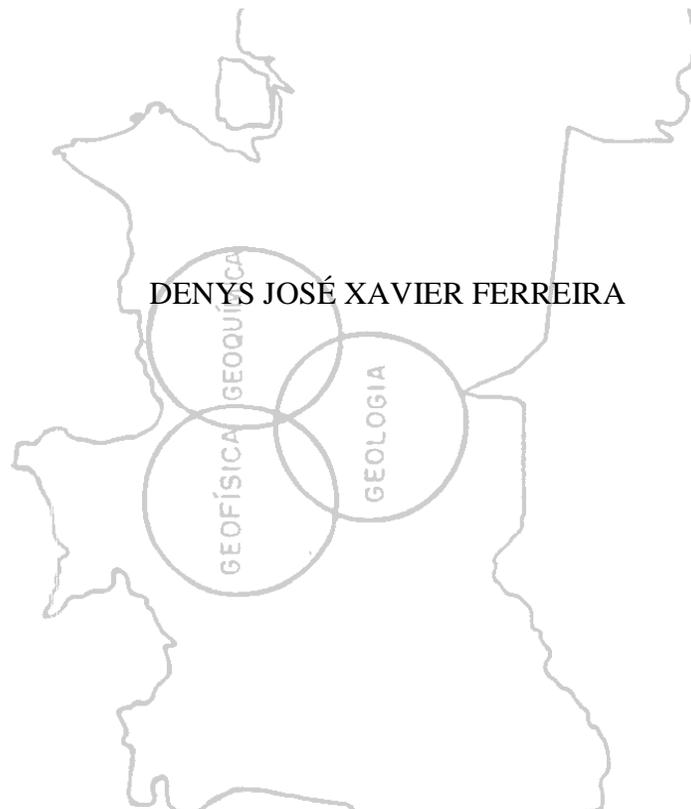




UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE TAFONÔMICA DE *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842) DOS DEPÓSITOS
PLEISTOCENOS, MUNICÍPIO DE ITAITUBA, PARÁ.**



DENYS JOSÉ XAVIER FERREIRA

Belém-Pa
AGOSTO/2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

Ferreira, Denys José Xavier

F383a Análise tafonômica de *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842)
dos depósitos Pleistocenos, município de Itaituba, Pará / Denys José
Xavier Ferreira. – 2008

x, 50 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-
Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

Orientador, Maria Inês Feijó Ramos; Co-orientador, Hilton
Túlio Costi.

1. Tafonomia. 2. *Eremotherium laurillardi*. 3. Pleistoceno. 4.
Itaituba (Pa). I.Universidade Federal do Pará II. Ramos, Maria Inês
Feijó, Orient. III. Costi, Hilton Túlio, Co-orient. IV.Título.

CDD 20º ed.:560.98115



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

ANÁLISE TAFÔNOMICA DE *EREMOTHERIUM LAURILLARDI*
(LUND, 1842) DOS DEPÓSITOS PLEISTOCENOS, MUNICÍPIO
DE ITAITUBA, PARÁ.

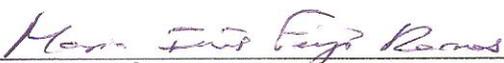
DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

DENYS JOSÉ XAVIER FERREIRA

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

Data de Aprovação: **18/08/2008**

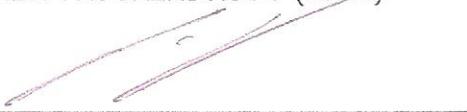
Comitê de Dissertação:



Dra. MARIA INÊS F. RAMOS (ORIENTADORA-UFPA)



Dr. WERNER TRUCKENDRODT (UFPA)



Dr. MICHAEL HOLZ (UFRGS)

Belém

Dedico esta dissertação aos meus pais, avó, irmãos e sobrinho pelo amor incondicional.

A Charles Darwin – *In Memoriam*.

A Georges Cuvier – *In Memoriam*.

Agradecimentos

A minha orientadora Dr. Maria Inês Feijó Ramos, pela confiança, incentivo, paciência e pelos “puxões de orelha” em todos os momentos da execução desta dissertação.

Ao meu co-orientador Dr. Hilton Tulio Costi, pela prontidão em me auxiliar no que eu necessitasse, pelos conhecimentos repassados a mim, não somente sobre Microscopia Eletrônica de Varredura, mas de todo um funcionamento laboratorial de microscopia.

À Msc. Heloísa Maria Moraes dos Santos, pelos conselhos, preocupação e companheirismo a mim concedidos.

À Msc. Sue Anne Regina Ferreira da Costa por estar sempre do meu lado nos momentos em que necessitei de “muletas” para continuar e finalizar minha dissertação. A ti, Sue, minha eterna gratidão!

À Samantha Cecim, pelas conversas e apoio dado, juntamente com a Sue.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), respectivamente, pela estrutura oferecida e funcionários qualificados e pela bolsa de estudo oferecida para desenvolvimento da minha pesquisa.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), pela estrutura oferecida e funcionários, família esta que me ajuda há 4 anos!

Ao Dr. Emídio Santos e Anderson Mendes pela ajuda imprescindível na confecção das lâminas petrográficas e auxílio às minhas dúvidas.

Aos meus colegas de trabalho do departamento da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (CCTE), pelo apoio dado.

Aos companheiros da Geologia Histórica do MPEG: Sue Anne Costa, Samantha Oliveira, Sauri Machado, Emerson Correa, Livia Guimarães, Andressa Nogueira, Heloísa Maria Santos, Maria Inês Ramos e Christóvam Pamplona Neto.

Ao Prof. Dr. Vladimir de Araújo Távora, pelos imprescindíveis esclarecimentos sobre Tafonomia; e pela disponibilidade e prontidão que dedicou a mim!

A Prof^ª. Dr^ª. Vânia Barriga, pelo profissionalismo, atenção e dedicação concedida por ela a minha pessoa! Obrigado mesmo!

Ao Prof. Dr. Rômulo Angélica, pela ajuda e esclarecimentos sobre Difração de Raios – X e pela paciência que teve comigo durante todo o curso.

Ao Prof. Dr. Werner Truckenbrodt, pelos ensinamentos em sedimentologia e por ter me aceito como aluno em sua turma de graduação.

A todos os funcionários do laboratório de Difração de Raios – X pelo auxílio na execução das análises.

À Milena Andrade pelas conversas, pela força em que me dava tanto na vida acadêmica quanto na pessoal e pela amizade que só tem crescido! Obrigado!

A TODOS meus companheiros de mestrado e doutorado: Milena Rodrigues, Suzan Pequeno, Tasso Guimarães, Cristiane, Etiana Oliveira, Patrícia Paranhos, Gheisa Oliveira, Íris Bandeira, Nívia Costa, Juliana Guerreiro, Ponciana Freire!

Aos meus professores pelo conhecimento transmitido: Werner Truckenbrodt, Maamar El-Robrini, Rômulo Angélica, Paul Baker, Catherine Rigsby, Mário Caputo, Roberto Vizeu, Hilton Costi, Cláudio Lamarão e Maria Inês Ramos.

Ao Michael Holz e Richard Fariña pelo auxílio, respectivamente, através de sugestões na dissertação e por disponibilização de artigos.

A minha família pelo apoio incondicional, amor e compreensão comigo em todos os momentos da minha vida. Minha família. Meu Alicerce!

À Giovana Buna, pelo apoio e compreensão.

“Talvez a morte tenha mais segredos para nos revelar que a vida”.
Gustave Flaubert (escritor francês)

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUÇÃO	3
1.1 A ESPÉCIE <i>Eremotherium laurillardi</i> (Lund, 1842).....	7
1.1.1 MORFOLOGIA DOS OSSOS E DENTES DE <i>Eremotherium laurillardi</i>	12
2 OBJETIVO GERAL	13
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 ÁREA DE ESTUDO	14
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	14
3.2 CONTEXTO GEOLÓGICO	15
4 MATERIAIS E MÉTODOS	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1 BIOESTRATINOMIA	23
5.1.1 Composição taxonômica	23
5.1.2 Morte	24
5.1.3 Necrólise	25
5.1.4 Desarticulação, Fragmentação, Abrasão e Bioerosão	27
5.1.5 Transporte	28
5.1.6 Feições sedimentológicas	28
5.2 FOSSILDIAGÊNESE	32
5.2.1 Costela	33

