

SUMÁRIO – 9.3. PROGRAMA DE SALVAMENTO DO PATRIMÔNIO PALEONTOLÓGICO

9.3. PROGRAMA DE SALVAMENTO DO PATRIMÔNIO PALEONTOLÓGICO	9.3-1
9.3.1. OBJETIVO.....	9.3-1
9.3.2. AVALIAÇÃO DO ANDAMENTO DA IMPLANTAÇÃO	9.3-1
9.3.2.1. ATIVIDADES REALIZADAS E EM ANDAMENTO	9.3-1
9.3.2.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS NO PERÍODO	9.3-2
9.3.2.3. EVOLUÇÃO DO CRONOGRAMA	9.3-3
9.3.2.4. PRODUTOS	9.3-5
9.3.2.5. ENCAMINHAMENTOS PROPOSTOS	9.3-5
9.3.3. ATIVIDADES PREVISTAS PARA O PRÓXIMO PERÍODO	9.3-5
9.3.4. AGENTES E INSTITUIÇÕES ENVOLVIDOS	9.3-5
9.3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (SE APLICÁVEL)	9.3-5
9.3.6. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA IMPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO	9.3-5
9.3.7. ANEXOS	9.3-6

9.3. PROGRAMA DE SALVAMENTO DO PATRIMÔNIO PALEONTOLÓGICO

9.3.1. OBJETIVO

O Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico tem por objetivo principal a realização da coleta e resgate de material fóssil oriundo de áreas de escavação relacionadas à implantação da UHE Belo Monte. Ainda, prevê a realização de atividades de educação patrimonial e salvaguarda dos fósseis.

9.3.2. AVALIAÇÃO DO ANDAMENTO DA IMPLANTAÇÃO

O programa 9.3 encontra-se em pleno desenvolvimento e de acordo com o escopo e cronograma aprovados junto DNPM e IBAMA, conforme descrito a seguir. A coleta de fósseis foi planejada para ocorrer nas áreas de influência direta (AID) e diretamente afetadas (ADA) pelo empreendimento, especificamente nos municípios de Altamira e Vitória do Xingu, Estado do Pará.

9.3.2.1. ATIVIDADES REALIZADAS E EM ANDAMENTO

As atividades, de modo geral, são executadas em quatro etapas. A primeira é a etapa de campo, que abranje a procura, coleta e transporte de fósseis para a base logística em Altamira. Na etapa posterior, de laboratório, os fósseis são higienizados, preparados, fotografados e descritos. A terceira é a de pesquisa, na qual os fósseis são identificados com base em bibliografia científica e a última etapa é a de escritório, a qual subsidia a elaboração dos relatórios técnicos com frequência trimestral ao empreendedor, semestral ao IBAMA e anual ao DNPM.

Em um ano de atividades de coleta no âmbito do presente programa, a execução do cronograma tem sido cumprida integralmente e sem atrasos, sendo considerada, portanto, satisfatória. Ressalta-se, entretanto, que pequenas alterações foram necessárias na seleção das localidades de coleta, tendo em vista a dinâmica de implantação do empreendimento.

Nestas regiões, as investigações geológico-paleontológicas intensivas foram realizadas em campanhas de coleta nos períodos compreendidos entre 18 de julho e 9 de outubro de 2011, 30 de outubro a 20 de novembro de 2011, de 7 de janeiro a 14 de fevereiro de 2012 e de 28 de março a 20 de abril de 2012.

As investigações consistiram da avaliação detalhada das características mineralógicas, estruturais e estratigráficas de rochas sedimentares nos locais de implantação das obras, em áreas em que as escavações criam exposições de rochas potenciais para descrição de colunas estratigráficas e para coleta de fósseis (Áreas 1, 2 e 3).

Nestas fases de campo houve a coleta de macrofósseis e de amostras para recuperação de microfósseis. Os materiais coletados passaram por processo de curadoria para envio posterior a instituição museológica. Nos períodos entre as campanhas intensivas, equipes reduzidas permaneceram acompanhando o andamento das obras nos canteiros, identificando áreas para coleta e, eventualmente, realizando a coleta emergencial de fósseis nas áreas de avanço das frentes de obra.

Os trabalhos de resgate paleontológico no Sítio Belo Monte – Área 1 consistiram em trabalhos de mapeamento estratigráfico, coleta de campo, laboratório com preparação do material fossilífero, triagem e curadoria dos exemplares. Os afloramentos fossilíferos prospectados restringiram a conjunto de rochas dos períodos Siluriano, Devoniano e Cretáceo.

A fauna fóssil coletada predominante nas áreas de estudo, está composta por invertebrados, braquiópodes, bioturbações e icnofósseis, com ocorrência secundária de gastrópodes, cefalópodes, moluscos bivalves, e outros indeterminados, bem como ocorrência de peixe e possíveis restos vegetais.

Paralelamente, trabalhos iniciais no âmbito das atividades de educação patrimonial foram realizados: elaboração de apostilas para colaboradores da empresa responsável pela execução do programa (estagiários do curso de Biologia da UFPA), realização de minicurso de Paleontologia para estudantes da UFPA e palestra com agentes multiplicadores do CCBM.

Para o atendimento de ambas demandas do IBAMA e do DNPM relatórios técnicos foram elaborados com frequência, respectivamente, semestral e anual.

9.3.2.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS NO PERÍODO

Os resultados e análises para o primeiro ano de execução do Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico são apresentados na íntegra no **Anexo 9.3 - 1** (Relatório Técnico Anual).

De modo geral, houve a descrição das colunas de rochas sedimentares expostas nos canteiros de obra do Sítio Belo Monte – Área 1 e Travessão 27 – Área 3 e a coleta de macrofósseis e de amostras para recuperação de microfósseis. Dentre os macrofósseis, foram amostrados espécimes de bioturbação, crinóides, braquiópodes, gastrópodes e artrópodes. Segundo a literatura científica disponível, o conteúdo fossilífero mal preservado e pouco diverso é característico da Formação Pitinga, unidade do Período Siluriano exposta pelas cortes de terraplanagem no Sítio Belo Monte, mas as atividades de coleta foram capazes de reconhecer diversos grupos de macrofósseis inéditos para a unidade geológica, vários deles mostrando boa qualidade de preservação.

As coletas realizadas no Travessão 27 – Área 3 permitiram a recuperação de fauna bem preservada de braquiópodes e icnofósseis de idade devoniana. Em um dos

pontos foi identificada a ocorrência da Formação Alter do Chão, de idade cretácea, mas de caráter afossilífero.

O material foi estudado no laboratório montado em Altamira, onde os microfósseis foram triados, limpos, preparados identificados e armazenados em condições adequadas. O depósito dos fósseis foi feito em condições que garantem a proteção do acervo e seu envio para a instituição que irá recebê-los ao fim do projeto, incluindo o material proveniente de cilindros de sondagem, incorporado ao acervo do Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico.

A atividade de educação patrimonial da paleontologia esteve inserida na Semana de Educação Ambiental promovida pela Norte Energia para o público-alvo do CCBM entre os dias 27 e 30 de março de 2012, no Hotel Palace, em Altamira (PA).

As atividades do evento incluíram a discussão de conceitos de meio ambiente, problemas ambientais, cuidados com o lixo, salvamento paleontológico, entre outros. Os participantes têm o dever de repassar os conteúdos abordados aos seus subordinados, nas obras da UHE de Belo Monte, e sucessivamente, a informação é transmitida pela cadeia hierárquica até atingir os operários. Esta estratégia é vantajosa para a educação patrimonial porque requer pequeno esforço inicial, mas acaba por atingir um público vasto por meio da ação dos multiplicadores.

Dentro dos planos de divulgação científica foi realizado o curso de extensão intitulado "Paleontologia Estratigráfica", cuja ênfase foi o ensino de paleontologia e suas interfaces com a geologia. O público alvo selecionado foi o corpo discente do curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Altamira.

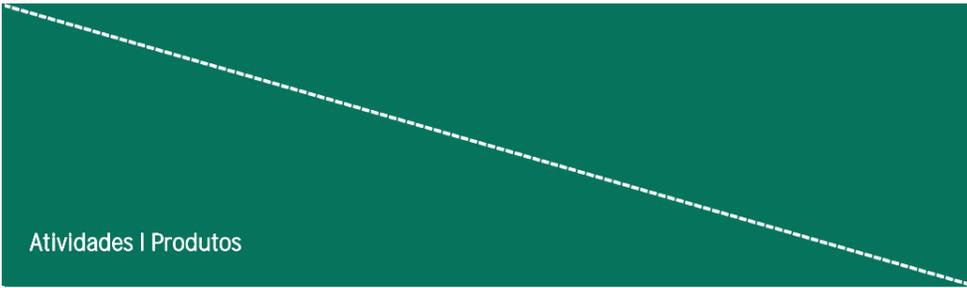
A ênfase dada em geologia sedimentar, no ensino de paleontologia, é relevante para o grupo de alunos devido ao caráter de interface que a paleontologia tem com as ciências geológicas e biológicas. Desta forma, o curso teve caráter mais técnico, devido ao conhecimento do público-alvo e veio preencher a lacuna de conhecimento geológico para os estudantes de Ciências Biológicas que demonstram interesse nas atividades de paleontologia. O curso possuiu carga horária de vinte e quatro horas, sendo ministrado no período de 9 a 18 de abril de 2012, no período noturno, em aulas expositivas com atividades práticas.

9.3.2.3. EVOLUÇÃO DO CRONOGRAMA

O cronograma deste projeto está em plena conformação com o que foi planejado no seu início, havendo apenas poucas alterações referentes aos ajustes de datas e eventos anômalos, tais como manifestações e interdições dos canteiros.

A evolução do cronograma é apresentado graficamente na sequencia:

PACOTE DE TRABALHO: 9.3 Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico



Item	Descrição
------	-----------

ETAPAS

CRONOGRAMA DAS OBRAS

1	Obras para melhoria e abertura de acessos ao empreendimento
1	Obras para melhoria e abertura de acessos ao empreendimento
2	Implantação dos canteiros e instalações iniciais
2	Implantação dos canteiros e instalações iniciais
3	Implantação de vilas residenciais
3	Implantação de vilas residenciais
4	Implantação do Porto (Porto da Obra)
4	Implantação do Porto (Porto da Obra)
5	Lançamento das ensecadeiras principais (1a e 2a fases)
5	Lançamento das ensecadeiras principais (1a e 2a fases)
6	Implantação obras civis Sítio Pimental (barragens, vertedouro, circuito aduça/geração e LT)
6	Implantação obras civis Sítio Pimental (barragens, vertedouro, circuito aduça/geração e LT)
7	Início de operação do sistema provisório de transposição de embarcações
7	Início de operação do sistema provisório de transposição de embarcações
8	Implantação do sistema definitivo de transposição de embarcações
8	Implantação do sistema definitivo de transposição de embarcações
9	Implantação do sistema de transposição de peixes
9	Implantação do sistema de transposição de peixes
10	Serviços de montagem no Sítio Pimental
10	Serviços de montagem no Sítio Pimental
11	Implantação obras civis Sítio Belo Monte (barragens e circuito adução/geração)
11	Implantação obras civis Sítio Belo Monte (barragens e circuito adução/geração)
12	Serviços de montagem no Sítio Belo Monte
12	Serviços de montagem no Sítio Belo Monte
13	Escavação e demais obras relacionadas aos canais
13	Escavação e demais obras relacionadas aos canais
14	Construção dos diques
14	Construção dos diques
15	Desmobilização total dos canteiros
15	Desmobilização total dos canteiros

ETAPAS

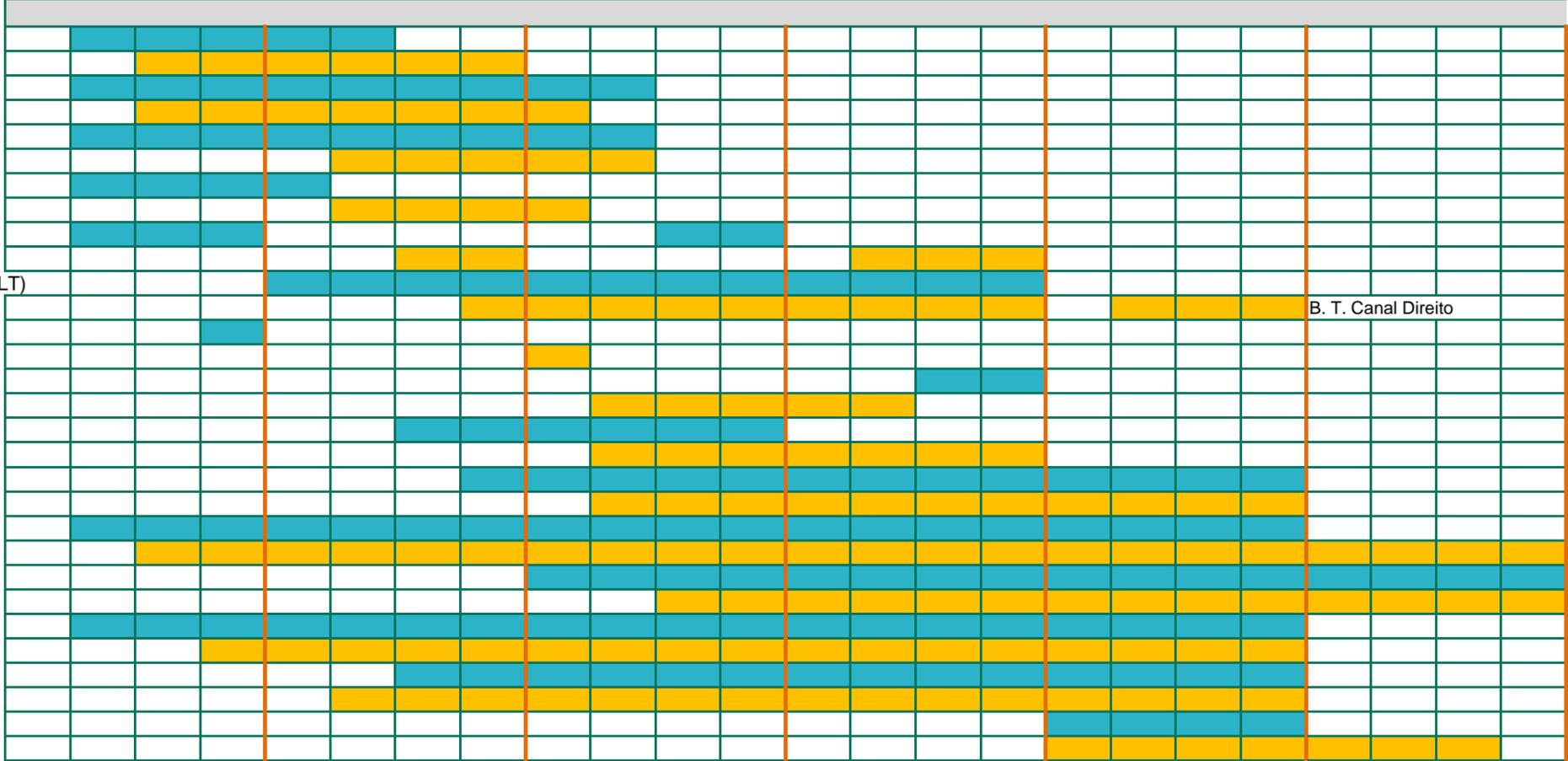
CRONOGRAMA DO PACOTE DE TRABALHO

9	9. PLANO DE VALORIZAÇÃO DO PATRIMÔNIO
9.3	9.3 Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico
1	Levantamento / inventário
1	Levantamento / inventário
2	Elaboração de apostilas
2	Elaboração de apostilas
3	Trabalho campo
3	Trabalho campo
4	Cursos e palestras
4	Cursos e palestras
5	Atividades de divulgação paleontológica
5	Atividades de divulgação paleontológica
6	Apresentação de relatórios
6	Apresentação de relatórios



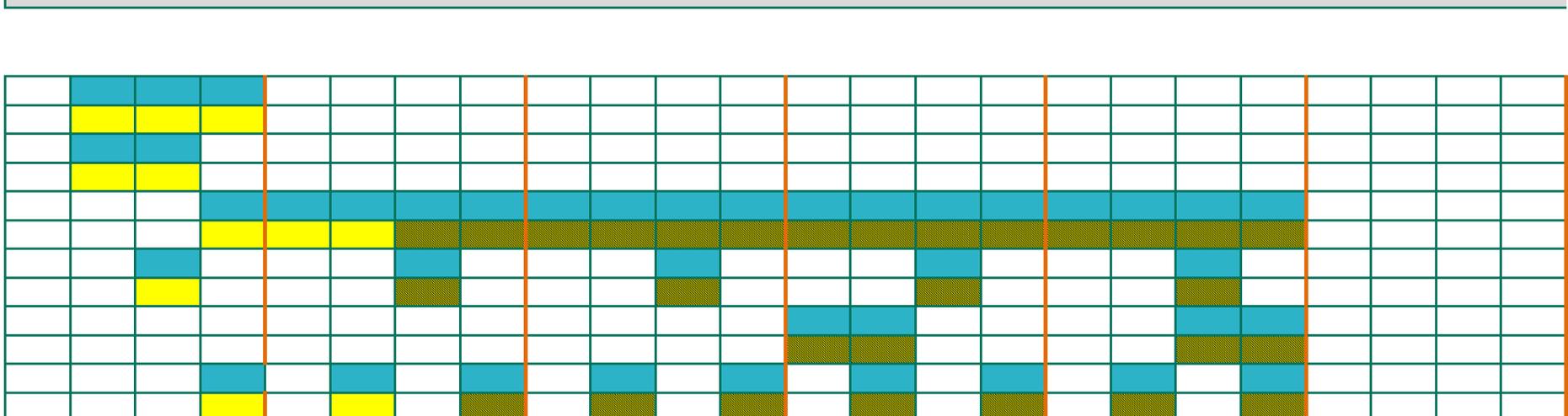
2011				2012				2013				2014				2015				2016															
T1	T2	T3	T4																																
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

IMPLANTAÇÃO



IMPLANTAÇÃO

1º 1º 1º 2º 2º 2º 3º 3º 3º 4º 4º 4º 1º 1º 1º 2º 2º 2º 3º 3º 3º 4º 4º 4º 1º 1º 1º 2º 2º 2º 3º 3º 3º 4º 4º 4º 1º 1º 1º 2º 2º 2º 3º 3º 3º 4º 4º 4º 1º 1º 1º 2º 2º 2º 3º 3º 3º 4º 4º 4º



LEGENDA: ■ Informação do PBA ■ Realizado/Andamento ■ Previsto até o fim do produto

9.3.2.4. PRODUTOS

O principal e único produto gerado é o Relatório Técnico Anual (**Anexo 9.3 - 1**) o qual integra todas as atividades previstas e realizadas dentro do escopo deste programa.

9.3.2.5. ENCAMINHAMENTOS PROPOSTOS

Não existem encaminhamentos propostos para este programa, visto que as atividades encontram-se em andamento e de acordo com o proposto no PBA.

9.3.3. ATIVIDADES PREVISTAS PARA O PRÓXIMO PERÍODO

Para as próximas campanhas de coleta, conforme o previsto, paralelamente ao monitoramento e coleta em canteiros de obra (especificamente na Área 1 – Abrangência do Sítio Belo Monte e fechamento do Reservatório Intermediário), deverão ser efetuadas coletas nas margens do rio Xingu – Área 2, a fim de ampliar a área geográfica de coleta e explorar rochas de diferentes idades e unidades geológicas, além de se executar o resgate nas margens que serão permanentemente afogadas pelo Reservatório Xingu, na região de Altamira.

9.3.4. AGENTES E INSTITUIÇÕES ENVOLVIDOS

Os principais agentes e instituições envolvidas são as instituições de ensino e pesquisa (Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi), bem como o Consórcio Construtor Belo Monte e, obviamente, o Departamento Nacional de Produção Mineral, órgão responsável legal e tecnicamente pela avaliação do resgate paleontológico.

9.3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (SE APLICÁVEL)

As referências bibliográficas são aquelas apresentadas no Relatório Técnico Anual apresentado no **Anexo 9.3 - 1**.

9.3.6. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA IMPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO

A equipe técnica da empresa Terragraph responsável pela implantação do programa e acompanhamento junto ao DNPM do resgate paleontológico é composta pelos seguintes profissionais:

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA
Henrique Zimmermann Tomassi	Geólogo	Responsável Técnico / Coordenador Técnico e Paleontólogo	CREA-DF 19062/D	5286849	-
Bernardo Costa Ferreira	Geógrafo	Gerente de Projetos	CREA-PA 12802/D	1627412	-
José Mendes Gama Júnior	Geógrafo	Paleontólogo	-	5286849	-
Maira Barbieri	Geóloga	Paleopalinóloga	CREA-GO 1207/D	499586	-
Michelly Amorim da Silva	Advogada	Especialista em Direito Fossilífero	-	5286885	-
Miguel Baía Brito	Geólogo	Geólogo de Campo	CREA-PA 6531/D	93757	-
Bruno Ericksom Matos Facundo	Geólogo	Geólogo de Campo	-	5395318	-
Poliana Marcolino Corrêa	Geóloga	Supervisão	CREA-DF 16739/D	286927	-

9.3.7. ANEXOS

Anexo 9.3 - 1 - Relatório Técnico Anual do Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico – PBA UHE Belo Monte

2º RELATÓRIO CONSOLIDADO DE ANDAMENTO DO PBA E DO ATENDIMENTO
DE CONDICIONANTES

**9.3. PROGRAMA DE SALVAMENTO DO PATRIMÔNIO
PALEONTOLÓGICO**

**Anexo 9.3 - 1 - Relatório Técnico Anual do Programa de
Salvamento do Patrimônio Paleontológico – PBA UHE
Belo Monte**



RELATÓRIO TÉCNICO – RT

Brasília, Distrito Federal

Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico Item 9.3 – PBA UHE Belo Monte Relatório Anual

UHE BELO MONTE

**EMPRESA
NORTE ENERGIA S.A.**

**NÚMERO/CÓDIGO DO DOCUMENTO
RT_Nº02_PSPP_02072012_TRGP**

EXECUTORA



JULHO/2012

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	1
2. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA.....	2
3. ATENDIMENTO DAS METAS DO PROGRAMA	3
3.1. Atividades desenvolvidas no primeiro ano de programa	5
3.1.1. Etapa 1 – Aquisição de materiais de campo e escritório.....	5
3.1.2. Etapas 2, 3, 4 e 5 – Campanhas I, II, III e IV.....	6
4. AUTORIZAÇÕES E LICENÇAS	8
5. FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA	10
5.1. Coleta de materiais fossilíferos	10
5.2. Curadoria do material coletado.....	13
5.3. Contexto geológico.....	15
6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	3
6.1. Colunas descritas na Campanha I	1
6.2. Colunas descritas na Campanha II	3
6.3. Colunas descritas na Campanha III	5
6.3.1. Triagem dos cilindros de sondagem na Etapa Intermediária.....	8
6.4. Colunas descritas na Campanha IV.....	11
6.5. Materiais recuperados	13
6.5.1. Fitofósseis	14
6.5.1.1. Fitofósseis da Formação Pitinga.....	16
6.5.2. Graptolitos	18
6.5.2.1. Graptolitos da Formação Pitinga	20
6.5.3. Invertebrados.....	23
6.5.3.1. Braquiópodes	23
6.5.3.1.1. Braquiópodes e moluscos coletados na UHE de Belo Monte	27
6.5.3.1.2. Tafonomia e preservação dos braquiópodes em conjunto com outros fósseis	47
6.5.3.1.3. Paleogeografia de braquiópodes do Devoniano	51
6.5.3.1.4. Paleoecologia e paleobiogeografia de braquiópodes.....	52
6.5.3.2. Artrópodes.....	54
6.5.3.3. Crinóides	55
6.5.4. Icnofósseis	56
6.5.5. Vertebrados.....	62
6.5.6. Incertae sedis	69

6.6.	Atividades de Educação Patrimonial.....	77
6.6.1.	Palestras para multiplicadores do CCBM.....	77
6.6.2.	Cursos de extensão na UFPA	80
7.	AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO	81
8.	CRONOGRAMA FÍSICO	81
9.	INTERFACE COM OUTROS PLANOS, PROGRAMAS E PROJETOS	82
10.	CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES	83
11.	EQUIPE TÉCNICA.....	84
11.1.	Corpo técnico.....	84
11.1.1.	M.Sc. Henrique Zimmermann Tomassi	84
11.1.2.	M.SC. Bernardo Costa Ferreira.....	84
11.1.3.	M.Sc. José Mendes Gama-Júnior	84
11.1.4.	Dra. Maira Barberi.....	85
11.1.5.	Esp. Michelly Amorim da Silva	85
11.1.6.	Esp. Miguel Baía Brito.....	85
11.1.7.	Bruno Ericskom Matos Facundo	85
11.1.8.	Joyce Celerino de Carvalho	86
11.1.9.	Joelen Alves da Silva	86
12.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	87
13.	ANEXOS.....	92

QUADROS

Quadro 1 - Atividades desenvolvidas na Etapa 1.....	5
Quadro 2 - Atividades das Etapas 2 a 5, realizada no primeiro ano de atividades.	6
Quadro 3 - Espessura total das colunas descritas.	4
Quadro 4 - Número de amostras de microfósseis e para preparação micropaleontológica incorporadas nas campanhas de coleta.	13
Quadro 6 - Exemplares de braquiópodes ilustrados com informações tafonômicas. C- Concha; VV-Valva ventral; VD-valva dorsal; Organismo fragmentado: F - fragmentado; MF - muito fragmentado; I - inteiro; D - desarticulado; A - articulado; PA - no plano de acamamento; FP - fora do plano de acamamento; X - dado não diagnosticado. (Adaptado de Bosetti et. al. 2010). Legenda, CP: Código de numeração paleontológica indicando a ordem da campanha e sequência dos pontos levantados.....	49
Quadro 7 - Modelos de associações bentônicas presentes no domínio Malvinocáfrica (Boucot, 1971 adaptado por Gama-Junior, 2008).	53

FIGURAS

Figura 1 - Investigação em afloramento, busca por registros fossilíferos.	10
Figura 2 - Colunas estratigráficas elaboradas em campo, onde os fósseis coletados foram estratigraficamente posicionados.	11
Figura 3 - Amostras para recuperação de microfósseis, embaladas em sacos plásticos a fim de evitar a contaminação.	11
Figura 4 - Uso do martelo demolidor na busca por macrofósseis em camadas de rocha sedimentar.	12
Figura 5 - As amostras receberam embalagem provisória em guardanapos, como proteção durante o transporte para a base logística.	13
Figura 6 - Preparação em laboratório, na base logística em Altamira.	14
Figura 7 - Braquiópode (C3P1-1.13b) antes (A) e após (B) a preparação.	14
Figura 8 - Apêndice de artrópode (C3P2-17) antes (A) e após (B) a preparação.	14
Figura 9 - Amostras de macrofósseis preparadas e identificadas, acondicionadas em caixas para transporte à instituição museológica.	15
Figura 10 - Mapa geológico da bacia do Amazonas e embasamento nas AID e ADA dos meios físico e biótico.	1
Figura 11 - Seção cronoestratigráfica da bacia do Amazonas (Cunha et al., 2007), com formações aflorantes nos arredores da UHE de Belo Monte ressaltadas em vermelho.	1
Figura 12 - Disposição das massas continentais no Siluriano Médio (425 milhões de anos) e Eodevoniano (390 milhões de anos; Scotese, 2011).	2
Figura 13 - Áreas monitoradas na Campanha I, potenciais para a coleta de fósseis.	1
Figura 14 - Taludes de rocha dos pontos C1P1 (A; base) e C1P2 (B; topo), descritos na coluna 1.	1
Figura 15 - Talude de rocha do ponto C1P3, descrito na coluna 2.	2
Figura 16 - Talude de rocha dos pontos C1P4 (A; base) e C1P5 (B; topo), descritos na coluna 3.	2
Figura 17 - Talude de rocha do ponto C1P6, descrito na coluna 4.	3
Figura 18 - Talude de rocha do ponto C2P1, descrito na coluna 1.	3
Figura 19 - Talude de rocha do ponto C2P2, descrito na coluna 2.	4
Figura 20 - Talude de rocha do ponto C2P3, descrito na coluna 3.	5
Figura 21 - Talude de rocha do ponto C2P4, descrito na coluna 4.	5
Figura 22 - Talude de rocha do ponto C3P1, descrito na coluna 1.	6
Figura 23 - Talude de rocha do ponto C3P2, descrito na coluna 2.	6
Figura 24 - Talude de rocha do ponto C3P3, descrito na coluna 3.	7
Figura 25 - Talude de rocha do ponto C3P4, descrito na coluna 4.	8
Figura 26 - Taludes de exposição das rochas descritas nas colunas 2 (A), 3 (nível correlato a B) e 3 (C).	8
Figura 27 - Caixas com cilindros de sondagem depositadas na Subestação da Eletronorte em Altamira.	9
Figura 28 - Estudo das colunas estratigráficas digitalizadas (esquerda) e verificação do conteúdo das caixas de cilindros (direita).	10
Figura 29 - Caixas identificadas por código de cor. As caixas marcadas em vermelho contêm amostras do embasamento, as marcadas em vermelho e verde contêm	

amostras do embasamento e de rochas sedimentares (contato) e as marcadas em verde contêm apenas amostras de rochas sedimentares.	10
Figura 30 - Seleção e coleta de amostras dos cilindros de sondagem para preparação micropaleontológica.	11
Figura 31 - Corte na margem oeste do Travessão 27 – Área 3.	11
Figura 32 - Corte na margem oeste do Travessão 27 – Área 3. A coleta deu-se na vala de erosão (base da coluna) e no talude (topo da coluna).	12
Figura 33 - Corte em via de acesso no Sítio Belo Monte – Área 1, onde as rochas da Formação Pitinga assentam-se diretamente sobre o embasamento.	13
Figura 34 - Árvore filogenética simplificada mostrando a amplitude estratigráfica de determinados grupos de megafósseis (linhas grossas) e a sua amplitude inferida (linhas finas). Na escala de tempo aparecem as idades mínimas estimadas para o aparecimento de certa 15	15
Figura 35 - Diversidade de esporófitos de rhyniofitas no Devoniano Inferior. a, <i>Cooksonia pertonii apiculispora</i> : esporófito incompleto na porção proximal, com esporângio terminal (aumento x 15) . b, <i>Tortilicaulis offaeus</i> : esporófito incompleto na porção proximal, com esporângio terminal (aumento x 40). c. <i>Tortilicaulis offaeus</i> : esporófito incompleto na porção proximal, com esporângio terminal bifurcado (aumento x 30). d, Seção transversal do esporângio mostrando a parede espessa e os esporos no centro (aumento x 70). e, Detalhe da epiderme na borda do esporângio (aumento x 45). f, Estômato com o par de células labiais (aumento x 120). Modificado de Kenrick & Crane (1997).	16
Figura 36 - Amostras da Formação Pitinga contendo impressões de fitofósseis. A: C1P3-3.1a; B: C1P3-3.2b; C: C1P3-3.3a; D: C1P3-3.1b; E: C1P3-3.3b; F: C1P3-3.9b; G: C1P3-3.9a.	17
Figura 37 - Possível fóssil de planta primitiva (C1P3-3.1a) com ampliação de esporângio.	18
Figura 38 - <i>Anthoceros agresti</i> , exemplo de vegetal moderno não valcularizado.	18
Figura 39 - Evolução de estipes de graptolitos (Benton & Harper, 2009).	19
Figura 40 - (a) <i>Rhabdinopora</i> (x2), (b) <i>Tetragraptus</i> (x2), (c) <i>Tetragraptus</i> , proximal end (x20), (d) <i>Isograptus</i> , proximal end (x20), (e) <i>Xiphograptus</i> (x20), (f) <i>Isograptus</i> (x10), (g) <i>Appendispinograptus</i> (x2), (h) <i>Dicranograptus</i> (x2), (i) <i>Dicellograptus</i> (x2), (j) <i>Orthograptus</i> (x2), (k) <i>Undulograptus</i> (2), (l) <i>Nemagraptus</i> (x2), (m) <i>Didymograptus</i> (<i>Expansograptus</i>) (x20) and (n) <i>Atavograptus</i> (x2). (Benton & Harper, 2009).	20
Figura 41 - Amostras com graptolitos da Formação Pitinga. A: C2P2-1.10a; B: C2P4-1.19a e C: C2P3-R.1a.	21
Figura 42 - <i>Climacograptus innotatus brasiliensis</i> Ruedemann, da Formação Trobetas (Lima, 1989).	22
Figura 43 - <i>Climacograptus innotatus brasiliensis</i> encontrado no Sítio Belo Monte, neste projeto (C2P3-8.2a).	22
Figura 44 - Comparação entre os exemplares de <i>Monograptus aff. priodon</i> encontrados no Cantairo Pioneiro, Formação Pitinga (A; C2P2-1.9a) e na Formação Vargas Peña (B; Uriz et al., 2008) e <i>Monograptus priodon</i> encontrado no Williamson Shale (C e D; Loydell et al., 2007).	23
Figura 45 - Seção esquemática de um braquiópode articulado. (esquema de Williams & Rowell, 1965 modificado por Fonseca et al. 2000).	24
Figura 46 - Estrutura externa de um braquiópode articulado. (http://fossil.uc.pt/pags/fbm_braquipode.dwt).	25

Figura 47 - Ilustração do gênero <i>Lingula</i> em posição de vida e suas características morfológicas (Clarkson, 1979).	26
Figura 48 - Ilustração da valva pedicular do gênero <i>Orbiculoidea</i> e suas características morfológicas (Modificado de http://whitmanshill.earthheritagetrust.org/palaeontology.asp).	26
Figura 49 - Exemplares de <i>Orbiculoidea</i> sp. A: C4P2-1.5; B: C4P2-1.7; C: C4P2-5.27; D C4P2-4.9; E: C4P2-5.137 e F: C4P2-5.141. Valvas dorsais.	29
Figura 50 - Exemplares de <i>Orbiculoidea</i> sp. A: C4P2-5.5; B: C4P2-5.35; C: C4P2-5.14a; D C4P2-5.14b; E: C4P2-4.6 e F: C4P2-5.11. Valvas dorsais.	30
Figura 51 - Exemplares de <i>Orbiculoidea</i> sp. A: C4P2-5.140, valva ventral; B: C4P6-R.1a, valva dorsal; C: C4P6-3.3a, valva dorsal; D: C4P6-3.3b, valva dorsal; E: C4P2-5.4, valva dorsal e F: C4P2-5.127, valva dorsal.	31
Figura 52 - Exemplares de <i>Orbiculoidea</i> sp. A: C4P2-5.34, valva dorsal; B: C4P2-5.39, valva ventral; C: C4P2-5.25b, valva ventral; D: C4P2-5.74, valva ventral; E: C4P2-5.131, valva ventral e F: C4P2-5.106, valva ventral.	32
Figura 53 - Exemplares de <i>Orbiculoidea</i> sp. A: C4P2-5.8, valva dorsal; B: C4P2-5.132, valva dorsal e C: C4P2-5.148, valva dorsal e ventral.	33
Figura 54 - Exemplares de <i>Orbiculoidea</i> sp. A: C4P2-5.18 e B: C4P2-5.72. Valvas isoladas.	34
Figura 55 - Fragmentos de conchas de espécimes de <i>Orbiculoidea</i> sp. A: C3P1-R.1, valva ventral; B: C3P1-1.22, valva dorsal; C: C3P1-1.30, valva dorsal; D: C3P1-2.2, valva dorsal; E: C3P1-1.32a e F: C3P1-1.32b, valva dorsal.	35
Figura 56 - A-D. Exemplares de <i>Lingula</i> sp. A: C3P4-41.2a; B: C3P4-41.2b; C: C3P4-45.2a e D: C3P4-45.2b.	38
Figura 57 - A-F. Exemplares de <i>Lingula</i> sp. A: C3P1-4.1a; B: C3P1-4.1b; C: C3P1-4.3b; D C3P1-4.6a; E: C3P1-7.2a e F: C3P1-7.2b.	39
Figura 58 - A-F. Exemplares de <i>Lingula</i> sp. A: C3P3-7.2a; B: C3P4-17.1a; C: C3P4-20.34; D C3P4-20.28; E: C3P4-20.32a e F: C3P4-20.24a.	40
Figura 59 - A-D. Exemplares de <i>Lingula</i> sp. A: C3P4-20.24b; B: C3P4-20.24c e C: C2P3-11.2.	41
Figura 60 - A-D. Exemplares de braquiópodes articulados indeterminados. A: C4P6-3.4a, valva ventral; B: C4P6-3.4b, valva ventral; C: C4P6-3.7a, valva dorsal e D: C4P6-3.7b, valva ventral.	42
Figura 61 - A-F. Exemplares de braquiópodes articulados. (? <i>Paucicrura</i> rogata). A: C3P1-1.9a; B: C3P1-1.13a; C: C3P1-26; D: C3P1-29b; E: C3P1-31a e F: C3P1-31b.	43
Figura 62 - A-F. Exemplares de braquiópodes indeterminados. A: C3P1-1.13b; B: C2P3-7 (conetáceo); C: C3P1-4.4a, valva ventral; D: C3P1-4.4b, valva ventral; E: C3P1-4.5b e F: C3P1-4.5a, valva ventral.	44
Figura 63 - Cefalópodes indeterminados. Fragmentos de carapaças parcialmente preservadas. A: C2P2-10.1, B: C2P4-35 e C: C3P3-16.2 (Gastrópode indeterminado). Escala 2 mm.	45
Figura 64 - A-H. Exemplares de bioclastos (escamas, dentes e fragmentos de conchas). A: C3P3-16.4; B: C3P3-16.8; C: C3P3-16.14b; D: C3P3-17.1a; E: C3P3-17.1b; F: C3P3-17.3; G: C3P4-1.1 e H: C3P4-1.1.	46
Figura 65 - Etapas do processo de fossilização (Mendes, 1988).	47
Figura 66 - Tipos comuns de diagênese do fóssil.	48
Figura 67 - Os domínios zoogeográficos do Devoniano: Américas Orientais, Velho Mundo, Malvinocáfrico e Província do Amazonas-Parnaíba. (Gama-Junior, 2008).	52

Figura 68 - Ilustração do Paleoambiente Siluriano e Devoniano (Santos & Carvalho, 2004).	52
Figura 69 - Pequeno artrópode preservado na forma de impressão (C3P1-4.8).	54
Figura 70 - Apêndice de artrópode impresso em rocha (C3P2-17).	55
Figura 71 - Possíveis placas calcíneas de crinóides. A: C1P3-18a; B: C1P310.1.....	55
Figura 72 - Bioturbações paralelas ao acamamento. Amostras C1P4-2.3 (A), C1P4-3.1a e C1P4-3.1b (B).	57
Figura 73 - Bioturbação intensa em nível sedimentar (C2P4-7.2).	57
Figura 74 - Bioturbações bifurcadas (C1P5-7a e C1P5-7b).	57
Figura 75 - Bioturbação em pista simples, sigmoidal.	58
Figura 76 - <i>Gyrolites</i> , bioturbação em espiral (C3P3-10.2).	58
Figura 77 - Bioturbação oblíqua, com mudanças de direção (C1P6-2.1).	58
Figura 78 - <i>Diplopodichnus</i> sp., coletado no Sítio Belo Monte, amostra C2P3-6.3a....	59
Figura 79 - Espécimes de <i>Bifungites</i> coletados no Sítio Belo Monte. A: C2P2-27a; B: C2P3-2.2a; C: C2P3-2.3b; D: C2P3-6.12; E: C2P4-3.1a; F: C2P3-21a; G: C2P3-21a. Os exemplares estão em escala entre si.	60
Figura 80 - Exemplos de coprólitos coletados no Sítio Belo Monte. A: C2P4-23.7a; B: 8C2P4-23.1a.	60
Figura 81 - Tomografia dos Fósseis no Biography mCT da Siemens.....	61
Figura 82 - Fósseis no interior da amostra C2P4-23.7a, observáveis em imagens de tomografia computadorizada.....	61
Figura 83 - Fósseis no interior da amostra C2P4-23.7a, observáveis em imagens de tomografia computadorizada.....	62
Figura 84 - Modelo tridimensional de bioturbações da amostra C2P4-7.2, em imagem de tomografia computadorizada.....	62
Figura 85 - Exemplar de peixe coletado no Sítio Belo Monte. A: C2P4-36a; B: C2P4-36b.	63
Figura 86 - Detalhe da variação na morfologia de escamas, na lateral do corpo e na região da nadadeira anal (C2P4-36a).	64
Figura 87 - Fósseis de peixes coletados no Sítio Belo Monte, Formação Pitinga. C2P4-R.4a (A), C2P4-R.4b (B), C2P4-R.5 (C), C2P4-R.6 (D), C2P4-R.2a (E) e C2P4-R.2b (F).....	65
Figura 88 - Imagem tridimensional de amostra com peixe fóssil, realizada por tomografia computadorizada.....	66
Figura 89 - Imagem tridimensional de amostra com peixe fóssil, realizada por tomografia computadorizada.....	66
Figura 90 - Imagem tridimensional de amostra com peixe fóssil, realizada por tomografia computadorizada.....	67
Figura 91 - Imagem tridimensional de amostra com peixe fóssil, realizada por tomografia computadorizada.....	67
Figura 92 - Distribuição estratigráfica dos grupos de peixes paleozóicos (Janvier, 1998). Em vermelho, o intervalo de deposição da Formação Pitinga.	68
Figura 93 - Vista de espécimes <i>Incertae sedis</i> , provavelmente atribuídos a um dos gêneros de <i>?Ctenoceras</i> , <i>?Archigeisonoceras</i> e <i>Spyroceras</i> . A: C2P2-5.1a; B: C2P2-5.1b; C: C2P2-12.1a; D: C2P2-12.1b.....	70
Figura 94 - Vista de espécimes <i>Incertae sedis</i> , provavelmente atribuídos a um dos gêneros de <i>?Ctenoceras</i> , <i>?Archigeisonoceras</i> e <i>Spyroceras</i> . E: C2P2-12.1ab; F: C2P2-12.1ab e G: C2P4-16.2.	71

Figura 95 - Vista de espécimes <i>Incertae sedis</i> , indeterminados. A: C2P2-11.2ab.....	72
Figura 96 - Vista de espécimes <i>Incertae sedis</i> , com corpo segmentados por esferas irregulares, disposição geral linear. A: C2P3-6.13; B: C2P4-21.2.	72
Figura 97 - Vista de espécimes <i>Incertae sedis</i> , possíveis pistas de icnofósseis em formato de colar com disposição linear. A: C2P2-29ab e B: C2P2-10.3.....	73
Figura 98 - Vista de espécimes <i>Incertae sedis</i> , possíveis fragmentos de invertebrados fósseis, compostos por esferas de mesma dimensão articuladas. B: C2P3-5.28.....	73
Figura 99 - Vista de espécimes <i>Incertae sedis</i> , formato de pista ou trilhas de deslocamento. A: C2P2-7a e B: C2P2-7b.....	74
Figura 100 - Em A (C2P2-1.11ab) e B (C2P2-R.5ab) vista de espécime <i>Incertae sedis</i> , possíveis graptólitos. Em C (C2P2-10.1), gastrópode ou cefalópode.....	74
Figura 101 - A-F. Exemplos <i>Incertae sedis</i> . A: C2P4-47; B: C2P4-46.2; C: C2P4-67; D: C3P2-23.3; E: C3P2-27.2a e F: C3P2-8.....	75
Figura 102 - A-F. Exemplo <i>Incertae sedis</i> . A: C3P2-27.3a e B: C3P2-27.3b.....	76
Figura 103 - A-B. <i>Incertae sedis</i> (carapaça de invertebrado indeterminado). A: C2P2-R.9b e B: C2P2-R.9a.	76
Figura 104 - Agentes multiplicadores selecionados pelo Consórcio Construtor Belo Monte.	77
Figura 105 - Capa da palestra apresentada pela equipe de paleontologia.....	78
Figura 106 - Henrique Zimmermann Tomassi (esquerda) e José Mendes Gama Júnior (direita), conduziram a atividade de educação patrimonial em paleontologia, representando a equipe da Terragraph.....	78
Figura 107 - Aula expositiva do curso de Paleontologia Estratigráfica, ministrado na UFPA, Campus Altamira.....	80

1. APRESENTAÇÃO

O Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico é um dos programas atualmente em andamento no âmbito da execução do Plano Básico Ambiental – PBA da UHE Belo Monte, o qual vem sendo desenvolvido pela empresa Terragraph para o empreendedor Norte Energia S/A. Este relatório vem apresentar, portanto, os trabalhos de salvamento realizados no primeiro ano de execução do referido programa, aprovado junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM e ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - IBAMA. A coleta de fósseis foi planejada para ocorrer nas áreas de influência direta (AID) e diretamente afetadas (ADA) pelo empreendimento, especificamente nos municípios de Altamira e Vitória do Xingu, Estado do Pará.

As atividades, de modo geral, são executadas em quatro etapas. A primeira é a etapa de campo, que abranje a procura, coleta e transporte de fósseis para a base logística em Altamira. Na etapa posterior, de laboratório, os fósseis são higienizados, preparados, fotografados e descritos. A terceira é a de pesquisa, na qual os fósseis são identificados com base em bibliografia científica e a última etapa é a de escritório, a qual subsidia a elaboração dos relatórios técnicos com frequência trimestral ao empreendedor, semestral ao IBAMA e anual ao DNPM.

Em um ano de atividades de coleta de Salvamento Paleontológico, a execução do cronograma tem sido cumprida integralmente e sem atrasos, sendo considerada, portanto, satisfatória. Ressalta-se, entretanto, que pequenas alterações foram necessárias na seleção das localidades de coleta, tendo em vista a dinâmica de implantação do empreendimento.

Nestas regiões, as investigações geológico-paleontológicas intensivas foram realizadas em campanhas de coleta nos períodos compreendidos entre 18 de julho e 9 de outubro de 2011, 30 de outubro a 20 de novembro de 2011, de 7 de janeiro a 14 de fevereiro de 2012 e de 28 de março a 20 de abril de 2012.

As investigações consistiram da avaliação detalhada das características mineralógicas, estruturais e estratigráficas de rochas sedimentares nos locais de implantação das obras, em áreas em que as escavações criam exposições de rochas potenciais para descrição de colunas estratigráficas e para coleta de fósseis.

Nestas fases de campo houve a coleta de macrofósseis e de amostras para recuperação de microfósseis. Os materiais coletados passaram por processo de curadoria para envio posterior a instituição museológica. Nos períodos entre as campanhas intensivas, equipes reduzidas permaneceram acompanhando o andamento das obras nos canteiros, identificando áreas para coleta e, eventualmente, realizando a coleta emergencial de fósseis nas áreas de avanço das frentes de obra.

Os trabalhos de resgate paleontológico no Sítio Belo Monte consistiram em trabalhos de mapeamento estratigráfico, coleta de campo, laboratório com preparação do material fossilífero, triagem e curadoria dos exemplares. Os afloramentos fossilíferos

prospectados restringiram a conjunto de rochas dos períodos Siluriano, Devoniano e Cretáceo.

A fauna fóssil coletada predominante nas áreas de estudo, está composta por invertebrados, braquiópodes, bioturbações e icnofósseis, com ocorrência secundária de gastrópodes, cefalópodes, moluscos bivalves, e outros indeterminados, bem como ocorrência de peixe e possíveis restos vegetais.

2. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA

Conforme determinado nos artigos 20, 23, 24 e 216 da Constituição Federal, os fósseis são bens da União e ao Estado cabe a responsabilidade da defesa deste patrimônio. As formações sedimentares da bacia do Amazonas possuem notável potencial fossilífero com ocorrência na AID e ADA da UHE Belo Monte.

Considerando o diagnóstico da ADA e AID – Meio Físico (volume 11) e a avaliação de impactos (volumes 29 e 30) apresentados no EIA/RIMA da UHE Belo Monte, o Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico inicialmente não constava do conjunto de projetos e programas ambientais apresentados no volume 33 do referido documento, e tampouco do PBA da UHE Belo Monte.

O presente programa originou-se, inicialmente, a partir do atendimento da condicionante 2.28 da Licença Prévia Nº 342/2010 emitida pelo IBAMA, a qual demandou a apresentação de manifestação do DNPM acerca do resgate paleontológico na região. Assim, o órgão através do Ofício Nº 125/2010, da Diretoria de Fiscalização da Atividade Minerária, de 08 de novembro de 2010, solicitou a elaboração de um programa preventivo de salvamento do patrimônio paleontológico nas áreas de influência direta (AID) e diretamente afetada (ADA) do empreendimento, o qual foi devidamente aprovado e incluído no extenso ramo de ações do PBA da UHE Belo Monte.

Essencialmente, o programa atua nas áreas do empreendimento em que rochas da bacia do Amazonas serão escavadas, remobilizadas ou inundadas. Nestas áreas encontra-se a região próxima a Altamira, que fará parte do Reservatório do Rio Xingu, o sítio Belo Monte, os diques da casa de força principal e os diques de fechamento da porção final do Reservatório Intermediário. Para essas áreas, realiza-se a coleta e inventário de fósseis bem como a verificação das correlações bioestratigráficas.

Atividades de educação patrimonial foram mencionadas no ofício do DNPM como parte integrante do Programa de Salvamento Paleontológico. Dentre as atividades de divulgação elencadas no presente programa, há cursos para professores e alunos das escolas de Altamira, Vitória do Xingu e Belo Monte, cursos rápidos de conscientização e divulgação da atividade junto à profissionais do CCBM – Consórcio Construtor Belo Monte – responsável pela execução das obras da usina, distribuição de guia ilustrado de fósseis da região para as escolas da região, a disponibilização de informações e orientação para a realização de exposições temporárias de Paleontologia, incluindo-se a elaboração de material expositivo.

Até o momento, todos os objetivos determinados no PBA estão sendo cumpridos conforme escopo e cronograma estabelecidos.

3. ATENDIMENTO DAS METAS DO PROGRAMA

O programa 9.3 do PBA da UHE Belo Monte apresenta as seguintes metas para o Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico, transcritas *ipsis litteris*:

- Levantamento bibliográfico e inventário acerca do Potencial Paleontológico da AID e ADA da UHE Belo Monte, por meio de pesquisas em publicações científicas e em arquivos e relatórios da Eletrobras/Eletronorte e que documentem mapeamentos geológicos e descrições litológicas de afloramentos e sondagens rotativas que atravessaram as rochas sedimentares da região, ao longo do primeiro ano.
- Realização de um inventário de exemplares fósseis da Bacia do Amazonas (provenientes das unidades sedimentares ocorrentes na AID e ADA da UHE Belo Monte) nas coleções do Museu Nacional e CENPES, a fim de preparar o curso para os funcionários do empreendimento e palestras/cursos de divulgação para as comunidades afetadas, além de melhor orientar a busca dos intervalos fossilíferos nos trabalhos de campo e monitoramento das escavações.
- Trabalhos de campo na AID/ADA da UHE Belo Monte para coleta de fósseis: (1) em afloramentos nos cortes de estrada e (2) nas margens do Rio Xingu e de seus tributários, (3) em sondagens antigas e novas e (4) nas áreas de escavações (sítio Belo Monte, diques de fechamento da porção final do Reservatório Intermediário, diques da casa de força principal e a região próxima a Altamira, que fará parte do Reservatório do Rio Xingu), ao longo dos primeiros cinco anos do empreendimento. Os trabalhos de campo objetivarão a busca, caracterização estratigráfica e coleta de fósseis, somente nas regiões onde ocorrem unidades sedimentares. Nas sondagens, será efetuada a busca e recuperação de macrofósseis, icnofósseis e microfósseis em 2.698 caixas de testemunhos de sondagens (selecionadas dentre as 3.493 armazenadas na subestação da Eletrobras/Eletronorte em Altamira (PA) – fonte: documento BEL-V-190-0159, de junho de 2004 – Depósito de amostras de sondagens: disposição do armazenamento das caixas - organizado pela EEGH). Estas sondagens atravessaram estratos das formações Pitinga e Manacapuru (Grupo Trombetas), Maecuru e Alter do Chão. Análise semelhante será efetuada nos testemunhos das futuras sondagens rotativas que serão perfuradas na região de Belo Monte.
- Treinamento de funcionários envolvidos nas escavações que afetarão localidades potencialmente fossilíferas, no primeiro e terceiro trimestre do primeiro ano do empreendimento. Essa atividade compreenderá cursos de capacitação em identificação e técnicas de coleta de fósseis (com fotos e amostras de mão dos fósseis da região), podendo ser realizados cursos de reforço durante a construção do empreendimento. Os cursos serão ministrados em períodos concomitantes aos primeiros trabalhos de campo

citados acima, de modo a contemplar as equipes que irão participar das atividades relacionadas ao programa.

- Monitoramento presencial periódico de um paleontólogo e um geólogo durante as etapas de escavações dos seguintes sítios construtivos (ao longo dos primeiros cinco anos do empreendimento): Belo Monte, diques de fechamento da porção final do Reservatório Intermediário, diques da casa de força principal e a região próxima a Altamira, nos períodos em que as obras atingirem as unidades sedimentares (para a busca, caracterização estratigráfica e coleta de fósseis).
- Realização de atividades de divulgação paleontológica e educação patrimonial nas comunidades afetadas (ao longo dos primeiros cinco anos do empreendimento), disponibilizando informações específicas através de cursos para os professores e palestras para os alunos (ministrados pelo paleontólogo coordenador do programa), de modo a inserir tal conteúdo no Programa de Educação Ambiental a ser implantado no âmbito do PBA da UHE Belo Monte para os alunos das escolas de Altamira, Vitória do Xingu e Belo Monte. Estas atividades serão realizadas no Centro de Informações da UHE Belo Monte, junto com outras iniciativas nas áreas de educação ambiental e patrimonial. Serão abordados conceitos gerais de Paleontologia, com ênfase nos fósseis da região.
- Disponibilização de informações e orientação para a realização de exposições temporárias referentes ao material paleontológico resgatado nas obras de implantação da UHE Belo Monte (no terceiro e quarto ano do empreendimento). Os fósseis transferidos para salvaguarda no Museu Nacional e CENPES, após serem tombados nas respectivas coleções, serão fotografados para integrar o acervo digital do empreendimento, junto com as demais informações pertinentes (no quarto e quinto ano do empreendimento). Peças em duplicata retiradas da AID e ADA poderão ficar em exposição no Centro de Informação do empreendimento em Altamira.
- Elaboração de um Guia ilustrado de fósseis da Bacia do Amazonas na região da Volta Grande do Rio Xingu, no quarto e quinto ano do empreendimento.

