcher, 2001 (04), *Echitricolpites cruziae* Leite *et al.*, 2020 (16), *Cichoreacidites "pedestalis"* (01), *Multiareolites formosus* (Van Der Hammen 1956) Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Retitricolpites conciliatus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (14), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (09), *Margocolporites carinae* Leite *et al.*, 2020 (04), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (44), *Crotonoidapollenites "classicus"* (01), *Retipollenites solimoensis* Leite *et al.*, 2020 (01), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (01), *Retitriporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Retitricolpites "delicatus"* (01) e *Cichoreacidites "flamulatus"* (02); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (59), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (02), *Polypodiisporites* spp. (01) e *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (02) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 198,50 m

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (60), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (08), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (02), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (01), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (01), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (02), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (22), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (03), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (03), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (21), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Retitricolporites sp.1* (03), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (04), *Syncolporites incomptus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (04), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wijmstra, 1964 (01), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (13), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (08), *Psilastephanocolporites deoliverae* Leite *et al.*, 2020 (01),

*Ranunculacidites operculatus* (Van der Hammen & Wymstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001 (11), *Psilastephanoporites tesseroporus* Regali *et al.*, 1974 (01), *Inaperturopollenites* spp. (05), *Siltaria media* (González-Guzmán, 1967) comb. nov. Jaramillo & Dilcher, 2001 (06), *Psilamonocolpites grandis* (Van der Hammen, 1954) Van der Hammen & Garcia, 1965 (01), *Psilastephanoporites herngreenii* Hoorn 1993(02), *Echitricolpites "romeroi"* (01), *Proteacidites triangulatus* Lorente, 1986 (02), *Echitricolpites cruziae* Leite *et al.*, 2020 (02), *Jandufouria seamrogiformis* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Proxapertites minutus* Dueñas, 1980 (10), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Retitricolporites perpusillus* Regali *et al.*, 1974 (04), *Bombacacidites baculatus* Muller *et al.*, 1987 (02), *Myrtaceidites* spp. (01), *Psilaperiporites "delicatus"* (04), *Costatricolporites reticulatus* Wijmstra, 1971 (05), *Retitricolporites hispidus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (08), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (04), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (46), *Retipollenites solimoensis* Leite *et al.*, 2020 (08), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (01), *Tetracolporopollenites transversalis* (Duenäs, 1980) Jaramillo & Dilcher, 2001 (04), *Retibrevitricolpites cf. R. catatumbus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (05), *Retitricolporites ticuneorum* Hoorn, 1993 (02), *Psilatricolporites labiatus* Hoorn, 1993 (05) e *Heterocolpites incomptus* (Van der Hammen, 1956) Hoorn, 1993 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (89), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (03), *Polypodiisporites* spp. (42), *Psilatriletes sp. 25-50µm* (11), *Retitriletes altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01) e *Polypodiaceoisporites sp.* (01) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

#### Nível estratigráfico 194,45 m

**Ostracodes:** *Cyprideis sulcosigmoidalis* Purper, 1979 (01) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).

#### Nível estratigráfico 193,50 m

**Grãos de pólen:** angiosperma indeterminada (33), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (18), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (03), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Echiperiporites jaramilloi* Leite *et al.*, 2020 (01), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (04), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (05), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (05), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (03), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (08), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (08), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (13), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(01), *Retitricolporites sp.1* (03), *Retitricolpites simplex*

González-Guzmán, 1967 (10), *Spirosyncolpites spiralis* González-Guzmán, 1967 (01), *Syncolporites incomptus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (01), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (24), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (05), *Multimarginites vanderhammeni* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Inaperturopollenites* spp. (11), *Echitricolpites "romeroi"* (01), *Monoporopollenites scabratus* Leite *et al.*, 2020 (02), *Proteacidites triangulatus* Lorente, 1986 (02), *Retitricolporites finitus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (02), *Echitricolpites cruziae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Crotonoidaepollenites echinatus* Leite *et al.*, 2020 (01), *Retitricolpites wijningae* Hoorn, 1994 (01), *Echiperiporites jutaiensis* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Foveotricolporites caldensis* Gonzalez-Guzmán, 1967 (06), *Striatricolporites tenuissimus* Dueñas, 1980 (02), *Retitricolporites sp.3* (14), *Retitricolpites florentinus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (07), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (11), *Retitricolpites conciliatus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (05), *Margocolporites carinae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Costatricolporites reticulatus* Wijmstra, 1971 (02), *Retitricolporites hispidus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (02), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (05), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (19), *Crotonoidapollenites "classicus"* (07), *Retipollenites solimoensis* Leite *et al.*, 2020 (26), *Retitricolporites kaarsii* Hoorn, 1993 (02), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (07), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (02), *Retitriporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (08), *Podocarpidites* sp. (01) e *Scabraticolporites planetensis* Dueñas, 1980 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (432), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (24), *Polypodiisporites* spp. (47), *Psilatriletes* sp. 25-50 µm (30), *Echitriletes muellerii* Regali *et al.*, 1974 (01), *Polypodiaceoisporites* sp. (02) e *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (01) (Leite *et al.*, 2016; 2020)..