5.2.2	Dente	40
5.2.3	Vértebra	44
6	CONCLUSÕES	45
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Reconstrução proposta da paisagem para a área de Itaituba como indicado para as unidades deposicionais descritas por Rossetti *et al.*, 2004 (modificado de Rossetti *et al.*, 2004)..... 6
- Figura 2:** Mapa atualizado mostrando as localidades com registro de restos de *Eremotherium laurillardi*. Brasil: 1, Rio Grande do Sul; 2, Paraná; 3, Mato Grosso do Sul; 4, Rio de Janeiro; 5, Espírito Santo; 6, Minas Gerais; 7, Goiás; 8, Bahia; 9, Sergipe; 10, Pernambuco; 11, Paraíba; 12, Rio Grande do Norte; 13, Ceará; 14, Piauí; 15, Pará; 16, Acre. Peru: 17, Piura. Equador: 18, Guayas. Panamá: 19, Herrera. Colômbia: 20, Huila; 21, Cundinamarca; 22, Norte de Santander. Venezuela: 23, Lara; 24, Falcon. El Salvador: 25, San Miguel. Honduras: 26, Copan. México: 27, Tabasco; 28, Jalisco; 29, Guanajuato. U.S.A.: 30, Texas; 31, Flórida; 32, Georgia; 33, Carolina do Sul (modificado de Cartelle & Iuliis, 1995)..... 9
- Figura 3:** Reconstituição artística da espécie *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842). (Segundo Cartelle, 1994). 11
- Figura 4:** Localização da Chácara Reunidas no Município de Itaituba, norte do Brasil. Fonte: Unidade de Análises Espaciais (UAS), MPEG. 14
- Figura 5:** Foto do pacote sedimentar onde foi encontrado o material de *Eremotherium laurillardi*. Na imagem há as indicações das posições dos níveis descritos por Rossetti *et al.*, 2004. (Foto: Heloísa Moraes-Santos)..... 16
- Figura 6:** Perfil esquemático do pacote sedimentar, onde foram encontrados os restos esqueléticos de *Eremotherium laurillardi*. (Modificado de Rossetti *et al.*, 2004). 17
- Figura 7:** Ossos fósseis desarticulados da preguiça terrícola *Eremotherium laurillardi*, encontrados na Chácara “Reunidas”, Município de Itaituba, Pará (Foto: Heloísa Moraes-Santos). 18
- Figura 8:** Dente de *E.laurillardi*. A) vista lateral. B) corte transversal. Escala: 5 cm. Foto: Denys Ferreira. 20
- Figura 10:** Vértebra de *E. laurillardi*. A) Vista lateral direita e; B) Vista frontal. Escala: 5 cm. Foto: Denys Ferreira. 20
- Figura 9:** Costela fragmentada de *E.laurillardi*. Escala: 5 cm. Foto: Denys Ferreira..... 21
- Figura 14:** Representação esquemática dos caminhos e processos da sulfatoredução e formação da pirita (retirado de Canfield & Raiswell, 1991). 26

Figura 11: Unidade II - empacotamento frouxo dos bioclastos, pobremente selecionados e estando a concentração suportada pela matriz lamosa.	30
Figura 12: Concentração fossilífera suportada pela matriz, com os bioclastos exibindo pouco contato entre si.....	30
Figura 13: Biofábrica (Kidwell & Bosence, 1991) da tafocenose mostrando o arranjo tridimensional dos fósseis na matriz. No caso, a maioria dos bioclastos está disposta horizontalmente em relação ao substrato, e concordante com o plano de acamamento. Alguns se encontram levemente inclinados que podem ter sido deslocados por simples acomodação do material acumulado na depressão.....	31
Figura 15: Corte transversal de tecido ósseo compacto da costela. Sob microscopia óptica é possível visualizar a matriz óssea bem preservada, assim como os sistemas de Havers com seus canais (A) e lamelas concêntricas (B). Ampliação 25X.....	33
Figura 16: Corte transversal de tecido ósseo compacto da costela. Detalhe de um sistema de Havers com seu canal (A), lamelas concêntricas (B) e osteócitos (C). Ampliação 100X. ...	34
Figura 17: Corte transversal do tecido ósseo esponjoso da costela visualizado sob microscopia óptica, evidenciando as trabéculas que se apresentam bem preservadas. Ampliação 25X...	34
Figura 18: Corte transversal de tecido ósseo compacto da costela; (A) matriz óssea bem preservada sem alteração da composição química original (fosfato de cálcio) e (B) sistemas de Havers com seus canais levemente preenchidos por Pirita (Py) (Imagem obtida através de sinais de elétrons retroespalhados).	35
Figura 19: Corte transversal de tecido ósseo esponjoso da costela, evidenciando as trabéculas bem conservadas levemente preenchidas por Pirita (Py) (Imagem obtida através de sinais de elétrons retroespalhados).	36
Figura 20: Imagem de MEV (através de sinais de elétrons secundários); (A) fragmento longitudinal de costela apresentando pirita em suas cavidades; e (B) detalhe de um agregado de pirita, com textura framboidal.	37
Figura 21: Espectro obtido com de MEV/EDS da matriz óssea da costela mostrando picos de Ca, P, e O de apatita. Há também, em pequenas quantidades, Mg, K e Na, que, juntamente com o fosfato de cálcio, mostram a boa conservação óssea.....	38

Figura 22: Espectro obtido com MEV/EDS dos canais de Havers no tecido ósseo denso da costela mostrando picos de S e Fe indicando a presença de sulfeto de ferro (pirita) nesses canais.	39
Figura 24: Cortes transversais do dente em lâmina petrográfica evidenciando a boa preservação da dentina com seus túbulos dentinários bem formados e bom zoneamento, sendo: A) Imagem da dentina, visualizada sob microscopia óptica. Ampliação 25 X; e B) Imagem de MEV gerada por sinais de elétrons retroespalhados.....	41
Figura 25: Corte transversal da região mais interna da dentina. A imagem de MEV gerada por sinais de elétrons retroespalhados mostra túbulos dentinários com boa conservação, sendo que vários destes túbulos estão preenchidos por pirita.....	42
Figura 26: Espectro obtido com MEV/EDS da dentina mostrando picos de Ca, P e O, indicando a composição química original dentária.	42
Figura 27: Espectro obtido com MEV/EDS da dentina mostrando picos de Fe e S, indicando a presença de sulfeto de ferro em túbulos dentinários.	43

RESUMO

O presente trabalho trata do estudo tafonômico da preguiça *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842) encontrada em um sítio deposicional pleistoceno no município de Itaituba, Pará. O material estudado compreende, aproximadamente, oitocentas peças ósseas fragmentadas e não fragmentadas (sin-crânio e pós-crânio) da preguiça terrícola depositadas no acervo paleontológico do Museu Paraense Emílio Goeldi. A tafonomia é o ramo da paleontologia que se devota, primariamente, ao estudo das condições e dos processos que propiciam a preservação de restos de organismos, no registro litológico, incluindo processos diagenéticos, e como eles afetam a informação no registro fóssilífero. Resumindo, a tafonomia é o estudo da história *post mortem* dos fósseis e compreende duas fases distintas: a bioestratinomia e a diagênese. Na fase de bioestratinomia foram analisadas tanto as feições sedimentológicas e estratigráficas quanto as bioestratinômicas. As primeiras revelaram que a forma e o tamanho desses bioclastos estavam fracamente empacotados, apresentando várias classes de tamanhos, indicando assim, deposição *in situ*. As feições bioestratinômicas revelaram que a composição taxonômica da concentração fóssilífera é monotípica e monoespecífica, com morte catastrófica (não-seletiva) por soterramento brusco. O soterramento ocorreu antes da necrólise e os vestígios de fragmentação, abrasão e desgaste por transportes dos restos esqueléticos são ínfimos e/ou inexistentes. Feições de bioerosão, também, não foram identificadas. A não preservação de partes moles nas carcaças revela que a necrólise ocorreu em meio aeróbio. Entretanto, a presença de pirita, de forma parcial e pontuada nos forâmens e canais da costela e dente analisado, revelam que possivelmente tenha se estabelecido um micro ambiente redutor (anaeróbio) ao redor das carcaças. Os restos ósseos mostram suas estruturas morfológicas tanto externas quanto internas conservados, sugerindo assim, a não exposição destes bioclastos ao ciclo exógeno, devido ao rápido soterramento. No estudo fossildiagenético, as análises realizadas em amostras unitárias de costela, dente e vértebra, as quais foram realizadas sob microscopias óptica e eletrônica de varredura, revelaram que as estruturas ósseas e dentárias, como canais de Havers e túbulos dentinários, respectivamente, mantiveram-se bem preservadas. Análises através de detector de espectrometria por energia dispersiva (EDS - Energy Dispersive Spectroscopy) nessas amostras permitiram verificar que a composição química original dos mesmos permanece inalterada, mantendo-se com os compostos originais principais, como o Ca, P, além de Mg, K e Na.

Palavras-chave: Tafonomia. *Eremotherium laurillardi*. Pleistoceno. Itaituba (Pa).

ABSTRACT

The present work deals with the taphonomic study of *Eremotherium laurillardii* (Lund, 1842), a ground sloth found within a Pleistocene depositional site in Itaituba town, State of Pará. The samples comprise approximately eight hundred skeletal fragments and complete pieces of this specie deposited in the Paleontological Collection of Museu Paraense Emílio Goeldi. Taphonomy is the *post mortem* history of fossils, the study of processes that influence preservation of potential fossils. It consists of two major aspects: biostratinomy, the study of processes affecting organism remains prior to burial and fossil diagenesis affecting potential fossils after burial. The biostratinomic study showed that the skeletal remains had a loose packing and were poorly sorted, indicating deposition *in situ*. Moreover, the biostratinomic study revealed that the taxonomic composition of the skeletal fragments is monotypical and monospecific related to catastrophic death (non-selective) by abrupt burial which occurred before necrolysis. Traces of abrasion and reworking during transport of the skeletal remains are insignificant and/or non-existent. Bioerosion facies have not been identified too. The non-preservation of soft parts shows that the necrolysis occurred in an aerobic environment. However, the partial presence of pyrite in the foramina and channels of ribs and teeth analyzed point to localized reducing micro environment. The skeletal remains show their morphological structures, both external and internal, well preserved suggesting that they were not exposed to the exogenous cycle, due to the quick burial. The fossildiagenetic study, conducted on samples of ribs, teeth and vertebrae, using both optical and scanning electron microscopy, revealed that both the bone and dental structures, known as Havers` channels and dentinal tubules, respectively, remained well – preserved. Additionally EDS Analysis (Energy Dispersive Spectroscopy) carried out on these components showed a nearly unaltered chemical composition relating to Ca, P, Mg, K and Na contents.