Atendendo-se, portanto, às metas indicadas no PBA, foram realizadas no primeiro ano de atividades a coleta e conservação de fósseis, em cumprimento ao cronograma apresentado.

Houve também a elaboração de guia de treinamento para funcionários da Norte Energia, CCBM, bem como de colaboradores da Terragraph (Estagiários da Universidade Federal do Pará - UFPA). As atividades de educação patrimonial tiveram início em março de 2012 e continuarão a ocorrer ao longo do projeto.

Ressalta-se, contudo, que a construção de inventário de fósseis da bacia do Amazonas é uma atividade contínua já iniciada e a ser desenvolvida ao longo do projeto, a qual subsidia tanto o reconhecimento dos fósseis, quanto os a educação patrimonial e a elaboração do guia ilustrado.

Ressalta-se, entretanto, que a mesma não foi desenvolvida junto ao CENPES e ao Museu Nacional, conforme citado no programa, mas sim junto ao Museu Paraense

Emílio Goeldi, instituição de referência nacional e da própria região, e por meio de referências bibliográficas diversas. Da mesma forma, o material coletado deverá permanecer sob a curadoria desta instituição, tendo sido esta informação apresentada a DNPM através do documento protocolado pela Norte Energia, a CE NE 240/2011, de 12 de julho de 2012.

Por último, informa-se que dos três segmentos apresentados pelo programa como áreas objeto de resgate, a Área 3 (Travessão 27, acesso às obras do Sítio Pimental) foi acompanhada e vistoriada pela equipe responsável pelo salvamento durante às obras de ampliação do mesmo, nas áreas coincidentes com a faixa de sedimentos da Bacia Amazônica. Entretanto, verificou-se apenas a existência de solos provenientes dos processos pedológicos impostos nas rochas da região (principalmente relacionados à ação intempérica) não havendo, portanto, possibilidade de resgate de material fossilífero.

3.1. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO PRIMEIRO ANO DE PROGRAMA

No primeiro ano de atividades, foram cumpridas as cinco primeiras etapas definidas internamente para a execução dos trabalhos. A primeira etapa compreendeu o levantamento da bibliografia básica bem como a instalação de infraestrutura local para o adequado desenvolvimento das atividades de coleta de material fossilífero.

3.1.1. ETAPA 1 – AQUISIÇÃO DE MATERIAIS DE CAMPO E ESCRITÓRIO

Os trabalhos da Etapa 1 ocorreram entre 18 e 25 de julho de 2011 (**Quadro I**). Nesta fase ainda, uma atividade extra escopo foi realizada através da elaboração e submissão de resumo para o XXII Congresso Brasileiro de Paleontologia, tratando sobre método de análise espacial a ser desenvolvido e aplicado nos trabalhos de salvamento paleontológico da UHE Belo Monte em caráter experimental, conforme apresentado no **Anexo 1**.

A seguir, são apresentadas de forma resumida as atividades realizadas no período.

Quadro 1 - Atividades desenvolvidas na Etapa 1.

PERÍODO	ATIVIDADE
11 a 22/07/2011	Preparação de material didático para treinamento de auxiliares de campo
18 a 22/07/2011	Aquisição de bibliografia básica
18 a 22/07/2011	Estudo da bibliografia básica
23/07/2011	Reunião da equipe
24/07/2011	Deslocamento Brasília-Altamira
25/07/2011	Preparação da base logística
26/07/2011	Reconhecimento das áreas a serem coletadas, com funcionários da Norte Energia.
26/07/2011	Elaboração de sumário geológico/paleontológico local

28/07/2011	Reunião com Gerência de Gestão Ambiental da Norte Energia – Sede Altamira
29/07/2011	Vistoria e contagem de cilindros de sondagem da Norte Energia na subestação da Eletronorte
28 a 31/07/2011	Aguardo do curso de integração à Norte Energia
01/07/2011	Curso de integração à Norte Energia

No período de 11 a 22 de julho de 2011, a equipe realizou o preparo do material didático para treinamento de auxiliares de campo, a pesquisa e a aquisição de publicações científicas e relatórios sobre a geologia local para orientar os trabalhos de campo e as pesquisas taxonômicas e tafonômicas relacionadas aos fósseis, em laboratório. Também foi providenciado o aluguel de veículo e base logística em Altamira e organização da mesma, com a compra de materiais de consumo e ferramentas. A elaboração de sumário geológico e paleontológico das ocorrências potenciais em Altamira-Belo Monte foi realizada com base em referências bibliográficas, a fim de auxiliar os trabalhos de campo.

Antes do início da coleta em campo, a equipe reuniu-se com a reunião com a Gerência de Gestão Ambiental da Norte Energia em Altamira, a fim de se discutir as diretrizes do Salvamento Paleontológico. Foi realizada também a vistoria e contagem de cilindros de sondagem da Norte Energia na subestação da Eletronorte.

Para a coleta de fósseis foi programada uma campanha de investigações através da execução de vistorias nos canteiros de obras que visavam complementar os estudos anteriores pela indicação de áreas interessantes para a coleta. No primeiro momento, foi desenvolvida atividade de reconhecimento das áreas, com funcionários da Norte Energia, e cumprido o curso de integração ao CCBM.

3.1.2. ETAPAS 2, 3, 4 E 5 – CAMPANHAS I, II, III E IV

Pelos princípios paleontológicos, o mais indicado seria a coleta total de todo e qualquer material que poderá ser impactado com a construção do empreendimento. Assim, nas Campanhas I, II, III e IV os esforços tiveram por principal objetivo a coleta do máximo de material fossilífero nas rochas sedimentares expostas pelas atividades dos canteiros de obra. A realização das referidas campanhas seguiram a cronologia apresentada abaixo (**Quadro 2**).

Quadro 2 - Atividades das Etapas 2 a 5, realizada no primeiro ano de atividades.

	PERÍODO	ATIVIDADE
Etapa 2 (Campanha I)	01/08/2011	Comunicação ao DNPM acerca do período de coleta da Campanha I
	01/08/2011 02 a 12/08/2011	Deslocamento Brasília-Altamira Trabalhos de descrição de colunas sedimentares e coleta de fósseis no canteiro de obras de Belo Monte – Área 1. Vistoria regular das obras no Travessão 27 – Área 3.
	06/08/2011	Vistoria de afloramentos nas margens do rio Xingu, nos arredores de Altamira.

	PERÍODO	ATIVIDADE
	14 a 20/08/2011	Preparação de macrofósseis em laboratório (base logística). Vistoria regular das obras no Travessão 27 – Área 3 e nos canteiros do Sítio Belo Monte – Área 1.
	15 a 19/08/2011	Seleção de estagiários da UFPA para participar do projeto
	20/08/2011	Deslocamento Altamira-Brasília
	15/08 a 18/10/2011	Seleção de geólogo para integrar a equipe de campo
	21/08 a 20/10/2011	Elaboração do relatório trimestral Norte Energia.
Etapa 3 (Campanha II)	30/10/2011	Comunicação ao DNPM acerca do período de coleta da Campanha II
	30/10/2011	Deslocamento Brasília-Altamira
	31/10/2011 a 13/11/2011	Trabalhos de descrição de colunas sedimentares e coleta de fósseis no canteiro de obras de Belo Monte – Área 1. Vistoria regular das obras no Travessão 27
	14 a 18/11/2011	Preparação de macrofósseis em laboratório (base logística). Vistoria regular das obras no Travessão 27 – Área 3 e nos canteiros do Sítio Belo Monte – Área 1.
	19/11/2011	Deslocamento Altamira-Brasília.
	20/11 a 06/01/2012	Elaboração do relatório trimestral Norte Energia.
Etapa 4 (Campanha III)	06/02/2012	Comunicação ao DNPM acerca do período de coleta da Campanha III.
	07/01/2012	Deslocamento Brasília-Altamira.
	08 a 17/01/2012	Trabalhos de descrição de colunas sedimentares e coleta de fósseis no canteiro de obras de Belo Monte – Área 1. Vistoria regular das obras no Travessão 27 – Área 3.
	18/01/2012	Vistoria preliminar de afloramentos nas margens do rio Xingu, nos arredores de Altamira – Área 2.
	19 a 28/01/2012	Preparação de macrofósseis em laboratório (base logística). Vistoria regular das obras no Travessão 27 – Área 3 e nos canteiros do Sítio Belo Monte – Área 1.
	30/01 a 06/02/2012	Execução da Etapa Intermediária, que consiste na triagem e organização de cilindros de sondagem na Subestação da Eletronorte em Altamira.
	07 a 14/02/2012	Elaboração de material para a educação patrimonial.
	15/02/2012	Deslocamento Altamira-Brasília.
16/02 a 02/04/2012	Elaboração do relatório semestral IBAMA.	

	PERÍODO	ATIVIDADE
Etapa 5 (Campanha IV)	02/04/2012	Comunicação ao DNPM acerca do período de coleta da Campanha IV.
	28/03/2012	Deslocamento Brasília-Altamira.
	29/03/2012	Palestra de Educação Patrimonial para multiplicadores do CCBM.
	30/03 a 11/04/2012	Trabalhos de descrição de colunas sedimentares e coleta de fósseis no canteiro de obras do Sítio Belo Monte – Área 1 e Travessão 27 – Área 3.
	09 a 18/02/2012	Desenvolvimento do curso de Paleontologia Estratigráfica para alunos da UFPA, <i>Campus Altamira</i>
	12 a 19/04/2012	Preparação de macrofósseis em laboratório (base logística). Vistoria regular das obras no Travessão 27 – Área 3 e nos canteiros do Sítio Belo Monte – Área 1.
	19 a 20/04/2012	Deslocamento Altamira-Brasília.
	23/04 a 27/06/2012	Elaboração do relatório anual DNPM.

4. AUTORIZAÇÕES E LICENÇAS

O desenvolvimento das atividades de salvamento paleontológico encontra-se em conformidade com o que dispõe o Decreto-lei nº 4.146, de 04 de março de 1942: “Os depósitos fossilíferos são propriedades da Nação, e, como tais, a extração de espécimes fósseis depende de autorização prévia e fiscalização do Departamento Nacional da Produção Mineral, do Ministério da Agricultura”. (grifo do autor)

Em conformidade com o disposto no Decreto-lei acima, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), por meio do Ofício N° 125/2010 – DIFIS, concluiu pela necessidade da Norte Energia S.A. elaborar, preventivamente, um Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico.

Esse Programa foi elaborado pela Norte Energia e, posteriormente, encaminhado ao DNPM para análise e aprovação, Documento NE 004 / 2011 – DS, 10 de janeiro de 2011.

O órgão fiscalizador (DNPM) autorizou a execução das atividades de campo e coleta na área paleontológica para a implantação da UHE de Belo Monte. O Diretor de Fiscalização, Walter Lins Arcoverde, por meio do Ofício nº 15/DIFIS, de 28 de fevereiro de 2011, afirma que:

“Foi realizada a análise do Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico da UHE Belo Monte, com parecer favorável à

autorização para a coleta (extração ou resgate) do material fóssil porventura encontrado durante os trabalhos de implantação do empreendimento.

Assim sendo, conforme disposto no Decreto-lei nº 4.146, de 04 de março de 1942, a Norte Energia S.A. fica autorizada a executar a coleta (extração) de material fóssil porventura encontrado no período das obras de implantação da UHE Belo Monte”.

O Ofício N° 15/2011 menciona que o Programa de Salvamento deverá ser feito por equipe técnica, preferencialmente paleontólogo e geólogo, responsáveis pela execução do projeto, evitando, assim, danos ao material paleontológico. Devendo-se comunicar o DNPM eventuais alterações na equipe técnica.

O Documento CE NE 240/2011 – DS (Processo DNPM nº 48400-001560/2011-42, referente ao Processo nº 1346/2010), de 12 de julho de 2011, apresentou retificações ao Programa de Salvamento inicialmente proposto e a apresentação da equipe responsável pela execução do programa, conforme recomenda o Ofício nº 15/2011.

As alterações mencionadas referem-se à equipe de consultores, constando profissionais da área de micropaleontologia, paleontologia de invertebrados e paleopalínologia, sendo, respectivamente, M.Sc. Henrique Zimmermann Tomassi (coordenador técnico), M.Sc. José Mendes Gama Júnior e Dra. Fátima Praxedes Rabelo Leite.

No Documento CE NE 240 / 2011 – DS incluiu-se, ainda, as datas da Campanha I de coleta a ser realizada nas obras da UHE de Belo Monte entre os dias 14 de julho e 05 de agosto de 2011.

Seguindo-se com a execução do Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico, a equipe técnica realizou a Campanha II entre os dias 31 de outubro e 20 de novembro de 2011. Os trabalhos de campo e coleta foram comunicados ao DNPM, por meio do Documento CE NE 477/2011 – DS, no dia 31 de outubro de 2011.

A Carta de comunicação apresenta, ainda, a inclusão do geólogo Bruno Ericksom Matos Facundo à equipe de Salvamento Paleontológico para atuar nos arredores de Altamira durante todo o período de atividade do projeto.

As atividades da Campanha III foram comunicadas ao DNPM por meio do protocolo do Ofício CE NE 628/2011 – DS, em 21 de dezembro de 2011. Os pesquisadores coletaram amostras de macro e microfósseis entre os dias 07 de janeiro e 28 de fevereiro de 2012. Nesse período também foi realizada a triagem e o inventário dos cilindros de sondagem. O material coletado está armazenado e devidamente acondicionado na sede da Terragraph, no Município de Altamira (Pará).

A Campanha IV de atividades de campo e coleta de material fóssil foi realizada entre 29 de março e 21 de abril de 2012 e informada ao órgão fiscalizador por meio do Documento nº CE NE 137/2012-DS em 2 de abril de 2012. Este documento também

informou a substituição da paleopalinóloga Dra. Fátima Praxedes Rabelo Leite pela especialista na mesma área do conhecimento Dra. Maira Barberi.

Dessa forma, pode-se observar que os trabalhos da equipe de Paleontologia encontram-se pautados pela legalidade, cumprindo as determinações do órgão fiscalizador, nos termos do Ofício nº 15/DIFIS/DNPM, de 28 de fevereiro de 2011 e do Decreto-lei nº 4.146, de 04 de março de 1942.

5. FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

5.1. COLETA DE MATERIAIS FOSSILÍFEROS

Em campo, o veículo foi usado para deslocar a equipe de trabalho para as áreas de interesse e para a logística de abastecimento da base de trabalho. Nos locais em que exposições de rochas sedimentares da bacia do Amazonas foram observadas, e que são coincidentes com área de obras afetadas pelo empreendimento, a coleta iniciou-se pela localização do local com uso de aparelho GPS e pela descrição litológica dos estratos com uso de martelos, marretas, bússolas, lupas de mão, trenas, dentre outros materiais (**Figura 1**).

Exposições de pacotes de rocha sedimentar somente foram alvo de coleta se a espessura total era maior que um metro. Os pacotes sedimentares com espessura menor foram objeto de descrição e coleta apenas no caso da identificação de microfósseis nos mesmos.

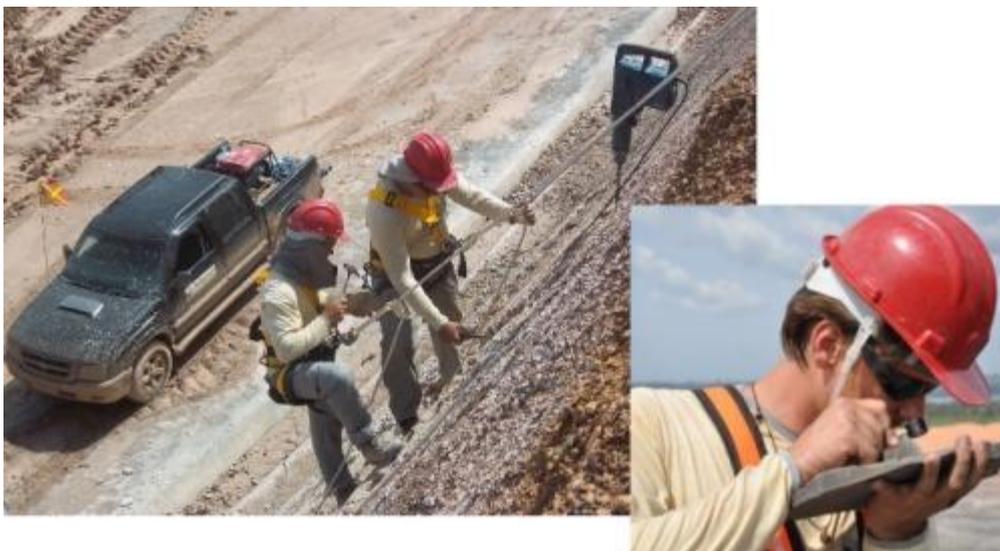


Figura 1 - Investigação em afloramento, busca por registros fossilíferos.

A amostragem de fósseis ocorreu em canteiros de obras que expuseram rochas sedimentares com potencial fossilífero. A coleta deu-se pela descrição das rochas sedimentares e a subsequente produção de colunas estratigráficas, onde os níveis fossilíferos foram indicados e coletados (**Figura 2**). Amostras de rochas de níveis com

potencial para recuperação de microfósseis foram coletadas e armazenadas em sacos plásticos etiquetados (**Figura 3**). Este método previne a contaminação de microfósseis entre as amostras durante o transporte e acondicionamento. Mesmo níveis em que o potencial microfossilífero não se apresentou interessante, na observação em campo, foram coletados com regularidade, a fim de serem conferidos nas condições melhores que o laboratório oferece.



Figura 2 - Colunas estratigráficas elaboradas em campo, onde os fósseis coletados foram estratigraficamente posicionados.



Figura 3 - Amostras para recuperação de microfósseis, embaladas em sacos plásticos a fim de evitar a contaminação.

Níveis com macrofósseis foram escavados com uso de martelos, marretas, talhadeiras, picaretas, enxadas, carrinho de mão e equipamentos de proteção individual. As rochas foram desmontadas com o auxílio de martelo demolidor, importante na abertura de camadas de rocha em grandes placas, método que

aumenta a probabilidade da descoberta de macrofósseis, evitando sua fragmentação (**Figura 4**).



Figura 4 - Uso do martelo demolidor na busca por macrofósseis em camadas de rocha sedimentar.

Os macrofósseis coletados foram protegidos com guardanapos e embalados em sacos plásticos, para o transporte até a base logística (**Figura 5**). Aqueles com risco de fragmentação foram estabilizados com Paraloid B72 diluído em álcool. A numeração dos espécimes de macrofósseis e amostras para micropaleontologia se deu a partir do modelo alfanumérico CxPy-w.mz, onde “x” é o número da campanha de coleta, “y” é o número do ponto de coleta, “w” é número do nível estratigráfico da coluna, “m” é o número do exemplar dentro do nível (apenas para níveis com mais de uma amostra) e “z” é a sequência de letras (a, b, c...) para macrofósseis compostos por mais de uma parte (exemplo: C1P6-4.1a).

Fósseis “rolados”, ou seja, com posicionamento estratigráfico duvidoso, receberam a letra “R” como número do nível estratigráfico. Exemplares recebidos de terceiros, em doação, foram numerados segundo a notação CxDyz, onde “x” é o número da campanha de coleta, “y” é o número da doação e “z” é a sequência de letras (a, b, c...) para macrofósseis compostos por mais de uma parte.

Em campo, as amostras foram acondicionadas, sem sobreposição, em caixas marfinites empilhadas e transportadas cuidadosamente até o laboratório em Altamira. Para todos os exemplares coletados, de macro e microfósseis, foram feitas em campo fichas individuais com todas as informações de coleta dos espécimes. Estas informações foram conferidas na fase subsequente, a preparação dos macrofósseis na fase de curadoria.



Figura 5 - As amostras receberam embalagem provisória em guardanapos, como proteção durante o transporte para a base logística.

5.2. CURADORIA DO MATERIAL COLETADO

A curadoria das peças visa à preservação plena do patrimônio material, que deve ser garantida. Entende-se por preservação não apenas a manutenção adequada do acervo coletado, mas ações preventivas e de conservação continuada para a estabilidade e prolongamento da vida dos fósseis no acervo, bem como a informação intrínseca a ele.

Sendo assim, a identificação de riscos não pode ser pensada apenas na previsibilidade de possíveis sinistros, mas na implantação de técnicas e métodos para garantir a integridade física dos fósseis diante de todas as adversidades que implicam no processo de deterioração material, seja no transporte, manuseio ou acondicionamento. É preciso criar ambientes e condições favoráveis para evitar qualquer tipo de perda e com isso garantir a longevidade desses objetos. Entende-se, portanto, que não é suficiente coletar incessantemente se não houver condições de promover o armazenamento correto das amostras. Por isso, a conclusão das campanhas de coleta ocorrem com o trabalho de curadoria em laboratório (**Figura 6**).

Assim, os microfósseis foram triados, limpos e preparados por método que consistiu na limpeza com uso de ferramentas abrasivas, perfurantes e micro-retífica (**Figuras 7 e 8**). Para análise apurada em microscópio para sua identificação preliminar, eles foram higienizados e expostos da matriz sedimentar, além da mesma ser moldada em formato preferencialmente retangular, para facilitar seu transporte e acondicionamento.

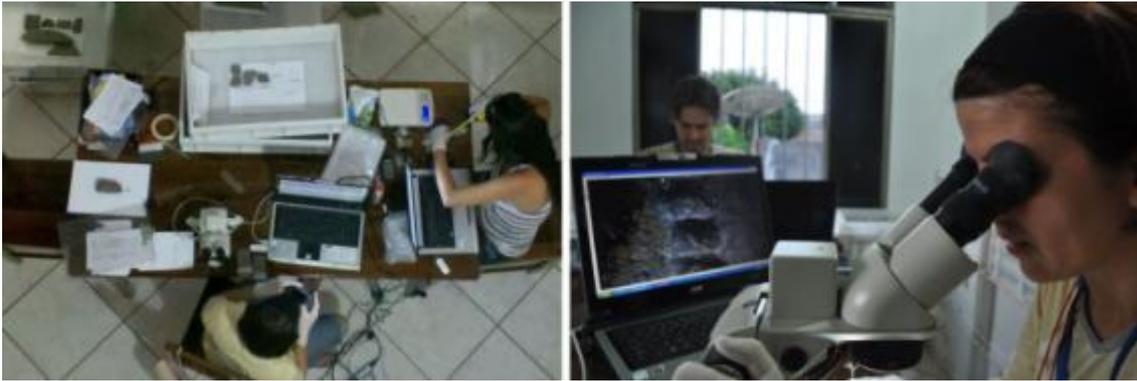


Figura 6 - Preparação em laboratório, na base logística em Altamira.

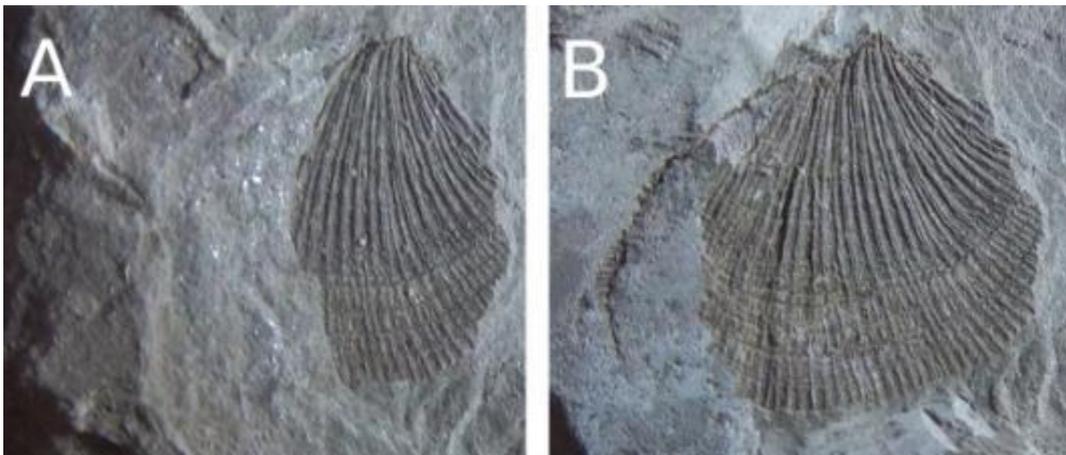


Figura 7 - Braquiópode (C3P1-1.13b) antes (A) e após (B) a preparação.

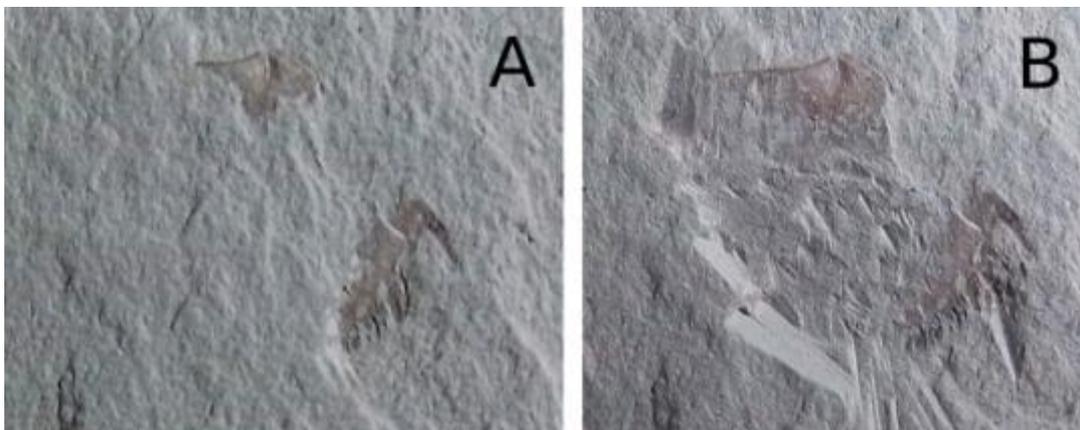


Figura 8 - Apêndice de artrópode (C3P2-17) antes (A) e após (B) a preparação.

Fósseis fragmentados durante o transporte do campo para o laboratório foram estabilizados com o uso de Paraloid B72 diluído em álcool. A identificação das peças foi feita com fita crepe com número de identificação escrito à caneta, separada da peça por camada de plástico transparente, a fim de evitar o contato direto da cola da fita (substância degradante) com a rocha e o fóssil. Os fósseis foram, então, descritos, medidos e pesados para a elaboração de inventário e posterior acondicionamento para o transporte para a instituição museológica responsável por sua salvaguarda (Figura 9).



Figura 9 - Amostras de macrofósseis preparadas e identificadas, acondicionadas em caixas para transporte à instituição museológica.

É recomendável que aqueles que manuseiam os fósseis tomem certos cuidados para garantir a segurança do acervo contra a deterioração pelo manuseio ou por agentes biológicos e ambientais (variações de umidade e temperatura). Para tanto a equipe fez uso de luvas descartáveis para a manipulação dos fósseis, que foram acondicionados sem sobreposição, em camas de polietileno expandido, material inerte e estável. O acervo coletado foi depositado em sala segura com temperatura e umidade controladas, onde permanecerão até o envio para a instituição museológica.

5.3. CONTEXTO GEOLÓGICO

A área da construção da Usina de Belo Monte está situada sobre rochas da bacia Sedimentar do Amazonas e do Embasamento Cristalino do Complexo Xingu, localizada na região norte do Brasil. Essa bacia ocupa uma superfície de aproximadamente 500.000 km², distribuindo-se pelos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima na região norte do Brasil.

A bacia do Amazonas está representada, nas redondezas da UHE de Belo Monte, pelas formações Pitinga e Manacapuru (Grupo Trombetas), formações Maecuru e Ererê (Grupo Urupadi), Formação Curiri e Formação Alter do Chão (**Figuras 10 e 11**). O Eopaleozóico é escassamente representado no Brasil, provavelmente devido ao bloco continental brasileiro estar quase totalmente emerso, havendo assim poucos depósitos marinhos. Além disso, grande parte da porção sulamericana do Gondwana situava-se no círculo polar antártico.

O Grupo Trombetas, bacia do Amazonas, abriga a mais rica composição fóssil do Siluriano no Brasil, sendo testemunho da vida Eopaleozóica, registrando a primeira grande transgressão marinha paleozóica na plataforma brasileira. Ocorrem depósitos

siliciclásticos, depositados em mar raso, influenciado pela glaciação Ordoviciano-Siluriana, que afetou grande parte do Gondwana. A maior concentração de invertebrados provém da Formação Pitinga (folhelhos e diamictitos marinhos, arenitos finos com siltitos intercalados e estratificação ondulada truncada) em afloramentos situados no Município de Oriximiná, Estado do Pará (Riff, 2011).

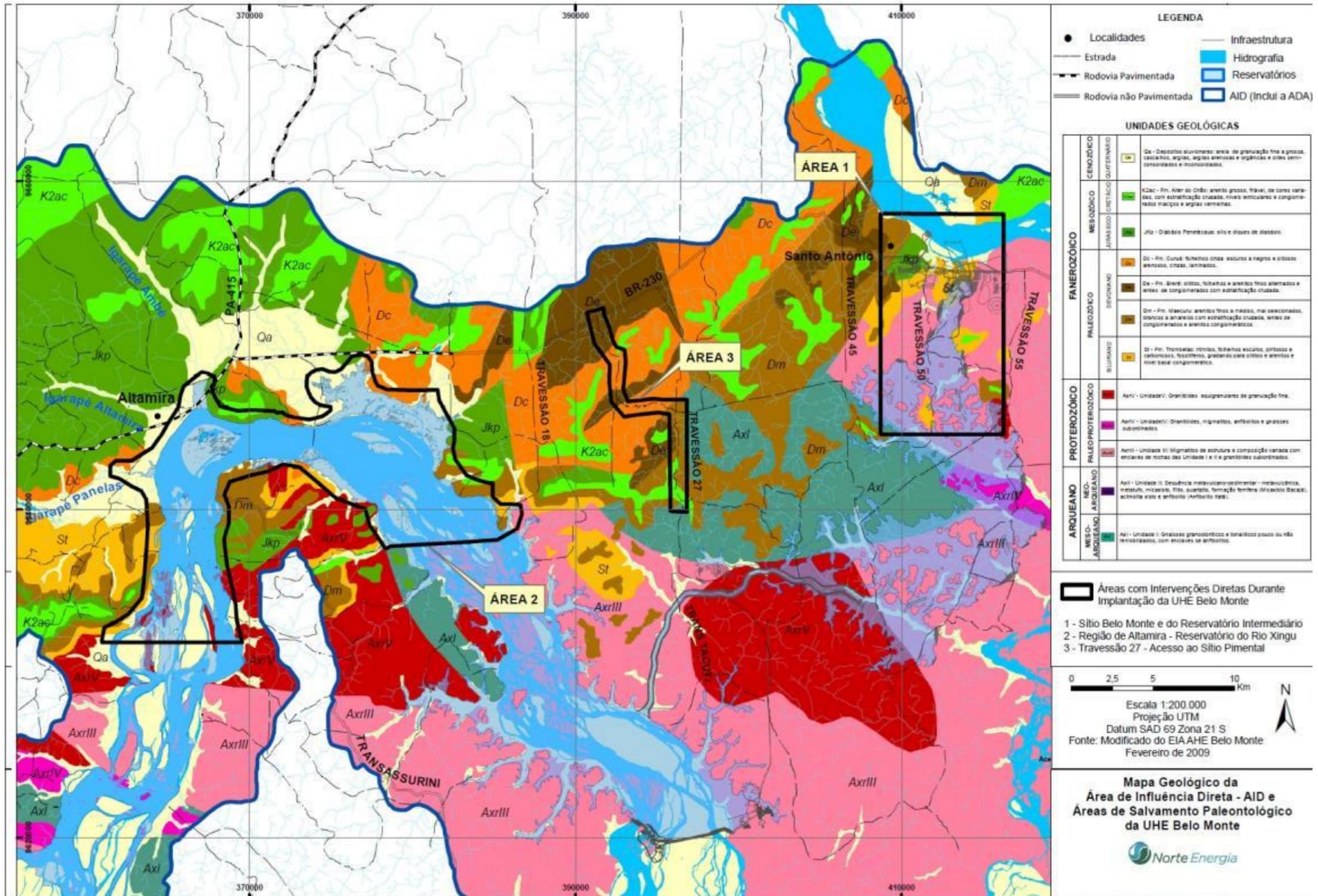


Figura 10 - Mapa geológico da bacia do Amazonas e embasamento nas AID e ADA dos meios físico e biótico.

O conhecimento de que a bacia do Amazonas ocupou região de alta latitude durante o Siluriano (**Figura 12**) está de acordo com a ocorrência de acritarcas características de alta paleolatitudes tais como *Perforela perforata*, *Tylotopala pyramidalis* e *Tyrannus giganteus* identificados na Formação Pitinga. A ocorrência de acritarcas anormais e de acritarcas características de alta paleolatitudes aliada aos níveis de diamictito reflete condições de clima frio durante a transição Ordoviciano-Siluriano no Paleozóico da bacia do Amazonas (Cardoso, 2010).

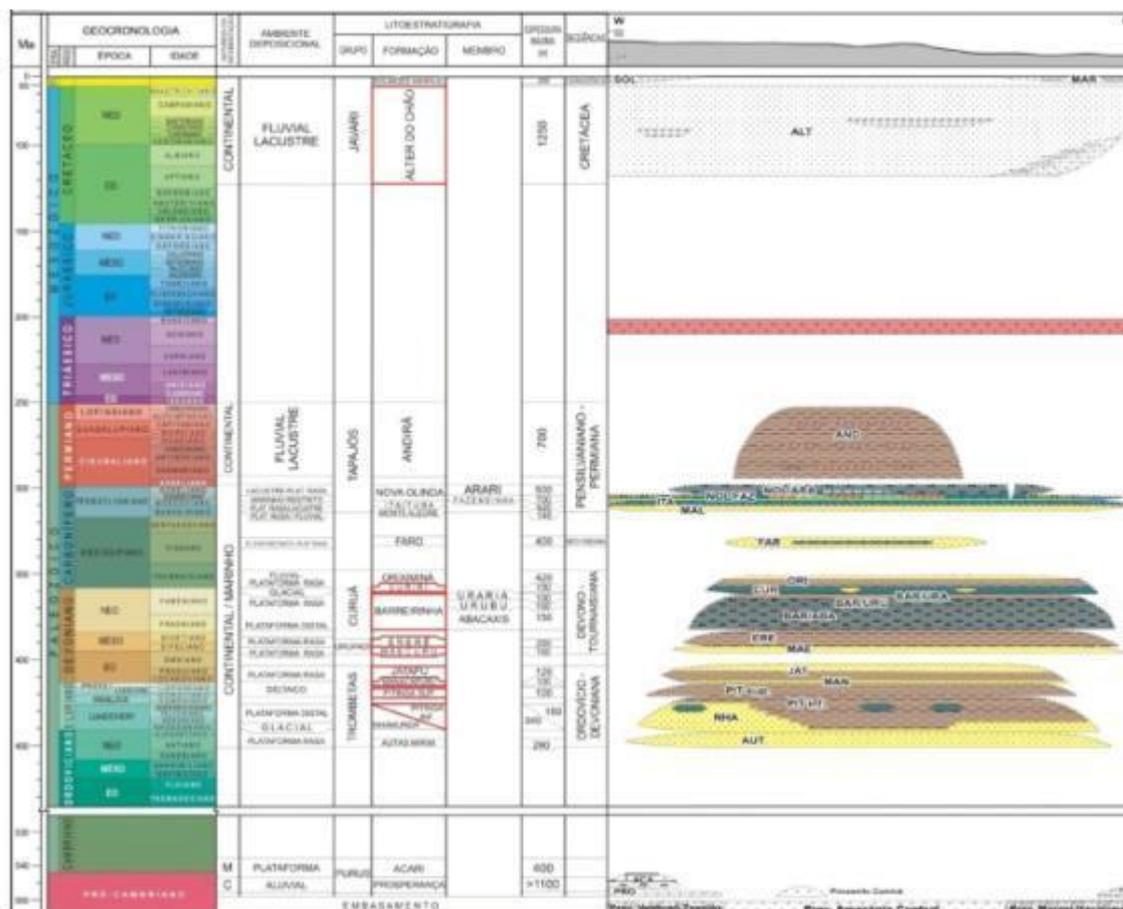


Figura 11 - Seção cronoestratigráfica da bacia do Amazonas (Cunha et al., 2007), com formações aflorantes nos arredores da UHE de Belo Monte ressaltadas em vermelho.

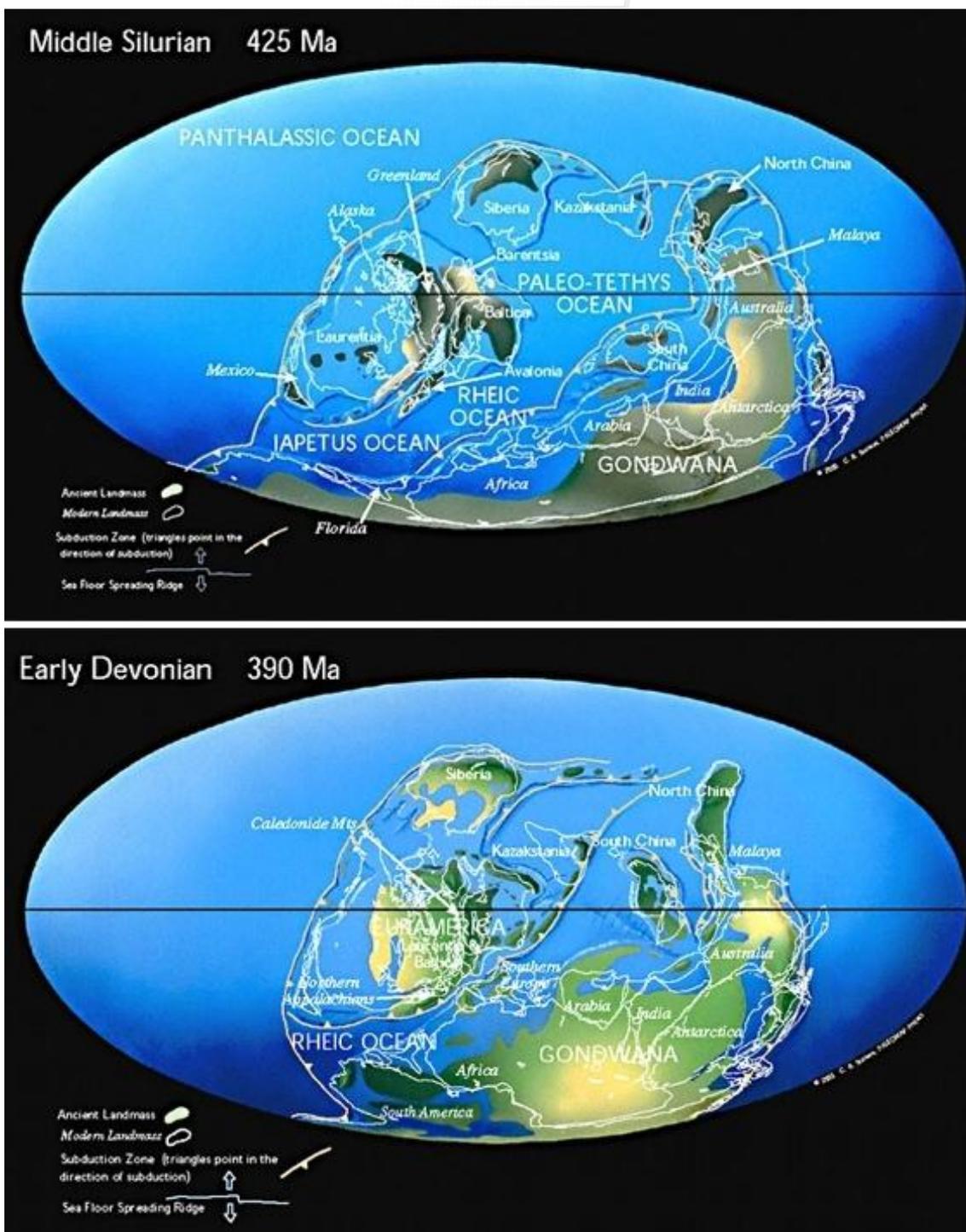


Figura 12 - Disposição das massas continentais no Siluriano Médio (425 milhões de anos) e Eodevoniano (390 milhões de anos; Scotese, 2011).

Estas unidades apresentam uma assemblagem diversa de fósseis, especialmente de invertebrados, mas a escassez de afloramentos dificulta seu estudo pormenorizado. Apesar da relativa riqueza em microfósseis marinhos, os estratos paleozóicos da bacia do Amazonas geralmente são datados e correlacionados por meio de microfósseis recuperados de poços e sondagens. Esses consistem, sobretudo, em palinóforos (em geral miósporos, quitinozoários, acritarcas e prasinofícias) ocorrentes em grande parte do Paleozóico regional. A sequência paleozóica também

concentra a maior parte dos registros de microfósseis da bacia, sobretudo invertebrados (e mais raramente peixes). Os mesmos habitaram mares epicontinentais que, de forma intermitente, ocuparam a região do Siluriano ao Permiano (Wanderley Filho *et al.*, 2005).

A assemblagem fóssilífera da área é composta por palinóforos, vegetais, invertebrados, vertebrados e icnofósseis de idades siluriana, devoniana e cretácea. Os fósseis registrados nas sete unidades litológicas com ocorrência nos arredores de Altamira e Vitória do Xingu (PA) são:

- 1 - Formação Pitinga: braquiópodes inarticulados (lingulídeos) e moldes de articulados (Grahm & Melo, 1990), graptólitos, quitinozoários e miósporos (Grahm & Melo, 1990, 2003; Grahm, 2005a; Steemans *et al.*, 2008).
- 2 - Formação Manacapuru: peixes acantodos e condríctios mais antigos do Brasil (Janvier & Melo, 1988, 1992), braquiópodes, conulárias e icnofósseis (Wanderley Filho *et al.*, 2005).
- 3 - Formação Maecuru: braquiópodes, trilobitas, moluscos bivalves, gastrópodes, crinóides, briozoários, belerofontídeos, cnidários, tentaculídeos e conulárias (Ponciano *et al.*, 2007a,b; Ponciano & Machado, 2007a,b; Ponciano *et al.*, 2008).
- 4 - Formação Ererê: braquiópodes, moluscos bivalves, gastrópodes, trilobitas, crinóides e tentaculídeos.
- 5 - Formação Barreirinha: braquiópodes inarticulados, moluscos bivalves, gastrópodes, cefalópodes, peixes e plantas (Loboziak *et al.*, 1997; Melo & Loboziak, 2003; Wanderley Filho *et al.*, 2005)
- 6 - Formação Curiri: vegetais e icnofósseis (Loboziak *et al.*, 1997; Melo & Loboziak, 2003; Wanderley Filho *et al.*, 2005).
- 7 - Formação Alter do Chão: impressões foliares, âmbar e dinossauros (Price, 1960; Pereira *et al.*, 2007).

6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A vistoria da área de interesse, na busca por locais cientificamente apropriados para realização dos salvamentos, aqueles com seções sedimentares mais espessas e nos quais os fósseis provavelmente estariam melhor preservados, permitiu a identificação dos pontos mais adequados para a coleta. Em decorrência das restrições de acesso a rochas sedimentares (rochas já com processos pedogenéticos atuantes em alto nível) quando das campanhas inicialmente previstas para ocorrerem no Travessão 27, as amostragens programadas ficaram restritas fundamentalmente à área de abrangência do Sítio Belo Monte.

As escavações dos taludes nas margens do travessão expôs muitos perfis de solo, impróprios para a coleta de fósseis. Apesar da predominância de exposição de regolito, as atividades de identificação de afloramentos na Área 2 permitiu a coleta em duas seções de rochas do Devoniano e Cretáceo, durante a campanha IV.

No Sítio Belo Monte – Área 1, rochas identificadas como pertencentes à Formação Pitinga (Grupo Trombetas) foram expostas pelos cortes escavados. Nas três primeiras campanhas foram descritas quatro colunas em cada e, na quarta, três colunas foram elaboradas. Os pontos de descrição e coleta foram determinados nos locais em que a espessura do pacote sedimentar exposto era superior a um metro, conforme exposto anteriormente (**Quadro 3**). Os pontos de coleta foram identificados pela notação CmPn, onde “m” indica o número da campanha de coleta e “n” indica o número do ponto, na campanha.

Quadro 3 - Espessura total das colunas descritas.

		ESPESSURA DO PACOTE SEDIMENTAR DESCRITO
Campanha I	Coluna 1	1280 cm
	Coluna 2	1150 cm
	Coluna 3	820 cm
	Coluna 4	330 cm
Campanha II	Coluna 1	450 cm
	Coluna 2	900 cm
	Coluna 3	950 cm
	Coluna 4	950 cm
Campanha III	Coluna 1	1000 cm
	Coluna 2	1300 cm
	Coluna 3	425 cm
	Coluna 4	420 cm
Campanha IV	Coluna 1	1600 cm
	Coluna 2	1400 cm
	Coluna 3	1250 cm

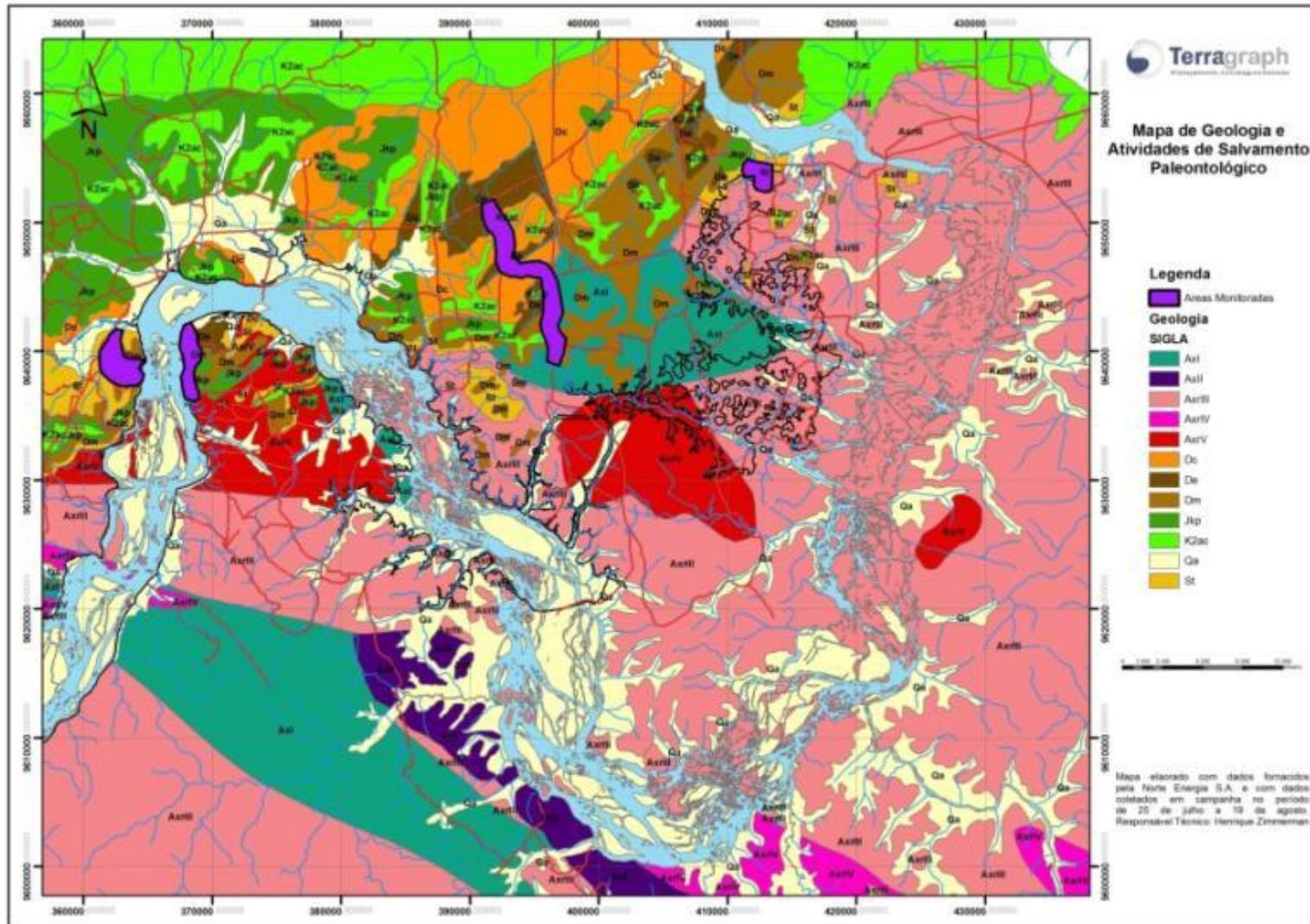


Figura 13 - Áreas monitoradas na Campanha I, potenciais para a coleta de fósseis.

6.1. COLUNAS DESCRITAS NA CAMPANHA I

Os materiais rochosos foram descritos com base em sua granulometria, estruturas e composição mineralógica (**Anexo 2**). A coluna 1 é composta por dois taludes de rocha (C1P1¹ e C2P2²). Sua base é formada por camadas de diamictito maciço, muito mal selecionado, amarelo, com matriz arenosa no nível superior. Esta camada é sobreposta por folhelho negro, muito bem selecionado, alguns níveis mostram quantidades pequenas de concreções ferruginosas. A coluna encerra-se com camada espessa de argilito siltoso cinza, moderadamente selecionado, com laminação incipiente e concreções ferruginosas (**Figura 14**).



Figura 14 - Taludes de rocha dos pontos C1P1 (A; base) e C1P2 (B; topo), descritos na coluna 1.

A coluna 2 foi descrita no ponto C1P3³ e tem base correlacionável com o topo da coluna 1. Este intervalo é composto, fundamentalmente, por folhelho negro a cinza, em sua base e por argilito cinza, no topo. A coluna é extensa, mas apresenta pouca variação litológica, pequenas concentrações de concreções ferruginosas e atitude 353; 10, em notação LMD. Os últimos três metros, no topo, mostram sinais de intemperismo, como alteração da cor e aumento da friabilidade (**Figura 15**).

¹ Coordenada UTM: zona 22M, 411518 m leste, 9654721 m norte, *South American Datum 1969*.

² Coordenada UTM: zona 22M, 411461 m leste, 9654661 m norte, *South American Datum 1969*.

³ Coordenada UTM: zona 22M, 411421 m leste, 9654591 m norte, *South American Datum 1969*.



Figura 15 - Talude de rocha do ponto C1P3, descrito na coluna 2.

A coluna 3 é composta por apenas uma camada espessa de argilito cinza, com laminação incipiente, por vezes siltoso, bem selecionado, descrita nos pontos C1P4⁴ e C1P5⁵. O topo desta camada também se mostra intemperizado (**Figura 16**).

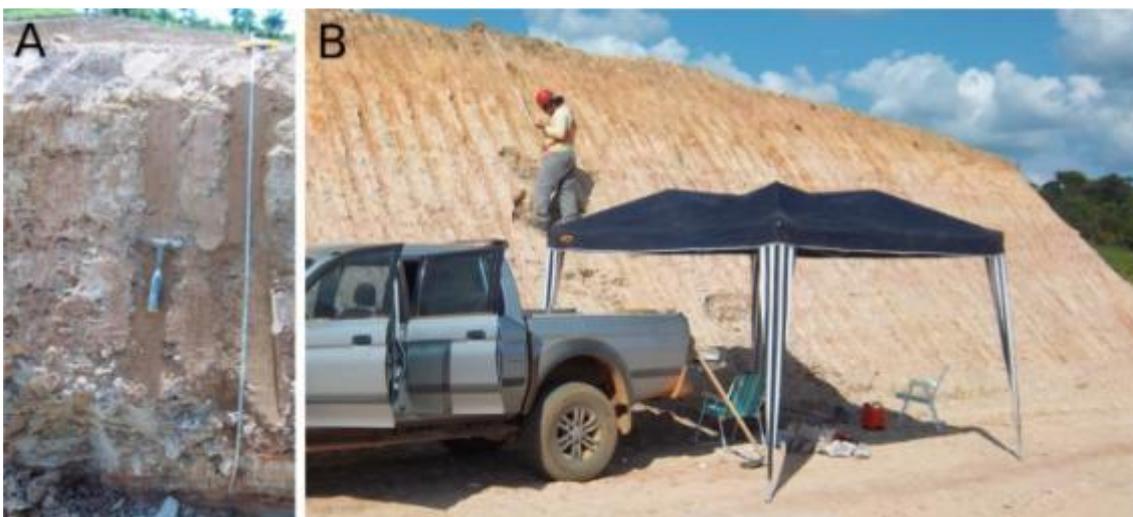


Figura 16 - Talude de rocha dos pontos C1P4 (A; base) e C1P5 (B; topo), descritos na coluna 3.

A coluna 4 é menos espessa (C1P6⁶), porém, mostra maior variação litológica, tendo sua base correlacionável ao topo da coluna 3. É representada, da base para o topo, por camadas de argilito cinza com laminação incipiente intercaladas com arenito branco laminado, por um conjunto de camadas de arenito intercaladas com camadas de siltito (ocasionalmente com concreções ferruginosas) e, no topo, por camada de siltito cinza, intemperizado no topo (**Figura 17**).

⁴ Coordenada UTM: zona 22M, 412107 m leste, 9653845 m norte, *South American Datum 1969*.

⁵ Coordenada UTM: zona 22M, 412142 m leste, 9653872 m norte, *South American Datum 1969*.

⁶ Coordenada UTM: zona 22M, 412158 m leste, 9653884 m norte, *South American Datum 1969*.



