



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE CIÊNCIAS DA TERRA
CURSO DE GEOLOGIA**

YASMIM ARAÚJO SILVA

**CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL DOS DEPÓSITOS
PENSILVANIANOS DA FORMAÇÃO ITAITUBA ATRAVÉS
DA ANÁLISE DE MICROFÁCIES E INVERTEBRADOS
MARINHOS, BORDA NORTE DA BACIA DO AMAZONAS**

**Santarém, Pará
2022**

YASMIM ARAÚJO SILVA

**CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL DOS DEPÓSITOS
PENSILVANIANOS DA FORMAÇÃO ITAITUBA ATRAVÉS
DA ANÁLISE DE MICROFÁCIES E INVERTEBRADOS
MARINHOS, BORDA NORTE DA BACIA DO AMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito para aprovação na componente curricular
Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Geologia
da Universidade Federal do Oeste do Pará.
Orientador: Msc. Rick Souza de Oliveira

**Santarém, Pará
2022**

Ao meu querido tio Francivaldo (*in memoriam*),
com todo amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, o autor da vida, por me conceder saúde e sabedoria para o desenvolvimento deste trabalho, e por mais uma graça alcançada.

A minha família, especialmente aos meus pais, Jair e Francilene, por todo amor, compreensão, apoio e esforço investido na minha educação, serei eternamente grata a vocês. Aos meus “adoráveis” irmãos Mateus, Emanuelle, Jair Neto, Izabele e Elizabeth, pela parceria diária de risos e brigas. AMO VOCÊS!

As minhas queridas avós, Fátima e Graça, por todo cuidado, preocupação, carinho e palavras de conforto de sempre.

Ao meu querido tio Francivaldo/Neto (*in memoriam*), por todos os conselhos e incentivos dados aos meus estudos como um pai dedicado. Certamente a pessoa que mais torcia por este momento tão importante e a minha principal inspiração e referência de educação, disciplina e persistência.

Ao meu orientador, Prof. Rick Oliveira, pela generosa orientação, apoio, incentivo e confiança para o desenvolvimento deste trabalho e pelos valiosos conhecimentos transmitidos com maestria. Obrigada pela parceria e amizade que sem dúvida permanecerão.

À Prof^a Geize Oliveira, pela valiosa contribuição, pelas sugestões e correções dadas para o aprimoramento deste trabalho.

Aos meus amigos e parceiros Willian, Pedro, Evilane, Lorena, Gilmara, Renato, Juliane e Jéssica pelo companheirismo durante esta etapa, pelos momentos de alegria, tristeza, estresse e principalmente pela zoeira que tornou essa trajetória alegre e descontraída.

Aos colegas de turma da disciplina Prática de campo em sedimentologia e paleontologia, pelo auxílio prestado durante o trabalho de campo e laboratório.

A todos os meus professores do curso de Geologia da UFOPA pelas aulas, ensinamentos, conselhos e sermões, que contribuíram com a minha formação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) pelo auxílio financeiro e à Universidade Federal do Oeste do Pará pela bolsa de iniciação científica concedida.

À empresa Caltarém pela colaboração para a realização deste trabalho.

A todos os meus familiares e amigos que aqui não foram citados, mas que participaram, acreditaram e torceram muito por esta conquista. Minha singela e sincera gratidão!

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar a classificação taxonômica de paleoinvertebrados marinhos, assim como a reconstrução paleoambiental dos depósitos carbonáticos da Formação Itaituba, aflorante na região de Monte Alegre, borda norte da Bacia do Amazonas, contribuindo com novos dados para o refinamento paleofaunal e paleoambiental desta região. O conteúdo fossilífero das rochas carbonáticas e folhelhos é representado predominantemente por braquiópodes das famílias Athyrididae, Rhipidomellidae, Spiriferidae, Productidae, Productellidae e Strophomenidae, associados a briozoários das famílias Fistuliporidae, Rhomboporidae e Fenestellidae, crinoides da família Anthinocrinidae e gêneros Baryschr e Ciclocaudex, foraminíferos bentônicos dos grupos miliolídeos e fusulinídeos, e trilobitas indefinidos. A ocorrência do crinoide Baryschr restringe a idade desses depósitos ao Pensilvaniano médio (Idade Moscoviana). Quatro microfácies padrão (MFP) e duas zonas faciológicas (ZF) foram individualizadas: a) ZF 7, representa um ambiente lagunar com circulação aberta, caracterizado pelos depósitos das microfácies wackestones siliciclásticos bioturbado (MFP 09) e wackestones/packstones siliciclásticos (MFP 10), com fósseis de braquiópodes, crinoides, equinoides, foraminíferos miliolídeos e fusulinídeos, trilobitas e briozoários. b) ZF 8, representa um ambiente lagunar protegido, caracterizado pelos depósitos de wackestones siliciclásticos peloidal (MFP 16) e mudstones (MFP 23), com assembleia fóssil limitada a braquiópodes, equinoides e foraminíferos miliolídeos. Portanto, o paleoambiente destes depósitos corresponde a um ambiente lagunar com circulação aberta que viabilizou a formação de wackestones e packstones siliciclásticos (MFP 09 e 10) e o desenvolvimento de uma fauna de invertebrados marinhos diversificada que atestam o ambiente marinho aberto, eutrófico, com águas quentes, claras, bem oxigenadas, salinidade normal e energia moderada. Posteriormente o ambiente evoluiu para uma laguna protegida com circulação restrita de água que possibilitou a formação de wackestones siliciclásticos e mudstones (MFP 16 e 23) e o desenvolvimento de uma fauna restrita composta por organismos adaptados a condições ambientais estressantes devido as grandes flutuações nas taxas de salinidade, temperatura, oxigênio e energia. Esta biota limitada condiz com um ambiente de águas mais salinas e depletadas em nutrientes, enquanto a presença de grãos siliciclásticos indicam um ambiente proximal com influência de sedimentação continental. As feições bioestratinômicas, caracterizadas por baixo grau de fragmentação, desarticulação e abrasão parcial, assim como a incrustação de briozoários cystoporados (Fistuliporidae) em carapaças de braquiópodes e segmentos colunares de crinoides, sugerem exposição dos esqueletos por curto período de

tempo na interface água-sedimento e rápido soterramento em condições ambientais de baixa energia. De modo geral, este trabalho detalha os depósitos lagunares e reforça a Idade Moscoviana atribuída à Formação Itaituba, bem como interpretações paleoambientais, que sugerem que uma plataforma carbonática se estabeleceu na Bacia do Amazonas durante o Pensilvaniano.

Palavras-Chave: Microfacies Padrão. Carnonífero. Plataforma carbonáticas.

ABSTRACT

Thus, the present work aimed to carry out the taxonomic classification of marine paleoinvertebrates, as well as the paleoenvironmental reconstruction of the Itaituba Formation deposits, outcropping in the region of Monte Alegre, northern edge of the Amazonas Basin, contributing with new data for the paleofaunal and paleoenvironmental refinement of this region. The fossiliferous content of carbonates and shales is predominantly represented by brachiopods of the families Athyrididae, Rhipidomellidae, Spiriferidae, Productidae, Productellidae and Strophomenidae, associated with bryozoans of the families Fistuliporidae, Rhomboporidae and Fenestellidae, and the crinoids represented by the Family Anthinocrinidae and the genera Baryschr and Ciclocaudex, benthic foraminifers miliolid and fusulinid, and undefined trilobites. The occurrence of the Baryschr crinoid restricts the age of these deposits to the Middle Pennsylvanian (Moscovian Age). Four Standard Microfacies (SMF) and two Faciologic Zones (FZ) have been individualized: a) FZ 7, representing a lagoon environment with open circulation, characterized by siliciclastic wackestones (SMF 09) and siliciclastic wackestones/packstones (SMF 10) deposits, consisting of brachiopods, crinoids, echinoids, miliolids and fusulinids foraminifers, trilobites, and bryozoans fossils. b) FZ 8, representing a sheltered lagoon environment, characterized by deposits of peloidal siliciclastic wackestones (SMF 16) and mudstones (SMF 23), with a fossil assemblage limited to brachiopods, echinoids and miliolid foraminifera. Therefore, the paleoenvironment of these deposits started in a lagoon environment with open circulation that enabled the formation of wackestones and siliciclastic packstones (SMF 09 and 10) and the development of a diversified marine invertebrate fauna that attest to the open, eutrophic marine environment, with waters warm, clear, well oxygenated, normal salinity and moderate energy. Subsequently, the environment evolved into a sheltered lagoon with restricted water circulation that allowed the formation of siliciclastic wackestones and mudstones (SMF 16 and 23) and the development of a restricted fauna composed of organisms adapted to stressful environmental conditions due to large fluctuations in the rates of salinity, temperature, oxygen and energy. This limited biota is consistent with an environment of more saline and nutrient-depleted waters, while the presence of siliciclastic grains indicates a proximal environment influenced by continental sedimentation. The biostratigraphic features, characterized by a low degree of fragmentation, disarticulation, and partial abrasion, as well as the encrustation of cystoporate bryozoans (Fistuliporidae) in brachiopod carapaces and columnar segments of crinoids, suggest exposure of the skeletons for a short-time at the water-sediment interface and rapid burial in low-energy environmental

conditions. In general, this work details the lagoon deposits and reinforces the Moscovian Age attributed to the Itaituba Formation, as well as paleoenvironmental interpretations, which suggest that a carbonate platform was established in the Amazonas Basin during the Pennsylvanian Period.

Keywords: Standard Microfacies. Carboniferous. Carbonate Platform.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - A) Mapa geológico e de localização da área de estudo. B) Carta estratigráfica da Bacia do Amazonas, com destaque para a Formação Itaituba.	14
Tabela 1 - Composição modal das amostras individuais da Formação Itaituba.....	16
Figura 2 - Braquiópodes. Athyridida A-D, A) vista da valva ventral, B) região posterior, C) representação esquemática superficial da valva ventral, D) fotomicrografia mostrando no centro fragmento de concha de Athyridida (At) com microestrutura exibindo cristais grossos de calcita orientados perpendicularmente à margem da concha. Orthida E-F, E) vista da valva ventral e F) representação esquemática detalhando a ornamentação composta por linhas de crescimento e costelas da valva ventral. Spiriferida G-J, G) vista da valva ventral, H) desenho esquemático exibindo as costelas e o sulco na superfície da valva ventral, I) vista lateral e J) posterior. Productida K-Q, K) vista da valva ventral, L) desenho esquemático detalhando a superfície da valva ventral, exibindo sua ornamentação composta por costelas e espinhos, M) vista posterior, N) vista da valva ventral de Productellidae, O) vista da região posterior da concha e P) desenho esquemático da superfície da valva ventral, Q) fotomicrografia mostrando espinhos de productídeos (Pr) em seção transversal com sua diagnóstica estrutura concêntrica exibindo duas camadas: um interna fibrosa paralela à margem da concha e outra externa orientada radialmente, com o centro preenchido por calcita espática. Strophomenida R-U, R) vista da valva ventral e S) valva dorsal, T) desenho esquemático da superfície da valva ventral, U) fotomicrografia mostrando no centro concha com microestrutura pseudopunctate de Strophomenida (St). Ec: fragmento de equinoderma. Barras de escala: 10 mm.....	21
Figura 3 - A) Fragmento de Fistuliporidae. B) Fragmento de Fenestellidae. C) Ramos fragmentados de Romboporidae. D) Fotomicrografia mostrando briozoário incrustante (Bry) em um fragmento de braquiópode (Bra), em seção transversal. E) Placa de Anthinocrinidae e F) representação esquemática exibindo detalhes da placa colunar. G) Disco colunar do gênero Baryschr. H) Disco colunar do gênero Ciclocaudex e I) segmento colunar de Ciclocaudex. Fotomicrografias J-L, seção transversal de J) foraminífero fusulinídeo (Fu) e K) miliolídeo (Mi). L) Fragmento de trilobita (Tr). Barras de escala: 10 mm.....	25
Tabela 2 - Tipos de microfácies e zonas faciológicas da Formação Itaituba, na região de Monte Alegre.	27
Figura 4 - Seção estratigráfica da sucessão estudada com distribuição de microfácies, amostras, conteúdo fossilífero e teor de carbonato de cálcio.	28

Figura 5 - Sucessão carbonato-siliciclástica da Formação Itaituba em raseamento ascendente, onde: (A) Seção panorâmica do afloramento, com arenitos no topo; (B) Intercalação entre packstones e folhelhos, onde ocorrem as principais abundâncias e diversidades fossilíferas da seção estudada e (C) Fragmentos de galerias de Thalassinoides. A pessoa em B tem 1,5 m. .	30
Figura 6 - Tipos de microfácies. A) Wackestone siliciclásticos bioturbado (MFP-09). B e D) Packstone siliciclástico (MFP-10). C) Wackestone siliciclástico (MFP-10). E) Wackestone siliciclástico peloidal (MFP-16). F) Mudstone (MFP-23). Bra: braquiópode, Bry: briozoário, Ca: calcisfera, Ec: fragmento de equinoderma, Fo: foraminíferos, Fu: fusulinídeo, Ic: intraclasto, Mi: miliolídeo, Pr: espinho de productídeo, Tr: trilobita.....	30
Figura 7 - Abundância relativa dos macrofósseis identificados na Formação Itaituba na região de Monte Alegre.	32
Figura 8 - Distribuição cronoestratigráfica dos macrofósseis identificados neste trabalho, com destaque para a amplitude estratigráfica do gênero <i>Baryschyr</i> , restringindo a idade da sucessão ao Pensilvaniano médio.	33
Figura 9 - A) Modelo paleoambiental indicando a distribuição das zonas faciológicas e microfácies características dos subambientes de uma plataforma, com destaque em vermelho para as zonas faciológicas interpretadas para os depósitos da Formação Itaituba na região de Monte Alegre. Não há observação direta das demais zonas faciológicas e subambientes na seção estudada, e a representação destas tem o objetivo apenas de ilustrar as possibilidades no ambiente de plataforma carbonática convencional, embora elas sejam reconhecidas em outras regiões da Bacia do Amazonas. B) Reconstrução paleogeográfica do Gondwana durante o Moscoviano. O retângulo vermelho indica a posição da Bacia do Amazonas que estava inundada por um amplo mar raso epicontinental.	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. CONTEXTO GEOLÓGICO	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
4. RESULTADOS	17
4.1. Taxonomia	17
4.2. Análise de microfácies	26
5. DISCUSSÃO	31
5.1. Abundância Relativa, Bioestratigrafia e Feições Bioestratinômicas	31
5.2. Paleocologia	33
5.3. Modelo deposicional e paleogeográfico	37
6. CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

Considerando que a deposição de carbonatos e a distribuição dos organismos é controlada por parâmetros ambientais específicos como profundidade, temperatura, salinidade, energia da água, turbidez, disponibilidade de oxigênio e nutrientes, a caracterização de microfácies juntamente com a associação fossilífera, são essenciais para interpretação e reconstrução paleoambiental, paleogeográfica, paleoclimática e evolutiva de plataformas carbonáticas (ATASOY et al., 2018; FLÜGEL, 2004; TUCKER e WRIGTH, 1990; WILSON, 1975).

O Período Carbonífero é marcado por variações climáticas, oscilações no nível do mar, desenvolvimento de desertos, geleiras no sul do Gondwana e deposição de sucessões marinhas (CAO et al., 2019; CAPUTO e CROWELL, 1985; ROSS e ROSS, 1987; ROWLEY et al., 1985), sendo que durante o Pensilvaniano, ingressões marinhas resultaram em um mar epicontinental na porção central do Gondwana ocidental, interligando as bacias do Parnaíba, Amazonas e Solimões (HARRINGTON, 1962; SCOTese e MCKERROW, 1990). A conexão entre essas bacias foi registrada pelos depósitos carbonáticos associados a fósseis marinhos variados (ALMEIDA e CARNEIRO, 2000; ANELLI 1999; CARVALHO e FONSECA, 1988; SCOMAZZON, 2004). Especificamente na Bacia do Amazonas, essa transgressão é representada pelos depósitos carbonáticos da Formação Itaituba (CUNHA et al., 2007).

As rochas carbonáticas atualmente são os maiores reservatórios de hidrocarbonetos, representando cerca de 40% a 60% das reservas do mundo (FLÜGEL, 2004). De acordo com estudos geoquímicos, a Bacia do Amazonas é considerada potencialmente petrolífera (MILANI e ZALÁN, 1999; NEVES, 1990; REZENDE e BRITO, 1973), com as ocorrências mais representativas de óleo e gás registradas em arenitos da sequência Pensilvaniano-Permiana, principalmente da Formação Monte Alegre (NEVES, 1990). Além disso, os calcários da Formação Itaituba registram a mais abundante e diversa fauna marinha da Bacia do Amazonas. Os principais estudos desenvolvidos quanto a ocorrência fossilífera enfocam aspectos bioestratigráficos, com ênfase principalmente na análise de microfósseis como conodontes e palinórfos (DAEMON e CONTREIRAS, 1971; LEMOS e MEDEIROS, 1996; LEMOS e SCOMAZZON, 2001; NASCIMENTO et al., 2009; SCOMAZZON e LEMOS, 2005), fazendo desses depósitos, um dos mais importantes para o entendimento do sistema petrolífero e evolução da Bacia do Amazonas.