Key-words: Taphonomy. *Eremotherium laurillardii*. Pleistocene. Itaituba (Pa).

1 INTRODUÇÃO

A tafonomia é a ciência das “leis de soterramento”, do grego “*taphos*” + *nomos* (Martin, 1999), sendo o ramo da paleontologia que se devota, primariamente, ao estudo das condições e dos processos que propiciam a preservação de restos de organismos (Mendes, 1988). Segundo Holz & Barberena (1989), a tafonomia trata dos processos de incorporação de restos orgânicos no registro litológico, incluindo processos diagenéticos, e como eles afetam a informação no registro fóssilífero. De acordo com Martin (1999), é o estudo da transição de restos orgânicos da biosfera para dentro da litosfera ou os processos de “fossilização” da morte à diagênese. Em suma, tafonomia é o estudo da história *post mortem* dos organismos e como eles se preservam como fósseis (Dodd & Stanton, 1990).

A tafonomia compreende duas fases distintas: a bioestratinomia e a diagênese dos fósseis. A bioestratinomia engloba desde a morte de um determinado organismo até seu soterramento; a morte dos organismos, geralmente, é devido a diversos fatores, como idade avançada, doença, falta de alimentos, predação, luta competitiva, entre outros, mas cabe salientar que ocorre também a chamada morte catastrófica, que consiste em uma mortandade em massa em um curto intervalo de tempo; esta última propicia farto material aos processos de fossilização e suas causas podem ser por inundações, erupções vulcânicas, tempestades de areia ou neve, aumento brusco da taxa de sedimentação, entre outros (Mendes, 1988). Os restos preservados, ou seja, as partes duras dos organismos, como por exemplo carapaças, ossos e dentes funcionam como partículas sedimentares e, como tais, sofrem os mesmos mecanismos de transporte e deposição que os sedimentos (Bertoni-Machado & Holz, 2006).

A fase da diagênese dos fósseis é um processo tafonômico que engloba transformações físico-químicas que, normalmente, alteram a composição dos restos esqueléticos dos organismos após o seu soterramento (Holz & Simões, 2002), ou seja, abrange todos os eventos pós-deposicionais ligados a preservação dos restos de organismos (Mendes, 1988); estas modificações estão relacionadas a variáveis climáticas, hidrológicas, geoquímicas e biológicas do ambiente deposicional, além da granulometria e da porosidade dos sedimentos (Bolzon *et al.*, 2004). Devemos assinalar, contudo, que as partes duras podem preservar-se sem alteração da sua composição mineral ou da sua microestrutura interna inorgânica, passando, assim, incólumes, à diagênese e aos processos pós-diagenéticos (Mendes, 1988).

De acordo com Holz & Soares (1995), “a tafonomia vem crescendo significativamente, nas últimas décadas, no cenário científico mundial. Hoje, encontra-se em pleno desenvolvimento, constituindo-se parte integrante de um número crescente de pesquisas em paleontologia”.

O estudo tafonômico é um tanto recente e é considerado hoje uma pedra fundamental da paleoecologia, e tem sido, no Brasil, mais amplamente difundido a partir da década de 90, principalmente com invertebrados (Holz & Soares, 1995; Simões & Holz, 2004; Távora & Miranda, 2004; Távora *et al.*, 2002, 2005; Rodrigues *et al.*, 2003). Poucos são os estudos tafonômicos em vertebrados, podendo-se destacar os de Holz & Schultz (1998), que trata de estudos tafonômicos em herpetofauna da Bacia do Paraná (Triássico); o trabalho de Holz & Souto-Ribeiro (2000), que pesquisaram a diferença tafonômica nos fósseis das rochas do Triássico do sul do Brasil, da Formação Santa Maria e da Formação Sanga do Cabral; o de Reichel *et al.* (2005), os quais estudaram os padrões diagenéticos de cinodontes de afloramentos triássicos da Formação Santa Maria, Rio Grande do Sul; e o de Bertini *et al.* (2006) referente à tafonomia e história deposicional de testudines provenientes do Cretáceo Superior da Formação Adamantina, Bacia Bauru. No Cenozóico, menos ainda se conhece na literatura sobre estudos de cunho tafonômico em vertebrados, mas um importante trabalho foi realizado por Costa (2002), cujo estudo baseia-se na análise mineralógica em ossos fósseis do Mioceno tardio e Plioceno da Bacia do Acre, visando o conhecimento da evolução mineralógica e geoquímica, contribuindo para estudos paleoecológicos da paisagem do Quaternário Superior do Acre.

Ferreira (2004) deu continuidade aos estudos de Rossetti *et al.* (2004) com restos esqueléticos de *Eremotherium laurillardi* encontrados em depósitos pleistocenos em Itaituba. Foram identificados cinco indivíduos a partir de crânios incompletos e de astrágalos desta espécie; quanto ao sexo foram identificados duas fêmeas, um macho e uma provável fêmea; e quanto aos estágios ontogenéticos: um indivíduo adulto, três jovens (uma fêmea, um macho e uma provável fêmea) e, ainda, um neonato.

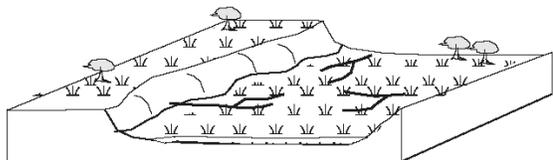
Posteriormente, Toledo *et al.* (2005) realizaram estudo específico sobre os estágios ontogenéticos do material ósseo de *Eremotherium laurillardi*, identificando quatro estágios dos seis descritos por Toledo (1989): sendo o espécime senil pertencente a um indivíduo no Estágio V, um exemplar de um jovem como sendo um indivíduo no Estágio III, um outro indivíduo jovem sugerindo transição dos Estágios II e III e o indivíduo neonato sugerindo Estágio 0.

Os depósitos sedimentares, onde os fósseis de *Eremotherium laurillardi* foram encontrados, estavam depositados em um sítio pleistoceno que se formou pela abertura de uma

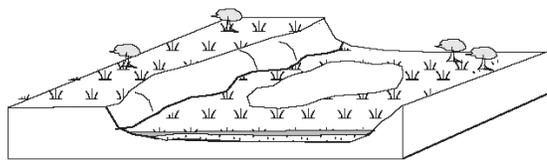
fenda gerada nas rochas carbonáticas paleozóicas da Formação Itaituba, por reativação de uma falha tectônica. Estes depósitos fossilíferos podem ser subdivididos em três unidades estratigráficas (I, II e III) consecutivas.

Segundo Rossetti *et al.* (2004), análises realizadas pelo método do Carbono 14 nos fósseis de *Eremotherium laurillardi*, presentes na Unidade II, permitiram datá-los em 11.340 anos AP. Estes estudos permitiram ainda concluir que na Amazônia Central houve uma mudança climática gradual a partir dos 15.290 anos AP a 4.620 anos AP, com uma substituição de uma savana seca (à 15.290 anos A.P. – Unidade III) por uma arboreal (11.340 anos A.P., confirmada pela indicação paleoambiental da megafauna – Unidade II) e posteriormente, para uma floresta densa (à 4.620 anos A.P. – Unidade I), como pode ser vista hoje (Figura 1). Os resultados da análise de carbono 14 confirmam, ainda, que a sedimentação em Itaituba ocorreu de forma descontínua, através de diferentes episódios de deposição alternados com erosão, onde depósitos de baixa energia foram primeiramente depositados na base da seqüência (Unidade I) seguidos por deposição de alta energia (Unidade II) ocasionada por eventos de inundação rápida (Rossetti *et al.*, 2004).

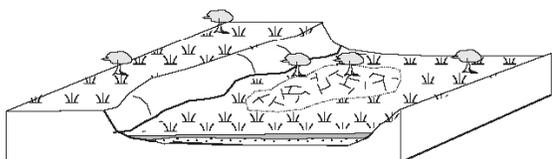
A) Formação de uma pequena bacia em planície de inundação por falha e deposição de areia ao longo de córregos.



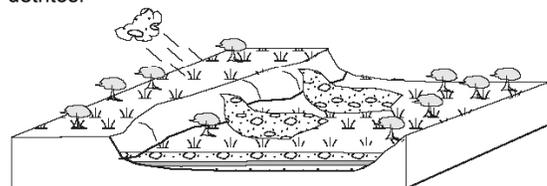
B) Deposição de argila, sob condições de baixa energia, em um lago formado na planície de inundação, o qual foi o sítio para a preservação do *Haplomastodon waringii*.



