

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

LUIZA DIAS FERREIRA LAMOUCHE

**OCORRÊNCIA DE FUSULÍNÍDEOS E PEQUENOS FORAMINÍFEROS
PENSILVANIANOS DO MAR ITAITUBA-PIAUI, EM ÁREAS AFLORANTES DAS
BACIAS DO AMAZONAS E DO PARNAÍBA, BRASIL**

Porto Alegre, 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

LUIZA DIAS FERREIRA LAMOUCHE

**OCORRÊNCIA DE FUSULÍNÍDEOS E PEQUENOS FORAMINÍFEROS
PENSILVANIANOS DO MAR ITAITUBA-PIAUI, EM ÁREAS AFLORANTES DAS
BACIAS DO AMAZONAS E DO PARNAÍBA, BRASIL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Ana Karina Scomazzon

Co-orientador (a): Dr^a Luciane Profs Moutinho

Porto Alegre, 2023

CIP - Catalogação na Publicação

Lamouche, Luiza Dias Ferreira
OCORRÊNCIA DE FUSULINÍDEOS E PEQUENOS FORAMINÍFEROS
PENSILVANIANOS DO MAR ITAITUBA-PIAUI, EM ÁREAS
AFLORENTES DAS BACIAS DO AMAZONAS E DO PARNAÍBA,
BRASIL / Luiza Dias Ferreira Lamouche. -- 2023.
23 f.
Orientadora: Ana Karina Scmazzon.

Coorientadora: Luciane Profs Moutinho.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Curso de Geologia, Porto Alegre,
BR-RS, 2023.

1. Foraminíferos. 2. Formação Itaituba. 3. Formação
Piauí. 4. Carbonífero. 5. Biocronoestratigrafia. I.
Scmazzon, Ana Karina, orient. II. Moutinho, Luciane
Profs, coorient. III. Título.

LUIZA DIAS FERREIRA LAMOUCHE

**OCORRÊNCIA DE FUSULÍNÍDEOS E PEQUENOS FORAMINÍFEROS
PENSILVANIANOS DO MAR ITAITUBA-PIAUI, EM ÁREAS AFLORANTES DAS
BACIAS DO AMAZONAS E DO PARNAÍBA, BRASIL**

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título Bacharel em Geologia.

Porto Alegre, 31 de março de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Erthal

Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

Prof. Dra. Maria Alejandra Gomez Pivel

Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

À minha querida família.

Meu sucesso se deu graças ao apoio de todos e que meus sonhos sigam tão grandes quanto o amor que temos.

Amo vocês!

Agradecimentos

Assim que me vi passando na universidade, não imaginava o mar de ensinamentos e emoções que essa fase iria me trazer. Me mudei de um lugar onde estava minha vida toda, cercada por uma família muito unida e com todo o suporte necessário. Fui com grande animação para outro estado, acreditando que esse apoio da família sempre me guiaria. Chegar ao Rio Grande do Sul foi um grande choque, não só pela cultura e clima novos para mim, mas principalmente por me ver inicialmente sozinha enfrentando obstáculos tanto pela graduação como também me jogando em meio a dificuldades de vida que até então não precisava me preocupar. Foi um primeiro ano muito difícil, cheio de angústias, saudades e cansaço emocional. Mas nunca pensei em desistir, pois a cada novo aprendizado eu me sentia maior e mais motivada a seguir em frente sabendo que sempre que eu voltasse para Santos eu teria muitas coisas para contar. No decorrer desses anos em terras gaúchas, eu realmente cresci como pessoa e como profissional. Me encontrei na Geologia e na Paleontologia, conseguindo sonhar cada vez mais alto. Hoje olho para essa parte da minha história com muito orgulho dos laços que criei e das oportunidades que tive, trilhando novos caminhos e fazendo aumentar minha vontade de aprender e um dia ensinar o que para mim hoje é uma das minhas grandes paixões: a ciência. Em razão de todos os que passaram e ainda estão comigo, venho então agradecer.

À minha família, sem vocês nada do que conquistei seria possível pois é o todo esse amor que me impulsiona na vida. Minha mãe Vilhena e pai Oswaldo pelo incentivo aos estudos desde cedo, apoio em minha decisão de ir estudar longe de casa, acreditando que eu conseguiria dar conta, e confiança nos sucessos em meio aos desafios que surgiram e surgem nessa minha trajetória. Minha avó Lucinda por sempre rezar por mim, desejando que tudo continuasse dando certo e esperando em casa sempre com seus mimos. E minhas irmãs Julia e Gabi pela união que só trigêmeas poderiam ter, compartilhando todas as experiências desde que nascemos, sendo minhas fiéis confidentes e me dando apoio nos bons e maus momentos nesses anos fora.

Ao meu namorado Lourenço pela parceria na vida dentro e fora da faculdade. Ter te conhecido foi muito importante para eu resistir aos desafios, ter um escape quando eu queria me desligar de tudo e por estar sempre presente principalmente quando mais preciso. À família Breda pelo acolhimento em um estado novo, onde estava sozinha e sem conhecer o lugar. Se tornaram minha segunda família, me acolhendo verdadeiramente como parte de vocês e me ajudando com tudo.

Aos meus leais amigos na Geologia que me acompanham desde o início: Jéssica, Leo, França, Jordana, Endrizzi, Schaffer, Ayala e Marcelo. Vocês tornaram esses anos mais leves e são verdadeiros companheiros nessa aventura que é nosso curso.

Aos meus amigos de Santos: Ângela, Alice, Pietro, Luís, Gabriel e Daniboy. Todo retorno se torna especial por saber que teria vocês me aguardando, podendo compartilhar histórias e risadas em nossos reencontros cheios de saudade.

À minha orientadora Ana Karina pelos ensinamentos e conselhos, confiança no meu trabalho e principalmente por nunca me deixar desistir mesmo quando estava cansada e ansiosa, apresentando novas possibilidades e fazendo eu almejar sempre mais. À Sara pelas ajudas nos momentos de desespero e risadas descontroladas com piadas de humor duvidoso. À Luciane por seus ensinamentos preciosos e paciência em me orientar. À toda equipe do Laboratório de Conodontes e Foraminíferos da UFRGS pelas gargalhadas, fofocas e extrema parceria, tornando todos memoráveis e aliviando sempre os estresses que surgem quando se está em uma graduação.

À equipe do Laboratório de Microfósseis Calcários da UFRGS, em especial à professora Maria Alejandra por apresentar os foraminíferos e o meio acadêmico, sendo muito atenciosa e incentivando meu início na pesquisa. A oportunidade dada me abriu as portas para uma nova paixão pela ciência e fez eu me encontrar na Paleontologia.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em particular o campus do vale, pela oportunidade de estudar em uma faculdade pública de qualidade e por se

tornar um lugar de acolhimento. Ao Instituto de Geociência e ao Departamento de Paleontologia e Estratigrafia pelo suporte. Às instituições financeiras CAPES, FAPERGS e CNPq pelo auxílio nos anos em que tive bolsa de iniciação científica. E ao Projeto “BIOCRONORTE - Biocronoestratigrafia das bacias do Amazonas, Parnaíba e Solimões” (Processo Sigitec 2018/00541-5) por proporcionar a elaboração deste trabalho com as bolsas de iniciação científica, fornecimento das amostras estudadas e estrutura para a execução das atividades, além do financiamento em demais trabalhos relacionados.

Resumo

Os foraminíferos são organismos protistas unicelulares que em geral secretam carapaças carbonáticas, podendo em outros casos serem um aglutinado de materiais ou constituídos por sílica ou matéria orgânica. Essas carapaças são amplamente utilizadas na pesquisa por apresentarem abundância nos registros, complexidade morfológica, evolução rápida e boa preservação, sendo importantes fósseis guia e amplamente utilizados na biocronoestratigrafia. Por meio da identificação em lâmina delgada de fusulinídeos e pequenos foraminíferos de afloramentos da Formação Itaituba, Bacia do Amazonas, e da Formação Piauí, Bacia do Parnaíba, tem-se como objetivo deste trabalho o refinamento biocronoestratigráfico e a reconstrução paleoambiental da região norte do Brasil durante o Carbonífero. Ambas as unidades correspondem ao período Pensilvaniano e têm como litologia predominante sequências de pelitos, folhelhos, calcários, dolomitos e arenitos, permitindo uma correlação lateral entre as duas bacias. Em literaturas mais antigas já foram identificados foraminíferos como *Eostaffella* sp., *Milerella* sp., *Profusulinella* sp., *Earlandia* sp., *Globivalvulina bulloides*, *Endothyra* sp. e *Calcitornella* sp., que permitiram definir a idade das formações em Morrowano superior – Atokano médio. Em razão de recentes estudos não abordarem a identificação das espécies a fim de haver uma continuidade com os anteriores, o presente trabalho, por meio da análise em microscópio petrográfico e dos espécimes descritos, utiliza os foraminíferos para o detalhamento temporal e paleoambiental das referidas localidades.

Palavras-Chave: foraminíferos; Formação Itaituba; Formação Piauí; Carbonífero; biocronoestratigrafia; paleoambiente.

Abstract

The foraminifera are unicellular protist organisms that generally secrete carbonate carapaces and, in other cases, may be an agglutination of materials or constituted by silica or organic matter. These carapaces are widely used in research due to their abundance in records, morphological complexity, rapid evolution and good preservation, being important guide fossils and widely used in biostratigraphy. Through the thin section identification of fusulinids and small foraminifera from outcrops of the Itaituba Formation, Amazonas Basin, and the Piauí Formation, Parnaíba Basin, the objective of this work is the biostratigraphic refinement and paleoenvironmental reconstruction of the northern region from Brazil during Carboniferous. Both units correspond to the Pennsylvanian period and have as predominant lithology sequences of pelites, shales, limestones, dolomites and sandstones, allowing a lateral correlation between the two basins. In older literature, foraminifera were identified as *Eostaffella* sp., *Milerella* sp., *Profusulinella* sp., *Earlandia* sp., *Globivalvulina bulloides*, *Endothyra* sp. e *Calcitornella* sp. that allowed to define the age of formations in upper Morrowan - middle Atokan. Due to recent studies not addressing the identification of the species in order to have a continuity with the previous ones, the present work, through the analysis in a petrographic microscope and of the described specimens, uses the foraminifera for the temporal and paleoenvironmental detailing of the referred localities.

Key words: foraminifera; Itaituba Formation; Piauí Formation; Carboniferous; biostratigraphy; paleoenvironment.

Lista de Figuras

- Figura 1.** Localização da Formação Itaituba, Grupo Tapajós, Bacia do Amazonas. A) Mapa geológico da Bacia do Amazonas com a localização da área estudada. Modificado de Eiras et al. (1998). B) Mapa de unidades geológicas com a localização dos pontos amostrados BAS 1, BAS 2, BAS 3 e BAS 6 dentro da Formação Itaituba. Modificado de CPRM (2006). 18
- Figura 2.** Localização da Formação Piauí, Grupo Balsas, Bacia do Parnaíba. A) Mapa dos arcos estruturais e depósitos paleozoicos intracontinentais da América do Sul. Modificado de Milani & Zalán (1999); B) Mapa geológico simplificado da Província do Parnaíba. Modificado de Góes (1995); C) Mapa de unidades geológicas com a localização dos pontos amostrados MO 01 e MO 16 dentro da Formação Piauí. Modificado de CPRM (2006). 19
- Figura 3.** Coluna Estratigráfica das bacias do Amazonas e do Parnaíba, em destaque a correlação entre elas dentro do intervalo estudado neste trabalho, o Pensilvaniano. Modificado de Pereira et al. (2012). 20
- Figura 4.** Carta estratigráfica do Grupo Tapajós, Bacia do Amazonas. Modificado de Matsuda et al. (2004). 23
- Figura 5.** Litoestratigrafia da Formação Piauí, com destaque em vermelho o carbonato estudado, referente ao Pensilvaniano Superior da Bacia do Parnaíba. Modificado de Medeiros (2020). 24
- Figura 6.** Distribuição estratigráfica dos foraminíferos pensilvanianos da Bacia do Amazonas, com destaque para a Formação Itaituba (em azul). Modificado de Altiner & Savini (1995). 26
- Figura 7.** Imagem do afloramento BAS 1 da pedreira de calcário da Mineradora Itacimpasa, Bacia do Amazonas, estado do Pará, Brasil. Acervo Laboratório de Conodontes e Foraminíferos – LACONF. 29
- Figura 8.** Imagens dos afloramentos à beira do Rio Tapajós, Bacia do Amazonas, estado do Pará, Brasil. A) Afloramento BAS 2 (“Caixa D’água”); B) Afloramento BAS 3 (“Voadeira”); C) Afloramento BAS 06 (“Nova Voadeira”). Acervo LACONF. 29
- Figura 9.** Coluna estratigráfica do afloramento BAS 1 na pedreira Itacimpasa, próximo ao município de Itaituba, Pará. Relatório Petrobras – Projeto Biocronorte. 31
- Figura 10.** Colunas estratigráficas dos afloramentos à beira do Rio Tapajós (BAS 2, BAS 3 e BAS 6), próximo ao município de Itaituba, Pará. Adaptado do relatório Petrobras – Projeto Biocronorte. 33
- Figura 11.** Imagens dos afloramentos de carbonato da Formação Piauí, Bacia do Parnaíba, estado do Piauí, Brasil; A) Afloramento MO 01 – Fazenda Mocambo; B) Afloramento MO 16 – Mineradora Icaraí. Acervo LACONF. 34
- Figura 12.** Coluna estratigráfica dos pontos MO 01 e MO 16, respectivamente com altura total de 5m e 8m. Adaptado do relatório Petrobras – Projeto Biocronorte. 35

Figura 13. Etapas de preparação de lâmina delgada. A) Amostra a ser confeccionada; B) Primeira serra diamantada; C) Amostra após o corte, ainda com as ranhuras; D) Abrasivo de 320; E) Estufa; F) Resina à direita e endurecedor à esquerda; G) Amostra colada na lâmina de vidro laboratorial; H) Segunda serra diamantada; I) Serra mecanizada; J) Polarizadora; K) Abrasivo de 1000; L) Lâmina delgada pronta.37

Figura 14. Observação no microscópio petrográfico Zeiss Axio Imager. A) No LACONF com o modelo M2m; B) No Prédio da Pós-Graduação em Estratigrafia com o modelo A2.38

Figura 15. Exemplo de visualização em corte equatorial e axial de uma mesma espécie de fusulinídeo, com a observação das diferentes feições internas. Modificado de Mathieu et al. (2011).39

Figura 16. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 µm de lâminas do afloramento BAS 1. A) Foraminífero *Millerella pressa* da lâmina MP-FB-117. B) Foraminífero *Millerella* sp. D da lâmina MP-FB-126. C) Foraminíferos *Millerella extensa* (M.ex.) e *Millerella* ? sp. E (M.sp.E) da lâmina MP-FB-151. D) Foraminíferos *Millerella marblensis* (M.m.) e *Eostaffella ampla* (Eo.a.) da lâmina MP-FB-126. E) Foraminífero *Eostaffella* sp. da lâmina MP-FB-117. F) Foraminífero *Eostaffella advena* da lâmina MP-FB-126. G) Foraminífero *Eostaffella pinguis* da lâmina MP-FB-126. H) Foraminíferos *Endothyra* sp. (En.) e *Tetrataxis* sp. (Tet.) da lâmina MP-FB-117. I) Foraminífero *Calcivertellidae* ? da lâmina MP-FB-125. J) Foraminífero *Earlandia* sp. da lâmina MP-FB-131. K) Foraminífero *Endothyra* sp. da lâmina MP-FB-132. L) Foraminífero *Planoendothyra aljutovica* da lâmina MP-FB-132. M) Foraminífero *Palaeotextularia* sp. da lâmina MP-FB-151. N) Foraminífero *Biseriella parva* da lâmina MP-FB-152. O) Foraminífero *Diplosphaerina inaequalis* da lâmina MP-FB-153. P) Foraminífero *Palaeonubecularia* sp. incrustrando fragmento de valva de braquiópode da lâmina MP-FB-155.....43

Figura 17. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 µm de lâminas do afloramento BAS 1. A-B) Briozoário, respectivamente das lâminas MP-FB-116 e MP-FB-121. C-D) Braquiópode, respectivamente das lâminas MP-FB-116 e MP-FB-117. E) Coral rugoso da lâmina MP-FB-121. F) Elementos fosfáticos da lâmina MP-FB-143. G) Fragmento de trilobita da lâmina MP-FB-143. H) Ostracode da lâmina MP-FB-143. I) Valvas de bivalve (Biv.), espinhos de braquiópode (E.Braq.) e elementos fosfáticos (El.Fosf.) da lâmina MP-FB-143. J) Placas de crinóide da lâmina MP-FB-153. K) Espinho de trilobita da lâmina MP-FB-153. L) Cefalópode da lâmina MP-FB-155.44

Figura 18. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 µm de lâminas do afloramento BAS 2. A) Arenito da lâmina MP-FB-158. B) Siltito da lâmina MP-FB-160. C) Arenito com matriz dolomitizada da lâmina MP-FB-171. D) Dolomito da lâmina MP-FB-172.45

Figura 19. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 µm de lâminas dos afloramentos BAS 3 e BAS 6. A) Foraminífero *Biseriella parva* (B.p.), alga verde

(Al.V.) e bioturbação (Biot.) da lâmina MP-FB-173. B) Foraminífero *Palaeonubecularia* sp. da lâmina MP-FB-173. C) Foraminífero *Calcivertellidae* da lâmina MP-FB-173. D) Equinoderma (Eq.) e foraminíferos *Palaeonubecularia* sp. (Pal.) e *Calcivertellidae* (C) da lâmina MP-FB-174. E) Foraminíferos *Monotaxinoides transitorius* (Mo.t.) e *Pseudoammodiscus* sp. B (Pse.) da lâmina MP-FB-175. F) Equinoderma da lâmina MP-FB-174. G) Briozoário (Bri.) e fragmento de trilobita (T.) da lâmina MP-FB-174. H) Braquiópode da lâmina MP-FB-175. I) Gastrópode da lâmina MP-FB-178.47

Figura 20. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 µm de lâminas do afloramento MO 01. A-E) Foraminífero *Paleonubecularia* sp., respectivamente das lâminas MP-FB-19, MP-FB-20, MP-FB-21, MP-FB-22 e MP-FB-30. F-G) Foraminífero *Biseriella parva*, respectivamente das lâminas MP-FB-21 e MP-FB-24. H) Foraminíferos *Earlandia* sp. (?) (Ear.) e *Calcivertellidae* (C.) da lâmina MP-FB-22. I) Foraminífero *Calcivertellidae* da lâmina MP-FB-31. J) Foraminífero *Bradyina* sp. da lâmina MP-FB-31. K) Transição entre material carbonático e siliciclástico da lâmina MP-FB-18. L) Rocha mista com pelóides da lâmina MP-FB-19. M) Braquiópode da lâmina MP-FB-19. N) Gastrópode da lâmina MP-FB-21. O) Valva (bivalve ou ostracode) da lâmina MP-FB-28. P) Equinoderma da lâmina MP-FB-28.50