### Nível estratigráfico 190,70 m

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (22), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (40), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (03), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (02), *Echitricolporites maristellae* Muller *et al.*, 1987 (04), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (06), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (04), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (38), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (24), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (04), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (06), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (04), *Echitriporites cricotriporatiformis?* Jaramillo *et al.*, 2011 (01),

*Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wijmstra, 1964 (01), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (03), *Psilastephanocolporites deoliverae* Leite et al., 2020 (01), *Psilastephanoporites tesseroporus* Regali et al., 1974 (01), *Inaperturopollenites* spp. (06), *Retipollenites crotonicolumellatus* Jaramillo et al., 2011 (01), *Monoporopollenites scabratus* Leite et al., 2020 (03), *Echitricolpites cruziae* Leite et al., 2020 (05), *Retitricolporites sp.2* (02), *Rugotricolporites arcus* Hoorn, 1993 (05), *Multiareolites formosus* (Van Der Hammen 1956) Germeraad et al., 1968 (01), *Foveotricolporites caldensis* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Retitricolporites sp.3* (03), *Zonocostites sp.* (01), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Psilaperiporites "delicatus"* (02), *Polyadopollenites mariae* Dueñas, 1980 (01), *Margocolporites carinae* Leite et al., 2020 (03), *Retibrevitricolpites microreticulatus* Leite et al., 2020 (07), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (82), *Crotonoidapollenites "classicus"* (01), *Retipollenites solimoensis* Leite et al., 2020 (07), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (02) e *Retitriporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01). **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (97), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (74), *Polypodiisporites* spp. (08), *Psilatriteles sp. 25-50 µm* (66), *Retitriteles altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Polypodiaceoisporites sp.* (01) e *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad et al., 1968 (04) (Leite et al., 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 186,60 m

**Grãos de pólen:** Angiosperma indeterminada (57), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (14), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (02), *Crassiectoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (01), *Echiperiporites jaramilloi* Leite et al., 2020 (01), *Echitricolporites maristellae* Muller et al., 1987 (01), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (09), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (01), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad et al., 1968 (09), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (06), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (06), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (42), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (05), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(01), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (01), *Syncolporites incomptus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (01), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wijmstra, 1964 (01), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (17), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (02),

*Psilastephanocolporites deoliverae* Leite et al., 2020 (01), *Ranunculacidites operculatus* (Van der Hammen & Wymstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001 (02), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (07), *Gomphrenipollis "garciae"* (01), *Inaperturopollenites* spp. (05), *Retitricolporites "heterobrochatus"* (01), *Siltaria media* (González-Guzmán, 1967) comb. nov. Jaramillo & Dilcher, 2001 (04), *Echitricolpites "romeroi"* (01), *Monoporopollenites scabratus* Leite et al., 2020 (01), *Echitricolpites cruziae* Leite et al., 2020 (01), *Echitricolporites* sp. (01), *Jandufouria seamrogiformis* Germeraad et al., 1968 (03), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Retitricolpites conciliatus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (02), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (02), *Retitricolporites perpusillus* Regali et al., 1974 (06), *Bombacacidites baculatus* Muller et al., 1987 (01), *Costatricolporites reticulatus* Wijmstra, 1971 (01), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (01), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (77), *Crotonoidapollenites "classicus"* (01), *Retipollenites solimoensis* Leite et al., 2020 (01), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (01), *Parsonidites brenacii* Silva-Caminha et al., 2010 (01), *Retitriporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Tetracolporopollenites transversalis* (Duenãs, 1980) Jaramillo & Dilcher, 2001 (04), *Retitricolporites ticuneorum* Hoorn, 1993 (02) e *Psilatricolporites labiatus* Hoorn, 1993 (05); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (277), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (07), *Polypodiisporites* spp. (141), *Psilatriteles* sp. 25-50µm (85) e *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad et al., 1968 (07) (Leite et al., 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 185,50 m

**Ostracodes:** *Cyprideis multiradiata* Purper, 1979 (02) (Medeiros, 2017; Medeiros et al., 2019).

### Nível estratigráfico 159,75 m

**Grãos de Pólen:** *Angiosperma* indeterminada (42), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (08), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Echiperiporites estelae* Germeraad et al., 1968 (03), *Echitricolporites maristellae* Muller et al., 1987 (01), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (01), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad et al., 1968 (17), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (03), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (02), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (14), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Retitricolporites* sp.1 (02), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (04), *Syncolporites incomptus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (10), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wijmstra, 1964 (01), *Striatopollis catatumbus*

González-Guzmán, 1967 (45), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (32), *Psilastephanocolporites deoliverae* Leite et al., 2020 (03), *Inaperturopollenites* spp. (03), *Proteacidites triangulatus* Lorente, 1986 (01), *Retitricolporites finitus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (02), *Echitricolpites cruziae* Leite et al., 2020 (02), *Retitricolporites* sp.2 (02), *Echitricolporites* sp. (01), *Foveotricolporites caldensis* Gonzalez-Guzmán, 1967 (06), *Retitricolporites* sp.3 (08), *Striatricolporites digitatus* Jaramillo & Dilcher, 2001 (02), *Cichoreacidites "cristatus"* (02), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Psilaperiporites "delicatus"* (05), *Margocolporites carinae* Leite et al., 2020 (01), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (06), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (55), *Crotonoidapollenites "classicus"* (05), *Retipollenites solimoensis* Leite et al., 2020 (07), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (01) e *Retitriporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (70), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (14), *Polypodiisporites* spp. (36), *Psilatrilletes* sp. 25-50µm (15), *Polypodiaceoisporites* sp. (01) e *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* Germeraad et al., 1968 (01) (Leite et al., 2016; 2020)..