C) O lago secou e a erosão tomou lugar com exposição subaérea e crescimento vegetal.



D) Inundações rápidas carregaram os ossos de *Eremotherium* para o sítio deposicional através de fluxos de detritos.



E) Aumento da humidade e estabilidade do declive com crescimento vegetal dando origem a um ecossistema de floresta tropical como vemos hoje.

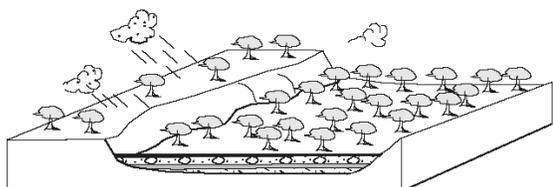


Figura 1: Reconstrução proposta da paisagem para a área de Itaituba como indicado para as unidades deposicionais descritas por Rossetti *et al.*, 2004 (modificado de Rossetti *et al.*, 2004).

O presente trabalho visa o estudo tafonômico de restos esqueléticos de *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842), encontrados em um depósito pleistoceno, no município de Itaituba, Pará. A grande quantidade e a boa preservação dos fósseis motivaram a proposta do presente estudo o qual contribuirá para o reconhecimento dos processos tafonômicos envolvidos e a interpretação de eventos geológicos que ocorreram durante o Pleistoceno, na região, e que levaram a *causa mortis* dos organismos.

1.1 A ESPÉCIE *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842).

As preguiças terrícolas eram mamíferos de grande porte, pertencentes à ordem Xenarthra Cope, 1889 (= Edentata Cuvier, 1798), superfamília Megatherioidea. Uma característica dos representantes desta ordem se deve ao fato de as articulações dorso-lombares apresentarem, além das articulações comuns, articulações adicionais acessórias chamadas xenartria (Paula Couto, 1979). Os representantes mais antigos deste grupo são conhecidos do Eoceno tardio/Oligoceno da Patagônia. Este grupo atingiu seu desenvolvimento máximo e sua maior especialização no Pleistoceno, quando se extinguiu. Esses animais eram próprios da América do Sul e, juntamente com outros mamíferos de grande porte, compunham a megafauna quaternária (Paula Couto, 1952; 1979). Os Megatherioidea estão separados em três grandes famílias, possuindo fortes afinidades filogenéticas: Mylodontidae, Megalonychidae e Megatheriidae (Toledo, 1998).

O gênero *Eremotherium* Spillmann, 1948, foi considerado por longo tempo como um subgênero de *Megatherium* Cuvier, 1798. Entretanto, Cartelle & Bohorquez (1982) refutaram a possibilidade de o gênero *Eremotherium* ser um subgênero de *Megatherium*, achando injustificável, devido ambos os taxa acima citados apresentarem morfologia própria, indicando evolução independente o que confirma a separação genérica desde táxon. O gênero *Eremotherium* tem sido reconhecido na América do Sul como sendo restrito principalmente ao Pleistoceno tardio/Holoceno. A presença de representantes de *Eremotherium* do Plioceno na América do Norte (Iullis & Cartelle, 1993) pode indicar que espécies contemporâneas podem ter estado presentes nos continentes do sul (Toledo, 1989).

A espécie *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842), pertencente à família Megatheriidae, foi uma das espécies mais avantajadas de preguiça terrícola do Pleistoceno americano. A sistemática da espécie, reavaliada por Cartelle & Bohorquez (1982), é a seguinte:

Ordem EDENTATA Cuvier, 1798.

Subordem PILOSA Flower, 1883.

Superfamília MEGATHERIOIDEA Cabrera, 1929.

Família MEGATHERIIDAE Ower, 1843.

Gênero *Eremotherium* Spillmann, 1948.

Os representantes dessa espécie estiveram amplamente distribuídos no continente Sul-Americano, de onde o grupo expandiu sua distribuição para Honduras (Cartelle & Iullis, 1995), Panamá, El Salvador, México e Estados Unidos da América (Cartelle, 1994). Essa expansão ocorreu durante o “grande intercâmbio faunístico”, há aproximadamente 1,8 milhões de anos, quando se estabeleceu a ponte intercontinental, que viria a ser a América Central, ligando as Américas do Norte e do Sul (Cartelle, 1994). No Brasil, o grupo já foi registrado em quase todos os Estados: Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Goiás, Bahia, Sergipe, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Acre (Cartelle & Iullis, 1995). Em 2001, o Estado do Pará foi adicionado à lista de estados brasileiros, onde há registro de *Eremotherium laurillardi* (Figura 2).



Figura 2: Mapa atualizado mostrando as localidades com registro de restos de *Eremotherium laurillardi*. **Brasil:** 1, Rio Grande do Sul; 2, Paraná; 3, Mato Grosso do Sul; 4, Rio de Janeiro; 5, Espírito Santo; 6, Minas Gerais; 7, Goiás; 8, Bahia; 9, Sergipe; 10, Pernambuco; 11, Paraíba; 12, Rio Grande do Norte; 13, Ceará; 14, Piauí; 15, Pará; 16, Acre. **Peru:** 17, Piura. **Equador:** 18, Guayas. **Panamá:** 19, Herrera. **Colômbia:** 20, Huila; 21, Cundinamarca; 22, Norte de Santander. **Venezuela:** 23, Lara; 24, Falcon. **El Salvador:** 25, San Miguel. **Honduras:** 26, Copan. **México:** 27, Tabasco; 28, Jalisco; 29, Guanajuato. **U.S.A.:** 30, Texas; 31, Flórida; 32, Georgia; 33, Carolina do Sul (modificado de Cartelle & Iuliis, 1995).

Os espécimes de *E. laurillardi* alcançavam até seis metros de comprimento, do rosto à cauda e atingiam, aproximadamente, em posições quadrúpede e bípede (ao apoiarem-se em árvores), dois e quatro metros de altura, respectivamente. Pesavam cerca de quatro a cinco toneladas (Ranzi, 2000; Cartelle, 2000). Devido a seu grande volume corpóreo, esses indivíduos teriam dificuldade de locomover-se em matas, caminhando lentamente, apoiando-se com a lateral dos pés e das mãos (Cartelle, 1994). O corpo era coberto de pêlos longos e grossos, provavelmente marrons (Cartelle, 2000). Sob sua pele havia milhares de ossículos dérmicos arredondados ou fusiformes chamados osteodermos, cujo comprimento variava entre 5 mm a 35 mm, possuindo diversas funções como:

1 – Proteção mecânica que a consistência e a rigidez dérmica provocariam, ou seja, seria maior do que se os ossículos não estivessem presentes;

2 – Função de formação de tecido sangüíneo;

3 – Função de termo-regulação: por esses ossículos possuírem canais e seios que – mesmo que pouco volumosos – acumulariam sangue, realizando tal função (Cartelle & Bohórquez, 1986). Ao haver um aumento da temperatura corporal, o sangue penetraria nesses pequenos canais dos osteodermos através de estreitos vasos sangüíneos e ficaria retido ali, facilitando assim a dissipação do calor corporal para o meio externo (Cartelle, 1994).

O crânio de *E. laurillardi* é comparativamente menor em relação ao comprimento do corpo (Toledo, 1998). Este mamífero possuía os pés e as mãos avantajados que poderiam atingir, em um animal adulto, cerca de 1,3 m (pés) e 1,5 m (mãos) de comprimento (Cartelle, 1994). Os pés apresentavam uma garra córnea recurvada (Cartelle, 2000) e suas mãos possuíam três dedos: dois portando garras (metacarpos III e IV) e o outro (metacarpo V) atrofiado. Os metacarpos I e II estão fundidos juntamente com os carpos trapézio e trapezóide, formando o complexo carpo-metacarpo (Iullis & Cartelle, 1993).

Esses animais habitavam ambientes de savana e margem de floresta, alimentando-se de folhas, gramas, brotos e ramos mais finos; ficavam em posição bípede para apanhar e puxar os galhos das árvores, usando suas unhas (garras) robustas para alcançar parte desses alimentos. A postura quadrúpede era provavelmente utilizada para caminhar e forragear (Ranzi, 2000). Segundo Toledo (1998), presume-se que eles também utilizavam a posição bípede e suas longas garras para proteção contra atividades predatórias (Figura 3).

Cartelle & Bohórquez (1982) fizeram inferências quanto ao comportamento destes animais, apresentando um comportamento social gregário, ou seja, formando bandos. O fato que

permitiu a estes autores lançar mão dessa hipótese foi a representação de esqueletos de indivíduos achados em várias faixas etárias (adultos, jovens e filhotes) em um mesmo nível em grutas de Minas Gerais e da Bahia. Cartelle (1994) observou que os machos são maiores que as fêmeas.