Embora o conteúdo macrofóssil dos estratos carbonáticos seja relativamente abundante, ainda são poucos os estudos que abordam a classificação taxonômica. Portanto, o presente

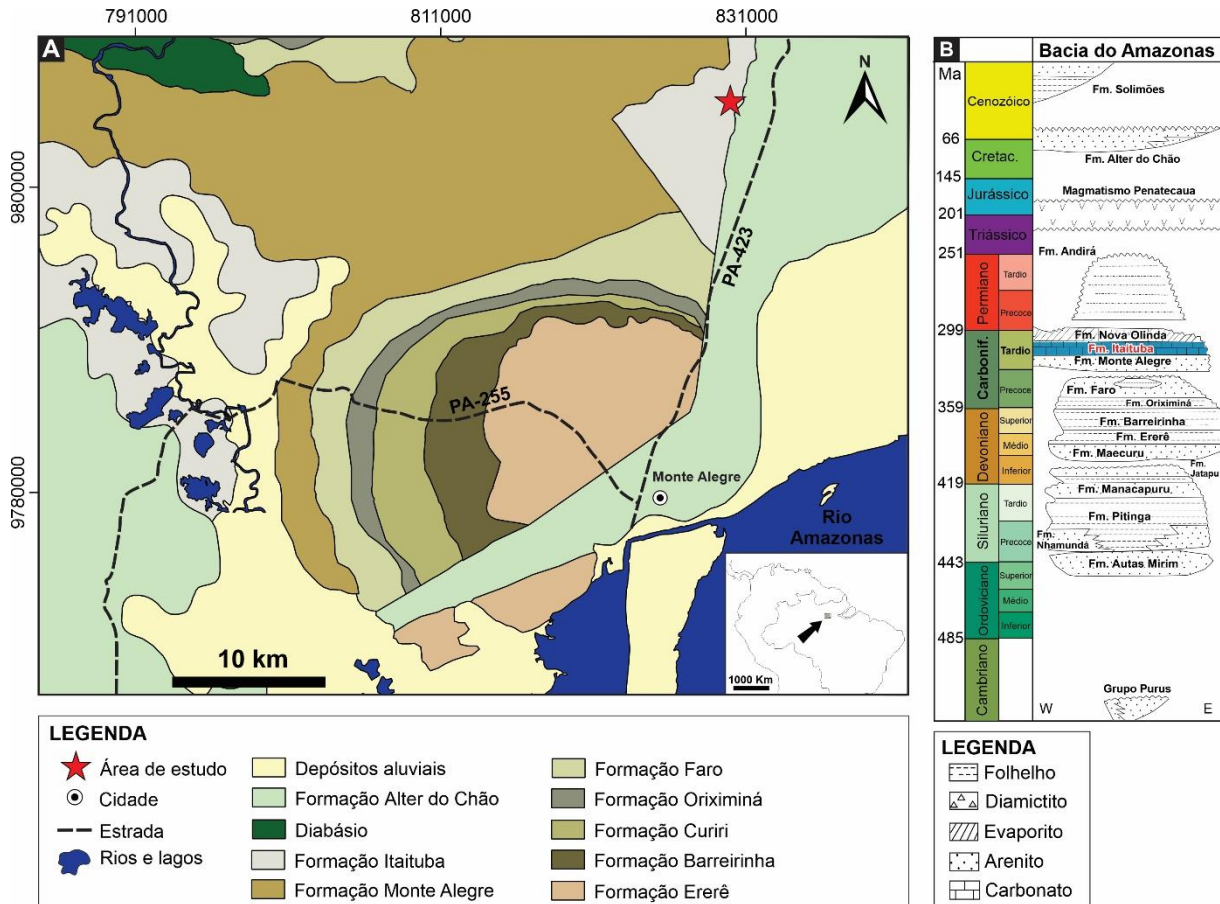
estudo visa a caracterização taxonômica da associação macrofóssil da Formação Itaituba representada por braquiópodes, briozoários e crinoides na região de Monte Alegre, assim como a interpretação do ambiente deposicional destes depósitos carbonáticos, mediante a análise integrada de dados petrográficos e paleontológicos, fornecendo novos subsídios para o refinamento paleofaunal e ampliando a compreensão paleoambiental da Formação Itaituba durante o Pensilvaniano, na borda norte da Bacia do Amazonas.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia do Amazonas, possui extensão de cerca de 500.000 km² e preenchimento sedimentar de até 6 km de espessura no seu depocentro (CUNHA et al., 2007). É limitada ao norte pelo escudo das Guianas, ao sul pelo escudo de Guaporé, a oeste pelo arco de Purus que a separa da Bacia do Solimões, e a leste pelo arco de Gurupá que a separa da Bacia do Marajó (CAPUTO et al., 1972; CORDANI et al., 2009; CUNHA et al., 1994; NEVES 1990). A gênese da bacia é atribuída a processos distensivos com direção norte-sul decorrentes dos estágios colisionais finais do Ciclo Brasileiro, seguida de subsidência termal e posterior desenvolvimento de uma sinéclise intracontinental (CORDANI et al., 2009; CUNHA et al., 1994; MONTALVÃO e BEZERRA, 1980; NEVES 1990).

A sucessão aqui estudada pertence a Formação Itaituba. Esta é composta principalmente por carbonatosossilíferos depositados durante a transgressão marinha que ocorreu no Gondwana durante o Pensilvaniano (ALMEIDA e CARNEIRO, 2000; CUNHA et al., 1994; HARRINGTON, 1962). Seu conteúdo fossilífero é representado principalmente por uma diversa e abundante fauna de invertebrados marinhos composta por foraminíferos bentônicos, escolecodontes, conodontes, corais, briozoários, crinoides, trilobitas, ostracodes, gastrópodes, bivalves e braquiópodes (DERBY, 1894; FIGUEIRAS, 1983; MOUTINHO, 2006; SCOMAZZON, 2004). A Formação Itaituba apresenta limite estratigráfico inferior concordante com os depósitos siliciclásticos da Formação Monte Alegre, e é sotoposta concordantemente pelos depósitos evaporíticos da Formação Nova Olinda (CUNHA et al., 2007) (Fig. 1B). Estudos biocronoestratigráficos com base em conodontes (LEMOS e MEDEIROS, 1996; LEMOS e SCOMAZZON, 2001; NASCIMENTO *et al.*, 2009; SCOMAZZON e LEMOS, 2005; SCOMAZZON *et al.*, 2016), fusulinídeos (DAEMON e CONTREIRAS, 1971; PETRI, 1952a) e palinomorfos (NASCIMENTO *et al.*, 2005; PLAYFORD e DINO, 2000) indicam idade Neobashkiriana-comoscoviana para os depósitos desta formação.

Figura 1 - A) Mapa geológico e de localização da área de estudo. B) Carta estratigráfica da Bacia do Amazonas, com destaque para a Formação Itaituba.



Fonte: A) modificado de Vasquez et al., 2008. B) Modificado de Cunha *et al.*, 1994.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Dados fósseis e litológicos foram coletados ao longo da frente de mineração ativa de pedreiras de calcário em torno da cidade de Monte Alegre, Estado do Pará, na borda norte da Bacia do Amazonas (Fig. 1A). Dados paleontológicos e sedimentológicos foram obtidos e coletados durante campanhas de campo, além da elaboração do perfil litoestratigráfico da seção de afloramento, onde foram obtidos aproximadamente 260 espécimes fósseis.

A descrição dos macroinvertebrados foi baseada principalmente na classificação de Ruppert e Barnes (1996). Todos os organismos fósseis foram classificados ao nível de Família, exceto duas espécies pertencentes à classe Crinoidea que foram classificados ao nível de gênero. A identificação foi realizada no Laboratório Multidisciplinar de Geologia I, da Universidade Federal do Oeste do Pará, com auxílio de microscópio estereoscópio binocular.

Foram realizadas seis seções delgadas especificamente em níveis fossilíferos, visando a identificação mineralógica, textural e um refinamento taxonômico e paleoambiental. A

classificação de rochas carbonáticas seguiu a proposta por Dunham (1962). A fábrica e as texturas foram classificadas de acordo com Folk (1965, 1974), Friedman (1965), Logan e Seminiuk (1976) e Sibley e Gregg (1987). A análise de microfácies seguiu a versão modificada por Flügel (2004) do esquema de classificação de microfácies proposta por Wilson (1975). A análise quantitativa foi realizada por proporção modal estimada de grãos e matriz usando diagramas de comparação desenvolvidos por Baccelle e Bosellini (1965). A composição quantitativa de cada amostra está documentada na Tabela 1. A diferenciação da composição mineralógica dos carbonatos foi realizada em seções delgadas por tingimento com solução de alizarina vermelha S e ferricianeto de potássio, baseada na metodologia de Friedman (1959). A determinação do teor aproximado de carbonato de cálcio (CaCO_3) foi realizada através do método capilar, semelhante ao de Ledésert et al. (2009). O método consiste em mensurar a concentração CaCO_3 através da medição proporcional do volume de dióxido de carbono (CO_2) liberado a partir da reação de ácido clorídrico (HCl) com carbonato de cálcio (CaCO_3). O CO_2 liberado desloca uma coluna de água, indicando o volume de CO_2 desprendido da amostra.

Tabela 1 - Composição modal das amostras individuais da Formação Itaituba.

Seção delgada	Arcabouço (%)												Terrígenos (%)		Minerais autígenicos (%)			Porosidade (%)		Classificação de Dunham (1962)	Zona de Irwin (1965)			
	Ortoquímicos	Aloquímicos								Cimento		Quartzo	Outros	Quartzo (calcedônia)	Anidrita	Pirita	Intergranular	Fraturas						
	Micrito	Biogênicos						Intraclasto	Pelóide	Calcita equant "A"	Calcita espática "B"								Dolomita					
		Braquiópode	Briozóario	Calcisfera	Crinoide	Equinoderma	Foraminífero																	Trilobita
CT-1	78	-	-	-	-	1	1	-	2	-	-	-	16	1	-	-	1	-	-	<i>Wackestone</i>	Z	9	7	
CT-2	68	7	-	-	1	2	5	-	-	-	-	-	14	2	-	-	1	-	-	<i>Packstone</i>		10	7	
CT-3	82	4	-	1	1	1	1	1	-	-	-	0,5	6	1	-	0,5	1	-	-	<i>Wackestone</i>		16	8	
CT-4	93,5	0,5	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	1	-	-	1	-	1	<i>Mudstone</i>		23	8	
CT-5	61,2	6	1	0,5	1	2	1	1	1	-	0,1	0,7	-	21	1	-	0,5	1	1	-		<i>Packstone</i>	10	7
CT-7	80,5	4,5	1	-	2	1	0,5	2	-	-	-	-	6	1	0,5	-	1	-	-	<i>Wackestone</i>		10	7	

Fonte: autora, 2022.

4. RESULTADOS

4.1. Taxonomia

A identificação dos organismos fósseis, teve como base os trabalhos de Nickles e Bassler (1900), Schuchert e Cooper (1932), Bancroft (1986), Angiolini (2001), Morozova (2001), Posenato (2001), Hlebszevitsch (2004), e Voros et al. (2016), Williams et al. (1965). A classificação taxonômica de braquiópodes, briozoários e crinoides segue as adotadas por Miller (1821), King (1850), Simpson (1895), Moore e Jeffords (1968), Bancroft e Wyse Jackson (1995), Brunton et al. (1995), Williams et al. (1996). A distribuição geográfica considera o registro dos espécimes nas demais bacias sedimentares brasileiras.

Reino ANIMALIA

Filo BRACHIOPODA Cuvier, 1805

Classe RHYNCHONELLATA Williams et al., 1996

Ordem ATHYRIDIDA Boucot et al. 1964

Família ATHYRIDIDAE M'Coy, 1844

Figura 2A-D

Descrição: Este braquiópode apresenta concha ventribiconvexa e forma ovalada. Sua ornamentação é constituída de linhas concêntricas que iniciam próximo ao forâmen e crescem sentindo à borda. Suas bordas achatadas dão um aspecto de bico na união entre elas. O umbo é delgado, encurvado e agudo. As linhas de ornamentação são observadas nas valvas dorsal e ventral. Seu tamanho varia, sendo o comprimento de 1,5 a 2,1 cm e largura 2 a 2,7 cm. Sete exemplares deste espécime foram descritos para a área de estudo.

Em seção delgada este braquiópode é caracterizado por apresentar microestrutura impontuada exibindo cristais prismáticos de calcita orientados perpendicularmente à margem da concha.

Amplitude estratigráfica: Ordoviciano superior ao Jurássico inferior (MOORE et al., 1952).

Discussão: O holótipo de Athyrididae segundo Clarkson (1998), apresenta conchas fortemente biconvexas a ventribiconvexa, impontuada, ornamentação composta por linhas de crescimento, elevação radial convexa na valva dorsal denominada dobra, conforme observado neste trabalho. Esta característica associada com as descrições feitas por Angiolini (2001), Posenato (2001) e Camacho e Longobucco (2007) reforçam que este organismo apresenta valva ventral convexa com contorno oval alongado. A concha é geralmente de tamanho médio biconvexo com um contorno subcircular e umbonal. A ornamentação é composta por linhas de crescimento e

corrugações superficiais. Mendes (1957) e Chen et al. (2005) identificaram e descreveram espécimes do gênero *Composita* na Formação Itaituba.

Distribuição geográfica: Formação Itaituba, Bacia do Amazonas (CHEN et al., 2005; MENDES, 1957).

Ordem ORTHIDA Schuchert & Cooper, 1932

Família RHIPIDOMELLIDAE Schuchert, 1913

Figura 2E-F

Descrição: A morfologia da espécie consiste em uma concha subcircular, biconvexa. A valva ventral é longa e apresenta diminuição na convexidade no sentido das extremidades em relação à valva dorsal. Sua ornamentação consiste em linhas de crescimento. Estas são intersectadas por linhas radiais que se iniciam no umbo e se estende por todo o comprimento das valvas denominadas costelas. O umbo é pequeno, pontudo e pouco elevado. Os espécimes apresentam tamanho variado de 1,0 a 1,8 cm. 149 exemplares foram identificados, sendo os mais abundantes entre os espécimes de braquiópodes identificados.

Amplitude estratigráfica: Cambriano inferior ao Permiano superior (MOORE et al., 1952).

Discussão: A concha deste braquiópode é biconvexa, subcircular a semielíptica, normalmente ornamentada por linhas de crescimento e costelas, conforme foi observado e, geralmente impontuada (CLARKSON, 1998; MOORE et al., 1952). Merriam (1973) ressalta que a valva ventral é mais côncava e longa que a valva dorsal. Ambas se achatam em direção à linha de comissura e não apresentam vestígios de sulco ou dobra. Mendes (1956a) e Chen et al. (2005) mencionam a ocorrência do gênero *Rhipidomella* na Formação Itaituba.

Distribuição geográfica: Formação Maecuru (CARVALHO, 1972) e Itaituba, Bacia do Amazonas (CHEN et al., 2005; MENDES, 1956a)

Ordem SPIRIFERIDA Waagen, 1883

Família SPIRIFERIDAE King, 1846

Figura 2G-J

Descrição: A concha deste braquiópode é ventribiconvexa, apresenta forma subtriangular alargada com margem posterior reta. Linha de articulação alongada que se assemelha a uma asa. A concha é ornamentada por costelas radiais. A valva ventral possui um sulco, uma depressão radial que inicia no bico e termina na extremidade da valva, enquanto que a valva dorsal apresenta um sulco. 62 exemplares foram identificados.

Amplitude estratigráfica: Carbonífero inferior ao Permiano (WILLIAMS et al., 1965).

Discussão: Os espiriferidas são conhecidos por suas conchas biconvexas, estróficas, alongadas transversalmente, dobra dorsal e sulco ventral (WILLIAMS et al., 1965). A sua longa linha de articulação é frequentemente a parte mais larga da concha e se assemelha a uma asa, e seria um instrumento para evitar que a concha afundasse no substrato lamoso (RUPPERT e BARNES, 1996). Os espécimes estudados apresentam as características morfológicas descritas acima. Espécies do gênero *Neospirifer* e *Anthracospirifer* foram descritas por Mendes (1956b) e Chen et al. (2005), respectivamente, na Formação Itaituba.

Distribuição geográfica: Formações Manacapuru e Itaituba, Bacia do Amazonas (CHEN et al., 2005; MENDES, 1956b; TOMASSI et al., 2015). Formação Piauí, Bacia do Parnaíba (Anelli, 1999).