Figura 21. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 µm de lâminas do afloramento MO 16. A) Dolomito da lâmina MP-FB-02. B) Rocha mista da lâmina MP-FB-04. C) Siltito da lâmina MP-FB-10.51

Figura 22. Distribuição estratigráfica das espécies de foraminíferos presentes no afloramento BAS 1, sendo a linha em vermelho indicada pela espécie *Planoendothyra aljutovica* marcando a idade Atokano inferior neste afloramento. ...53

Figura 23. Distribuição estratigráfica das espécies de foraminíferos presentes no afloramento BAS 3, sendo a linha em vermelho indicada pela espécie *Pseudoammodiscus* sp. B marcando a idade Atokano inferior neste afloramento.55

Figura 24. Distribuição estratigráfica das espécies de foraminíferos presentes no afloramento MO 01, sendo a linha em vermelho indicada pela espécie *Bradyina* marcando a idade Atokano inferior neste afloramento.56

Figura 25. Zoneamento bioestratigráfico de fusulinídeos e pequenos foraminíferos. Modificado de Altiner & Savini (1991,1995).57

Figura 26. Perfil fisiológico com os três mais importantes sub-ambientes com a fauna e estruturas principais encontradas no mar Itaituba-Piauí durante o Morrowano superior ao Atokano médio, sendo os símbolos coloridos indicativos de até que nível de planície de maré ocorrem os gêneros de foraminíferos. Figura modificada de Moutinho (2016) e posicionamento dos foraminíferos com base em Altiner & Savini (1991).58

Figura 27. Modelo paleogeográfico do mar Itaituba-Piauí durante o Carbonífero. Modificado de Medeiros et al. (2019).59

Lista de Tabelas

Tabela 1. Ponto de coleta para preparação de lâminas para foraminíferos e a respectiva nomenclatura do afloramento BAS 1.	32
---	----

Lista de Quadros

- Quadro 1.** Espécies de foraminíferos identificados no trabalho de Campanha & Rocha-Campos (1979).27
- Quadro 2.** Pontos de coleta no afloramento do ponto BAS 1 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fossilífero. Em amarelo as lâminas em que há foraminíferos e em negrito as espécies. (* demanda não atendida pelo laboratório de laminação)40
- Quadro 3.** Pontos de coleta no afloramento do ponto BAS 2 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fossilífero.....44
- Quadro 4.** Pontos de coleta no afloramento do ponto BAS 3 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fossilífero. Em negrito as espécies de foraminíferos em que há as lâminas.....46
- Quadro 5.** Pontos de coleta no afloramento do ponto BAS 6 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fossilífero. Em amarelo as lâminas em que há foraminíferos e em negrito as espécies.....46
- Quadro 6.** Pontos de coleta no afloramento do ponto MO 01 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fossilífero. Em amarelo as lâminas em que há pequenos foraminíferos e em negrito os gêneros. (* demanda não atendida pelo laboratório de laminação).....48
- Quadro 7.** Pontos de coleta no afloramento do ponto MO 16 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fossilífero.....51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativa	19
1.2. Objetivos e Metas	21
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1 Contexto Geológico	22
2.1.1 <i>Bacia do Amazonas</i>	22
2.1.2 <i>Bacia do Parnaíba</i>	23
2.2 Estado da Arte de Foraminíferos na Área de Estudo	25
2.2.1. <i>Bacia do Amazonas</i>	25
2.2.2. <i>Bacia do Parnaíba</i>	27
3. METODOLOGIA	28
3.1. Coleta de amostras.....	28
3.1.1. <i>Bacia do Amazonas</i>	28
3.1.2. <i>Bacia do Parnaíba</i>	33
3.2 Procedimentos de laboratório	36
3.3 Identificação dos foraminíferos	38
4. RESULTADOS.....	40
4.1 Bacia do Amazonas	40
4.2 Bacia do Parnaíba	48
5. DISCUSSÕES.....	52
6. CONCLUSÕES.....	60
7. REFERÊNCIAS.....	61

1. INTRODUÇÃO

Os foraminíferos são microrganismos eucariontes unicelulares heterotróficos do Reino Protista que secretam carapaças de composição calcária (calcita ou aragonita), havendo também as constituídas pela aglutinação de variados materiais ou, mais raramente, de composição silicosa ou matéria orgânica. Vivem principalmente em ambiente marinho, alguns em ambiente mixohalino e raros em água doce, e apresentam dois diferentes tipos de hábito: o planctônico, vivendo na coluna d'água, e o bentônico, no fundo de mares e oceanos como formas sésseis e vágeis. As formas mais antigas encontradas foram bentônicas no Pré-Cambriano e posteriormente, no Jurássico, desenvolveram-se os planctônicos (existentes até o recente). Podem ser estudadas as carapaças inteiras em lupa quando o material está inconsolidado ou através da observação em lâmina delgada quando em rocha total. Os foraminíferos são amplamente utilizados na bioestratigrafia como fósseis-índice e nas reconstruções paleoambientais em razão de seu comportamento cosmopolita, abundância nas rochas e sedimentos, grande variedade de espécies, grande potencial de preservação e alta taxa de evolução, se tornando uma importante ferramenta para a indústria do petróleo e excelentes nas correlações com outros microfósseis (Anjos-Zerfass & Andrade, 2008; Petró, 2018).

Este trabalho foi desenvolvido nas bacias do Amazonas (Figura 1) e Parnaíba (Figura 2). A primeira citada trata-se de afloramentos às margens do Rio Tapajós e em uma pedreira de calcário, próximos ao município de Itaituba, na Formação Itaituba, Grupo Tapajós, Bacia do Amazonas. A segunda encontra-se na Região da Mineradora Icaráí, Formação Piauí, Grupo Balsas, Bacia do Parnaíba, em fazenda e frente de lavra próximas ao município de José de Freitas, estado do Piauí, Brasil.

Ambas bacias compreendem rochas sedimentares paleozoicas, especificamente do Pensilvaniano ($323,2 \pm 0,4$ – $298,9 \pm 0,15$), com uma história geológica que evoluiu de maneira semelhante. Em razão da correlação direta entre elas, se reconstruiu a paleobiogeografia e o paleoambiente daquele período ao se identificar os foraminíferos que ocorrem na região para o refinamento das idades.

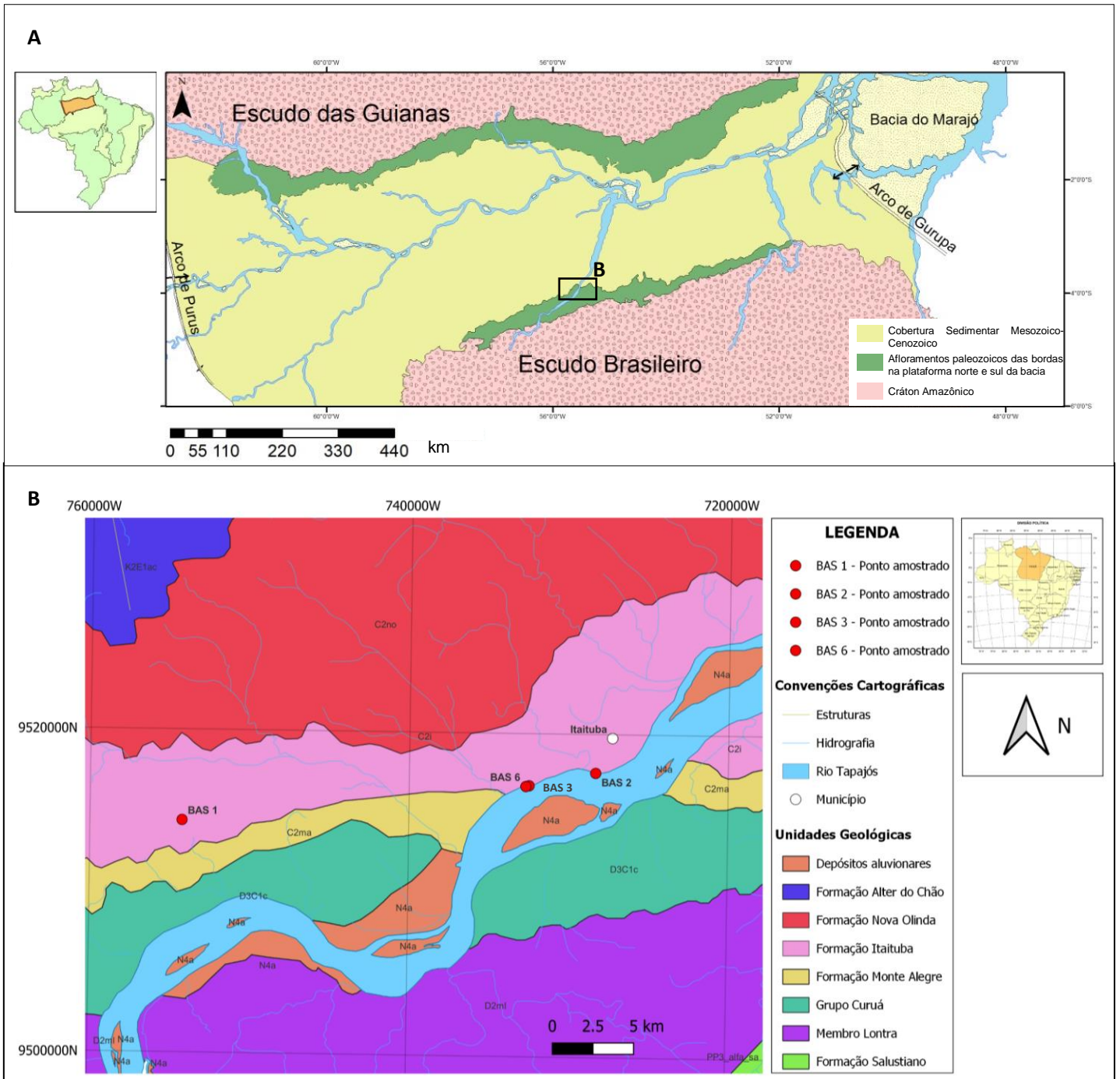


Figura 1. Localização da Formação Itaituba, Grupo Tapajós, Bacia do Amazonas. A) Mapa geológico da Bacia do Amazonas com a localização da área estudada. Modificado de Eiras et al. (1998). B) Mapa de unidades geológicas com a localização dos pontos amostrados BAS 1, BAS 2, BAS 3 e BAS 6 dentro da Formação Itaituba. Modificado de CPRM (2006).

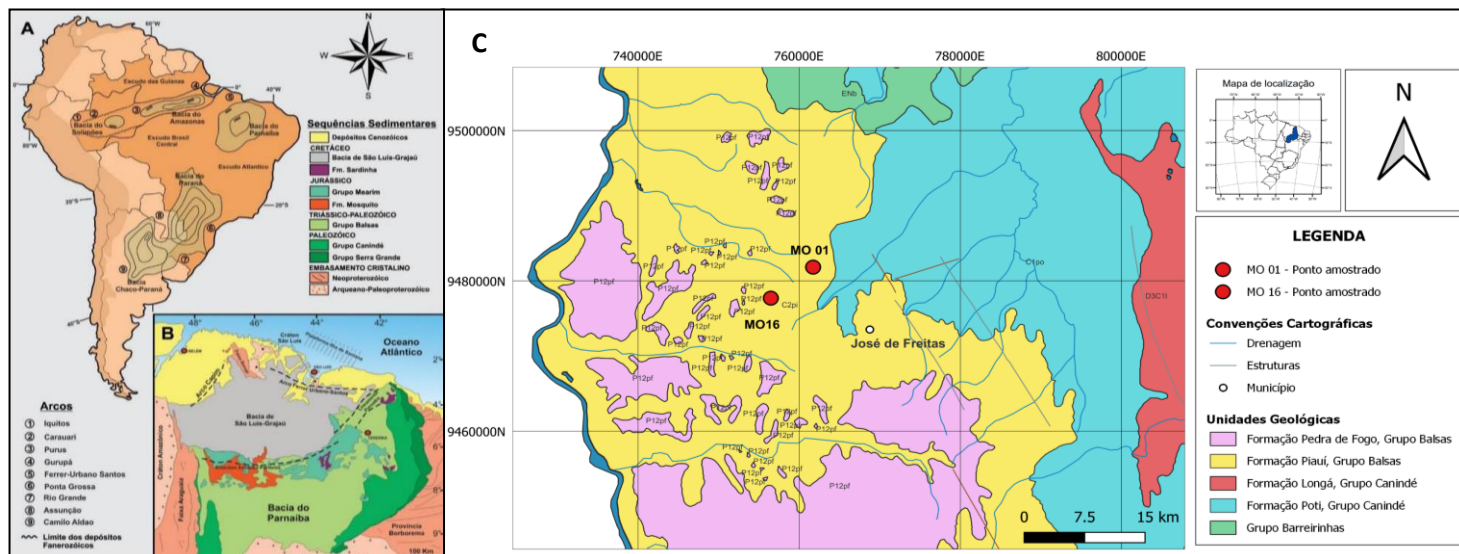


Figura 2. Localização da Formação Piauí, Grupo Balsas, Bacia do Parnaíba. A) Mapa dos arcos estruturais e depósitos paleozóicos intracontinentais da América do Sul. Modificado de Milani & Zalán (1999); B) Mapa geológico simplificado da Província do Parnaíba. Modificado de Góes (1995); C) Mapa de unidades geológicas com a localização dos pontos amostrados MO 01 e MO 16 dentro da Formação Piauí. Modificado de CPRM (2006).

1.1 Justificativa

Este trabalho visa correlacionar as ocorrências de foraminíferos nas bacias intracratônicas do norte do Brasil, em especial as bacias do Amazonas e do Parnaíba em razão de sua correspondência lateral (Figura 3). O estudo destes organismos irá auxiliar no entendimento do contexto geológico das bacias e de suas condições de vida, possibilitando reconstruções paleoambientais cada vez mais precisas. No âmbito econômico, o conhecimento micropaleontológico contribui na identificação de possíveis sistemas petrolíferos ao refinar as unidades litoestratigráficas temporalmente, permitindo assim correlacioná-las com outras bacias petrolíferas de modo a projetar prováveis reservas destes recursos.

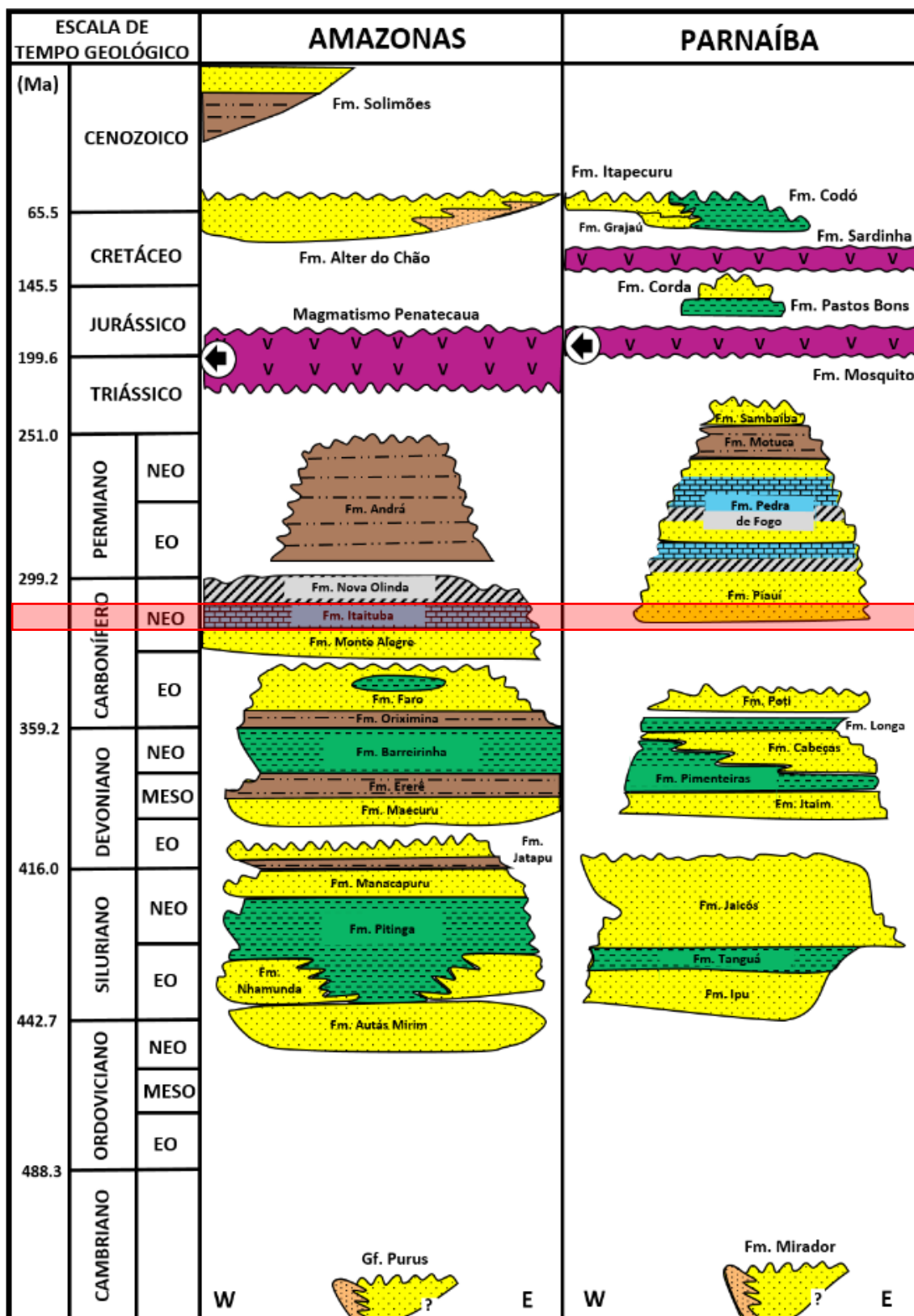


Figura 3. Coluna Estratigráfica das bacias do Amazonas e do Parnaíba, em destaque a correlação entre elas dentro do intervalo estudado neste trabalho, o Pensilvaniano. Modificado de Pereira et al. (2012).