O achado de *E. laurillardi* no Pará é importante por ser o primeiro registro de preguiças terrícolas para a região e, além disso, expande a distribuição dessa espécie na Amazônia brasileira, que até então havia sido registrada somente no Estado do Acre. Antes desse achado, o único registro de megafauna para o Estado havia sido feito por Simpson & Paula-Couto (1957), que citaram a ocorrência de fragmentos de dentes de mastodontes (*Stegomastodon waringii*) na Ilha de Marajó.



Figura 3: Reconstituição artística da espécie *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842). (Segundo Cartelle, 1994).

1.1.1 Morfologia dos ossos e dentes de *Eremotherium laurillardi*.

O material dentário de *Eremotherium laurillardi* compreende dentes molares grandes, de crescimento contínuo e homodontes, com duas cristas transversais que serviriam para triturar as folhas e moer outras partes dos vegetais, como ramos e sementes. Estes animais, em via de regra, são monofiodontes, ou seja, por toda a vida o animal apresenta apenas uma dentição, não apresentando trocas. Tais dentes, em número de 18 (5/4), eram prismáticos, com perímetro quadrangular com cerca de até 5 cm de lado (Cartelle, 1994), e possuíam raiz aberta e sem esmalte – apresentavam somente dentina, com durezas diferentes (Simpson, 1980): a ortodentina e uma dentina mais dura –, que cresciam continuamente durante toda a vida (Cartelle, 2000). Mesmo quando estes dentes ocupam posições de incisivos ou caninos, são considerados em geral, molares.

Os ossos longos desta Ordem, diferentemente de outros taxa terrícolas, são compactos, não possuindo canal medular. Os ossos da cintura pélvica (íleo, ísquio e púbis) são fundidos, como nas aves, com as vértebras sacrais não-articuladas, formando um conjunto compacto (Cartelle, 1994).

Da mesma maneira como ocorrem com ossos humanos, os desta espécie apresentam, também, microestrutura do tecido ósseo secundário semelhante aos canais de Havers circundados por lamelas concêntricas. Este tecido ósseo secundário – que contém os canais de Havers – é frequentemente chamado de tecido ósseo haversiano, sendo característico da diáfise dos ossos longos, embora sistemas de Havers pequenos sejam encontrados, esporadicamente, em ossos compactos de outros locais (Junqueira & Carneiro, 1985). Em estado fresco, estes canais de Havers contêm capilares sinusóides, às vezes arteríolas, filetes nervosos e uma pequena quantidade de tecido conjuntivo (Di Fiori, 2001).

A matriz óssea é composta, além da parte orgânica, de fosfato de cálcio (George & Castro, 1998), formando principalmente o mineral hidroxiapatita $\text{Ca}_5[\text{OH} | (\text{PO}_4)_3]$. Ocorrem ainda nestes ossos, como traços, bicarbonato, magnésio, potássio, sódio e citrato (Junqueira & Carneiro, 1985).

2 OBJETIVO GERAL

Estudo tafonômico em restos esqueléticos de *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842) encontrados no Município de Itaituba, Pará, visando auxiliar na interpretação de eventos geológicos que ocorreram durante o Pleistoceno na região.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Verificar o grau de preservação morfológica dos restos esqueléticos (ex. grau de desgaste, ocorrência ou não de transporte) entre outros elementos associados à fase de bioestratinomia destas preguiças terrícolas;
- Identificar o grau de alteração em ossos e dentes da preguiça terrícola com base em análises de microestrutura e químicas.
- Determinar o tipo de fossilização ocorrido no material estudado da preguiça terrícola *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842).

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O material de estudo foi encontrado na chácara “Reunidas” (Lat. $04^{\circ}15'1,7''$ S – Long. $56^{\circ}00'50''$ W), Rodovia Transamazônica, a 5 Km do centro de Itaituba, Estado do Pará, Norte do Brasil, na Amazônia Central (Figura 4).

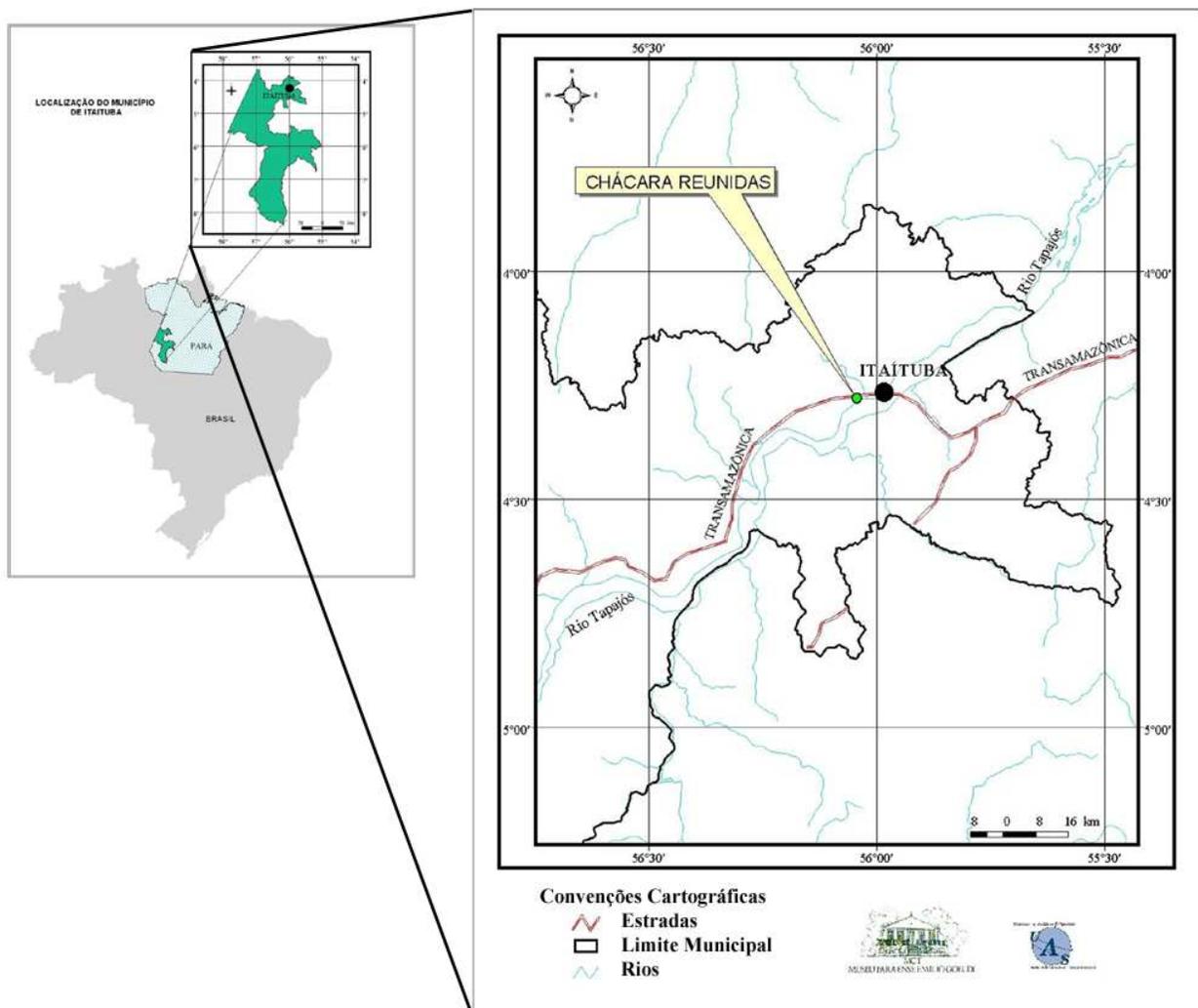


Figura 4: Localização da Chácara Reunidas no Município de Itaituba, norte do Brasil. Fonte: Unidade de Análises Espaciais (UAS), MPEG.

3.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

O material de estudo é proveniente de um pacote sedimentar pouco espesso (<2m) depositado em uma armadilha (depressão) tectônica gerada sobre rochas calcárias da Formação Itaituba. Este pacote sedimentar foi subdividido em três sucessões designadas como unidades I, II e III (Figuras 5 e 6); estas unidades foram depositadas de forma descontínua, através de diferentes episódios de deposição alternados com erosão, cuja sedimentação foi, provavelmente, renovada por reativação das falhas associadas com a fase de deformação “strike-slip” do Pleistoceno/Holoceno, sendo sua origem durante o Mioceno/Plioceno (Rossetti *et al.*, 2004).

A Unidade I, a mais inferior, consiste em areia e argila com baixo conteúdo de restos vegetais e partes ósseas de mastodonte. Esta unidade está associada à fase inicial e deslocamento por falha criando uma pequena depressão formando um pequeno lago com deposição de argila que favoreceu a preservação de *Haplomastodon waringi*. A abundância de esmectita e ilita sobre a caolinita neste sedimento sugere deposição sob condições mais secas do que as unidades superiores.

A Unidade II, seguindo um intervalo de exposição subaérea, é caracterizada por uma camada mais espessa. Formou-se a partir de fluxos de detritos, indicados pela presença de grande quantidade de seixos de quartzo. Esta unidade divide-se em duas fácies: A) inferior, caracterizada por seixos de quartzo e de calcários em uma matriz argilosa e com grande volume de restos de plantas de coloração negra e, ainda, fragmentos fósseis de *Eremotherium laurillardii*, os quais foram depositados na base dessa fácies a partir de um fluxo de detritos; e B) superior de consiste pelitos carbonáticos, tendo seixos de quartzo e conchas dispersos provenientes do embasamento paleozóico da Formação Itaituba.