#### Nível estratigráfico 158,20 m

**Grãos de Pólen:** Angiospermas indeterminadas (20), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (03), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (04), *Crassiectoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (03), *Echiperiporites estelae* Germeraad et al., 1968 (06), *Echiperiporites jaramilloi* Leite et al., 2020 (01), *Echitricolporites maristellae* Muller et al., 1987 (04), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (03), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (17), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (05), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad et al., 1968 (24), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (31), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (08), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (14), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (04), *Retitricolporites* sp.1 (10), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (05), *Spirosyncolpites spiralis* González-Guzmán, 1967 (01), *Syncolporites incomptus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (01), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (16), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (14), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (08), *Psilastephanocolporites deoliverae* Leite et al., 2020 (01), *Ranunculacidites operculatus* (Van der Hammen & Wymstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (01), *Psilastephanoporites tesseroporus* Regali et al., 1974 (02), *Monoporopollenites scabratus* Leite et al., 2020 (01), *Echitricolpites cruziae* Leite et

al., 2020 (06), *Retitricolporites sp.3* (01), *Striatricolporites digitatus* Jaramillo & Dilcher, 2001 (09), *Psilatricolporites sp.* (07), *Retitricolporites conciliatus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (02), *Retitricolporites perpusillus* Regali et al., 1974 (01), *Psilaperiporites "delicatus"* (01), *Margocolporites carinae* Leite et al., 2020 (01), *Costatricolporites reticulatus* Wijmstra, 1971 (02), *Retitricolporites hispidus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (06), *Ctenolophonidites suigeneris* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (03), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (06), *Cichoreacidites longispinosus* (Lorente 1986) Silva-Caminha et al., 2010 (01), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (26), *Crotonoidapollenites "classicus"* (10), *Retipollenites solimoensis* Leite et al., 2020 (03), *Retitricolporites kaarsii* Hoorn, 1993 (01) e *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite et al., 2020 (03); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (115), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (10), *Polypodiisporites* spp. (48), *Psilatriteles sp. 25-50 µm* (06), *Retitriteles altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Echitriteles muellerii* Regali et al., 1974 (02) e *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad et al., 1968 (01) (Leite et al., 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 157,87 m

**Grãos de Pólen:** *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (01), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (23), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad et al., 1968 (26), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (03), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (02), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (16), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(41), *Retitricolporites sp.1* (04), *Retitricolporites simplex* González-Guzmán, 1967 (01), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (02), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wijmstra, 1964 (02), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (02), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (71), *Ranunculacidites operculatus* (Van der Hammen & Wymstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001 (08), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (03), *Inaperturopollenites* spp. (11), *Bombacacidites araracuarensis* Hoorn, 1994 (01), *Retitricolporites sp.2* (03), *Foveotricolporites sp.* (01), *Echitricolporites sp.* (02), *Striatricolporites tenuissimus* Dueñas, 1980 (03), *Zonocostites sp.* (01), *Psilatricolporites sp.* (02), *Psilatricolporites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Margocolporites carinae* Leite et al., 2020 (01), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (01), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (02), *Crotonoidapollenites "classicus"* (02), *Retipollenites solimoensis* Leite et al., 2020 (06), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (04), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite et al.,



2020 (01), *Retibrevitricolpites cf. R. catatumbus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (10), *Psiladiporites minimus* Van der Hammen & Wijnstra, 1964 (03), *Podocarpidites sp.* (01), *Retitricolporites ticuneorum* Hoorn, 1993 (02) e *Bombacacidites brevis* (Dueñas, 1980) Muller, Di Giacomo & Van Erve, 1987 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (77), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (33), *Polypodiisporites* spp. (32), *Psilatriteles sp.* 25-50  $\mu\text{m}$  (03), *Retitriteles altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (10) e *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (15) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

#### **Nível estratigráfico 157,35 m**

**Ostracodes:** *Cyprideis machadoi* Purper, 1979 (11) e *Cyprideis multiradiata* Purper, 1979 (03) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).

#### **Nível estratigráfico 156,80 m**

**Ostracodes:** *Rhadinocytherura amazonensis* Sheppard & Bate, 1980 (03), *Cyprideis machadoi* Purper, 1979 (31), *Cyprideis multiradiata* Purper, 1979 (03), *Cyprideis sulcosigmoidalis* Purper, 1979 (06), *Perissocytheridae sp. sensu* Purper, 1977 (02) e *Cyprideis* aff. *Graciosa* Purper, 1979 (19) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).