1.2. Objetivos e Metas

Como objetivo geral deste trabalho, buscou-se refinar a idade da seção marinha das formações Itaituba e Piauí, durante o Pensilvaniano, com a identificação de espécies de fusulinídeos e pequenos foraminíferos, importantes fósseis guias da época. Com o detalhamento, foi então desenvolvida uma reconstrução mais elaborada do paleoambiente com as diferentes variáveis que influenciaram as ocorrências na área. Para esse fim, analisou-se amostras de carbonatos e folhelhos em lâmina delgada buscando encontrar o maior número possível de espécies guias para se definir as associações que permitissem o entendimento da idade e do meio ambiente deposicional.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Contexto Geológico

2.1.1 *Bacia do Amazonas*

A Bacia do Amazonas se encontra entre os crátons das Guianas ao norte e do Brasil ao sul, apresentando uma área de aproximadamente 500.000 km². Abrange parte dos estados do Amazonas e do Pará e separa-se a leste da bacia tafrogênica do Marajó através do Arco de Gurupá e a oeste da Bacia do Solimões pelo Arco de Purus. Nas etapas finais do Ciclo Brasileiro (700 – 470 Ma), em condições tardia pós-orogênicas, várias unidades sedimentares acumularam-se sobre a recém-estabilizada Plataforma Sul-Americana. Seus registros atuais encontram-se preservados localmente na bacia, em áreas contíguas ao Arco de Purus (Cunha et al., 2007).

Durante o Neocarbonífero, houve um ciclo deposicional transgressivo-regressivo, referente à quarta sequência de segunda ordem estratigráfica da bacia, denominada Sequência Pensilvaniano-Permiana e reunidas como o Grupo Tapajós (Figura 4). Iniciou-se com a deposição de arenitos eólicos e de wadis, intercalados por siltitos e folhelhos de interdunas e lagos da Formação Monte Alegre em um ambiente marinho raso. Continuando o processo transgressivo, depositou-se a Formação Itaituba de litologias carbonática/evaporítica e siliciclástica. Logo após, a Formação Nova Olinda deposita-se como depósitos evaporíticos siliciclásticos e carbonáticos marinhos de inframaré e planícies de sabkha. Por fim, terminando a deposição química-evaporítica da bacia, se sobrepõe os siliciclastos avermelhados, raros evaporitos e carbonatos da Formação Andirá depositados em um ambiente sedimentar flúvio-lacustre (Matsuda et al., 2004; Cunha et al., 2007).

A Formação Itaituba tem sua espessura variando entre 110 m na região aflorante da plataforma sul e 420 m na porção central da bacia, onde se perfurou poços. Corresponde a depósitos carbonáticos e evaporitos de sabkha, referentes a um ambiente marinho raso de infra e intermaré. Esta unidade destaca-se pelo volume de calcário, que a diferencia das demais unidades do Grupo Tapajós. Esta

formação é marcada por depósitos transgressivos – regressivos, havendo, em razão de tais ciclos de moderada energia, intercalações de carbonatos e evaporitos, com folhelhos, siltitos e arenitos (Matsuda et al., 2004).

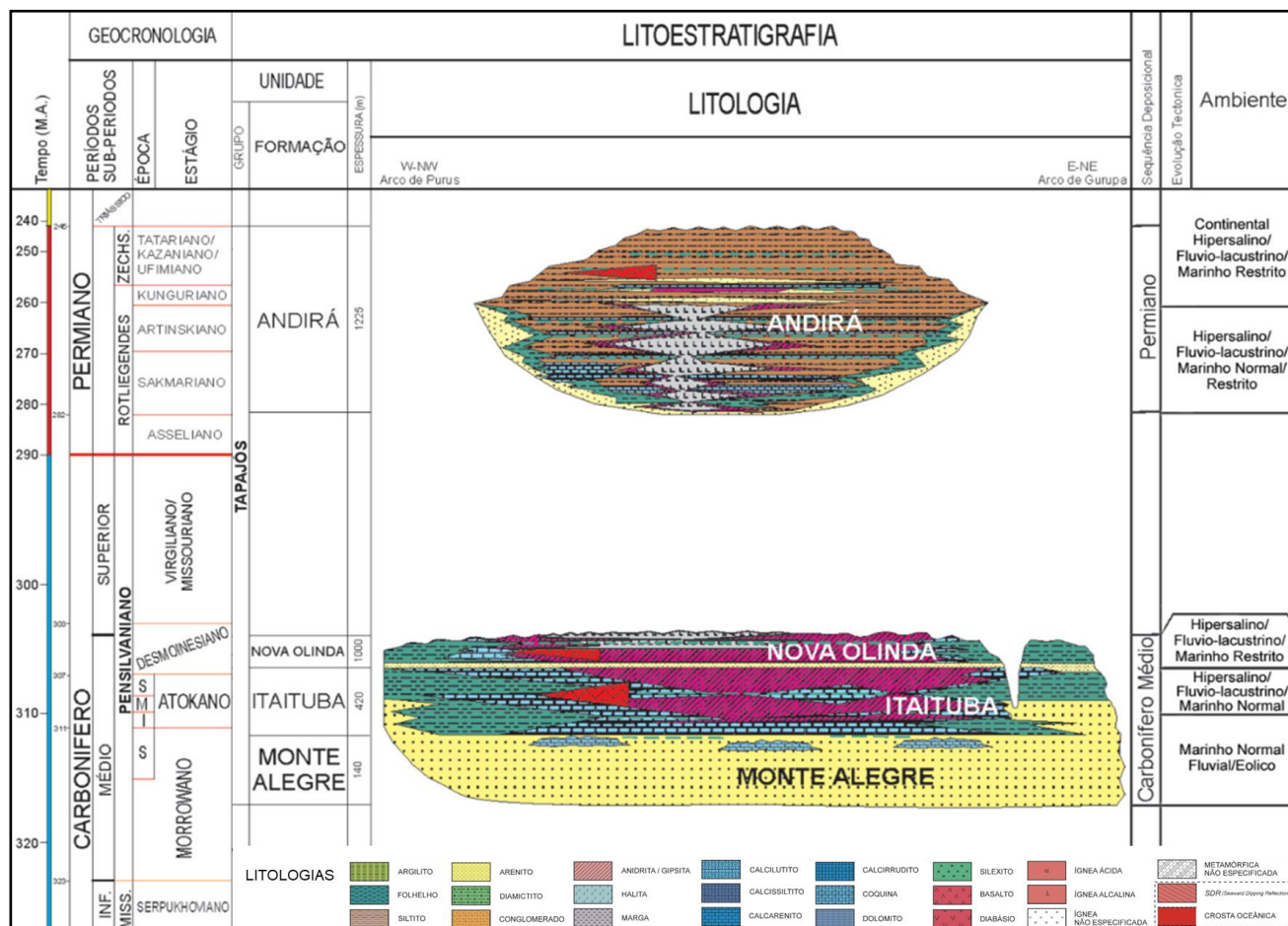


Figura 4. Carta estratigráfica do Grupo Tapajós, Bacia do Amazonas. Modificado de Matsuda et al. (2004).

2.1.2 Bacia do Parnaíba

A Bacia do Parnaíba localiza-se na área nordeste do Brasil e tem como dimensões cerca de 600 mil km² e 3.500m de espessura, com predominância de rochas do final do Proterozóico ao início do Paleozóico como embasamento. A bacia tem sua origem relacionada com os eventos pós-orogênicos do Ciclo Brasileiro ou ao Estádio de Transição da Plataforma Sul-Americana com o desenvolvimento de seu embasamento continental, constituído de rochas metamórficas, ígneas e

sedimentares, no Estágio de Estabilização da plataforma do Arqueano ao Ordoviciano (Vaz et al., 2007).

As rochas sedimentares e magmáticas da Bacia do Parnaíba se dividem em cinco supersequências, sendo as Siluriana, Mesodevoniana-Eocarbonífera e Neocarbonífera-Eotriássica referentes ao período de estabilização da Plataforma Sul-Americana com suas discordâncias relacionadas às flutuações dos elevados níveis eustáticos dos mares (Vaz et al., 2007).

A Formação Piauí (Figura 5) pode ser dividida em duas porções. O Membro Inferior tem como litologia arenitos cor-de-rosa médios maciços ou com estratificação cruzada de grande porte e intercalações de folhelho vermelho e são relativos a ambientes fluviais e eólicos. Já o Membro Superior, referente à porção estudada no atual trabalho, é constituído por arenitos vermelhos/amarelos finos a médios com intercalações de folhelhos vermelhos, calcários e finas camadas de sílex além de ocorrências de lentes conglomeráticas, sendo representativos de plataformas marinhas e prodeltas (Vaz et al., 2007).

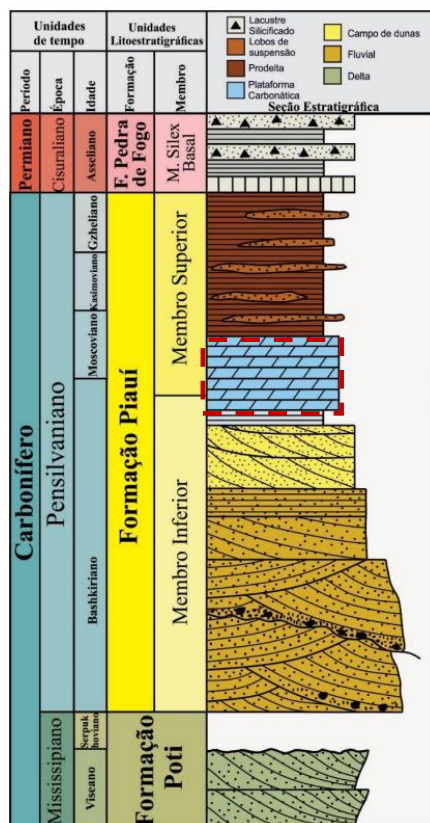


Figura 5. Litoestratigrafia da Formação Piauí, com destaque em vermelho o carbonato estudado, referente ao Pensilvaniano Superior da Bacia do Parnaíba. Modificado de Medeiros (2020).

2.2 Estado da Arte de Foraminíferos na Área de Estudo

2.2.1. *Bacia do Amazonas*

Os principais estudos de foraminíferos realizados na região são de Altiner & Savini (1991, 1995), apresentando a distribuição estratigráfica dos fusulinídeos e pequenos foraminíferos encontrados ao longo do Pensilvaniano (Figura 6). Foi a partir da presença de fusulinídeos como *Millerella* e *Eostaffella* que se chegou à idade Bashkiriano – Moscoviano (referente aos andares Morrowano superior – Atokano médio da América do Norte) para a Formação Itaituba.

Moutinho (2006) traz essa mesma bibliografia em sua tese a fim de se estudar as tafofácies nas quais os foraminíferos são encontrados, tanto em afloramentos da beira do Rio Tapajós quanto em pedreiras da Itacimpasa. A autora descreve os ambientes deposicionais, trazendo diversas imagens de lâminas petrográficas para registrá-los.

Silva (2014) segue a mesma linha de trabalho de Moutinho (2006) ao estudar as tafofácies da Formação Itaituba a partir de testemunhos de sondagem e, mesmo se tratando de uma região geográfica diferente da estudada no atual trabalho, as ocorrências de foraminíferos são uma importante informação quanto à sua ampla distribuição nesta unidade.

Monte Alegre	Itaituba	Nova Olinda (parte)	Litoestratigrafia (Formações)				
	Pensilvaniano (parte)		Cronoestratigrafia Global				
	Bashkiriano	Moscoviano					
	315,2 Ma		Andares da América do Norte				
Morrowano	Atokano						
	Superior	Inferior	Médio	Superior	Desmoinesiano (parte)		
						<i>Eostaffella advena</i> <i>Eostaffella ampla</i> <i>Eostaffella pinguis</i> <i>Eostaffella</i> spp. <i>Plectostaffella jakhensis</i> <i>Plectostaffella</i> sp. <i>Millerella extensa</i> <i>Millerella marblensis</i> <i>Millerella pressa</i> <i>Millerella</i> spp. "Rectomillerella" sp. <i>Ozawainella</i> "Staffella" sp. <i>Eoschubertella</i> sp. <i>Profusulinella apodacensis</i> <i>Profusulinella</i> cf. <i>decora</i> <i>Profusulinella</i> spp. <i>Fusulinella</i> spp. <i>Fusulina</i> spp. <i>Wedekindellina</i> sp.	Fusulinídeos
						<i>Calcisphaera laevis</i> <i>Calcisphaera</i> spp. <i>Diplosphaerina inaequalis</i> <i>Tuberitina bulbacea</i> <i>Tuberitina plana</i> <i>Earlandia elegans</i> <i>Earlandia moderata</i> <i>Earlandia</i> spp. <i>Syzrania</i> n. sp. of GROVES, 1992 <i>Syzrania confusa</i> <i>Syzrania bella</i> <i>Syzrania</i> spp. <i>Glomospiroides</i> spp. <i>Palaeonubecularia</i> spp. <i>Pseudoammodiscus</i> spp. <i>Pseudoglomospira subquadrata</i> <i>Pseudoglomospira</i> spp. <i>Turrspiroides multivolutus</i> <i>Monotaxinoides transitorius</i> <i>Monotaxinoides</i> spp. <i>Archaediscidae</i> <i>Archaediscidae</i> ? <i>Palaeotextularia</i> spp. <i>Climacammina</i> spp. <i>Deckerella</i> spp. <i>Tetrataxis conica</i> ? <i>Tetrataxis</i> spp. "Bi seriella" parva <i>Globivalvulina bulloides</i> <i>Globivalvulina granulosa</i> <i>Globivalvulina</i> spp. <i>Endothyra</i> spp. <i>Endothyranella</i> spp. <i>Planoendothyra aljutovica</i> <i>Planoendothyra</i> aff. <i>Evoluta</i> <i>Planoendothyra</i> sp. A <i>Planoendothyra</i> spp. <i>Bradyina</i> spp. <i>Pseudobradyina pulchra</i> <i>Hemigordius haritoni</i> <i>Hemigordius</i> sp. <i>Calcivertellidae</i> <i>Spirellina conspecta</i> <i>Cistos sizigiais</i>	Pequenos Foraminíferos

Figura 6. Distribuição estratigráfica dos foraminíferos pensilvanianos da Bacia do Amazonas, com destaque para a Formação Itaituba (em azul). Modificado de Altiner & Savini (1995).

2.2.2. Bacia do Parnaíba

A região do Mocambo, como ficou conhecida em razão do tipo de carbonato encontrado na Fazenda Mocambo, já foi pesquisada anteriormente por Campanha & Rocha-Campos (1979) com a identificação de uma diversidade de espécies de foraminíferos arenosos e uma menor do tipo calcário (Quadro 1).

Em relação a recentes trabalhos, Medeiros et al. (2019) comenta sobre a ocorrência de foraminíferos (havendo inclusive registro microfotográfico do espécime encontrado). Dias (2021) e Nascimento et al. (2022) citam esses fósseis, contudo, nestes três trabalhos, não há identificação taxonômica.

No caso do afloramento MO 16, não há trabalhos anteriores por se tratar de uma frente de lavra nova até então não explorada paleontologicamente.

Quadro 1. Espécies de foraminíferos identificados no trabalho de Campanha & Rocha-Campos (1979).

FORAMINÍFEROS ARENOSOS	FORAMINÍFEROS CALCÁRIOS
<i>Ammobaculites</i> sp.	<i>Calcitornella</i> sp. A
<i>Ammovertella inclusa</i> (Cushman & Waters, 1927)	<i>Calcitornella</i> sp. B
<i>Ammovertella</i> sp.	<i>Climacammina</i> sp.
<i>Ammovertella</i> sp. aff. <i>A. lisae</i> Conkin, & Canis, 1968	<i>Earlandia</i> sp.
<i>Glomospira ardculosa</i> Plummer, 1945	<i>Endothyra</i> sp.
<i>Glomospira</i> sp.	<i>Endothyranella</i> sp.
<i>Haplophragmoides</i> sp.	<i>Globivalvulina bulloides</i> (Brady, 1876)
<i>Hyperammina</i> sp.	<i>Orthovertella?</i> sp.
<i>Hyperammina</i> sp. cf. <i>H. rockfordensis</i> Gutschick & Treckman, 1959	
<i>Hyperammina</i> sp. cf. <i>H. sappintonensis</i> Gutschick, 1962	
<i>Reophax</i> sp.	
<i>Rhabdammina</i> (?) sp.	
<i>Sorosphaera?</i> <i>cooperensis</i> Conkin & Canis, 1968	
<i>Sorosphaera</i> sp.	
<i>Textularia</i> sp.	
<i>Tolypammina</i> sp.	
<i>Tolypammina</i> sp. cf. <i>T. gersterensis</i> Conkin & Conkin, 1964	

3. METODOLOGIA

3.1. Coleta de amostras

Com relação aos locais estudados neste trabalho, foram coletadas pela equipe de pesquisadores do Projeto “BIOCRONORTE - Biocronoestratigrafia das bacias do Amazonas, Parnaíba e Solimões” 125 amostras de folhelhos e carbonatos marinhos da Formação Itaituba e Piauí em duas etapas no ano de 2021: na Bacia do Amazonas entre 9 a 19 de novembro e na Bacia do Parnaíba entre 4 a 14 de outubro.

3.1.1. *Bacia do Amazonas*

Na Bacia do Amazonas as coletas foram feitas na plataforma sul da bacia, sendo 55 amostras em uma pedreira de calcário da Mineradora Itacimpasa (4°18'33.00"S; 56°13'50.90"O), denominada BAS 1 (Figura 7), e 28 em afloramentos ao longo da beira do rio Tapajós, denominados BAS 2 (“Caixa D’água” – 4°17'2.00"S; 56°0'4.90"O), BAS 3 (“Voadeira” – 4°17'26.50"S; 56°2'17.90"O) e BAS 6 (“Nova Voadeira” – 4°17'28.00"S; 56°2'24.40"O) (Figura 8), sendo a seção colunar composta com cerca de 80 m de altura. As localidades amostradas estão distantes a 4 e 40 km do município de Itaituba, estado do Pará, Brasil, respectivamente.



Figura 7. Imagem do afloramento BAS 1 da pedreira de calcário da Mineradora Itacimpassa, Bacia do Amazonas, estado do Pará, Brasil. Acervo Laboratório de Conodontes e Foraminíferos – LACONF.



Figura 8. Imagens dos afloramentos à beira do Rio Tapajós, Bacia do Amazonas, estado do Pará, Brasil. A) Afloramento BAS 2 (“Caixa D’água”); B) Afloramento BAS 3 (“Voadeira”); C) Afloramento BAS 06 (“Nova Voadeira”). Acervo LACONF.

Nas colunas estratigráficas encontram-se os pontos de coleta dos materiais pelíticos e carbonáticos amostrados. Quanto à litologia, observa-se no perfil do afloramento BAS 1 (Figura 9) predomínio da intercalação entre pelito e carbonato e/ou dolomito, com muitos fósseis na metade inferior e estruturas de tempestade em diferentes profundidades. Em razão da diferença de codificação na coluna do BAS 1, na Tabela 1 há a respectiva nomenclatura. Já nos afloramentos BAS 2, BAS 3 e BAS 6 (Figura 10), a intercalação em toda a seção colunar é entre pelito, arenito e carbonato/dolomito, havendo fósseis apenas nos carbonatos da base.