A Unidade III, terceira e última fácies, possui o maior conteúdo de argila de toda a sucessão. É caracterizada por argila negra, rica em matéria orgânica, depositada em ambiente de baixa energia de planície de inundação, densamente vegetada. Ainda, a pequena diferença na proporção de esmectita e ilita relativa à caolinita e o grande conteúdo de detritos de plantas sugerem condições climáticas bastante úmidas.

A explicação fornecida por Rossetti *et al.* (2004) para a formação do pacote sedimentar pleistoceno é a de que a associação do grande volume de ossos desarticulados a um fluxo de detritos teria sido promovida pela combinação de um rápido evento de inundação das encostas associado a reativação da falha a qual favoreceu a criação do espaço acomodando as três

unidades sedimentares descritas, como parte deste sítio pleistoceno. O grande volume de ossos desarticulados de preguiças terrícolas indica uma morte acidental e catastrófica relacionada ao período máximo de inundação.

Embora Rossetti *et al.* (2004) não tivessem evidência para sustentar o modelo, eles atentam que os depósitos mal-selecionados seriam esperados em um evento de inundação; ainda a elevada quantidade de seixos de quartzo associados com depósitos de fluxos de detritos da base da Unidade II poderia ser um registro de um fenômeno em larga escala. Entretanto, os dados apresentados por eles neste estudo são locais e permitem apenas especulação sobre a origem do evento torrencial.



Figura 5: Foto do pacote sedimentar onde foi encontrado o material de *Eremotherium laurillardii*. Na imagem há as indicações das posições dos níveis descritos por Rossetti *et al.*, 2004. (Foto: Heloísa Moraes-Santos).

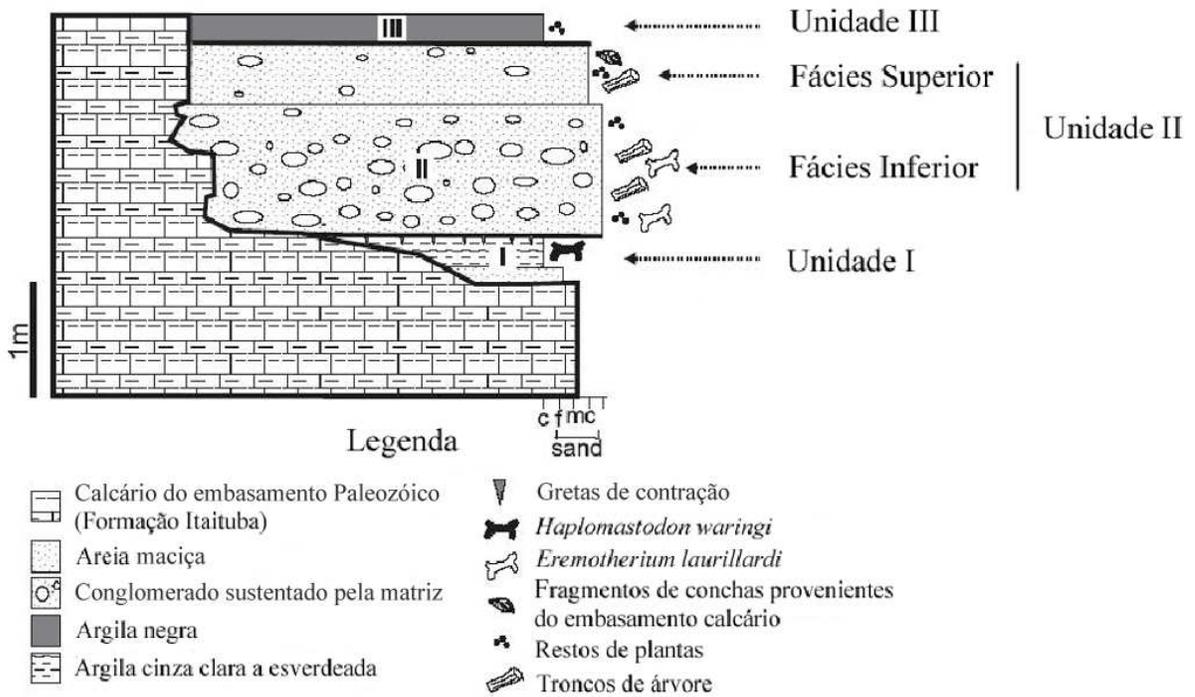


Figura 6: Perfil esquemático do pacote sedimentar, onde foram encontrados os restos esqueléticos de *Eremotherium laurillardii*. (Modificado de Rossetti *et al.*, 2004).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O material de estudo compreende parte das, aproximadamente, 800 peças de restos esqueléticos de *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842), encontrados no município de Itaituba, Pará, e que se encontram depositados na coleção paleontológica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG 1000/510 - V), tombados no lote MPEG 1000 – V (Figura 7).



Figura 7: Ossos fósseis desarticulados da preguiça terrícola *Eremotherium laurillardi*, encontrados na Chácara “Reunidas”, Município de Itaituba, Pará (Foto: Heloísa Moraes-Santos).

As amostras foram analisadas nas dependências do Museu Paraense Emílio Goeldi (CCTE/PPG). Para as análises sedimentológicas, estratigráficas e bioestratinômicas foram utilizados critérios de Holz & Barberena (1989), Távora & Miranda (2004), Távora *et al.* (2005), Távora *et al.* (2006), Kidwell & Holland (1991), Kidwell *et al.* (1986) e Torello & Simões (1994), dos quais foram avaliados fatores como: grau de empacotamento, seleção e transporte, geometria e estrutura interna do depósito, composição taxonômica, tipo de morte animal (morte seletiva ou não seletiva), necrólise, biofábrica, abrasão, desarticulação, fragmentação, bioerosão, transporte, concentração e soterramento.

Para o estudo fóssildiagnético, os métodos analíticos utilizados foram os empregados por Reichel *et al.* (2005), Costa (2002) e Távora *et al.* (2006). Para as análises morfológicas externa e interna, assim como para as análises químicas, foram utilizados um dente molar, MPEG 1000–V/501, (Figura 8); um osso de costela, MPEG 1000 – V/500, (Figura 9); e uma vértebra, MPEG 1000 – V/510 (Figura 10).

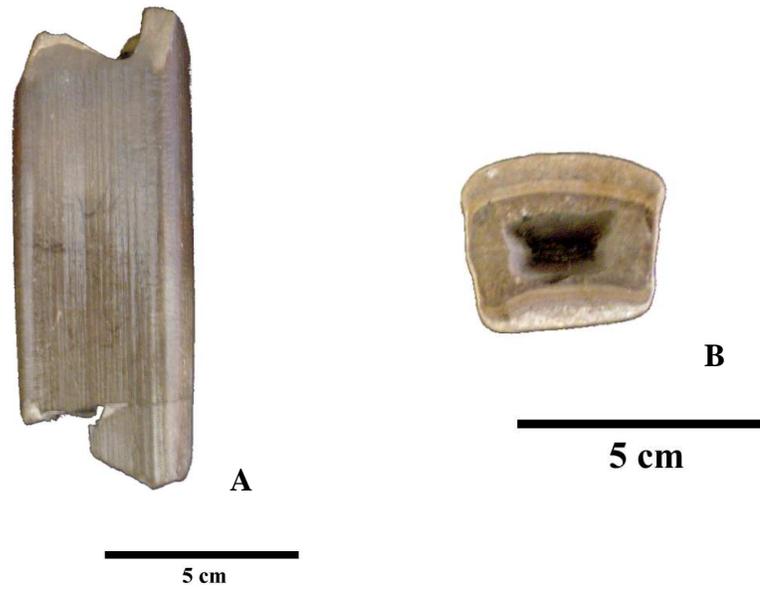


Figura 8: Dente de *E. laurillardi*. **A)** vista lateral. **B)** corte transversal. Escala: 5 cm. Foto: Denys Ferreira.



Figura 10: Vértebra de *E. laurillardi*. **A)** Vista lateral direita e; **B)** Vista frontal. Escala: 5 cm. Foto: Denys Ferreira.



Figura 9: Costela fragmentada de *E.laurillardii*. Escala: 5 cm. Foto: Denys Ferreira.