Figura 17 - Talude de rocha do ponto C1P6, descrito na coluna 4.

6.2. COLUNAS DESCRITAS NA CAMPANHA II

Na Campanha II foram descritas quatro colunas, todas pertencentes à Formação Pitinga e com baixa variação litológica (**Anexo 3**). A coluna 1 é composta por camada de argilito com concreções ferruginosas, alterado. Este processo de oxidação diminui a probabilidade de se encontrar fósseis bem preservados e, conseqüentemente, foram coletadas neste ponto apenas amostras para micropaleontologia. Esta coluna foi descrita no ponto C2P1⁷, um pequeno talude de terraplanagem em local identificado como “Escritório CCBM” (**Figura 18**).



Figura 18 - Talude de rocha do ponto C2P1, descrito na coluna 1.

⁷ Coordenada UTM: zona 22M, 412233 m leste, 9654450 m norte, *South American Datum 1969*.

A coluna 2, descrita no ponto C2P2⁸, local identificado como “Escritório Cliente” é espessa e foi descrita em talude de terraplenagem que expôs camadas de rocha sem alterações intempéricas importantes (**Figura 19**). O conjunto sedimentar é homogêneo, composto por argilito cinza, e mostra alta diversidade fóssilífera. Encontra-se estratigraficamente acima do ponto C2P1.



Figura 19 - Talude de rocha do ponto C2P2, descrito na coluna 2.

A coluna 3 é composta por 950 cm de camadas de rocha sedimentar, caracterizada pela base com camada de siltito com bioturbação, sobreposta por camada espessa de argilito com braquiópodes bem preservados e lentes de arenito. A metade superior da coluna mostra níveis sedimentares saprolitizados, afossilíferos (**Figura 20**). Esta coluna, descrita no ponto C2P3⁹, em local identificado como “Marcenaria”, encontra-se imediatamente acima da coluna 2, em termos estratigráficos.

⁸ Coordenada UTM: zona 22M, 412241 m leste, 9654378 m norte, *South American Datum 1969*.

⁹ Coordenada UTM: zona 22M, 412241 m leste, 9654378 m norte, *South American Datum 1969*.



Figura 20 - Talude de rocha do ponto C2P3, descrito na coluna 3.

A coluna 4 é espessa e mostra uma camada de siltito sobreposta por argilito com lentes arenosas, no ponto C2P4¹⁰, local identificado como “Oficina Industrial”. Entre essas camadas ocorrem duas menos espessas, de argilito e arenito, ambas com baixo conteúdo fossilífero (**Figura 21**). Esta coluna sobrepõe a descrita no ponto C2P3.



Figura 21 - Talude de rocha do ponto C2P4, descrito na coluna 4.

6.3. COLUNAS DESCRITAS NA CAMPANHA III

Na Campanha III foram descritas quatro colunas, todas pertencentes à Formação Pitinga e, assim como na campanha anterior, com baixa variação litológica (**Anexo 4**). A coluna 1 é composta por rochas sedimentares assentadas sobre o embasamento cristalino, caracterizada por siltito e argilito escuros, ocasionalmente com lentes arenosas. Esta coluna foi descrita no ponto C3P1¹¹, um pequeno corte no terreno em

¹⁰ Coordenada UTM: zona 22M, 412436 m leste, 9654117 m norte, *South American Datum 1969*.

¹¹ Coordenada UTM: zona 22M, 413823 m leste, 9653975 m norte, *South American Datum 1969*.

local onde ocorrem detonações diárias de explosivos (**Figura 22**). O primeiro nível, logo acima do embasamento, mostra boa preservação de conchas de braquiópodes, em abundância.



Figura 22 - Talude de rocha do ponto C3P1, descrito na coluna 1.

A coluna 2 é composta por 1300 cm de camadas de rocha sedimentar, caracterizada pela predominância expressiva de argilito com baixo conteúdo microfossilífero, com algumas camadas pouco espessas de arenito na base do talude (**Figura 23**). Esta coluna, descrita no ponto C3P2¹², em local conhecido como “Central de Britagem”, é o pacote sedimentar mais superior descrito na campanha.



Figura 23 - Talude de rocha do ponto C3P2, descrito na coluna 2.

¹² Coordenada UTM: zona 22M, 414385 m leste, 9654129 m norte, *South American Datum 1969*.

A coluna 3 é composta por camadas de rochas sedimentares caracterizadas pela predominância de siltito com lentes arenosas com baixo conteúdo microfossilífero, com algumas camadas pouco espessas de arenito na base do talude (**Figura 24**). Esta coluna, elaborada no ponto C3P3¹³, em local conhecido como “Central de Britagem”, é o pacote sedimentar mais superior descrito na campanha.



Figura 24 - Talude de rocha do ponto C3P3, descrito na coluna 3.

A coluna 4 possui espessa camada de siltito na base e intercalação de camadas pelíticas e psamíticas no topo. Estas camadas do topo possuem níveis bioclásticos compostos por fragmentos de conchas de braquiópodes inarticulados (**Figura 25**). Em termos estratigráficos, esta coluna, elaborada no ponto C3P4¹⁴, em local conhecido como “Central de Britagem”, encontra-se imediatamente acima da coluna 3 (**Figura 26**).

¹³ Coordenada UTM: zona 22M, 414385 m leste, 9654129 m norte, *South American Datum 1969*.

¹⁴ Coordenada UTM: zona 22M, 414504 m leste, 9654109 m norte, *South American Datum 1969*.



Figura 25 - Talude de rocha do ponto C3P4, descrito na coluna 4.



Figura 26 - Taludes de exposição das rochas descritas nas colunas 2 (A), 3 (nível correlato a B) e 3 (C).

6.3.1. TRIAGEM DOS CILINDROS DE SONDAGEM NA ETAPA INTERMEDIÁRIA

A Norte Energia S.A. cedeu os cilindros de sondagem depositados na Subestação da Eletrobrás Eletronorte em Altamira, com amostras de formações sedimentares recuperadas à época de realização do estudo preliminares de viabilidade do empreendimento, para serem incorporadas ao acervo do Salvamento Paleontológico. Estas amostras são importantes para estudos de paleontologia porque representam porções de rocha inacessíveis, subterrâneas, onde as alterações intempéricas são menos intensas ou até mesmo ausentes (**Figura 27**).



Figura 27 - Caixas com cilindros de sondagem depositadas na Subestação da Eletronorte em Altamira.

Conforme cronograma do projeto de Salvamento Paleontológico foi realizada a triagem do material, com análise apurada das rochas dos cilindros de sondagem. Estes cilindros são o registro de rochas sedimentares da bacia do Amazonas e de rochas metamórficas do embasamento, em maiores profundidades. O trabalho de triagem dos cilindros fundamentou-se na separação dos níveis de embasamento dos níveis de rocha sedimentar, pois somente o material sedimentar foi adicionado ao acervo paleontológico.

Há o interesse em enviar os níveis de embasamento, que a princípio seriam descartados, após a finalização das obras e autorização expressa da Norte Energia, aos cuidados do GEOCIAM/UFGA para o desenvolvimento de estudos de magmatismo, evolução crustal e metalogênese do Cráton Amazônico.

A análise dos cilindros iniciou-se pelo estudo das colunas estratigráficas das amostras disponibilizadas pela Norte Energia S.A. em meio digital. De posse das colunas, foi observado qual o nível provável do contato entre embasamento e rocha sedimentar em cada um dos conjuntos de cilindro. A vistoria das caixas confirmou as observações da coluna e, com base nestes dados, identificamos a caixa de cilindro como portadora de embasamento (marcada em vermelho), portadora de embasamento e rochas sedimentares (marcada em vermelho e verde) ou portadora de apenas rochas sedimentares (marcada em verde, **figuras 28 e 29**).



Figura 28 - Estudo das colunas estratigráficas digitalizadas (esquerda) e verificação do conteúdo das caixas de cilindros (direita).



Figura 29 - Caixas identificadas por código de cor. As caixas marcadas em vermelho contêm amostras do embasamento, as marcadas em vermelho e verde contêm amostras do embasamento e de rochas sedimentares (contato) e as marcadas em verde contêm apenas amostras de rochas sedimentares.

À medida que se identificava o conteúdo de cada caixa, elaborava-se o inventário das amostras de cilindros de sondagem depositadas na Subestação da Eletronorte e coletadas amostras para preparação micropaleontológica de uma sequência de cilindros espessa e que apresenta potencial para a recuperação de microfósseis (Figura 30).



Figura 30 - Seleção e coleta de amostras dos cilindros de sondagem para preparação micropaleontológica.

6.4. COLUNAS DESCRITAS NA CAMPANHA IV

Na Campanha IV foram descritas três colunas, pertencentes à Formação Pitinga, Maecuru e Alter do Chão (**Anexo 5**). A coluna 1 é composta por rochas sedimentares da Formação Maecuru assentadas sobre o embasamento cristalino, caracterizada pela intercalação psamo-pelítica de camadas de cores variadas, por vezes friáveis e oxidadas. Neste conjunto de rochas foram coletados braquiópodes e *incertae sedis*, ambos abundantes na porção basal da coluna. Esta coluna foi descrita nos pontos C4P1¹⁵, C4P2¹⁶ e C4P3¹⁷, em talude no Travessão 27 – Área 3 (**Figura 31**).



Figura 31 - Corte na margem oeste do Travessão 27 – Área 3.

¹⁵ Coordenada UTM: zona 22M, 396142 m leste, 9642322 m norte, *South American Datum 1969*.

¹⁶ Coordenada UTM: zona 22M, 396152 m leste, 9642328 m norte, *South American Datum 1969*.

¹⁷ Coordenada UTM: zona 22M, 396191 m leste, 9642357 m norte, *South American Datum 1969*.

A coluna 2 foi descrita, assim como a coluna 1, em corte de rodovia no Travesão 27, nos pontos C4P4¹⁸ e C4P5¹⁹. A parte basal aflorava em erosão na margem da rodovia e as camadas superiores estavam expostas pelo corte realizados pelas obras da rodovia (**Figura 32**). As camadas pertencem basais pertencem à Formação Maecuru e são caracterizadas por sequência predominantemente pelítica pouco fossilífera. As três camadas de arenitos friáveis do topo da coluna (entre 640 e 900 cm) pertencem à Formação Alter do Chão, e são pouco abundantes em fósseis. As duas formações separaram-se por discordância erosiva.



Figura 32 - Corte na margem oeste do Travesão 27 – Área 3. A coleta deu-se na vala de erosão (base da coluna) e no talude (topo da coluna).

A Formação Pitinga compõe toda a coluna 3, assentada diretamente sobre o embasamento, no ponto C4P6²⁰. Esta sequência sedimentar no Sítio Belo Monte mostra pouca variação litológica, predominantemente pelítica, e escassez de fósseis. Alguns exemplares de braquiópodes foram encontrados na porção basal da coluna, mal preservados. A estratificação plano-paralela apresenta-se deformada devido à acomodação do sedimento com o aumento da carga durante a deposição, o que dá à rocha o aspecto ondulado (**Figura 33**).

¹⁸ Coordenada UTM: zona 22M, 396325 m leste, 9644757 m norte, *South American Datum 1969*.

¹⁹ Coordenada UTM: zona 22M, 396321 m leste, 9644826 m norte, *South American Datum 1969*.

²⁰ Coordenada UTM: zona 22M, 414787 m leste, 9653899 m norte, *South American Datum 1969*.



Figura 33 - Corte em via de acesso no Sítio Belo Monte – Área 1, onde as rochas da Formação Pitinga assentam-se diretamente sobre o embasamento.

6.5. MATERIAIS RECUPERADOS

A amostragem fóssilífera ocorreu segundo o método padrão em paleontologia, em que são identificados nos níveis estratigráficos de coleta e acondicionados de forma a evitar contaminação (especialmente as amostras para microfósseis) e danos no transporte.

As amostras de microfósseis foram protegidas por embalagens especiais, macias e descartáveis, para o transporte para a base logística e as amostras para microfósseis foram acondicionadas em sacos plásticos. O nível de coleta de cada uma das amostras foi identificado nas colunas estratigráficas.

Na fase de preparação de laboratório, na base logística, as amostras de microfósseis foram higienizadas e preparadas para estudo pela remoção de rocha que atrapalhe sua descrição. Todas as amostras (de microfósseis e microfósseis) foram, por fim, inventariadas e preparadas para envio à instituição responsável por sua guarda (**Quadro 4**). Os exemplares melhor preservados foram fotografados para que estas imagens componham parte do presente relatório.

Quadro 4 - Número de amostras de microfósseis e para preparação micropaleontológica incorporadas nas campanhas de coleta.

		NÚMERO DE AMOSTRAS PARA MICROPALEONTOLOGIA	NÚMERO DE AMOSTRAS COM MICROFÓSSEIS
Campanha I	Coluna 1	22	2
	Coluna 2	19	18

		NÚMERO DE AMOSTRAS PARA MICROPALÉONTOLOGIA	NÚMERO DE AMOSTRAS COM MACROFÓSSEIS
	Coluna 3	15	18
	Coluna 4	5	5
Campanha II	Coluna 1	12	0
	Coluna 2	19	51
	Coluna 3	17	77
	Coluna 4	33	99
Campanha III	Coluna 1	14	97
	Coluna 2	21	32
	Coluna 3	14	28
	Coluna 4	12	91
Campanha IV	Coluna 1	34	217
	Coluna 2	29	0
	Coluna 3	21	13

Neste trabalho apresentamos ocorrências de braquiópodes em conjunto com uma fauna inédita de invertebrados e vertebrados fósseis em novas localidades provenientes da Formação Pitinga, Siluriano da bacia do Amazonas. Entretanto, torna-se necessário conhecer e pesquisar os materiais fósseis provenientes de afloramentos geológicos do Siluriano da bacia do Amazonas, uma vez que estes nos auxiliam nas interpretações dos sistemas deposicionais, como indicadores paleoambientais, biogeográficos, paleoclimáticos, paleoecológicos e da biodiversidade existente nesses ambientes pretéritos.

Os fósseis recuperados pertencem à Formação Pitinga, do Período Siluriano, e são conhecidas pelo seu baixo conteúdo fossilífero. As camadas analisadas se mostraram abundantes em bioturbação e preservam macrofósseis corpóreos de vertebrados, braquiópodes, graptólitos, crinóides, gastrópodes, possíveis fitoclastos e *incertae sedis*.

6.5.1. FITOFÓSSEIS

Microfósseis de origem vegetal são mais abundantes e aparecem bem antes dos macrofósseis no registro paleontológico. Os fitofósseis e esporos são registros da origem e diversificação das plantas terrestres. A partir do Ordoviciano Médio, tétrades de esporos com parede de esporopolenina são reportadas em extensas áreas geográficas. A membrana de esporopolenina, resistente à degradação, e a configuração em tétrede (células haplóides originadas por meiose) são características diagnósticas de esporos de plantas terrestres. Os primeiros registros seguros de fitofósseis terrestres aparecem apenas no Siluriano Médio, aproximadamente cinquenta milhões de anos depois da ocorrência dos primeiros esporos (**Figura 34**) (Gray, 1993).

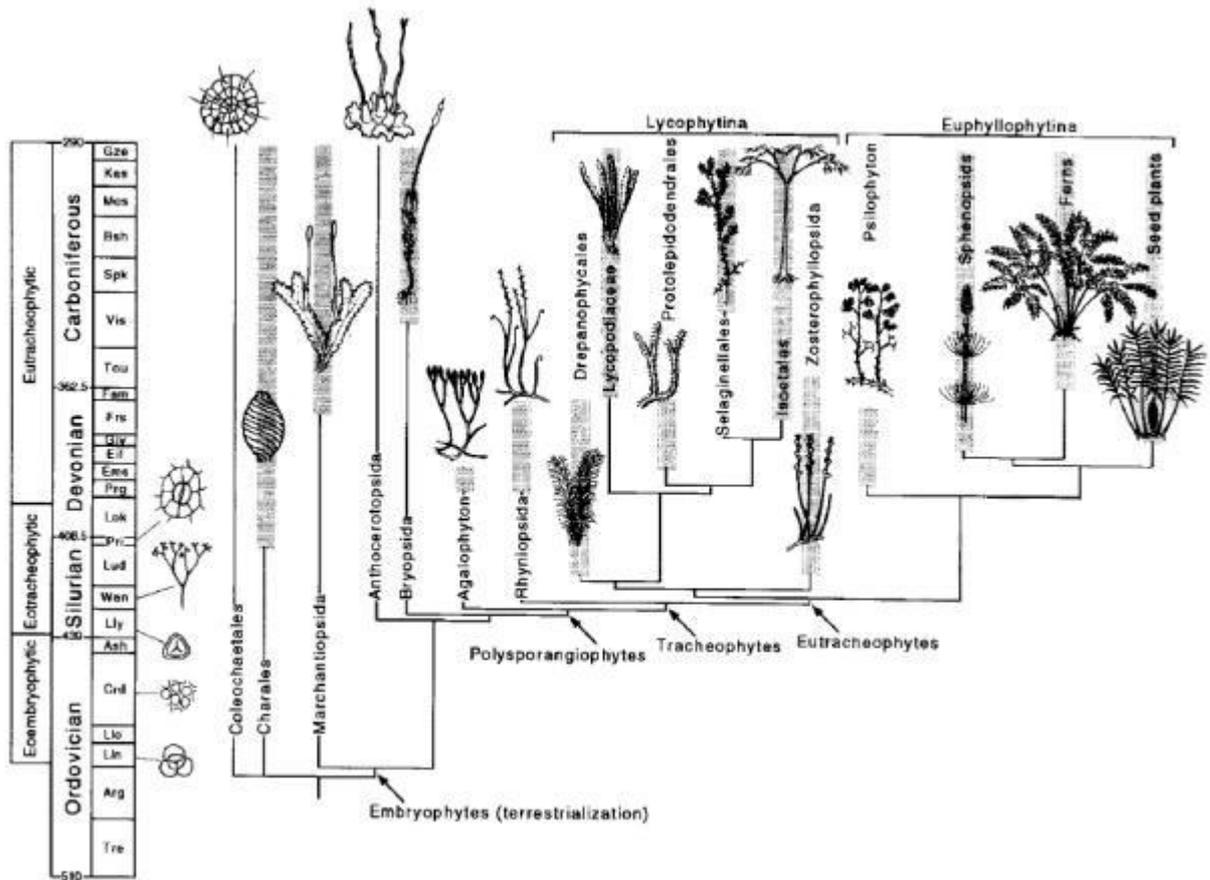


Figura 34 - Árvore filogenética simplificada mostrando a amplitude estratigráfica de determinados grupos de megafósseis (linhas grossas) e a sua amplitude inferida (linhas finas). Na escala de tempo aparecem as idades mínimas estimadas para o aparecimento de certa

A diversidade e extensão dos registros aumenta na base do Devoniano. São encontrados gêneros como *Baragwanathia*, *Cooksonia*, *Rhynia*, *Salopella* e *Tortilicaulis*, entre outras. Estudos filogenéticos e achados fósseis indicam que as plantas terrestres primitivas eram pequenas e morfologicamente simples, assemelhando-se à fase esporófitica de musgos e hepáticas, como *Anthoceros* (Kenrick & Davis, 2004). Esses dados combinados preveem que muitas das principais linhagens de plantas terrestres evoluíram a partir do Siluriano Médio, ainda que os fósseis tenham sido encontrados em rochas muito mais recentes (Kenrick & Crane, 1997) (Figura 35).

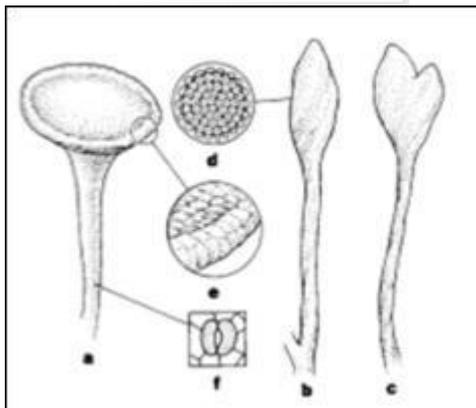


Figura 35 - Diversidade de esporófitos de rhyniofitas no Devoniano Inferior. a, Cooksonia pertonii apiculispora: esporófito incompleto na porção proximal, com esporângio terminal (aumento x 15) . b, Tortilicaulis offaeus: esporófito incompleto na porção proximal, com esporângio terminal (aumento x 40). c, Tortilicaulis offaeus: esporófito incompleto na porção proximal, com esporângio terminal bifurcado (aumento x 30). d, Seção transversal do esporângio mostrando a parede espessa e os esporos no centro (aumento x 70). e, Detalhe da epiderme na borda do esporângio (aumento x 45). f, Estômato com o par de células labiais (aumento x 120). Modificado de Kenrick & Crane (1997).

Como a maior parte dos fitofósseis terrestres de idade Siluriana foram encontrados em sedimentos marinhos do norte da Europa, Kenrick & Crane (1997) cogitam que essa concentração possivelmente se deva à regressão marinha ocorrida nesse período, e ao rápido estabelecimento de condições continentais. Essas súbitas mudanças ambientais teriam propiciaram que a comunidade vegetal dessas margens fosse preservada. Isso explicaria a razão para o repentino aparecimento de plantas vasculares nessa região. Esses autores recomendam por isso uma intensa amostragem em áreas distante desses eventos regionais.

6.5.1.1. FITOFÓSSEIS DA FORMAÇÃO PITINGA

Durante a primeira campanha de coleta foram encontrados fósseis em afloramento da Formação Pitinga, localizado no Canteiro Pioneiro. Estes registros aparentam ser restos vegetais de plantas terrestres muito primitivas. Foram coletadas sete amostras com vários exemplares em cada, entre elas um par de fóssil corporal e molde externo, com aproximadamente cinquenta impressões (**Figura 36**).



Figura 36 - Amostras da Formação Pitinga contendo impressões de fitofósseis. A: C1P3-3.1a; B: C1P3-3.2b; C: C1P3-3.3a; D: C1P3-3.1b; E: C1P3-3.3b; F: C1P3-3.9b; G: C1P3-3.9a.

As impressões são estruturas alongadas, não totalmente retilíneas, sem bifurcação, com 2 a 3 cm de comprimento e 2 a 4 mm de largura. Na extremidade de vários exemplares observa-se uma estrutura diferenciada que assemelha-se a esporângio. Em alguns se preservam vestígios de matéria orgânica (**Figura 37**). O aspecto geral remete ao esporófito do gênero de briófitas *Anthoceros*, plantas não vasculares que apresentam uma estrutura vertical alongada, com um esporângio longo e cilíndrico (**Figura 38**).

Considerando a idade da Formação Pitinga, Landoveriano Médio-Wenlock, e seu ambiente de sedimentação marinho (Grahn, 1992), a presença desses fitofósseis corrobora a hipótese de Kenrick & Crane (1997) de que plantas terrestres primitivas eram pequenas e morfológicamente simples, e que a classe Anthocerotopsida se originou no Landoveriano (**Figura 34**).

Caso esta identificação preliminar seja confirmada, estes serão um dos mais antigos registros paleobotânicos do Brasil e um importante dado para a reconstrução da

história evolutiva das plantas terrestres. Análises futuras da palinologia dessas amostras permitirão identificar os esporos dessas plantas e melhor posicioná-las bioestratigraficamente.

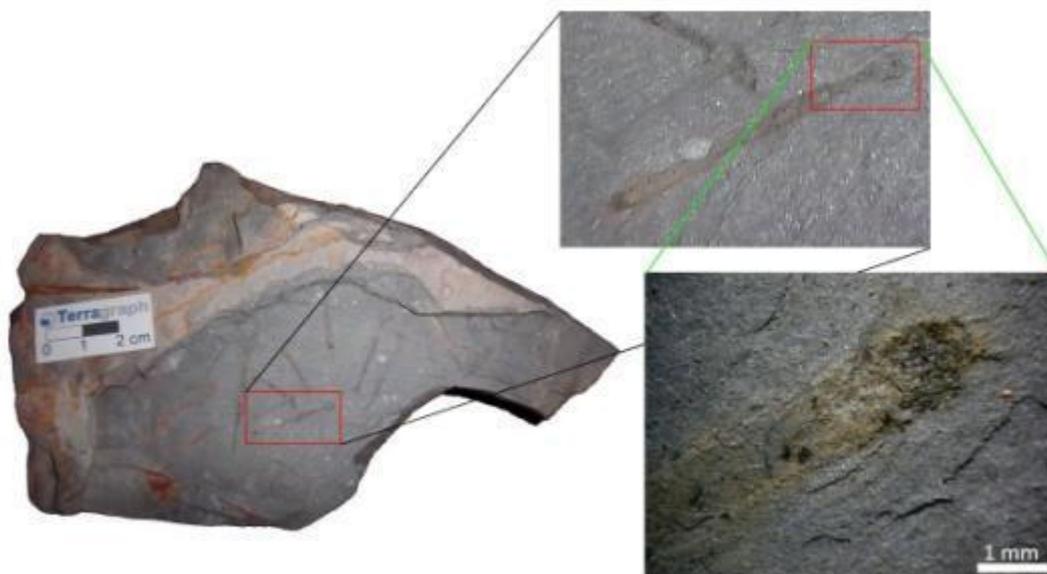


Figura 37 - Possível fóssil de planta primitiva (C1P3-3.1a) com ampliação de esporângio.



Figura 38 - *Anthoceros agrestis*, exemplo de vegetal moderno não valcularizado.

6.5.2. GRAPTOLITOS

Pertencentes ao filo Hemicordata (Fortey, 1998), os graptolitos são animais coloniais que povoaram os oceanos tropicais de 320 a 540 milhões de anos, idade de sua extinção. Seu registro fóssil é encontrado em todos os continentes, exceto Antártica (Palmer & Rickards, 1991).

O nome é derivado do Grego *graptos*, que quer dizer escrita, e *lithos*, que significa rocha, devido ao fato de que Linnaeus os descreveu inicialmente como figuras

(hieróglifos) que se pareciam a fósseis sem sê-lo (Fortey, 1998). Cada colônia de graptolito é chamada de rabdossoma. Esta pode ter uma ou mais ramificações (estipes), que são formadas por tecas, estruturas cônicas sobrepostas que dão ao conjunto um aspecto serrilhado (**Figura 39**). O tamanho do rabdossoma pode variar de poucos milímetros a mais de um metro de comprimento. A organização das tecas e o número e disposição das estipes são elementos de identificação das inúmeras espécies descritas (Bulman, 1970; Benton & Harper, 2009) (**Figura 40**).

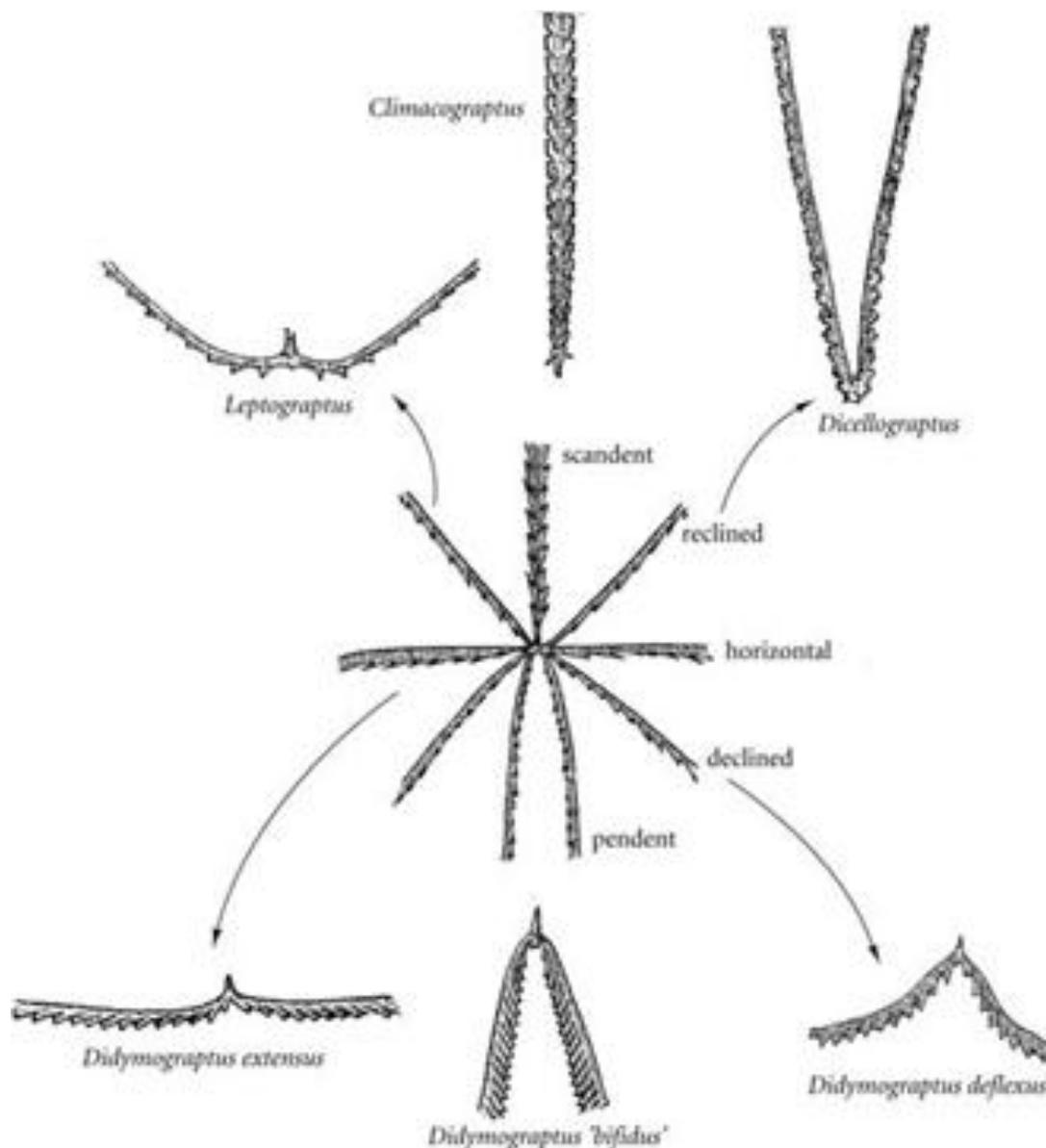


Figura 39 - Evolução de estipes de graptolitos (Benton & Harper, 2009).

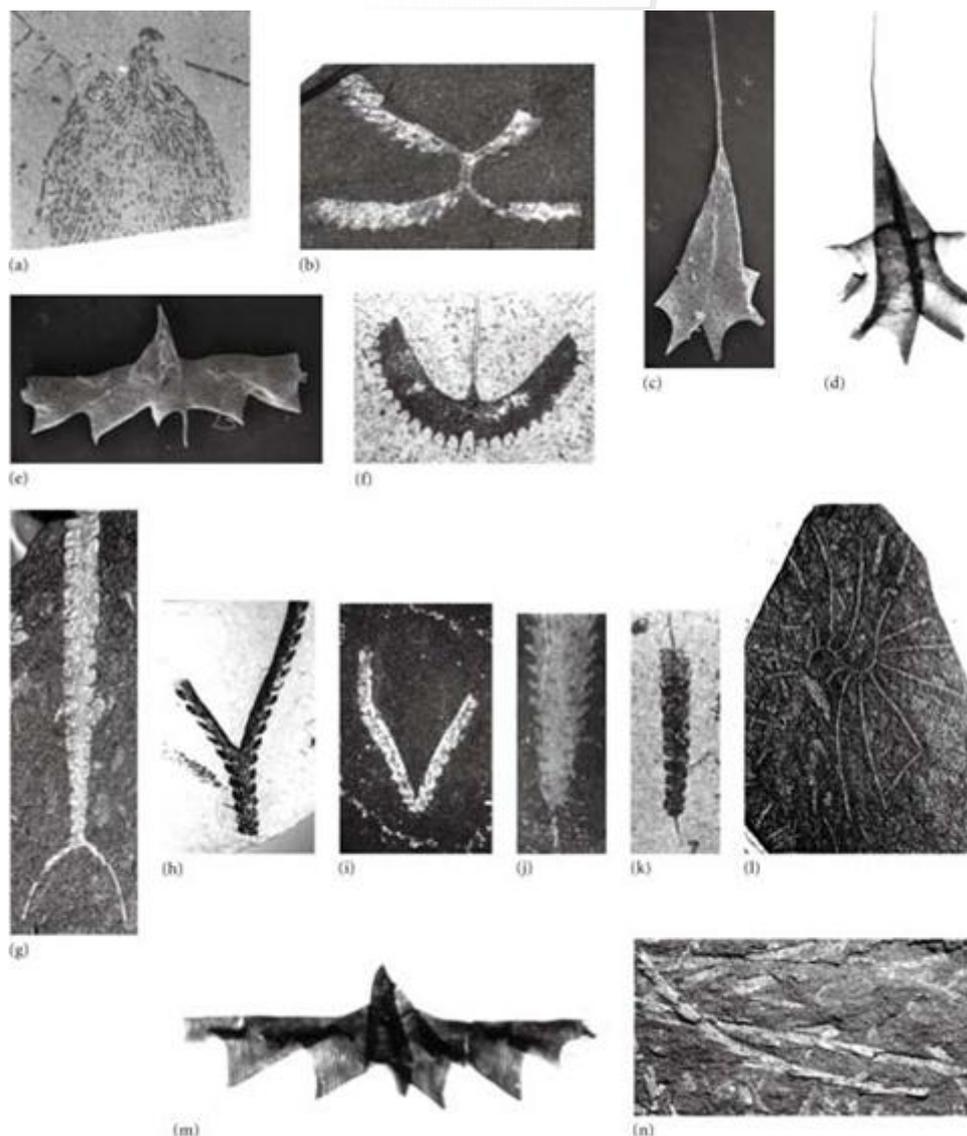


Figura 40 - (a) Rhabdinopora (x2), (b) Tetragraptus (x2), (c) Tetragraptus, proximal end (x20), (d) Isograptus, proximal end (x20), (e) Xiphograptus (x20), (f) Isograptus (x10), (g) Appendispinograptus (x2), (h) Dicranograptus (x2), (i) Dicellograptus (x2), (j) Orthograptus (x2), (k) Undulograptus (2), (l) Nemagraptus (x2), (m) Didymograptus (Expansograptus) (x20) and (n) Atavograptus (x2). (Benton & Harper, 2009).

Devido à sua abundância, diversidade e ampla distribuição, os graptolitos são considerados uma importante ferramenta de correlação estratigráfica ao redor do mundo e devido a sua gradual evolução morfológica ao longo do tempo geológico, eles também são excelentes fósseis guias (Palmer & Rickards, 1991; Fortey, 1998).

6.5.2.1. GRAPTOLITOS DA FORMAÇÃO PITINGA

O primeiro registro de rochas silurianas no Brasil foi feito pela expedição da Comissão Geológica Imperial ao longo dos rios Trombetas e Cachorro, Estado do Pará, em 1878. Essas rochas foram agrupadas na Série Trombetas e datadas Landoveriano Tardio a Wenlock com base nos macrofósseis encontrados (Grahn, 1992).

A seção tipo do Grupo Trombetas, no Rio Trombetas, a fauna é dominada por *Climacograptus innotatus brasiliensis*, do Siluriano Inferior. No entanto, foi registrada a presença de *Monograptus* sp. cf. *M. gregarius*, que indica idade Landoveriano Médio (Grahn, 1992). Na segunda campanha de coleta foram encontradas dezenas espécimes de graptolitos nos afloramentos da Formação Pitinga, localizados nos canteiros Sítio Belo Monte (**Figura 41**).

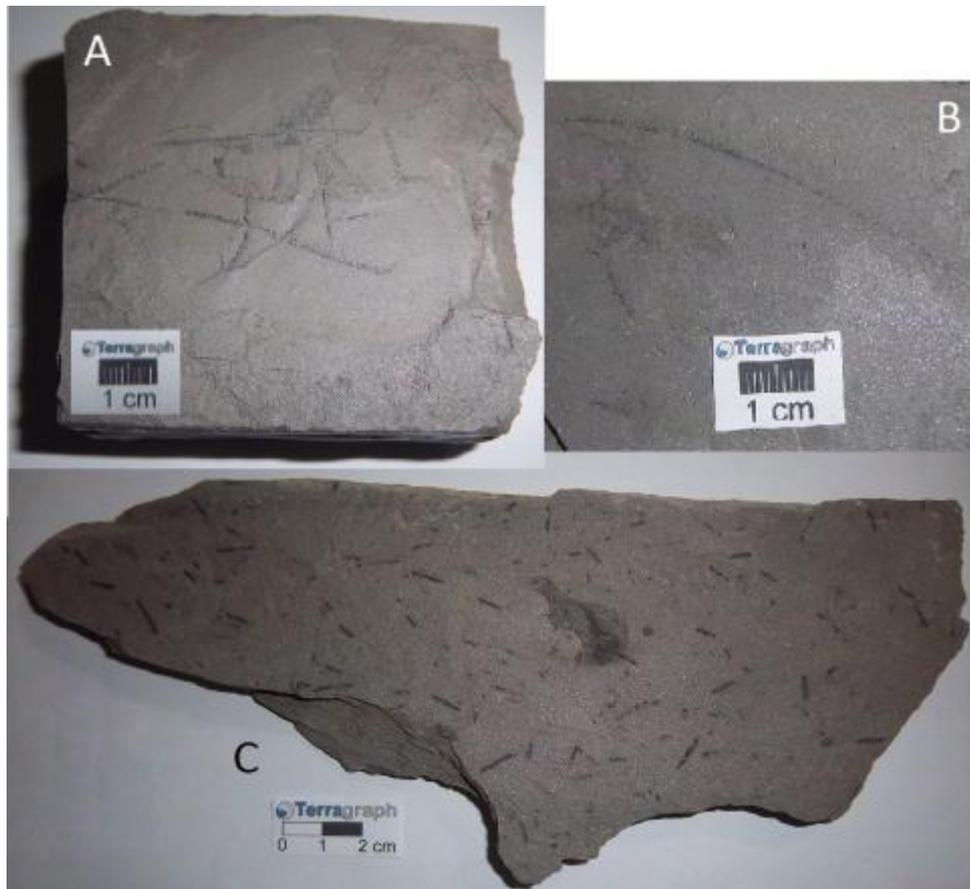


Figura 41 - Amostras com graptolitos da Formação Pitinga. A: C2P2-1.10a; B: C2P4-1.19a e C: C2P3-R.1a.

Apesar da abundância a diversidade é pequena, sendo possível definir apenas duas espécies, *Monograptus* aff. *priodon*, a mais abundante, e apenas um espécime de *Climacograptus innotatus brasiliensis* (**Figuras 42 e 43**).



Figura 42 - *Climacograptus innotatus brasiliensis* Ruedemann, da Formação Trobetas (Lima, 1989).



Figura 43 - *Climacograptus innotatus brasiliensis* encontrado no Sítio Belo Monte, neste projeto (C2P3-8.2a).

Os exemplares de *Monograptus* aff. *pridon* encontrados assemelham-se aos descritos por Uriz et al.(2008) na Formação Vargas Peña, parte paraguaia da bacia do Paraná. Eles discutem que a espécie descrita difere de *Monograptus pridon* por ter a estipe mais estreita. O mesmo ocorre com os exemplares coletados pela Terragraph no âmbito do Salvamento Paleontológico de Belo Monte (**Figura 44**). Os fósseis recuperados na Formação Pitinga na segunda campanha de coleta corroboram portanto a idade estabelecida para essa formação, Landoveriano Médio (Grahn, 1992).

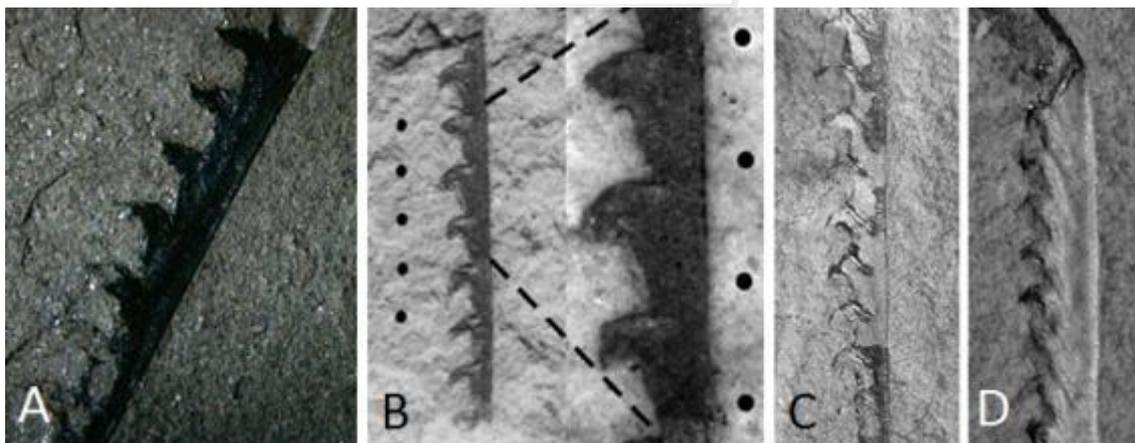


Figura 44 - Comparação entre os exemplares de *Monograptus* aff. *priodon* encontrados no Cantairo Pioneiro, Formação Pitinga (A; C2P2-1.9a) e na Formação Vargas Peña (B; Uriz et al., 2008) e *Monograptus priodon* encontrado no Williamson Shale (C e D; Loydell et al., 2007).

6.5.3. INVERTEBRADOS

Os invertebrados comumente preservam-se partes duras das carapaças carbonáticas, as partes moles não se conservam em virtude da decomposição provável, portanto, o estudo dos invertebrados, bem como dos braquiópodes fósseis, são realizados por meio de suas conchas, ou dos moldes destas registrados em rochas sedimentares.

Os processos de fossilização promovem a preservação de características necessárias à identificação taxonômica dos espécimes, como ornamentação externa e interna dos organismos, dimensões e estruturas dos vestígios preservados. Os elementos preservados por meio dos processos tafonômicos definem a qualidade e a quantidade de caracteres suficientes e necessários para a identificação do táxon a níveis de família, gênero e espécie.

6.5.3.1. BRAQUIÓPODES

Os braquiópodes tiveram origem nos mares no período geológico Cambriano, momento em que ocorreu o surgimento das conchas e carapaças nos invertebrados marinhos. A partir do Período Ordoviciano os braquiópodes foram abundantes e diversificados, nos períodos Siluriano e Devoniano dominaram os mares numa explosão em biodiversidade e quantidade até a grande extinção no Período Permiano, que marca o fim da Era Paleozóica. Esse evento ficou conhecido como um dos maiores eventos de extinção, o qual marca uma mudança paleoambiental e a eliminação de boa parte da biodiversidade do planeta, inclusive dos braquiópodes. (Fonseca et al. 2000; Fonseca, 2004; Fonseca, 2011).

A fauna preservada nas rochas depositadas nos períodos Siluriano e Devoniano indica que o mar estava presente na maior parte do território brasileiro, compondo um

complexo de bacias intracratônicas, com vida predominante marinha, onde dentre as comunidades bentônicas os braquiópodes dominavam os ambientes.

Os braquiópodes paleozóicos colonizaram preferencialmente os mares epicontinentais rasos, a maioria das espécies atuais habitam todas as latitudes, desde plataformas a taludes continentais, geralmente em ambientes estáveis. O grupo teve redução drástica da biodiversidade, dos 4.200 gêneros conhecidos, apenas pouco mais de uma centena de gêneros habitam os mares atuais. (Fonseca, 2011). Neste contexto, poucos gêneros vivem nos mares atuais, apesar da maioria dos grupos terem sido extintos, alguns representantes sobreviveram a vários momentos de extinção na história geológica desde o surgimento do filo.

O Filo Brachiopoda é composto por macroinvertebrados que possuem as partes moles protegidas por concha mineralizada, formada por duas valvas, sendo divididos em dois grupos, articulados e inarticulados. A maioria dos braquiópodes fósseis e vivos são articulados, cerca de 95%. Embora os termos formais Inarticulata e Articulata tenham se tornado superados, na linguagem corrente é correto referir-se aos Linguliformea e Craniiformea como "braquiópodes inarticulados" e aos Rhynchonelliformea como "braquiópodes articulados" (Fonseca, 2001; Fonseca, 2011).

Os braquiópodes possuem hábitos solitários, não formam colônias intencionalmente, no entanto, são encontrados viventes ou fósseis sempre agregados e agrupados frequentemente, em virtude de nicho ecológico comum.

Animais de hábitos exclusivamente marinhos, bentônicos, dotados de aparato filtrador de partículas em suspensão, utilizado na sua alimentação. Embora parecidos externamente com moluscos bivalves, pelo fato de possuírem duas valvas calcárias formando uma concha, sua anatomia interna é completamente diversa. A estrutura interna dos braquiópodes está aparelhada por músculos didutores e adutores da concha, estômago, cavidade do manto, boca, gônada e o lofóforo, presença de um pedículo para fixação em alguns dos grupos no substrato. As características internas da concha, dentre outras, agrupam os braquiópodes em um Filo distinto. (Fonseca, 2004). (Figura 45).

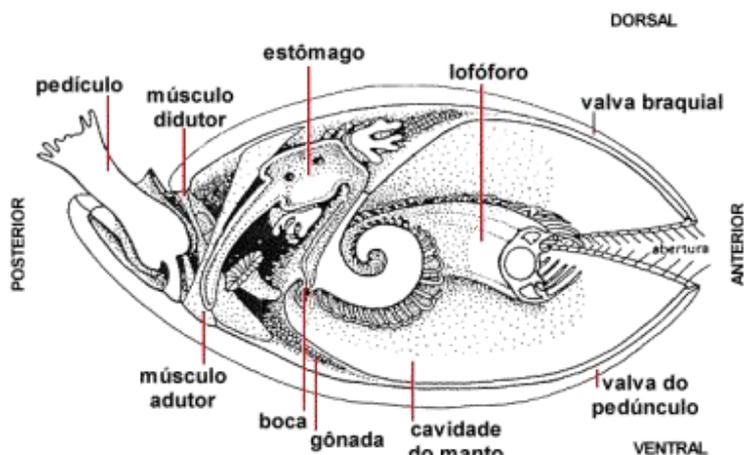


Figura 45 - Seção esquemática de um braquiópode articulado. (esquema de Williams & Rowell, 1965 modificado por Fonseca et al. 2000).

A estrutura morfológica externa dos braquiópodes consiste basicamente em duas valvas articuladas ou não, compondo a concha, uma valva ventral ou pedicular e uma valva dorsal ou braquial, linhas de crescimento que marcam os estágios ontogenéticos, costelas, umbo, forâmen, linha de charneira e comissura. Enquanto vivos os braquiópodes costumam passar parte da vida fixados no substrato por meio do pedículo ou pedúnculo. Os tipos de conchas mais comuns são as biconvexas, plano-convexas e côncavo-convexas. (Fonseca et al. 2000; Fonseca, 2004; Fonseca, 2011) (**Figura 46**).

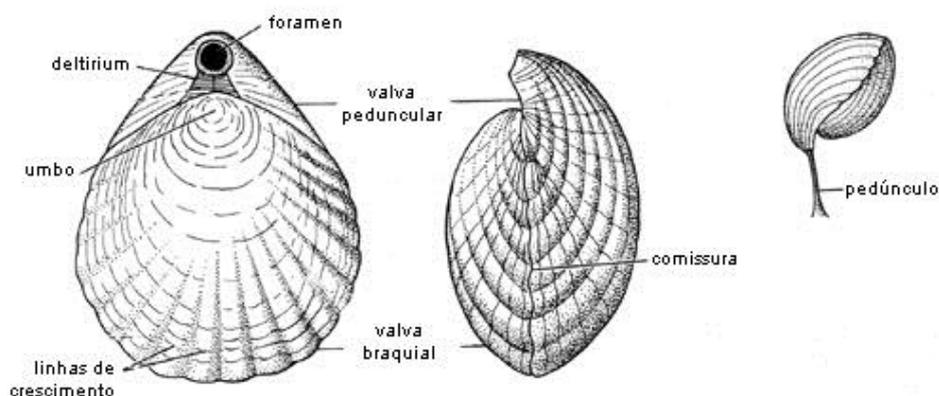


Figura 46 - Estrutura externa de um braquiópode articulado. (http://fossil.uc.pt/pags/fbm_braquipode.dwt).

Os braquiópodes inarticulados correspondem a 5% dos braquiópodes fósseis e viventes, não possuem mecanismo articulatório nas valvas, sendo tarefa de abertura e fechamento da concha desempenhada exclusivamente por músculos (**Figura 45**). (Fonseca, 2004; Fonseca, 2011).

A fauna fóssil dominante está composta por braquiópodes inarticulados do Subfilo Linguliformea, com registros das Superfamílias Linguloidea e Discinoidea. Carapaças de composição organofosfática, com camada secundária estratiforme e sem estruturas de articulação. O pedículo muscular emerge entre as valvas ou do ápice de uma delas. (Fonseca, 2011).

A Superfamília Linguloidea possuem conchas de tamanho pequeno a grande, os adultos em muitas espécies viventes, medem de quatro a cinco centímetros de comprimento (**Figura 47**). Normalmente apresenta concha composta de fosfato de cálcio e quitina, suavemente biconvexa com contorno circular, triangular ou alongado. O modo de vida e suas características morfológicas foram conservados desde sua origem no Cambriano até os dias atuais, sendo os únicos braquiópodes endobiontes viventes. Os indivíduos desse gênero são excepcionalmente bem adaptados ao seu nicho, sendo escavadores em ambientes de inter-marés e sub-maré rasa. (Fonseca, 2004). Nos estratos Silurianos nas áreas de resgate paleontológico da UHE-Belo Monte predominam ocorrências do gênero *Lingula sp.*, representante desta superfamília.

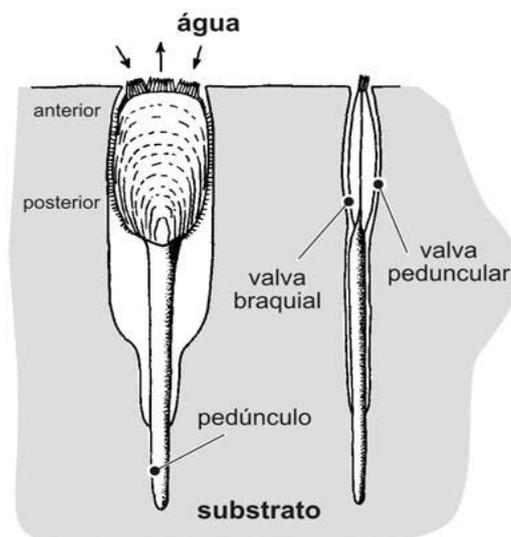


Figura 47 - Ilustração do gênero *Lingula* em posição de vida e suas características morfológicas (Clarkson, 1979).

A Superfamília Discinoidea teve origem no Ordoviciano ao recente, onde o gênero *Orbiculoidea* é o representante fóssil mais conhecido no Brasil. Os Discinoidea possuem concha redonda, seu pedúnculo emerge através de uma abertura triangular na margem posterior da valva pedicular ou ventral (figura).

Segundo Mergl (2006) o gênero *Orbiculoidea* possui concha fortemente dorsobiconvexa, sub-circular, com formato subtrapezoidal na parte posterior da concha (**Figura 48**); concha com paredes finas e ornamentada em ambas as valvas, com linhas de crescimento regulares concêntricas e separadas por intervalos largos e amplos; valva dorsal cônica a sub-cônica com ápice na região do bico ou umbo sub-central. Valva ventral menos cônica com ápice sub-central; pedúnculo estreito afilando posteriormente; forâmen na região posterior com orifício interno e curto.

VALVA VENTRAL OU PEDICULAR



Figura 48 - Ilustração da valva pedicular do gênero *Orbiculoidea* e suas características morfológicas (Modificado de <http://whitmanshill.earthheritagetrust.org/palaeontology.asp>).

Este gênero ocorre nas três principais bacias sedimentares brasileiras. Na Bacia do Amazonas em estratos do Período Siluriano, Devoniano e Carbonífero. Na Bacia do Parnaíba em camadas do Devoniano e em rochas Devonianas e Permo-Carboníferas da Bacia do Paraná. (Fonseca, 2011). Neste contexto, por meio do registro fóssilífero e análise Paleogeográfica, constata-se que as ocorrências mais antigas no Brasil datam do Período Siluriano na Bacia do Amazonas. O gênero *Orbiculoidea sp.* predomina nos afloramentos Devonianos na área da UHE-Belo Monte.

6.5.3.1.1. BRAQUIÓPODES E MOLUSCOS COLETADOS NA UHE DE BELO MONTE

Os exemplares de braquiópodes inarticulados ilustrados e analisados no âmbito do Salvamento Paleontológico podem ser identificados como pertencentes aos gêneros *Orbiculoidea* d'Orbigny, 1847 e *Lingula* Bruguière, 1797.

Orbiculoidea é o gênero da Ordem Discinoidea mais conhecido no Brasil, com ocorrência na bacia do Amazonas em estratos Silurianos, Devonianos e Carboníferos. Na bacia do Parnaíba sua ocorrência está registrada do Devoniano ao Permocarbonífero e Siluro-Devoniano da bacia do Paraná. (Fonseca, 2004; Fonseca, 2011).

A princípio a espécie-tipo do gênero era *Orbicula morrisii* Davidson, 1848. No entanto, posteriormente o mesmo autor designou nova espécie tipo para corrigir o equívoco propondo nova espécie tipo de *Orbiculoidea* d'Orbigny, 1847 como sendo *Orbicula forbesii*. O gênero é cosmopolita.

O gênero *Orbiculoidea* contém os fósseis mais abundantes em quantidade e biodiversidade nos afloramentos Devonianos estudados, dominando as camadas fóssilíferas e o paleoambiente. Os fósseis não possuem fragmentação deposicional, apenas decorrente do processo de coleta e preparação. Em virtude do gênero ser inarticulado, as conchas se encontram desarticuladas com valvas isoladas e dispersas nas camadas, pois não possuem sistema fixo de articulação, sendo suportadas enquanto vivas apenas por músculos.