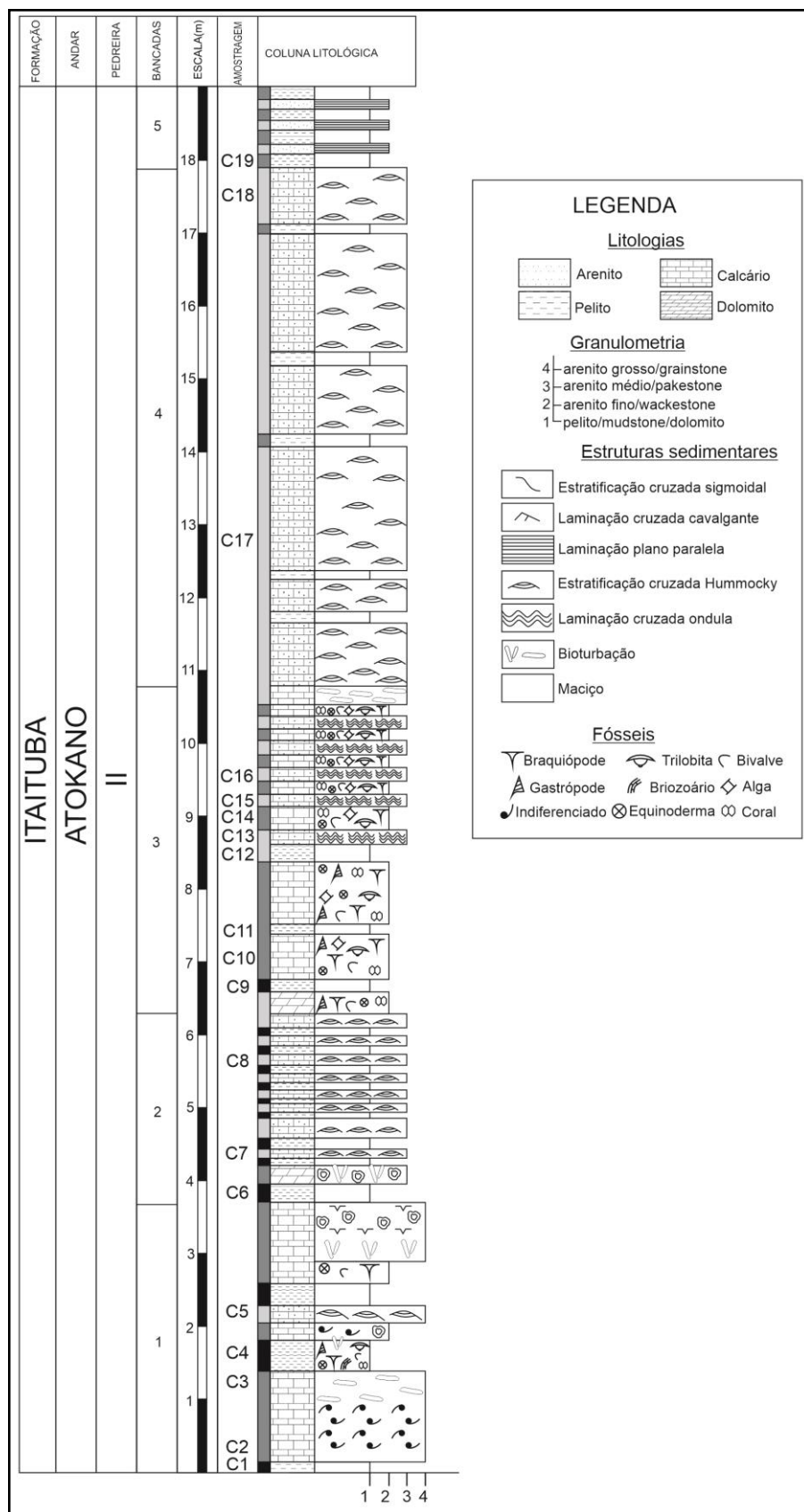


Figura 9. Coluna estratigráfica do afloramento BAS 1 na pedra Itacimpa, próximo ao município de Itaituba, Pará. Relatório Petrobras – Projeto Biocronorte.

Tabela 1. Pontos de coleta para preparação de lâminas para foraminíferos e a respectiva nomenclatura das amostras coletadas no afloramento BAS 1.

PONTO DE COLETA PARA LAMINAÇÃO	NOMENCLATURA
C1	BAS 1 - 7A; BAS 1 - 5A
C2	BAS 1 - 7B; BAS 1 - 5B; BAS 1 - 6B
C3	BAS 1 - 7C; BAS 1 - 5C; BAS 1 - 6C
C4	BAS 1 - 7D; BAS 1 - 5D; BAS 1 - 6D
C5	BAS 1 - 7E; BAS 1 - 5E; BAS 1 - 6E
C6	BAS 1 - 7F; BAS 1 - 5F
C7	BAS 1 - 8A
C8	BAS 1 - 8B
C9	BAS 1 - 9A; BAS 1 - 4A; BAS 1 - 3A; BAS 1 - 2A; BAS 1 - 1A
C10	BAS 1 - 4B; BAS 1 - 3B; BAS 1 - 2B; BAS 1 - 1B
C11	BAS 1 - 9C; BAS 1 - 4C; BAS 1 - 3C; BAS 1 - 2C; BAS 1 - 1C
C12	BAS 1 - 4D
C13	BAS 1 - 9E; BAS 1 - 3E
C14	BAS 1 - 9F; BAS 1 - 3F
C15	BAS 1 - 9G
C16	BAS 1 - 9H
C17	BAS 1 - 10 PLATÔ
C18	BAS 1 - 10 TOPO
C19	BAS 1 - 11

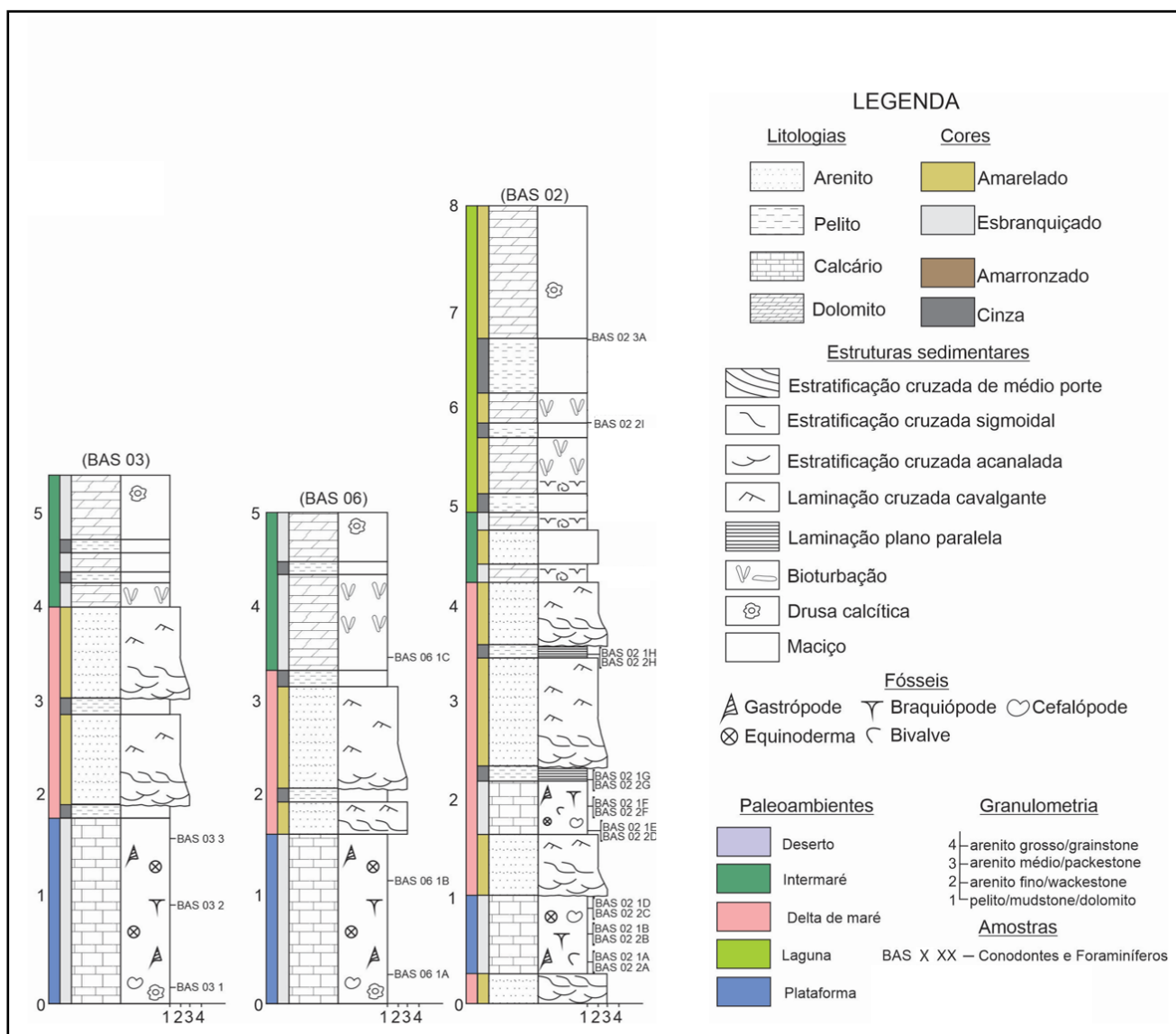


Figura 10. Colunas estratigráficas dos afloramentos à beira do Rio Tapajós (BAS 2, BAS 3 e BAS 6), próximo ao município de Itaituba, Pará. Adaptado do relatório Petrobras – Projeto Biocronorte.

3.1.2. Bacia do Parnaíba

Na Bacia do Parnaíba os dois afloramentos estudados encontram-se na região do Mocambo, sendo MO 01 na Fazenda Mocambo (4°41'0.50"S; 42°38'24.56"O) e MO 16 na Mineradora Icaraí (4°43'15.28"S; 42°41'14.32"O) (Figura 11), no município de José de Freitas, estado do Piauí, Brasil.



Figura 11. Imagens dos afloramentos de carbonato da Formação Piauí, Bacia do Parnaíba, estado do Piauí, Brasil; A) Afloramento MO 01 – Fazenda Mocambo; B) Afloramento MO 16 – Mineradora Icaraí. Acervo LACONF.

Foram coletadas 24 amostras no afloramento MO 01 e 18 amostras no afloramento MO 16. No perfil estratigráfico (Figura 12) encontram-se os pontos de coleta dos materiais, sendo amostrados nos folhelhos, dolomitos e uma amostra no pelito, sendo a litologia de ambas seções colunares bem similares. No afloramento MO 01 tem-se dolomito na base, seguido por pelitos e arenitos (sendo estes com estratificação cruzada sigmoidal e plano paralela). No afloramento MO 16, há intercalações de folhelho e dolomito na porção inferior; na intermediária, uma camada de arenito com estratificação cruzada sigmoidal em meio a maior parcela de pelito e o topo está encoberto.

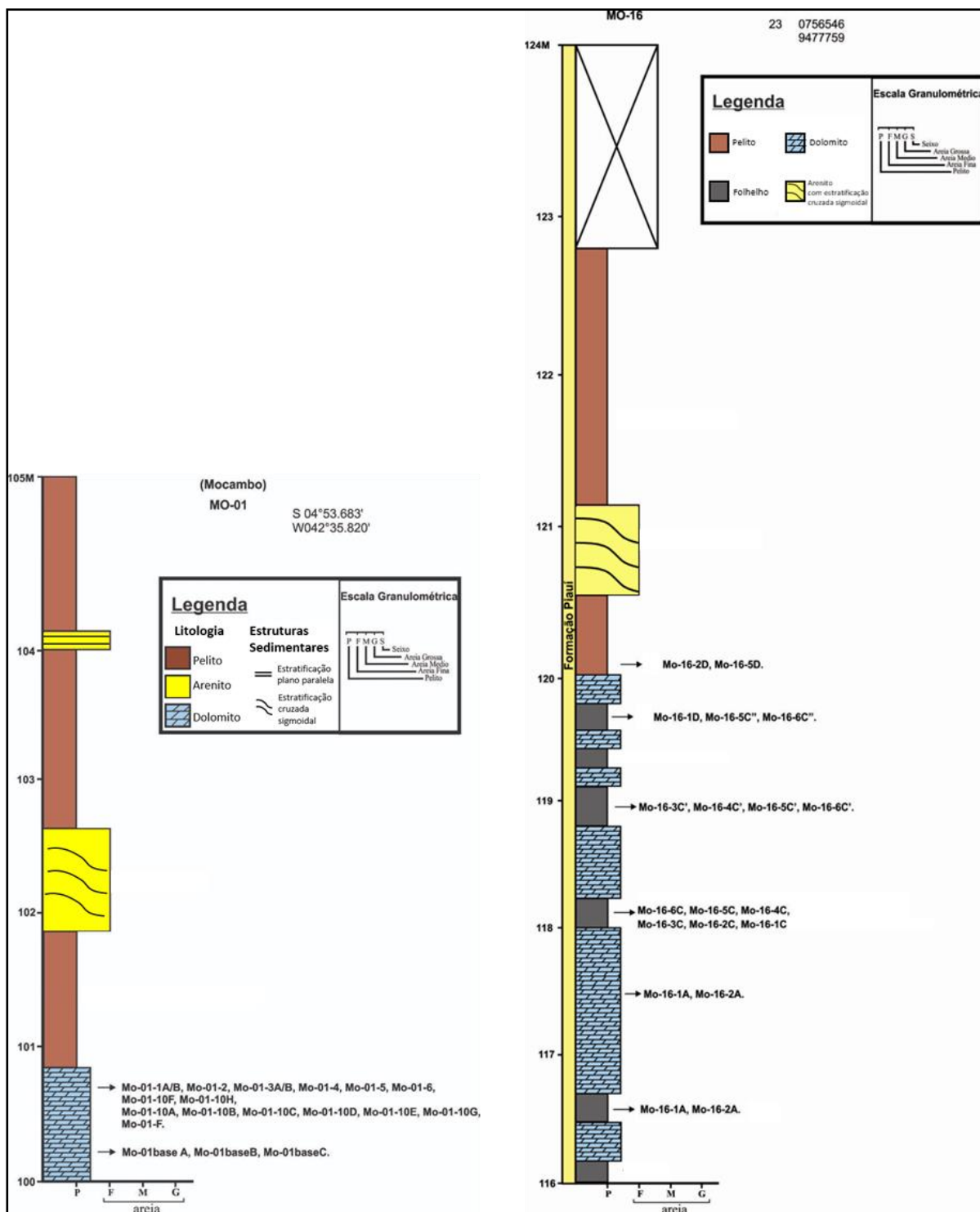


Figura 12. Coluna estratigráfica dos pontos MO 01 e MO 16, respectivamente com altura total de 5m e 8m. Adaptado do relatório Petrobras – Projeto Biocronorte.

3.2 Procedimentos de laboratório

O processamento das amostras, coletadas com tamanho médio de 10 cm (Figura 13A), visando a confecção de lâminas delgadas, requer o uso de uma serra diamantada (Figura 13B) que corta e nivela a amostra a um formato de bloco (Figura 13C) do tamanho da lâmina de vidro na qual a amostra será fixada posteriormente. Para a remoção das ranhuras deixadas pela serra, utiliza-se o abrasivo de carbetto de silício de 320 (36,0 μm) (Figura 13D). A amostra é lavada apenas com água e então vai à estufa a uma temperatura de 40 a 50°C (Figura 13E), onde permanece aproximadamente 24 horas, até sua total secagem. Após esse período, é preparada a cola na proporção 1:5 de endurecedor e resina (Figura 13F), a qual fixará a amostra na lâmina de vidro laboratorial (Figura 13G) – a secagem da cola se dá em estufa, de um dia para outro à mesma temperatura. A lâmina em preparação passa por corte e aplainamento em serra diamantada (Figura 13H) e serra mecanizada, a qual fará o último corte (Figura 13I). Com o auxílio de uma polarizadora (Figura 13J) e de uma placa de cerâmica com abrasivo de carbetto de silício de 1000 (15,0 μm) (Figura 13K), trabalha-se o rebaixamento final da lâmina observando se é necessário mais polimento a fim de se obter a espessura que permita a visualização dos foraminíferos. Como resultado, tem-se a lâmina delgada pronta com cerca de 30 μm (Figura 13L).



Figura 13. Etapas de preparação de lâmina delgada. A) Amostra a ser confeccionada; B) Primeira serra diamantada; C) Amostra após o corte, ainda com as ranhuras; D) Abrasivo de 320; E) Estufa; F) Resina à direita e endurecedor à esquerda; G) Amostra colada na lâmina de vidro laboratorial; H) Segunda serra diamantada; I) Serra mecanizada; J) Polarizadora; K) Abrasivo de 1000; L) Lâmina delgada pronta.

3.3 Identificação dos foraminíferos

Para a observação das estruturas morfológicas dos foraminíferos, utilizou-se o microscópio petrográfico de modelo Zeiss Axio Imager M2m (Figura 14A) do LACONF, Sala 203 – Prédio 43127, e o microscópio petrográfico de modelo Zeiss Axio Imager A2 (Figura 14B) do prédio da Pós-Graduação em Estratigrafia, Prédio 43137. Ambos do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, do Instituto de Geociências da UFRGS.



Figura 14. Observação no microscópio petrográfico Zeiss Axio Imager. A) No LACONF com o modelo M2m; B) No Prédio da Pós-Graduação em Estratigrafia com o modelo A2.

É de extrema importância que a preparação do material de observação seja bem feito, ou seja, com espessura apropriada e sem buracos ou bolhas, a fim de não interferir no reconhecimento das feições morfológicas dos foraminíferos. Ao se aplainar o material, o tipo de posicionamento que os organismos estão é mais um fator que afeta a identificação taxonômica. A carapaça estar em corte axial, equatorial, oblíquo ou tangencial apresenta características distintas para uma mesma espécie ou gênero, de modo que a definição taxonômica pode ser prejudicada. Uma terceira complicação na observação é a distribuição randômica dos foraminíferos no material, podendo dificultar ainda mais a distinção por espécie, caso ocorram predominantemente cortes oblíquos ou tangenciais.

Apesar das dificuldades técnicas envolvendo a metodologia de corte, essa foi a melhor maneira de se reconhecer as espécies de fusulinídeos neste trabalho por se diferenciarem pelas feições internas, as quais na metodologia de catação não são possíveis observar (Figura 15).