A realização destas análises implica na destruição da amostra e, devido a isto, a restrição na quantidade de material a ser observado. Para estas análises foi utilizada a metodologia que segue:

1. Confecção de lâminas petrográficas das amostras a serem analisadas: estas foram preparadas pelo método convencional, sendo que as amostras foram polidas em um “*Lapping Machine*” da marca Logitech, modelo CL 40. Durante o processo de confecção das lâminas as amostras foram embebidas e fixadas com resina e endurecedor (ambos da marca Maxepoxi) na proporção 3:1, respectivamente;
2. As análises da microestrutura interna das amostras foram realizadas sob microscópio óptico da marca Zeiss, modelo Axiolab e para a captura de imagens foi usada uma câmera da marca Contax, modelo 167 MT, acoplada ao microscópio petrográfico;

3. As análises das estruturas morfológicas das amostras foram realizadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV) LEO, modelo 1450VP;
4. A composição química semiquantitativa das amostras foi obtida usando-se detector de espectrometria por energia dispersiva (EDS), marca Gresham, e sistema de micro-análise digital IXRF, acoplado ao MEV.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 BIOESTRATINOMIA

Os bioclastos das preguiças terrícolas, encontrados na Unidade II, apresentam-se morfológicamente bem preservados. Nesta tafocenose, os ossos apresentam variação de tamanho relacionado a diferentes estágios ontogenéticos (Ferreira, 2004), o que sugere evento catastrófico de mortandade em massa.

5.1.1 Composição taxonômica

A composição taxonômica de uma concentração fossilífera pode ser monotípica (um tipo de esqueleto) ou politípica (vários tipos de esqueleto), sendo que uma concentração monotípica pode ser, ainda, monoespecífica (mesma espécie) ou poliespecífica (diferentes espécies de um mesmo táxon). Entretanto, toda a concentração monoespecífica é, obrigatoriamente, monotípica (Holz & Simões, 2002).

A composição taxonômica da concentração fossilífera estudada é monotípica e monoespecífica, por apresentar somente um tipo de esqueleto de uma única espécie. Esta se caracteriza por cinco indivíduos desarticulados e com várias partes desarticuladas e fragmentadas de preguiças terrícolas da espécie *Ereotherium laurillardi*, em estágios ontogenéticos distintos. Estes bioclastos estão representados por crânios incompletos, fêmures, tíbias, astrágalos, vértebras, costelas, tarsos e metatarsos, carpos e metacarpos, calcâneo, rádio, ulna e úmero, dentre outros elementos ósseos (Ferreira, 2004).

5.1.2 Morte

Segundo Holz & Simões (2002), a história tafonômica de um organismo inicia com a sua morte e, na natureza, basicamente, são reconhecidos dois tipos de mortandade:

- a) Morte seletiva (geralmente dita morte natural): causada por fatores como envelhecimento, doença e predação, afetando determinadas faixas de idades na população (indivíduos mais jovens e mais senis da população).
- b) Morte não-seletiva (ou catastrófica): quando um evento de grandes proporções atinge grande parte da população de maneira indistinta. Ex.: grandes enchentes, tempestades, secas.

A proporção entre animais juvenis e adultos pode sustentar importantes pistas sobre a história tafonômica (Allison & Briggs, 1991). No material estudado, devido os cinco indivíduos (um indivíduo adulto, três jovens e, ainda, um neonato) definirem diferentes classes de tamanho que refletem estágios ontogenéticos distintos (Ferreira, 2004) e, ainda, por estarem na mesma fácies inferior, considera-se que a tafocenose foi acumulada por evento catastrófico, onde todo o bando foi atingido.

O recobrimento rápido dos megaterídeos por avalanche e sua conseqüente morte não-seletiva encontra também suporte nas características sedimentológicas do pacote sedimentar que convergem para a hipótese do trabalho.

Assim, neste caso, a proporção entre essas classes (neonatos, jovens e adultos) está representada de acordo com a estrutura populacional original, não havendo bimodalidade, característica de morte seletiva, ocorrendo normalmente, então, poucos indivíduos em cada classe sucessiva de idade (Allison & Briggs, 1991).

5.1.3 Necrólise

De acordo com Holz & Simões (2002), na necrólise, após a morte de um organismo, ocorre a decomposição dos tecidos moles de conexão, a qual pode ocorrer por processos químicos, tendo origem a partir de bactérias que podem ser tanto exógenas como endógenas (bactérias presentes no corpo do animal, principalmente nos intestinos).

Weigelt (1989) corrobora que a decomposição das carcaças apresenta duas formas: uma causada por bactérias aeróbias, as quais atacam a carne a partir do lado externo; e a outra através de bactérias anaeróbias, as quais penetram na carne através da parede do intestino.

De acordo com a preservação de partes moles dos componentes das concentrações fossilíferas, o ambiente de necrólise dos organismos é classificado como aeróbio – quando a decomposição das carcaças ocorre em ambiente com oxigênio livre, ou anaeróbio – quando o meio é anóxico, ou seja, sem oxigênio livre (Holz & Simões, 2002).

O estudo da tafocenose revelou que o material estudado foi depositado em um ambiente aeróbio, o que ocasionou a decomposição da matéria orgânica após o soterramento. A boa preservação dos ossos, inclusive com colágeno e a presença de pirita, embora de forma parcial e localizada, concentrando-se nos canais de Havers, pode ser explicada pela instalação de um microambiente redutor em torno dos restos a partir da sulfatoredução bacteriolítica durante a adipocere e ataque das bactérias anaeróbicas. Os produtos da decomposição são substâncias simples como dióxido de carbono, metano, água, hidrogênio, amônia e ácidos nítrico, sulfúrico e fosfórico (Weigelt, 1989).

Segundo Berner (1984), o processo de adipocere desencadeia reações químicas dos tecidos moles com os gases expelidos por eles e os sais dissolvidos no meio. Este processo é desencadeado pelas bactérias contidas no corpo do animal no meio, o que dá início a redução do sulfato dissolvido, onde a própria matéria orgânica é utilizada como agente redutor. O H_2S reduzido a partir desta sulfatoredução bacteriológica reagiu com o ferro contido nos minerais detríticos, formando uma série de monossulfetos metaestáveis, que passam à pirita ainda no início da diagênese (Figura 14):

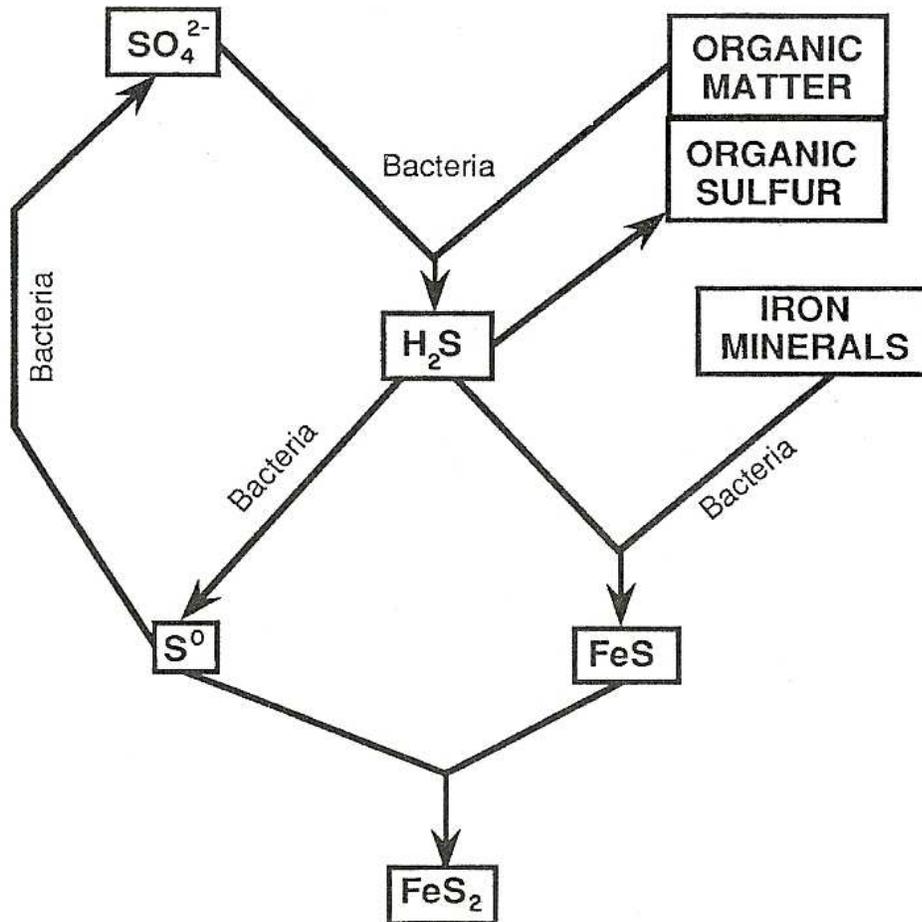


Figura 14: Representação esquemática dos caminhos e processos da sulfatoredução e formação da pirita (retirado de Canfield & Raiswell, 1991).

5.1.4 Desarticulação, Fragmentação, Abrasão e Bioerosão

Após a necrólise do animal, os ossos já sem as partes moles do mesmo, deixam o esqueleto exposto à ação do tempo e de agentes do ciclo exógeno. Caso o soterramento ocorra antes da necrólise total dos tecidos moles, o esqueleto será preservado praticamente inteiro e articulado, com quase todas as suas juntas intactas. A desarticulação e a fragmentação óssea, também, podem ocorrer em diferentes estágios durante a fase bioestratinômica e diagenética mesmo que não tenham sido transportados, como, por exemplo, danos por doenças e/ou traumático que podem ocorrer durante a vida do animal, ou ainda, pela deposição das camadas acima a estes ossos, durante a compactação e sedimentação do sedimento matriz (Holz & Simões, 2002).