De acordo com Boucot (1971), a ocorrência de *Orbiculoidea* nas associações bentônicas no domínio Malvinocáfrico indica paleoambiente marinho litorâneo. Os estratos de arenito médio no afloramento C4P2, fino e siltoso que predominam na camada ricamente fóssilífera, são outra evidência que sugerem ambiente deposicional marinho litorâneo.

Os estudos taxonômicos e tafonômicos, para determinar os táxons, podem indicar a associação entre as espécies do mesmo gênero enquanto vivas, colaborando para as interpretações paleoambientais e paleoclimáticas dos sistemas deposicionais no Siluro-Devoniano nesta região na Bacia do Amazonas.

A desarticulação se deu por serem em sua maioria braquiópodes inarticulados. Os mesmos possuem ornamentações preservadas das dimensões das valvas, linhas de

crescimento ou costelas, preservação do umbo, abertura do forâmen em alguns indivíduos e raras impressões musculares.

Os exemplares ilustrados nas **figuras 49 a 54** estão bem preservados, abundantes e baixa biodiversidade de ocorrência nos afloramentos Silurianos e Devonianos. Características morfologias das valvas indicando pouco transporte pós-morte e posterior sedimentação, tendo em vista a boa preservação das carapaças.

Os espécimes de *Orbiculoidea*, ilustrados na **Figura 55** coletados no ponto C3P1 estão fragmentados e mal preservados, correspondem a valvas isoladas, de espessura muito fina, com formato cônico e convexo, linhas de crescimento concêntricas e radiais.

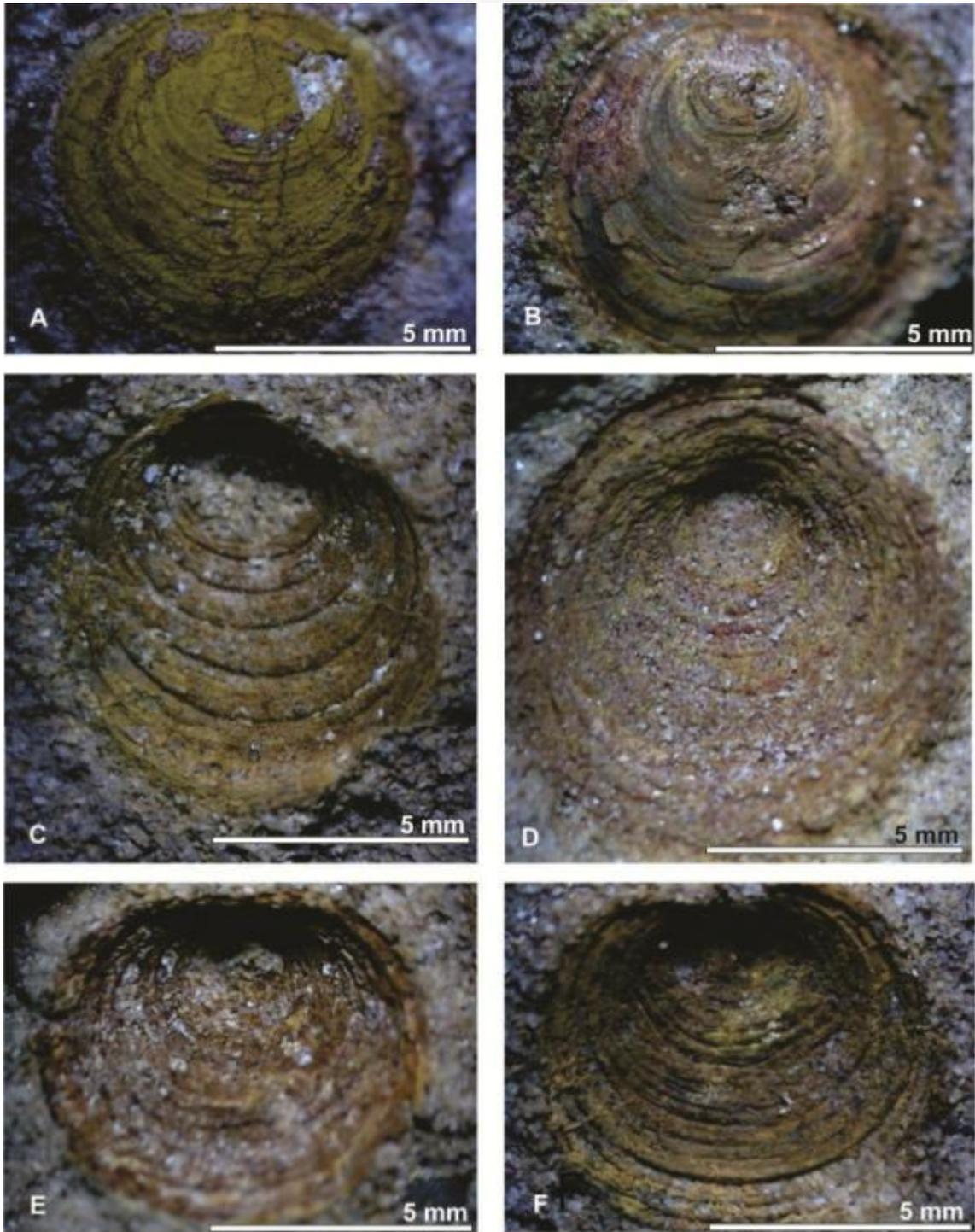


Figura 49 - Exemplos de *Orbiculoidea* sp. A: C4P2-1.5; B: C4P2-1.7; C: C4P2-5.27; D: C4P2-4.9; E: C4P2-5.137 e F: C4P2-5.141. Valvas dorsais.

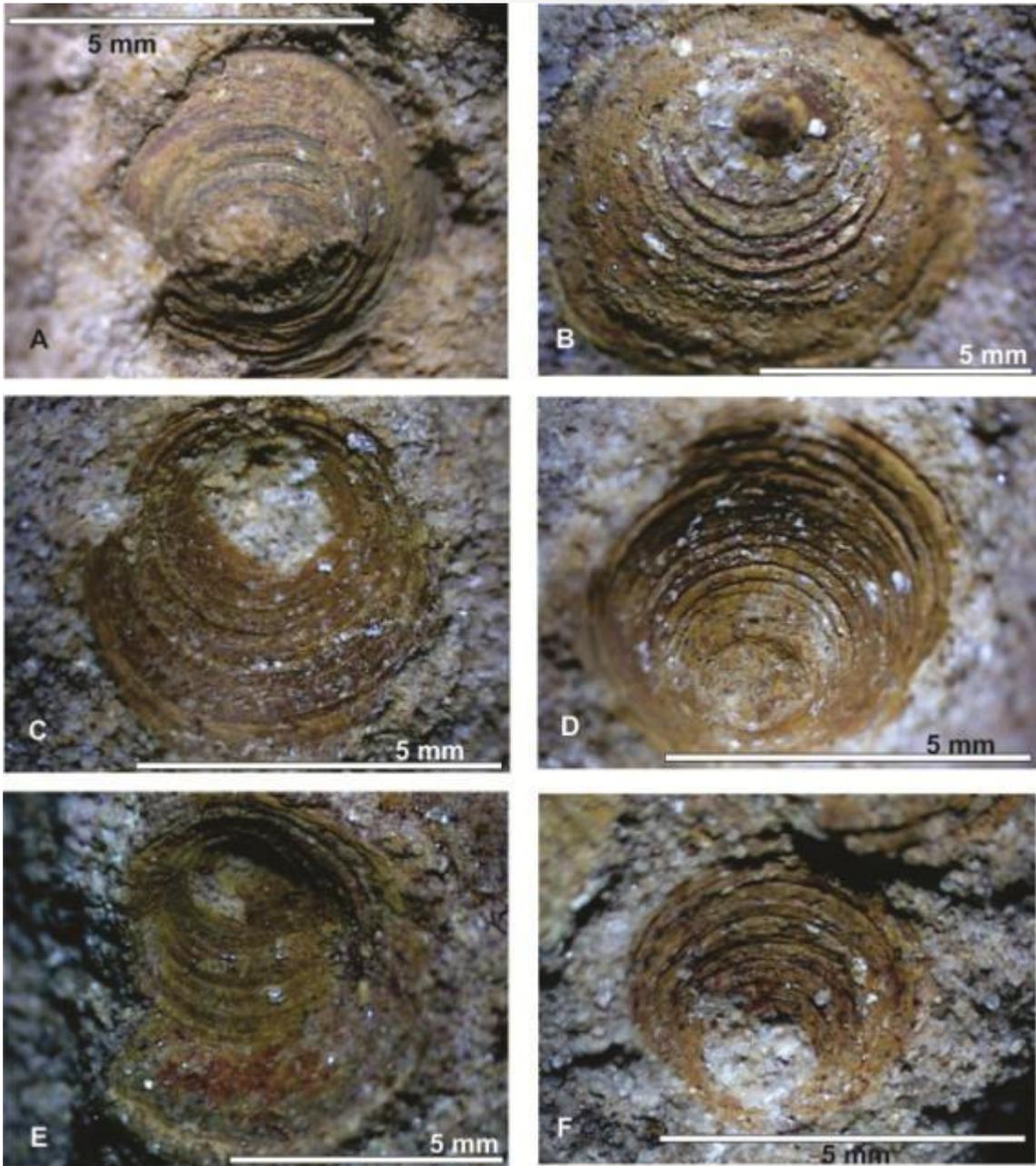


Figura 50 - Exemplos de *Orbiculoidea* sp. A: C4P2-5.5; B: C4P2-5.35; C: C4P2-5.14a; D C4P2-5.14b; E: C4P2-4.6 e F: C4P2-5.11. Valvas dorsais.

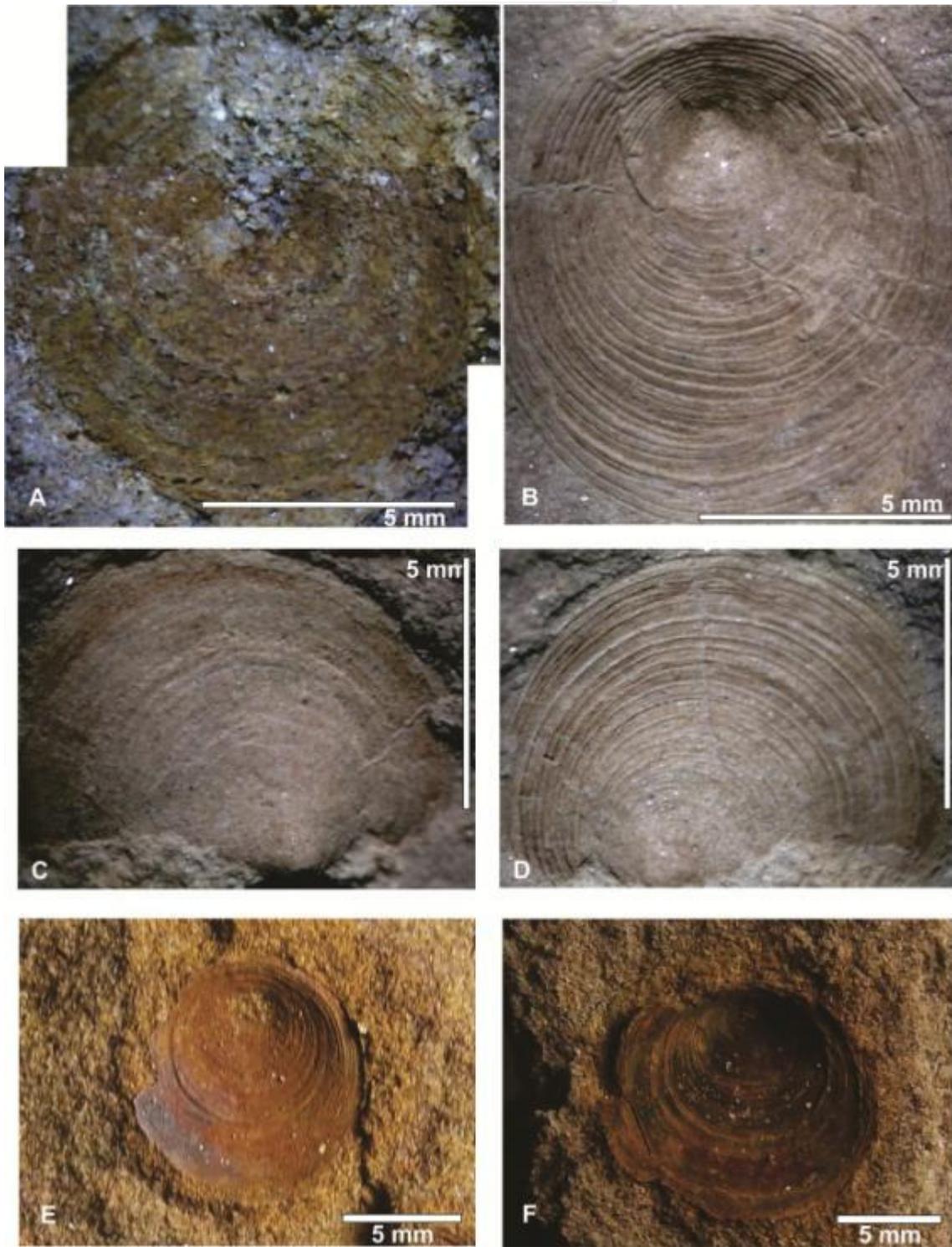


Figura 51 - Exemplos de *Orbiculoidea* sp. A: C4P2-5.140, valva ventral; B: C4P6-R.1a, valva dorsal; C: C4P6-3.3a, valva dorsal; D: C4P6-3.3b, valva dorsal; E: C4P2-5.4, valva dorsal e F: C4P2-5.127, valva dorsal.

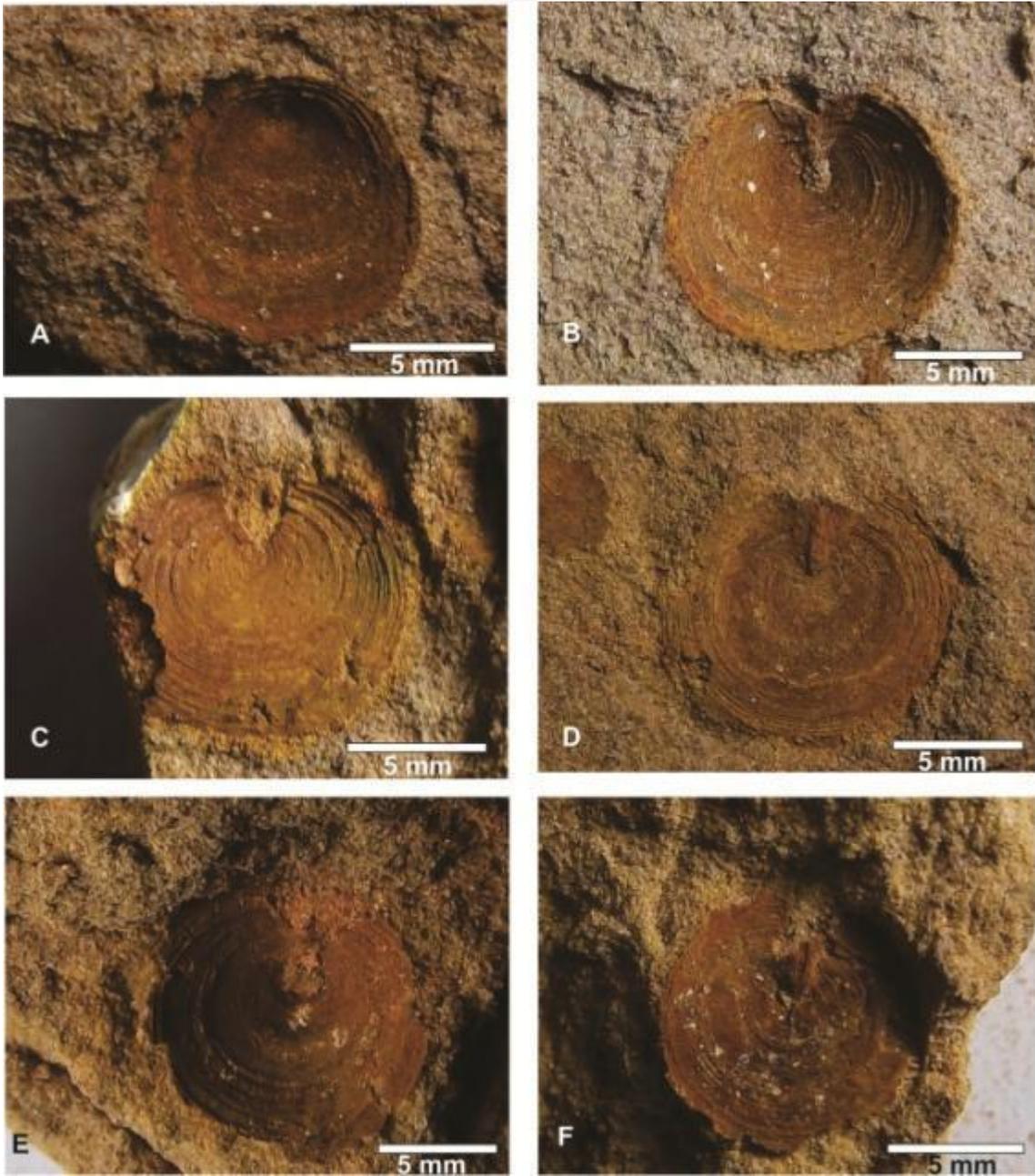


Figura 52 - Exemplos de *Orbiculoidea* sp. A: C4P2-5.34, valva dorsal; B: C4P2-5.39, valva ventral; C: C4P2-5.25b, valva ventral; D: C4P2-5.74, valva ventral; E: C4P2-5.131, valva ventral e F: C4P2-5.106, valva ventral.

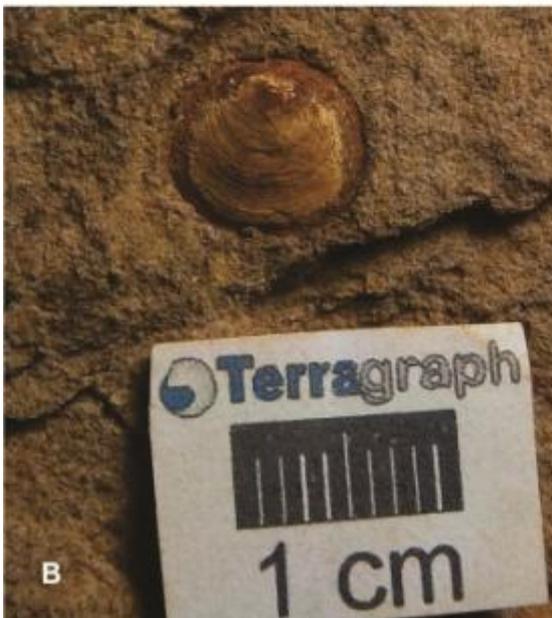


Figura 53 - Exemplos de *Orbiculoidea* sp. A: C4P2-5.8, valva dorsal; B: C4P2-5.132, valva dorsal e C: C4P2-5.148, valva dorsal e ventral.

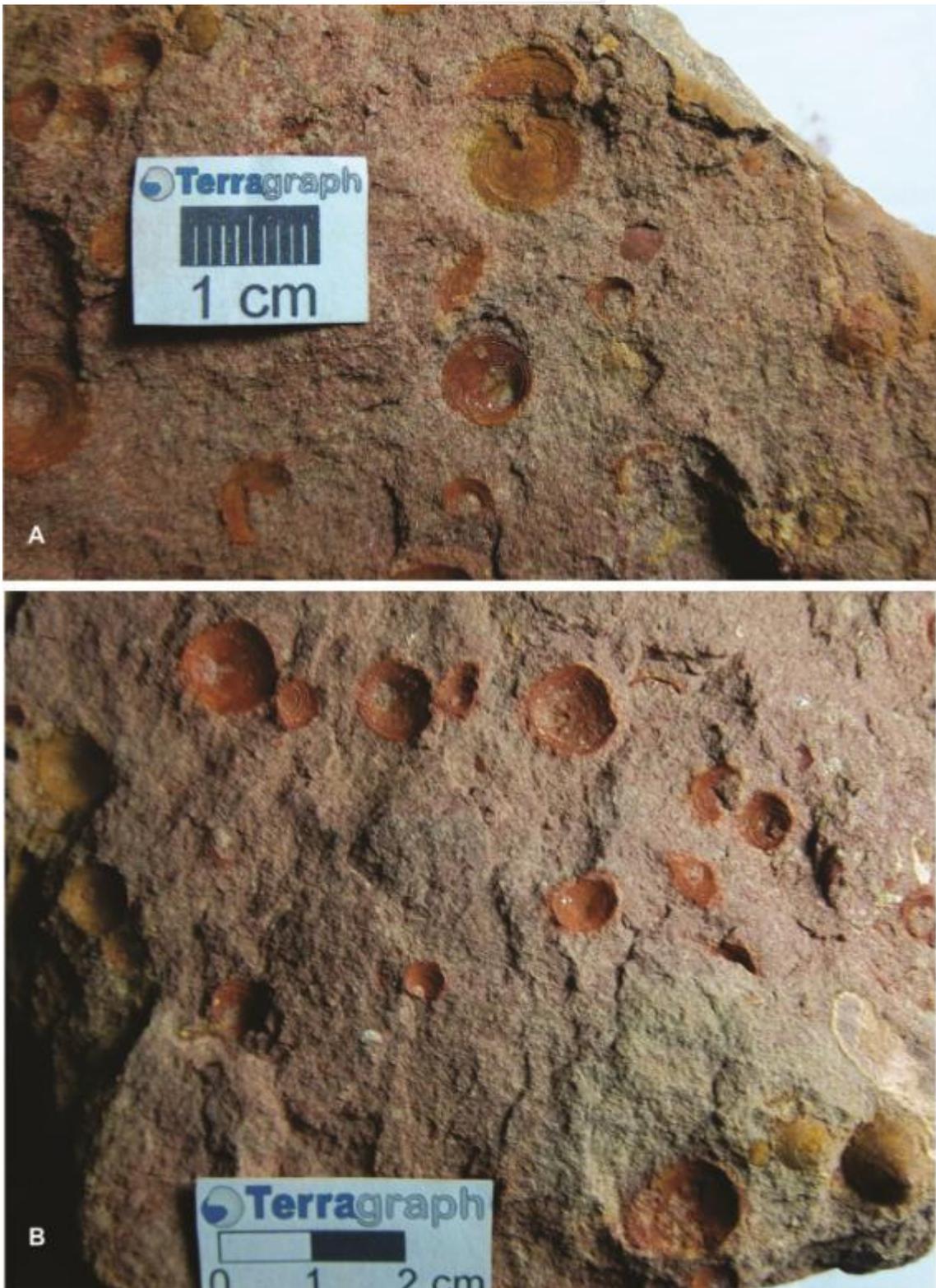


Figura 54 - Exemplos de *Orbiculoidea* sp. A: C4P2-5.18 e B: C4P2-5.72. Valvas isoladas.

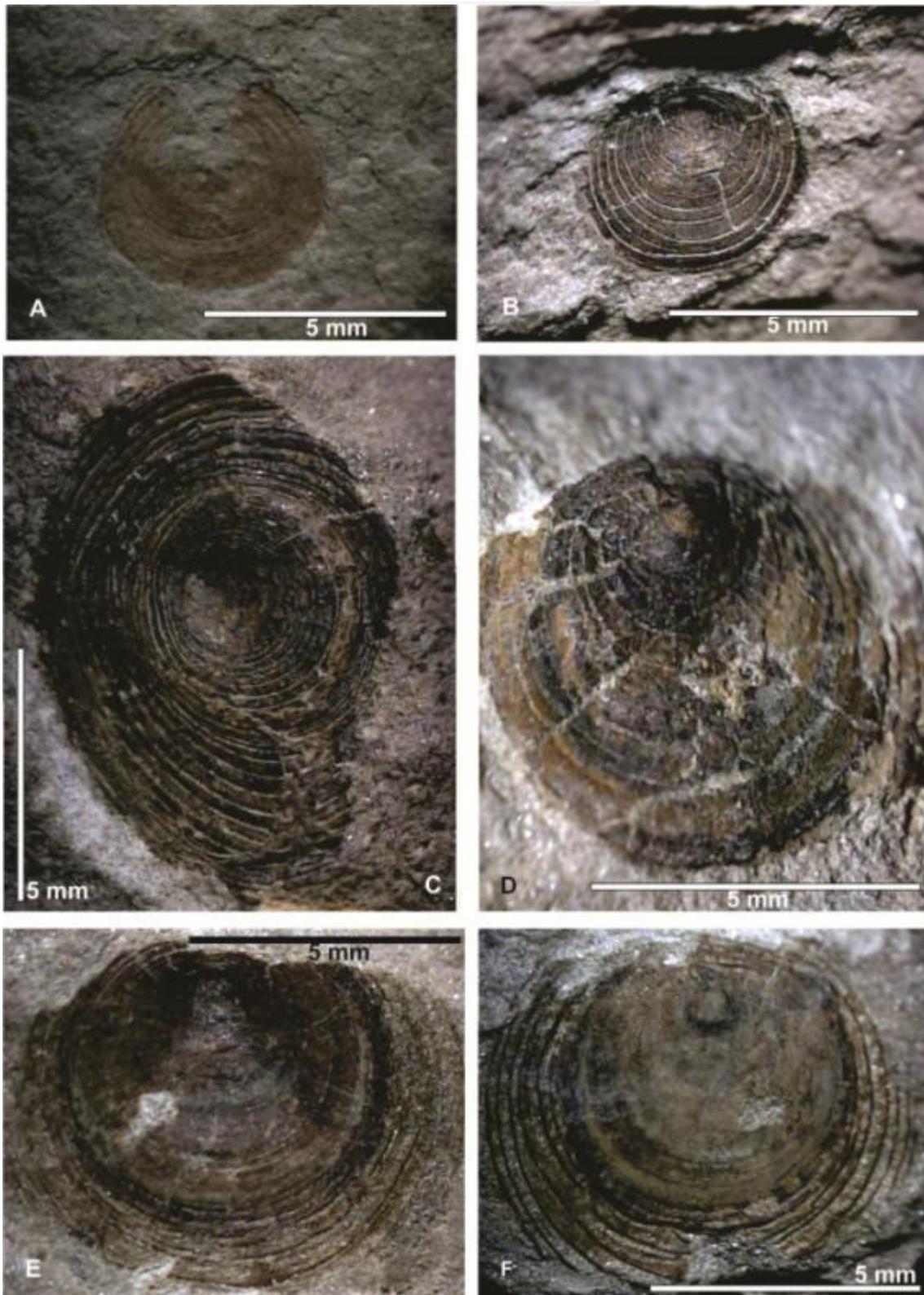


Figura 55 - Fragmentos de conchas de espécimes de *Orbiculoidea* sp. A: C3P1-R.1, valva ventral; B: C3P1-1.22, valva dorsal; C: C3P1-1.30, valva dorsal; D: C3P1-2.2, valva dorsal; E: C3P1-1.32a e F: C3P1-1.32b, valva dorsal.

O gênero *Lingula* pertence ao grupo dos braquiópodes inarticulados, sem mecanismo articulatório por meio de dentes e fossetas dentais nas valvas, sendo tarefa de fixação, abertura e fechamento da concha desempenhada exclusivamente por músculos. (Fonseca, 2004).

Constata-se que as valvas foram preservadas por meio de substituição por agilominerais, impressões e alguns vestígios de matéria original, ocorrendo moldes internos, externos e contramoldes ventrais (pedicular) e dorsais (braquiais).

As ocorrências de *Lingula* estão restritos a afloramentos estudados em estratos do Siluriano na área do Sítio Belo Monte, ocorrendo dois padrões de tamanho distintos, em alguns níveis predominam indivíduos pequenos e em outros níveis espécimes maiores. Os mesmos possuem morfologia semelhante, estágios de crescimento regulares, diferem apenas no tamanho.

Os espécimes pequenos estão muito fragmentados em virtude do possível transporte pós-morte, parte devido ao processo de coleta e de fossilização. Quase em sua totalidade fragmentados e mal preservados, possivelmente em virtude do modo de fossilização e do possível transporte *post-mortem*, demonstrado pela distribuição das valvas, as quais foram depositadas paralelas ao plano de acamamento laminar dos argilitos, tendo em vista que este gênero possui modo de vida endobentônico cavícula, suspensívoro.

Os exemplares de *Lingula sp.*, possuem desde dimensões milimétricas a centimétricas, nos espécimes diminutos com dimensões entre 1,8 mm a 6mm de comprimento e 1,2mm a 4mm de largura, já o indivíduos maiores coletados em outros pontos, possuem dimensões mais desenvolvidas em média entre 20mm de comprimento e 10mm de largura.

Apesar da maioria das valvas da microfauna de *Lingula sp.* estarem fragmentadas, foram preservadas parte da morfologia geral dos indivíduos como, formato geral com contorno sub-retangular e elíptico, levemente biconvexa e equivalentes, com comprimento maior que a largura, região posterior mais estreita que a anterior. A valva ventral (pedicular) e dorsal (braquial) está isolada na maioria dos exemplares anormais diminutos, com exceção dos exemplares centimétricos que ocorrem valvas unidas compondo a concha ou molde destas.

Valvas de textura lisa, de espessura muito fina, ornamentada por linhas ou estrias de crescimento concêntricas, radiais, rasas e finas, com relevo, número e distribuição variada. Pode ser observado que alguns exemplares possuem estrias cruzando perpendicularmente as linhas de crescimento no terço médio anterior. O umbo é pequeno na extremidade posterior da valva ventral ou pedicular, com bordo mais arredondado na linha de charneira. Há a presença de crista mediana suave partindo do umbo, podendo ser observada em exemplares melhor preservados. Há também a presença de elevação longa e estreita no molde interno da concha, em forma de crista, localizada no plano de simetria das valvas ventral e dorsal, caracterizando o septo mediano ou miofrágma.

Segundo Quadros (1987) a atribuição de várias espécies ao gênero *Lingula* se deu em virtude de fatores como: precária preservação de exemplares e das ilustrações, bem como a confusão de caracteres taxonômicos preservados. Portanto, Emig (1977) propõe novos parâmetros taxonômicos para as distinções específicas dentro do gênero, como: região posterior das valvas e deltírio, arranjo das cicatrizes musculares e caracteres de menor relevância, como a ornamentação e forma geral da concha. Segundo o autor a relação de tamanho das conchas não podem ser caracteres de distinção de espécies neste gênero, pois, este fenômeno está relacionado exclusivamente a velocidade de crescimento da concha e as condições do ambiente que oscilam entre os indivíduos.

O gênero *Lingula* é cosmopolita, inclusive na Província Malvinocáfrica, tem ocorrência registrada do Cambriano ao Recente. No Brasil, há ocorrências registradas no Siluriano-Devoniano na bacia do Amazonas, e Devoniano nas bacias do Paraná e Parnaíba. Sendo assim, tendo em vista que os depósitos marinhos Silurianos em outras bacias brasileiras é pouco representativo em preservação de fósseis, principalmente no registro desse grupo, por meio desse trabalho de resgate paleontológico, o Siluriano na Bacia do Amazonas tem se tornado referência na ocorrência dos braquiópodes mais antigos do Brasil.

O conjunto ilustrado possibilita compor um mosaico com as características necessárias para atribuímos os elementos taxonômicos aos gêneros (**figuras 56 a 59**), podendo em trabalhos posteriores obter-se com precisão a identificação das espécies.



Figura 56 - A-D. Exemplos de *Lingula* sp. A: C3P4-41.2a; B: C3P4-41.2b; C: C3P4-45.2a e D: C3P4-45.2b.

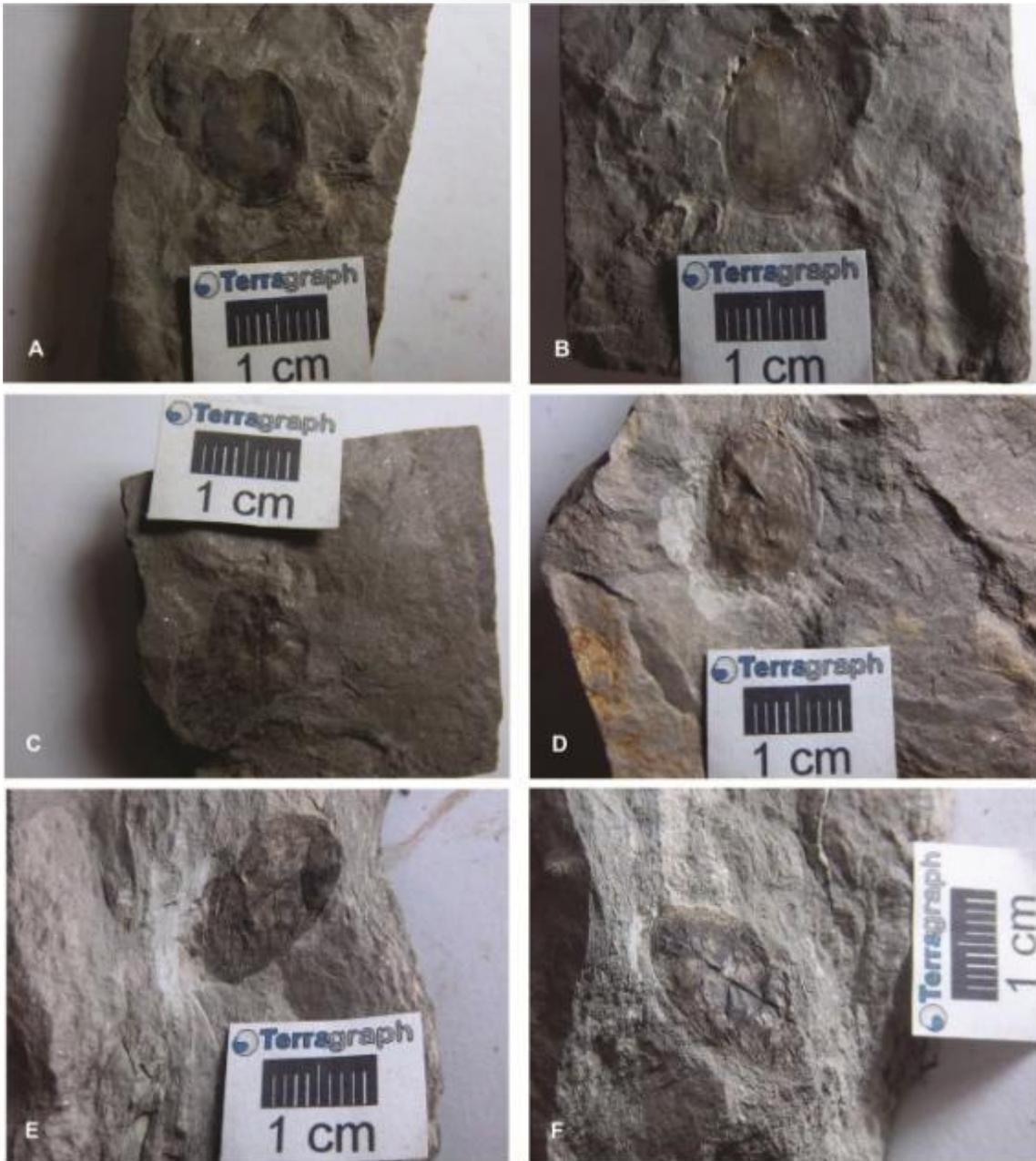


Figura 57 - A-F. Exemplos de *Lingula* sp. A: C3P1-4.1a; B: C3P1-4.1b; C: C3P1-4.3b; D: C3P1-4.6a; E: C3P1-7.2a e F: C3P1-7.2b.

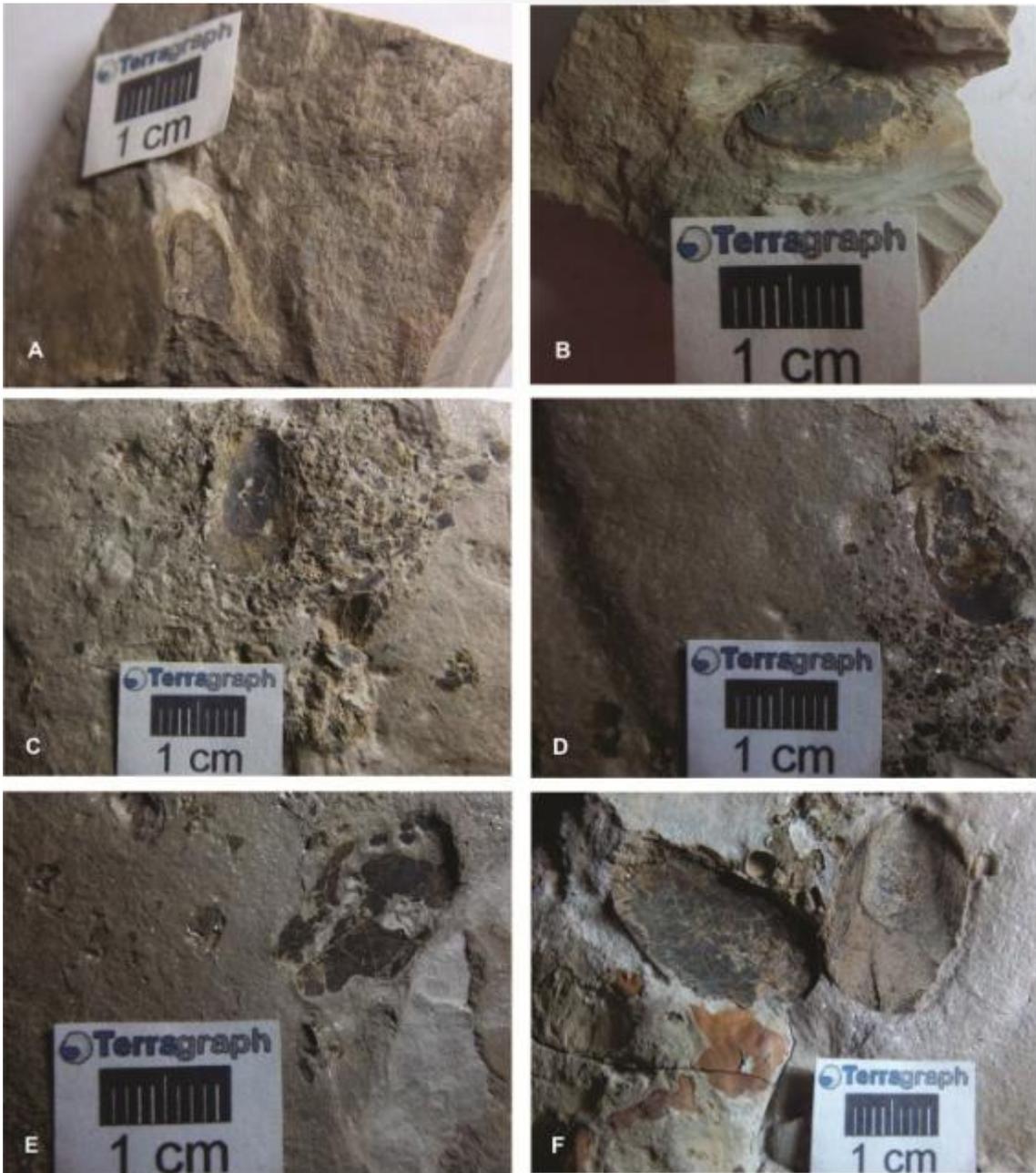


Figura 58 - A-F. Exemplos de *Lingula* sp. A: C3P3-7.2a; B: C3P4-17.1a; C: C3P4-20.34; D: C3P4-20.28; E: C3P4-20.32a e F: C3P4-20.24a.



Figura 59 - A-D. Exemplares de *Lingula* sp. A: C3P4-20.24b; B: C3P4-20.24c e C: C2P3-11.2.

Os braquiópodes articulados caracterizam três morfotipos diferentes nos afloramentos (figuras 60 a 63) e com menor frequência nos estratos sedimentares, em virtude da pouca representatividade até o momento, não foi possível classificação. Outros exemplares raros de macrofósseis de invertebrados foram coletados (Figura 64).

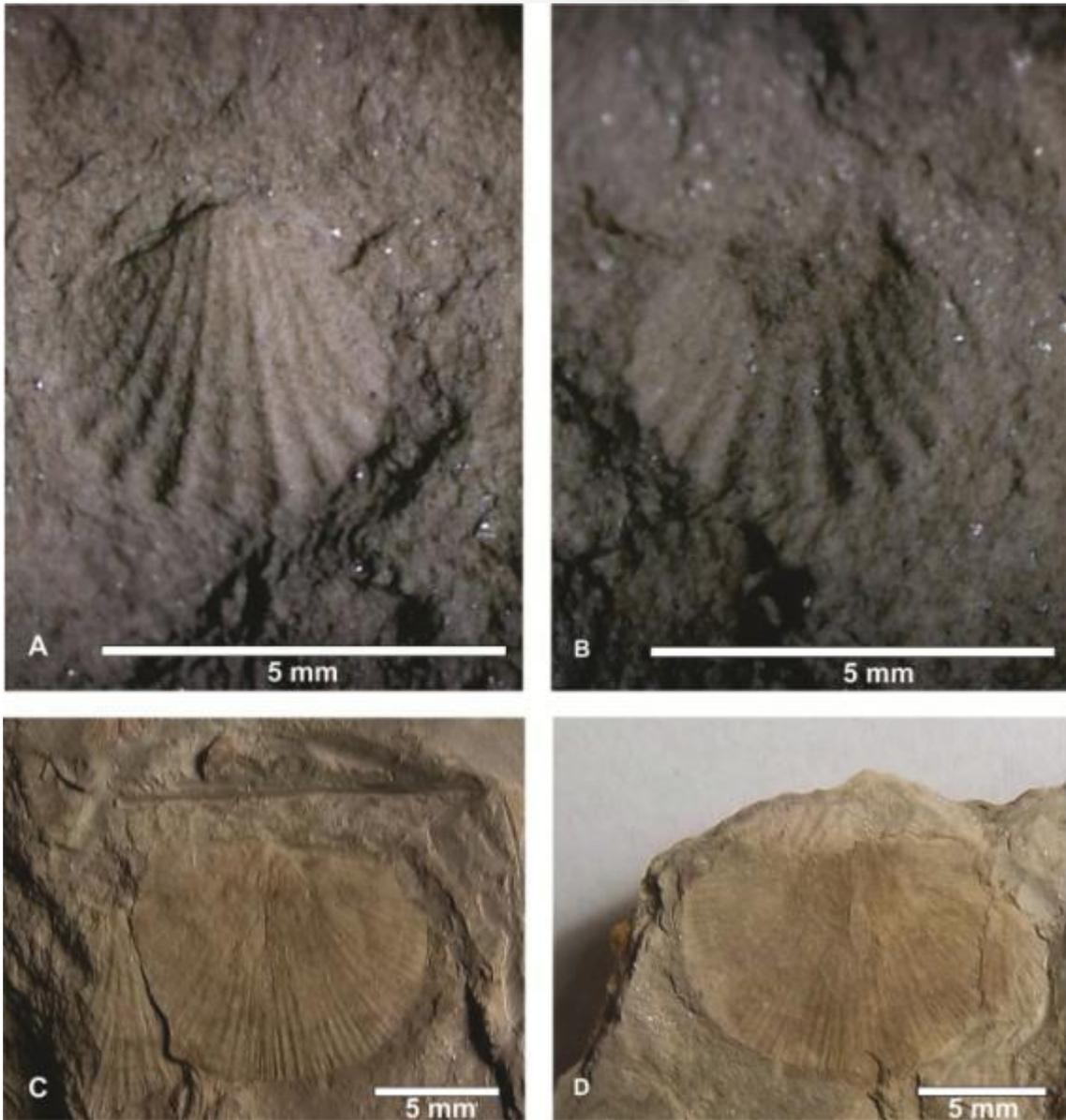


Figura 60 - A-D. Exemplos de braquiópodes articulados indeterminados. A: C4P6-3.4a, valva ventral; B: C4P6-3.4b, valva ventral; C: C4P6-3.7a, valva dorsal e D: C4P6-3.7b, valva ventral.

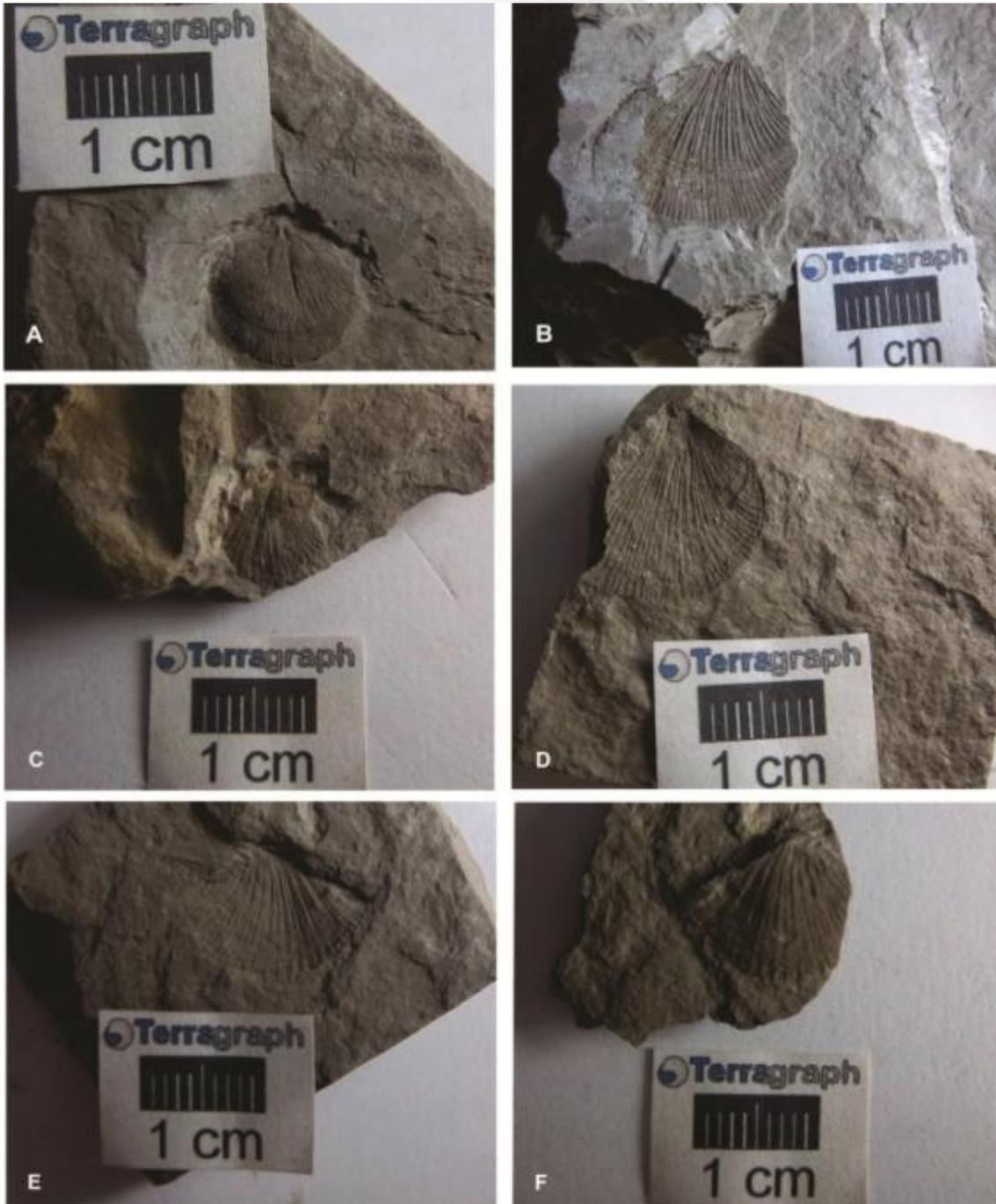


Figura 61 - A-F. Exemplos de braquiópodes articulados. (?*Paucicrura rogata*). A: C3P1-1.9a; B: C3P1-1.13a; C: C3P1-26; D: C3P1-29b; E: C3P1-31a e F: C3P1-31b.

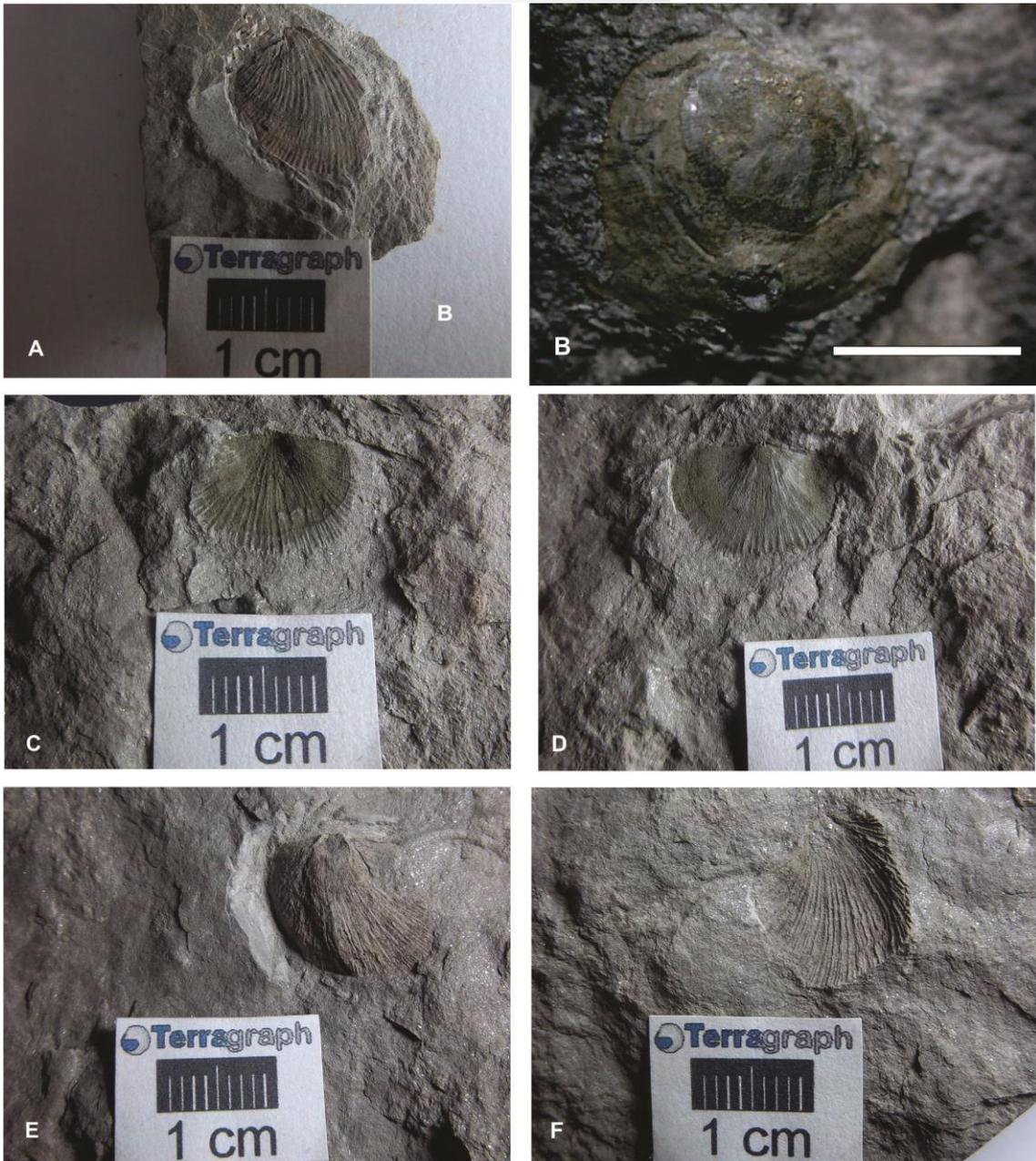


Figura 62 - A-F. Exemplos de braquiópodes indeterminados. A: C3P1-1.13b; B: C2P3-7 (conetáceo); C: C3P1-4.4a, valva ventral; D: C3P1-4.4b, valva ventral; E: C3P1-4.5b e F: C3P1-4.5a, valva ventral.



Figura 63 - Cefalópodes indeterminados. Fragmentos de carapaças parcialmente preservadas. A: C2P2-10.1, B: C2P4-35 e C: C3P3-16.2 (Gastrópode indeterminado). Escala 2 mm.