Classe STROPHOMENATA Williams et al., 1996

Ordem PRODUCTIDA Sarycheva e Sokolskaya, 1959

Família PRODUCTIDAE Gray, 1840

Figura 2K-M

Descrição: Apresentam concha plano-convexa, valva ventral lobada, o comprimento varia de 1,5 a 3 cm, linha de articulação reta dando uma aparência de asa a concha. O umbo é arredondado e encurvado. Alguns exemplares apresentam rugas concêntricas na região umbonal. A valva ventral é ornamentada por costelas radiais finas e associada a espinhos bem esparsados. Estes são evidenciados pelas cicatrizes. Foram identificados cinco exemplares.

Amplitude estratigráfica: Ordoviciano ao Permiano (BRUNTON et al., 1995).

Discussão: As conchas geralmente são plano-convexas (BRUNTON et al., 1995). Em alguns gêneros, podem ser côncavo-convexas, bilobadas. Geralmente, apresentam espinhos tubulares esparsos na valva ventral, conforme foram observados nos exemplares identificados, podendo ocorrer em ambas as valvas. Costelas radiais geralmente presentes. O umbo pode ser reticulado, placas dentárias são ausentes ocorrendo apenas em gêneros mais antigos. Os exemplares são semelhantes aos gêneros *Marginifera* e *Kozlowskia* descritos por Mendes (1959) e Chen et al. (2005) para a Formação Itaituba.

Distribuição geográfica: Formação Itaituba, Bacia do Amazonas (CHEN et al., 2005; MENDES, 1959). Formação Piauí, Bacia do Parnaíba (ANELLI, 1999).

Família PRODUCTELLIDAE Schuchert, 1929

Figura 2N-Q

Descrição: Este Productellidae possui concha pequena em relação aos Productidae. Apresenta concha plano-convexa. Na superfície externa ventral, ocorre um sulco tornando a valva mais abaulada e separando dois lobos. Apresenta linha de articulação alongada. A ornamentação é caracterizada por costelas radiais e cicatrizes de espinhos na valva ventral. Dois exemplares descritos apresentam tamanho de 1,5cm.

Em seção delgada, os productídeos são caracterizados pelos seus espinhos, que geralmente apresentam uma forma concêntrica com duas camadas: uma interna fibrosa espessa, orientada paralela à margem, e outra externa fibrosa fina, orientada perpendicular à margem, e o centro oco.

Amplitude estratigráfica: Ordoviciano ao Permiano (BRUNTON et al., 1995).

Discussão: Esses Productellidae são caracterizados por apresentar conchas pequenas, conforme observado, e médias, a valva ventral uniformemente convexa e espinhosa, com um umbo reticulado (BRUNTON et al., 1995). Dentes podem estar presentes ou ausentes. A valva braquial é geniculada e pode ter ornamentação reticulada na região umbonal, mas não possui espinhos. Chen et al. (2005) identificou o gênero *Inflatia* na Formação Itaituba.

Distribuição geográfica: Formação Itaituba, Bacia do Amazonas (CHEN et al., 2005). Formação Piauí, Bacia do Parnaíba (ANELLI, 1999).

Ordem STROPHOMENIDA Opik, 1934

Família STROPHOMENIDAE King, 1846

Figura 2R-U

Descrição: Estes braquiópodes apresentam forma semicircular. A valva ventral é ornamentada por costelas radiais saindo do umbo até a borda da concha. Apresenta concha côncavo-convexa. A valva dorsal é mais achatada, não apresentam espinhos. O comprimento varia de 3,1 a 4,3 cm e a largura de 3,6 a 3,7 cm. 17 exemplares foram identificados.

Estes braquiópodes em seção delgada apresentam microestrutura pseudopunctate, caracterizada por uma forma cônica na camada fibrosa. Algumas dessas características podem ser vistas nos exemplares descritos.

Amplitude estratigráfica: Ordoviciano superior ao Carbonífero superior (WILLIAMS, 1953).

Discussão: Estes braquiópodes são caracterizados por suas conchas côncavo-convexo, conforme observado, podendo ser lisas ou ornamentadas com costelas radiais, sem espinhos,

forâmen pedicular localizado supra-apicalmente, contorno da concha normalmente com linha de articulação relativamente larga (WILLIAMS, 1953).

Distribuição geográfica: Formação Itaituba, Bacia do Amazonas. Formação Piauí, Bacia do Parnaíba (ANELLI, 1999)

Filo BRYOZOA Ehrenberg, 1831

Classe STENOLAEMATA Borg, 1941

Ordem CYSTOPORATA Astrova, 1964

Família FISTULIPORIDAE Ulrich, 1882

Figura 3A e D

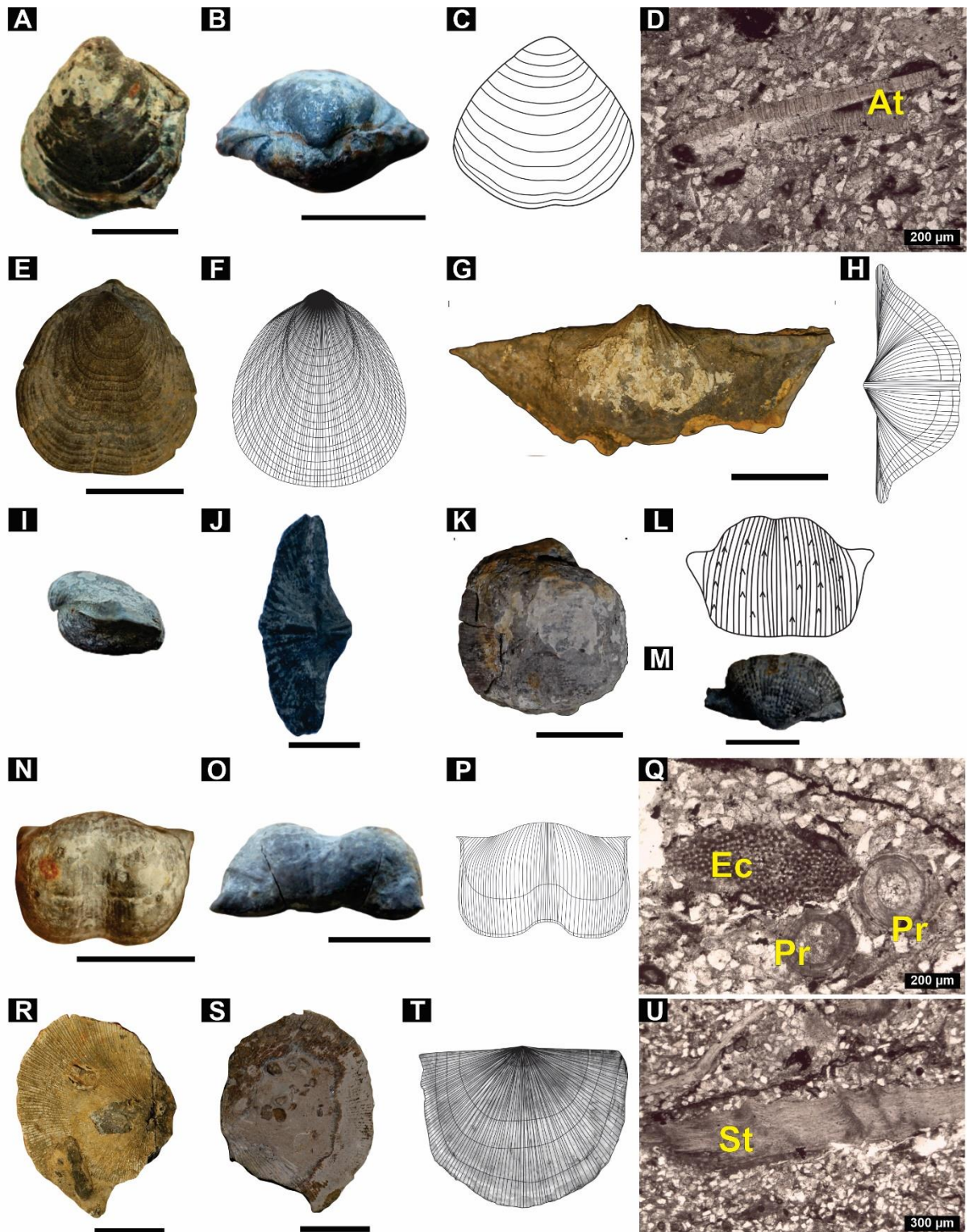
Descrição: Estes briozoários apresentam colônias incrustantes delgadas. Os zoécios possuem aberturas arredondadas a poligonal, e bem esparsados entre si. Os zoários ocorrem incrustando outros organismos como as conchas dos braquiópodes e colunas dos crinoides. Representado por três exemplares.

Amplitude estratigráfica: Ordoviciano inferior ao Permiano superior (CLARKSON, 1998).

Discussão: Esses organismos são unilaminares a multilaminares, e como características formam colônias incrustantes e massivas (BANCROFT e WYSE JACKSON, 1995). Os zoóides possuem forma tubular com aberturas circulares a poligonais próximo um do outro, organizados de forma radial. Na Bacia do Amazonas, Derby (1894) identificou o gênero *Fistulipora* na Formação Itaituba e Kätzer (1933) o gênero *Reptaria* na Formação Maecuru.

Distribuição geográfica: Formações Maecuru e Itaituba, Bacia do Amazonas (DERBY, 1894; KÄTZER 1933).

Figura 2 - Braquiópodes. Athyridida A-D, A) vista da valva ventral, B) região posterior, C) representação esquemática superficial da valva ventral, D) fotomicrografia mostrando no centro fragmento de concha de Athyridida (At) com microestrutura exibindo cristais grossos de calcita orientados perpendicularmente à margem da concha. Orthida E-F, E) vista da valva ventral e F) representação esquemática detalhando a ornamentação composta por linhas de crescimento e costelas da valva ventral. Spiriferida G-J, G) vista da valva ventral, H) desenho esquemático exibindo as costelas e o sulco na superfície da valva ventral, I) vista lateral e J) posterior. Productida K-Q, K) vista da valva ventral, L) desenho esquemático detalhando a superfície da valva ventral, exibindo sua ornamentação composta por costelas e espinhos, M) vista posterior, N) vista da valva ventral de Productellidae, O) vista da região posterior da concha e P) desenho esquemático da superfície da valva ventral, Q) fotomicrografia mostrando espinhos de productídeos (Pr) em seção transversal com sua diagnóstica estrutura concêntrica exibindo duas camadas: um interna fibrosa paralela à margem da concha e outra externa orientada radialmente, com o centro preenchido por calcita espática. Strophomenida R-U, R) vista da valva ventral e S) valva dorsal, T) desenho esquemático da superfície da valva ventral, U) fotomicrografia mostrando no centro concha com microestrutura pseudopunctate de Strophomenida (St). Ec: fragmento de equinoderma. Barras de escala: 10 mm.



Fonte: Autora, 2022.

Ordem CRYPTOSTOMATA Vine, 1884
 Família RHOMBOPORIDAE Simpson, 1895

Figura 3C

Descrição: Os fragmentos de zoários apresentam estrutura tubular ou cilíndrica que se ramificam em duas direções em relação ao ramo principal. O espaço entre os zoécios é estreito e estes são separados por saliências proeminente. Possuem abertura ovalada e estão dispostos em fileiras diagonais.

Amplitude: Ordoviciano inferior ao Permiano superior (CLARKSON, 1998).

Discussão: Os briozoários da família Rhomboporidae formam colônias delicadas, eretas e ramificadas semelhantes a árvores; os zoécios possuem abertura elíptica ou circular, dispostos em filas longitudinais, como observado, ou diagonais regulares, espinhos curtos podem ocorrer entre as aberturas (SIMPSON, 1895). Espécies do gênero Rhombopora foram descritas por Derby (1894) na Formação Itaituba.

Distribuição geográfica: Formações Maecuru e Itaituba, Bacia do Amazonas (DERBY, 1894; KATZER 1933).

Ordem FENESTELLIDA Astrova e Morozova, 1956

Família FENESTELLIDAE King, 1849

Figura 3B

Descrição: Estes briozoários apresentam forma laminar. Zoécios com abertura ovalada e dispostos em arranjo de rede. Devido ao tamanho relativamente pequeno não foi possível observar fenestras.

Amplitude estratigráfica: Ordoviciano médio ao Permiano superior (CLARKSON, 1998).

Discussão: Os zoários da Família Fenestellidae são eretos, reticulados ou fenestrados, com ramos unilaminados com crescimento lateral. Podem apresentar forma em funil ou leque (KING, 1850). Os zoécios geralmente apresentam abertura circular ou elíptica e estão dispostos em filas longitudinais. Os espaços retangulares ou ovais entre os zoécios são as fenestras, elas são conectadas por barras transversais. Não foi possível observar fenestras nos briozoários estudados. Espécies dos gêneros Polypora, Synocladia e Fenestella foram descritas por Derby (1894) e Katzer (1933) na Formação Itaituba.

Distribuição geográfica: Formações Maecuru e Itaituba, Bacia do Amazonas (DERBY, 1894; KATZER 1933; TÁVORA e CAVALCANTI, 1996). Formação Piauí, Bacia do Parnaíba (ANELLI, 1999).

Filo ECHINODERMATA Klein, 1734

Classe CRINOIDEA Miller, 1821

Ordem ANGULATA Stukalina, 1967

Família ANTHINOCRINIDAE Yeltyschewa e Sisova, 1966

Figura 3E-F

Descrição: Este crinoide é representado por uma placa isolada, com forma pentagonal e arestas retas, com cerca de 1mm de diâmetro. O lúmen é pequeno e arredondado. A aréola é grande, côncava e pentagonal, delimitada pelo curto crenulário composta por linhas retas e grossas.

Amplitude estratigráfica: Siluriano superior ao Permiano inferior (HLEBSZEVITSCH, 2004).

Discussão: As espécies desta família são caracterizadas por apresentar segmentos colunares pentagonais com ângulos fortemente marcados, arestas lisas sem cicatrizes de cirros. O lúmen é circular e possui tamanho moderado, circundado pela aréola côncava, pentagonal, como observado, de tamanho médio, delimitada pelo crenulário com crênulas curtas, retas e grossas (HLEBSZEVITSCH, 2004).

Distribuição geográfica: Formação Itaituba, Bacia do Amazonas.

Ordem INCERTAE SEDIS

Família CYCLOMISCHIDAE Moore e Jeffords, 1968

Gênero *Baryschyr* Moore e Jeffords, 1968

Figura 3G

Descrição: O gênero *Baryschyr* é representado por um disco isolado, apresenta diâmetro de 9 mm. O lúmen é pentalobado e tem 3 mm de diâmetro. Não possui aréola. O crenulário é formado por linhas finas e radiais, circundando o pequeno lúmen.

Amplitude estratigráfica: Pensilvaniano médio (MOORE E JEFFORDS, 1968).

Discussão: O gênero *Baryschyr* é caracterizado por facetas articuladas com um lúmen médio a grande, pentalobado, como observado, cercado por crenulário, com crênulas retas e moderadamente finas. Cicatrizes de cirros podem estar presentes ou ausentes nas espécies deste gênero e dispostas de forma irregular na haste (MOORE E JEFFORDS, 1968).

Distribuição geográfica: Formação Itaituba, Bacia do Amazonas.