#### **Nível estratigráfico 155,00 m**

**Grãos de Pólen:** Angiospermas indeterminadas (05), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (05), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (01), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (06), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (05), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (15), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (03), *Retitricolporites sp.1* (06), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (01), *Syncolporites incomptus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (02), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (07), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (01), *Psilastephanoporites tesseroporus* Regali *et al.*, 1974 (02), *Monoporopollenites scabratus* Leite *et al.*, 2020 (01), *Echitricolpites cruziae* Leite *et al.*, 2020 (08), *Foveotricolporites sp.* (04), *Jandufouria seamrogiformis* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Foveotricolporites caldensis* Gonzalez-Guzmán, 1967 (04), *Retitricolporites sp.3* (04), *Striatricolporites digitatus* Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Retitricolpites conciliatus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (03), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (02), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (01), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (09), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (01),

*Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (04) e *Podocarpidites sp.* (02); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (380), *Polypodiisporites* spp. (37), *Psilatriteles sp. 25-50um* (07), *Polypodiaceoisporites sp.* (01), *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (01) e *Nijssenosporites fossulatus* Lorente, 1986 (01) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### **Nível estratigráfico 154,70 m**

**Grãos de Pólen:** Angiospermas indeterminadas (20), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (08), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (07), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (05), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (04), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (11), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (02), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (15), *Retitricolporites sp.1* (44), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (11), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (16), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (06), *Ranunculacidites operculatus* (Van der Hammen & Wymstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001 (03), *Siltaria media* (González-Guzmán, 1967) Jaramillo & Dilcher, 2001 (02), *Retitricolporites finitus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (03), *Malvacipolloides "echibaculatus"* (01), *Retitricolporites sp.2* (02), *Paleosantalaceapites cingulatus* Jaramillo *et al.*, 2010 (01), *Retitricolporites squarrosus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (09), *Crotonoidaepollenites echinatus* Leite *et al.*, 2020 (05), *Foveotricolporites caldensis* Gonzalez-Guzmán, 1967 (41), *Striatricolporites tenuissimus* Dueñas, 1980 (19), *Retitricolporites sp.3* (26), *Zonocostites sp.* (01), *Striatricolporites digitatus* Jaramillo & Dilcher, 2001 (04), *Cichoreacidites "cristatus"* (02), *Myrtacidites* spp. (05), *Verrutricolporites sp.* (02), *Retitricolporites hispidus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (08), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (01), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (08), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (04), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Retitriporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (02) e *Psiladiporites minimus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (22), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (01) e *Polypodiisporites* spp. (09); **Outros:** Cisto de dinoflagelado (01) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### **Nível estratigráfico 151,60 m**

**Ostracodes:** *Cyprideis sulcosigmoidalis* Purper, 1979 (02) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).

### Nível estratigráfico 149,40 m

**Grãos de Pólen:** Angiospermas indeterminadas (37), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (01), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Echitricolporites maristellae* Muller *et al.*, 1987 (08), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (02), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (01), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (03), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (06), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (03), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (03), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (03), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Retitricolporites sp.1* (29), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (03), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (01), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (27), *Psilastephanocolporites deoliverae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (01), *Inaperturopollenites* spp. (01), *Retitricolporites finitus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Echitricolpites cruziae* Leite *et al.*, 2020 (06), *Malvacipolloides "echibaculatus"* (03), *Echitricolporites sp.* (05), *Foveotricolporites caldensis* Gonzalez-Guzmán, 1967 (18), *Striatricolporites tenuissimus* Dueñas, 1980 (02), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Myrtaceidites* spp. (04), *Psilaperiporites "delicatus"* (03), *Verrutricolporites sp.* (06), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (135), *Crotonoidapollenites "classicus"* (04), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Retitriporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (02), *Cichoreacidites "flamulatus"* (04) e *Stephanocolpites costatus* Van der Hammen, 1954 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (2025), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (89), *Polypodiisporites* spp. (567) e *Psilatriteles sp.* 25-50 µm (30) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 148,58 m

**Grãos de Pólen:** Angiospermas indeterminadas (01), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (01), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Echitricolporites maristellae* Muller *et al.*, 1987 (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (02), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (03), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (01), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (17), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (24), *Retitrescolpites magnus* (Gonzalez-Guzman, 1967) Jaramillo & Dilcher, 2001 (02), *Inaperturopollenites* spp. (02), *Ilexpollenites sp.* (02), *Echitricolpites cruziae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Foveotricolporites sp.* (02), *Striatricolporites digitatus* Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Bombacacidites baculatus* Muller *et al.*,

1987 (02), *Margocolporites carinae* Leite et al., 2020 (01), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (02), *Cichoreacidites longispinosus* (Lorente 1986) Silva-Caminha et al., 2010 (02), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (42), *Retitricolpites perforatus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (02), *Psilamonocolpites amazonicus* Hoorn, 1993 (02), *Retibrevitricolpites cf. R. catatumbus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (05) e *Echidiporites barbeitoensis* Muller et al., 1987 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (32), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (02), *Polypodiisporites* spp. (21), *Psilatriteles sp. 25-50um* (04), *Retitriteles altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (02), *Echitriteles muellerii* Regali et al., 1974 (01), *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad et al., 1968 (04), *Nijssenosporites fossulatus* Lorente, 1986 (02) e *Verrucatotriteles bullatus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (01) (Leite et al., 2016; 2020).