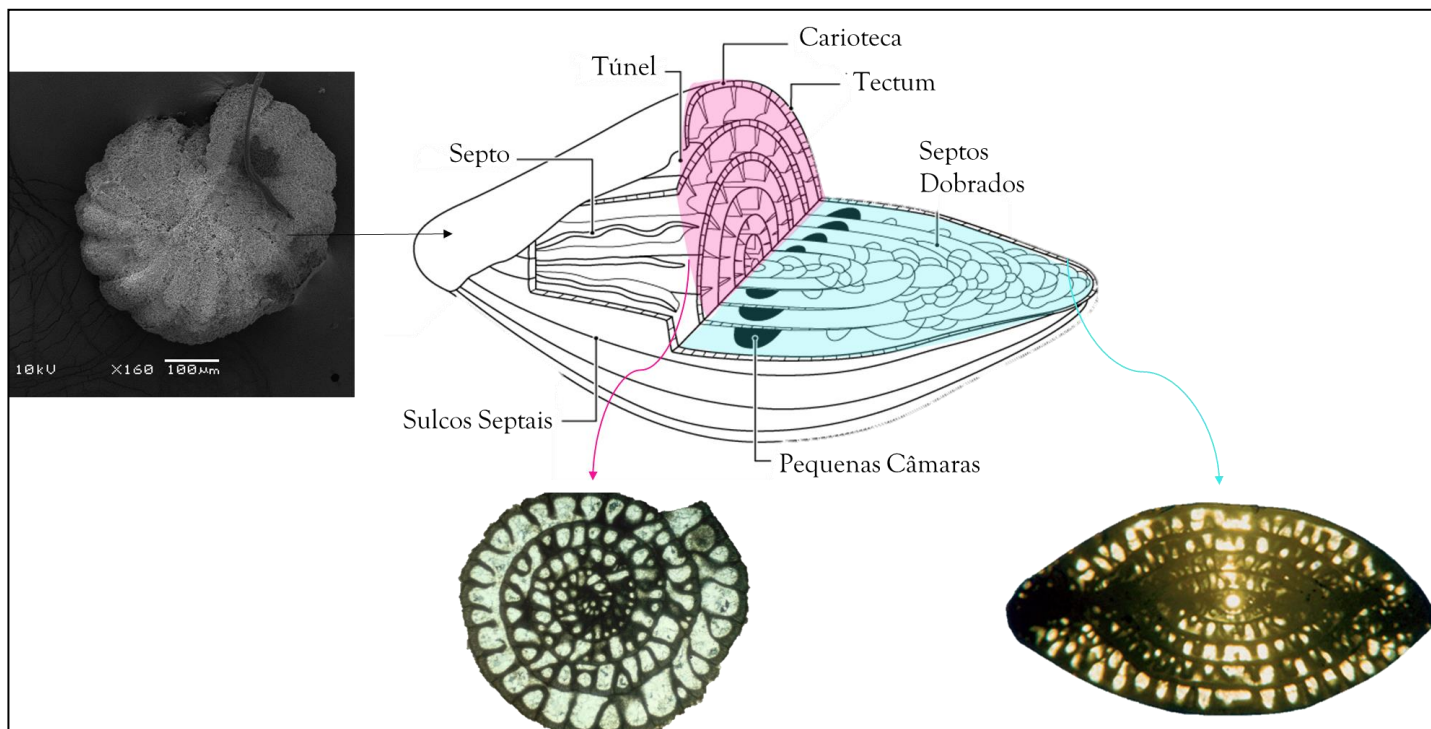


Figura 15. Exemplo de visualização em corte equatorial e axial de uma mesma espécie de fusulinídeo, com a observação das diferentes feições internas. Modificado de Mathieu et al. (2011).

4. RESULTADOS

Da Bacia do Amazonas foram confeccionadas 63 lâminas petrográficas, sendo 41 do afloramento BAS 1, 16 do BAS 2, 3 do BAS 3 e 3 do BAS 6. No caso da Bacia do Parnaíba foram confeccionadas 34 lâminas petrográficas, sendo 18 do afloramento MO 01 e 16 do afloramento MO 16.

4.1 Bacia do Amazonas

No afloramento BAS 1 da Mineradora Itacimpasa, conforme representado no Quadro 2, a litologia principal são packstones e wackestones com fauna composta por briozoários, braquiópodes, equinodermas, ostracodes, bivalves, espinhos, corais rugosos, trilobitas, elementos fosfáticos, cefalópodes e gastrópodes. Nas lâminas afossilíferas trata-se de rochas recristalizadas/dolomitizadas. Quanto aos foraminíferos, foram identificados fusulinídeos *Millerella pressa*, *Millerella* sp. D, *Millerella extensa*, *Millerella* ? sp. E, *Millerella marblensis*, *Eostaffella ampla*, *Eostaffella* sp., *Eostaffella advena* e *Eostaffella pinguis* e pequenos foraminíferos *Endothyra* sp., *Tetrataxis* sp., *Calcivertellidae*, *Earlandia* sp., *Endothyra* sp., *Planoendothyra aljutovica*, *Palaeotextularia* sp., *Biseriella parva*, *Diplosphaerina inaequalis* e *Palaeonubecularia* sp. Observa-se microfotografias das melhores formas de foraminíferos na Figura 20 e da fauna associada na Figura 17 encontradas nas lâminas delgadas.

Quadro 2. Pontos de coleta no afloramento do ponto BAS 1 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fossilífero. Em amarelo as lâminas em que há foraminíferos e em negrito as espécies. (* demanda não atendida pelo laboratório de laminação)

PONTO DE COLETA	LÂMINA	CONTEÚDO
BAS 1 – 5A	MP-FB 115	Rocha recristalizada afossilífera.
BAS 1 – 5B I	MP-FB 116	Packstone com briozoários, braquiópodes, equinodermas e fusulinídeos <i>Millerella marblensis</i> .
BAS 1 – 5C I	MP-FB 117	Packstone com briozoários, braquiópodes, equinodermas, ostracodes, bivalves, espinhos e

		pequenos foraminíferos <i>Endothyra</i> sp. e <i>Tetrataxis</i> sp. e fusulinídeos <i>Eostaffella</i> sp. e <i>Millerella pressa</i> .
BAS 1 – 5D I	MP-FB 118	Packstone com briozoários, braquiópodes, equinodermas e bivalves.
BAS 1 – 5E I	MP-FB 119	Wackestone com briozoários, braquiópodes, equinodermas, ostracodes e bivalves.
BAS 1 – 5F	MP-FB 120	Rocha recristalizada e afossilífera.
BAS 1 – 6B	MP-FB 121	Wackestone com briozoários, braquiópodes, equinodermas, coral rugoso e fusulinídeos <i>Millerella marblensis</i> .
BAS 1 – 6C	MP-FB 122	Wackestone com braquiópodes, equinodermas e ostracodes.
BAS 1 – 6D I	MP-FB 123	Packstone com briozoários, braquiópodes, equinodermas, bivalves e espinhos.
BAS 1 – 6E	MP-FB 124	Mudstone dolomitizado afossilífera.
BAS 1 – 7A'	MP-FB 125	Packstone com briozoários, braquiópodes, espinhos e pequenos foraminíferos <i>Calcivertellidae</i> ?.
BAS 1 – 7B	MP-FB 126	Packstone com braquiópodes, equinodermas e fusulinídeos <i>Millerella marblensis</i> , <i>Millerella</i> sp. D, <i>Eostaffella pinguis</i> , <i>Eostaffella advena</i> e <i>Eostaffella ampla</i> .
BAS 1 – 7C I	MP-FB 127	Packstone/Wackestone com braquiópodes, equinodermas, ostracodes, trilobitas, espinhos e fusulinídeos <i>Eostaffella</i> sp..
BAS 1 – 7D I	MP-FB 128	Packstone com briozoários, braquiópodes, equinodermas, ostracodes, trilobitas, espinhos e fusulinídeos <i>Millerella marblensis</i> , <i>Millerella pressa</i> e <i>Eostaffella</i> sp..
BAS 1 – 7E	MP-FB 129	Packstone/Wackestone com braquiópodes, equinodermas, ostracodes e pequenos foraminíferos <i>Earlandia</i> sp. ?.
BAS 1 – 7F	MP-FB 130	Lamito microbial recristalizado com relictos de bioclastos (braquiópodes).
BAS 1 – 8A I	MP-FB 131	Mudstone dolomitizado com pequenos foraminíferos <i>Earlandia</i> sp..
BAS 1 – 8B	MP-FB 132	Packstone muito alterado com braquiópodes, equinodermas e pequenos foraminíferos <i>Earlandia</i> sp., <i>Biseriella parva</i> , <i>Endothyra</i> sp. e <i>Planoendothyra aljutovica</i> .
BAS 1 – 1A	MP-FB 133	Rocha recristalizada, afossilífera e com substituição por anidrita.
BAS 1 – 1B	MP-FB 134	Lamito microbial recristalizado com pequenos foraminíferos <i>Earlandia</i> spp. ?.
BAS 1 – 1C	MP-FB 135	Packstone com briozoários, braquiópodes, ostracodes, coral rugoso, espinhos e pequenos foraminíferos <i>Endothyra</i> sp..
BAS 1 – 2A	MP-FB 136	Rocha recristalizada com braquiópodes e equinodermas.
BAS 1 – 2B	MP-FB 137	Packstone com braquiópodes, equinodermas, ostracodes e bivalves.
BAS 1 – 2C	MP-FB 138	Packstone com braquiópodes, equinodermas, ostracodes, bivalves, espinhos.
BAS 1 – 3A	MP-FB 139	Rocha dolomitizada afossilífera.
BAS 1 – 3B	MP-FB 140	Rocha recristalizada com foraminíferos em condições de não identificação taxonômica.
BAS 1 – 3C	MP-FB 141	Packstone/Wackestone com briozoários,

		braquiópodes, equinodermas e espinhos.
BAS 1 – 3E	MP-FB 142	Rocha recristalizada afossilífera.
BAS 1 – 3F	MP-FB 143	Packstone com briozoários, braquiópodes, equinodermas, ostracodes, bivalves, trilobitas, elementos fosfáticos (alta probabilidade de ser conodonte), fusulinídeos <i>Millerella marblensis</i> e pequenos foraminíferos <i>Endothyra spp.</i> , <i>Earlandia spp.</i> e <i>Palaeonubecularia sp.</i> .
BAS 1 – 4A	MP-FB 144	Rocha recristalizada com relictos de bioclastos não identificáveis.
BAS 1 – 4B	MP-FB 145	Rocha recristalizada com ostracodes e pedaços de bivalves.
BAS 1 – 4C	MP-FB 146	Packstone com braquiópodes, equinodermas, ostracodes, trilobitas, bivalves e pequenos foraminíferos <i>Biseriella parva</i> e <i>Palaeonubecularia sp.</i> .
BAS 1 – 4D	MP-FB 147	Wackestone com braquiópodes, equinodermas, ostracodes, bivalves e pequenos foraminíferos <i>Biseriella parva</i> .
BAS 1 – 9A	MP-FB 148	Rocha recristalizada com relictos de braquiópodes.
BAS 1 – 9C	MP-FB 149	Packstone recristalizado com braquiópodes, espinhos, elementos fosfáticos e pequenos foraminíferos <i>Biseriella parva</i> .
BAS 1 – 9E	MP-FB 150	SEM LÂMINA*
BAS 1 – 9F	MP-FB 151	Packstone dolomitizado com braquiópodes, equinodermas, fusulinídeos <i>Millerella extensa</i> e <i>Millerella ? sp. E</i> e pequenos foraminíferos <i>Palaeotextularia sp.</i> .
BAS 1 – 9G	MP-FB 152	Packstone retrabalhado (alinhamento dos bioclastos) com braquiópodes, equinodermas, ostracodes, bivalves, fusulinídeos não identificáveis e pequenos foraminíferos <i>Biseriella parva</i> .
BAS 1 – 9H	MP-FB 153	Wackestone dolomitizado com braquiópodes, equinodermas, ostracodes e pequenos foraminíferos <i>Biseriella parva</i> e <i>Diplosphaerina inaequalis</i> .
BAS 1 – 10 TOPO	MP-FB 154	Mudstone dolomitizado com fantasmas de braquiópodes.
BAS 1 – 10 PLATÔ	MP-FB 155	Packstone com briozoários, braquiópodes, equinodermas, ostracodes, trilobitas, cefalópodes, gastrópodes e pequenos foraminíferos <i>Planoendothyra sp.</i> .
BAS 1 – 11	MP-FB 156	Rocha recristalizada, afossilífera e com substituição por anidrita.

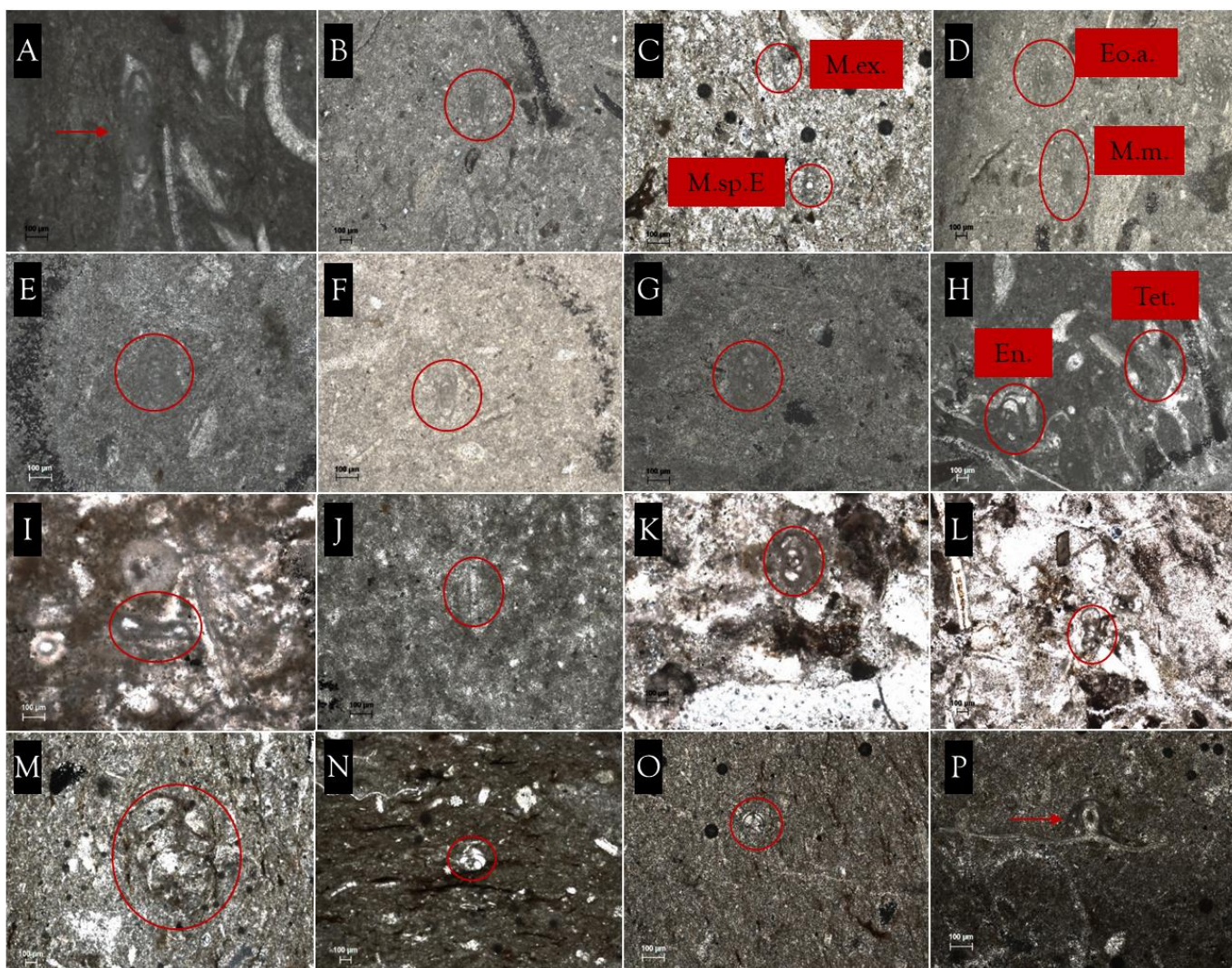


Figura 16. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 µm de lâminas do afloramento BAS 1. A) Foraminífero *Millerella pressa* da lâmina MP-FB-117. B) Foraminífero *Millerella* sp. D da lâmina MP-FB-126. C) Foraminíferos *Millerella extensa* (M.ex.) e *Millerella* ? sp. E (M.sp.E) da lâmina MP-FB-151. D) Foraminíferos *Millerella marblensis* (M.m.) e *Eostaffella ampla* (Eo.a.) da lâmina MP-FB-126. E) Foraminífero *Eostaffella* sp. da lâmina MP-FB-117. F) Foraminífero *Eostaffella advena* da lâmina MP-FB-126. G) Foraminífero *Eostaffella pinguis* da lâmina MP-FB-126. H) Foraminíferos *Endothyra* sp. (En.) e *Tetrataxis* sp. (Tet.) da lâmina MP-FB-117. I) Foraminífero *Calcivertellidae* ? da lâmina MP-FB-125. J) Foraminífero *Earlandia* sp. da lâmina MP-FB-131. K) Foraminífero *Endothyra* sp. da lâmina MP-FB-132. L) Foraminífero *Planoendothyra aljutovica* da lâmina MP-FB-132. M) Foraminífero *Palaeotextularia* sp. da lâmina MP-FB-151. N) Foraminífero *Biseriella parva* da lâmina MP-FB-152. O) Foraminífero *Diplosphaerina inaequalis* da lâmina MP-FB-153. P) Foraminífero *Palaeonubecularia* sp. incrustrando fragmento de valva de braquiópode da lâmina MP-FB-155.



Figura 17. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 µm de lâminas do afloramento BAS 1. A-B) Briozóário, respectivamente das lâminas MP-FB-116 e MP-FB-121. C-D) Braquiópode, respectivamente das lâminas MP-FB-116 e MP-FB-117. E) Coral rugoso da lâmina MP-FB-121. F) Elementos fosfáticos da lâmina MP-FB-143. G) Fragmento de trilobita da lâmina MP-FB-143. H) Ostracode da lâmina MP-FB-143. I) Valvas de bivalve (Biv.), espinhos de braquiópode (E.Braq.) e elementos fosfáticos (El.Fosf.) da lâmina MP-FB-143. J) Placas de crinóide da lâmina MP-FB-153. K) Espinho de trilobita da lâmina MP-FB-153. L) Cefalópode da lâmina MP-FB-155.

Quanto aos afloramentos do Rio Tapajós, o BAS 2 apresenta materiais estéreis, não havendo então conteúdo fossilífero e nem fantasmas de eventuais bioclastos, conforme mostrado no Quadro 3. Quanto à litologia, tem-se arenitos, arenitos com matriz dolomitizada, siltitos e dolomitos (Figura 18).

Quadro 3. Pontos de coleta no afloramento do ponto BAS 2 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fossilífero.