Gênero *Ciclocaudex* Moore e Jeffords, 1968

Figura 3H-I

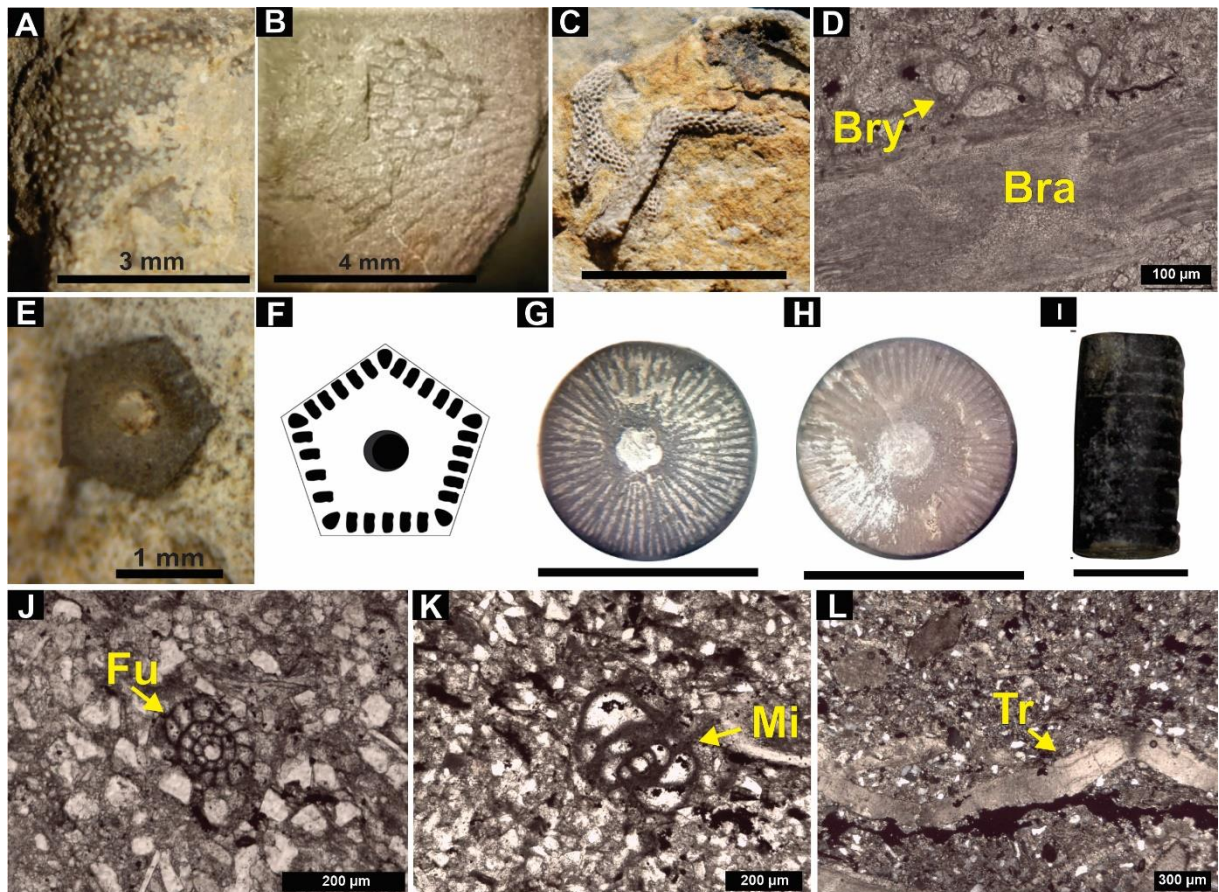
Descrição: O gênero *Ciclocaudex* é representado por discos isolados e segmentos colunares com formato cilíndrico. O comprimento varia de 0,9 a 1,7 cm. O diâmetro varia de 0,3 a 1,3 cm. Alguns segmentos colunares apresentam marcas e fragmentos de cirros. O lúmen é circular, não possui aréola, o crenulário é simples e circunda o lúmen com linhas retas e espaçamento regular entre si. Dez exemplares representam a família nos calcários descritos neste trabalho.

Amplitude estratigráfica: Mississipiano inferior ao Pensilvaniano superior. (MOORE e JEFFORDS, 1968).

Discussão: As espécies deste gênero são caracterizadas por apresentar haste reta ou fracamente convexa longitudinalmente, cicatrizes de cirros, crenulário com crênulas longas e retas, aréola ausente, como observado, ou insignificante, lúmen geralmente com contorno circular e pequeno (MOORE e JEFFORDS, 1968).

Distribuição geográfica: Formação Ponta Grossa, Bacia do Paraná (SCHEFFLER e FERNANDES, 2007). Formação Itaituba, Bacia do Amazonas (MARINO et al., 2007).

Figura 3 - A) Fragmento de *Fistuliporidae*. B) Fragmento de *Fenestellidae*. C) Ramos fragmentados de *Romboporidae*. D) Fotomicrografia mostrando briozoário incrustante (Bry) em um fragmento de braquiópode (Bra), em seção transversal. E) Placa de *Anthinocrinidae* e F) representação esquemática exibindo detalhes da placa colunar. G) Disco colunar do gênero *Baryschyr*. H) Disco colunar do gênero *Ciclocaudex* e I) segmento colunar de *Ciclocaudex*. Fotomicrografias J-L, seção transversal de J) foraminífero fusulinídeo (Fu) e K) miliolídeo (Mi). L) Fragmento de trilobita (Tr). Barras de escala: 10 mm.



Fonte: autora, 2022.

4.2. Análise de microfácies

Ao longo dos 33 m de sucessão sedimentar composta por carbonatos, folhelhos e arenitos (Fig. 4 e 5), foram identificados quatro microfácies padrão, correspondendo conjuntamente a uma zona faciológica lagunar (FLÜGEL, 2004; IRWIN, 1965). Os principais componentes e interpretação paleoambiental de cada microfácies são mostrados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 2 - Tipos de microfácies e zonas faciológicas da Formação Itaituba, na região de Monte Alegre.

Microfácies	Microfácies Padrão (MFP) (Flügel, 2004)	Zona Faciológica (ZF) (Flügel, 2004)	Ambiente Depositional	Principais componentes
Wackestone siliciclásticos bioturbado	MFP 09			Quartzo, intraclastos, raros fragmentos de foraminíferos e equinodermas.
Wackestone/Packstone siliciclástico	MFP 10	ZF 7	Laguna com circulação aberta	Foraminíferos miliolídeos e fusulinídeos, crinoides, briozoários, espinhos de equinoide e productídeos, fragmentos de braquiópodes, equinodermas e trilobitas, intraclastos, quartzo e calcíferas.
Wackestone siliciclástico peloidal	MFP 16	ZF 8	Laguna com circulação restrita	Peloides, quartzo, foraminíferos bentônicos, espinhos de equinoides e productídeos, crinoides, fragmentos de braquiópodes, equinodermas e trilobitas, calcíferas.
Mudstone peloidal	MFP 23			Raros foraminíferos miliolídeos e fragmentos de braquiópodes

Fonte: Autora, 2022.

Wackestone siliciclásticos bioturbado (Fig. 6A). Esta microfácies padrão é composta por grãos siliciclásticos representados predominantemente por grãos de quartzo monocristalino e menos frequente por plagioclásio, muscovita e zircão de tamanho silte grosso, subangulosos e moderadamente selecionados. Cristais subédricos a euédricos cúbicos de pirita ocorrem de forma disseminada na matriz. Intraclastos de mudstones são comuns. Os raros bioclastos são representados por fragmentos de equinodermas e foraminíferos em meio a matriz micrítica peloidal. A bioturbação é indicada pela distribuição irregular de organismos. Equivale à MFP 09 de Flügel (2004), que corresponde ao ambiente deposicional lagunar com circulação aberta.

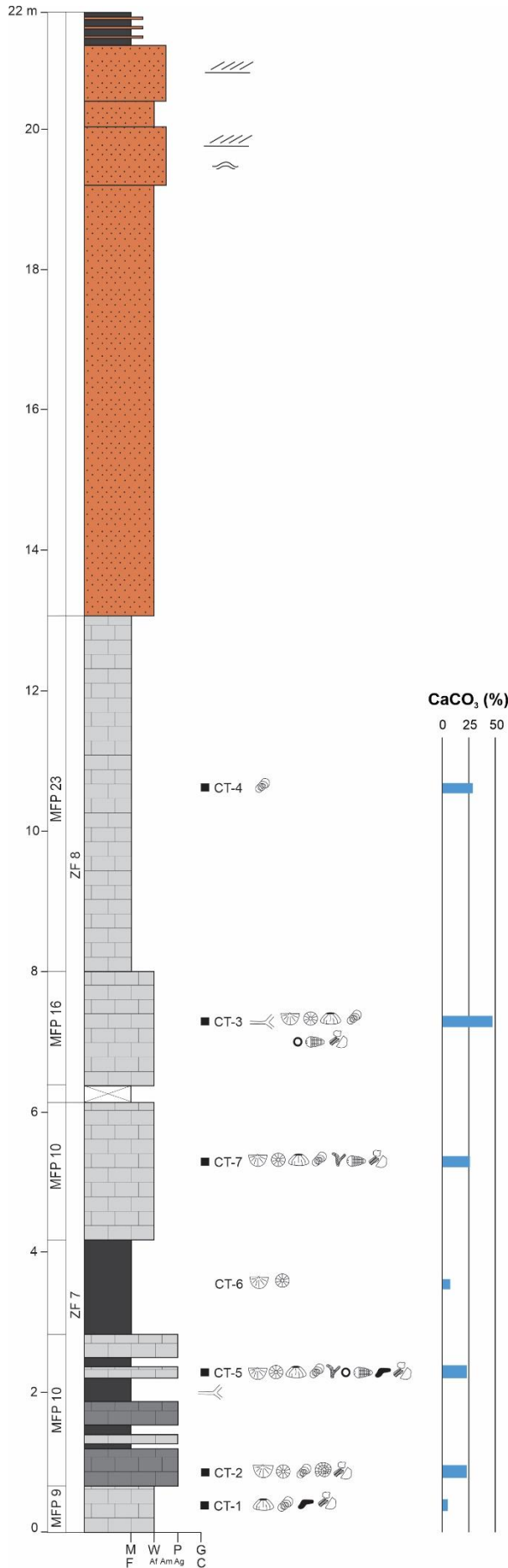
Wackestone/Packstone siliciclástico (Fig. 6B-D). Esta microfácies padrão é caracterizada pelas texturas wackestone e packstone. É constituída por matriz micrítica peloidal, calcíferas, intraclastos, cristais finos de anidrita e pirita, além de grãos siliciclásticos de tamanho silte grosso, subangulosos a subarredondados, moderadamente selecionados, representados predominantemente por grãos de quartzo monocristalino, e menos frequente por muscovita, plagioclásio e microclínio. Os bioclastos correspondem a fragmentos principalmente de braquiópodes, equinodermas, foraminíferos do grupo dos miliolídeos e fusulinídeos, fragmentos de briozoários, trilobitas e fragmentos de plantas e com menor frequência, espinhos de equinoides e productídeos, observados tanto em seção transversal quanto longitudinal, alguns anexados a concha; sendo que algumas conchas apresentam incrustação de briozoário. O cimento de calcita ocorre preenchendo algumas câmaras de foraminíferos e conchas de braquiópodes (Fig. 6D) com textura *equant* (cimento precoce do tipo A) e espática (cimento tardio tipo B), enquanto no espaço intergranular ocorre na forma

em mosaico, além do cimento de sílica e pirita. Anidrita e sílica ocorrem substituindo parcialmente a calcita em fragmentos de trilobitas e braquiópodes. Essa microfácies é equivalente à MFP 10 de Flügel (2004), que representa o ambiente deposicional lagunar com circulação aberta.

Wackestone siliciclástico peloidal (Fig. 6E). Esta microfácies é constituída por matriz micrítica peloidal fina, calcisferas, dolomita, grãos siliciclásticos, principalmente grãos de quartzo monocristalino de tamanho silte grosso, subangulosos a subarredondados, bem selecionados, e subordinadamente por plagioclásio e muscovita. Os bioclastos são representados por fragmentos principalmente de braquiópodes e equinodermas pertencentes as classes equinoide e crinoide, espinhos de productídeos, e foraminíferos miliolídeos. Cimento de calcita com textura *equant* (cimento tipo A) e espática (cimento tipo B) ocorre preenchendo câmaras de foraminíferos. A pirita ocorre como cristais subédricos de forma disseminada na matriz. Poros são preenchidos por cimento de calcita e sílica. Anidrita ocorre substituindo parcialmente alguns fragmentos de braquiópodes. De acordo com a classificação textural e conteúdo fossilífero, esta microfácies equivale à MFP 16 de Flügel (2004) e indica um ambiente deposicional lagunar protegido com circulação moderada de água.

Mudstone (Fig. 6F). Esta microfácies é composta essencialmente por matriz micrítica peloidal. Os bioclastos são muito raros e correspondem a foraminíferos miliolídeos e fragmentos de braquiópodes. Apresenta estilólitos, cristais euédricos de dolomita e cristais subédricos e anédricos de pirita que ocorrem de forma disseminada. O cimento de calcita com textura espática ocorre preenchendo câmaras de foraminíferos e fraturas. Esta microfácies é equivalente à MFP 23 de Flügel (2004) e indica um ambiente deposicional lagunar restrito.

Figura 4 - Seção estratigráfica da sucessão estudada com distribuição de microfácies, amostras, conteúdo fossilífero e teor de carbonato de cálcio.



LEGENDA

Estruturas Sedimentares

- Estratificação cruzada de baixo ângulo
- Ripples

Litologia

- Carbonato
- Arenito
- Folhelho

Constituintes

- Braquiópodes
- Briozóários
- Calcíferas
- Crinóides
- Equinóides
- Fusulinídeos
- Miliolídeos
- Intraclastos
- Siliciclásticos
- Trilobita

Iconofósseis

- Thalassinoides

Seção delgada

ZF: Zona Faciológica
MFP: Microfácies Padrão

M: Mudstone
W: Wackestone
P: Packstone
G: Grainstone
F: Folhelho
Af: Arenito Fino
Am: Arenito Médio
Ag: Arenito Grosso
C: Cascalho

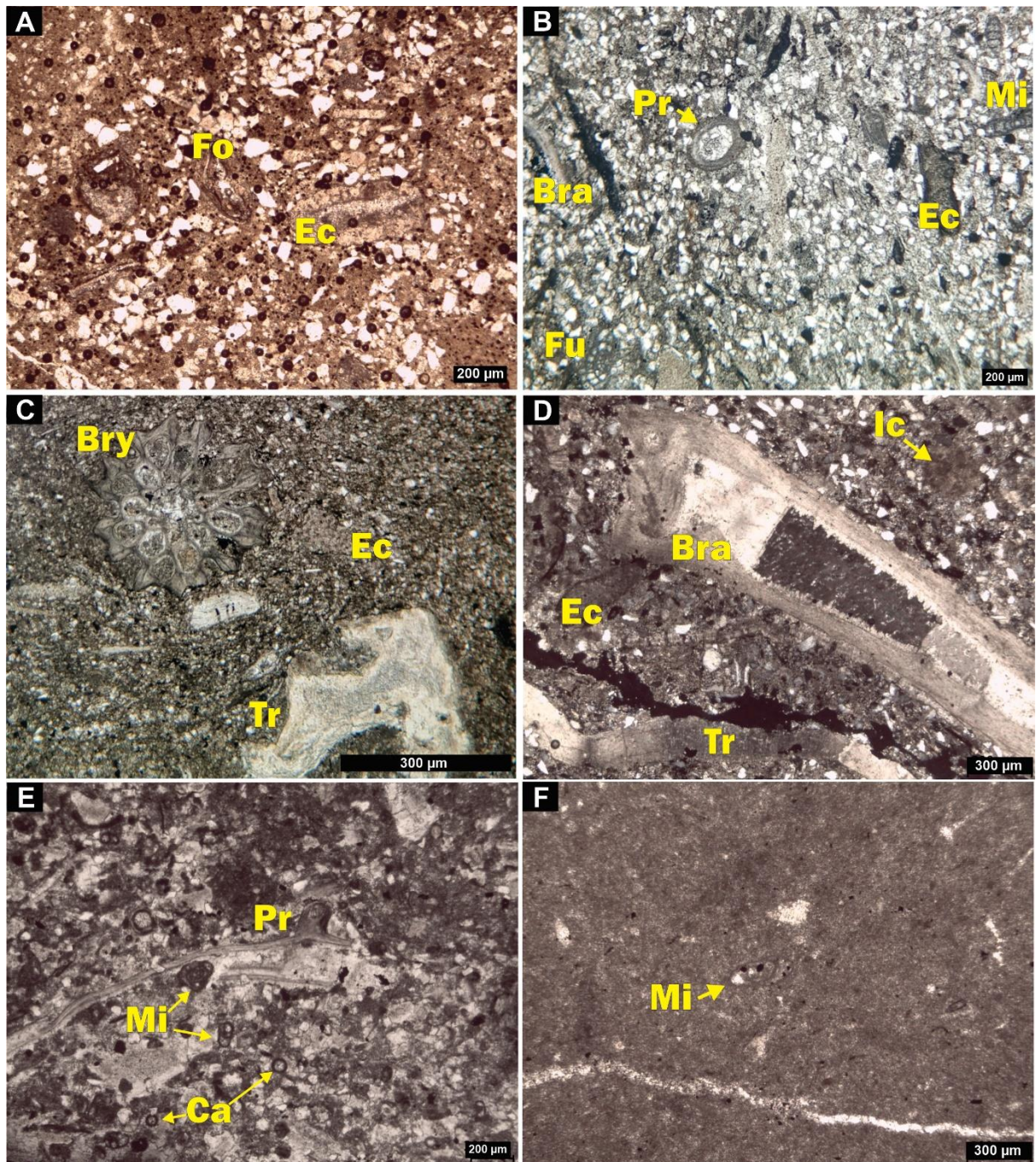
Fonte: Autora, 2022.