#### **Nível estratigráfico 147,40 m**

**Ostracodes:** *Cyprideis* aff. *amazonica* Purper, 1979 (05), *Cyprideis machadoi* Purper, 1979 (55), *Cyprideis multiradiata* Purper, 1979 (10), *Cyprideis sulcosigmoidalis* Purper, 1979 (04), *Cyprideis* aff. *Graciosa* Purper, 1979 (30) e *Alicenula olivencae* Purper, 1984 (10) (Medeiros, 2017; Medeiros et al., 2019).

#### **Nível estratigráfico 139,40 m**

**Ostracodes:** *Cyprideis* aff. *amazonica* Purper, 1979 (04), *Cyprideis machadoi* Purper, 1979 (02), *Cyprideis machadoi* Purper, 1979 (02), *Cyprideis simplex* Sheppard & Bate, 1980 (03), *Cyprideis simplex* Sheppard & Bate, 1980 (03), *Cyprideis simplex* Sheppard & Bate, 1980 (03), *Cyprideis multiradiata* Purper, 1979 (06), *Cyprideis sulcosigmoidalis* Purper, 1979 (07), *Cyprideis* aff. *Graciosa* Purper, 1979 (04) e *Alicenula olivencae* Purper, 1984 (01); **Outros:** Foraminíferos (a contagem não foi realizada) (Medeiros, 2017; Medeiros et al., 2019).

#### **Nível estratigráfico 137,00 m**

**Grãos de Pólen:** *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (01), *Echiperiporites estelae* Germeraad et al., 1968 (15), *Echiperiporites jaramilloi* Leite et al., 2020 (01), *Echitricolporites maristellae* Muller et al., 1987 (20), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (08), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (184), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (02), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad et al., 1968 (02), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (01), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (01), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (01), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (05), *Echitriporites*

*cricotriporatiformis?* Jaramillo *et al.*, 2011 (01), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wijmstra, 1964 (15), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (01), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (04), *Retitrescolpites magnus* (Gonzalez-Guzman, 1967) Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Gomphrenipollis "garciae"* (02), *Inaperturopollenites* spp. (02), *Retipollenites crotonicolumellatus* Jaramillo *et al.*, 2011 (01), *Retitricolporites "heterobrochatus"* (04), *Ladakhipollenites caribbiensis* (Muller *et al.*, 1987) Silva-Caminha *et al.*, 2010 (01), *Cichoreacidites "pedestalis"* (02), *Foveotricolporites caldensis* Gonzalez-Guzmán, 1967 (04), *Psilaperiporites "delicatus"* (01), *Polyadopollenites mariae* Dueñas, 1980 (02), *Verrutricolporites sp.* (03), *Cichoreacidites longispinosus* (Lorente 1986) Silva-Caminha *et al.*, 2010 (04), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (07), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Retitricolpites perforatus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Tetracolporopollenites transversalis* (Duenãs, 1980) Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Retricolpites "delicatus"* (01), *Cichoreacidites "flamulatus"* (02), *Ladakhipollenites "carmoi"* (02) e *Foveomonocolpites "lili"* (02); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (16), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (04), *Polypodiisporites* spp. (13), *Psilatriteles sp. 25-50um* (03), *Retitriteles altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (03) e *Nijssenosporites fossulatus* Lorente, 1986 (01) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### **Nível estratigráfico 136,35 m**

**Ostracodes:** *Cyprideis machadoi* Purper, 1979 (03), *Cyprideis multiradiata* Purper, 1979 (02), *Cyprideis sulcosigmoidalis* Purper, 1979 (04), *Cyprideis* aff. *Graciosa* Purper, 1979 (02), *Cyprideis pebasae* Purper, 1979 (02) e *Cyprideis inversa* Purper & Pinto, 1983 (02); **Outros:** Foraminíferos (a contagem não foi realizada) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019)..

### **Nível estratigráfico 106,65 m**

**Ostracodes:** *Cyprideis machadoi* Purper, 1979 (01) e *Cyprideis sulcosigmoidalis* Purper, 1979 (06) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019).