PONTO DE COLETA	LÂMINA	CONTEÚDO
BAS 2 – 1A	MP-FB 157	Arenito com grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 1B	MP-FB 158	Arenito com grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 1C	MP-FB 159	Arenito com grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 1D	MP-FB 160	Siltito afossilífero.
BAS 2 – 1E	MP-FB 161	Arenito com silte afossilífero.

BAS 2 – 1F	MP-FB 162	Arenito com grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 1G	MP-FB 163	Arenito com matriz dolomitizada, grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 1H	MP-FB 164	Arenito com matriz dolomitizada, grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 2A	MP-FB 165	Arenito com grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 2B	MP-FB 166	Arenito com grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 2C	MP-FB 167	Arenito com grãos de quartzo subangulares, bimodal sem estratificação e afossilífero.
BAS 2 – 2D	MP-FB 168	Arenito com grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 2F	MP-FB 169	Arenito com grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 2G	MP-FB 170	Arenito com matriz dolomitizada, grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 2H	MP-FB 171	Arenito com matriz dolomitizada, grãos de quartzo subangulares, uma classe de tamanho granulométrico e afossilífero.
BAS 2 – 2I	MP-FB 172	Mudstone dolomitizado com esparsos grãos de quartzo subangulares, preenchimento por calcita espática pontualmente e afossilífero.

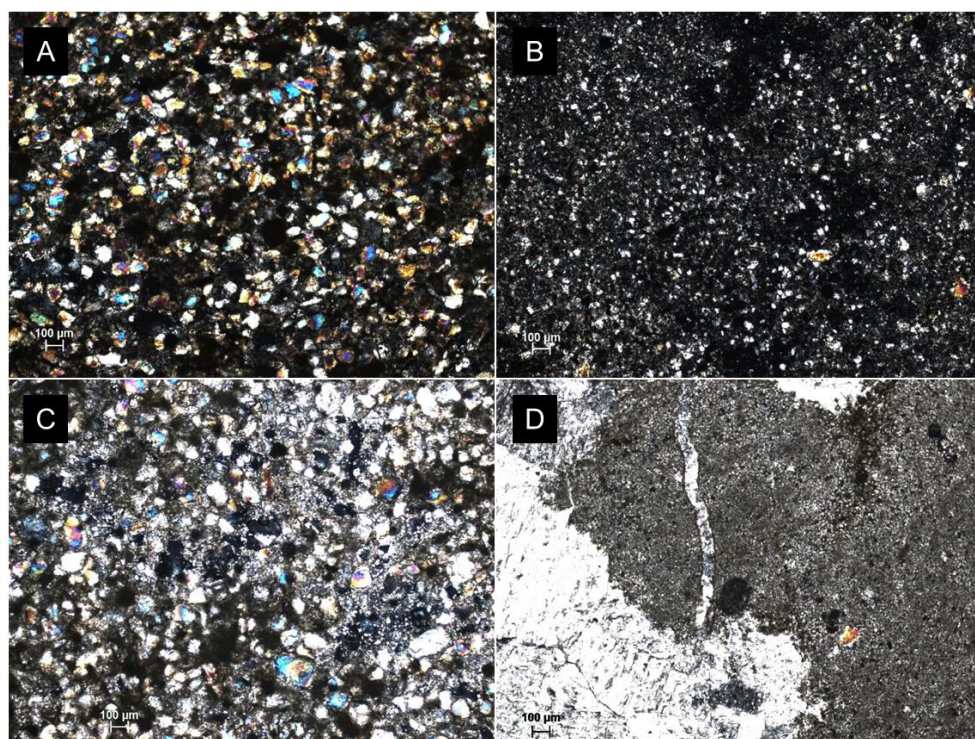


Figura 18. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 μm de lâminas do afloramento BAS 2. A) Arenito da lâmina MP-FB-158. B) Siltito da lâmina MP-FB-160. C) Arenito com matriz dolomitizada da lâmina MP-FB-171. D) Dolomito da lâmina MP-FB-172.

Já nos afloramentos BAS 3 e BAS 6, que são extremamente próximos, a litologia e conteúdo fossilífero são muito similares (Quadro 4 e Quadro 5). A litologia principal são packstones bioclásticos com fauna composta por briozoários, braquiópodes, equinodermas, trilobitas, gastrópodes e algas verdes. No BAS 6 há lâminas em que a rocha está recristalizada, sendo afossilífera ou com relictos bioclásticos. Foram identificados pequenos foraminíferos *Biseriella parva*, *Palaeonubecularia* sp., *Calcivertellidae*, *Monotaxinoides transitorius* e *Pseudoammodiscus* sp. B, sendo as melhores formas destes e da fauna associada observadas através de microfotografias das lâminas delgadas na Figura 19.

Quadro 4. Pontos de coleta no afloramento do ponto BAS 3 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fossilífero. Em negrito as espécies de foraminíferos.

PONTO DE COLETA	LÂMINA	CONTEÚDO
BAS 3 – 1	MP-FB 173	Packstone bioclástico com pelóides, braquiópodes, equinodermas, algas verdes e pequenos foraminíferos <i>Biseriella parva</i> , <i>Palaeonubecularia</i> sp. , <i>Calcivertellidae</i> e <i>Monotaxinoides transitorius</i> .
BAS 3 – 2	MP-FB 174	Packstone bioclástico com pelóides, briozoários, braquiópodes, equinodermas, algas verdes, gastrópodes, fragmentos de trilobita e pequenos foraminíferos <i>Biseriella parva</i> , <i>Palaeonubecularia</i> sp. , <i>Calcivertellidae</i> e <i>Monotaxinoides transitorius</i> .
BAS 3 – 3	MP-FB 175	Packstone bioclástico com pelóides, braquiópodes, equinodermas, algas verdes, fragmentos de trilobita e pequenos foraminíferos <i>Biseriella parva</i> , <i>Palaeonubecularia</i> sp. , <i>Calcivertellidae</i> , <i>Monotaxinoides transitorius</i> e <i>Pseudoammodiscus</i> sp. B.

Quadro 5. Pontos de coleta no afloramento do ponto BAS 6 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fossilífero. Em amarelo as lâminas em que há foraminíferos e em negrito as espécies.

PONTO DE COLETA	LÂMINA	CONTEÚDO
BAS 6 – 1A	MP-FB 176	Rocha recristalizada com esparsos grãos de quartzo subarredondados e afossilífera.
BAS 6 – 1B	MP-FB 177	Rocha recristalizada com esparsos grãos de quartzo subarredondados e relictos de bioclastos (principalmente equinodermas e alguns braquiópodes).
BAS 6 – 1C	MP-FB 178	Packstone bioclástico com pelóides, briozoários,

		braquiópodes, equinodermas, algas verdes, gastrópodes e pequenos foraminíferos <i>Biseriella parva</i> , <i>Palaeonubecularia</i> sp. e <i>Calcivertellidae</i> .
--	--	---

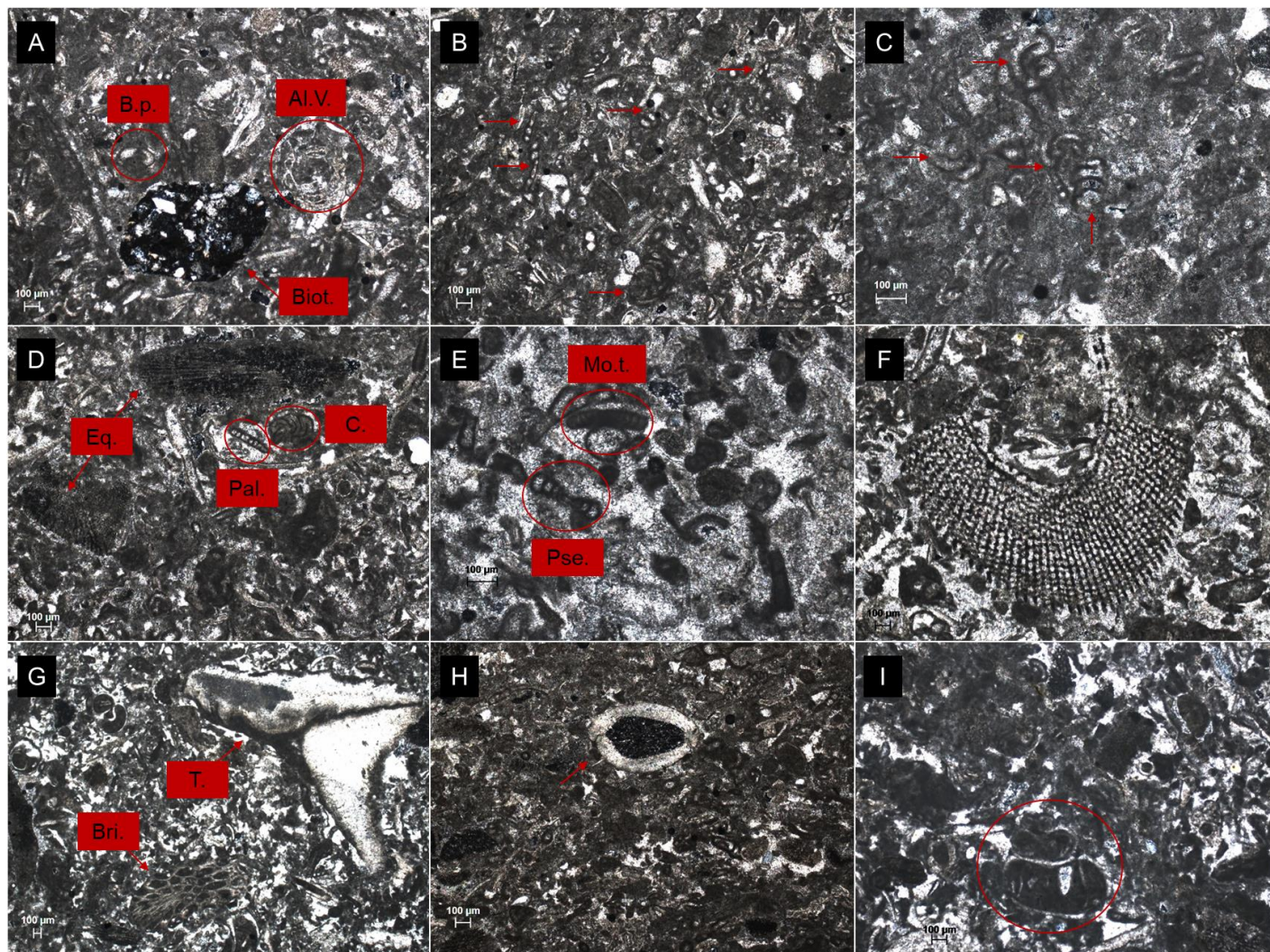


Figura 19. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 µm de lâminas dos afloramentos BAS 3 e BAS 6. A) Foraminífero *Biseriella parva* (B.p.), alga verde (Al.V.) e bioturbação (Biot.) da lâmina MP-FB-173. B) Foraminífero *Palaeonubecularia* sp. da lâmina MP-FB-173. C) Foraminífero *Calcivertellidae* da lâmina MP-FB-173. D) Equinoderma (Eq.) e foraminíferos *Palaeonubecularia* sp. (Pal.) e *Calcivertellidae* (C) da lâmina MP-FB-174. E) Foraminíferos *Monotaxinoides transitorius* (Mo.t.) e *Pseudoammodiscus* sp. B (Pse.) da lâmina MP-FB-175. F) Equinoderma da lâmina MP-FB-174. G) Briozoário (Bri.) e fragmento de trilobita (T.) da lâmina MP-FB-174. H) Braquiópode da lâmina MP-FB-175. I) Gastrópode da lâmina MP-FB-178.

4.2 Bacia do Parnaíba

No afloramento MO 01, conforme representado no Quadro 6, a litologia principal é uma rocha mista de material siliciclástico com matriz carbonática e muito dolomitizado, o que prejudica a visualização de possíveis bioclastos. Os quartzos são predominantemente subangulosos e há grande quantidade de material orgânico não identificável que pode, ou não, ser bioclástico. No caso em que há identificação, tem-se fantasmas de bioclastos como braquiópodes, gastrópodes, diversas valvas (podendo ser de bivalves ou ostracodes) e equinodermas. Foram identificados também pequenos foraminíferos classificados como *Paleonubecularia* sp., *Biseriella parva*, *Earlandia* spp. (?), *Calivertellidae* e *Bradyina* sp. apresentando diferentes estados de preservação, influenciados pela diagênese sofrida pelas rochas que os contêm. Os diferentes estados preservacionais podem, eventualmente, prejudicar a classificação taxonômica dos espécimes observados. Na Figura 20 encontram-se microfotografias das melhores formas encontradas nas lâminas delgadas.

Quadro 6. Pontos de coleta no afloramento do ponto MO 01 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fóssilífero. Em amarelo as lâminas em que há pequenos foraminíferos e em negrito os gêneros. (* demanda não atendida pelo laboratório de laminação)

PONTO DE COLETA	LÂMINA	CONTEÚDO
MO 01. 1 A	MP-FB 18	Rocha mista dolomitizada com quartzo subangular, fantasmas de bioclastos e ausência de foraminíferos.
MO 01. 1 B	MP-FB 34	Dolomicrito com esparsos grãos de quartzo subarredondados e afossilífero.
MO 01. 02	MP-FB 19	Rocha mista dolomitizada, com quartzo subangular e pelóides, fantasmas de braquiópodes e pequenos foraminíferos do gênero <i>Paleonubecularia</i> sp.
MO 01. 3 A	MP-FB 35	Dolomicrito com esparsos grãos de quartzo subangulares e afossilífero.
MO 01. 3 B	MP-FB 20	Rocha mista dolomitizada, com quartzo subangular, fantasmas de bioclastos e pequenos foraminíferos do gênero <i>Paleonubecularia</i> sp.
MO 01. 04	MP-FB 21	Rocha mista dolomitizada, com quartzo subangular, fantasmas de bioclastos e pequenos foraminíferos do gênero <i>Paleonubecularia</i> sp. e <i>Biseriella parva</i> .
MO 01. 05	MP-FB 22	Rocha mista dolomitizada, com quartzo subangular, fantasmas de bioclastos e pequenos foraminíferos dos gêneros <i>Paleonubecularia</i> sp. , <i>Earlandia</i> sp. ? e <i>Calivertellidae</i> .
MO 01. 06	MP-FB 23	Rocha mista dolomitizada, com quartzo subangular e afossilífero.
MO 01. 07	MP-FB 24	Rocha mista dolomitizada, com quartzo subangular, fantasmas de bioclastos e pequenos foraminíferos do gênero <i>Biseriella parva</i> .
MO 01. 10 A	MP-FB 36	Mudstone dolomitizado com esparsos grãos de quartzo subarredondados e afossilífero.

MO 01. 10 B	MP-FB 25	Rocha mista dolomitizada com quartzo subangular, fantasmas de bioclastos e ausência de foraminíferos.
MO 01. 10 C	MP-FB 26	Rocha mista dolomitizada, com quartzo subangular e afossilífero.
MO 01. 10 D	MP-FB 27	Rocha mista dolomitizada com quartzo subangular, fantasmas de bioclastos e ausência de foraminíferos.
MO 01. 10 E	MP-FB 28	Rocha mista dolomitizada com quartzo subangular, fantasmas de bioclastos (valvas e equinoderma) e ausência de foraminíferos.
MO 01. 10 F	MP-FB 29	SEM LÂMINA*
MO 01. 10 G	MP-FB 30	Rocha mista dolomitizada, com quartzo subangular, fantasmas de bioclastos e pequenos foraminíferos do gênero <i>Palaeonubecularia sp.</i>
MO 01. 10 H	MP-FB 39	SEM LÂMINA*
MO 01. BASE A	MP-FB 115	SEM LÂMINA*
MO 01. BASE B	MP-FB 40	Dolomicrito com esparsos grãos de quartzo subangulares e afossilífero.
MO 01. BASE C	MP-FB 31	Rocha mista dolomitizada, com quartzo subangular, fantasmas de bioclastos e pequenos foraminíferos dos gêneros <i>Bradyina sp.</i> e <i>Calcivertellidae</i> .
MO 01. BASE D	MP-FB 32	Rocha mista dolomitizada, com quartzo subangular e afossilífero.
MO 01. CARBONATO	MP-FB 33	SEM LÂMINA*

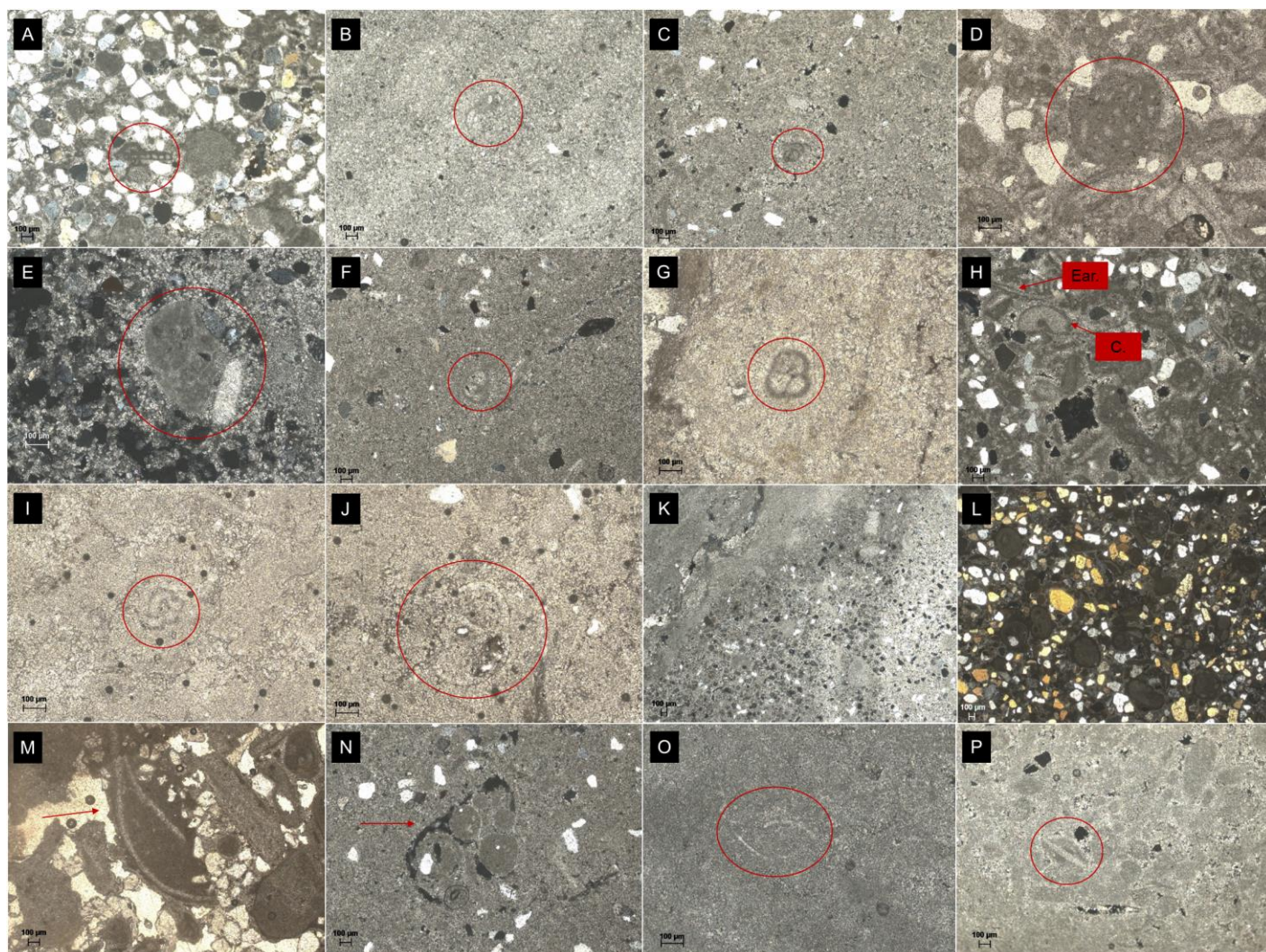


Figura 20. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 µm de lâminas do afloramento MO 01. A-E) Foraminífero *Paleonubecularia* sp., respectivamente das lâminas MP-FB-19, MP-FB-20, MP-FB-21, MP-FB-22 e MP-FB-30. F-G) Foraminífero *Biseriella parva*, respectivamente das lâminas MP-FB-21 e MP-FB-24. H) Foraminíferos *Earlandia* sp. (?) (Ear.) e *Calcivertellidae* (C.) da lâmina MP-FB-22. I) Foraminífero *Calcivertellidae* da lâmina MP-FB-31. J) Foraminífero *Bradyina* sp. da lâmina MP-FB-31. K) Transição entre material carbonático e siliciclástico da lâmina MP-FB-18. L) Rocha mista com pelóides da lâmina MP-FB-19. M) Braquiópode da lâmina MP-FB-19. N) Gastrópode da lâmina MP-FB-21. O) Valva (bivalve ou ostracode) da lâmina MP-FB-28. P) Equinoderma da lâmina MP-FB-28.