Figura 5 - Sucessão carbonato-siliciclástica da Formação Itaituba em raseamento ascendente, onde: (A) Seção panorâmica do afloramento, com arenitos no topo; (B) Intercalação entre packstones e folhelhos, onde ocorrem as principais abundâncias e diversidades fossilíferas da seção estudada e (C) Fragmentos de galerias de *Thalassinoides*. A pessoa em B tem 1,5 m.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 6 - Tipos de microfácies. A) Wackestone siliciclásticos bioturbado (MFP-09). B e D) Packstone siliciclástico (MFP-10). C) Wackestone siliciclástico (MFP-10). E) Wackestone siliciclástico peloidal (MFP-16). F) Mudstone (MFP-23). Bra: braquiópode, Bry: briozoário, Ca: calcisfera, Ec: fragmento de equinoderma, Fo: foraminíferos, Fu: fusulinídeo, Ic: intraclasto, Mi: miliolídeo, Pr: espinho de productídeo, Tr: trilobita.



Fonte: Autora, 2022.

5. DISCUSSÃO

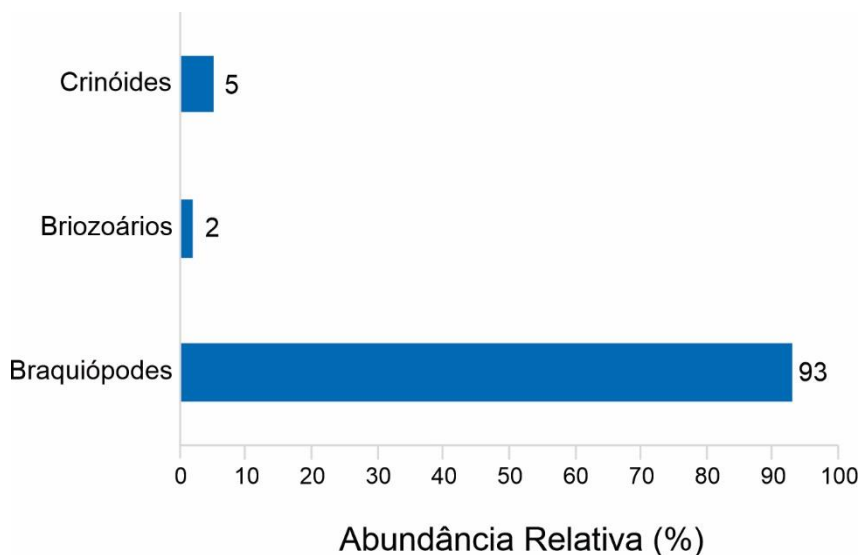
5.1. Abundância Relativa, Bioestratigrafia e Feições Bioestratinômicas

A macrofauna dos carbonatos e folhelhos da Formação Itaituba na região de Monte Alegre inclui uma grande abundância e diversidade de braquiópodes comparada à crinoides e briozoários (Fig. 7). O registro fóssil é representado pela identificação de um total de 11 famílias e dois gêneros.

A distribuição cronoestratigráfica dos organismos fósseis identificados indica que todos viveram durante o período Carbonífero (Fig. 8). Além disso, ressalta-se a distribuição estratigráfica do gênero *Baryschr*, restrita ao Pensilvaniano médio (MOORE e JEFFORDS, 1968), reforçando a idade pensilvaniana atribuída à Formação Itaituba por Petri (1952a), Playford e Dino (2000), Nascimento et al. (2009) e Scomazzon et al. (2016).

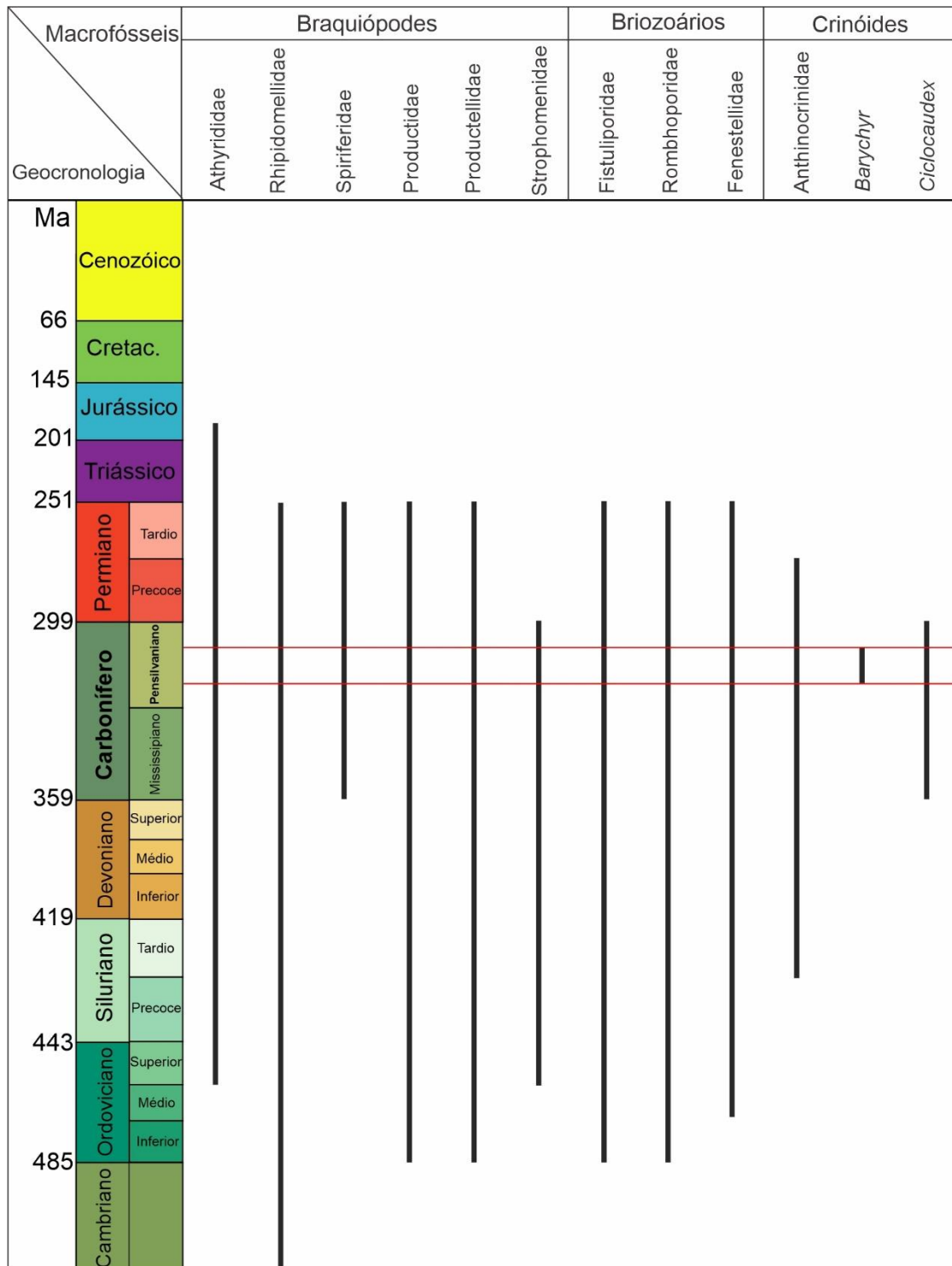
As amostras fósseis de braquiópodes, crinóides e briozoários apresentam boa preservação, evidenciadas pelas feições ornamentais das amostras, que não apresentam feições de desgaste intenso. Os espécimes identificados de forma geral apresentam baixo grau de fragmentação e desarticulação, como observado em muitas amostras de braquiópodes que permanecem articuladas. Localmente, ocorre abrasão parcial, evidenciada pela perda de estruturas externas como, por exemplo, os espinhos dos productídeos. Alterações por dissolução e bioerosão na superfície dos bioclastos não foram observadas. Estas feições indicam a curta exposição do esqueleto na interface água-sedimento e o rápido soterramento sob baixa energia (SIMÕES et al., 2010). Todas estas feições estão alinhadas às observadas por Moutinho (2006) em seu estudo tafonômico de invertebrados da Formação Itaituba em uma seção aflorante na borda sul da Bacia do Amazonas. A preservação de crinóides em forma de discos isolados e segmentos colunares, sugere a permanência destes restos esqueléticos por algum tempo na interface água-sedimento com ação de correntes promovendo a desarticulação (AUSICH et al., 1999). Algumas amostras de braquiópodes e fragmentos de crinóides apresentam briozoários incrustantes. Estas ocorrências sugerem a permanência do resto esquelético na interface água-sedimento por período suficiente à formação da colônia incrustante (MOUTINHO, 2006).

Figura 7 - Abundância relativa dos macrofósseis identificados na Formação Itaituba na região de Monte Alegre.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 8 - Distribuição cronoestratigráfica dos macrofósseis identificados neste trabalho, com destaque para a amplitude estratigráfica do gênero *Baryschr*, restringindo a idade da sucessão ao Pensilvaniano médio.



5.2. Paleocologia

Os braquiópodes são invertebrados marinhos sésseis, bentônicos, suspensívoros, com o corpo protegido por duas valvas (RUPPERT e BARNES, 1996). Consomem pouco oxigênio,

são comuns em águas temperadas e considerados estenoalinos. No passado, algumas formas poderiam ter suportado condições hipersalinas como alguns pentameridas e hipossalinas como alguns terebratulidas e espiriferídeos (CAMACHO e LONGOBUCCO, 2007). Por serem alimentadores de suspensão, habitam normalmente águas claras e com baixa taxa de sedimentação de finos. Durante o Paleozoico, eles foram extremamente abundantes e diversificados, habitando mares epicontinentais rasos (ANELLI, 1999; CARVALHO 1972; QUADROS, 1981). Conseqüentemente, são os principais bioclastos em calcários paleozoicos. Os braquiópodes fósseis são encontrados em assembleias, geralmente compostas por várias espécies, além de outros invertebrados, sendo frequentemente o táxon dominante (CLARKSON, 1998), como observado na seção de estudo. Dentre os táxons identificados, os braquiópodes possuem os exemplares mais bem preservados, evidenciado pelas conchas completas e preservação das ornamentações das conchas. Todas as famílias identificadas apresentam valvas ventrais e dorsais, exceto pelos exemplares das famílias da ordem Productida que são representados apenas por valvas ventrais. Conchas de espiriferídeos apresentam incrustação de briozoários cystoporados (Fistuliporidae). A ocorrência de braquiópodes nas bacias sedimentares brasileiras é registrada em rochas do Siluriano na Bacia do Amazonas, Formação Manacapuru (TOMASI et al., 2015). Nos depósitos do Devoniano são registrados nas bacias do Amazonas, formações Maecuru e Ererê (CARVALHO, 1972; FONSECA, 2004); Parnaíba, formações Pimenteira e Cabeças (FONSECA, 2004; GAMA JR, 2008); Paraná, Formação Ponta Grossa (QUADROS, 1981); e Jatobá, Formação Inajá (PEREIRA, 2011). Nos carbonatos do Carbonífero são registrados nas bacias do Amazonas, Formação Itaituba (CHEN et al., 2005; MENDES, 1956a; MENDES, 1957) e Parnaíba, Formação Piauí (ANELLI, 1999). Nos depósitos do Permiano são registrados nas bacias do Acre, Formação Cruzeiro do Sul (LEMO e SILVA, 1996) e Paraná, Formação Rio Bonito (ROCHA CAMPOS, 1964).

Os briozoários preservados nos depósitos carbonáticos da área de estudo pertencem a classe Stenolaemata, correspondendo a invertebrados marinhos coloniais, suspensívoros e estenoalinos, encontrados no registro fóssil desde o Ordoviciano (CARVALHO, 2011; RUPPERT e BARNES, 1996). Ocorrem principalmente em águas rasas, claras, com salinidade normal e oxigenadas da plataforma continental, podendo ocorrer até a região abissal, embora sua diversidade e representatividade numérica diminua com o aumento da profundidade (CLARKSON, 1998). A presença de briozoários, atesta um ambiente marinho raso, temperado, com disponibilidade de carbonato de cálcio e nutrientes, enquanto sua baixa abundância possa estar relacionada a condições ambientais estressantes, como baixa salinidade, taxa de

sedimentação moderada a alta, afetando a alimentação destes organismos, sendo bons indicadores paleoambientais e paleoclimáticos (SMITH, 1995). Os briozoários fósseis da formação de estudo apresentam-se na forma de colônias incrustantes e eretas, preservados como fragmentos de zoários. As formas incrustantes ocorrem na carapaça de braquiópodes e segmentos colunares de crinoides, evidenciando o uso destes organismos como substrato para sua fixação e a relação simbiótica de briozoários com crinoides e braquiópodes. No Brasil o registro de briozoários fósseis do Devoniano são conhecidos nas bacias do Amazonas, Formação Maecuru (KATZER 1933; TÁVORA e CAVALCANTI, 1996) e Paraná, Formação Ponta Grossa (PETRI, 1948). Do período Carbonífero são registrados nas bacias do Amazonas, Formação Itaituba (DERBY, 1894; KATZER, 1933) e Parnaíba, Formação Piauí (ANELLI, 1999).

Por serem invertebrados bentônicos, epifaunais e suspensívoros, a distribuição dos crinoides é influenciada pelos fatores ecológicos do ambiente onde vivem, como o tipo do substrato, salinidade, temperatura e turbidez da água (RUPPERT e BARNES, 1996). São os equinodermas, com o mais rico registro fóssil sendo abundantes em rochas que foram depositadas em ambientes de plataforma interna e salinidade normal (CLARKSON, 1998, RUPPERT e BARNES, 1996). Na seção de estudo, assim como nas demais bacias sedimentares brasileiras, os crinoides foram preservados sob a forma de discos colunares isolados e segmentos colunares (Fig. 3E-I), alguns segmentos colunares apresentam incrustação de briozoários cystoporados (Fistuliporidae). No Brasil, os fósseis de crinoides do Devoniano são registrados nos arenitos das bacias do Amazonas, formações Maecuru e Ererê (KATZER, 1933; SCHEFFLER et al., 2014; SCHEFFLER et al., 2015); Parnaíba, formações Pimenteira e Cabeças (SCHEFFLER et al., 2010; SCHEFFLER et al., 2011) e Paraná, formações Ponta Grossa e São Domingos (FERREIRA e FERNANDES, 1985; SCHEFFLER e FERNANDES, 2007; SCHEFFLER et al., 2017). Estas bacias compartilham táxons em comum, dos gêneros *Exasiodiscus*, *Laudonomphalus* e *Monstrocrinus*, sugerindo alguma comunicação e rotas de migração de crinoides entre estas bacias durante o Devoniano (SCHEFFLER, 2010). São registrados em depósitos carbonáticos do Carbonífero da Bacia do Amazonas, Formação Itaituba (KATZER, 1933, MARINO et al., 2007) e Bacia do Parnaíba, Formação Piauí (CAMPANHA e ROCHA-CAMPOS, 1979). A ocorrência de crinoides é citada por Lemos e Silva (1996) para depósitos do Permiano da Bacia do Acre, Formação Cruzeiro do Sul e em depósitos carbonáticos do Mioceno na Bacia de Barreirinhas, Formação Pirabas (TÁVORA et al., 2015).

Os trilobitas são um dos principais fósseis de artrópodes exclusivamente marinhos, restritos a era Paleozoica. Possuíam um exoesqueleto quitinoso, trilobado longitudinalmente (RUPPERT e BARNES, 1996). Foram organismos predominantemente bentônicos, habitando ambientes marinhos eutróficos, de águas rasas, límpidas, bem oxigenadas, pouco agitadas, movendo-se sobre o fundo marinho. Entretanto, ao longo de sua evolução ocuparam ambientes marinhos, desde a costa até profundidades abaixo da zona fótica, alguns adquiriam forma de vida planctônica, infaunal e nectônica. Quanto às formas de alimentação, a maioria eram sedimentívoros e alguns sendo predadores ou filtradores (CAMACHO e LONGOBUCCO, 2007). Na seção de estudo, não foram observadas amostras macro de trilobitas, no entanto, sua ocorrência foi registrada em seções delgadas (Fig. 3L). No Brasil, os fósseis de trilobitas são bem registrados em arenitos, siltitos e folhelhos do Devoniano nas bacias do Amazonas, formações Ererê e Maecuru (CARVALHO e FONSECA, 2007; SILVA e FONSECA, 2005); Paraná, Formação Ponta Grossa (CARVALHO e EDGECOMBE, 1991; SOARES et al., 2007) e Parnaíba, formações Pimenteira e Longá (CARVALHO et al., 1997; CARVALHO e PONCIANO, 2015; LEME et al., 2003). Ocorrem ainda nos carbonatos do Carbonífero nas bacias do Amazonas, Formação Itaituba (MOUTINHO et al., 2016a) e Parnaíba, Formação Piauí (ANELLI, 1999; CARVALHO e FONSECA, 1988). Carvalho e Fonseca (1988) relatam a ocorrência de espécies do gênero *Ameura* nas formações Itaituba e Piauí, evidenciando a ligação geográfica existente entre as bacias do Amazonas e Parnaíba durante o Pensilvaniano.