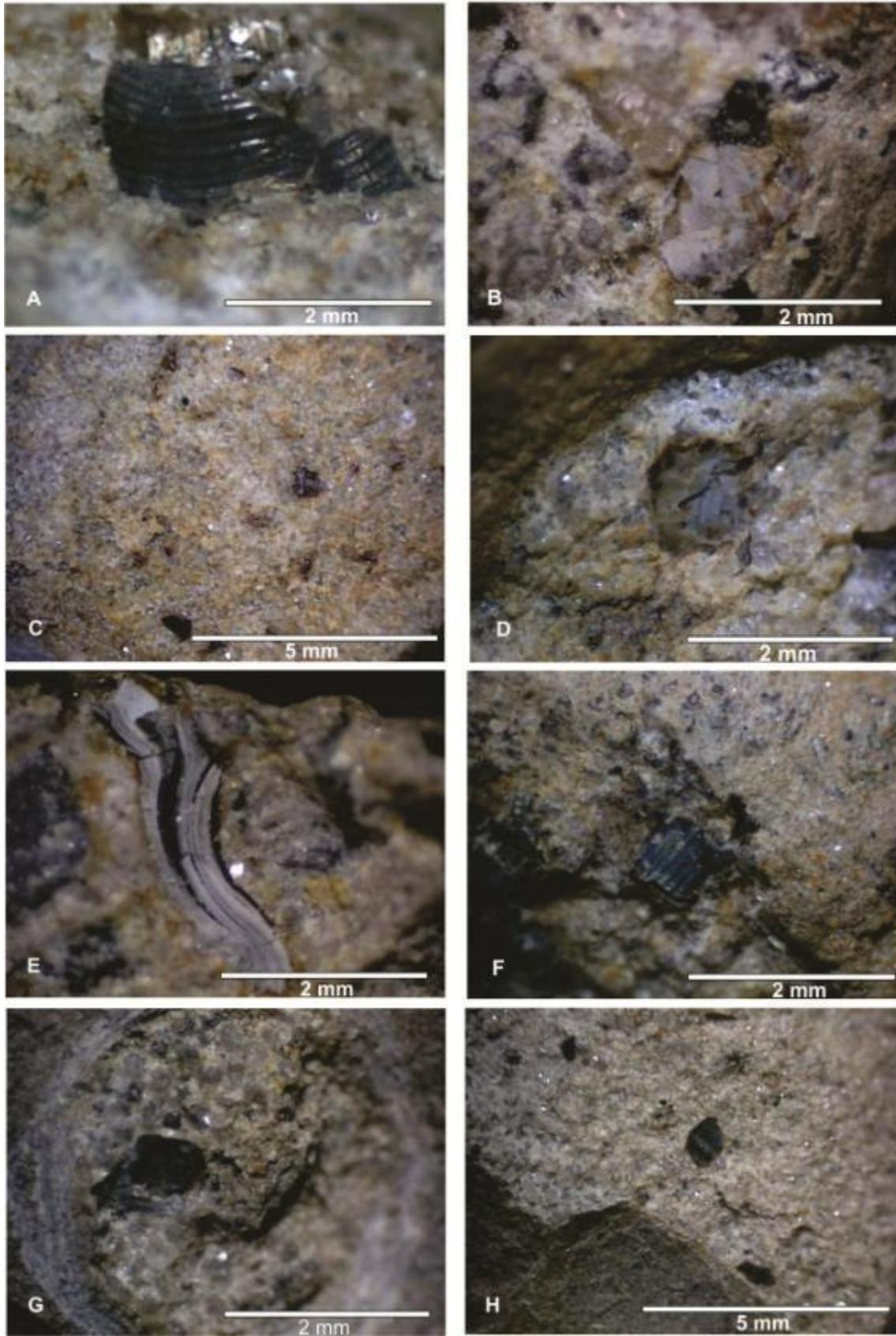


Figura 64 - A-H. Exemplos de bioclastos (escamas, dentes e fragmentos de conchas). A: C3P3-16.4; B: C3P3-16.8; C: C3P3-16.14b; D: C3P3-17.1a; E: C3P3-17.1b; F: C3P3-17.3; G: C3P4-1.1 e H: C3P4-1.1.

6.5.3.1.2. TAFONOMIA E PRESERVAÇÃO DOS BRAQUIÓPODES EM CONJUNTO COM OUTROS FÓSSEIS

O estudo da tafonomia explora as condições e processos que propiciaram a preservação dos fósseis, desde sua morte até sua coleta nas rochas sedimentares (Cassab, 2004).

Os métodos tafonômicos de análise consistem em elucidar os processos e ambientes de fossilização, possuindo duas amplas subdivisões: Bioestratinomia e Diagênese do Fóssil (**Figura 65**). A primeira refere-se à história sedimentar dos fósseis até o soterramento, causas da morte, decomposição, transporte e deposição. A segunda subdivisão enfatiza os processos físicos, químicos que alteram os organismos após o soterramento, bem como, as técnicas, métodos de coleta e preparação dos fósseis. No que consiste no grau de empacotamento ocorre três tipos recorrentes: Densamente empacotado, fracamente empacotado e disperso. (Simões & Holtz, 2004).



Figura 65 - Etapas do processo de fossilização (Mendes, 1988).

A fossilização representa a quebra do ciclo que finaliza na decomposição, devendo ser sempre visto como um fenômeno raro na natureza. Portanto, muitas espécies surgem e desaparecem sem deixar vestígios, constituindo as lacunas na história da evolução biológica. Mesmo após a fossilização, os fósseis ficam submetidos aos processos intempéricos e metamórficos no ambiente.

Segundo Cassab (2004) os fósseis podem ser preservados por meio de diferentes mecanismos, dependendo dos fatores e das substâncias químicas que atuaram após a morte do organismo, resumindo-se em dois grupos: restos e vestígios. Os restos constituem geralmente as partes mais duras biomineralizadas dos organismos, como conchas, ossos, dentes e escamas, os quais podem ser constituídos normalmente por sílica, fosfato ou carbonato de cálcio, na forma de aragonita ou calcita, e quitina. A preservação das partes moles, além de raríssima, é um evento extraordinário, devendo ocorrer soterramento rápido e combinação de fatores muito especiais. Os fósseis podem ser preservados por meio de vários processos, são eles: incrustação, permineralização, recristalização, substituição e carbonização (**Figura 66**).

Os organismos animais ou vegetais, restos ou vestígios após a morte natural ou catastrófica, ficam submetidos a decomposição no ambiente em que a matéria orgânica está exposta. No entanto, as partes duras dos organismos demoram mais para se decompor e portanto modelam os sedimentos quando estes são encobertos. Neste processo de morte, transporte e soterramento, uma pequena parcela de seres

ou vestígios deles fica registrada nas camadas sedimentares. De acordo com a associação de eventos antes e pós-sedimentação, mais a composição dos sedimentos e fluidos, juntamente com as alterações posteriores irão derivar as possíveis formas fossilizadas na escala de tempo geológico.

O processo de fossilização tem as seguintes alternativas e combinações no meio onde os indivíduos foram depositados: os organismos ou vestígios após a morte os que não são decompostos totalmente são encobertos pela matéria disponível no ambiente, a partir dessa fase deriva-se várias possibilidades de preservação, o exemplar pode ser destruído ou preservado inalterado, substituído, alterado e petrificado, preenchido, preservado em forma de molde interno, externo, contramolde ou pseudomorfo, pode ser alterado carbonizado, incrustado ou permineralizado. Além destas possibilidades, podem ocorrer combinações entre elas e resultarem em vários processos até a forma fóssil ser coletada e identificada. Alguns desses processos preservam as características originais ou parte delas, como ornamentação, morfologia, estruturas internas e externas.

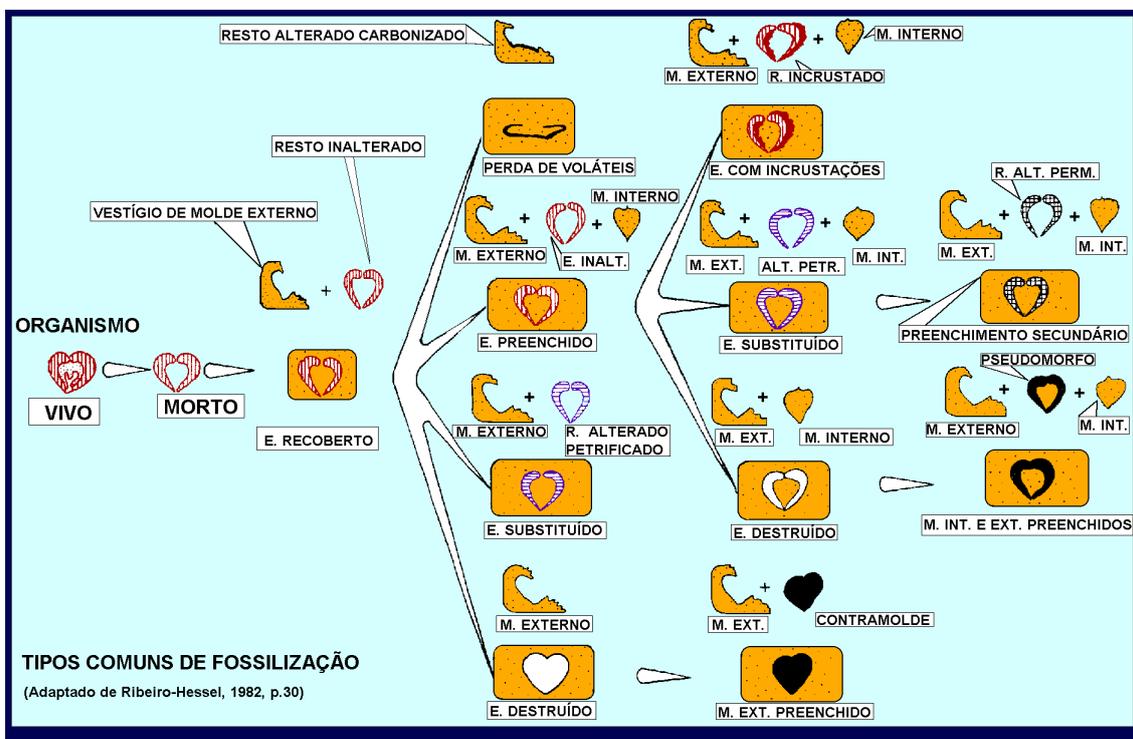


Figura 66 - Tipos comuns de diagênese do fóssil.

Alguns exemplares fósseis ilustrados neste relatório foram preservados por meio de substituição da composição original parcialmente ou totalmente por minerais predominantes nas rochas, alguns demonstram preservar estruturas corporais, moldes internos, externos e contramoldes (**Quadro 5**). A maior parte dos espécimes preservou parte da estrutura, forma e ornamentação.

Quadro 5 - Exemplares de braquiópodes ilustrados com informações tafonômicas. C-Concha; VV-Valva ventral; VD-valva dorsal; Organismo fragmentado: F - fragmentado; MF - muito fragmentado; I - inteiro; D - desarticulado; A - articulado; PA - no plano de acamamento; FP - fora do plano de acamamento; X - dado não diagnosticado. (Adaptado de Bosetti et. al. 2010). Legenda, CP: Código de numeração paleontológica indicando a ordem da campanha e sequência dos pontos levantados.

NÚMERO	TÁXON	ESTRUTURA-PARTE	FRAGMENTAÇÃO-ARTICULAÇÃO		POSIÇÃO
C4P2-1.5	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-1.7	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.27	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-4.9	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.137	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.141	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.5	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.35	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.14a	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.14b	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-4.6	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.11	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.140	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VV	I	D	PA
C4P6-R.1a	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P6-3.3a	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P6-3.3b	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.4	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.127	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.34	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.39	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VV	I	D	PA
C4P2-5.25b	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VV	I	D	PA
C4P2-5.25b	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VV	I	D	PA
C4P2-5.74	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VV	I	D	PA
C4P2-5.131	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VV	I	D	PA
C4P2-5.106	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VV	I	D	PA
C4P2-5.8	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.132	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C4P2-5.148	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD-VV	I	D	PA
C4P6-3.4a	<i>Braquiópode indet.</i>	VV	I	D	PA
C4P6-3.4b	<i>Braquiópode indet.</i>	VV	I	D	PA
C4P6-3.7a	<i>Braquiópode indet.</i>	VD	I	D	PA
C4P6-3.7b	<i>Braquiópode indet.</i>	VV	I	D	PA
C3P1-R.1	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P1-1.22	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C3P1-1.30	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C3P1-1.2.2	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA

NÚMERO	TÁXON	ESTRUTURA-PARTE	FRAGMENTAÇÃO-ARTICULAÇÃO		POSIÇÃO
C3P1-1.32a	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C3P1-1.32b	<i>Orbiculoidea sp.</i>	VD	I	D	PA
C3P4-41.2a	<i>Lingula sp.</i>	VD	I	D	PA
C3P4-41.2b	<i>Lingula sp.</i>	VD	I	D	PA
C3P4-45.2a	<i>Lingula sp.</i>	VD	I	D	PA
C3P4-45.2b	<i>Lingula sp.</i>	VD	I	D	PA
C3P1-4.1a	<i>Lingula sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P1-4.1b	<i>Lingula sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P1-4.3b	<i>Lingula sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P1-4.6a	<i>Lingula sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P1-7.2a	<i>Lingula sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P1-7.2b	<i>Lingula sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P3-7.2a	<i>Lingula sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P4-17.1a	<i>Lingula sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P4-20.34	<i>Lingula sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P4-20.28	<i>Lingula sp.</i>	C	I	A	PA
C3P4-20.32a	<i>Lingula sp.</i>	C	I	A	PA
C3P4-20.24a	<i>Lingula sp.</i>	VD	I	D	PA
C3P4-20.24b	<i>Lingula sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P4-20.24c	<i>Lingula sp.</i>	VV	I	D	PA
C2P3-11.2	<i>Lingula sp.</i>	VD	I	D	PA
C3P1-1.9a	<i>Paucicrura sp.</i>	VD	I	D	PA
C3P1-1.13a	<i>Paucicrura sp.</i>	VV	F	D	PA
C3P1-26	<i>Paucicrura sp.</i>	VD	F	D	PA
C3P1-29b	<i>Paucicrura sp.</i>	VV	F	D	PA
C3P1-31a	<i>Paucicrura sp.</i>	VV	I	D	PA
C3P1-31b	<i>Paucicrura sp.</i>	VV	F	D	PA
C3P1-1.13b	Braquiópode indet.	VV	F	D	PA
C2P3-7	?Conetáceo	VV	I	D	PA
C3P1-4.4a	Braquiópode indet.	VV	I	D	PA
C3P1-4.4b	Braquiópode indet.	VV	I	D	PA
C3P1-4.5b	Braquiópode indet.	VV	I	D	PA
C3P1-4.5a	Braquiópode indet.	VV	I	D	PA

O modo de preservação do conjunto coletado no Sítio Belo Monte – Área 1 em argilitos sugere transporte e sedimentação no plano paralelo ao acamamento estratigráfico, uma vez que os Lingulídeos possuem hábitos de vida fixos em posição perpendicular ao acamamento horizontal das camadas, indicando transporte pós-morte dos exemplares desse grupo, juntamente com os demais grupos associados. Apesar das dimensões dos fósseis de braquiópodes serem milimétricas, os mesmos ocorrem com grau de empacotamento disperso nas camadas.

Segundo Bosetti et. al. (2010) o processo diagenético pode afetar a morfologia dos fósseis, pois cada ambiente de sedimentação determina a dinâmica de crescimento, dos fósseis submetidos aos processos de alterações paleoambientais.

Parte dos exemplares de *Lingula* ilustrados possui dimensões subnormais, microscópicas, indicando que o ambiente passou por alteração de concentração de composição química, temperatura ou salinidade, mesmo com essas evidências, as características do gênero foram preservadas. Fato semelhante ocorre na bacia do Paraná, onde ocorrem conchas macroscópicas em alguns níveis em afloramentos e dimensões microscópicas em outros.

Neste sentido, Bosetti et. al. (2010) observa que nos exemplares subnormais que ocorrem no Devoniano da bacia do Paraná, apesar do tamanho diminuto da fauna, possuem características morfológicas das valvas, linhas de crescimento, estrias e características gerais indicando avançado estágio ontogenético.

6.5.3.1.3. PALEOGEOGRAFIA DE BRAQUIÓPODES DO DEVONIANO

Três grandes domínios zoogeográficos são reconhecidos para o Período Devoniano: Velho Mundo, Américas Orientais e Malvinocáfrico (Boucot, 1988; Melo, 1988).

O domínio do Velho Mundo no início do Eodevoniano ocupava baixas latitudes, com características das regiões tropicais e subtropicais, com águas quentes, correspondentes à Europa, África setentrional, Ásia, Austrália, Nova Zelândia e ao oeste da América do Norte (Boucot, 1974).

Nesse mesmo intervalo de tempo o domínio Malvinocáfrico abrangia a parte meridional da América do Sul, África austral e Antártida, ocupava as altas latitudes no hemisfério Sul, com águas frias (Fonseca & Melo, 1987).

O domínio das Américas Orientais localizava-se entre os domínios do Velho Mundo e Malvinocáfrico, caracterizado por apresentar águas temperadas no leste da América do Norte, Colômbia, Venezuela (Santos & Carvalho, 2004; Fonseca, 2004).

No Devoniano a bacia do Amazonas e do Parnaíba estava localizada numa região biogeográfica fronteira entre os principais domínios, com evidente mistura faunística (Fonseca & Melo, 1987).

As Bacias do Amazonas e do Parnaíba possuíram uma fauna mista durante o Devoniano, com ocorrências de braquiópodes dos domínios das Américas Orientais, Velho Mundo e Malvinocáfrico, ou seja, área de interação entre espécies que toleravam águas frias, quentes e mornas, além de abrigar formas endêmicas das bacias brasileiras.

O gênero *Orbiculoidea* é considerado cosmopolita. No Brasil, existem ocorrências registradas no Siluriano-Devoniano ao Carbonífero na Bacia do Amazonas, Devoniano ao Permocarbonífero na Bacia do Parnaíba e Siluro-Devoniano da Bacia do Paraná.

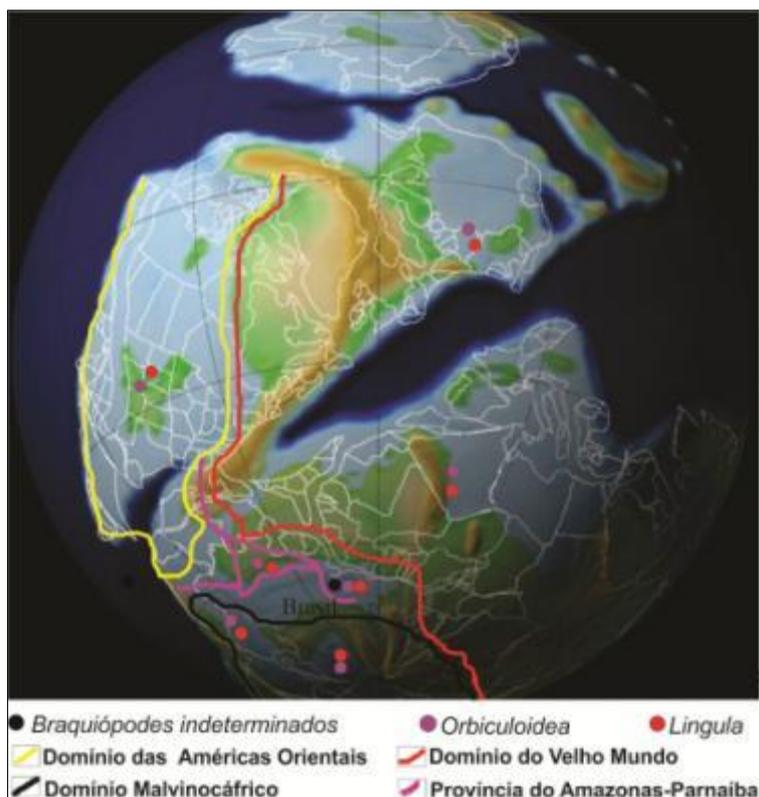


Figura 67 - Os domínios zoogeográficos do Devoniano: Américas Orientais, Velho Mundo, Malvinocáfrico e Província do Amazonas-Parnaíba. (Gama-Junior, 2008).

6.5.3.1.4. PALEOECOLOGIA E PALEOBIOGEOGRAFIA DE BRAQUIÓPODES

A paleoecologia estuda as relações dos organismos entre si e destes com o meio. As análises do conjunto da fauna, bem como, o modo de vida de cada espécie associada, fornecem informações de profundidade, salinidade, produção orgânica, nível de oxigenação do meio e condições climáticas da época (**Figura 68**; Cassab, 2004).

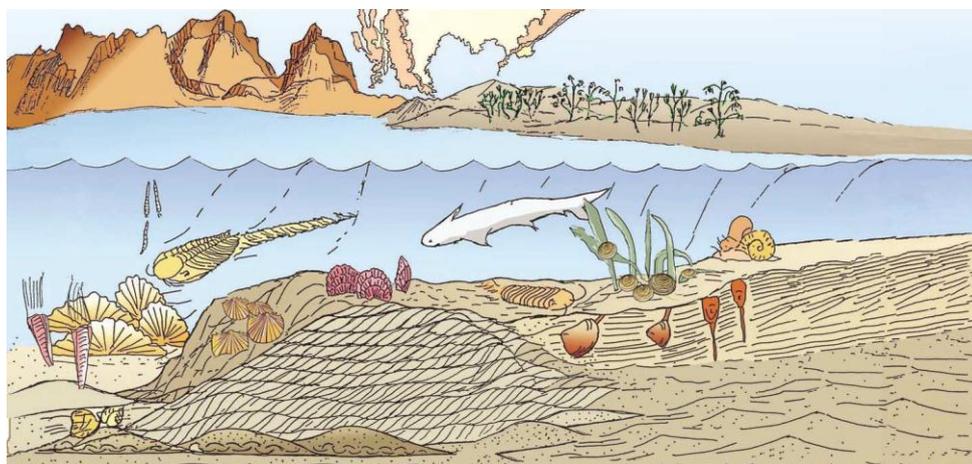


Figura 68 - Ilustração do Paleoambiente Siluriano e Devoniano (Santos & Carvalho, 2004).

Alguns grupos fósseis possuem representantes cosmopolitas com dispersão global ou endêmicos, restritos a ambientes muito específicos durante alguns períodos geológicos. O gênero *Lingula* teve dispersão global no Siluriano, possivelmente em virtude da adaptação aos ambientes e domínios morfoclimáticos marinhos. A maior parte dos grupos foi extinto ou derivou-se em novas formas de adaptação às alterações paleoambientais globais.

O gênero *Lingula*, objeto de maior ênfase neste trabalho, em virtude de maior representatividade e ocorrência, em sua forma atual vivente, são organismos endobentônicos, cavículas, suspensívoros. Habitam ambientes marinhos bentônicos, pouco profundos (mais frequentemente) a profundos, de águas quentes e salinidade normal. Toleram, temporariamente, condições de salinidade reduzida.

Três associações foram reconhecidas no domínio Malvinocáfrico (Boucot, 1971): **1- *Lingula* e outros**, **2- Mutationélidea e outros**, **3- Conetáceos e outros (Quadro 6)**.

Quadro 6 - Modelos de associações bentônicas presentes no domínio Malvinocáfrico (Boucot, 1971 adaptado por Gama-Junior, 2008).

ASSOCIAÇÕES	FÓSSEIS CARACTERÍSTICOS	PALEOAMBIENTE
Associação 1	Lingulídeos e Discinidas (<i>Orbiculoidea</i>), molusco bivalves nuculídeos, os gastrópodos belerofontídeos, e os trilobitas homalonotídeos.	Marinho litorâneo
Associação 2	Mutationélidea, <i>Derbyina</i> e <i>Paranaia</i> , <i>Tropidoleptus</i> e o trilobita <i>Burmeisteria</i> .	Plataforma interna proximal
Associação 3	Conetáceos, espiriferídeos, ambocoelídeos, terebratulídeos e o trilobita calmonídeo <i>Metacryphaeus</i> .	Plataforma interna distal

Ao considerar as associações de invertebrados bentônicos, essa fauna apresentada pode ser tipificada na associação 1, composta por Lingulídeos, *Orbiculoidea* e gastrópode. Para tal associação admite-se um paleoambiente característico de ambiente marinho litorâneo. A acumulação fossilífera está disposta nos estratos da Formação Pitinga com pouca concentração fossilífera, indicando transporte e sedimentação de elementos fósseis desse conjunto, justificando assim a presença de um espécime de ?Conetáceo, característico de plataforma interna distal. A sedimentologia dos estratos indica ambiente de baixa energia, uma vez que os argilitos laminados estão relacionados com deposição em ambiente profundo.

Os fósseis coletados em afloramentos Devonianos da bacia do Amazonas no Travessão 27, também indicam paleoambiente marinho litorâneo, assim como a estrutura sedimentar, bem como associação a arenitos confirmam a hipótese de deposição em ambiente de vida litorâneo de fluxo superior.

6.5.3.2. ARTRÓPODES

Os artrópodes são animais comuns no registro fossilífero devido a sua abundância no ambiente aquático, sua capacidade singular de habitar os mais diversos ecossistemas e pela resistência do exoesqueleto nos processos tafonômicos que, muitas vezes, podem resultar na destruição do resto biológico. Nas coletas realizadas no Sítio Belo Monte foram encontrados dois exemplares fósseis deste filo.

Um pequeno artrópode preservado como impressão (C3P1-4.8) é caracterizado pela morfologia com simetria bilateral, divisão transversal em duas partes (possivelmente céfalo e tórax-pigídio), região cefálica com dois pares de espinhos ou antenas, sendo o par anterior menor e largo e o par posterior delgado e alongado, sendo este último com comprimento semelhante ao do corpo (**Figura 69**). O exemplar pode representar o estágio juvenil de um trilobita, crustáceo ou eurípterídeo. As feições delicadas do exoesqueleto não estão suficientemente preservadas para permitir taxonomia mais apurada, ao menos em caráter preliminar.



Figura 69 - Pequeno artrópode preservado na forma de impressão (C3P1-4.8).

O segundo exemplar de artrópode é um registro corporal incompleto representado por apêndice isolado impresso em rocha. No membro é possível observar a presença de um espinho distal terminal curvo e largo, e ornamentação na forma de dezoito espinhos na margem distal do apêndice, sendo o mais distal bastante largo (**Figura 70**). O tamanho, a morfologia e a idade do fóssil em questão sugerem que pode se tratar de apêndice de trilobita siluriano, apesar de nenhum resto corporal definitivo de trilobita ter sido encontrado nas coletas do Programa de Salvamento Paleontológico de Belo Monte.



Figura 70 - Apêndice de artrópode impresso em rocha (C3P2-17).

6.5.3.3. CRINÓIDES

Os crinóides foram encontrados apenas na coluna 4 primeira campanha, na forma de impressões e/ou restos mal preservados. Estruturas semelhantes a placas calicinais de crinóides foram coletadas em folhelhos (**Figura 71**), sempre associados a concreções ferruginosas. A precariedade dos os restos fósseis deste grupo é impeditiva para taxonomia e demais análises aprofundadas de anatomia e morfologia.



Figura 71 - Possíveis placas calicinais de crinóides. A: C1P3-18a; B: C1P310.1.

6.5.4. ICNOFÓSSEIS

Os vestígios de atividades biológicas, preservados nos mais variados materiais são chamados icnofósseis, entre eles sedimento, rochas, gelo, solo, etc. Constituem o registro indireto de vida, uma vez que não são restos corporais de algum ser vivo, mas apenas a marca ou material produzido por um durante suas atividades biológicas. Entre os icnofósseis destacam-se as pegadas, rastros, pistas, bioturbações (vestígios da atividade de locomoção), ovos (reprodução), coprolitos (alimentação), marcas de raízes (sustentação), entre outros.

Muitos destes fósseis são extremamente relevantes para o entendimento do ecossistema do passado devido ao fato de serem os únicos registros disponíveis para o estudo de seres que não deixaram outras formas de fóssil, especialmente aqueles desprovidos de restos esqueléticos, e devido ao fato de serem praticamente os únicos fósseis de onde se pode deduzir o comportamento dos seres do passado, uma vez que são produzidos por suas atividades.

Estas formas são consistentes e repetitivas nas camadas sedimentares, por isso decide-se por atribuí-la ao mesmo ser construtor e, deste modo, classifica-la como um gênero biológico. Vale ressaltar que esta classificação é artificial e se refere à marca deixada pelo ser (o icnofóssil propriamente dito) e não ao ser que a produziu.

Os icnofósseis produzidos pela locomoção de seres endobiontes são comuns em todas as colunas estratigráficas descritas. Há tubos de vermes de variadas espessuras, texturas e formas, mostrando que a fauna escavadora da Formação Pitinga era bastante diversa.

A ausência de fósseis corpóreos dos seres que produziram estas marcas provavelmente se deve ao fato de que não possuíam esqueleto mineralizado e, portanto, sua preservação na forma fóssil ficou dificultada. Há bioturbações paralelas ao plano de acamamento (**Figura 72**), em alguns níveis são concentradas (**Figura 73**), algumas são bifurcadas (**Figura 74**), sigmoidais (**Figura 75**), em espiral (gênero *Gyrolites*; **Figura 76**) e há exemplares de bioturbações oblíquas, inclusive com registro de mudanças de direção (**Figura 77**).

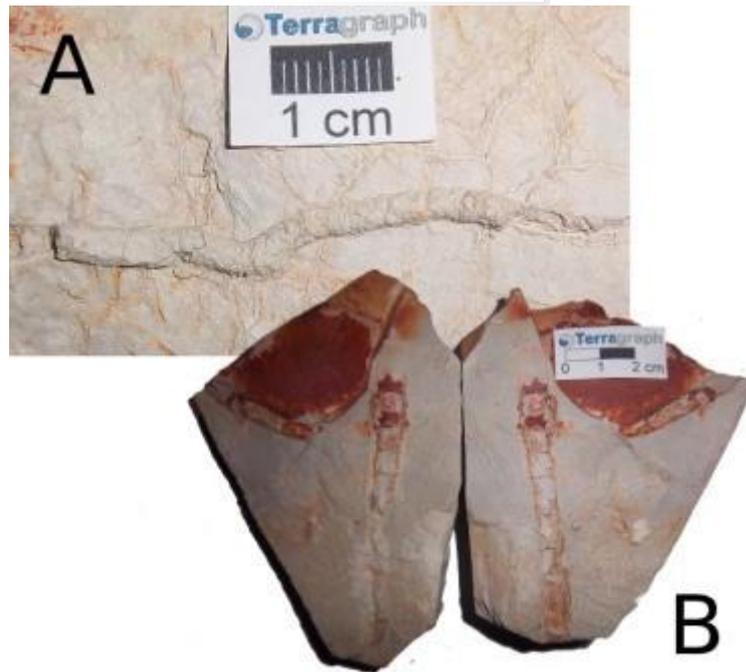


Figura 72 - Bioturbações paralelas ao acamamento. Amostras C1P4-2.3 (A), C1P4-3.1a e C1P4-3.1b (B).



Figura 73 - Bioturbação intensa em nível sedimentar (C2P4-7.2).



Figura 74 - Bioturbações bifurcadas (C1P5-7a e C1P5-7b).



Figura 75 - Bioturbação em pista simples, sigmoidal.



Figura 76 - *Gyrolites*, bioturbação em espiral (C3P3-10.2).



Figura 77 - Bioturbação oblíqua, com mudanças de direção (C1P6-2.1).

Pistas horizontais contínuas, longas e sinuosas, constituídas de duas cristas paralelas foram identificadas como o icnogênero *Diplopodichnus* Brady, 1947, sendo um icnito de locomoção (Figura 78). Este icnogênero é atribuído às icnofácies *Cruziana* ou *Scoyenia*, provavelmente produzidos por animais aquáticos semelhantes a miriápodes.

Sua ocorrência é reportada do Ordoviciano ao Permiano (Fernandes et al. 2002), e a coleta no Sítio Belo Monte estenderia a distribuição estratigráfica ao Siluriano.



Figura 78 - *Diplopodichnus* sp., coletado no Sítio Belo Monte, amostra C2P3-6.3a.

Dentre a assemblagem de icnofósseis coletados no âmbito do projeto, destaca-se a ocorrência de fósseis atribuídos ao icnogênero *Bifungites* Desio, 1940. Este gênero de icnofóssil é descrito como um icnito de habitação, ou seja, uma estrutura na rocha que representa o acondicionamento de um ser no sedimento, provavelmente um ser que tinha por hábito viver soterrado (endobionte).

No caso do gênero *Bifungites*, seu produtor é apontado como um provável organismo sedentário de corpo mole, suspensívoro, como anelídeos ou artrópodes (Fernandes et al., 2002). Sua forma é caracterizada pelo epirrelevo convexo (positivo) em forma de halteres e com dois corpos terminais, globulares a triangulares (semelhantes a setas), interligados por um eixo central menos elevado que as extremidades. Em corte vertical, pode-se notar que a morfologia de *Bifungites* é a de tubos duplos verticais em forma de π invertido, terminando na base em câmaras ou expansões em forma de sacos, ligadas entre si por um tubo horizontal.

Apesar de registrado pela bibliografia científica em estratos do Cambriano Inferior ao Carbonífero, todas as ocorrências do gênero *Bifungites* registradas no Brasil são do Devoniano. A coleta destes icnofósseis no Sítio Belo Monte constitui a dos exemplares de *Bifungites* mais antigos já encontrados em território nacional.

Este icnogênero é constituinte da icnofácies *Cruziana*, indicadora de ambiente tranquilo (energia moderada a baixa), abaixo do nível de ação das ondas, com diversidade e abundância elevadas (Carvalho & Fernandes, 2010).

Os exemplares coletados no presente projeto são notadamente menores do que aqueles descritos em trabalhos anteriores, especialmente os coletados em rochas do Devoniano, em outras bacias sedimentares brasileiras. Seu tamanho médio é de 1 cm, enquanto que os exemplares descritos anteriormente variam entre 5 e 10 cm (**Figura 79**).

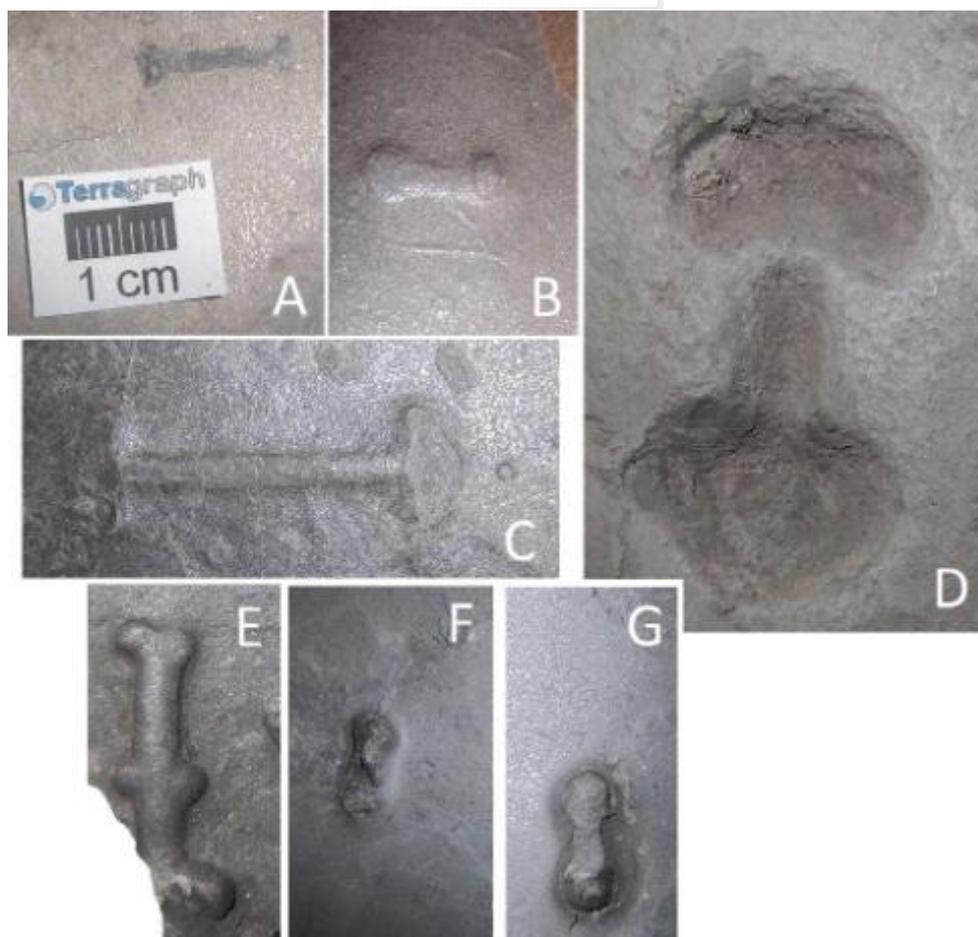


Figura 79 - Espécimes de *Bifungites* coletados no Sítio Belo Monte. A: C2P2-27a; B: C2P3-2.2a; C: C2P3-2.3b; D: C2P3-6.12; E: C2P4-3.1a; F: C2P3-21a; G: C2P3-21a. Os exemplares estão em escala entre si.

Outro tipo de icnofóssil registrado como produto de coleta foi o coprólito. Os fósseis de excremento e pelotas fecais são raros, pois seu material se decompõe e desagrega com facilidade. As pelotas fecais coletadas têm formato esferoidal ou alongado sigmoidal. Os coprólitos esferoidais são caracterizados pela superfície com nódulos e estrias, forma que provavelmente representa a morfologia da porção distal do tubo digestivo do ser que o produziu (**Figura 80**).

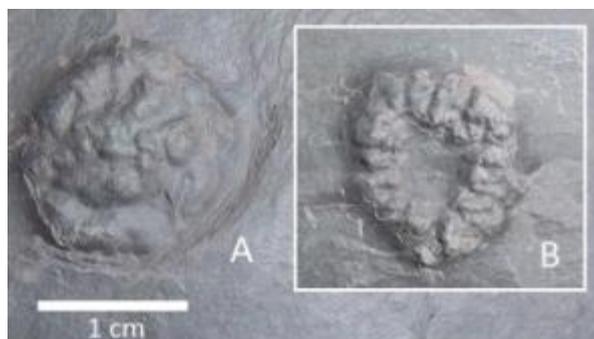


Figura 80 - Exemplos de coprólitos coletados no Sítio Belo Monte. A: C2P4-23.7a; B: 8C2P4-23.1a.

Imagens obtidas em tomógrafo computadorizado permitem a visão tridimensional de coprólitos e tubos de vermes em rocha da Formação Pitinga. O método de tomografia *multislice* com 256 canais usando um Biography mCT (**figura 81**) da Siemens permitiu a separação de materiais com diferentes densidades, o que possibilita a observação dos fósseis tridimensionais em porções profundas das rochas, não aparentes na superfície (**figuras 82 a 84**). O uso de imagens virtuais é pouco difundido no meio paleontológico, mas permite a análise profunda e detalhada de fósseis sem a utilização de métodos invasivos que danificariam o fóssil permanentemente, além de permitir a análise microscópica não apenas dos fósseis, mas de estruturas sedimentares e características mineralógicas e texturais.



Figura 81 - Tomografia dos Fósseis no Biography mCT da Siemens.

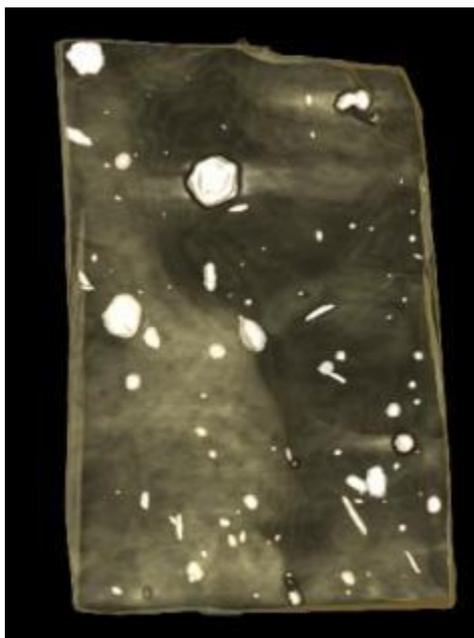


Figura 82 - Fósseis no interior da amostra C2P4-23.7a, observáveis em imagens de tomografia computadorizada.



Figura 83 - Fósseis no interior da amostra C2P4-23.7a, observáveis em imagens de tomografia computadorizada.



Figura 84 - Modelo tridimensional de bioturbações da amostra C2P4-7.2, em imagem de tomografia computadorizada.

6.5.5. VERTEBRADOS

Durante o Eocambriano surgiram os primeiros peixes do registro geológico, há cerca de 520 milhões de anos, sendo eles peixes pequenos, sem mandíbula (Agnatha) com corpo mole e esqueleto cartilaginoso (Richter, 2010). Posteriormente, no Ordoviciano, surgem várias formas de peixes agnatos com carapaças espessas, principalmente caracterizadas por armaduras céfalo-torácicas densas, que limitavam a mobilidade destes peixes primitivos.

Foram coletados restos corporais de peixes no ponto C2P4. Estes fósseis são representados por película fina de material escuro, possivelmente orgânico, preservados na forma de impressão, achatados no acamamento. O exemplar com melhor preservação é composto pela porção posterior e mediana, com aproximadamente 6 cm de comprimento, do corpo de um peixe, com a preservação da nadadeira anal (**Figura 85**). Pela análise do fóssil, estima-se que o peixe completo possuiria cerca de 15 cm de comprimento.

Muitos peixes paleozóicos possuem escamas compostas por dentina e esmalte (Richter, 2010). Os fósseis de peixe coletados no presente projeto possuem marcas de escamas não calcificadas, em forma de V, cuja morfologia varia de acordo com a posição na superfície do corpo. Nas porções centrais são maiores e com ângulo entre as barras mais fechada e, nas extremidades do corpo, menores e com as barras mais abertas e arredondadas, especialmente na região próxima à nadadeira (**Figura 86**). Outros espécimes, com menos estruturas visíveis, também foram coletados (**Figura 87**).

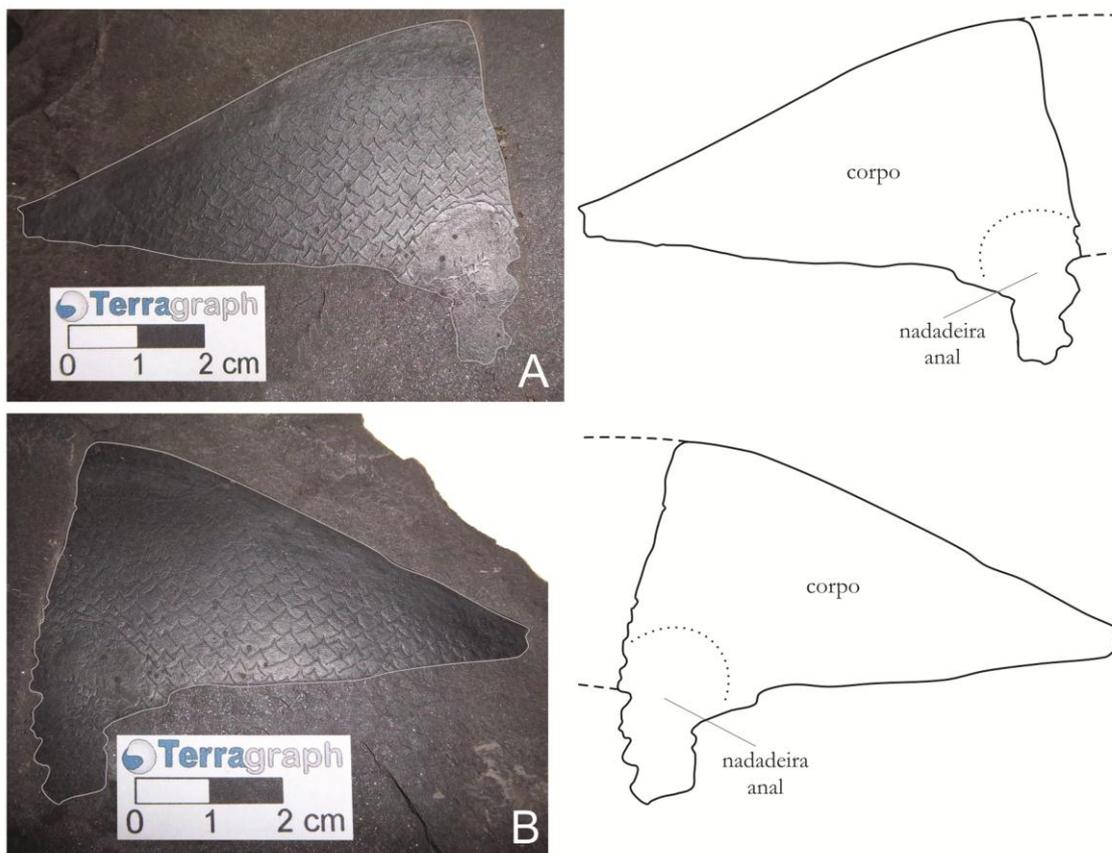


Figura 85 - Exemplar de peixe coletado no Sítio Belo Monte. A: C2P4-36a; B: C2P4-36b.

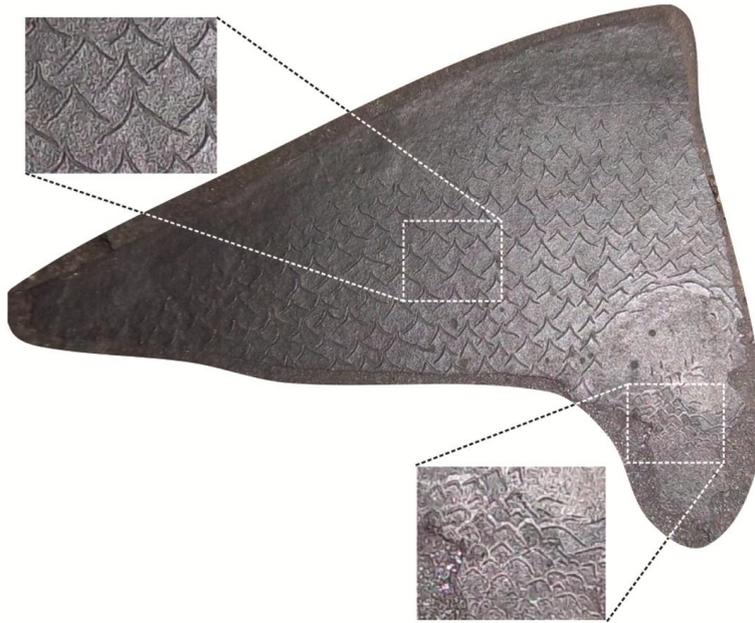


Figura 86 - Detalhe da variação na morfologia de escamas, na lateral do corpo e na região da nadadeira anal (C2P4-36a).

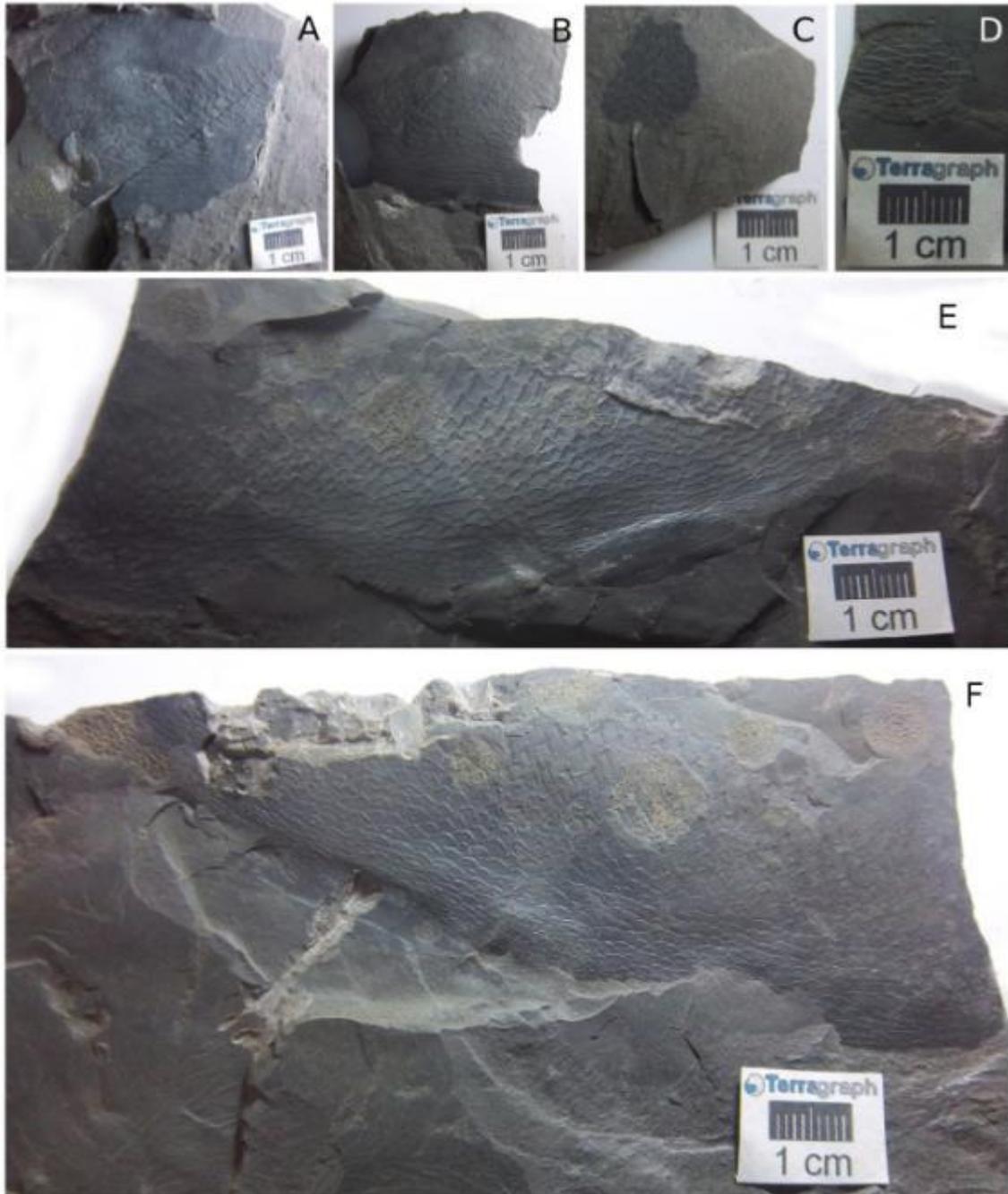


Figura 87 - Fósseis de peixes coletados no Sítio Belo Monte, Formação Pitinga. C2P4-R.4a (A), C2P4-R.4b (B), C2P4-R.5 (C), C2P4-R.6 (D), C2P4-R.2a (E) e C2P4-R.2b (F).

Exemplares de peixes fósseis foram imageados pelo tomógrafo computadorizado. As imagens preliminares ainda não mostram detalhes das estruturas da superfície dos fósseis nos modelos tridimensionais gerados pelo método. O uso de filtros e o aprimoramento do método para a aplicação em rochas permitirão a análise detalhada das feições morfológicas das escamas, bem como sua variação de forma em diferentes porções do corpo. A rocha poderá ser virtualmente isolada do fóssil, permitindo sua observação em diversos ângulos, incluindo aqueles inacessíveis no objeto real (figuras 88 a 91).

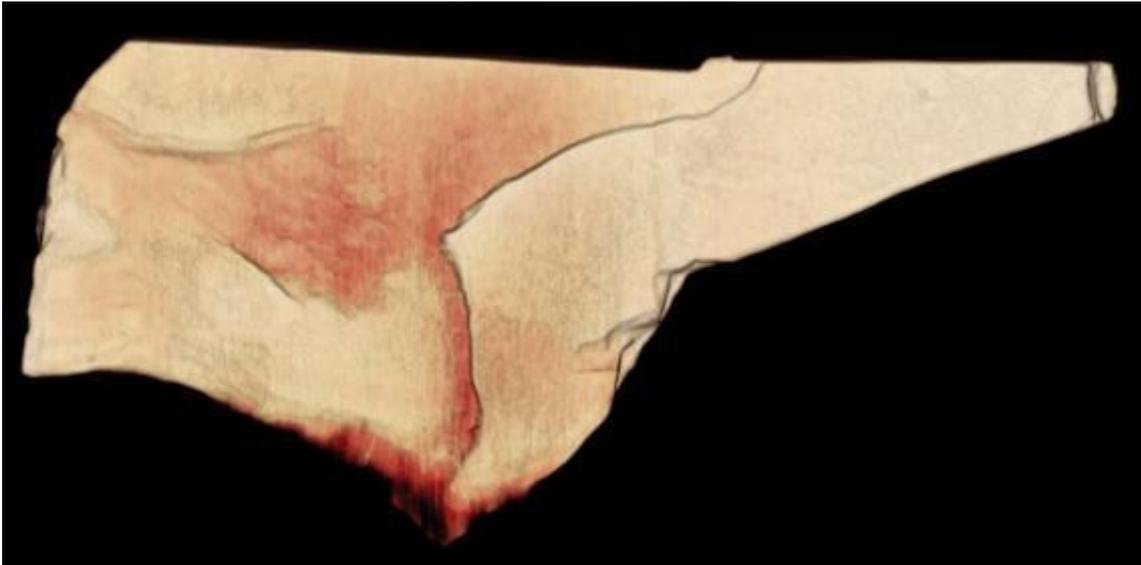


Figura 88 - Imagem tridimensional de amostra com peixe fóssil, realizada por tomografia computadorizada.

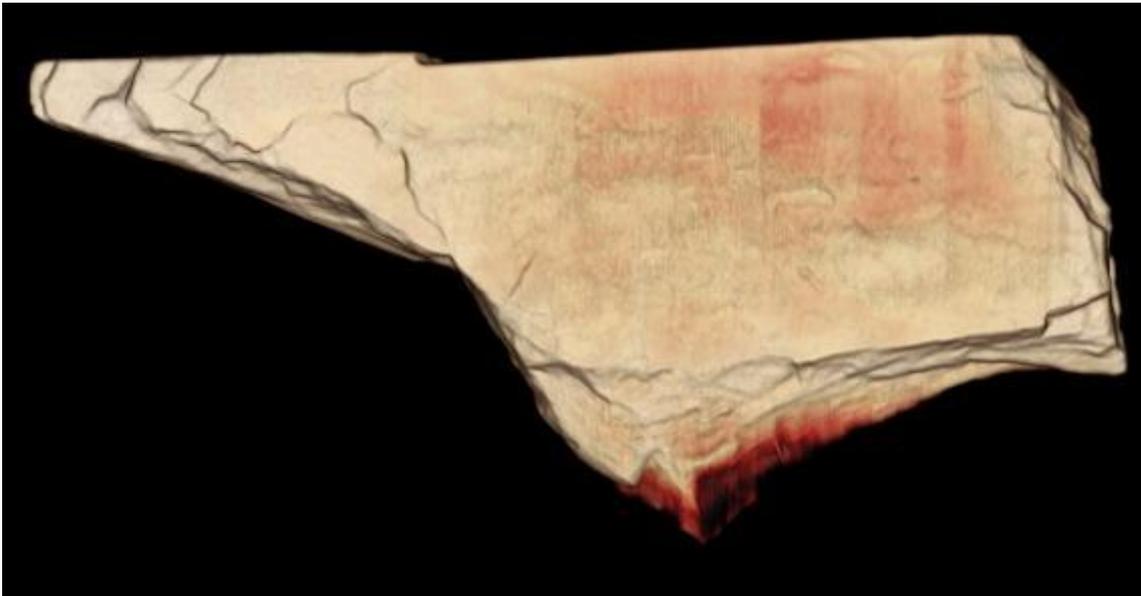


Figura 89 - Imagem tridimensional de amostra com peixe fóssil, realizada por tomografia computadorizada.