No afloramento MO 16, conforme representado no Quadro 7, há três litologias diferentes: dolomito como principal, rocha mista (material siliciclástico com matriz carbonática) e silitito (Figura 21). Em razão da intensa dolomitização, trata-se de materiais estéreis, não havendo então conteúdo fóssilífero e nem fantasmas de eventuais bioclastos.

Quadro 7. Pontos de coleta no afloramento do ponto MO 16 das amostras, nomenclatura das respectivas lâminas e conteúdo litológico e fossilífero.

PONTO DE COLETA	LÂMINA	CONTEÚDO
MO 16. 1A	MP-FB 01	Siltito - Afossilífero
MO 16. 1B	MP-FB 02	Dolomito - Afossilífero
MO 16. 1C	MP-FB 03	Dolomito - Afossilífero
MO 16. 1D	MP-FB 04	Rocha mista - Afossilífero
MO 16. 2A	MP-FB 05	Siltito - Afossilífero
MO 16. 2B	MP-FB 06	Dolomito - Afossilífero
MO 16. 2C	MP-FB 07	Dolomito - Afossilífero
MO 16. 2D	MP-FB 08	Rocha mista - Afossilífero
MO 16. 3C	MP-FB 09	Siltito - Afossilífero
MO 16. 3C'	MP-FB 10	Siltito - Afossilífero
MO 16. 4C	MP-FB 11	Dolomito - Afossilífero
MO 16. 4C'	MP-FB 12	Dolomito - Afossilífero
MO 16. 5C	MP-FB 13	Dolomito - Afossilífero
MO 16. 5C'	MP-FB 14	Siltito - Afossilífero
MO 16. 5C''	SEM LÂMINA PARA FORAMINÍFEROS	
MO 16. 5D	MP-FB 15	Rocha mista - Afossilífero
MO 16. 6C'	MP-FB 16	Dolomito - Afossilífero
MO 16. 6C''	MP-FB 17	Dolomito - Afossilífero

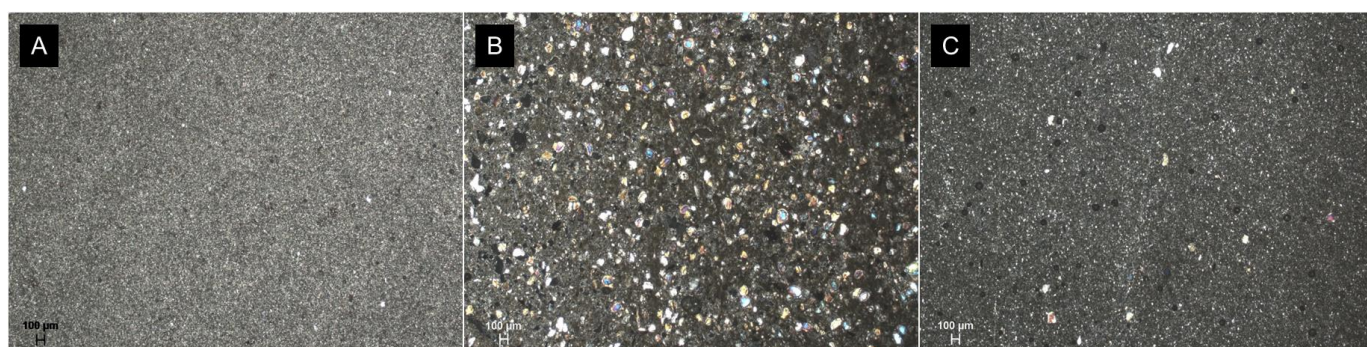


Figura 21. Fotomicrografias feitas no microscópio petrográfico Zeiss por meio do Software Axio Vision Rel. 4.8 sob luz polarizada e escala 100 µm de lâminas do afloramento MO 16. A) Dolomito da lâmina MP-FB-02. B) Rocha mista da lâmina MP-FB-04. C) Siltito da lâmina MP-FB-10.

5. DISCUSSÕES

As espécies e gêneros de foraminíferos bentônicos identificados correspondem às formas previamente discutidas e utilizadas na composição do zoneamento bioestratigráfico proposto por Altiner & Savini (1991, 1995) para as bacias do norte brasileiro. Em sua maioria, são formas que possuem distribuição estratigráfica correlata aos andares Bashkiriano e Moscoviano (Morrowano e Atokano, na coluna norte-americana). Dentre elas, algumas se destacam por sua maior contribuição cronoestratigráfica e por este motivo serão comentadas a seguir.

Na Bacia do Amazonas, no afloramento BAS 1 observa-se uma diversa fauna de foraminíferos bentônicos, incluindo gêneros e espécies de pequenos foraminíferos (*Tetrataxis*, *Palaeonubecularia*, *Diplosphaerina*, *Earlandia*, *Biseriella*, *Endothyra*, *Planoendothyra*, *Calcivertellidae*) associados a fusulinídeos (principalmente *Eostaffella* e *Millerella*). Os pequenos foraminíferos são os mais comuns e sua distribuição estratigráfica na Bacia do Amazonas é abrangente, incluindo todos os andares norte-americanos conhecidos para o Pensilvaniano da referida bacia (Morrowano, Atokano e Desmoinesiano) (Altiner & Savini, 1991, 1995). Os fusulinídeos também apresentam uma ampla distribuição estratigráfica, porém mais restrita quando comparados aos pequenos foraminíferos, abrangendo os andares referentes ao Morrowano superior ao Atokano médio. Em termos de correlação com as zonas propostas por Altiner & Savini (1991, 1995), temos representadas as Zonas FF – I (Zona de *Millerella extensa*, *M. pressa* e *Eostaffella advena*) e PF – I (Zona de *Monotaxinoides*), que correspondem ao Morrowano superior/Atokano médio. Nota-se que a zona PF – I é definida pela ocorrência de táxons acessórios importantes, excluindo aquele que nomeia a própria. Na lâmina MP-FB 132, observa-se a ocorrência da espécie *Planoendothyra aljutovica*, que merece destaque em função de sua distribuição estratigráfica ser restrita ao Morrowano superior/Atokano inferior o que implica, em função de sua última ocorrência ser limitada ao Atokano inferior, que a amostra que a contém não pode ser mais nova do que esta idade (Figura 22).

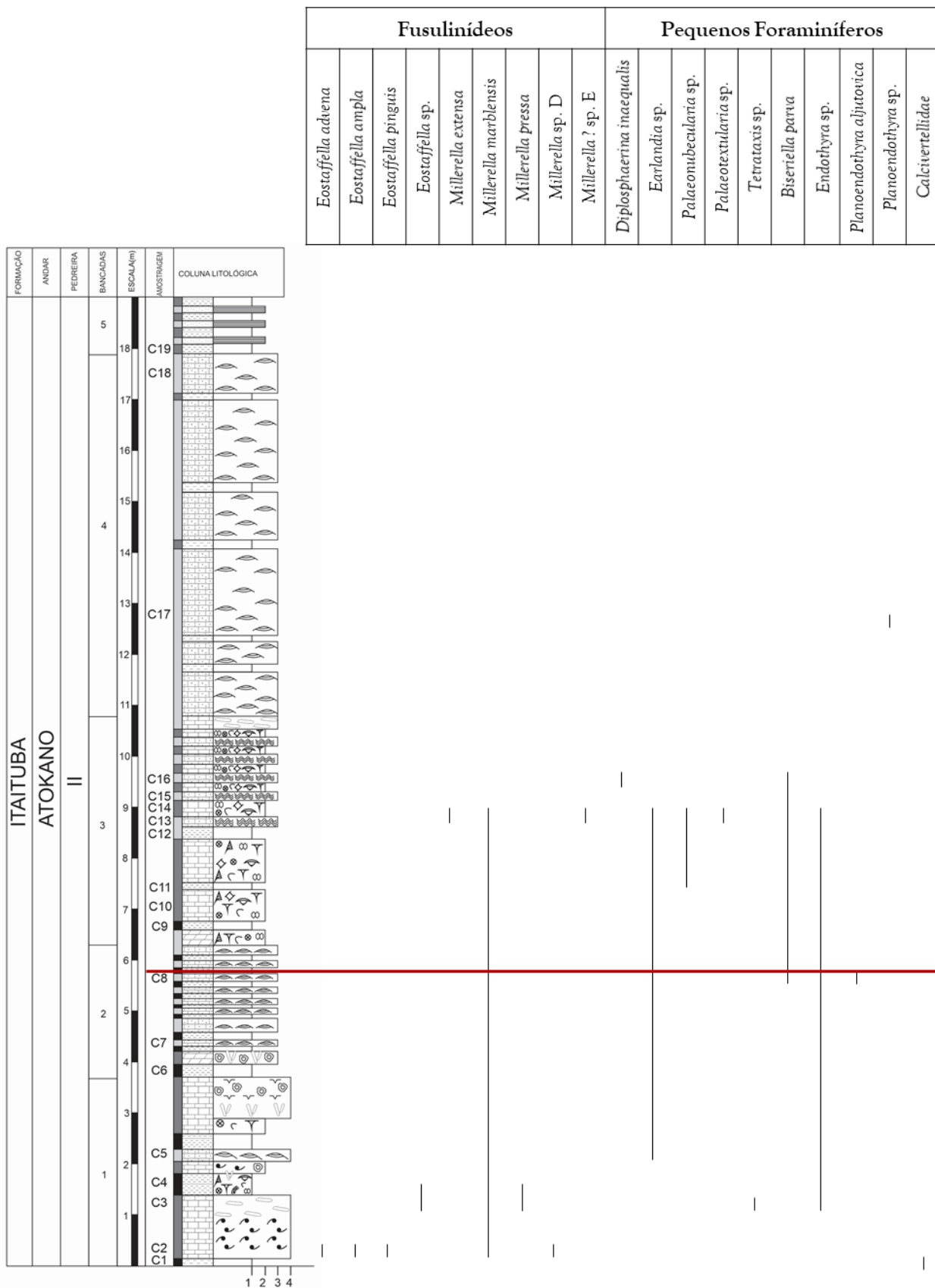


Figura 22. Distribuição estratigráfica das espécies de foraminíferos presentes no afloramento BAS 1, sendo a linha em vermelho indicada pela espécie *Planoendothyra aljutovica* marcando a idade Atokano inferior neste afloramento.

No afloramento BAS 2 ocorrem rochas afossilíferas de litologias predominantemente siliciclásticas. Não existem dados que possam contribuir com a resolução de idade do afloramento e as litologias observadas denotam ambientes deposicionais de origem continental. Neste caso, os processos de diagênese sofridos pelas rochas analisadas podem ter contribuição na redução de ocorrências fossilíferas, uma vez que os processos de dolomitização, substituição e recristalização operam destrutivamente na estrutura original, obliterando muitas feições e dificultando o reconhecimento dos bioclastos presentes originalmente.

Já nos afloramentos BAS 3 e BAS 6, os gêneros *Earlandia*, *Biseriella* e *Palaeonubecularia* são os mais comuns, associados a exemplares da família Calcivertellidae. Sua distribuição estratigráfica na Bacia do Amazonas é abrangente, do Morrowano ao Desmoinesiano (Altiner & Savini, 1991, 1995). Merece destaque as ocorrências de *Monotaxinoides transitorius* e *Pseudoammodiscus* sp. B (amostra BAS 3-3, lâmina MP-FB 175), cujas distribuições são mais restritas. Ambos apresentam ocorrência limitada aos andares Morrowano e Atokano, sendo que o primeiro tem sua última ocorrência confinada ao andar Atokano superior e o segundo ao andar Atokano inferior. Uma vez que a última ocorrência de *Pseudoammodiscus* sp. B está confinada ao Atokano inferior, pode-se inferir que a referida amostra não pode ser mais nova do que este andar (Figura 23). Em termos de correlação com as zonas propostas por Altiner & Savini (1991, 1995), temos parcialmente representada a Zona PF – I (Zona de *Monotaxinoides*), que corresponde ao Morrowano/Atokano médio, onde a ocorrência de *Pseudoammodiscus* sp. B restringe a abrangência cronoestratigráfica ao Atokano inferior.

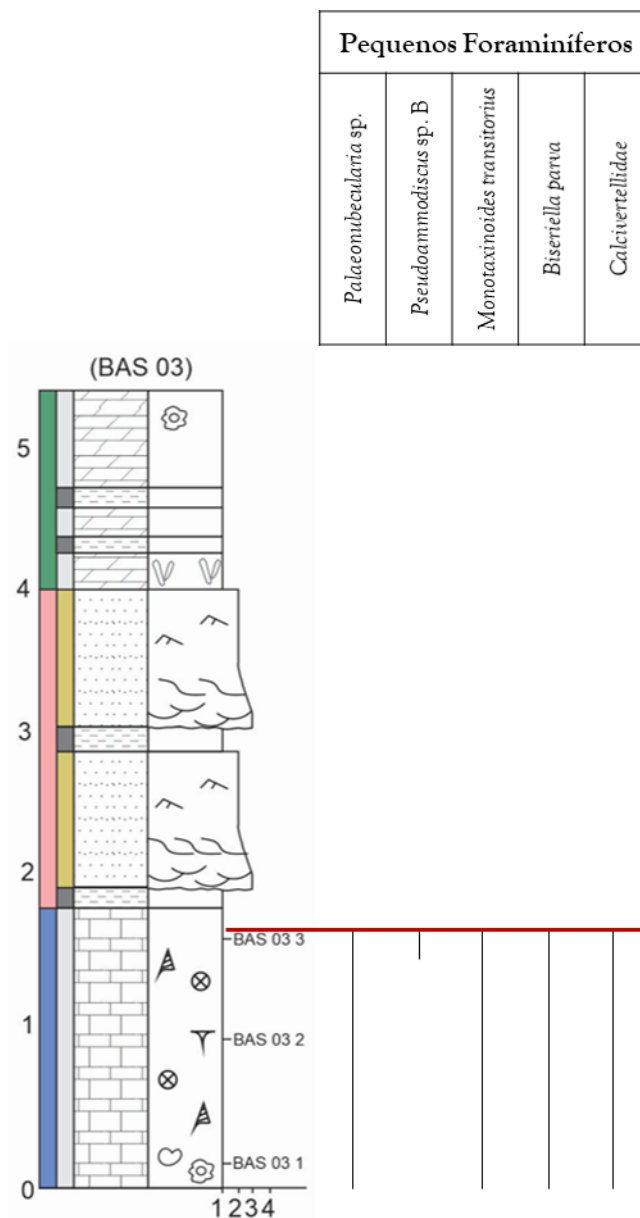


Figura 23. Distribuição estratigráfica das espécies de foraminíferos presentes no afloramento BAS 3, sendo a linha em vermelho indicada pela espécie *Pseudoammodiscus* sp. B marcando a idade Atokano inferior neste afloramento.

Na Bacia do Parnaíba, o afloramento MO 01 apresenta os gêneros *Earlandia*, *Biseriella* e *Palaeonubecularia* como os mais comuns, associados a exemplares da família Calcivertellidae, sendo a distribuição estratigráfica destes muito abrangente na bacia (do Morrowano ao Desmoinesiano). Merece destaque a ocorrência do gênero *Bradyina* (amostra BASE C, lâmina MP-FB 31), cuja distribuição é mais restrita, tendo esse gênero sua ocorrência limitada aos andares Atokano e Desmoinesiano. Uma vez que a primeira ocorrência deste gênero está confinada ao Atokano médio, pode-se inferir que a referida amostra não pode ser mais antiga do

que este andar (Figura 24). Em termos de correlação com as zonas propostas por Altiner & Savini (1991, 1995), temos representada a Zona PF – I (Zona de *Monotaxinoides*), que corresponde ao Morrowano/Atokano médio. Note que esta zona é definida pela ocorrência de táxons acessórios importantes, excluindo-se aquele que nomeia a própria.