### **Nível estratigráfico 99,80 m**

**Grãos de Pólen:** Angiospermas indeterminadas (30), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (01), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (01), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (06), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (04), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (02), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (02),

*Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (65), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (02), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (03), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (03), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (02), *Retitricolporites sp.1* (01), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wijmstra, 1964 (01), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (41), *Mauritiidites franciscoi* (Van der Hammen, 1956) Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (01), *Multimarginites vanderhammeni* Germeraad *et al.*, 1968 (01), *Psilastephanoporites tesseroporus* Regali *et al.*, 1974 (01), *Retitrescolpites magnus* (Gonzalez-Guzman, 1967) Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Ilexpollenites sp.* (01), *Retitricolporites finitus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (02), *Retitricolporites sp.2* (02), *Retitricolporites squarrosus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Foveotricolporites caldensis* Gonzalez-Guzmán, 1967 (03), *Striatricolporites tenuissimus* Dueñas, 1980 (01), *Retitricolporites sp.3* (12), *Retitricolpites florentinus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (03), *Psilatricolporites sp.* (04), *Bombacacidites baculatus* Muller *et al.*, 1987 (15), *Psilaperiporites "delicatus"* (24), *Margocolporites carinae* Leite *et al.*, 2020 (03), *Retibrevitricolpites microreticulatus* Leite *et al.*, 2020 (03), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (04), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (37), *Retipollenites solimoensis* Leite *et al.*, 2020 (03), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (01), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite *et al.*, 2020 (03), *Retitricolpites perforatus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Retitriporites dubiosus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (08), *Foveomonocolpites "lili"* (02) e *Echiperiporites intectatus* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (626), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Duenas, 1980 (24), *Polypodiisporites* spp. (54), *Psilatriteles sp. 25-50um* (52), *Retitriteles altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (03), *Polypodiaceoisporites sp.* (02) e *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (02) (Leite *et al.*, 2016; 2020).; **Ostracodes:** *Cyprideis machadoi* Purper, 1979 (03), *Cyprideis sulcosigmoidalis* Purper, 1979 (01) e *Cyprideis pebasae* Purper, 1979 (01) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019)..

#### **Nível estratigráfico 79,40 m**

**Ostracodes:** *Cyprideis sulcosigmoidalis* (01) (Medeiros, 2017; Medeiros *et al.*, 2019)..

#### **Nível estratigráfico 77,10 m**

**Grãos de Pólen:** Angiospermas indeterminadas (30), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (31), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (12), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (03), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (01), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (01),

*Echitricolporites maristellae* Muller et al., 1987 (02), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (03), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad et al., 1968 (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (26), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (05), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad et al., 1968 (18), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (10), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (02), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (02), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (03), *Retitricolporites sp.1* (01), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (01), *Psilastephanocolporites deoliverae* Leite et al., 2020 (01), *Ranunculacidites operculatus* (Van der Hammen & Wymstra 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001 (01), *Retimonocolpites maximus* Hoorn, 1993 (01), *Ladakhipollenites caribbiensis* (Muller et al., 1987) Silva-Caminha et al., 2010 (04), *Ilexpollenites sp.* (01), *Monoporopollenites scabratus* Leite et al., 2020 (01), *Proteacidites triangulatus* Lorente, 1986 (01), *Echitricolpites cruziae* Leite et al., 2020 (02), *Retitricolporites sp.2* (01), *Paleosantalaceapites cingulatus* Jaramillo et al., 2010 (02), *Echiperiporites jutaiensis* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (02), *Striatricolporites tenuissimus* Dueñas, 1980 (05), *Retitricolporites sp.3* (01), *Zonocostites sp.* (01), *Cichoreacidites "cristatus"* (04), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (17), *Bombacacidites baculatus* Muller et al., 1987 (02), *Psilaperiporites "delicatus"* (09), *Margocolporites carinae* Leite et al., 2020 (05), *Costatricolporites reticulatus* Wijmstra, 1971 (03), *Retitricolporites hispidus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Ctenolophonidites suigeneris* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (86), *Crotonoidapollenites "classicus"* (01), *Retipollenites solimoensis* Leite et al., 2020 (01), *Retitricolporites kaarsii* Hoorn, 1993 (01), *Retistephanoporites crassiannulatus* Lorente, 1986 (01), *Retibrevitricolporites? toigoae* Leite et al., 2020 (05), *Parsonidites brenacii* Silva-Caminha et al., 2010 (01), *Fenestrites spinosus* Fenestrites spinosus Van der Hammen, 1956 (01), *Echiperiporites intectatus* Silva-Caminha et al., 2010 (01), *Echiperiporites germeraadii* Leite et al., 2020 (07) e *Siltaria dilcheri* Silva-Caminha et al., 2010 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (126), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Dueñas, 1980 (32), *Polypodiisporites* spp. (39), *Psilatriteles sp. 25-50um* (04), *Polypodiaceoisporites sp.* (07) e *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad et al., 1968 (04) (Leite et al., 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 60,00 m

**Grãos de Pólen:** Angiospermas indeterminadas (07), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (10), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (04), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (07), *Crassietoapertites*

*colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (02), *Crotonoidapollenites reticulatus* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (09), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (32), *Echiperiporites estelae* Germeraad *et al.*, 1968 (32), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (03), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (04), *Perisyncolporites pokorny* Germeraad *et al.*, 1968 (02), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (01), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (04), *Retitricolporites* sp.1 (03), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (01), *Echiperiporites akanthos* Van der Hammen and Wijmstra, 1964 (03), *Striatopollis catatumbus* González-Guzmán, 1967 (04), *Malvacipolloides "echibaculatus"* (01), *Retitricolporites* sp.2 (01), *Echiperiporites jutaiensis* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (04), *Foveotricolporites caldensis* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Myrtacidites* spp. (02), *Psilaperiporites "delicatus"* (03), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (34), *Crotonoidapollenites "classicus"* (02), *Ladakhipollenites "carmoi"* (01), *Echiperiporites intectatus* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (03), *Glencopollis curvimuratus* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (01) e *Striasyncolporites anastomosus* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (02); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (13), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Duenas, 1980 (28), *Polypodiisporites* spp. (13), *Psilatriteles sp. 25-50um* (37), *Retitriteles altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Echitriteles muellerii* Regali *et al.*, 1974 (01) e *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad *et al.*, 1968 (03) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 55,00 m

**Grãos de Pólen:** Angiospermas indeterminadas (06), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (08), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (01), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (05), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (01), *Echitriporites cricotriporatiformis?* Jaramillo *et al.*, 2011 (04), *Polyadopollenites mariae* Duenas, 1980 (01), *Margocolporites carinae* Leite *et al.*, 2020 (01), *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (02), *Crotonoidapollenites "classicus"* (01), *Echiperiporites intectatus* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (02) e *Glencopollis curvimuratus* Silva-Caminha *et al.*, 2010 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (02), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Duenas, 1980 (86), *Polypodiisporites* spp. (02), *Psilatriteles sp. 25-50um* (20), *Echitriteles muellerii* Regali *et al.*, 1974 (01), *Polypodiaceoisporites* sp. (01) e *Verrucatotriteles bullatus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964; **Outros:** *Pediastum* sp. (284) (Leite *et al.*, 2017; 2020) (Leite *et al.*, 2016; 2020).