Os foraminíferos são protistas bentônicos ou planctônicos, predominantemente marinhos, que se alimentam de matéria orgânica, diatomáceas e outros organismos. Esses microfósseis são representados no registro fóssil por suas carapaças (testas) compostas por carbonato de cálcio e mais raramente de composição orgânica ou silicosa (CARVALHO, 2011). No Paleozoico, são representados por formas bentônicas com ocorrência preferencialmente na região nerítica, enquanto as formas planctônicas com ocorrência preferencial na região abissal, surgiram somente a partir do Jurássico médio (CAMACHO e LONGOBUCCO, 2007). Os foraminíferos da seção estudada correspondem a representantes dos grupos Miliolídeos e Fusulinídeos (Figura 3J-K), sendo bons indicadores paleoecológicos. Os miliolídeos são comuns em ambientes costeiros e lagunares, de águas rasas, límpidas, quentes (25 °C), com salinidade normal ou ligeiramente hipersalina e geralmente estão restritos à zona fótica devido sua associação com simbioses (CAMACHO e LONGOBUCCO, 2007). Nas bacias sedimentares brasileiras, os miliolídeos são registrados nos depósitos carbonáticos do Cretáceo da Bacia de Campos, Formação Macaé (SPADINI et al., 1988) e na Bacia de Potiguar,

Formação Jandaíra (PETRI, 1952b) e em depósitos miocênicos da Bacia de Barreirinhas, Formação Pirabas (TÁVORA e COELHO, 2006), com paleoambiente correspondentes à laguna protegida com variações nas taxas de salinidade e profundidade. Na Bacia do Amazonas, espécies do gênero *Millerella* foram registradas por Petri (1956) na Formação Itaituba. Os fusulinídeos habitavam os mares epicontinentais rasos, quentes, bem oxigenados, com salinidade normal, em plataformas abertas, principalmente com até 80 m de profundidade (MOORE et al., 1952). Na Bacia do Amazonas espécies do gênero *Fusulinella* foram registradas por Petri (1956) na Formação Itaituba. A ocorrência de espécies do grupo fusulinídeos também foram registradas nos estratos do Pensilvaniano da Bacia do Solimões, Formação Carauari (ALTINER e SAVINI, 1991 *apud* EIRAS et al., 1994) e Parnaíba, Formação Piauí (SOUZA et al., 2010). Ocorrem ainda em estratos permianos da Bacia do Acre, Formação Cruzeiro do Sul (LEMONS e SILVA, 1996), todos com paleoambientes interpretados como depósitos de plataforma marinha aberta.

5.3. Modelo deposicional e paleogeográfico

A associação fóssil de invertebrados marinhos em carbonatos e folhelhos para a sucessão estudada é composta por braquiópodes, briozoários, equinodermas, foraminíferos bentônicos e trilobitas (Fig. 4). Sendo a ocorrência desses táxons controlada por parâmetros ambientais como profundidade, temperatura, salinidade, disponibilidade de oxigênio e nutrientes, e, portanto, restrita a determinados ambientes e fácies (FLÜGEL, 2004). A integração de dados de microfácies e paleontológicos, permitiu a interpretação do ambiente deposicional, como um ambiente lagunar com circulação aberta, com posterior evolução para laguna com circulação restrita. A partir da análise de microfácies e com base no modelo proposto por Wilson (1975), modificado por Flügel (2004), foram definidas quatro microfácies padrão (MFP) e duas zonas faciológicas (ZF 7 e ZF 8) (Fig. 4 e 9A), relacionadas à zona faciológica Z de Irwin (1965), caracterizada por ser uma zona de baixa energia hidráulica e circulação restrita de água em ambientes marinhos epicontinentais.

A ZF 7 representa um ambiente lagunar com circulação aberta, localizada dentro da zona fótica, normalmente acima da base de ondas de bom tempo, águas com circulação moderada e, salinidade e temperaturas semelhantes à do mar adjacente, devido a sua conexão com o mar aberto (TUCKER e WRIGTH, 1990; WILSON, 1975). Estas condições ambientais favoreceram a deposição das microfácies wackestone siliciclásticos bioturbado (MFP 09) e wackestone/packstone siliciclásticos (MFP 10) e o desenvolvimento de uma fauna diversificada de invertebrados marinhos, sendo representada predominantemente por braquiópodes associada

a crinoides, equinoides, foraminíferos dos grupos dos miliolídeos e fusulinídeos, trilobitas e briozoários. Embora não sejam abundantes, a ocorrência de espinhos de equinoides, crinoides, fusulinídeos e formas ramosas de briozoários confirmam um ambiente marinho aberto, eutrófico, com águas quentes, claras, bem oxigenadas, salinidade normal, energia moderada e constante circulação de água e nutrientes (FLÜGEL, 2004; TUCKER e WRIGTH, 1990; WILSON, 1975). A conexão da laguna ao mar aberto possibilitou condições ambientais com energia moderada promovendo o suprimento contínuo de nutrientes e remoção de parte dos sedimentos finos, favorecendo a ocorrência de organismos com morfologias delicadas e que não são adaptados à grandes variações nas condições ambientais, como por exemplo, briozoários ramosos, crinoides e foraminíferos fusulinídeos. No entanto, a baixa abundância de bioclastos pode estar relacionada ao baixo conteúdo de carbonato de cálcio (Fig. 4) e a eventuais influxos de sedimentos terrígenos, restringindo a ocorrência de organismos suspensívoros vulneráveis ao aumento da turbidez.

A ZF 8 representa um ambiente lagunar protegido situado dentro da zona fótica, com circulação restrita de água e ocorrência de organismos adaptados a condições ambientais estressantes devido às grandes flutuações nas taxas de salinidade, temperatura, oxigênio e energia (TUCKER e WRIGTH, 1990). Essas condições propiciaram a deposição das microfácies wackestone siliciclásticos peloidal (MFP 16) e mudstone (MFP 23), com uma assembleia fossilífera representada predominantemente por braquiópodes associada a equinoides e foraminíferos miliolídeos. Esta biota limitada composta por organismos tolerantes às grandes variações nas condições ambientais, associada a ausência de organismos não tolerantes e presença de siliciclásticos, sugere um ambiente proximal, estressante possivelmente com águas mais salinas, depletadas em nutrientes e com baixa oxigenação (WILSON, 1975). A presença de grãos esqueléticos não desagregados e sem feições de abrasão, indica que esses organismos de morfologias delicadas não são adaptados a ambientes de elevada energia (CAMACHO e LONGOBUCCO, 2007), enquanto que variação no tamanho e morfologia dos pelóides é sugestiva de origem algálica (TUCKER e WRIGTH, 1990).

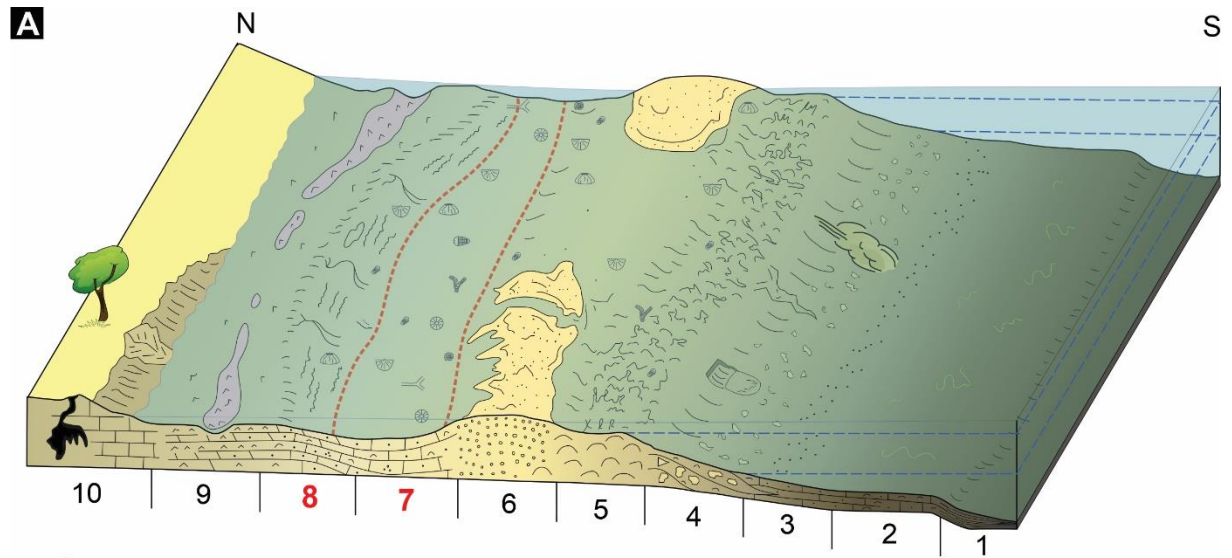
As reconstruções paleoambientais propostas para a Formação Itaituba indicam o desenvolvimento de uma plataforma carbonática na Bacia do Amazonas durante o Subperíodo Pensilvaniano, na qual os carbonatos da Formação Itaituba correspondem a depósitos de sabkha, planície de maré, canais de maré, laguna, barras bioclásticas e plataforma externa (FIGUEIRAS, 1983; LIMA, 2010; MÁXIMO, 2012; MOUTINHO et al., 2016b; NEVES, 2009; NEVES e BARBOSA, 2019; SCOMAZZON et al., 2016; SILVA, 2014; SOUSA, 2019)

e demonstram boa correlação com fácies individualizadas nesta pesquisa para a região de Monte Alegre (Fig. 9A). Em estudos paleoambientais realizados anteriormente por Neves (2009) e Lima (2010) para a mesma área de estudo, as fácies identificadas correspondem a mudstones, wackestones, packstones, grainstone e dolomito, representando depósitos de planície de maré, laguna semi-restrita e barras de marés ou baixios de alta energia. Estas fácies são compatíveis com os depósitos de ambiente lagunar com circulação aberta e restrita, obtidos nesta pesquisa, embora não tenham sido identificados fácies relacionadas aos depósitos de planície de maré e barras de maré ou baixios. Desta forma, a presença da ZF 7 em um ambiente marinho raso protegido, habitado por crinóides, fusulinídeos, briozoários ramosos e productídeos, pode ser explicada pela ocorrência de barreiras que impediam a quebra de ondas através dos baixios ou barras bioclásticas descritos por Lima (2010), Moutinho et al. (2016b), Neves (2009), Silva (2014) e Sousa (2019). Eventualmente, essa condição de laguna aberta desapareceu e deu lugar a ZF8 com circulação marítima restrita (Fig. 4 e 9A).

O desenvolvimento de uma plataforma carbonática na região da Bacia do Amazonas decorre da ingressão marinha sucedida durante o Moscoviano (CAO et al., 2019; GOLONKA et al., 1994; HARRINGTON, 1962), responsável pela abundância de organismos marinhos e deposição dos carbonatos da Formação Itaituba. As reconstruções paleogeográficas do paleocontinente Gondwana durante o Moscoviano indicam que a Bacia do Amazonas estava posicionada próximo a latitude 30° (Fig. 9B), situada próxima à zonas tropicais com condições climáticas quentes (BOUCOT et al., 2013; CAO et al., 2019; COCKS e TORSVIK, 2006; GOLONKA et al., 1994; GOLONKA e FORD, 2000; GOLONKA, 2007; HARRINGTON, 1962; MATTHEWS et al., 2016; PARRISH, 1982; ROSCHER e SCHNEIDER, 2006; ROWLEY et al., 1985; SCOTese et al., 1979; SCOTese e BARRETT, 1990; SCOTese e MCKERROW, 1990; SCOTese, 2001; TORSVIK e COCKS, 2016; ZIEGLER et al., 1979), estando totalmente de acordo com a distribuição paleobiogeográfica da fauna carbonífera (BAMBACH, 1990; SCOTese e MCKERROW, 1990) e com a paleofauna encontrada durante a pesquisa.

Figura 9 - A) Modelo paleoambiental indicando a distribuição das zonas faciológicas e microfácies características dos subambientes de uma plataforma, com destaque em vermelho para as zonas faciológicas interpretadas para os depósitos da Formação Itaituba na região de Monte Alegre. Não há observação direta das demais zonas faciológicas e subambientes na seção estudada, e a representação destas tem o objetivo apenas de ilustrar as possibilidades no ambiente de plataforma carbonática convencional, embora elas sejam reconhecidas em outras regiões da Bacia do Amazonas. B) Reconstrução paleogeográfica do Gondwana durante o Moscoviano. O

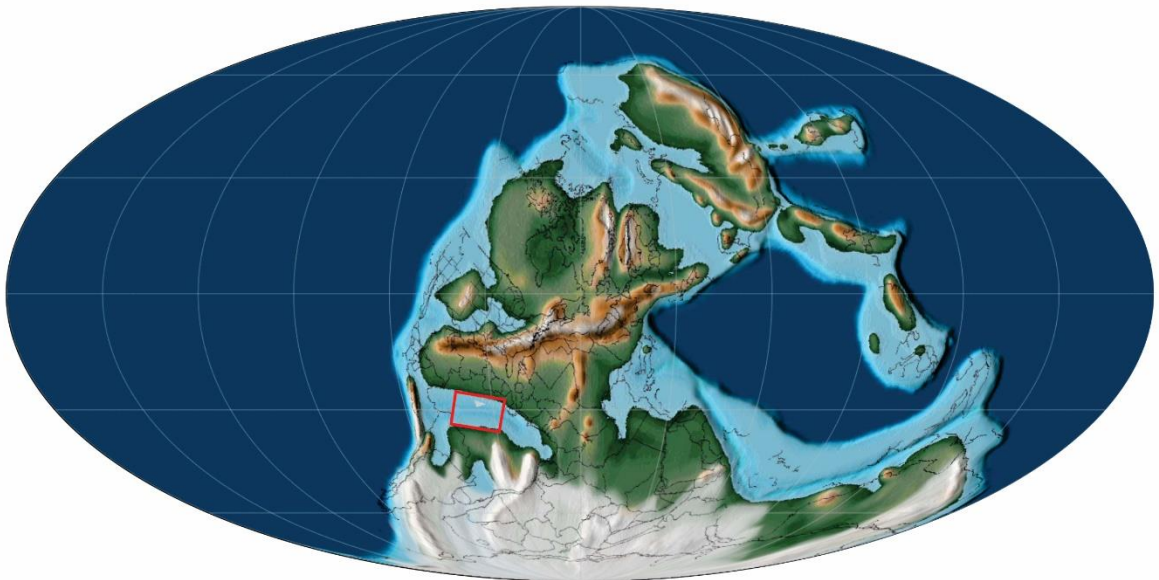
retângulo vermelho indica a posição da Bacia do Amazonas que estava inundada por um amplo mar raso epicontinental.



LEGENDA

	Oóides		Brecha		Braquiópodes
	Sabkhas		Turbiditos		Briozoários
	Carste e cavernas		Olistostromo		Crinóides
	Corais		Canal de maré		Equinóides
	Bioturbação		Gretas de lama		Fusulinídeos
					Miliolídeos
					Trilobita
					Thalassinóides

B



Fonte: A) Adaptado do modelo de Wilson, 1975. B) Adaptado de Scotese, 2016.

6. CONCLUSÃO

Foram identificados um total de 11 famílias e dois gêneros de espécies fósseis, sendo o registro fóssil da área representado predominantemente por braquiópodes das famílias Athyrididae, Rhipidomellidae, Spiriferidae, Productidae, Productellidae e Strophomenidae. Os briozoários individualizados pertencem às famílias Fistuliporidae, Rhomboporidae e Fenestellidae. Os crinoides correspondem a organismos da família Anthinocrinidae e dos gêneros *Baryschyr* e *Ciclocaudex*. A ocorrência destes organismos se correlaciona com os depósitos da Formação Itaituba em outras regiões da Bacia do Amazonas, exceto a ocorrência de espécies fósseis pertencentes à classe Crinoidea, representados por organismos da família Anthinocrinidae e do gênero *Baryschyr*, descritos pela primeira vez no presente manuscrito. Todos estes organismos reforçam a idade carbonífera atribuída à Formação Itaituba, com ênfase para o gênero *Baryschyr* que restringe esta idade ao Pensilvaniano médio.