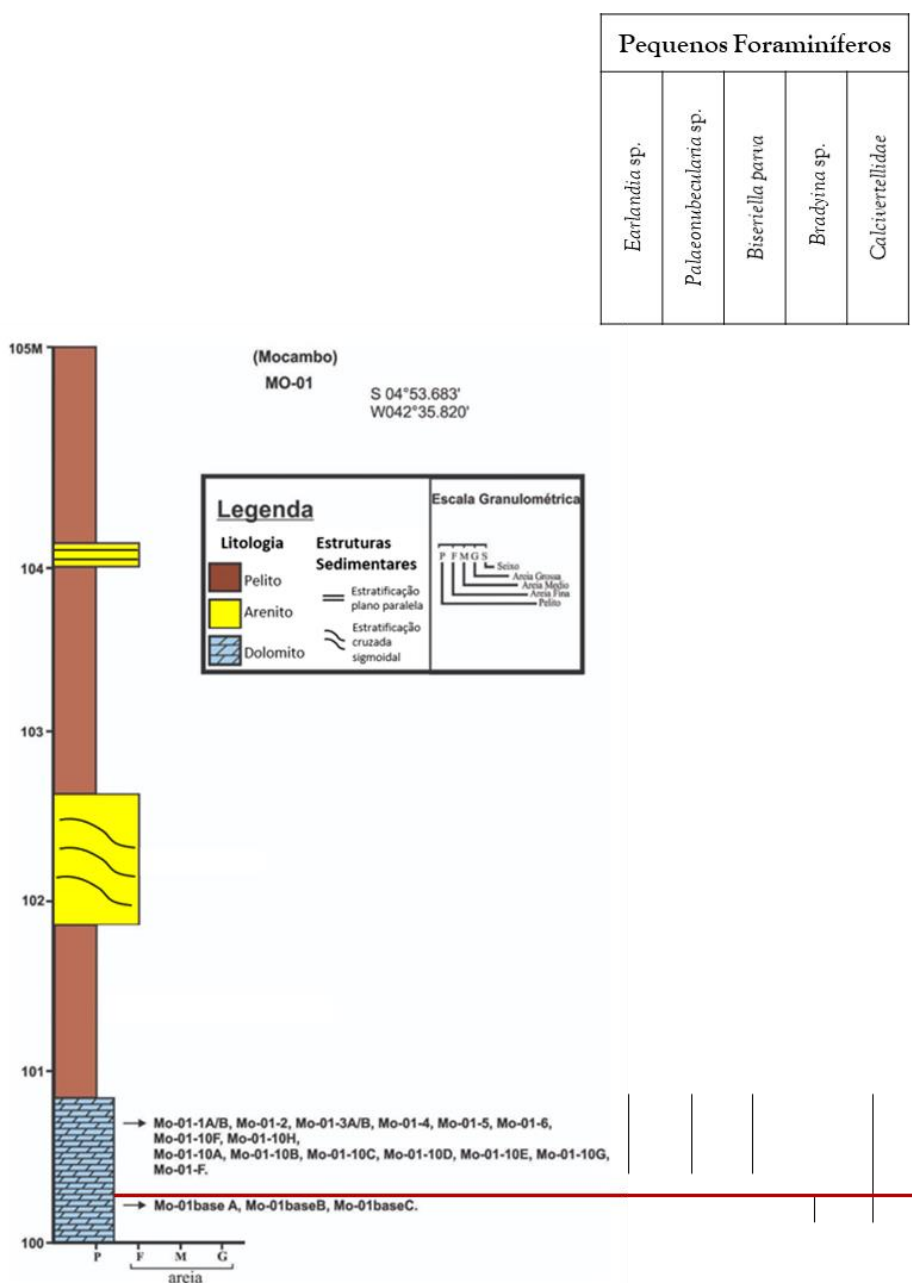


Figura 24. Distribuição estratigráfica das espécies de foraminíferos presentes no afloramento MO 01, sendo a linha em vermelho indicada pela espécie *Bradyina* marcando a idade Atokano inferior neste afloramento.

No afloramento MO 16 não há conteúdo fossilífero, impossibilitando a resolução de idade do afloramento. Os intensos processos de diagênese sofridos pelas rochas analisadas podem ter contribuição na redução de ocorrências fossilíferas de maneira a destruir possíveis bioclastos presentes originalmente.

Tendo em vista os gêneros presentes em ambas as bacias, é possível enquadrar nas zonas definidas por Altiner & Savini (1991,1995) FF-I para fusulinídeos e PF-I para pequenos foraminíferos, limitando a idade Morrowano superior ao Atokano médio (Figura 25).

CRONOESTRATIGRAFIA	BIOESTRATIGRAFIA (FORAMINÍFEROS)			
	Altiner & Savini (1991, 1995)			
	Fusulináceos		Pequenos foraminíferos	
DESMOINESIANO (parte)	FF - IV	<i>Fusulinella</i> <i>Fusulina</i>	PF - IIb	
ATOKANO	S FF - III	<i>Plectostaffella</i> <i>Millerella extensa</i> , <i>M. pressa</i> , <i>Eostaffella advena</i> <i>Profusulinella</i>	PF - II	
	M FF - II		?	
	I FF - I		PF - IIa	
MORROWANO	S FF - Ia		PF - Ib	
			PF - I	
			PF - Ia	
				<i>Hemigordius harltoni</i> <i>Monotaxinoides transitorius</i> <i>Syzrania confusa</i> , <i>Syzrania n.sp. (GROVES)</i> <i>Bradyina especial</i> , <i>Pseudobradylina</i>

Figura 25. Zoneamento bioestratigráfico de fusulinídeos e pequenos foraminíferos. Modificado de Altiner & Savini (1991,1995).

Tendo então os foraminíferos bentônicos comentados acima, junto da fauna presente nos materiais (composta por algas verdes, bivalves, braquiópodes, briozoários, cefalópodes, corais rugosos, elementos fosfáticos, equinodermas, gastrópodes, ostracodes e trilobitas), essa associação faunística caracteriza um contexto ambiental deposicional de origem marinha de águas relativamente rasas, dentro da zona fótica, preferencialmente dentro do contexto de inframaré/intermaré (Figura 26). Esta constatação é reforçada em função da litologia dominante,

composta basicamente por rochas mistas, wackestones e packstones, em que a acentuada ocorrência de siliciclásticos denota ambientes proximais à linha de costa.

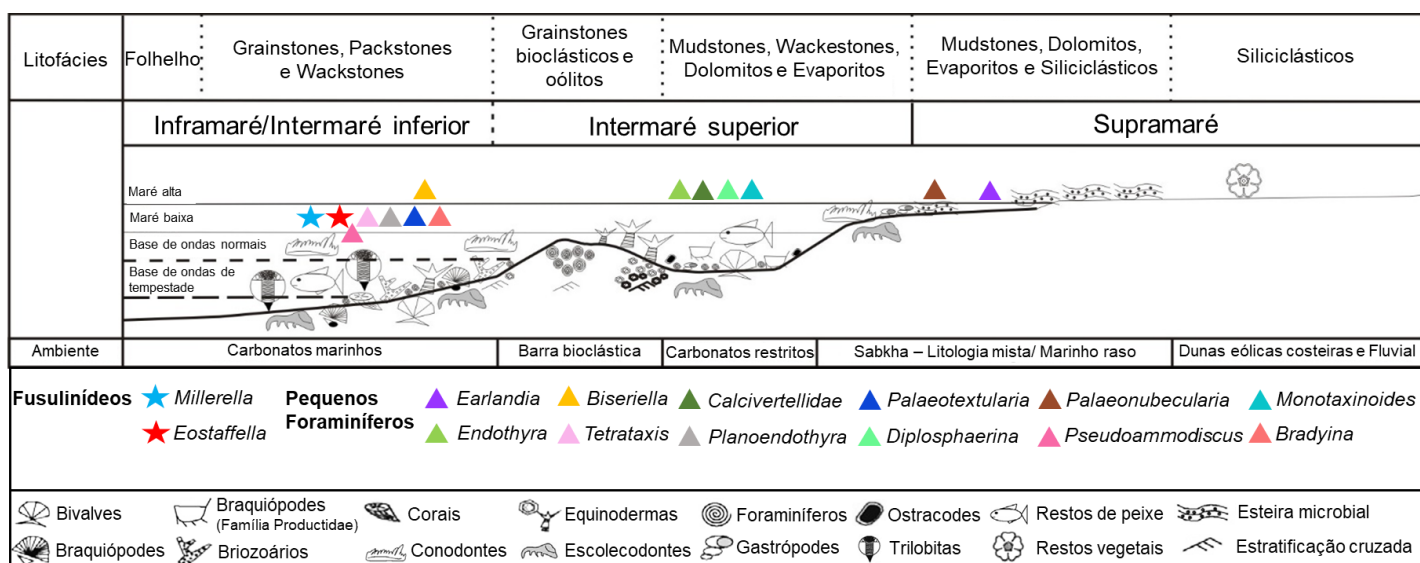


Figura 26. Perfil fisiológico com os três mais importantes sub-ambientes com a fauna e estruturas principais encontradas no mar Itaituba-Piauí durante o Morrowano superior ao Atokano médio, sendo os símbolos coloridos indicativos de até que nível de planície de maré ocorrem os gêneros de foraminíferos. Figura modificada de Moutinho (2016) e posicionamento dos foraminíferos com base em Altiner & Savini (1991).

Quanto ao contexto de correlação entre as duas bacias, tem-se a diferença em nível quantitativo e de diversidade de espécies, sendo maior na Bacia do Amazonas. Contudo, apesar dessa restrição na Bacia do Parnaíba, a litologia e conteúdo fossilífero é similar, o que leva a crer que tal discrepância pode ter dois motivos principais. Um deles se refere aos processos de diagênese das rochas, cujas alterações acabaram por destruir possíveis bioclastos e feições deposicionais. A outra razão se deve ao recuo do mar epicontinental Itaituba-Piauí (Medeiros et al., 2019) (Figura 27) em função do acúmulo de gelo nas regiões polares do Gondwana. Tal regressão, desencadeada pela queda relativa do nível de base de segunda ordem, acabou tornando a Bacia do Parnaíba muito mais inóspita para a sobrevivência de organismos marinhos e agravou o fator alteração dos registros por tornar os materiais mais expostos ao meio sub-aéreo, afetando os poucos fósseis preservados.

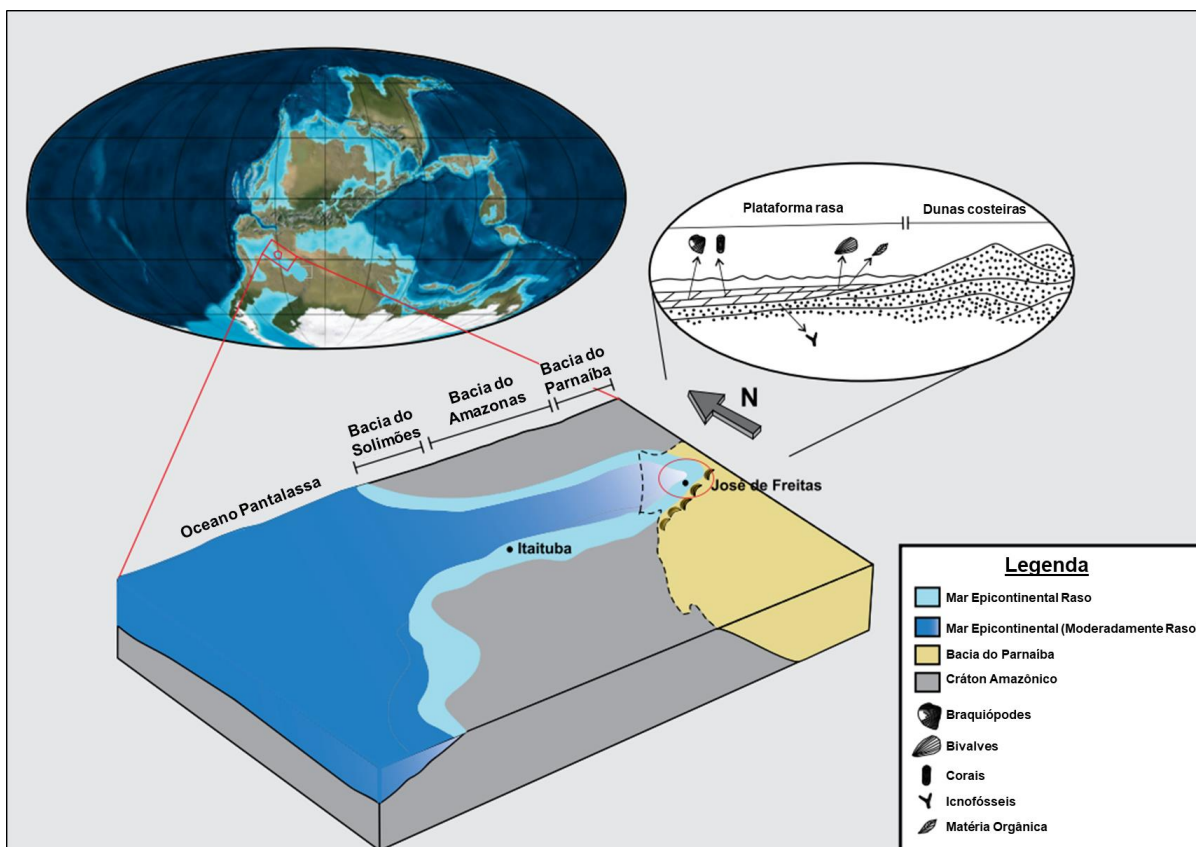


Figura 27. Modelo paleogeográfico do mar Itaituba-Piauí durante o Carbonífero. Modificado de Medeiros et al. (2019).

6. CONCLUSÕES

Ao identificar as espécies de fusulinídeos e pequenos foraminíferos das ocorrências nos afloramentos propostos no atual trabalho, conseguiu-se comparar as bacias do Amazonas e do Parnaíba tanto quanto à idade como também quanto à interpretação paleoambiental ao se compreender as semelhanças e diferenças faunísticas e litológicas dos depósitos.

A presença de determinadas espécies permitiu a definição de zonas e datação dentro dos perfis estratigráficos que, somados à correlação com a fauna associada, permite balizar a idade dos níveis aflorantes.

Ao se compreender o paleoambiente das bacias durante o Morrowano superior – Atokano médio ao posicionar os gêneros de foraminíferos quanto aos níveis de ocorrência e observar o grau de preservação destes, torna-se ainda mais perceptível o comportamento regressivo do mar Itaituba-Piauí gerado pela queda relativa do nível do mar.

Apesar das interpretações quanto aos resultados deste trabalho, é importante aprofundar os aspectos tafonômicos que afetaram a ocorrência de fósseis em determinados pontos de coleta. Por essa razão, o ideal é observar o maior número de lâminas pensando em coletas que permitam uma malha detalhada da área com ênfase em níveis mais problemáticos.

7. REFERÊNCIAS

ALTINER, D.; SAVINI, R. **Pennsylvanian Foraminifera and Carbonate Microfacies from the Amazon and Solimões Basins: Biostratigraphic, Paleoecologic and Paleogeographic Results**. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1991. (Relatório Interno).

ALTINER, D.; SAVINI, R. **Pennsylvanian foraminifera and biostratigraphy of the Amazonas and Solimões Basin (North Brazil)**. *Revue de Paleobiologie*, v.14, n.2, p. 417 – 453, 1995.

ANJOS-ZERFASS, G.S.; ANDRADE, E.J. **Foraminíferos e Bioestratigrafia: uma abordagem didática**. *Terra Didática*, 3(1):18-35, 2008. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>

CAMPANHA, V. A.; ROCHA-CAMPOS, A.C.. **Alguns Microfósseis da Formação Piauí (Neocarbonífero), Bacia do Parnaíba**. *Boletim IG, Instituto de Geociências, USP*, v. 10, p. 57-67, 1979.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico do Estado do Piauí**, 2006. Mapa colorido. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>.

CUNHA, P.; MELO, J.; SILVA, O. **Bacia do Amazonas**. *Boletim de Geociências, Manaus. PETROBRÁS*. 15. n2. 227 – 254p. 2007.

DIAS, S.K.R. **Bioestratigrafia e paleoecologia dos depósitos marinhos pensilvanianos da Formação Piauí a partir de novas ocorrências de conodontes**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, p. 62, 2021.

EIRAS, J. F.; BECKER, C. R.; SOUZA, E. M.; GONZAGA, F. G.; SILVA J. G. F.; DANIEL, L. M. F.; MATSUDA, N. S.; FEIJÓ, F. J. **Bacia do Solimões**. *Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro: CENPES*, v. 8, n. 1, p. 17-45, jan./março 1994.

GÓES, A. M. **A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba**. 171. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1995.

MATHIEU, R.; BELLIER, J.P.; GRANIER, B. **Handbook of Micropaleontology**. Carnets de Geologie, 2011.

MATSUDA, N. S.; DINO, R.; WANDERLEY-FILHO, J. R. **Revisão Litoestratigráfica do Grupo Tapajós, Carbonífero Médio – Permiano da Bacia do Amazonas**. Manaus. Boletim de Geociências da Petrobrás, 2004, v. 12, n. 2, p. 435 -441.

MEDEIROS, R.S.P.; NOGUEIRA, A.C.R.; DA SILVA, J.B.C.; JR., SIAL, A.N. **Carbonate-clastic Sedimentation in the Parnaíba Basin, Northern Brazil: Record of Carboniferous Epeiric Sea in the Western Gondwana**. Journal of South American Earth Sciences 91, 188-202. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.01.018>.

MEDEIROS, R.S.P. **O Pensilvaniano da Bacia Do Parnaíba, Norte do Brasil: Implicações Paleoambientais, Paleogeográficas e Evolutivas para o Gondwana Ocidental**. xix, 132 f. : il. color. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

MILANI, 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.

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**. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 325pp., 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, Vol. 72, 2016, Pages 76-94, ISSN 0895-9811. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2016.06.011>.

NASCIMENTO, S.; MOUTINHO, L.P.; SCOMAZZON, A.K.; PAKULSKI, C.; LEMOS, V. B. **Nova Técnica de Reconhecimento, em Seção Delgada, de Conodontes e Foraminíferos da Formação Itaituba, Pensilvaniano da Bacia do Amazonas**. In: XXII Congresso Brasileiro de Paleontologia, Natal, RN, 2011, p. 241-243.

NASCIMENTO, S.; DIAS, S.K.R.; MOUTINHO, L.P.; SCOMAZZON, A.K. **Ocorrência De Conodontes e Foraminíferos Bentônicos no Bashkiriano da Formação Piauí, Grupo Balsas, Bacia Do Parnaíba.** Revista da Academia de Ciências do Piauí, v. 3, n. 3, p. 215–233, Janeiro/Junho, 2022. ISSN: 2675-9748.

PEREIRA, E.; CARNEIRO, C.; BERGAMASCHI, S.; ALMEIDA, F.F.M.D. **Evolução das Sinéclises Paleozoicas: províncias Solimões, Amazonas, Parnaíba e Paraná.** Geologia Do Brasil. 374-394. 2012.

PETRÓ, S.M. **Introdução Ao Estudo Dos Foraminíferos.** Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2018. [53 f.] il. ISBN: 978-85-61424-70-1.

SILVA, P. A. S. da. **Paleoambiente e Diagênese da Formação Itaituba, Carbonífero da Bacia do Amazonas, com Base em Testemunho de Sondagem, Região de Uruará, Pará.** 77 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/6381>.

VAZ, P. T.; REZENDE, N. G. A. R. ; FILHO, J. R. W.; TRAVASSOS, W. A. S. **Bacia do Parnaíba.** B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 253-263, maio/nov. 2007.