### Nível estratigráfico 32,00 m

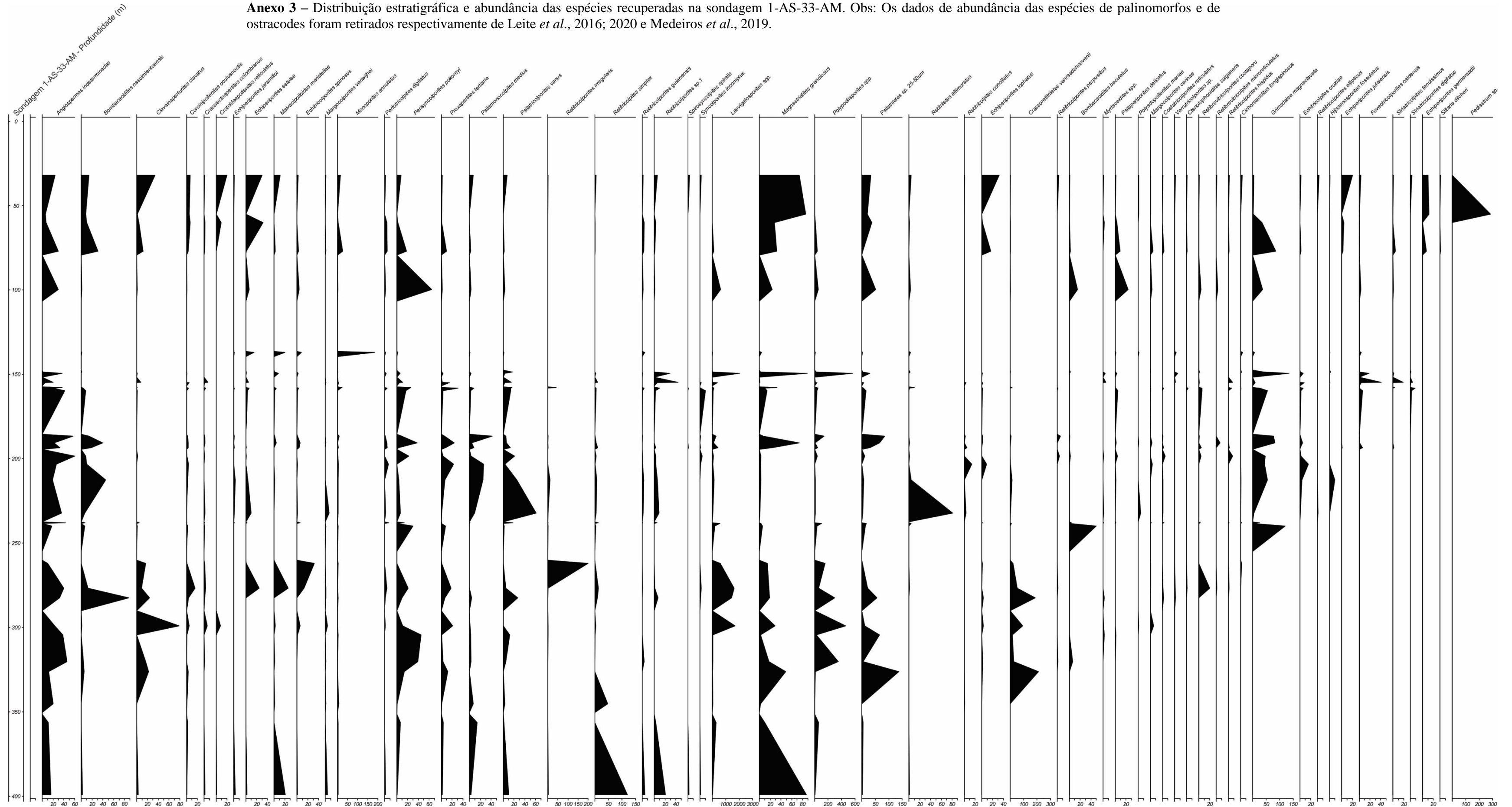


**Grãos de Pólen:** Angiospermas indeterminadas (24), *Bombacacidites nacimientoensis* (Anderson, 1960) Elsik, 1968 (14), *Clavainaperturites clavatus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (34), *Corsinipollenites oculusnoctis* (Thiergart, 1940) Nakoman, 1965 (7), *Crassietoapertites colombianus* (Dueñas, 1980) Lorente, 1986 (1), *Crotoidaepollenites reticulatus* Silva-Caminha et al., 2010 (20), *Echiperiporites stelae* Germeraad et al., 1968 (30), *Echiperiporites jaramilloi* Leite et al., 2020 (01), *Echitricolporites maristellae* Muller et al., 1987 (11), *Echitricolporites spinosus* Van der Hammen, 1956B (02), *Margocolporites vanwijhei* Germeraad et al., 1968 (01), *Monoporites annulatus* Van der Hammen, 1954 (15), *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967 (02), *Perisyncolporites pokornyi* Germeraad et al., 1968 (08), *Proxapertites tertiaria* Van der Hammen & García de Mutis, 1966 (02), *Psilamonocolpites medius* Van der Hammen & García de Mutis, 1965 (07), *Psilatricolporites vanus* González-Guzmán, 1967 (07), *Retitrescolpites? irregularis* (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001(02), *Retitricolporites guianensis* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (02), *Retitricolporites* sp.1 (06), *Retitricolpites simplex* González-Guzmán, 1967 (05), *Spirosyncolpites spiralis* González-Guzmán, 1967 (03), *Syncolporites incomptus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (02), *Echitricolpites cruziae* Leite et al., 2020 (02), *Retitricolporites ellipticus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964 (03), *Echiperiporites jutaiensis* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (20), *Foveotricolporites caldensis* Gonzalez-Guzmán, 1967 (03), *Striatricolporites tenuissimus* Dueñas, 1980 (01), *Striatricolporites digitatus* Jaramillo & Dilcher, 2001 (03), *Psilatricolpites minutus* Gonzalez-Guzmán, 1967 (01), *Retitricolpites conciliatus* Gonzalez Guzmán, 1967 (01), *Echiperiporites lophatus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (32), *Retitricolporites perpusillus* Regali et al., 1974 (03), *Bombacacidites baculatus* Muller et al., 1987 (01), *Myrtaceidites* spp. (01), *Psilaperiporites "delicatus"* (01), *Polyadopollenites mariae* Duenas, 1980 (01), *Margocolporites carinae* Leite et al., 2020 (01), *Costatricolporites reticulatus* Wijmstra, 1971 (01), *Verrutricolporites* sp. (02), *Retitricolporites hispidus* Van der Hammen & Wijmstra, 1964 (02), *Retibrevitricolpites microreticulatus* Leite et al., 2020 (01), *Ctenolophonidites suigeneris* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (01), *Retibrevitricolporites "costaporus"* (01), *Cichoreacidites longispinosus* (Lorente 1986) Silva-Caminha et al., 2010 (03) *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad, Hopping & Muller, 1968 (05), *Echiperiporites germeraadii* Leite et al., 2020 (10) e *Siltaria dilcheri* Silva-Caminha et al., 2010 (01); **Esporos:** *Laevigatosporites* spp. (04), *Magnastriatites grandiosus* (Kedves & Sole de Porta, 1963) Duenas, 1980 (74), *Polypodiisporites* spp. (01), *Psilatriteles* sp. 25-50um (34), *Retitriteles altimuratus* Silva-Caminha, Jaramillo & Absy, 2010 (04), *Crassoretitriteles vanraadshoovenii* Germeraad et al., 1968 (02) e *Nijssenosporites fossulatus* Lorente, 1986 (01) (Leite et al., 2016; 2020).





**Anexo 3** – Distribuição estratigráfica e abundância das espécies recuperadas na sondagem 1-AS-33-AM. Obs: Os dados de abundância das espécies de palinórfos e de ostracóides foram retirados respectivamente de Leite *et al.*, 2016; 2020 e Medeiros *et al.*, 2019.





**Anexo 4 – Distribuição estratigráfica e abundância das espécies recuperadas na sondagem 1-AS-33-AM (Continuação). Obs: Os dados de abundância das espécies de palinórfos e de ostracodes foram retirados respectivamente de Leite *et al.*, 2016; 2020 e Medeiros *et al.*, 2019.**