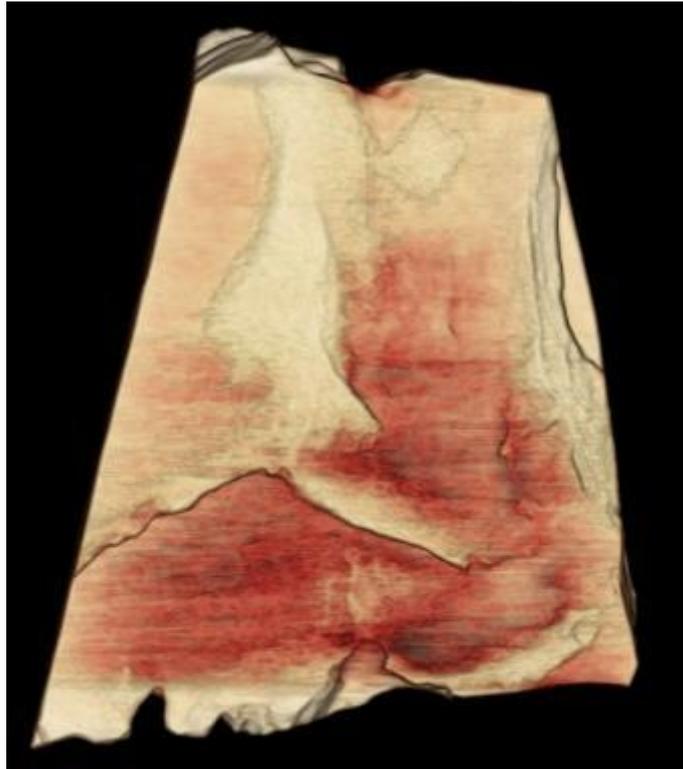


Figura 90 - Imagem tridimensional de amostra com peixe fóssil, realizada por tomografia computadorizada.

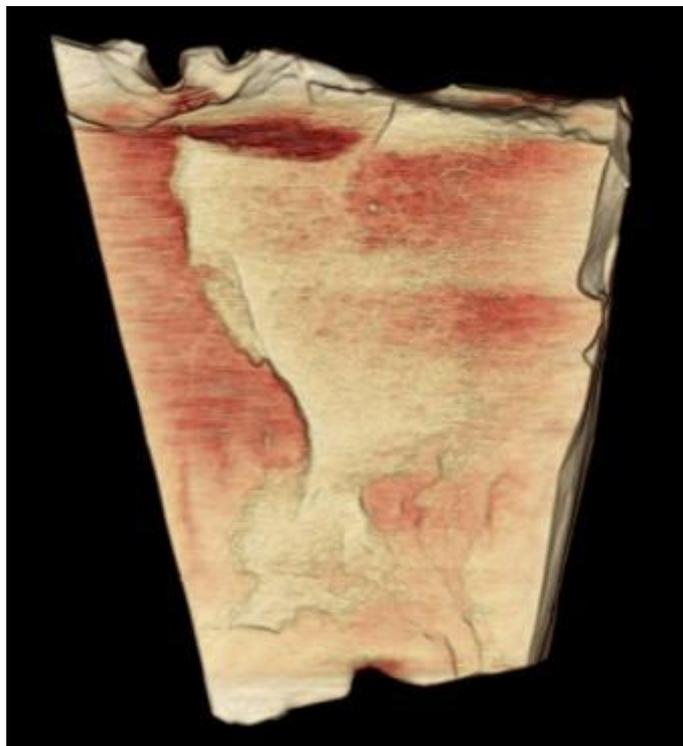


Figura 91 - Imagem tridimensional de amostra com peixe fóssil, realizada por tomografia computadorizada.

As características morfológicas gerais do fóssil, como a simplicidade estrutural, a ausência de nadadeiras pares e escamas corporais dispostas em chevron, permitem a classificação do mesmo no grupo dos Arandaspides (Agnatha), vertebrados desprovidos de aparelho maxilomandibular (Richter, 2010). A maior parte das espécies de Agnatha é filtradora, e no passado ocuparam os mais diversos nichos ecológicos, tanto em água doce quanto marinhas (Smith et al. 2002; Richter, 2010).

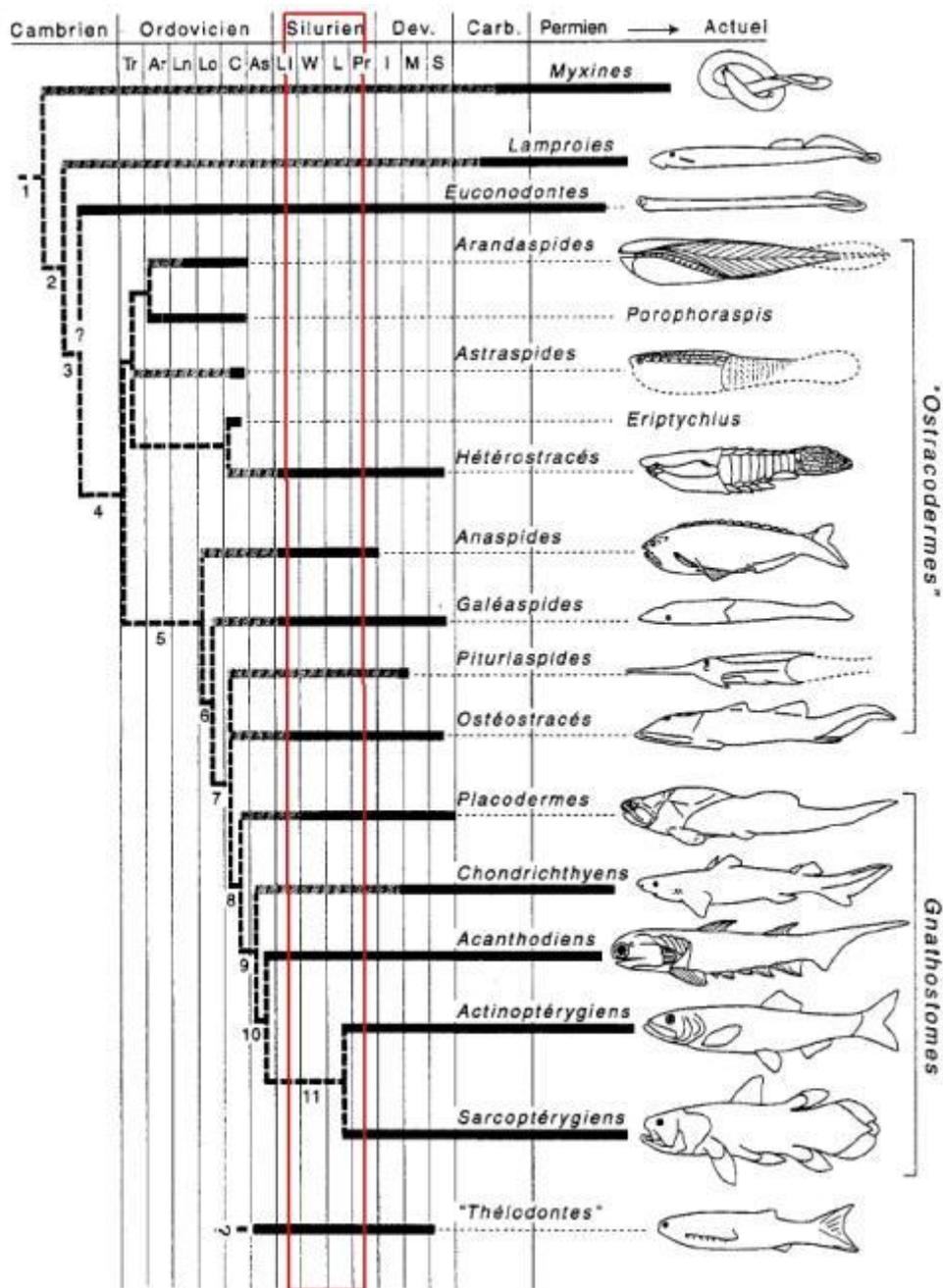


Figura 92 - Distribuição estratigráfica dos grupos de peixes paleozóicos (Janvier, 1998). Em vermelho, o intervalo de deposição da Formação Pitinga.

Os registros mais antigos de vertebrados na bacia do Amazonas são reportados para a Formação Manacapuru, que sobrepõe a Formação Pitinga, unidade amostrada nas Campanhas I e II do projeto. Desta forma a coleta de fósseis de peixes no ponto C2P4

representa o registro mais antigo para vertebrados no Brasil. A presença deste peixe no Siluriano brasileiro também estende a distribuição estratigráfica dos Arandaspides ao Siluriano, uma vez que seu registro global se restringe ao Período Ordoviciano (**Figura 92**). O fóssil também confirma o paleoambiente marinho para a Formação Pitinga, contexto ambiental confirmado por microfósseis e macrofósseis de invertebrados.

6.5.6. INCERTAE SEDIS

Quando a posição sistemática de um fóssil é incerta e não possibilita identificação segura em nível de família, ordem, gênero e espécie, tendo em vista ocorrências inéditas, ausência de morfologia completa e boa preservação, a denominação latina *Incertae sedis* é utilizada para os grupos fósseis. Nesse sentido, da assemblagem coletada no presente projeto, foi agrupado um conjunto de fósseis que possui características peculiares e identificação, até o momento, indeterminada.

Os morfotipos descritos correspondem a invertebrados inteiros ou fragmentados e possíveis icnofósseis. O Morfotipo 1 corresponde aos indivíduos que possuem forma cônica, alongada, com ornamentação segmentada por estrias, linhas e anéis de crescimento, formando a câmaras, localizadas transversalmente ao sentido do eixo de crescimento da carapaça.

Nos indivíduos fossilizados predominam moldes internos e externos, por meio de substituição da composição carbonática por argilomineral. Alguns espécimes aparentam preservação da modelagem de toda carapaça, no entanto, a preservação precária da ornamentação do organismo completo e da estrutura original, dificulta a classificação, justificando assim o posicionamento como insertos até o momento. Algumas conchas com a estrutura da ornamentação preservada estão deformadas por achatamento, possivelmente em virtude da compressão do sedimento. As macroconchas estão dispostas paralelas ao acamamento dos argilitos, algumas até indicando possíveis paleocorrentes que serão analisadas posteriormente juntamente com a taxonomia.

Os exemplares assemelham-se no formato geral com gêneros de tentaculite, mas, possuem maiores semelhanças com Cefalópodes Orthoceratacea nautiloides: *?Ctenoceras*, *?Archigeisonoceras* e mais provavelmente a *Spyroceras* (**figuras 93 e 94**).

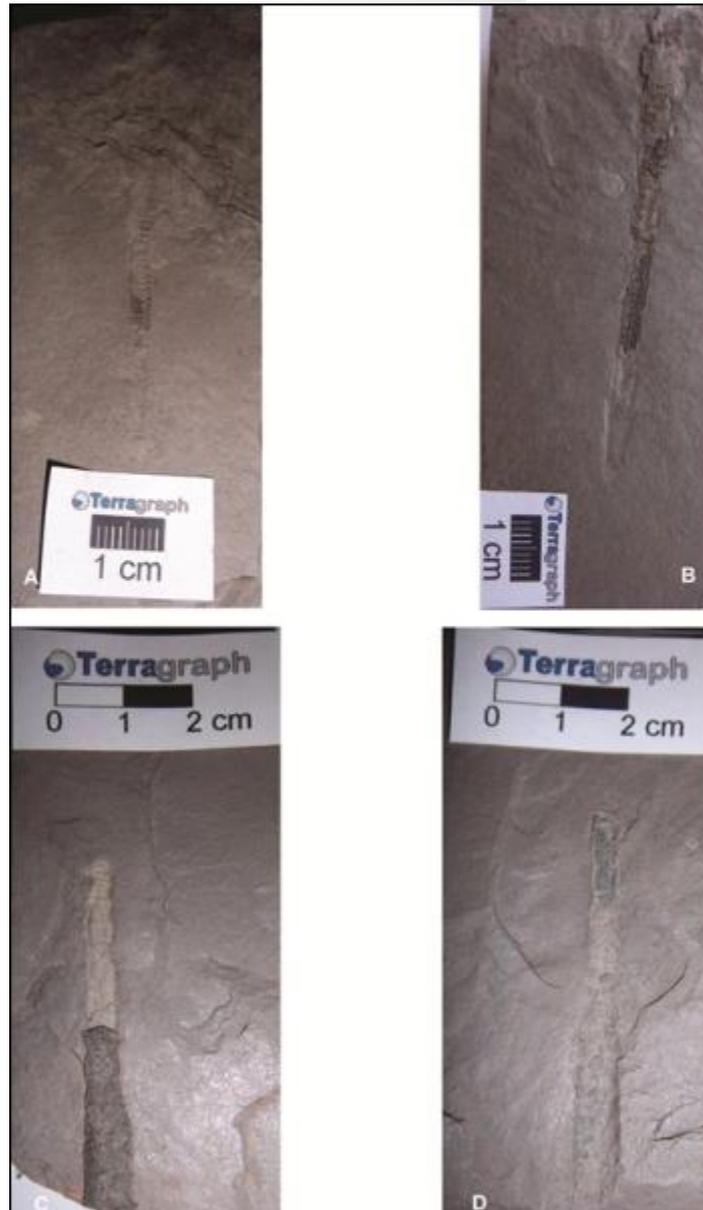


Figura 93 - Vista de espécimes *Incertae sedis*, provavelmente atribuídos a um dos gêneros de ?*Ctenoceras*, ?*Archigeisonoceras* e *Spyroceras*. A: C2P2-5.1a; B: C2P2-5.1b; C: C2P2-12.1a; D: C2P2-12.1b.

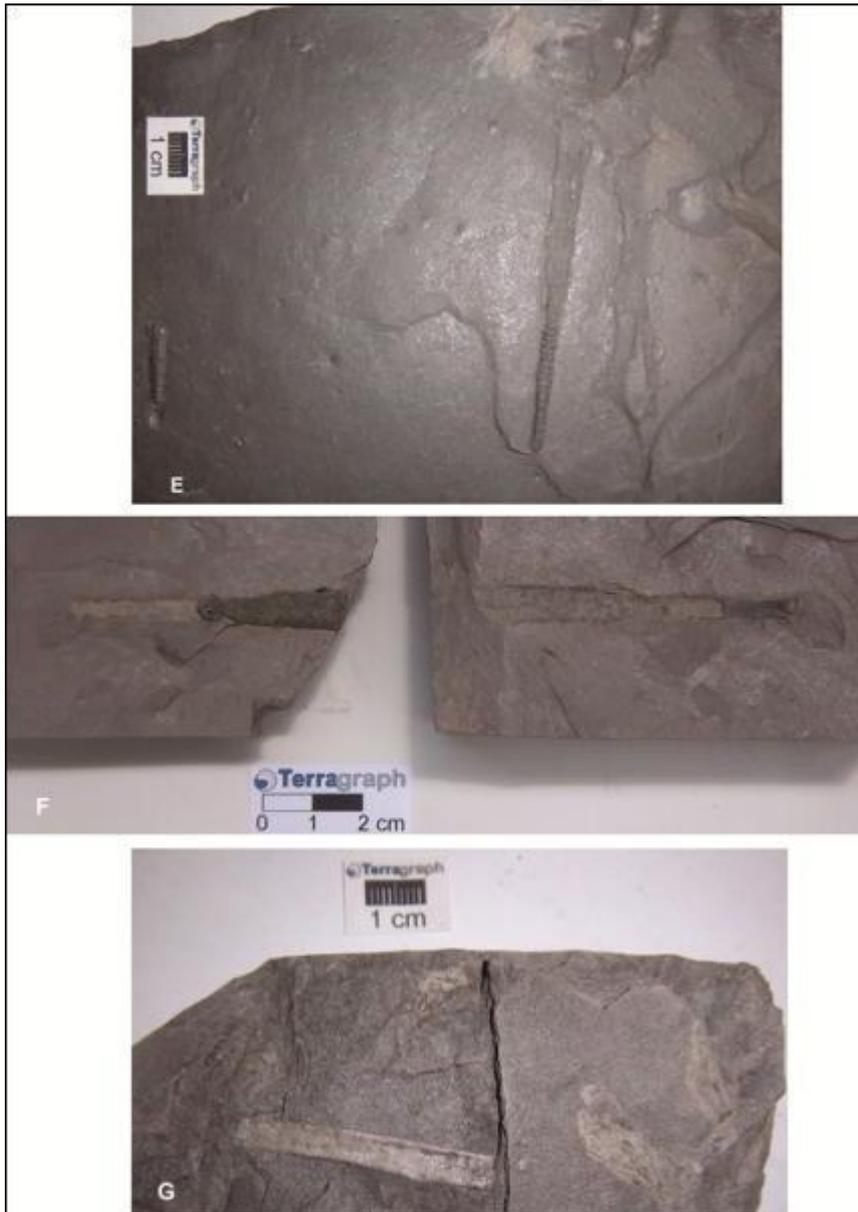


Figura 94 - Vista de espécimes *Incertae sedis*, provavelmente atribuídos a um dos gêneros de ?*Ctenoceras*, ?*Archigeisonoceras* e *Spyroceras*. E: C2P2-12.1ab; F: C2P2-12.1ab e G: C2P4-16.2.

O Morfotipo 2 compreende os indivíduos com formato triangular, com estrutura lisa achatada, não ornamentada e incompletos. As informações taxonômicas preservadas não subsidiam a classificação ou atribuição a um grupo específico (**Figura 95**).



Figura 95 - Vista de espécimes *Incertae sedis*, indeterminados. A: C2P2-11.2ab.

O Morfotipo 3 corresponde aos espécimes preservados com corpo segmentados por esferas irregulares, disposição geral linear, com padrão de largura sem afunilamento cônico. Os exemplares podem ser icnofósseis segregados por organismos maiores (Figura 96).

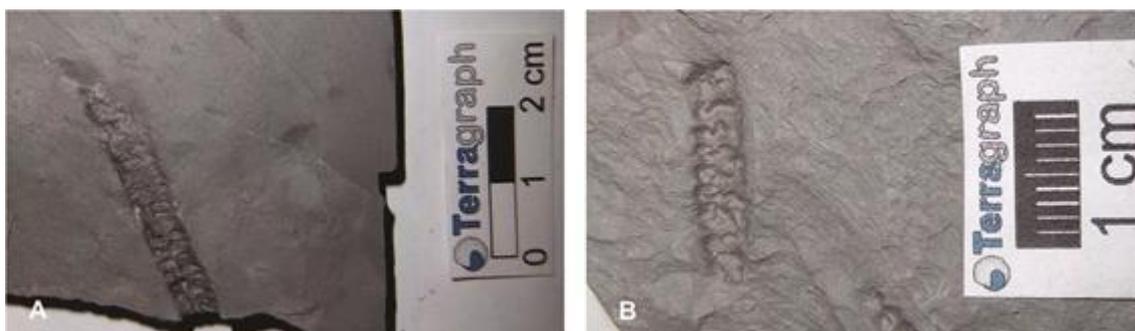


Figura 96 - Vista de espécimes *Incertae sedis*, com corpo segmentados por esferas irregulares, disposição geral linear. A: C2P3-6.13; B: C2P4-21.2.

O Morfotipo 4 é composto por possíveis pistas de icnofósseis em formato de colar com disposição linear, composto por esferas crescentes, articuladas ou parcialmente articuladas, arranjo sequencial. Os exemplares estão preservados em moldes internos e externos.

As características assinaladas sugerem familiaridade com o icnogênero *Hormosiroidea* (Figura 97).



Figura 97 - Vista de espécimes *Incertae sedis*, possíveis pistas de icnofósseis em formato de colar com disposição linear. A: C2P2-29ab e B: C2P2-10.3.

O Morfotipo 5 compreende dois fragmentos de invertebrados fósseis, compostos por esferas de mesma dimensão, articuladas e em um exemplar possui uma parte terminal articulada a uma possível carapaça (Figura 98).

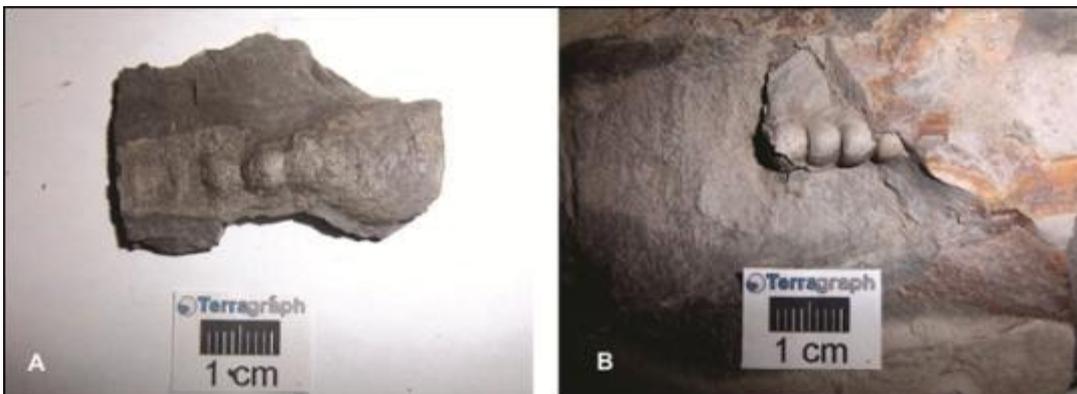


Figura 98 - Vista de espécimes *Incertae sedis*, possíveis fragmentos de invertebrados fósseis, compostos por esferas de mesma dimensão articuladas. B: C2P3-5.28.

O Morfotipo 6 possui característica de icnofósseis, formato de pista ou trilhas de deslocamento, possivelmente rastros de invertebrado indeterminado (Figura 99).

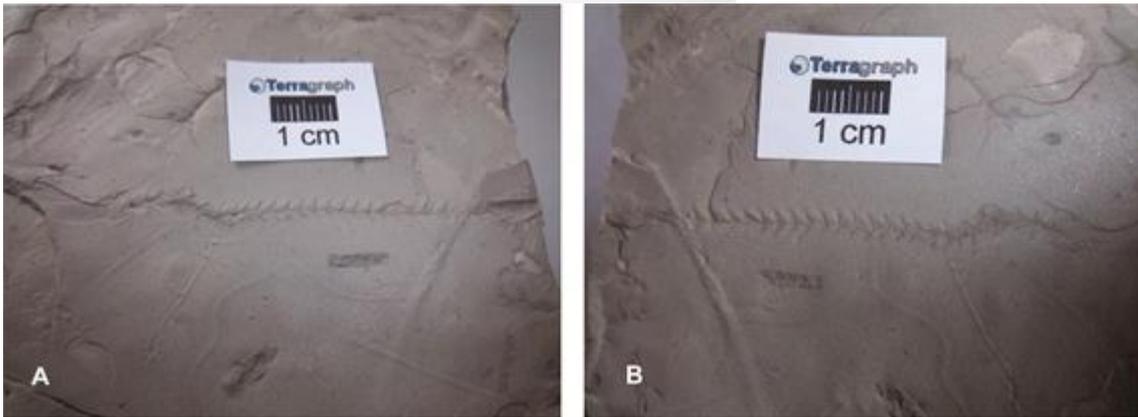


Figura 99 - Vista de espécimes *Incertae sedis*, formato de pista ou trilhas de deslocamento. A: C2P2-7a e B: C2P2-7b.

O exemplar A, ilustrado na figura 92, possui semelhanças com graptozoários, porém possui pernas com ramificações alternadas, os quais poderão ser atribuídas a um novo gênero. O exemplar B possui características gerais de graptolitos, porém, a baixa preservação e a ocorrência de apenas um exemplar impossibilita tal atribuição com precisão. O exemplar C é molde externo de concha com formato em espiral, possivelmente atribuída a gastrópode ou cefalópode. As **figuras 100 a 103** ilustram estruturas fossilizadas sem semelhanças com grupos fósseis comuns.



Figura 100 - Em A (C2P2-1.11ab) e B (C2P2-R.5ab) vista de espécime *Incertae sedis*, possíveis graptolitos. Em C (C2P2-10.1), gastrópode ou cefalópode.

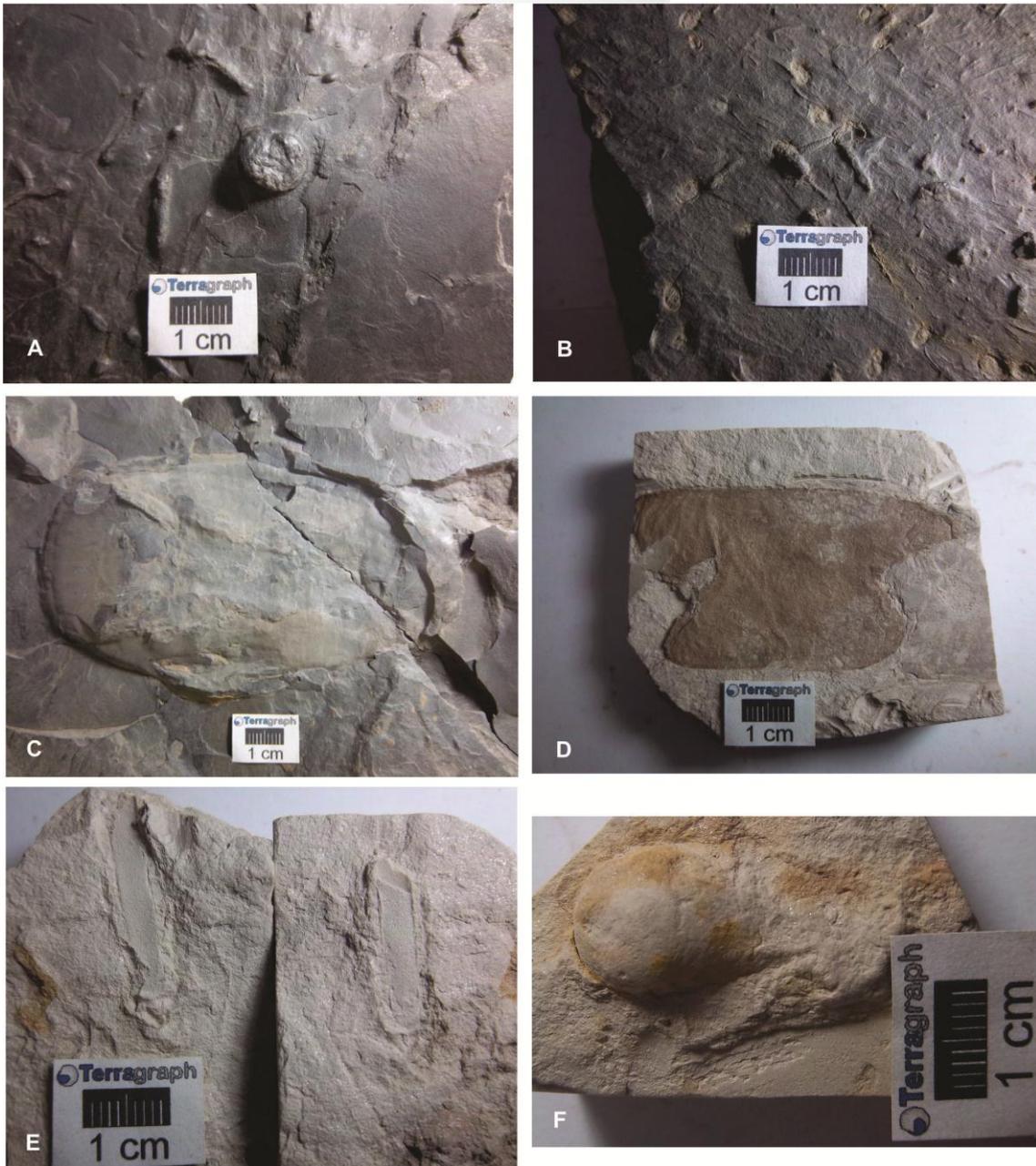


Figura 101 - A-F. Exemplos *Incertae sedis*. A: C2P4-47; B: C2P4-46.2; C: C2P4-67; D: C3P2-23.3; E: C3P2-27.2a e F: C3P2-8.



Figura 102 - A-F. Exemplar *Incertae sedis*. A: C3P2-27.3a e B: C3P2-27.3b.



Figura 103 - A-B. *Incertae sedis* (carapaça de invertebrado indeterminado). A: C2P2-R.9b e B: C2P2-R.9a.

6.6. ATIVIDADES DE EDUCAÇÃO PATRIMONIAL

As atividades de Educação Patrimonial tiveram início em março de 2012, com palestra para multiplicadores do CCBM. Durante a Campanha IV foi ministrado um curso de paleontologia para alunos de graduação em Ciências Biológicas da UFPA. Mais atividades educativas e de divulgação científica estão programadas para as próximas etapas do Programa de Salvamento Paleontológico.

6.6.1. PALESTRAS PARA MULTIPLICADORES DO CCBM

As atividades de educação patrimonial seguem os moldes propostos pela Norte Energia no que tange à escolha do público-alvo, que foi o de agentes multiplicadores. Na ocasião, a atividade foi realizada com funcionários do Consórcio Construtor Belo Monte (CCBM; **Figura 104**) entre outras.



Figura 104 - Agentes multiplicadores selecionados pelo Consórcio Construtor Belo Monte.

A atividade de educação patrimonial da paleontologia esteve inserida na Semana de Educação Ambiental promovida pela Norte Energia para o público supracitado entre os dias 27 e 30 de março de 2012, no Hotel Palace, em Altamira (PA).

As atividades do evento incluíram a discussão de conceitos de meio ambiente, problemas ambientais, cuidados com o lixo, salvamento paleontológico, entre outros. Os participantes têm o dever de repassar os conteúdos abordados aos seus subordinados, nas obras da UHE de Belo Monte, e sucessivamente, a informação é transmitida pela cadeia hierárquica até atingir os operários. Esta estratégia é vantajosa para a educação patrimonial porque requer pequeno esforço inicial mas acaba por atingir um público vasto por meio da ação dos multiplicadores.

A palestra da equipe de paleontologia ocorreu no dia 29 de março (**Figura 105**), seguida da equipe de arqueologia, apresentada pelo coordenador técnico do Programa de Salvamento Paleontológico, M.Sc. Henrique Zimmermann Tomassi e pelo consultor M.Sc. José Mendes Gama Júnior (**Figura 106**). Foram abordadas as temáticas paleontológicas, necessárias para promover o esclarecimento e

entendimento sobre os trabalhos de resgate paleontológico, realizados nas áreas de impacto direto e diretamente impactadas das obras de Belo Monte.

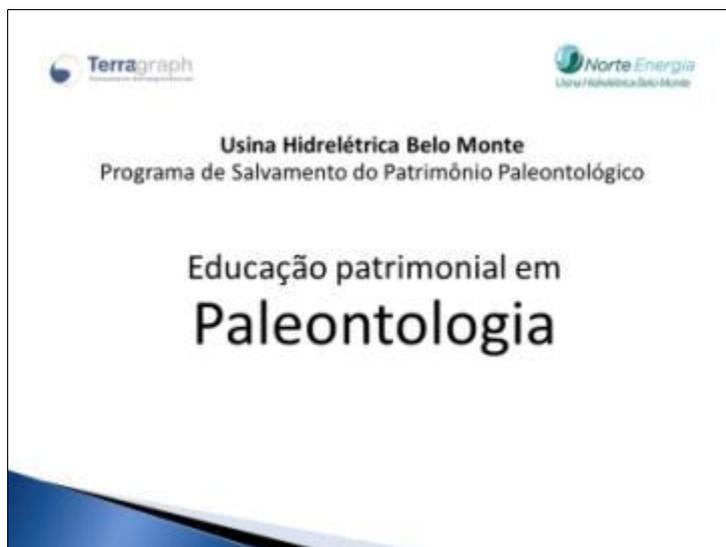


Figura 105 - Capa da palestra apresentada pela equipe de paleontologia



Figura 106 - Henrique Zimmermann Tomassi (esquerda) e José Mendes Gama Júnior (direita), conduziram a atividade de educação patrimonial em paleontologia, representando a equipe da TerraGraph.

A palestra mencionou os aspectos importantes dos trabalhos de salvamento e resgate paleontológico realizados na UHE de Belo Monte. Os tópicos abordados ressaltaram a necessidade legal de realizar o salvamento paleontológico nas obras de engenharia de grande porte, com finalidade de minimizar os impactos do empreendimento e compensar o local e a região com registros recuperados para agregar novos valores ao acervo cultural.

Os conceitos de Geologia e Paleontologia foram apresentados a título de introdução, os processos naturais que se combinam para promoverem a fossilização dos organismos e vestígios animais. Estudo dos fósseis, das relações dos seres do passado com o ambiente em que viveram e da evolução ao longo do tempo geológico, são objetos desse estudo em desenvolvimento.

Ao longo da palestra foram demonstrados os processos de bioestratigrafia e diagênese dos fósseis, desde o evento de pós-morte dos indivíduos e todo conjunto de

fenômenos necessários para preservação em forma fóssil, como soterramento rápido por circunstâncias catastróficas, a deposição e sedimentação. Em seguida, foram assinalados os eventos de tectonismos como fator de movimentação de massas rochosas e a posterior erosão e fragmentação expondo assim os vestígios fósseis.

A metodologia de trabalho foi abordada explicando a sistemática de prospecção para fins de mapeamento das potencialidades, coleta dos espécimes por meio de técnicas e ferramentas adequadas para a retirada e posterior acondicionamento, onde todas as amostras têm resguardadas as informações necessárias para estudos científicos.

Na sequência, foram ilustrados alguns métodos de coleta e exemplares fósseis resgatados para exemplificar as ocorrências. Após o transporte das amostras ao laboratório, as mesmas passam por análises preliminares, são preparadas, fotografadas e recebem numeração de tombamento provisório, tendo em vista que este material vai ser depositado em instituição pública para fins de salvaguarda.

O resgate paleontológico por meio de um Plano Básico Ambiental realizado na UHE Belo Monte é um dos pioneiros no Brasil, onde a Terragraph cumpre com todos os requisitos legais junto ao DNPM e aos órgãos ambientais.

A apresentação da área de resgate foi assinalada no mapa geológico, abrangendo os canteiros de obras e as áreas circundantes aos mesmos e ao perímetro do rio. A diversidade e abundância paleontológica brasileira foram exemplificadas nos períodos geológicos com os seus paleoambientes e disposições das massas continentais.

Por fim, foram abordados exemplos de ocorrências fósseis nas bacias sedimentares no Brasil, sua diversidade biogeográfica, bem como, de a qualidade de preservação. O palestrante informou que os fósseis são patrimônio da União, os mesmo serão depositados em Instituição pública, mas, existiria a possibilidade futura dos Municípios de Altamira e Vitória do Xingu abrigarem parte da coleção resgatada em Museu que tenha as condições necessárias para a curadoria dos exemplares.

Os participantes foram orientados sobre os procedimentos e medidas a serem tomadas nas ocorrências de afloramentos e sítios paleontológicos identificados por operários e demais funcionários da obra, e sobre a importância da notificação urgente das áreas de riqueza fossilífera.

No término da exposição concluiu-se que o Brasil é um país rico em fósseis. Os fósseis contam a história do nosso solo. Se os fósseis pertencem ao povo, cabe ao povo protegê-los.

O Salvamento Paleontológico junto ao empreendimento torna-se importante, tendo em vista que evita a perda de fósseis, aproveita a terraplenagem para a coleta, aumenta o acervo dos nossos museus e por fim, possibilita o desenvolvimento de pesquisa e aumento do conhecimento científico.

6.6.2. CURSOS DE EXTENSÃO NA UFPA

Dentro dos planos de divulgação científica foi realizado o curso de extensão intitulado “Paleontologia Estratigráfica”, cuja ênfase foi o ensino de paleontologia e suas interfaces com a geologia. O público alvo selecionado foi o corpo discente do curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará (UFPA), *Campus Altamira*.

A ênfase dada em geologia sedimentar, no ensino de paleontologia, é relevante para o grupo de alunos devido ao caráter de interface que a paleontologia tem com as ciências geológicas e biológicas. Desta forma, o curso teve caráter mais técnico, devido ao conhecimento do público-alvo e veio preencher a lacuna de conhecimento geológico para os estudantes de Ciências Biológicas que demonstram interesse nas atividades de paleontologia (**Figura 107**).

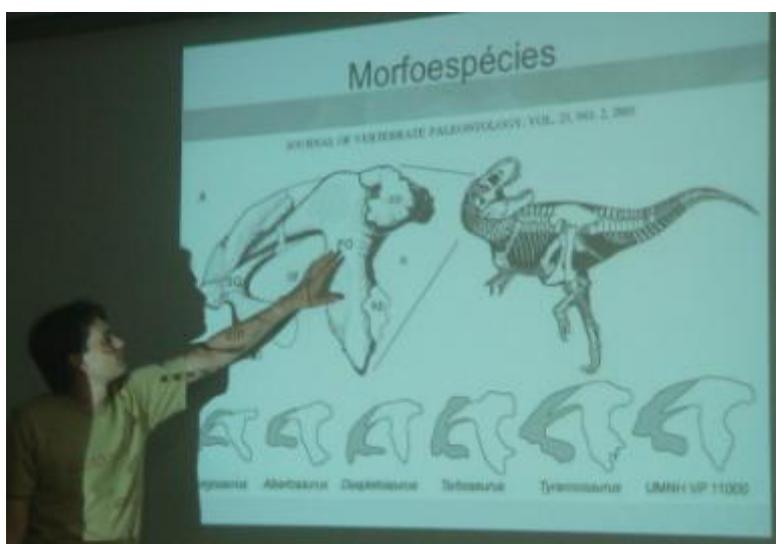


Figura 107 - Aula expositiva do curso de Paleontologia Estratigráfica, ministrado na UFPA, *Campus Altamira*.

O curso possui carga horária de vinte e quatro horas, sendo ministrado no período de 9 a 18 de abril de 2012, no período noturno, em aulas expositivas com atividades práticas. Os temas abordados foram:

1. Conceitos gerais de geologia, minerais e rochas
2. Rochas sedimentares
3. Tempo geológico e datação
4. Introdução à paleontologia
5. Origem e evolução da vida na Terra
 - a. Arqueano a Ediacarano
 - b. Micropaleontologia
 - c. Invertebrados fósseis
 - d. Cordados e vertebrados do Paleozóico
 - e. Vertebrados do Mesozóico
 - f. Vertebrados do Cenozóico
 - g. Evolução dos vegetais

7. AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO

Atendendo integralmente às demandas canceladas junto ao DNPM, foram executadas no primeiro ano as atividades de coleta e conservação de fósseis, cumprindo-se o cronograma de modo preciso e consonante à dinâmica da obra da UHE Belo Monte.

Todos os objetivos e metas determinados no PBA estão sendo cumpridos conforme este cronograma. As campanhas de coleta ocorreram nos prazos determinados e a empresa disponibiliza equipe reduzida para o monitoramento das obras nos períodos inter-campanha e equipe completa durante as campanhas intensivas. No que tange à escolha de pontos de coleta, observa-se sempre o avanço das obras para que a coleta resgatasse os fósseis que estavam em áreas cujo avanço das obras traria risco de conservação.

As atividades de conservação de fósseis e de educação patrimonial ocorrem no prazo determinado, bem como a entrega de relatórios técnicos, trimestrais, e relatórios gerenciais.

8. CRONOGRAMA FÍSICO

O cronograma deste projeto está em plena conformação com o que foi planejado no seu início, havendo apenas poucas alterações referentes aos ajustes de datas e eventos anômalos, tais como manifestações e interdições dos canteiros.

A filosofia adotada pela empresa é de Gerenciamento de Projetos por meio dos métodos e formas do PMI, adotando o planejamento balizado com uma Estrutura Analítica de Projeto – EAP.

Esta EAP foi estruturada no início do projeto, tendo por finalidade principal a previsão das tarefas, atividades, necessidades e demandas. Neste sentido todo o seu andamento foi planejado com precisão, estando hoje alinhado com pouco menos de 3% de desvio das atividades e ainda assim estas se referem a ajustes referentes ao adiantamento de atividades.

Portanto, seu cronograma não apresenta atrasos ou pendências, estando completamente ajustado à realidade e ao planejamento realizado, o qual concorre para o bom andamento do programa e obtenção de resultados precisos.

9. INTERFACE COM OUTROS PLANOS, PROGRAMAS E PROJETOS

O Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico não apresenta interface operacional com outros planos. As atividades de prospecção por áreas de coleta, escavação de fósseis, curadoria e pesquisa em laboratório são desenvolvidas de forma independente e autônoma.

Apenas nos trabalhos de Educação Patrimonial houve a reunião das atividades do Salvamento Paleontológico com a atividade educativa do Projeto de Salvamento Arqueológico, devido à semelhança do tema abordado. Ambas as ciências lidam com restos antigos e o estudo se dá pela sua escavação. Apesar da rotina de trabalho, em campo e laboratório, entre a paleontologia e a arqueologia, ser distinta, a associação popular entre elas é forte.

Outra razão para a Educação Patrimonial ser executada de forma conjunta é o fato dos objetos arqueológico e paleontológico serem considerados, pela Constituição Federal de 1988, como bens culturais materiais da nação. Estes projetos estão incluídos, no âmbito do PBA da UHE Belo Monte, inseridos no Plano de Valorização do Patrimônio, que promove programas de estudo, preservação e valorização do patrimônio cultural com o objetivo de incentivar, entre outras atribuições, iniciativas práticas de preservação da própria comunidade que vive na área de ocorrência destes bens culturais.

10. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Houve o êxito no cumprimento de todas as etapas do primeiro ano do Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico da UHE Belo Monte. Todas as atividades foram desenvolvidas e concluídas dentro do cronograma. Isso inclui a primeira fase (Etapa 1) que constituiu a preparação para a coleta subsequente, ocasião em que foi reunida a bibliografia relevante para o projeto, foi desenvolvido o material didático para o treinamento dos membros auxiliares e a base logística foi adquirida, preparada e equipada.

Nas etapas seguintes (2 a 5) houve a descrição das colunas de rochas sedimentares expostas nos canteiros de obra do Sítio Belo Monte – Área 1 e Travessão 27 – Área 3 e a coleta de microfósseis e de amostras para recuperação de microfósseis. Dentre os microfósseis, foram amostrados espécimes de bioturbação, crinoides, braquiópodes, gastrópodes e artrópodes. Segundo a literatura científica disponível, o conteúdo fossilífero mal preservado e pouco diverso é característico da Formação Pitanga, unidade do Período Siluriano exposta pelas cortes de terraplanagem no Sítio Belo Monte, mas as atividades de coleta foram capazes de reconhecer diversos grupos de microfósseis inéditos para a unidade geológica, vários deles mostrando boa qualidade de preservação.

As coletas realizadas no Travessão 27 – Área 3 permitiram a recuperação de fauna bem preservada de braquiópodes e icnofósseis de idade devoniana. Em um dos pontos foi identificada a ocorrência da Formação Alter do Chão, de idade cretácea, mas de caráter afossilífero.

O material foi estudado no laboratório montado em Altamira, onde os microfósseis foram triados, limpos, preparados identificados e armazenados em condições adequadas. O depósito dos fósseis foi feito em condições que garantem a proteção do acervo e seu envio para a instituição que irá recebê-los ao fim do projeto, incluindo o material proveniente de cilindros de sondagem, incorporado ao acervo do Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico.

Para as próximas campanhas de coleta, conforme o previsto, paralelamente ao monitoramento e coleta em canteiros de obra, deverão ser efetuadas coletas nas margens do rio Xingu – Área 2, a fim de ampliar a área geográfica de coleta e explorar rochas de diferentes idades e unidades geológicas, além de se executar o resgate nas margens que serão futuramente afogadas pelo Reservatório Xingu.

11. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica de paleontologia do Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico, executado pela empresa Terragraph, à serviço da Norte Energia S/A é composta por equipe multidisciplinar: pesquisadores, técnicos e estagiários preenchem as áreas da geologia, paleontologia, biologia e geografia, além da consultoria em direito fossilífero. Isso habilita os profissionais a promoverem as atividades de armazenamento, resgate e transporte de combustíveis fósseis, e a desenvolver projetos de educação ambiental e recursos.

As atividades desenvolvidas pela equipe de paleontologia são pautadas pelo cumprimento dos pré-requisitos legais da autarquia responsável pela supervisão do patrimônio fóssil. Igualmente importante é o uso de técnicas científicas modernas no sentido de promover a maior eficiência na identificação de fósseis em campo e na preparação em laboratório, com o objetivo de possibilitar o melhor aproveitamento do tempo em campo e em laboratório, durante as campanhas de coleta.

11.1. CORPO TÉCNICO

11.1.1. M.SC. HENRIQUE ZIMMERMANN TOMASSI

Coordenador técnico do Programa de Salvamento Paleontológico da UHE de Belo Monte. Concluiu seu mestrado em paleontologia (2009), estudando a fauna de ostracodes do Permiano da bacia do Paraná, pela Universidade de Brasília. Possui graduação em Geologia, também pela Universidade de Brasília (2006). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Paleontologia Estratigráfica, atuando principalmente nos temas de paleontologia de ostracodes, extinção em massa do limite Permiano-Triássico na bacia do Paraná. Tem trabalhos sobre o ostracodes do Cretáceo das bacias Sanfranciscana e de Santos. É membro da Sociedade Brasileira de Paleontologia (SBP). Para ver amostras de sua produção, acesse <http://sites.google.com/site/HZTomassi>.

11.1.2. M.SC. BERNARDO COSTA FERREIRA

É Gerente de Projeto do Resgate Paleontológico e atua concomitantemente com tecnologias aplicadas ao mapeamento de áreas de interesse paleontológico por meio de métodos geofísicos, de geoprocessamento e sensoriamento remoto, bem como a aplicação tecnológica de métodos de verificação não destrutiva como o uso de ressonância e tomografia computadorizada para a análise dos fósseis.

11.1.3. M.SC. JOSÉ MENDES GAMA-JÚNIOR

Licenciado e Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Tocantins (2006). Mestre em Geologia-Paleontologia pela Universidade de Brasília (2008). Atualmente desenvolve o doutorado em fósseis de invertebrados na Universidade de Brasília. Tem experiência nas áreas de Geologia Sedimentar, Estratigrafia, Paleontologia,

Biogeografia e Paleoecologia, atuando principalmente nos temas de Biogeografia, Geologia e Paleontologia de bacias sedimentares paleozóicas brasileiras.

11.1.4. DRA. MAIRA BARBERI

Paleopalinologista graduada em Geologia pela Universidade de São Paulo (1975), possui especialização em Antropologia Visual pela Universidade Católica de Goiás (1983), mestrado em Geologia pela Universidade de Brasília (1994) e doutorado em Geociências (Geologia Sedimentar) pela Universidade de São Paulo (2001). Tem desenvolvido atividades de pesquisa em cooperação com a Universidade Federal de Goiás, Universidade de Brasília e Universidade de Turku (Finlândia), além de instituições como a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM/GO) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Atualmente coordena o Laboratório de Paleoecologia da Universidade Católica de Goiás e é professora titular da Universidade Católica de Goiás, atuando nos cursos de Biologia, Engenharia Ambiental e Arqueologia (Graduação) e no Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde. Tem experiência nas áreas de Geologia Ambiental, Paleoecologia, Geoarqueologia e Arqueologia com ênfase em arte rupestre atuando principalmente nos seguintes temas: análise ambiental, palinologia, bioestratigrafia, Geologia do Quaternário, estudos do Cerrado e arqueologia pré-histórica.

11.1.5. ESP. MICHELLY AMORIM DA SILVA

Especialista em Ordem Jurídica e Ministério Público pela Escola Superior do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios (2012) e em Direito Processual Penal pela Universidade Gama Filho (2010). Possui graduação em Direito pelo Centro Universitário de Brasília (2008). Tem experiência na área de Direitos Humanos, atuou nos temas de Direito Internacional dos Direitos Humanos e Cortes Internacionais de Proteção. Paralelamente. Hoje estuda a legislação brasileira para a proteção do patrimônio fossilífero. Atua principalmente na área de consultoria ambiental, incluindo a participação em projetos de educação patrimonial.

11.1.6. ESP. MIGUEL BAÍA BRITO

É Geólogo Sênior, com graduação em Geologia pela Universidade Federal do Pará (1985). Foi formado especialista em Direito Ambiental pela Universidade Federal do Pará (1992). Tem experiência em mapeamento geológico, sondagens e métodos geofísicos e geoquímicos com aplicação à atividade minerária. Atua nas áreas de mapeamento geológico e geofísico, prospecção mineral, interpretação de dados de campo e é consultor em Direito Ambiental e Minerário.

11.1.7. BRUNO ERICKSON MATOS FACUNDO

Formado em Geologia pela Universidade Federal do Pará (2011). Tem experiência em mapeamento geológico e petrografia de rochas sedimentares na Serra das Andrinhas e na Serra de Rio Marias (Cráton Amazônico) e em sondagens geológicas aplicadas à exploração de águas subterrâneas.

11.1.8. JOYCE CELERINO DE CARVALHO

Atua como estagiária na base avançada de Altamira (PA). Sua graduação em Ciências Biológicas está em andamento na Universidade Federal do Pará (UFPA), *campus* Altamira. Atuou como bolsista da Pró-Reitoria de Ensino de Graduação. Tem experiência em Zoologia de Vertebrados, ecologia e diversidade de ictiofauna e atua em projetos de curadoria de coleções de espécimes em zoologia e paleontologia, na UFPA, além do estágio desenvolvido no Programa de Salvamento Paleontológico da UHE de Belo Monte.

11.1.9. JOELEN ALVES DA SILVA

Atua como estagiária na base avançada de Altamira (PA). É graduanda em Ciências Biológicas, com formatura prevista para o primeiro semestre 2012, pela Universidade Federal do Pará (UFPA), *campus* Altamira. Atuou como bolsista da Pró-Reitoria de Ensino de Graduação. Tem experiência em Educação para em Biologia para o Ensino Fundamental, Zoologia e Ecologia de moluscos no rio Xingu. Atualmente dedica-se à coleta e curadoria de coleções em paleontologia, no âmbito do Programa de Salvamento Paleontológico da UHE de Belo Monte.

12. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BENTON, M. J.; HARPER, D. A. T. Introduction to Paleobiology and the Fossil Record. Chichester: John Wiley & Sons, 2009. 608p.

BOSETTI, P. E.; HORODYSKI, R. S.; ZABINI, C.; MATSUMURA, W. M. K.; PENTEADO, A. C. Ocorrência de fenótipos subnormais no limite Eoefeliano/Eogivetiano, Tibagi, estado do Paraná: implicações tafonômicas e paleossinecológicas. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, v. 5, n. 2, p. 135-149, 2010.

BOUCOT, A. J. Devonian biogeography: an update. In: 2nd International Symposium on the Devonian System, 2, 1988, Calgary. Proceedings. Calgary: Canadian Society of Petroleum Geologists, 1988. p.211-227.

BOUCOT, A. J. Malvinokaffric Devonian marine community distribution and implications for Gondwana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 43., 1970, Rio de Janeiro. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1971. p. 23-49.

BOUCOT, A. J. Silurian and Devonian Biogeography. In: ROSS, C. A. (Ed.) Paleogeographic Provinces and Provinciality. Tulsa: Society Economical Paleontological Mineralogical, 1974. p.165-176.

BULMAN, O. M. B.; MOORE, R. C.; TEICHERT, C. Treatise on Invertebrate Paleontology: Graptolithina with Sections on Enteropneusta and Pterobranchia. 2 ed. Lawrence: Geological Society of America, 1970. 195p.

CARDOSO, T. R. M. Evidências da glaciação Ordoviciano-Siluriana no Grupo Trombetas: Bacia do Amazonas. Disponível em: <http://sbgeo.org.br/pub_sbg/cbg/2004-ARAXA/02_1082_CARDOSOTRM.pdf>. Acesso em: 20 dez. de 2011.

CARVALHO, I. S.; FERNANDES, A. C. S. Icnofósseis. In: CARVALHO, I. S. (editor). Paleontologia: conceitos e métodos. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2010. p.195-227.

CASSAB, R. C. T. Objetivos e Princípios. In: CARVALHO, I. S. (editor). Paleontologia: conceitos e métodos. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004. p.3-11.

CLARKSON, E. N. K. Invertebrate Palaeontology and Evolution. 2 ed. London: Allen & Unwin, 1986. 382 p.

CUNHA, P. R. C.; MELO, J. H. G.; SILVA, O. B. Bacia do Amazonas. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p.227-251, 2007.

EMIG, C. C. Réflexions sur la Taxonomie des Espèces du Genre Lingula (Brachiopodes, Inarticulés). Compte Rendue de l'Academie Science, Paris, v. 285, série D, p. 523-525, 1977.

Estrutura de um Braquiópode: posição braquial, lateral e em posição de vida. Disponível em: <http://fossil.uc.pt/pags/fbm_braquipode.dwt>. Acesso em: 22 de jun. 2012.

FERNANDES, A. C. S.; BORGHI, L.; CARVALHO, I. S.; ABREU, C. J. Guia dos icnofósseis de invertebrados do Brasil. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2002. 260p.

FONSECA, V. M. M. Brachiopoda (Strophomenoidea, Chonetoida e Delthyridoidea) do Devoniano Médio das bacias do Amazonas e Parnaíba. 2001. 130p. Tese (doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

FONSECA, V. M. M. Braquiópodes. In: CARVALHO, I. S. (Ed.) Paleontologia: Microfósseis e Paleoinvertebrados. 3 Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011. p.333-358.

FONSECA, V. M. M. Braquiópodes. In: CARVALHO, I. S. (Ed.) Paleontologia. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011. p.651-674.

FONSECA, V. M. M. Braquiópodes. In: CARVALHO, I. S. (Ed.). Paleontologia: conceitos e métodos. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004. p.651-674.

FONSECA, V. M. M.; MELO, J. H. G. Ocorrência de *Tropidoleptus carinatus* (Conrad) (Brachiopoda, Orthida) na Formação Pimenteira e sua importância paleobiogeográfica. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, 1987, Rio de Janeiro. Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia. Rio de Janeiro: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 1987. p.505-537.