Um total de quatro microfácies carbonáticas foram reconhecidas e duas zonas faciológicas foram definidas. A parte inferior da sucessão é composta por wackestones siliciclásticos bioturbado (MFP 09) e wackestone/packstones siliciclásticos (MFP 10), intercalados com delgadas camadas de folhelhos, depositados em um ambiente lagunar com circulação aberta (ZF 7). Posteriormente o ambiente progrediu para uma laguna com circulação fechada (ZF 8), possibilitando a deposição das espessas camadas de wackestones siliciclásticos (MFP 16) e mudstones (MFP 23). A presença de grãos siliciclásticos indicam um ambiente proximal e influência da sedimentação continental no ambiente lagunar. Esta interpretação é corroborada pelas ocorrências fossilíferas. De modo geral, a associação de foraminíferos fusulinídeos, briozoários e crinoides sugere que o ambiente lagunar onde estavam inseridos, correspondente ZF 7, estava conectado ao mar aberto, apresentando águas bem oxigenadas, com energia moderada, salinidade normal, baixa taxa de sedimentação, com disponibilidade de nutrientes e carbonato de cálcio. Enquanto que a ausência desta associação fossilífera, associada a ocorrência de foraminíferos miliolídeos, equinoides e braquiópodes nas fácies carbonáticas da ZF 8, sugere um ambiente estressante com variações nas taxas de salinidade, baixo nível de oxigênio e nutrientes. As feições bioestratinômicas, caracterizadas por baixo grau de fragmentação, desarticulação e abrasão parcial, assim como a incrustação de briozoários cystoporados (Fistuliporidae) em carapaças de braquiópodes e segmentos colunares de crinoides, sugerem exposição dos esqueletos por curto período de tempo na interface água-sedimento e rápido soterramento em condições ambientais de baixa energia.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.; CARNEIRO, C. Inundações fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. In: Mantesso-Neto, V.; Carneiro, C.; Brito-Neves, B. (org.). **Geologia do continente Sul Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo. Editora Beca. 2004. cap. 3, p. 43-58.
- ANELLI, L.E. **Invertebrados neocarboníferos das formações Piauí (Bacia do Parnaíba) e Itaituba (Bacia do Amazonas): Taxonomia; análise cladística das subfamílias Oriocrassatellinae (Crassatellacea, Bivalvia) e Neospiriferinae (Spiriferoidea, Brachiopoda)**. 1999, 184 p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo. 1999.
- ANGIOLINI, A. **Permian Brachiopods from karakorum (Pakistan)**. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, v. 107, n. 3, p. 307-344. 2001.
- ATASOY, S.G.; ALTINER, D.; OKAY, A.I. **Reconstruction of a Late Jurassic – Early Cretaceous carbonate platform margin with composite biostratigraphy and microfacies analysis (western Sakarya Zone, Turkey): Paleogeographic and tectonic implications**. Cretaceous Research, 92: 66-93. 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2018.07.009>
- AUSICH, W.; BRETT, C.; HESS, H. Taphonomy. In: H. Hess; W. Ausich; C. Brett; M. Simms (Authors). **Fossil Crinoids**. Cambridge: Cambridge University Press. 1999. p. 50-54.
- BACCELLE, L., BOSELLINI, A. **Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocce sedimentarie**. Annali della Università di Ferrara, Sezione IX, Science Geologiche e Paleontologiche, v. 1, p. 59-62. 1965.
- BANCROFT, A. J. **The Carboniferous cystoporate bryozoan Eridopora macrostoma Ulrich from the north of England**. Proceedings of the Yorkshire Geological Society, Vol. 46, Part 1, 23-28. 1986.
- BANCROFT, A.J.; WYSE JACKSON, P.N. **Revision of the Carboniferous cystoporate bryozoan Fistulipora incrustans (Phillips, 1836), with remarks on the type species of Fistulipora M'Coy, 1849**. Geological Journal, v. 30, p. 129-143. 1995
- BAMBACH, R.K. Late Paleozoic Provincialism in the Marine Realm. In: McKerrow, W.C.; Scotese, C.R. (Ed), **Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography**. Geological Society Memoir. 12(1):307-323. 1990.
- BOUCOT, A.J., XU, C., SCOTESE, C.R., MORLEY, R.J. **Phanerozoic Paleoclimate: An atlas of lithologic indicators of climate**. SEPM (Society for Sedimentary Geology), Tulsa, Oklahoma, U.S.A. 2013.
- BRUNTON, C. H. C.; LAZAREV, S. S.; GRANT, R. E. **A review and new classification of the brachiopod order productida**. Paleontology, vol. 38, part 4. p. 915-936. 1995.
- CAMACHO, H., LONGOBUCCO, M. I. **Los invertebrados fósiles**. Fundación de Historia natural Félix de Azara, Buenos Aires. 800 p. 2007.

CAMPANHA, V. A.; ROCHA-CAMPOS, A. C. **Alguns microfósseis da formação Piauí (neocarbonífero), Bacia do Parnaíba.** Boletim Ig, v. 10, p. 57-67. 1979.

CAO, W., FLAMENT, N., ZAHIROVIC, S., WILLIAMS, S., MÜLLER, R.D. **The interplay of dynamic topography and eustasy on continental flooding in the late Paleozoic.** Tectonophysics 761, 108–121. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2019.04.018>

CAPUTO, M. V.; CROWELL, J. C. **Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic Era.** Geological Society of America Bulletin, v. 96, n. 8, p. 1020-1036. 1985.

CAPUTO, M.V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D.N.N. **Nomenclatura estratigráfica da Bacia do Amazonas – Histórico e atualização.** Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Geologia, SBG, v.3, p. 35-46. 1972.

CARVALHO, I. S. **Paleontologia: microfósseis, paleoinvertebrados.** vol. 2. Rio de Janeiro: Interciência. 2011.

CARVALHO, R.G. **Braquiópodes devonianos da Bacia do Amazonas.** 1972, 140 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1972.

CARVALHO, M. G. P.; EDGECOMBE, G. D. **Lower-early middle Devonian calmoniid trilobites from Mato Grosso, Brazil, and related species from Paraná.** American Museum Novitates, v. 3022, p. 1–13. 1991.

CARVALHO, M. G. P.; EDGECOMBE, G.; LIEBERMAN, B. S. **Devonian calmoniid trilobites from the Parnaíba Basin, Piauí State, Brazil.** American Museum Novitates, v. 3192, p. 1–11. 1997.

CARVALHO, M.G.P.; FONSECA, V.M.M. **Contribuição ao conhecimento dos Trilobitas carboníferos das bacias do Amazonas e Parnaíba.** An. Acad. Bras. Ciências v. 60, n. 1, p. 110. 1998.

CARVALHO, M. G. P.; FONSECA, V. M. M. **O trilobita 'Dalmanitas' maecurua Clarke, 1890 (Devoniano Médio, Bacia Amazônica, Brasil) e o novo gênero Amazonaspis (Synphoriidae).** American Museum Novitates, n. 3591, 16 p. 2007.

CARVALHO, M. G. P.; PONCIANO, L. C. M. **The Devonian trilobites of Brazil: A summary.** Journal of South American Earth Sciences v. 64, p. 217-228. 2015.

CHEN, Z.Q., J.I. TAZAWA, J.I., SHI, G.R., MATSUDA, N.S. **Uppermost Mississippian brachiopods from the basal Itaituba Formation of the Amazon Basin, Brazil.** Journal of Paleontology, v. 79, n. 5, p. 907–926. 2005.

CLARKSON, E. N. K. **Invertebrate Paleontology and evolution.** 4 ed. Blackwell Science, 452 p. 1998.

COCKS, L.R.M., TORSVIK, T.H. **European geography in a global context from the Vendian to the end of the Palaeozoic.** Geol. Soc. London, Mem. 32, 83–95. 2006. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.05>

- CORDANI, U.G., BRITO NEVES, B.B., FUCK, R.A., PORTO, R., THOMAZ FILHO, A., CUNHA, F.M.B. **Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras (Republicação)**. Boletim de Geociências da Petrobras, v. 17, n. 1, p. 133–204. 2009.
- CUNHA, P.R.C.; GONZAGA, F.G.; COUTINHO, L.F.C.; FEIJÓ, F.J. **Bacia do Amazonas**. Boletim de Geociências da Petrobras, 8 (1): 47-55. 1994.
- CUNHA, P.R.C.; MELO, J.H.G.; SILVA, O.B. **Bacia do Amazonas**. Boletim de Geociências da Petrobras, v. 15, n. 2, p. 227-251. 2007.
- DAEMON, R.F., CONTREIRAS, C.J.A. **Zoneamento palinológico da Bacia do Amazonas**. In: Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, v. 3, p. 79-88. 1971.
- DERBY, O. A. **The Amazonian Upper Carboniferous Fauna**. Journal of Geology v. 2, n. 5, p. 480-501. 1894.
- DUNHAM, R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: HAM, W.E. (Ed.), **Classification of Carbonate Rocks**. AAPG Memoir 1, Tulsa, p. 108–121. 1962.
- EIRAS, J.F.; BECKER, C.R.; SOUZA, E.M.; GONZAGA, F.G.; SILVA, G.F.; DANIEL, M.L.F.; MATSUDA, N.S.; FEIJÓ, F.J. **Bacia do Solimões**. Boletim Geociências Petrobras, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 17-49. 1994.
- FERREIRA, C.S.; FERNANDES, A.C.S. **Nota sobre alguns crinoides do Devoniano da Amazônia**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 57, n. 1, p. 139. 1985.
- FIGUEIRAS, J. M. F. **Petrologia dos carbonatos da Formação Itaituba na região de Aveiro – PA**. 1983, 143 p. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em ciências geofísicas e geológicas, Universidade Federal do Pará, Belém. 1983.
- FLÜGEL, E. **Microfacies of carbonate rocks: Analysis, Interpretation and Application**. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, New York, 976 p. 2004.
- FOLK, R.L. Some aspects of recrystallization in ancient limestones. In: Pray, L.C.; Murray, R.S. (Eds.). **Dolomitization and Limestone Diagenesis, vol. 13**. SEPM Special Publication, Tulsa, OK, p. 14–48. 1965.
- FOLK, R.L. **Petrology of Sedimentary Rocks**. Hemphill Publishing Co., Austin 170 p. 1974.
- FONSECA, V.M.M. **Chonetoidea (Brachiopoda) do Devoniano Médio das Bacias do Amazonas e Parnaíba, Brasil**. Arquivos do Museu Nacional, v. 62, n. 2, p. 193-215. 2004.
- FRIEDMAN, G.M. **Identification of carbonate minerals by staining methods**. Journal of Sedimentary Petrology, 29, 87-97. 1959.
- FRIEDMAN, G.M. **Terminology of crystallization textures and fabrics in sedimentary rocks**. Journal of Sedimentary Research. v. 35, n. 3, p. 643–655. 1965.
<https://doi.org/10.1306/74D7131B-2B21-11D7-8648000102C1865D>.

GAMA JR, J.M. **Braquiópodes da Formação Pimenteira (Devoniano médio/superior), na região sudoeste da Bacia do Parnaíba, Município de Palmas, Estado do Tocantins, Brasil.** 2008, 64 p. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências Universidade de Brasília, Distrito Federal. 2008.

GOLONKA, J., FORD, D. **Pangean (Late Carboniferous-Middle Jurassic) paleoenvironment and lithofacies.** *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 161, 1–34. 2000. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(00\)00115-2](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00115-2)

GOLONKA, J., ROSS, M.I., SCOTese, C.R. Phanerozoic paleogeographic and paleoclimatic modeling maps, in: Embry, A.F., Beauchamp, B., Glass, D.J. (Eds.), **Pangea: Global Environment and Resources.** Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, Alb., Canadá, pp. 1–47. 1994.

GOLONKA, J. **Phanerozoic paleoenvironment and paleolithofacies maps: Late Paleozoic.** *Geologia/Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie*, v. 33, p. 145–209. 2007.

HARRINGTON, H.J. **Paleogeographic development of South America.** *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 22, 789–793. 1962.

HLEBSZEVITSCH, J. **Spinal columns of the Family Anthinocrinidae (Crinoidea, Pentamerata) in the Upper Carboniferous of the Tepeul Genoa Basin, Chubut, Argentina.** *Ameghiniana: Revista Asociación Paleontológica Argentina.* v. 41, n. 3, p. 501-504. 2004.

IRWIN, M. L. **General theory of epeiric clear water sedimentation.** *Aapg Bulletin*, v. 49, n. 4, p. 445-459. 1965.

KATZER, F. **Geologia do Estado do Pará.** *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi de História Natural e Etnografia*, v. 9, p. 1-269. 1933.

KING, W. **Remarks on certain genera belonging to the class Palliobranchiata.** *Annals and Magazine of Natural History*, v. 18, p. 26-42. 1846.

KING, W. **A monograph of the Permian fossils of England.** Palaeontographical Society, London. 258 p. 1850.

LEDÉSERT B., HÉBERT R.L., GRALL C., GENTER A., DEZAYES C., BARTIER D., GÉRARD A. **Calcimetry as a useful tool for a better knowledge of flow pathways in the Soultz-sous-Forêts Enhanced Geothermal System.** *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 181, p. 106–114. 2009.

LEME, J. M.; MEIRA, F. V. E.; STASI, A. M.; SOARES, S. P. **The occurrence of Phacopida trilobites from Pimenteira Formation at João Costa, Piauí, Brazil.** *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v. 13, n. 3, p. 17-22. 2003.

LEMONS, V.B.; MEDEIROS, R.A. **O Limite Morrowano/Atokano na Bacia do Amazonas, Brasil, com Base em Conodontes.** *Boletim de Geociências da Petrobras*, 10(1/4):165-173. 1996.

LEMOS, V.B.; SCOMAZZON, A.K. **The Carboniferous biochronostratigraphy of the Amazonas Basin, Brazil based on conodonts.** In: J.H.G. MELO; G.S.T. TERRA (eds.), *Ciência Técnica Petróleo*, 20:131-138 (Seção: Exploração de Petróleo). 2001.

LEMOS, W.B., SILVA, O.A. **Ciclos sedimentares e ocorrências de conodontes e fusulinídeos na Bacia do Acre – Plataforma carbonática da Formação Cruzeiro-Eirunepê, Permiano Inferior.** V Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém – PA. Anais, p.188-191. 1996.

LIMA, H.P. **A sucessão siliciclástica carbonática Neocarbonáfera da Bacia do Amazonas, regiões de Monte Alegre e Itaituba (PA).** 2010, 149 p. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 2010

LOGAN, B.W.; SEMINIUK, V. **Dynamic metamorphism: process and products in Devonian carbonate rocks, Canning Basin, Western Australia.** *Spec. Publ. Geol. Soc. Aust.* v. 16, p. 1–138. 1976.

MARINHO, L.M.; SCHEFFLER, S.M.; FERNANDES, A.C.S. As partes dissociadas de crinoides da Formação Itaituba (Pensilvaniano, Bacia do Amazonas), Brasil. In: Carvalho, I.S., Cassab, R.C.T., Schwanke, C., Carvalho, M.A., Fernandes, A.C.S., Rodrigues, M.A.C.; Carvalho, M.S.S., Arai, M., Oliveira, M.E.Q. (Eds.). **Paleontologia: cenários da vida.** Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, v.1, p. 121-129. 2007.

MATTHEWS, K.J., MALONEY, K.T., ZAHIROVIC, S., WILLIAMS, S.E., SETON, M., MÜLLER, R.D. **Global plate boundary evolution and kinematics since the late Paleozoic.** *Glob. Planet. Change* 146, 226–250. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.10.002>

MÁXIMO, M. S. **Estudo paleoambiental dos carbonatos pensilvanianos da borda norte da Bacia do Amazonas – Região do Rio Jatapú.** 2012, 119 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2012.

MENDES, J. C. **Orthotetacea e Dalmanellacea do Carbonífero Superior do Rio Tapajós (Série Itaituba).** *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia.*, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 11-31. 1956a.

MENDES, J. C. **Spiriferacea carboníferos do rio Tapajós (série Itaituba), Estado do Pará, Brasil.** *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo*, n. 193, *Geologia* n. 13, p. 23-81. 1956b.

MENDES, J. C. **Rynchonellacea, Rostrospiracea e Terebratulacea do Carbonífero do rio Tapajós, Brasil.** *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 15-34. 1957.

MENDES, J. C. **Chonetacea e Productacea Carboníferos da Amazônia.** São Paulo Universidade, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, *Boletim (Geologia 17)*, n. 236. p. 1–83. 1959.

MERRIAM, C. W. **Paleontology and Stratigraphy of the Rabbit Hill Limestone and Lone Mountain Dolomite of Central Nevada**. Geological Survey Professional Paper 808, 50 p. 1973.

MILLANI, E.J.; ZALÁN, P.V. **An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America**. Episodes 22 (3):199-205. 1999.

MILLER, J.S. **A Natural History of the Crinoidea, or Lily-Shaped Animals; with Observations on the Genera, Asteria, Euryale, Comatula and Marsupites**. Bristol: Published for the author by C. Frost, 150 p. 1821. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.11565>

MONTALVÃO, R.M.G.; BEZERRA, P.E.L. **Geologia e Tectônica da Plataforma (Cráton) Amazônica (parte da Amazônia Legal Brasileira)**. Revista Brasileira de Geociências (10):1-27. 1980.

MOORE, R. C., LALICKER, C. G., FISCHER, A. G. **Invertebrate Fossils**. New York, McGraw-Hill, 766 p. 1952.

MOORE, R. C., JEFFORDS, R. M. **Classification and nomenclature of fóssil crinoids based on studies of dissociated parts of their columns**. The University of Kansas Paleontological Institute, 114 p. 1968.