FONSECA, V. M. M.; SOUZA-LIMA, W.; BENGTON, P. Os fósseis da bacia de Sergipe-Alagoas: Os braquiópodes. Informativo da Fundação Paleontológica PHOENIX, Aracaju, n. 23, ano 2, 2000. Disponível em: <www.phoenix.org.br/phoenix23_nov00.html>. Acesso em: 24 jun. 2012.

FORTEY, R. A. Life: a natural history of the first four billion years of life on earth. New York: Alfred A. Knopf, 1998. 129p.

GAMA-JUNIOR, J. M. Braquiópodes da Formação Pimenteira (Devoniano Médio-Superior) na região sudoeste da bacia do Parnaíba, Município de Palmas, Estado do Tocantins, Brasil. 2008. 64p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2008.

GRAHN, Y. Devonian chitinozoan biozones of Western Gondwana. Acta Geologica Polonica, Warszawa, v. 55, n. 3, p.211-227, 2005b.

GRAHN, Y. Revision of Silurian and Devonian Strata of Brazil. Palynology, v. 16, p.35-61, 1992.

GRAHN, Y. Silurian and Lower Devonian chitinozoan taxonomy and biostratigraphy of the Trombetas Group, Amazonas Basin, northern Brazil. *Bulletin of Geosciences*, Praga, v. 80, n. 4, p.245-276, 2005a.

GRAHN, Y.; MELO, J. H. G. Bioestratigrafia dos quitinozoários do Grupo Trombetas nas faixas marginais da bacia do Amazonas. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1990. 43p. (Relatório produzido pela PETROBRAS/CENPES/DIVEX/SEBIPE para a Eletrobrás)

GRAHN, Y.; MELO, J. H. G. Integrated Middle Devonian chitinozoan and miospore zonation of the Amazonas Basin, northern Brazil. *Revue de Micropaléontologie*, Paris, v. 47, n. , p.71-85, 2004.

GRAY, J. Major Paleozoic land plant evolutionary bio-events. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, v. 104, n. 1-4, p.153-169, 1993.

Ilustração da valva pedicular do gênero *Orbiculoidea*. Disponível em: <<http://whitmanshill.earthheritagetrust.org/palaeontology.asp>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

JANVIER, P. Les Vertebres avant le Silurien. *Revista GEOBIOS*, v. 30, n. 7, p.931-950, 1998.

JANVIER, P.; MELO, J. H. G. Acanthodian fish remains from the Upper Silurian or Lower Devonian of the Amazon Basin, Brazil. *Palaeontology*, v. 31, n. 3, p.771-777, 1988.

JANVIER, P.; MELO, J. H. G. New acanthodian and chondrichthyan remains from the Lower and Middle Devonian of Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, v. 4, p.193-206, 1992.

KENRICK, P.; CRANE, P. R. The origin and early evolution of plants on land. *Nature*, v. 389, p.33-39, 1997.

KENRICK, P.; DAVIS, P. *Fossil plants*. Londres: Natural History Museum, 2004. 216p.

LIMA, M. R. *Fósseis do Brasil*. São Paulo: Editora Edusp, 1989. 118p.

LOBOZIAK, S.; MELO, J.H.G.; QUADROS, L.P.; STREEL, M. Palynological evaluation of the Famennian Protosalvinia (*Foerstia*) Zone in the Amazon Basin, northern Brazil: a preliminary study. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 96, p.31-45, 1997.

LOYDELL, D. K.; KLEFFNER, M. A.; MULLINS, G. L.; BUTCHER, A.; MATTESON, D. K.; EBERT, J. R. The lower Williamson Shale (Silurian) of New York: a biostratigraphical enigma. *Geological Magazine*, v. 144, p.225-234, 2007.

Mapa paleogeográfico do Siluriano Médio e Devoniano Inferior. Disponível em: <<http://www.scotese.com/newpage2.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

MELO, J. H. G. The Malvinokaffric realm in the Devonian of Brazil. In: MCMILLAN, N. J.; EMBRY, A. F.; GLASS, D. J. (Editors) Devonian of the world. Calgary: Canadian Society of Petroleum Geologists, 1988. p.669-703.

MELO, J. H. G.; LOBOZIAK, S. Devonian – Early Carboniferous miospore biostratigraphy of the Amazon Basin, northern Brazil. Review of Palaeobotany and Palynology, v. 124, p.131-202, 2003.

MERGL, M. A review of Silurian discinoid brachiopods from historical British localities. Bulletin of Geosciences, Praga, v. 81, n. 4, p.215-236, 2006.

PALMER, D.; RICKARDS, B. (Editores) Graptolites, Writing in the Rocks. Woodbridge: Boydell Press, 1991. 182 p.

PEREIRA, R.; CARVALHO, I. S.; AZEVEDO, D. A.; FERNANDES, A. C. S. Ocorrências de âmbar nas bacias sedimentares brasileiras - uma revisão. In: CARVALHO, I. S. (Org.) et al. Paleontologia: Cenários de Vida. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2007. p.243-256.

PONCIANO, L. C. M. O.; MACHADO, D. M. C. Hábitos de vida da associação Schuchertella agassizi – Ptychopteria eschwegei, Formação Maecuru, Devoniano, Bacia do Amazonas, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 30, p.129-138, 2007a.

PONCIANO, L. C. M. O.; MACHADO, D. M. C. Macroinvertebrados da Formação Maecuru (Devoniano, Bacia do Amazonas, Brasil) - considerações tafonômicas. In: CARVALHO, I. S. (Org.) et al. Paleontologia: Cenários de Vida. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2007b. p.131-137.

PONCIANO, L. C. M. O.; MACHADO, D. M. C.; FARIA, A. C. G.; VIEIRA, A. C. M.; SOUZA, A. R.; LIMA, K. P. Paleoautoecologia dos Brachiopoda da associação Schuchertella Agassizi – Ptychopteria Eschwegei, Formação Maecuru, Devoniano Médio da bacia do Amazonas. In: XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, 43, 2006, Aracaju. Coletânea de trabalhos completos do 43º Congresso Brasileiro de Geologia. Aracaju: SBG, 2008. p.854-859.

PRICE, L. I. Dentes de Therapoda num testemunho de sonda no Estado do Amazonas. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 32, p.79-84, 1960.

QUADROS, L. P.; MELO, J. H. G. Método prático de preparação palinológica em sedimentos do pré-Mesozóico. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 1, p.205-214, 1987.

RICHTER, M. Agnatos e peixes. In: CARVALHO, I. S. (Editor). Paleontologia. V. 2. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2010. p.37-81.

RIFF, Douglas. O Registro Fóssil do Brasil com ênfase nos Invertebrados. Disponível em: <http://www.moodle.ufu.br/pluginfile.php/21238/mod_folder/content/1/Apostilas>

[%20e%20slides/Registro_Fossil_do_Brasil_com_enfase_em_Invertebrados/invertebrados.pdf?forcedownload=1>](#). Acesso em: 20 dez. 2011.

SANTOS, M. E. C. M.; Carvalho, M. S. S. Paleontologia das Bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís. Rio de Janeiro: Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. CPRM - Serviço Geológico do Brasil/DIEDIG/DEPAT, 2004. 226 p.

SIMÕES, M. G.; HOLZ, M. Tafonomia: Processos e Ambientes de Fossilização. In: CARVALHO, I. S. (Editor). Paleontologia: conceitos e métodos. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004. p.19-45.

SMITH, M. P.; DONOGHUE, P. C. J.; SANSOM, I. J. The spatial and temporal diversification of Early Paleozoic vertebrates. Geological Society, London, v. 194, p.69-83, 2002.

STEEMANS, P.; RUBINSTEIN, C.; MELO, J. H. G. Siluro-Devonian miospore biostratigraphy of the Urubu River area, western Amazon Basin, northern Brazil. Revista GEOBIOS, v. 41, n. 2, p.263-282, 2008.

URIZ, N. J.; ALFARO, M. B.; GALEANO-INCHAUSTI, J. C. Silurian (Llandovery) monograptids from the Vargas Peña Formation (Paraná Basin, Eastern Paraguay). Geologica Acta, v. 6, n. 2, p.181-190, 2008.

WANDERLEY FILHO, J. R.; MELO, J. H. G.; FONSECA, V. M. M.; MACHADO, D. M. C. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia do Amazonas. Phoenix, v. 82, 2005.

13. ANEXOS

- Anexo 1 – Resumo enviado ao XXII Congresso Brasileiro de Paleontologia
- Anexo 2 – Colunas estratigráficas da Campanha I
- Anexo 3 – Colunas estratigráficas da Campanha II
- Anexo 4 – Colunas estratigráficas da Campanha III
- Anexo 5 – Colunas estratigráficas da Campanha IV

PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

**Anexo 1 – Resumo enviado ao XXII Congresso
Brasileiro de Paleontologia**

ANÁLISE ESPACIAL APLICADA À PESQUISA PALEONTOLÓGICA DE AFLORAMENTO, APOIADA POR MÉTODOS GEOFÍSICOS

Henrique Zimmermann Tomassi¹ (HZTomassi@gmail.com), Bernardo Costa Ferreira² (bernardo@unb.br), Fátima Praxedes Rabelo Leite³ (fprleite@gmail.com), José Mendes Gama-Júnior⁴ (prof.mendes.uft@gmail.com), Michelly Amorim da Silva⁵ (michelly.amorim@gmail.com), Poliana Marcolino Correa⁶ (polianacorrea@nortenenergiasa.com.br)

¹Museu de Geociências da Universidade de Brasília; ²Departamento de Geografia, Universidade de Brasília; ³Terragraph; ⁴Universidade Federal do Tocantins; ⁵Terragraph; ⁶Norte Energia S/A

RESUMO

Desde o desenvolvimento dos equipamentos e métodos geofísicos poucas escavações em paleontologia fizeram uso destas ferramentas a fim de otimizar a busca pelos fósseis. A análise espacial geostatística consistiria, portanto, na coleta de dados pontuais pelo Método Magnético integrada ao uso do GPR (Ground Penetration Radar). Assim, pelo uso do primeiro método seriam indicados os locais de distorção ou interferência do campo magnético e a confirmação das anomalias detectadas por meio do GPR proporcionaria, o pela capacidade de geração de imagens e visão em tempo real, a diminuição de erros cometidos quando da identificação de anomalias magnéticas não geradas por feições ligadas à pesquisa paleontológica. O método experimental será aplicado nas escavações de salvamento paleontológico da UHE de Belo Monte, Estado do Pará, o qual poderá apresentar-se como sendo de elevada importância no auxílio do reconhecimento de concentrações de fósseis, especialmente de invertebrados, orientando assim, a escavação, e afetando diretamente no dispêndio de tempo e recursos em campo, além de aumentar a probabilidade da identificação de ocorrências fósseis.

Palavras-chave: geofísica, GPR, magnetometria, coleta em campo, salvamento paleontológico

ABSTRACT

Since the development of equipment and geophysical methods, paleontology excavations made little use of these tools to optimize the fossil remains search. The geostatistical spatial analysis would, therefore, punctual collect data by the use of integrated magnetic and GPR (Ground Penetration Radar) methods. Thus by the use of the first method would show the spots of distortion

or interference in the magnetic field and the GPR would provide the confirmation of the anomalies detected by the capability for imaging and real-time view, the reduction of errors made when identifying magnetic anomalies not generated by features related to paleontological research. The experimental method will be applied in excavations of the paleontological rescue on UHE Belo Monte, Pará State, which may present itself as being of high importance in helping recognition of buried fossil concentrations, especially of invertebrates, thus directing the excavation, and directly affecting the expenditure of time and resources in the field, as well as increasing the probability of identifying fossil occurrences.

Keywords: geophysics, GPR, magnetometry, field sampling, paleontological rescue

INTRODUÇÃO

O uso de métodos geofísicos, comum em pesquisas arqueológicas, ainda é discreto no auxílio a escavações paleontológicas (Davis & Annan, 1989; Mellet, 1993; Crosby *et al.*, 2002; Main&Hammon III, 2003). Main&Hammon III (2003) realizaram experimentos em campo e desenvolveram método eficiente para a coleta de microfósseis de vertebrados. Com o uso de GPR (Ground Penetrating Radar – Radar de Penetração de Solo), a coleta de dinossauros foi orientada e fósseis com tamanho mínimo de um metro, preservados a menos de dois metros de profundidade em relação à superfície, puderam ser identificados pelo método.

Com exceção dos levantamentos de grande escala para a exploração de recursos minerais e energéticos, desde o desenvolvimento dos equipamentos e métodos geofísicos poucas escavações em paleontologia fizeram uso destas ferramentas a fim de otimizar a busca pelos

restos fósseis. Este trabalho vem anunciar o desenvolvimento de experimentos de campo apoiados por métodos geofísicos, principalmente com GPR e magnetometria desenvolvidos por Ferreira & Bandeira (2008a; 2008b; 2010) para pesquisa arqueológica em áreas de pesquisa do IPHAN no Estado do Maranhão a serem aperfeiçoadas e adaptadas à paleontologia durante as escavações de salvamento paleontológico da UHE de Belo Monte, Estado do Pará. As pesquisas orientadas nestas áreas indicaram e possibilitaram o resgate de vestígios arqueológicos tais como esqueletos e instrumentos, bem como construções antigas soterradas.

A coleta será realizada em canteiros de obras que exponham rochas com potencial fossilífero e em áreas em que as mesmas sejam inundadas pelos reservatórios ou afetadas por obras de infraestrutura, conforme exigência do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) à empresa Norte Energia S/A, empresa responsável pela construção do empreendimento.

Análise espacial e métodos geofísicos

A análise espacial consiste na coleta de dados pontuais tendo em vista a caracterização de áreas potenciais, uma vez que a utilização de métodos magnéticos possibilita a observação dos locais com maior probabilidade de presença de fósseis ou de comportamentos minerais ligados a este. Estes métodos subsidiarão, portanto, uma modelagem de áreas potenciais e mais propícias à escavação.

O Método Magnético tem como fundamento a teoria do potencial, baseando-se na capacidade de concentração de que minerais magnéticos nas rochas da crosta (como a magnetita, a pirrotita e ilmenita) têm em produzir distorções ou interferências locais no campo magnético (Silva, 1983). As medidas de susceptibilidade magnética serão realizadas no campo sobre afloramentos e em amostras de afloramentos e testemunhos para correção do equipamento, neste caso um Magnetômetro de Precessão de Prótons. Estas medidas então serão testadas para encontrar locais potenciais em um modelo que indique áreas para escavação.

Já o GPR será utilizado para confirmar as anomalias detectadas pelas medidas magnéticas

e proporcionar, pela capacidade de geração de imagens e visão em tempo real, a diminuição de erros cometidos quando se identificar anomalias magnéticas que não são causadas por feições ligadas à pesquisa paleontológica. Para tanto será usado um SIR-3000 da GSSI com antenas que variam de 100 a 1.600 MHz, calibrado para o solo local por meio de método Ponto de Controle Médio (enterrando um objeto a uma profundidade conhecida no local das pesquisas para adquirir seu comportamento). O uso das antenas citadas visa à obtenção de dados em largo espectro de profundidade e resolução, posto que quanto maior a frequência, menor a profundidade e maior a resolução, e vice-versa.

Devido à resolução dos sistemas e a impossibilidade de identificar fósseis pequenos a baixa profundidade (maiores que 0,5 cm até 1,3 m) por métodos geofísicos, o sistema pode ser útil para a identificação de ocorrência de concentrações fossilíferas ou fósseis maiores (a partir de 50 cm em profundidades de até 10 metros). As anomalias identificadas por estes métodos podem orientar a escavação no sentido de aumentar a chance de descoberta de fósseis, uma vez que a procura deixa de ser aleatória, além de reduzir o volume de remoção de rocha e diminuir o tempo de coleta. Como os fósseis paleozoicos (marinhos) ocorrentes na região dificilmente ultrapassam 15 centímetros de dimensão máxima, o foco das buscas será o de lentes e camadas com maiores concentrações fossilíferas.

Área de estudo

Este trabalho será realizado no âmbito do Projeto de Salvamento do Patrimônio Paleontológico da UHE Belo Monte, elaborado pela Norte Energia S.A. e apoiado em sua execução pela empresa Terragraph. O salvamento paleontológico ocorrerá nos arredores do municípios de Altamira e Vitória do Xingu (PA), nas áreas da bacia sedimentar do Amazonas afetadas pela construção da unidade hidrelétrica. Os trabalhos de campo ocorrerão em três diferentes frentes de resgate: às margens de rodovias, de rios e igarapés, áreas baixas com afloramentos de rocha da bacia do Amazonas (sujeitas à inundações) e porções em que as obras da usina hidrelétrica exponham rochas sedimentares. Este

trabalho mostra-se mais relevante pela escassez de afloramentos rochosos na região Amazônica, onde o intemperismo químico intenso produz coberturas pedológicas espessas.

A assemblagem fossilífera da área é composta por palinóforos, vegetais, invertebrados, vertebrados e icnofósseis de idades siluriana, devoniana e cretácea. Os macrofósseis registrados nas sete unidades litológicas com ocorrência nos arredores de Altamira e Vitória do Xingu (PA) são: 1 - Formação Pitinga: braquiópodes, (Grahn & Melo, 1990). 2 - Formação Manacapuru: peixes acantodos e condríctios (Janvier & Melo, 1988, 1992), braquiópodes, conulárias e icnofósseis (Wanderley Filho *et al.*, 2005). 3 - Formação Maecuru: braquiópodes, trilobitas, moluscos bivalves, gastrópodes, crinóides, briozoários, belerofontídeos, cnidários, tentaculídeos e conulárias (Ponciano *et al.*, 2007a,b; Ponciano & Machado, 2007a,b; Ponciano *et al.*, 2008). 4 - Formação Ererê: braquiópodes, moluscos bivalves, gastrópodes, trilobitas, crinóides e tentaculídeos. 5 - Formação Barreirinha: braquiópodes inarticulados, moluscos bivalves, gastrópodes, cefalópodes, peixes e plantas (Loboziak *et al.*, 1997; Melo & Loboziak, 2003; Wanderley Filho *et al.*, 2005) 6 - Formação Curiri: vegetais e icnofósseis (Loboziak *et al.*, 1997; Melo & Loboziak, 2003; Wanderley Filho *et al.*, 2005). 7 - Formação Alter do Chão: impressões foliares, âmbar e dinossauros (Price, 1960; Pereira *et al.*, 2007).

Desta forma, o método pode mostrar importância no auxílio do reconhecimento de concentrações de fósseis, especialmente de invertebrados, orientando a escavação, fator que economiza tempo e recursos em campo, além de aumentar a probabilidade da identificação de ocorrências fósseis.

CONCLUSÕES

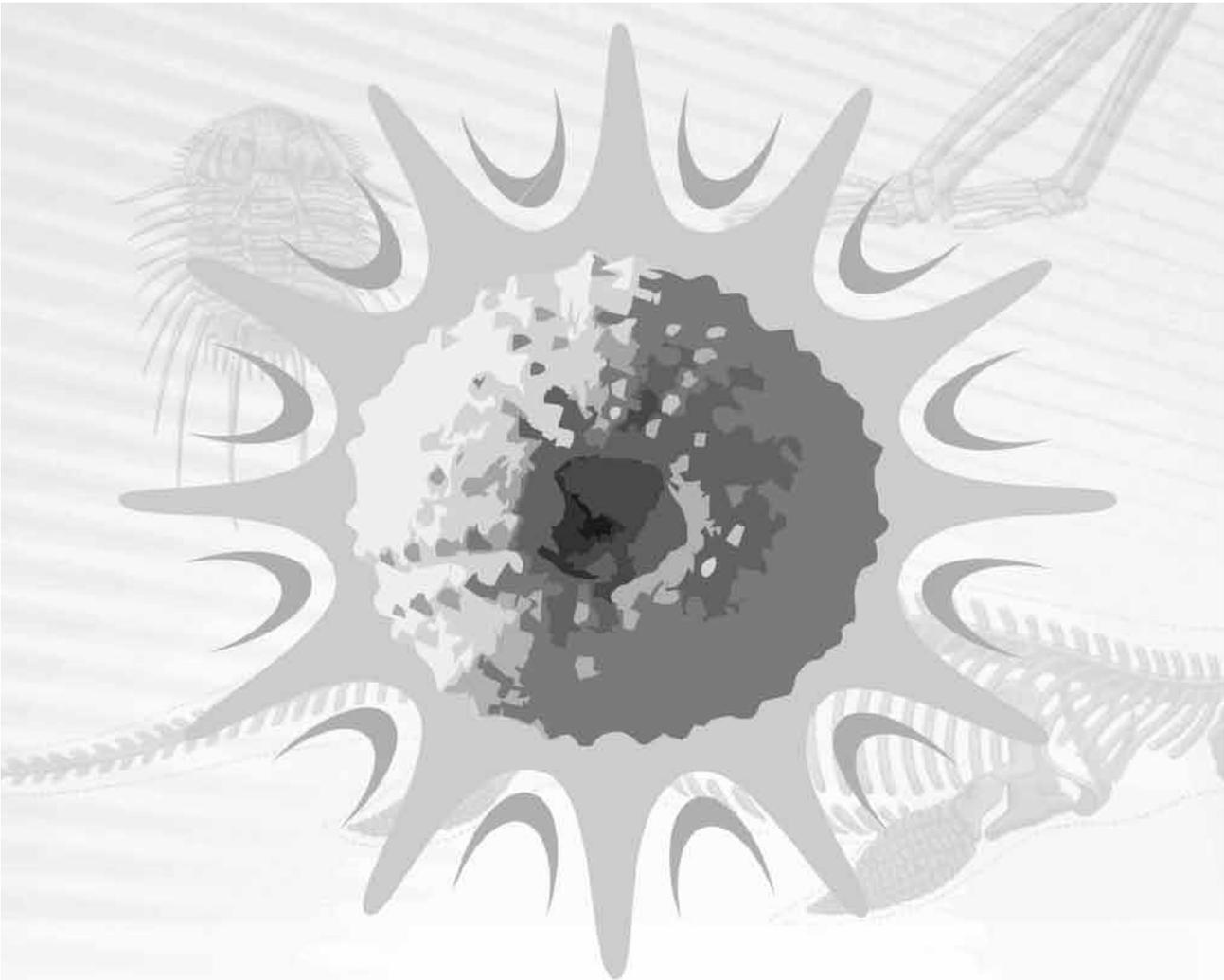
Os métodos geofísicos GPR e magnético obtêm atualmente os dados mais avançados em termos de suporte a mapeamento arqueológico, entre outras áreas, que igualmente o utilizam com sucesso. Portanto pretende-se obter verificar o emprego destes métodos aplicados à pesquisa paleontológica, posto que essas áreas

de conhecimento possuem similaridade de comportamento. O Método Magnético fornece locais mais propícios para a escavação, dando a possibilidade de mapeamento e análise espacial por meio de Geoestatística. O GPR dá a possibilidade de formar uma imagem desses locais e atestar a presença ou ausência de vestígios ligados ao objeto da pesquisa. Este projeto poderá trazer resultados quanto à aplicabilidade e eficiência destes métodos para a pesquisa paleontológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CROSBY, T.; ZHOU, M.; SAMPSON, S.D. & SCHUSTER, G.T. 2002. Imaging Dinosaur Fossils by Seismic Tomography and GPR. 72nd International SEG meeting abstract, Salt Lake City, Utah.
- DAVIS, J.L. & ANNAN, A.P. 1989. Ground-Penetrating Radar For High-Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, 37(5):531-551.
- FERREIRA, B. C & BANDEIRA, A. 2008a. Relatório do Levantamento Topográfico e Geofísico do Forte São Sebastião. Alcântara – MA. IPHAN.
- FERREIRA, B. C & BANDEIRA, A. 2008b. Relatório do Levantamento Topográfico e Geofísico do Sítio do Físico. São Luís – MA. IPHAN.
- FERREIRA, B. C & BANDEIRA, A. 2010. Relatório do Levantamento Topográfico e Geofísico do Forte do Calvário. Rosário – MA. IPHAN.
- GRAHN, Y. & MELO, J.H.G. 1990. Bioestratigrafia dos quitinozoários do Grupo Trombetas nas faixas marginais da Bacia do Amazonas. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES/DIVEX/SEBIPE, 43 pp., Anexos 1-2, il. (Relatório produzido para a Eletrobras Eletronorte).
- JANVIER, P. & MELO, J.H.G. 1988. A canthodian fish remains from the Upper Silurian or Lower Devonian of the Amazon Basin, Brazil. *Palaeontology*, 31, p. 771-777.

- JANVIER, P. & MELO, J.H.G. 1992. New acanthodian and chondrichthyan remains from the Lower and Middle Devonian of Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, 4, p. 193-206.
- LOBOZIAK, S.; MELO, J.H.G.; QUADROS, L.P. & STREEL, M. 1997. Palynological evaluation of the Famennian Protosalvinia (Foerstia) Zone in the Amazon Basin, northern Brazil: a preliminary study. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 96:31-45.
- MELLET, J.S. 1993. Geophysical methods in taphonomy and paleontology. *Journal of Vertebrate Paleontology Abstract Papers* 13:50.
- MELO, J.H.G. & LOBOZIAK, S. 2003. Devonian-Early Carboniferous miospore biostratigraphy of the Amazon Basin, northern Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 124:131-202.
- PEREIRA, R.; CARVALHO, I.S.; AZEVEDO, D.A. & FERNANDES, A.C.S. 2007. Ocorrências de âmbar nas bacias sedimentares brasileiras - uma revisão. *In: Carvalho, I.S. et al. (Org.). Paleontologia: Cenários de Vida*. 1 ed.: Editora Interciência, v. 1, p. 243-256.
- PONCIANO, L.C.M.O. & MACHADO, D.M.C. 2007a. Hábitos de vida da associação Schuchertella agassizi - Ptychopteria eschwegei, Formação Maecuru, Devoniano, Bacia do Amazonas, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências (Rio de Janeiro)*, v. 30, p. 129-138.
- PONCIANO, L.C.M.O. & MACHADO, D.M.C. 2007b. Macroinvertebrados da Formação Maecuru (Devoniano, Bacia do Amazonas, Brasil) - considerações tafonômicas. *In: Carvalho, I.S. et al. (Org.). Paleontologia: Cenários de Vida*. 1 ed. Editora Interciência, v. 1, p. 131-137.
- PONCIANO, L.C.M.O.; MACHADO, D.M.C.; SOUZA, A.R.; FARIA, A.C.G. & VIEIRA, A.C.M. 2007b. Hábitos de vida da associação Mucrospirifer katzeri - Ptychopteria eschwegei, Formação Maecuru (Devoniano), Bacia do Amazonas, Brasil. *In: 31 Carvalho, I.S. et al. (Org.). Paleontologia: Cenários de Vida*. 1 ed. Editora Interciência, v. 1, p. 139-148.
- PONCIANO, L.C.M.O.; MACHADO, D.M.C.; FARIA, A.C.G. & VIEIRA, A.C.M. 2007a. Hábitos de vida dos Gastropoda e Bellerophonitida da Formação Maecuru, Devoniano Médio, Bacia do Amazonas, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências (Rio de Janeiro)*, 30:191-197.
- PONCIANO, L.C.M.O.; MACHADO, D.M.C.; FARIA, A.C.G.; VIEIRA, A.C.M.; SOUZA, A.R. & LIMA, K.P. 2008. Paleoautoecologia dos Brachiopoda da associação Schuchertella agassizi - Ptychopteria eschwegei, Formação Maecuru, Devoniano Médio da Bacia do Amazonas. *In: XLIII Congresso brasileiro de geologia, 2008, Aracaju. Coletânea de trabalhos completos do 43 Congresso Brasileiro de Geologia*. Salvador, SBG, p. 854-859.
- PRICE, L.I. 1960. Dentes de Theropoda num testemunho de sonda no Estado do Amazonas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 32:79-84.
- SILVA, J.B.C. 1986. Métodos Potenciais: Magnetometria. CPRM.
- WANDERLEY FILHO, J.R.; MELO, J.H.G.; FONSECA, V.M.M. & MACHADO, D.M.C. 2005. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia do Amazonas. *Phoenix*, 82(6).



XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA

Paleontologia: Caminhando pelo tempo
23 A 28 DE OUTUBRO 2011 - NATAL/RN

ATAS

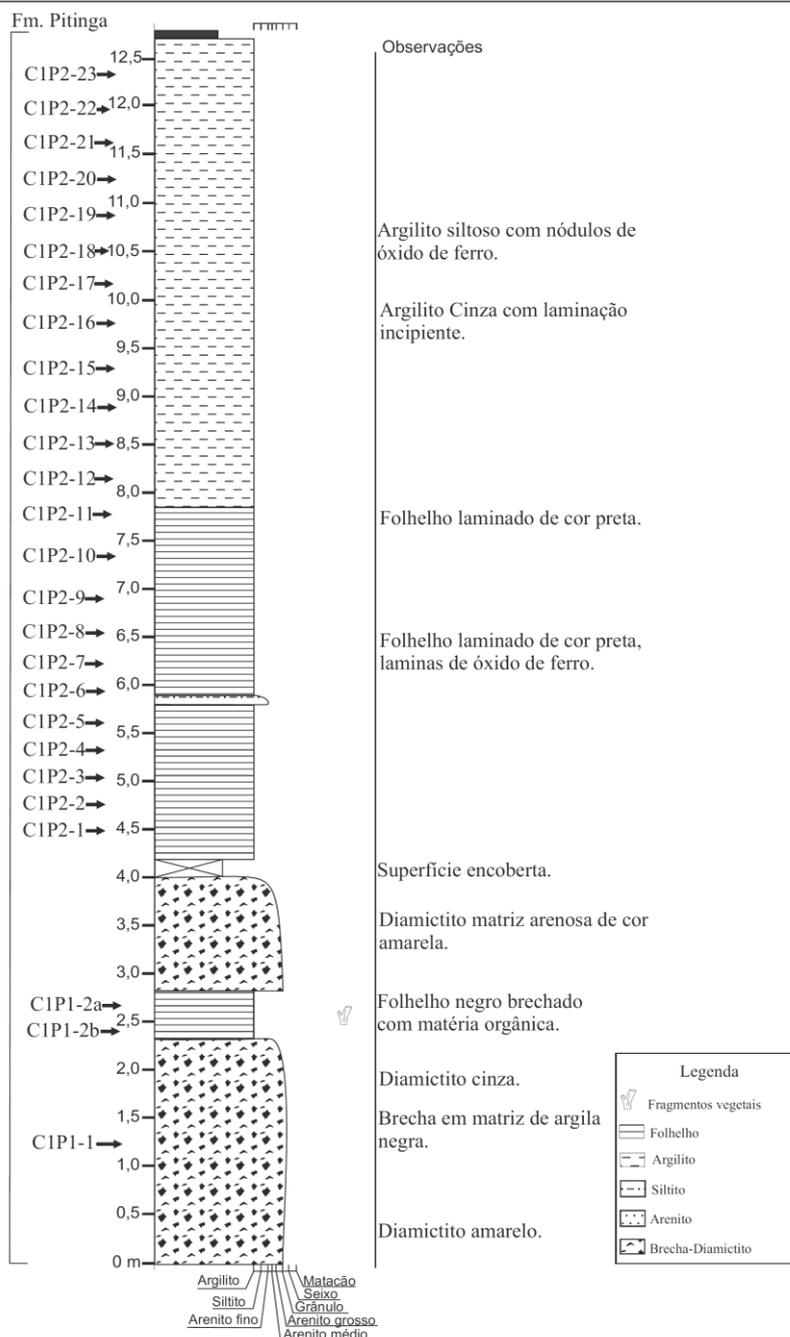
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Anexo 2 – Colunas estratigráficas da Campanha I

PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Canteiro Pioneiro, Sítio Belo Monte, Estado do Pará (Pontos C1P1, 0411518 m L, 9654721 m N, zona 22M, altitude 26 m, SAD 69 e C1P2) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

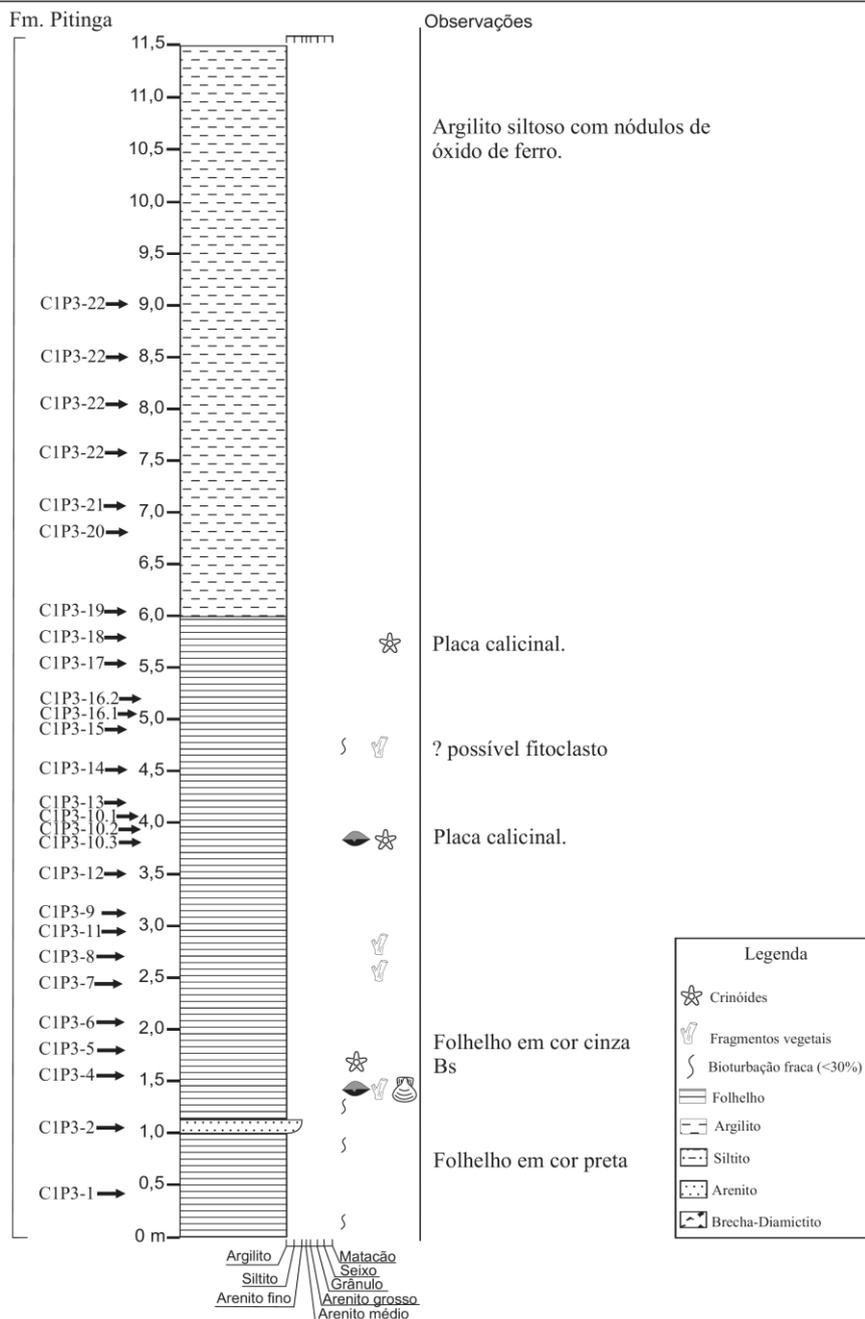
Características Gerais: Afloramento composto por folhelho e argilito, laminado, de coloração acizentada, com diamictito na base.



PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Canteiro Pioneiro, Sítio Belo Monte, Estado do Pará (Ponto C1P3, 0411421 m L, 9654591 m N zona 22M, altitude 35 m, SAD 69) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

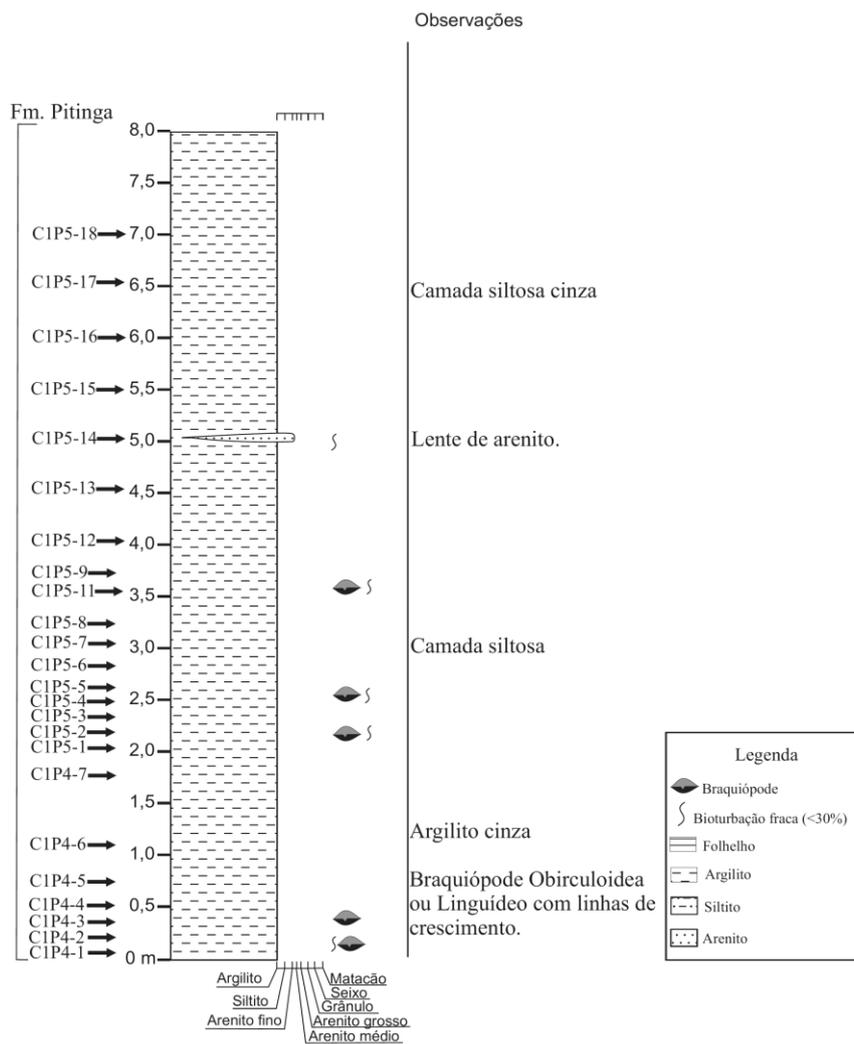
Características Gerais: Afloramento composto por folhelho e argilito, laminado, de coloração acizentada, intercalados com camadas de arenito fino, com grãos moderadamente selecionados.



PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Casa de Máquinas, Sítio Belo Monte, Estado do Pará (Ponto C1P4 e C1P5, 0412107 m L, 9653845 m N, zona 22M, altitude 28 m, SAD 69) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

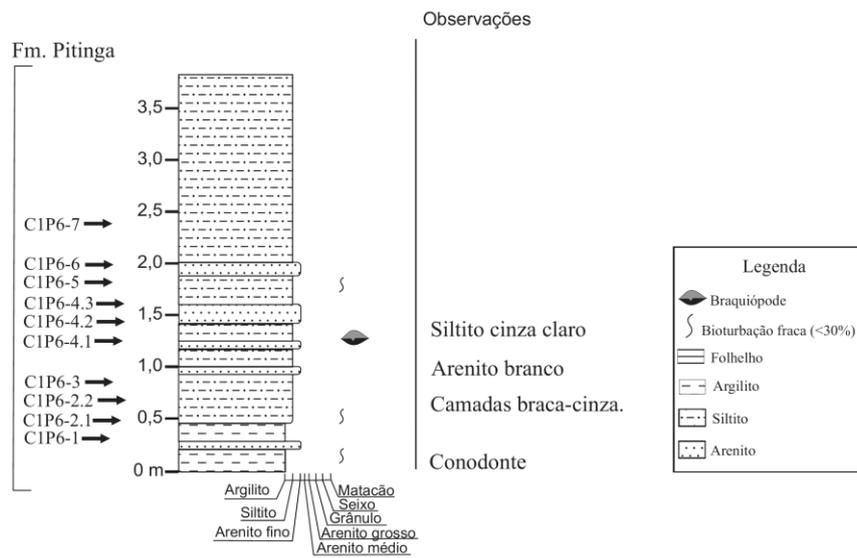
Características Gerais: Afloramento composto argilito, laminado, de coloração acizentada, com níveis arenosos e siltosos.



PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Canteiro Pioneiro, Sítio Belo Monte, Estado do Pará (Ponto C1P6, 412158 m L, 9653884 m N, zona 22M, SAD 69) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

Características Gerais: Afloramento composto por intercalação de arenitos e siltitos, de coloração acizentada. Base correlacionável ao topo da coluna dos pontos C1P4 e C1P5.



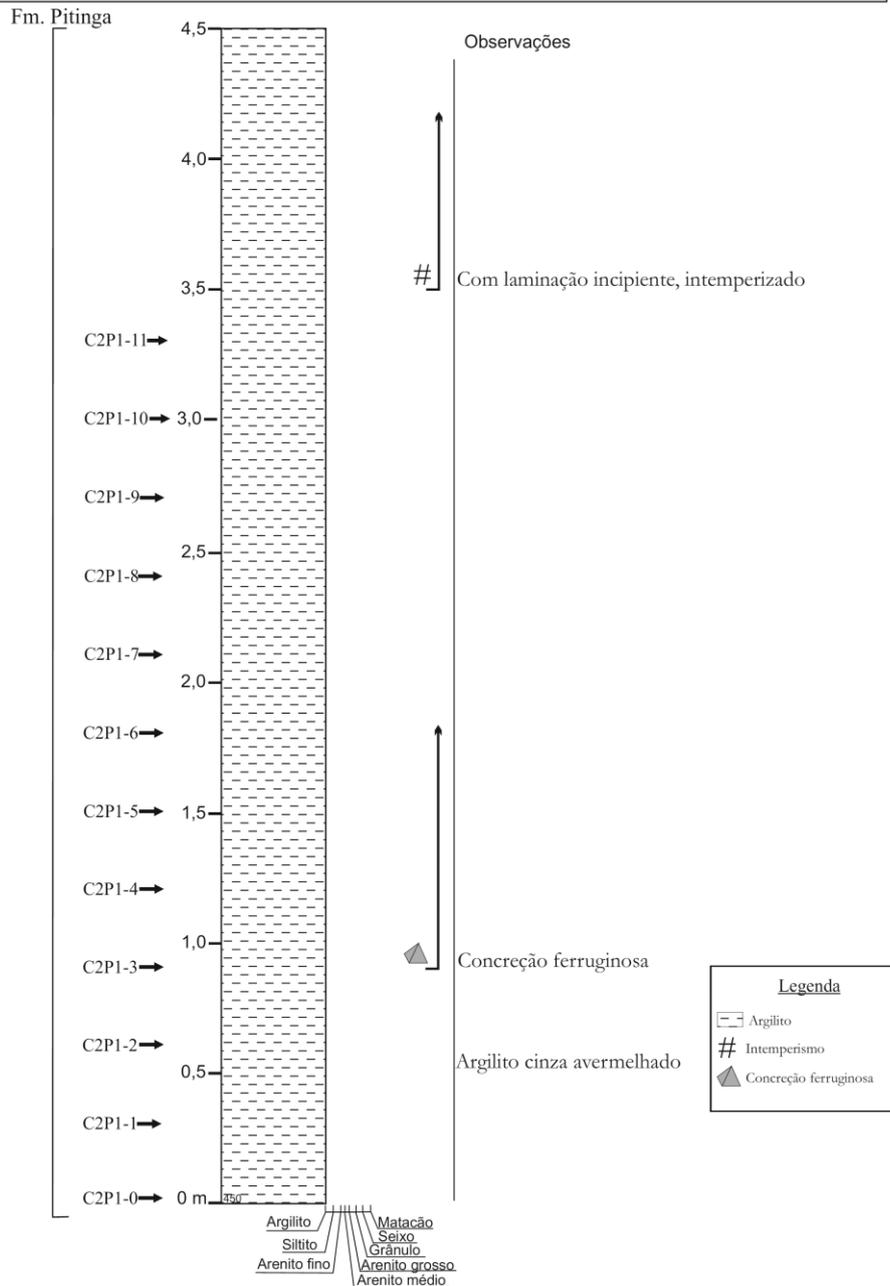
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Anexo 3 – Colunas estratigráficas da Campanha II

PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Escritório CCBM, Sítio Belo Monte, Estado do Pará (Ponto C2P1, 0412233 m L, 9654450 m N, zona 22M, altitude 31 m, SAD 69) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

Características Gerais: Argilito laminado, coloração cinza avermelhado.

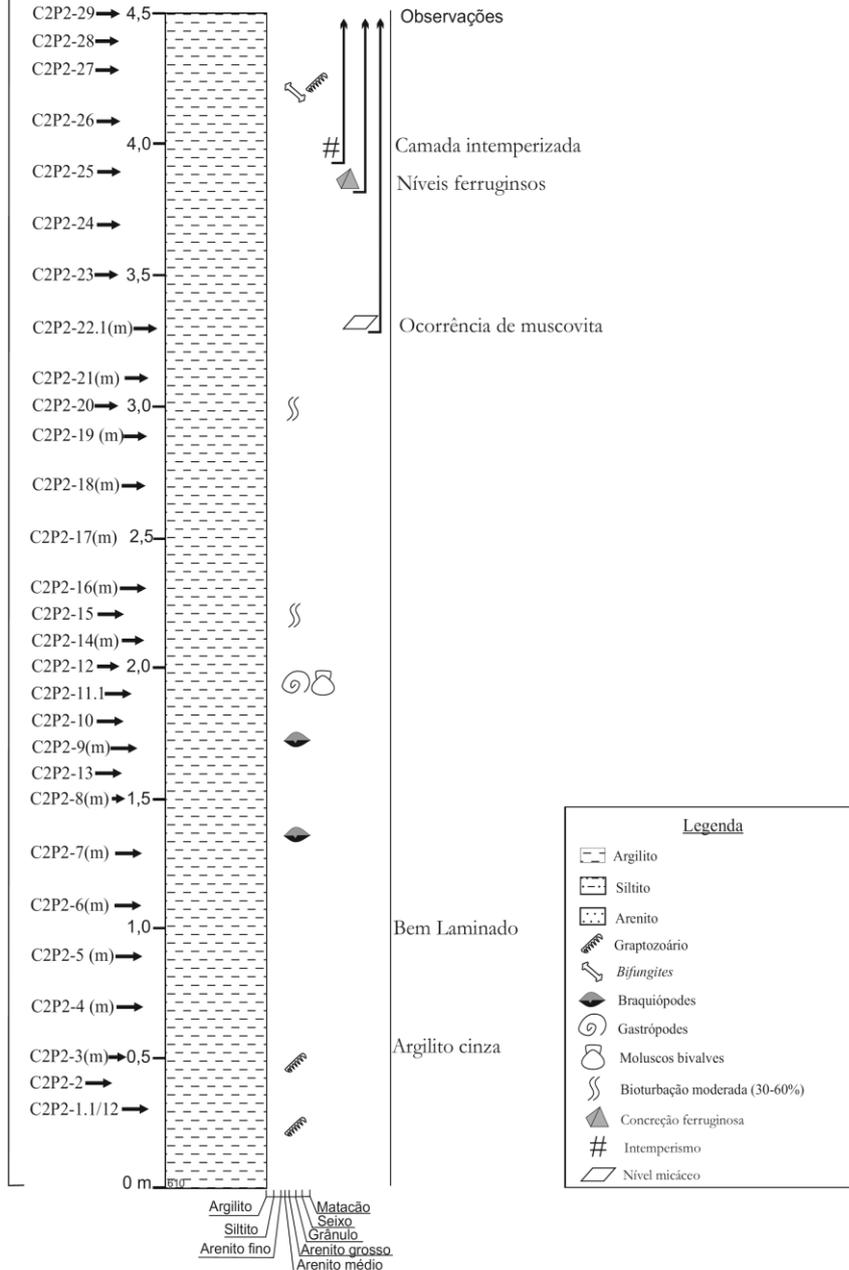


PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

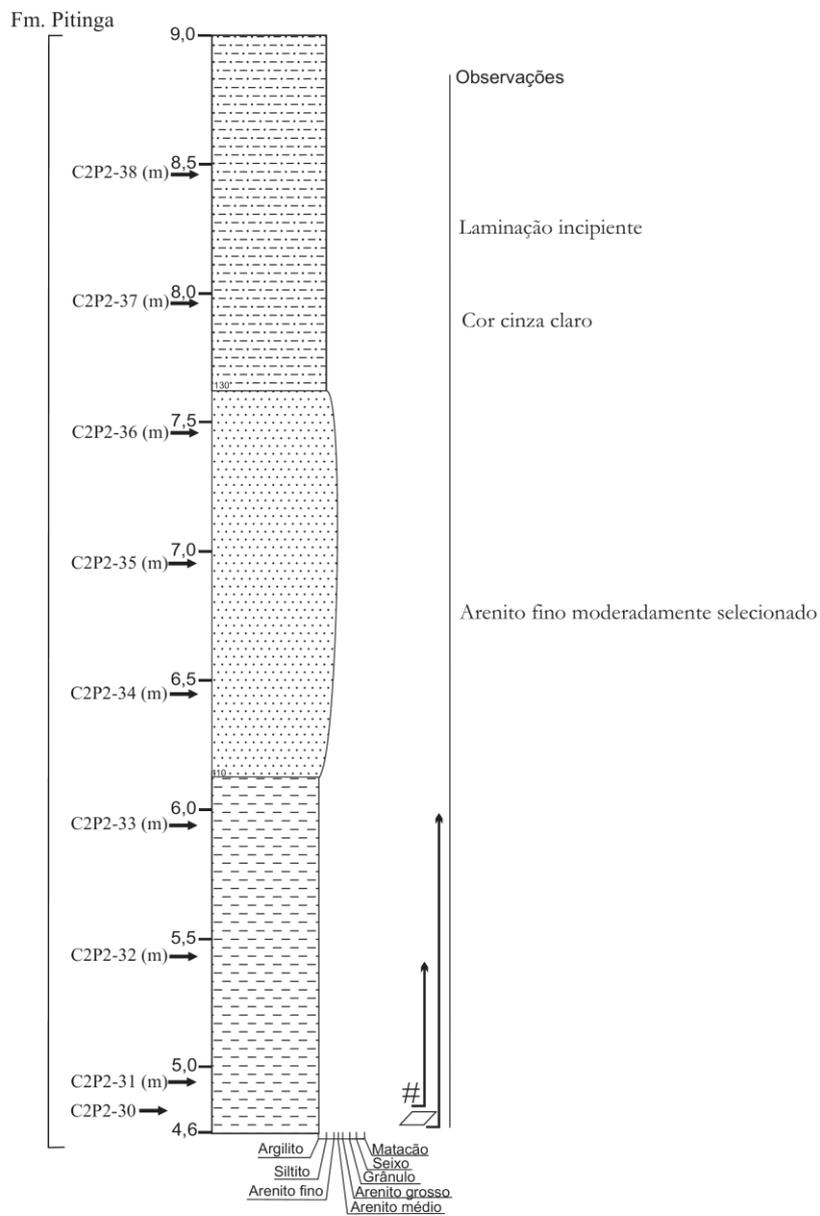
Localidade: Escritório Cliente, Sítio Belo Monte, Estado do Pará (Ponto C2P2, 0412241 m L, 9654378 m N, zona 22M, altitude 33 m, SAD 69) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

Características Gerais: Argilito laminado, de coloração acizentada, intercalados com camadas de arenito fino, grãos moderadamente selecionados, gradando para litologia siltosa para o topo, ocorrem também níveis micáceos (muscovita).

Fm. Pitinga



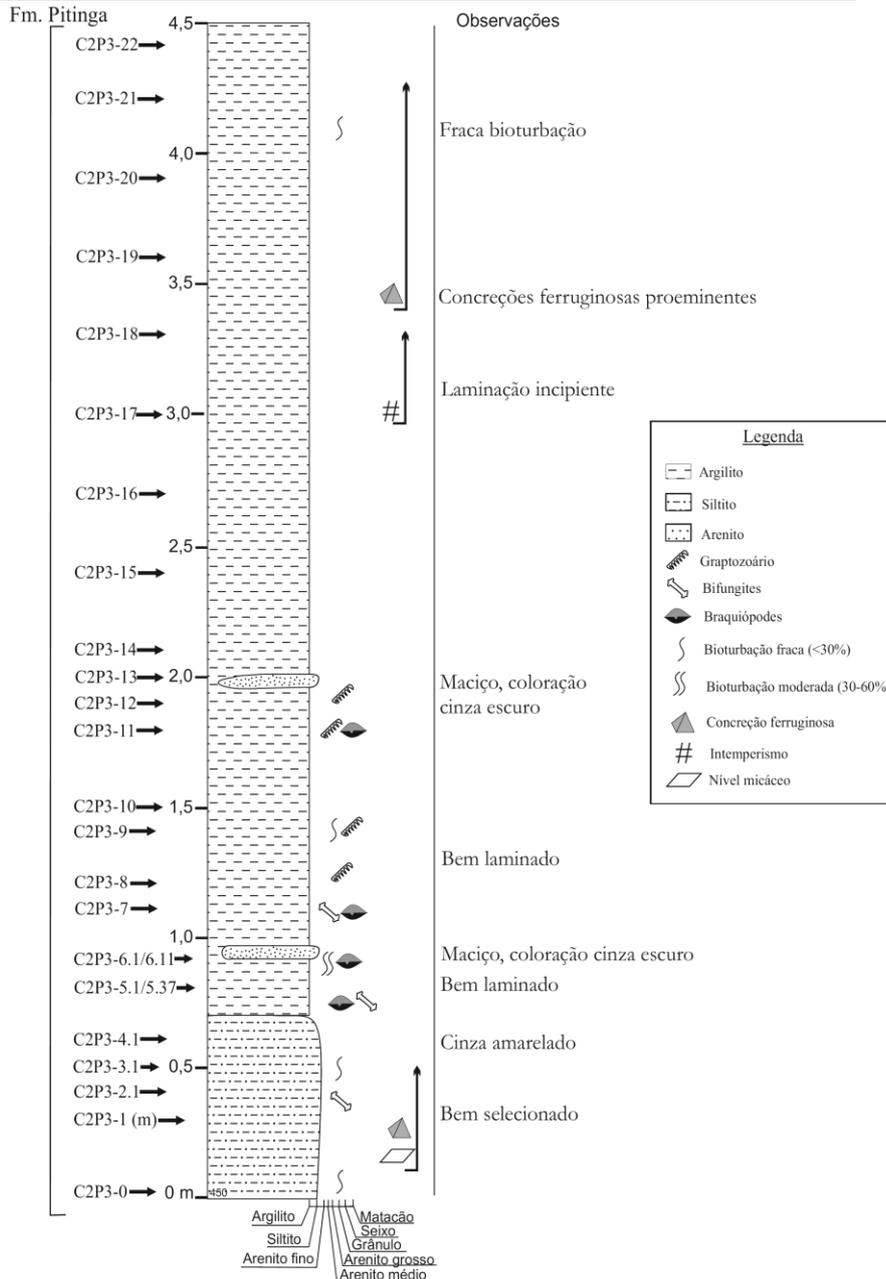
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO



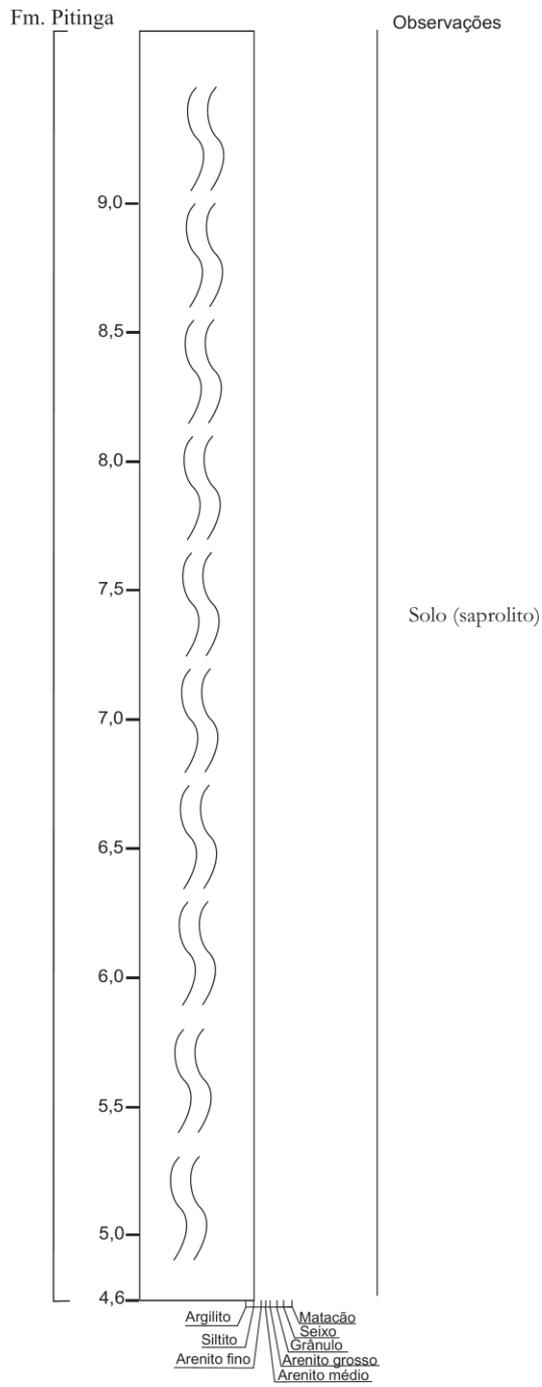
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Marcenaria, Sítio Belo Monte, Estado do Pará (Ponto C2P3, 0412241 m L, 9654378 m N, zona 22M, altitude 33 m, SAD 69) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

Características Gerais: Afloramento composto por Siltito na base e argilito no topo, laminado, de coloração acizentada, intercalados com camadas de arenito fino, com grãos moderadamente selecionados.



PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

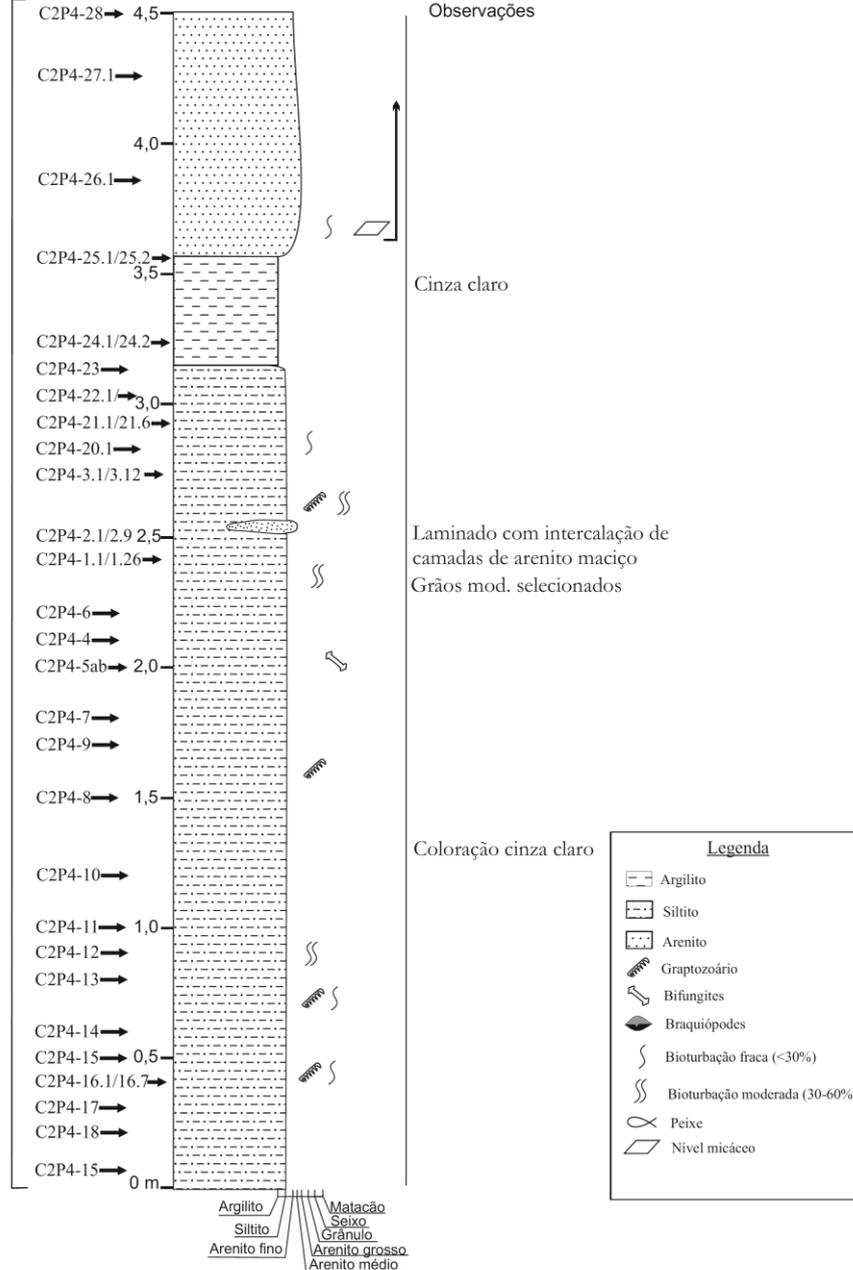


PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

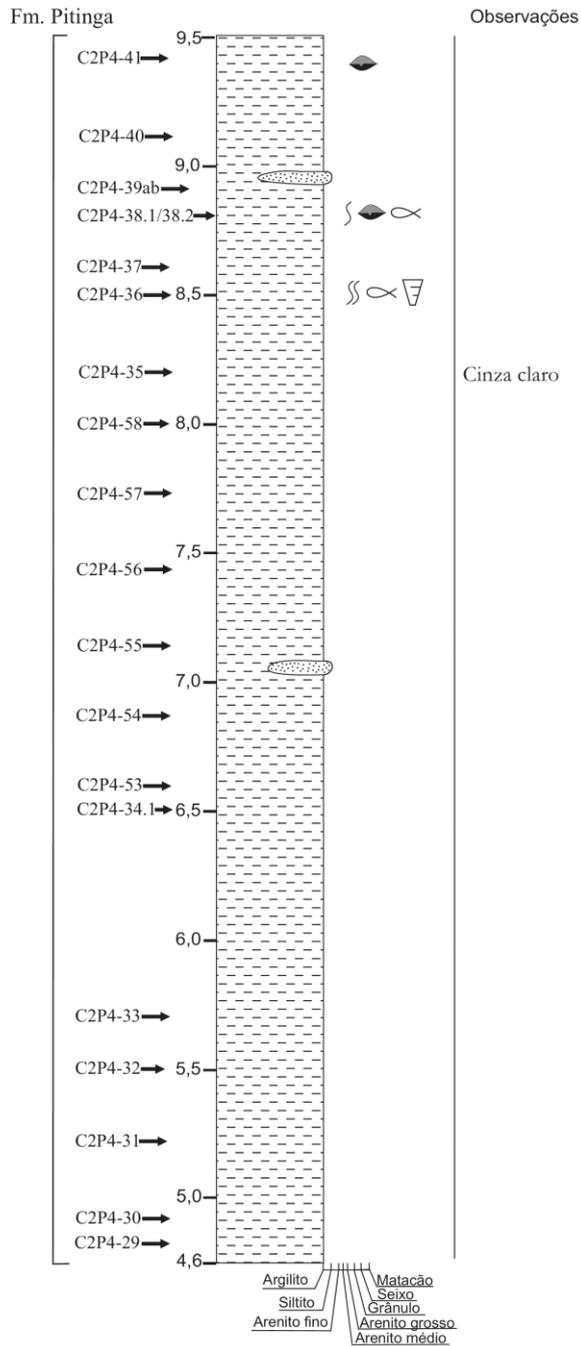
Localidade: Oficina Industrial, Sítio Belo Monte, Estado do Pará (Ponto C2P4, 0412436 m L, 9654117 m N, zona 22M, altitude 44 m, SAD 69) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

Características Gerais: Afloramento composto por argilito, siltito, intercalados por camadas de arenito fino. coloração cinza clara e grãos moderadamente selecionados.

Fm. Pitanga



PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO



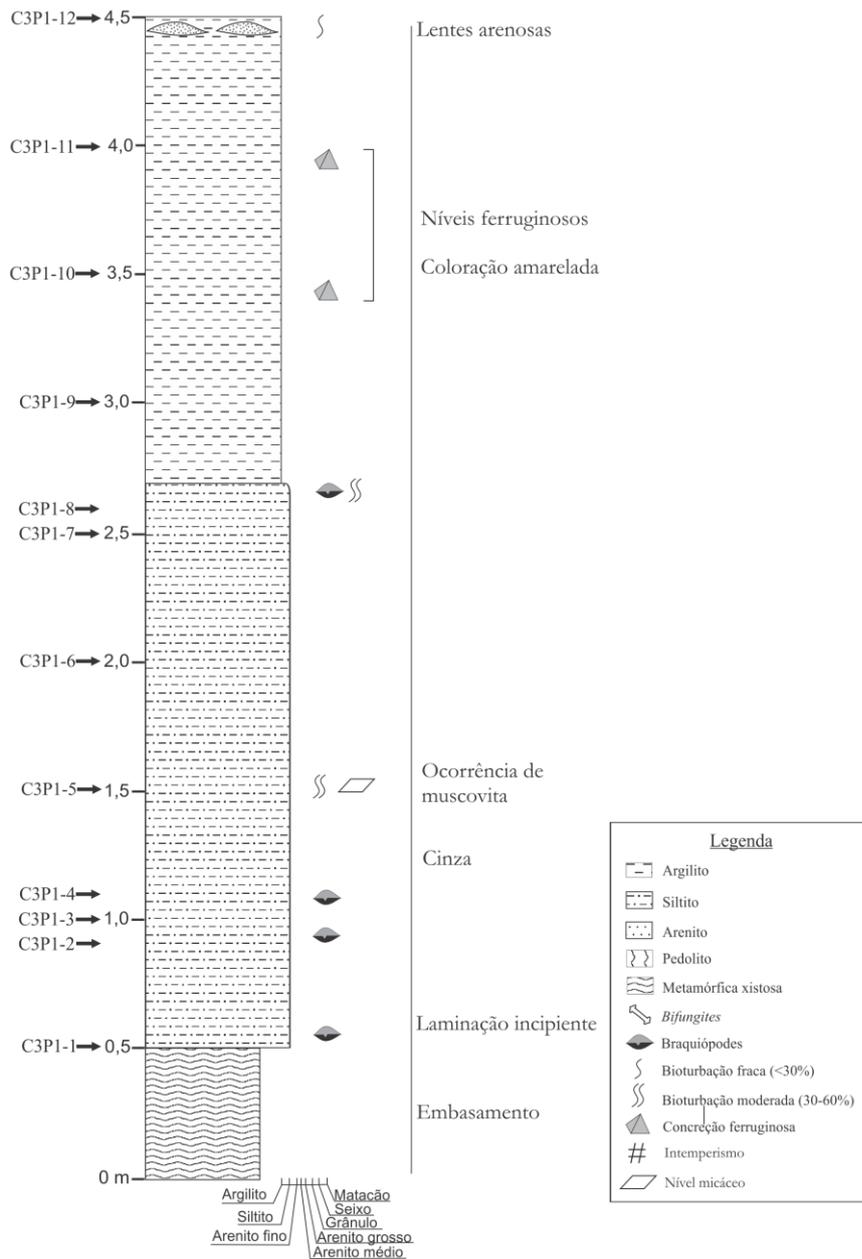
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Anexo 4 – Colunas estratigráficas da Campanha III

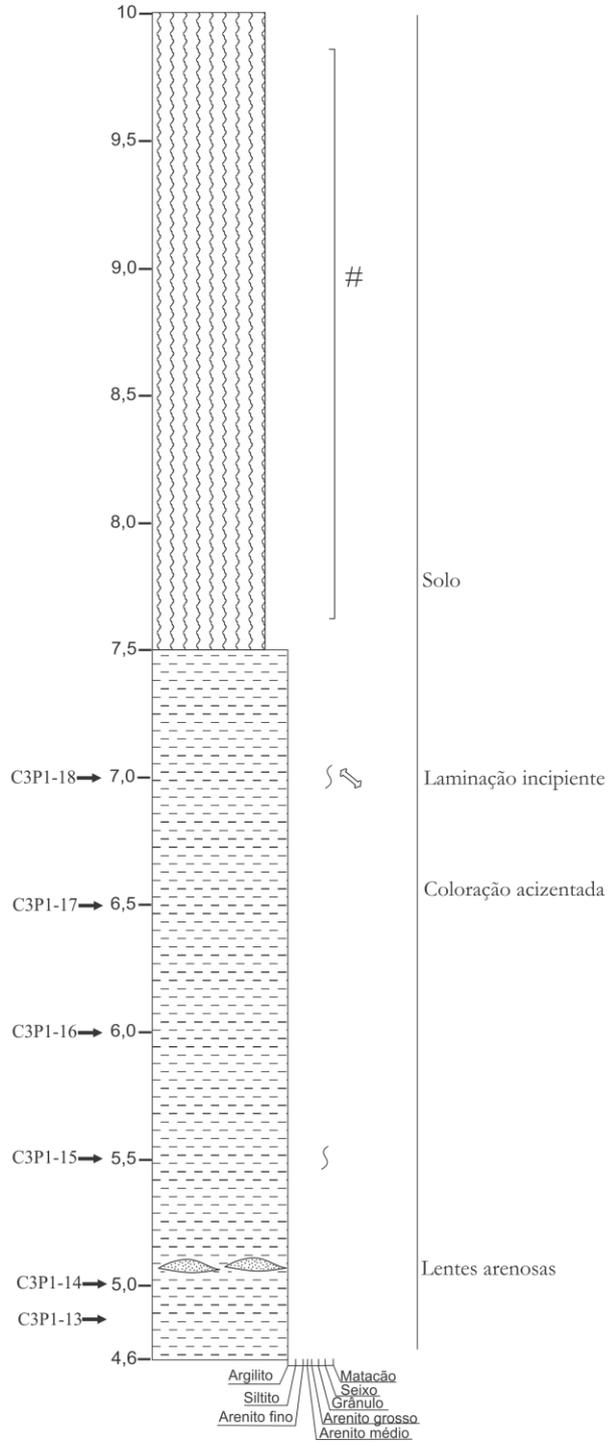
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Área de detonação, Sítio Belo Monte, Estado do Pará (Ponto C3P1, 0413823 m L, 9653975 m N, zona 22M, altitude 43 m, SAD 69) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

Características Gerais: Afloramento composto por argilito laminado, intercalado em alguns níveis por lentes arenosas, possui coloração cinza escuro na base gradando para cinza esbranquiçado no topo. Faz contato com o embasamento, sendo este nível abundante em fósseis.



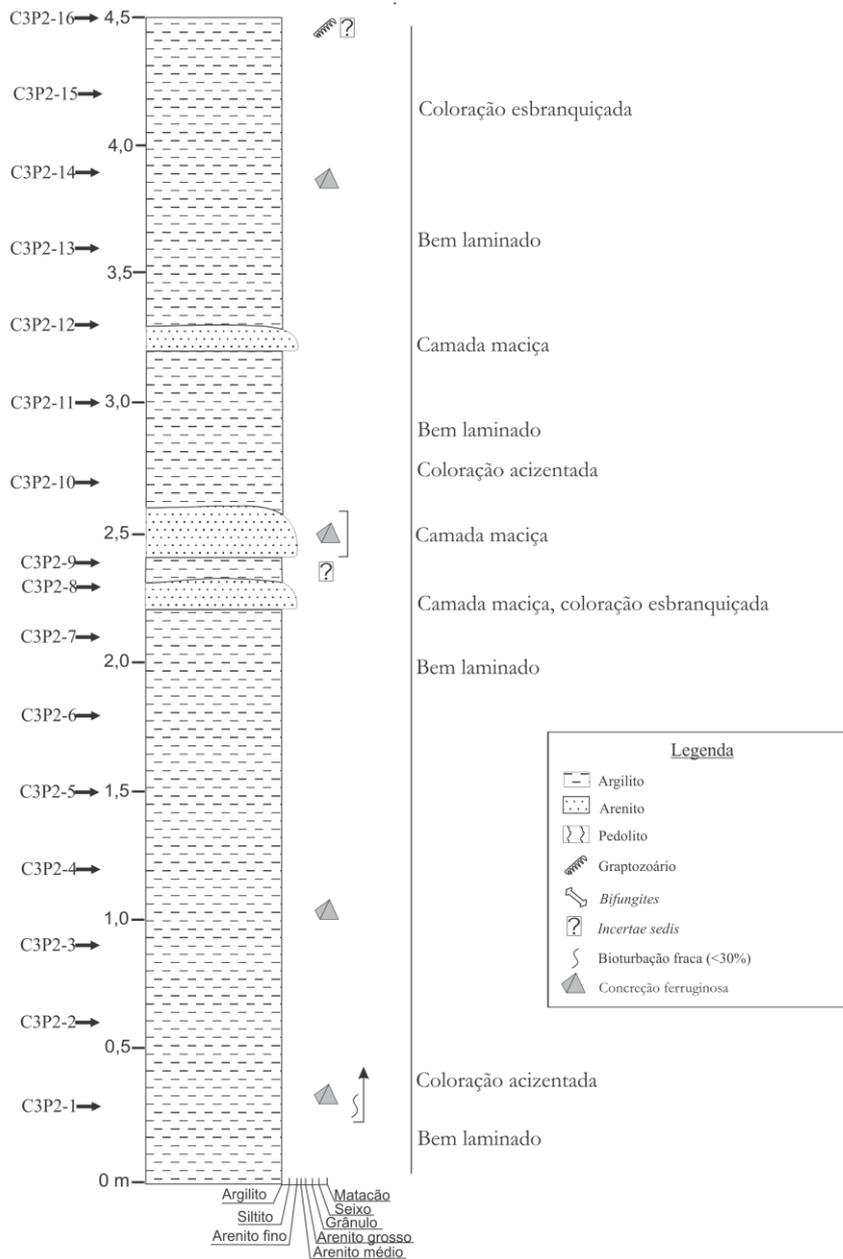
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO



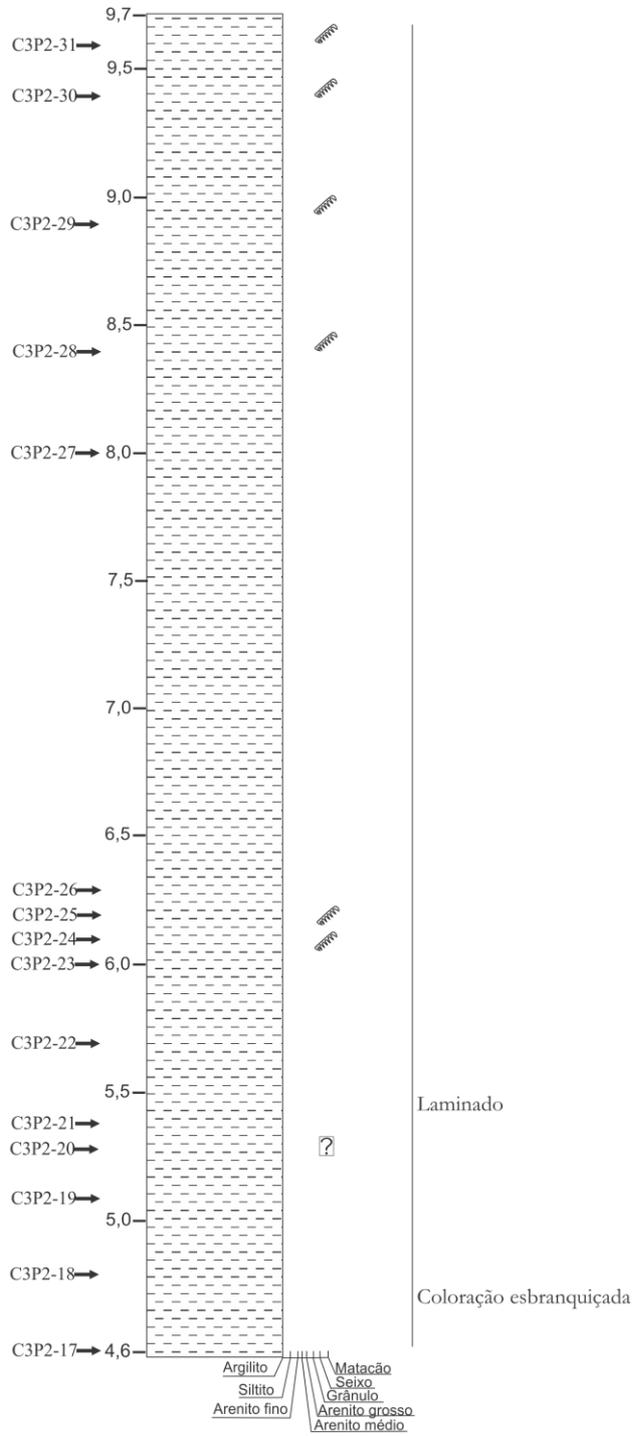
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Central de Britagem, Sítio Belo Monte, Estado do Pará (Ponto C3P2, 0414385 m L, 9654129 m N, zona 22M, altitude 51 m, SAD 69) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

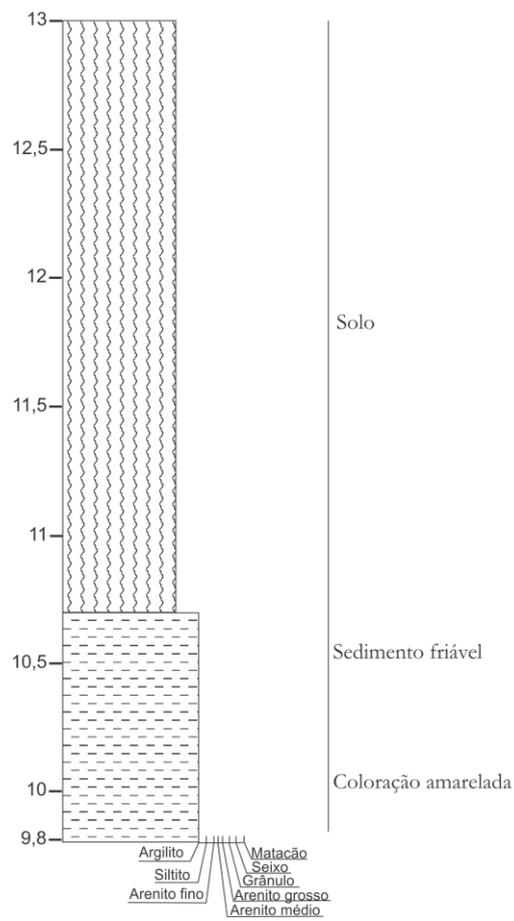
Características Gerais: Afloramento composto por argilito laminado de coloração esbranquiçada, laminado em alguns níveis e maciço em outros intercalados por camadas de arenito maciço, com grãos moderadamente a bem selecionados. O afloramento de forma geral não contém muita abundância em fósseis.



PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO



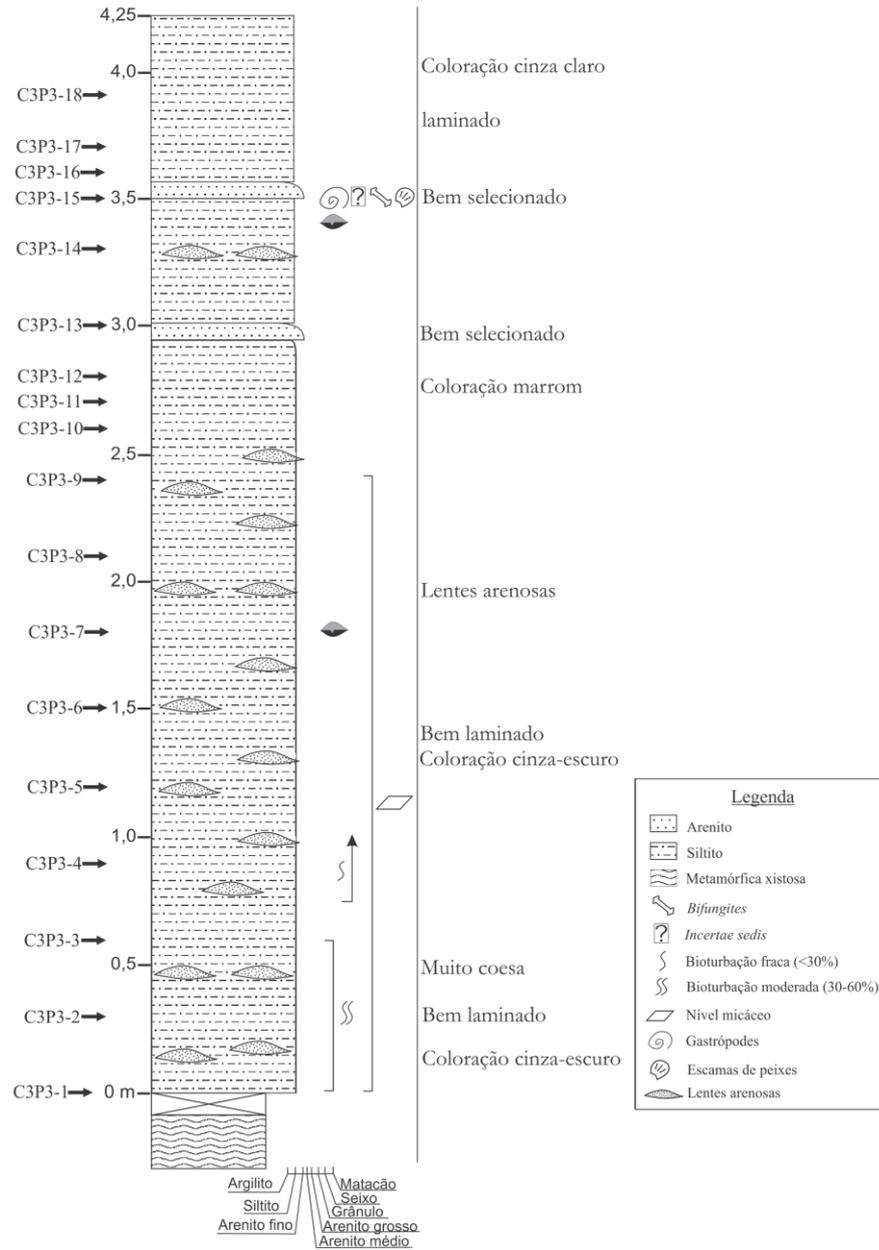
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO



PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Área do Transportador Correis TC-03, Sítio Belo Monte, (Ponto C3P3, 0414508 m L, 9654126 m N, zona 22M, altitude 51 m, SAD 69) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

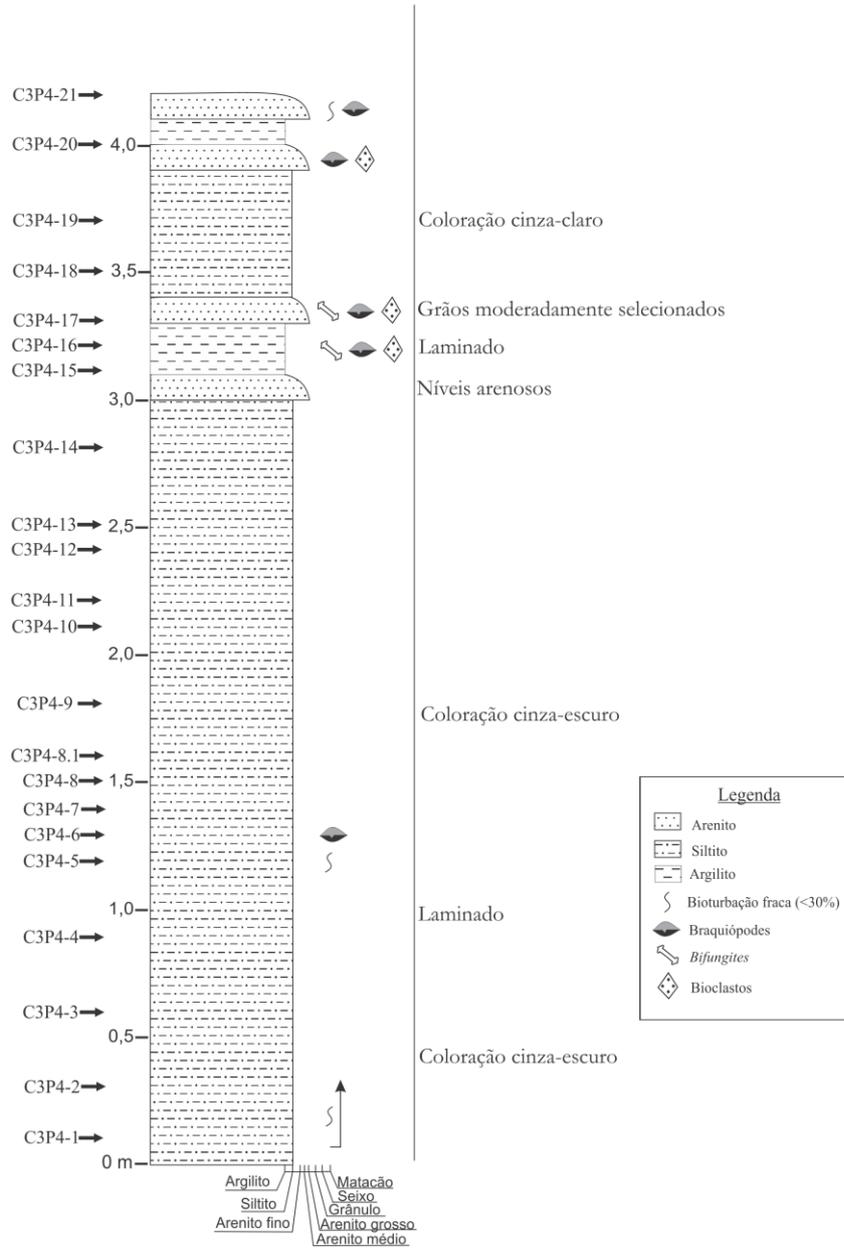
Características Gerais: Afloramento composto por siltito laminado, intercalado por lentes arenosas, a coloração de forma geral é cinza escuro na base gradando para cinza claro no topo. Faz contato com o embasamento.



PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Área do transportador correia TC- 03A, Sítio Belo Monte, (Ponto C3P4, 0414504 m L, 9654109 m N, zona 22M, altitude 49 m, SAD 69) Perfil realizado em afloramento em corte subvertical no canteiro de obras.

Características Gerais: Afloramento composto por siltito laminado, coloração cinza escuro, intercalado por níveis arenosos, com granulometria média, moderadamente selecionados. Onde essas camadas arenosas são as mais abundantes em conteúdo fóssil.



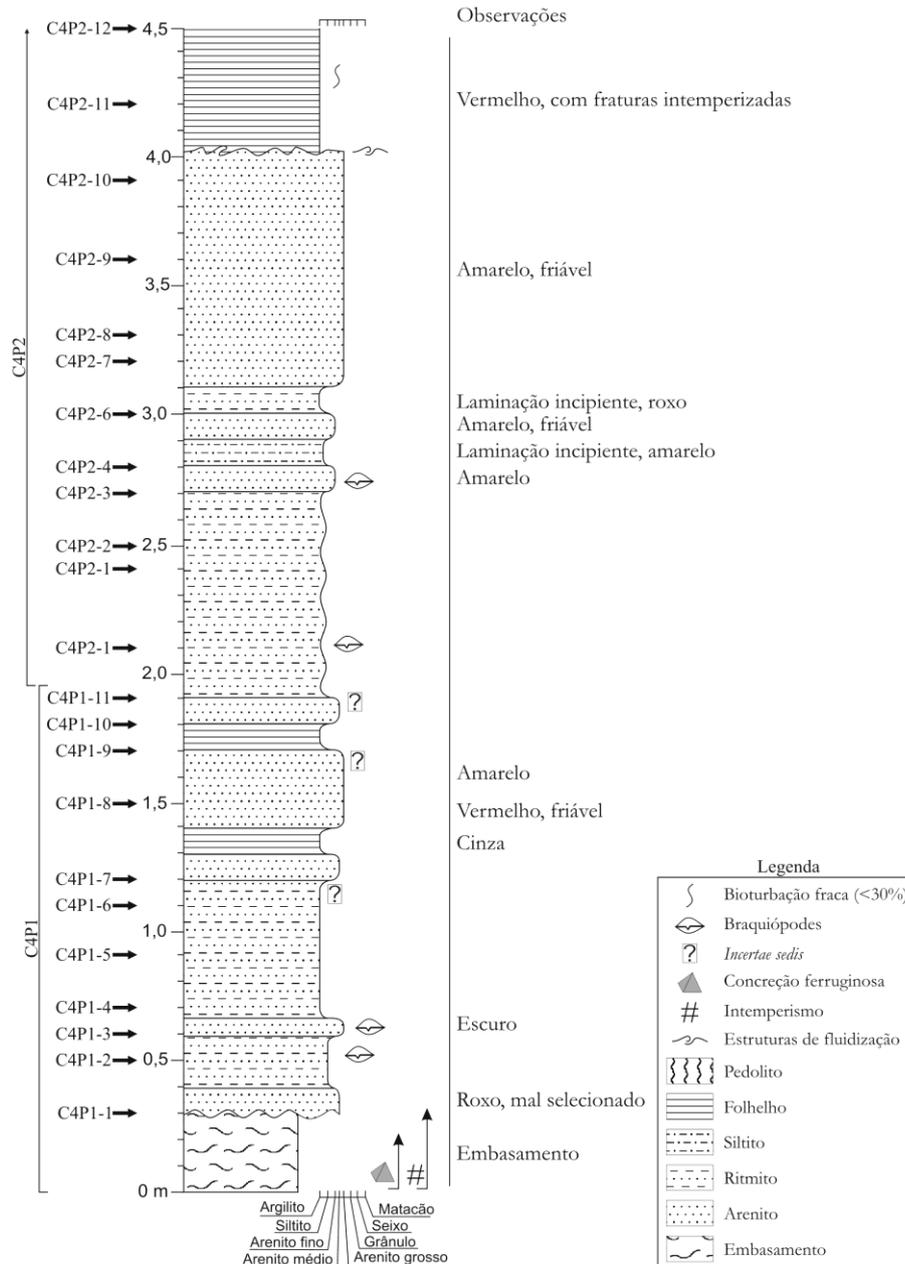
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Anexo 5 – Colunas estratigráficas da Campanha IV

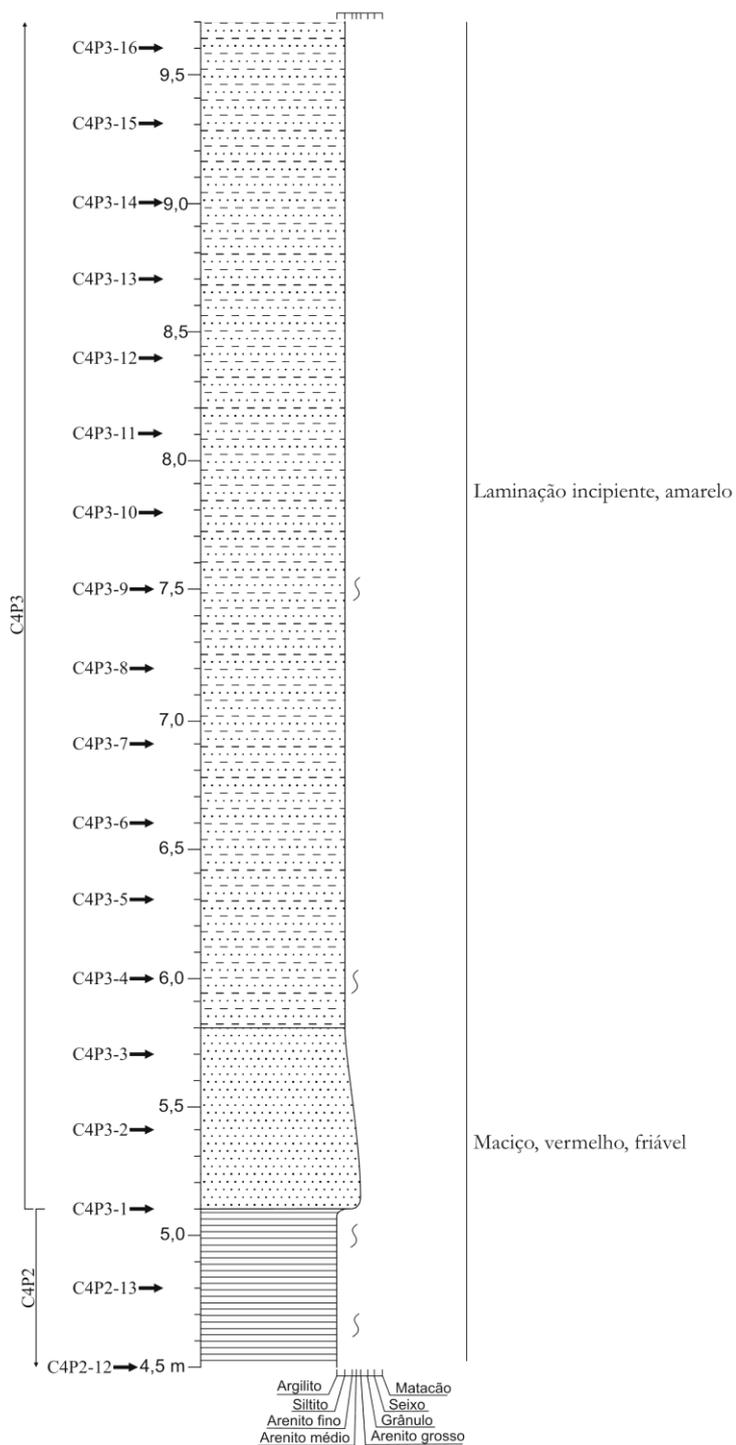
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Talude na margem oeste do Travessão 27. Pontos C4P1 (396142 m L, 9642322 m N, zona 22M, altitude 178 m, SAD 69), C4P2 (396152 m L, 9642328 m N, zona 22M altitude 174 m, SAD 69) e C4P3 (396191 m L, 9642357 m N, zona 22M, altitude 176 m, SAD 69).

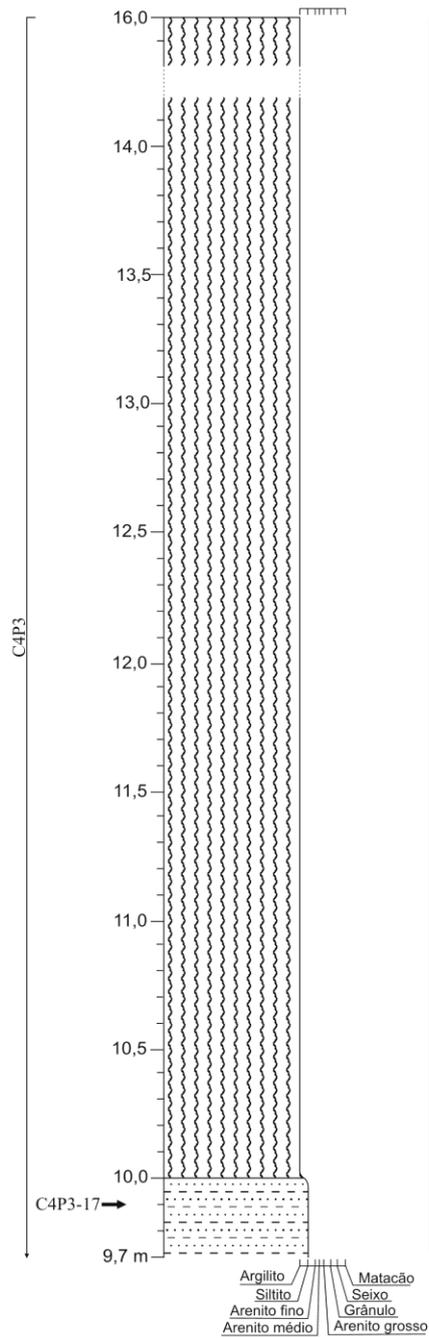
Características Gerais: Afloramento composto pela intercalação de ritmitos, arenitos e argilitos com fósseis de braquiópodes e bioturbação predominantes. A camada basal assenta-se diretamente sobre o embasamento, em discordância erosiva.



PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO



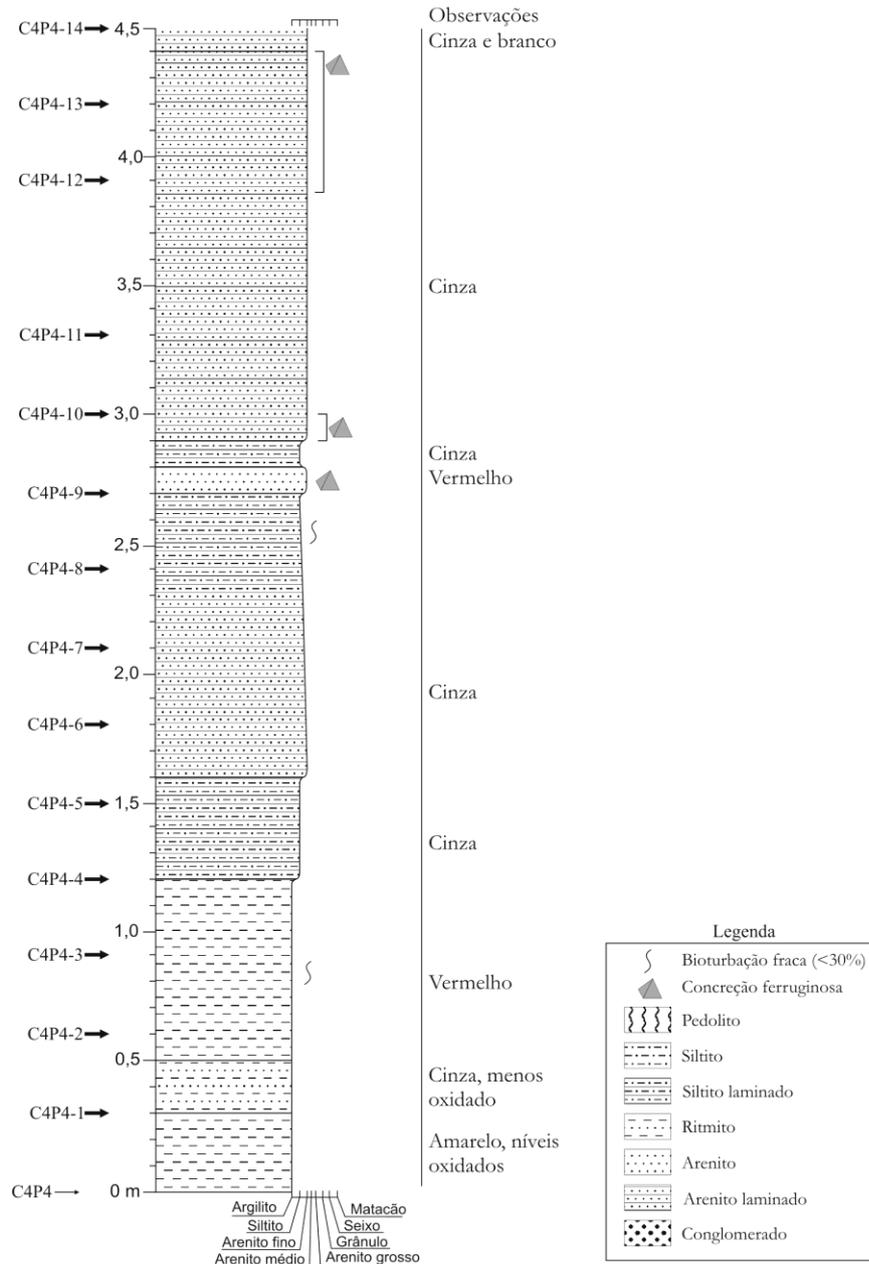
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO



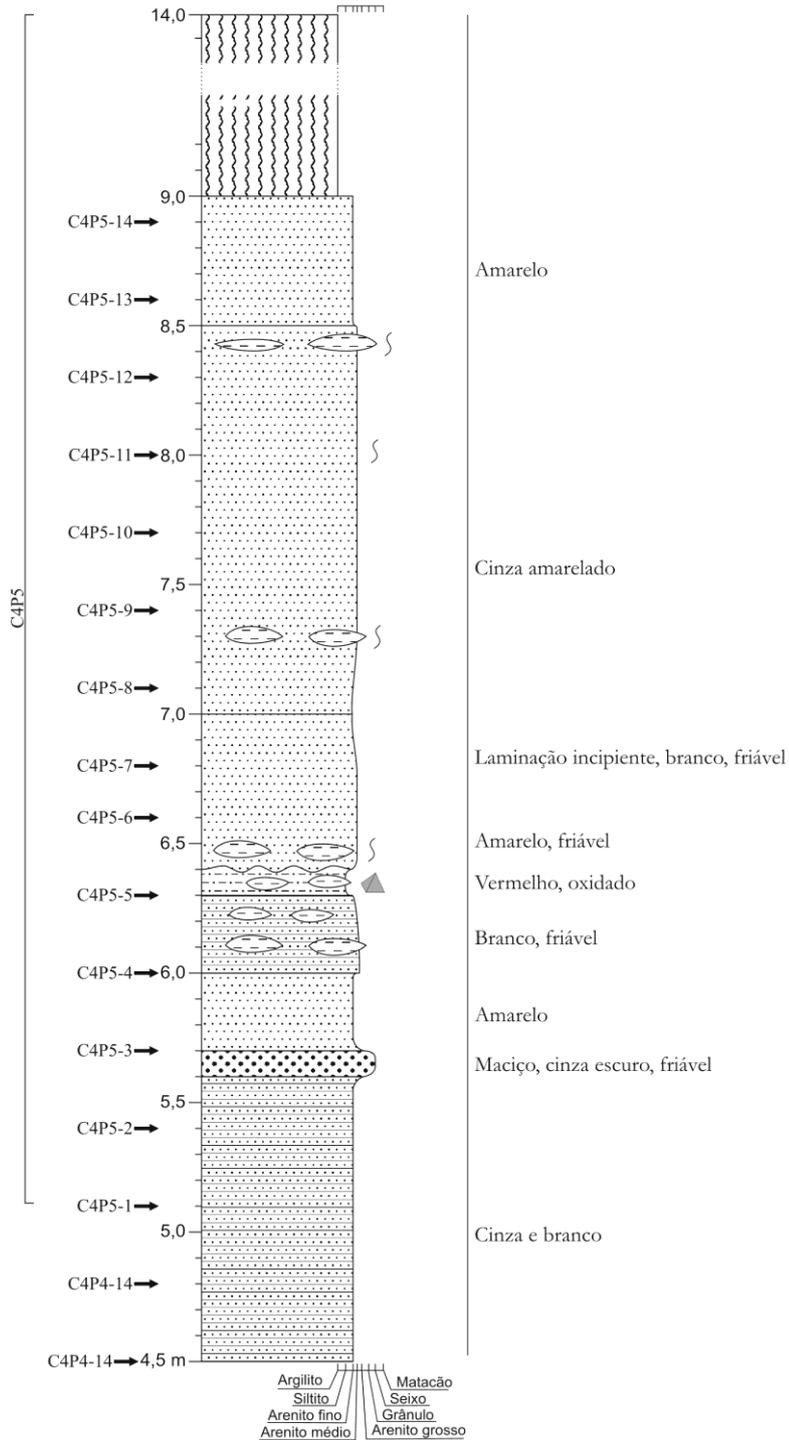
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Talude na margem oeste do Travessão 27. Pontos C4P4 (396325 m L, 9644757 m N, zona 22M altitude 148 m, SAD 69) e C4P5 (396321 m L, 9644826 m N, zona 22M, altitude 163 m, SAD 69)

Características Gerais: Sequência psamo-pelítica em erosão na margem oeste do Travessão 27. Conjunto com pouca ocorrência fossilífera.



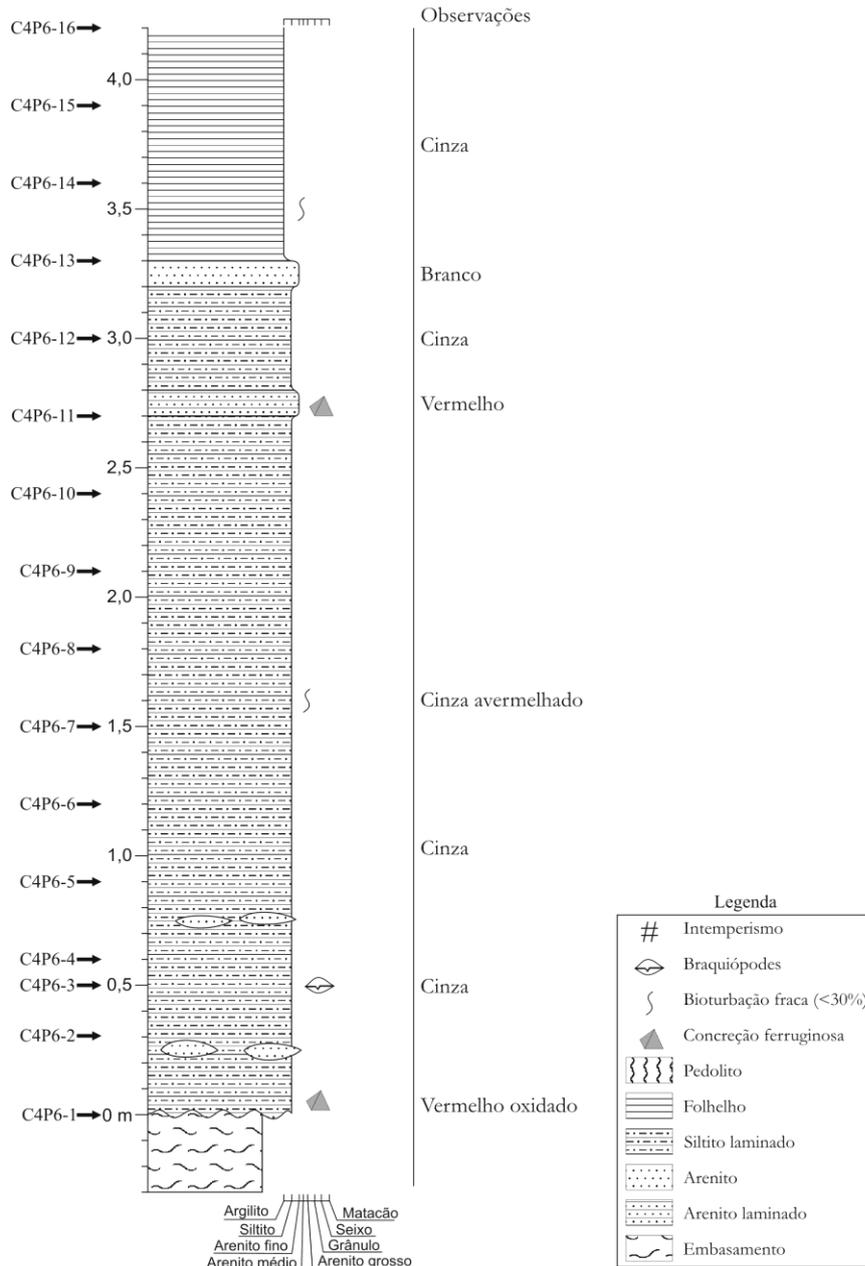
PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO



PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

Localidade: Corte de estrada no Sítio Belo Monte, acesso 52A. Ponto C4P6 (414787 m L, 9653899 m N, zona 22M, altitude 54 m, SAD 69).

Características Gerais: Camadas e siltito, arenito e argilito sobre embasamento, onduladas pela acomodação do sedimento. Os níveis basais, junto ao embasamento, mostram oxidação mais intensa.



PROGRAMA DE SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