MOROZOVA, I. P. **Mshanki otryada Fenestellida**. Trudy Paleontologicheskogo Instituta, 277:1-176. 2001.

MOUTINHO, L.P. **Assinaturas tafonômicas dos invertebrados da Formação Itaituba - Aplicação como ferramenta de análise estratigráfica e paleoecológica na seção pensilvaniana aflorante na porção sul da Bacia do Amazonas**. 2006, 325p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006.

MOUTINHO, L.P.; NASCIMENTO, S.; SCOMAZZON, A.K.; LEMOS, V.B. **Trilobites, scolecodonts and fish remains occurrence and the depositional paleoenvironment of the upper Monte Alegre and lower Itaituba formations, Lower – Middle Pennsylvanian of the Amazonas Basin, Brazil**. Journal of South American Earth Sciences. 72: 76-94. 2016a.

MOUTINHO, L.P., SCOMAZZON, A.K., NASCIMENTO, S., LEMOS, V.B. **Taphofacies of Lower-Middle Pennsylvanian marine invertebrates from the Monte Alegre and Itaituba formations, part of the outcropped marine sequence of the Tapajós Group (Southern Amazonas Basin, Brazil) e regional palaeoecological models**. Journal of South American Earth Sciences, 70: 83-114. 2016b.

NASCIMENTO, S.; SCOMAZZON, A.K.; MOUTINHO, L.P.; LEMOS, V.B.; MATSUDA, N.S. **Conodont biostratigraphy of the lower Itaituba Formation (Atokan, Pennsylvanian), Amazonas Basin, Brazil**. Revista Brasileira de Paleontologia, v. 8, n. 3, p. 193-202. 2005.

NASCIMENTO, S.; SMANIOTTO, L.P.; SOUZA, P.A.; LEMOS, V.B.; SCOMAZZON, A.K. **Biochronostratigraphy (conodonts and palynology) from a selected strata of the**

Itaituba Formation (Pennsylvanian of the Amazonas Basin) at Itaituba locality, Pará State, Brazil. Pesquisa em Geociências, 36 (1), p. 37-47. 2009.

NEVES, C.A. de O. **Prospectos potenciais e áreas prioritárias para exploração na Bacia do Amazonas.** Boletim de Geociências da Petrobras, 4, 95–103. 1990.

NEVES, K.M.M., BARBOSA, V.P. **Caracterização paleoambiental a partir de microfácies carbonáticas da Formação Itaituba (Pensilvaniano Inferior da Bacia do Amazonas), no município de Itaituba (PA).** Pesquisas em Geociências, v. 46, n. 2, p. 1-20. 2019.

NEVES, M.P. **Petrografia de carbonatos da Formação Itaituba (Carbonífero Superior), Bacia do Amazonas, região de Monte Alegre, PA.** 2009, 71 p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 2009

NICKLES, J.M., BASSLER, R.S. **A synopsis of American fossil Bryozoa, including bibliography and synonymy.** U.S. Geological Survey Bulletin, v. 173, p. 1–663. 1900.

PARRISH, J.T. **Upwelling and Petroleum Source Beds, With Reference To Paleozoic.** Am. Assoc. Pet. Geol. Bull. 66, 750–774. 1982. <https://doi.org/10.1306/03b5a30e-16d1-11d7-8645000102c1865d>

PEREIRA, P. **Aspectos Taxonômicos e Paleoecológicos dos Braquiópodes e Moluscos da Formação Inajá (Devoniano) Bacia de Jatobá, PE.** 2011, 101 p. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2011.

PETRI, S. 1948. **Contribuição ao estudo do Devoniano Paranaense.** Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, 129:1- 125p. 1948.

PETRI, S. **Fusulinidae do Carbonífero do Rio Tapajós, Estado do Pará.** Sociedade Brasileira de Geologia, v. 1, p. 30-42. 1952a.

PETRI, S. **Ocorrência de foraminíferos fósseis no Brasil.** Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (Geologia), v. 134, n. 7, p. 21-38. 1952b.

PETRI, S. **Foraminíferos do Carbonífero da Amazônia.** Sociedade Brasileira de Geologia, Boletim, v. 5, n. 1, p. 17–30. 1956.

PLAYFORF, G.; DINO, R. **Palynostratigraphy of upper Paleozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin Brazil.** Parte one. Stuttgart, Paleontographica Abt. B, v. 255, p. 1-86. 2000.

POSENATO, R. **The athyridoids of the transitional beds between bellerophon and werfen formation (upper most permian, southern alps, Italy).** Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, v. 107, n. 2, p. 197-226. 2001.

QUADROS, R. **Braquiópodes devonianos do afloramento Tope de Fita, Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 53, n. 4, p. 767-784. 1981.

REZENDE, W.M.; BRITO C.G. **Avaliação Geológica da Bacia Paleozóica do Amazonas.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26, Anais, p. 228-245. 1973.

ROCHA CAMPOS, A.C. **Contribuição à estratigrafia da região de Taió, Santa Catarina.** 1964, 91 p. Tese de doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1964.

ROSCHER, M., SCHNEIDER, J.W. **Permo-Carboniferous climate: Early Pennsylvanian to Late Permian climate development of central Europe in a regional and global context.** Geol. Soc. Spec. Publ. 265, 95–136. 2006. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.265.01.05>

ROSS, C. A.; ROSS, J. R. P. **Late Paleozoic sea levels and depositional sequences.** Cushman Foundation for Foraminiferal Research, p. 137-149. 1987.

ROWLEY, D.B., RAYMOND, A., PARRISH, J.T., LOTTES, A.L., SCOTSE, C.R., ZIEGLER, A.M. **Carboniferous paleogeographic, phytogeographic, and paleoclimatic reconstructions.** Int. J. Coal Geol. 5, 7–42. 1985. [https://doi.org/10.1016/0166-5162\(85\)90009-6](https://doi.org/10.1016/0166-5162(85)90009-6)

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados.** 6ª Edição. São Paulo: Editora Roca, 1028 p. 1996.

SCHEFFLER, S.M. **Crinóides e blastóides do Devoniano brasileiro.** 2010, 278 p. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro. 2010.

SCHEFFLER, S.M.; DIAS-DA-SILVA, S.; JÚNIOR, J.M.G.; FONSECA, V.M.M.; FERNANDES, A.C.S. **Middle Devonian crinoids from the Parnaíba Basin (Pimenteira Formation, Tocantins State, Brazil).** Journal of Paleontology, v. 85, n. 6, p. 1188-1198. 2011.

SCHEFFLER, S.M.; FERNANDES, A.C.S. **Crinoidea da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Bacia do Paraná), Brasil.** Arquivos do Museu nacional, v. 65, n. 1, p. 83-98. 2007.

SCHEFFLER, S.M.; FERNANDES, A.C.S.F.; FONSECA, V.M.M. **Crinoids columnals (Echinodermata) of the Ererê Formation (late Eifelian–early Givetian, Amazon Basin), State of Pará, Brazil.** Journal of South American Earth Sciences, v. 49, p. 63-72. 2014.

SCHEFFLER, S.M., FONSECA, V.M.M., FERNANDES, A.C.S. **New crinoids from the Maecuru formation (Middle Eifelian; Amazon Basin, State of Pará, Brazil).** Geobios, v. 48, p. 57–69. 2015.

SCHEFFLER, S.M.; FRANCISCO, A.P.S.; BOSETTI, E.P. **Sobre os Equinodermos Devonianos da Bacia do Paraná: Mudanças Faunísticas e Implicações para a Utilidade Bioestratigráfica.** Anuario do Instituto de Geociências, v. 40, n. 3, p. 102-116. 2017.

- SCHEFFLER, S.M.; SILVA, C.F.D.; FERNANDES, A.C.S.; FONSECA, V.M.M.D. **Crinóides da borda leste da bacia do Parnaíba (Formação Cabeças, Devoniano Médio).** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais, v. 5, n. 2, p. 165-173. 2010.
- SCHUCHERT, C. **Classification of Brachiopod Genera, fossil and recent.** In: J.F. Pompeckj (ed.). **Fossilium Catalogus**, vol. 1, Junk, p. 10-15. 1929.
- SCHUCHERT, C.; COOPER, G. A. **Brachiopod genera of the suborders Orthoidea and Pentameroidea.** Peabody museum of natural history, memoirs. p. 270. 1932.
- SCOMAZZON, A.K. **Estudo de conodontes em carbonatos marinhos do Grupo Tapajós, Pensilvaniano inferior a médio da Bacia do Amazonas com aplicação de isótopos de Sr e Nd neste intervalo.** 2004, 294 p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004.
- SCOMAZZON, A.K.; LEMOS, V.B. **Diplognathodus occurrence in the Itaituba Formation, Amazonas Basin, Brazil.** Revista Brasileira de Paleontologia, 8 (3):203-208. 2005.
- SCOMAZZON, A.K.; MOUTINHO L.P.; NASCIMENTO, S.; LEMOS, V.B.; MATSUDA, N.S. **Conodont biostratigraphy and paleoecology of the marine sequence of the Tapajós Group, Early-Middle Pennsylvanian of Amazonas Basin, Brazil.** Journal of South American Earth Sciences, (65): 25-42. 2016.
- SCOTese, C.R. **Atlas of Earth History. Paleogeography, PALEOMAP Proj.** 2001.
- SCOTese, C.R. **PALEOMAP PaleoAtlas for GPlates and the PaleoData Plotter Program** (PALEOMAP Project, 2016). <https://doi.org/10.13140/RG2.2.34367.00166>
- SCOTese, C.R.; BAMBACH, R.K.; BARTON, C.; VAN DER VOO, R.; ZIEGLER, A.M. **Paleozoic Base Maps.** J. Geol. 87, 217–277. 1979. <https://doi.org/10.1086/628416>
- SCOTese, R.C.; BARRETT, S.F. **Gondwana's movement over the South Pole during the Palaeozoic: evidence from lithological indicators of climate.** Geol. Soc. London, Mem. 12, 75–85. 1990. <https://doi.org/10.1144/gsl.mem.1990.012.01.06>
- SCOTese, C.R.; MCKERROW, W.S. **Revised World maps and introduction.** Geol. Soc. Mem. 12, 1–21. 1990. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.1990.012.01.01>
- SIBLEY, D.F.; GREGG, J.M. **Classification of dolomite rock textures.** Journal of sedimentary Research, v. 57, p. 967–975. 1987. <https://doi.org/10.1306/212F8CBA-2B24-11D7-8648000102C1865D>.
- SILVA, P.A.S. **Paleoambiente e diagênese da Formação Itaituba, Carbonífero da Bacia do Amazonas, com base em testemunho de sondagem, região de Uruará, Pará.** 2014, 91 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 2014.

SILVA, C.F.; FONSECA, V.M.M. **Hábitos de vida dos trilobitas das Formações Maecuru e Ererê, Devoniano da Bacia do Amazonas, Brasil.** Revista Brasileira Paleontologia, v. 8, n. 1, p. 73-82. 2005.

SIMÕES, M. G.; RODRIGUES, S. C.; BERTONI-MACHADO, C.; HOLZ, M. Tafonomia: processos e ambientes de fossilização. In: **Paleontologia: conceitos e métodos.** Carvalho, I. S. (Ed.). Rio de Janeiro, Interciência, v. 1, p. 19-52. 2010.

SIMPSON, G.B. **A handbook of the genera of the North American Palaeozoic Bryozoa.** New York State Geological Survey Annual Reports, v. 14, p. 403-669. 1895.

SMITH, A.M. Paleoenvironmental interpretation using bryozoans: a review. - In: Bosence, D.W., Allison, P.E. (eds.): **Marine paleoenvironmental analysis from fossils.** -Geological Society of London, Special Publication, v. 83, p. 231-243. 1995.

SOARES, S. P., SIMÕES, M. G., LEME, J. M. **Metacryphaeus rotundatus, um Novo Elemento da Fauna de Trilobites Calmoniidae (Phacopida), da Formação Ponta Grossa (Devoniano), Bacia do Paraná, Brasil.** Revista do Instituto de Geociências – USP, v. 8, n. 1, p. 15-24. 2007.

SOUSA, E.S. **Microfácies e diagênese dos carbonatos da Formação Itaituba, borda norte da Bacia do Amazonas, município de Urucará (Am).** 2019, 88 p. Dissertação de Mestrado, Unversidade Federal do Amazonas, Manaus. 2019.

SOUZA, P.A.; MATZEMBACHER, L.T.; ABELHA, M.; BORGHI, L. **Palinologia da Formação Piauí, Pensilvaniano da Bacia do Parnaíba: Biocronoestratigrafia de Intervalo Selecionado do Poço 1-UN-09-PI (Caxias, MA, Brasil).** Revista brasileira de paleontologia, v. 13, n. 1, p. 57-66. 2010.

SPADINI, A.R.; ESTEVES, F.R.; DIAS-BRITO, D.; AZEVEDO, R.L.M.; RODRIGUES, R. **The Macae Formation, Campos Basin, Brazil: Its Evolution in the context of the initial History of the South Atlantic.** Revista Brasileira de Geociências, v. 18, n. 3, p. 261-272. 1988.

TÁVORA, V. A.; COELHO, J. R. **Tafonomia de foraminíferos da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará.** Geociências (São Paulo), v. 25, n. 2, p. 197-204. 2006.

TÁVORA, V.A.; CAVALCANTI, A.K. **Briozoo fauna da Formação Maecuru (Mesodevoniano) - Bacia do Amazonas - Estado do Pará.** In: Congresso Brasileiro De Geologia, 34, Anais. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia, n. 2, p. 292-295. 1996.

TÁVORA, V.A.; MONTEIRO, D.B.; REIS, S.B. **Sistemática e Paleobiologia de Microfósseis de Equinodermas da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará, Brasil.** Anuário do Instituto de Geociências, v. 38, n. 1, p. 116-127. 2015.

TOMASSI, H.Z.; ALMEIDA, C.M.; FERREIRA, B.C.; BRITO, M.B.; BARBERI, M.; RODRIGUES, G.C.; TEIXEIRA, S.P.; CAPUZZO, J.P.; GAMA-JÚNIOR, J.M.; SANTOS, M.G.K.G. **Preliminar results of paleontological salvage at Belo Monte Powerplant construction.** Brazilian Journal of Biology, v. 75, n. 3, p. 277-289. 2015.

TORSVIK, T.H.; COCKS, M.L.R. **Earth History and Palaeogeography**, *Earth History and Palaeogeography*. Cambridge. 2016. <https://doi.org/10.1017/9781316225523>

TUCKER, M.E.; WRIGHT, V.P. **Carbonate Sedimentology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 482 p. 1990.

ULRICH, E. O. **American Palaeozoic Bryozoa**. *Journal of the Cincinnati Society of Natural History*, 5(3):121-175; 5(4):232-257. 1882.

VASQUEZ, L. V., ROSA-COSTA, L. R., SILVA, C. G., RICCI, P. F., BARBOSA, J. O., KLEIN, E. L., OLIVEIRA, J. G. **Geologia e recursos minerais do estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas–SIG: Texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará**. Escala, 1(1.000), 000. 2008.

VOROS, A.; KOCSIS, A.T.; PÁLFY, J. **Demise of the last two spire-bearing brachiopod orders (Spiriferinida and Athyridada) at the Toarcian (Early Jurassic/extinction event)**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 457, p. 233–241. 2016.

WILLIAMS, A. **The classification of the strophomenoid brachiopods**. *Washington Academy of Sciences Journal*, v. 43, n. 1, p. 1–13. 1953.

WILLIAMS, A.; CARLSON, S. J.; BRUNTON, C. H. C.; HOLMER, L. E.; POPOV, L. **A supra-ordinal classification of the brachiopoda**. *The royal society*, p. 1171-1193. 1996.

WILLIAMS, A.; ROWELL A.J.; MUIR-WOOD, H.M.; PITRAT, C.W.; SCHMIDT, H.; STEHLE, F.G.; AGER, D.V.; WRIGHT, A.D.; ELLIOTT, G.F.; AMSDEN, T.W.; RUDWICK, M.J.S.; HATAI, K.; BIERNAT, G.; MCLAREN, D.J.; BOUCOT, A.J.; JOHNSON, J.G.; STATON, R.D.; GRANT, R.E.; JOPE, H.M. **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda**. Prepared under sponsorship of the Geological Society of America, Inc., v. 2, p. 523-927. 1965.

WILSON, J.L. **Carbonate Facies in Geologic History**. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, New York, 471 p. 1975.

ZIEGLER, A.M., SCOTESE, C.R., MCKERROW, W.S., JOHNSON, M.E., BAMBACH, R.K. **Paleozoic paleogeography**. *Annu. Rev. earth Planet. Sci.* Vol. 7 2017, 473–502. 1979. <https://doi.org/10.1146/annurev.ea.07.050179.002353>