No caso das preguiças, o soterramento ocorreu antes da necrólise, devido à morte por soterramento. A fragmentação e desarticulação podem ter ocorridos não somente por fatores de pressão das camadas superiores, mas, também, pelo tipo de morte, já que elas feneceram por fluxo de detritos de alta energia. Esse desmoronamento poderia ter fragmentado e desarticulado partes ósseas das preguiças durante a catástrofe.

Os vestígios de fragmentação, abrasão e desgaste por transportes são ínfimos e/ou inexistentes, provavelmente, também, por causa da proteção mecânica nos ossos pelas partes moles. Feições de bioerosão, também, não foram identificadas. Os restos ósseos mostram suas estruturas morfológicas tanto externas quanto internas bem conservadas, sugerindo assim, a não exposição destes bioclastos ao ciclo exógeno, já que foram soterrados de maneira rápida e em um intervalo de tempo curto, através de evento de alta taxa de sedimentação (Távora *et al.*, 2005).

5.1.5 Transporte

A presença associada destes bioclastos aos cinco esqueletos incompletos de *E. laurillardi*, incluindo adulto, juvenis e neonato, sugere transporte *post mortem* muito pequeno, embora se apresentem intensamente desarticulados. A assembléia fossilífera foi reconhecida como paraúctone, devido ao brusco aumento na taxa de sedimentação que os soterrou, o que não permitiu a sua preservação em posição de vida.

Segundo Rossetti *et al.* (2004), o soterramento foi promovido pela combinação de um rápido evento de inundação associado à reativação da falha a qual favoreceu a criação do espaço acomodando as três unidades sedimentares descritas, o que teria evitado a dispersão e transporte a longa distância dos mesmos. O grande volume de ossos desarticulados de preguiças terrícolas indica uma morte acidental e catastrófica relacionada ao período máximo de inundação.

5.1.6 Feições sedimentológicas

Na Unidade II, o grau de empacotamento dos ossos da preguiça na matriz lamosa é do tipo frouxo (Kidwell & Holand, 1991), ou seja, a concentração fossilífera é suportada pela matriz, com os bioclastos exibindo pouco contato entre si. Estes se apresentam em várias classes granulométricas, sendo pobremente selecionados e sem sinais de abrasão durante o transporte. Dados estes inferem estágios ontogenéticos diferentes e grau de transporte pequeno, quiçá nulo.

A grande maioria dos bioclastos analisados estava disposta horizontalmente em relação ao substrato ou concordante com o plano de acamamento, sendo que alguns se encontravam levemente inclinados, provavelmente devido à acomodação do material acumulado na depressão (Figuras 11 e 12).

A estrutura interna desta concentração fossilífera foi identificada como simples ou maciça, por não exibir variação vertical ou lateral de suas feições bioestratinômicas, sedimentológicas e paleoecológicas (Kidwell *et al.*, 1986) (Figuras 11, 12 e 13). Vale ressaltar que muitas concentrações internamente simples são geradas a partir de um único evento (Kidwell *et al.* 1986) e, neste caso, apesar das três sucessões do pacote pleistoceno terem se formado por episódios de deposição alternados com erosão, a fácies inferior da Unidade II, onde se encontram

os restos esqueléticos da preguiça terrícola, se formou em um único evento *in situ*, através de soterramento. De acordo com Fariña (2002), a preservação de restos esqueléticos de organismos muitos grandes, sugere deposição muito próxima do local de morte.

A Unidade II formou-se a partir de fluxos de detritos, como sugerido pela presença de grande quantidade de seixos de quartzo em matriz lamosa e pelo empacotamento frouxo dos bioclastos.



Figura 11: Unidade II - empacotamento frouxo dos bioclastos, pobremente selecionados e estando a concentração suportada pela matriz lamosa.



Figura 12: Concentração fossilífera suportada pela matriz, com os bioclastos exibindo pouco contato entre si.



Figura 13: Biofábrica (Kidwell & Bosence, 1991) da tafocenose mostrando o arranjo tridimensional dos fósseis na matriz. No caso, a maioria dos bioclastos está disposta horizontalmente em relação ao substrato, e concordante com o plano de acamamento. Alguns se encontram levemente inclinados que podem ter sido deslocados por simples acomodação do material acumulado na depressão.

5.2 FOSSILDIAGÊNESE

As lâminas foram confeccionadas conforme metodologia apresentada neste trabalho, porém durante a preparação da lâmina da vértebra, esta por possuir um tecido bastante esponjoso ficou deformada e destruída, mesmo com a utilização de endurecedor, tornando inviável um diagnóstico estrutural da amostra de vértebra por microscopia óptica.

As análises realizadas de EDS tanto dos ossos, representados aqui pela amostra da costela, como dos dentes permitiram verificar que a composição química original dos mesmos permaneceu inalterada, mantendo-se com os elementos originais, principais como o cálcio (Ca) e fósforo (P), além de magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na).

A) Pirita (sulfeto de ferro - FeS₂)

A formação da pirita nas amostras estudadas indica um ambiente redutor na presença de matéria orgânica – que propicia a redução bacteriana de sulfato para sulfeto (Fanning & Fanning¹, 1989, *apud* Prada-Gamero *et al.*, 2004). Neste caso estudado, a presença localizada da pirita em forma de framboesa nos canalículos dos ossos e dentes da preguiça terrícola, provavelmente, está associada a preservação dos mesmos em um microambiente redutor ao redor das carcaças.

B) Hidroxiapatita e flúorapatita (fosfatos de cálcio – Ca₅[(OH₁F) | (PO₄)₃])

São os minerais mais abundantes que contém fósforo, sendo a flúorapatita mais freqüente em relação à hidroxiapatita, e o termo apatita é normalmente usado como sinônimo de flúorapatita (Deer *et al.* 1966). A hidroxiapatita, Ca₅[(OH) | (PO₄)₃], é o constituinte mineral do osso natural representando de 30 a 70% da massa dos ossos e dentes (Mavropoulos, 1999). A hidroxiapatita ocorre raramente na natureza e sua estrutura é semelhante a da flúorapatita, com o OH⁻ ocupando o lugar no sítio do F⁻ (Ma *et al.*, 1995).

¹ FANNING, D.S. & FANNING, C.B. 1989. *Soil: morphology, genesis and classification*. John Wiley & Sons, New York. 395p.

5.2.1 Costela

A análise em microscopia óptica petrográfica (MOP) da costela, em corte transversal, revelou uma ótima preservação das estruturas celulares do tecido ósseo tanto compacto (Figuras 15 e 16) quanto esponjoso (Figura 17). No tecido ósseo compacto e tecido ósseo esponjoso, respectivamente, foi possível visualizar as lamelas concêntricas e os espaços ocupados entre elas, outrora, por células ósseas, chamadas osteócitos (Figura 15); e as trabéculas bem preservadas.

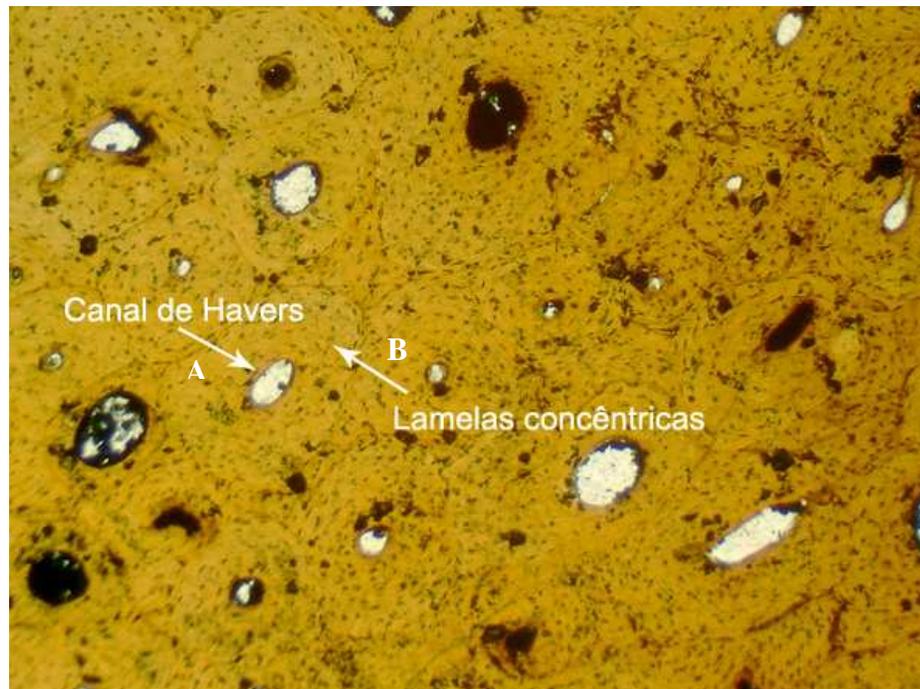


Figura 15: Corte transversal de tecido ósseo compacto da costela. Sob microscopia óptica é possível visualizar a matriz óssea bem preservada, assim como os sistemas de Havers com seus canais (A) e lamelas concêntricas (B). Ampliação 25X.

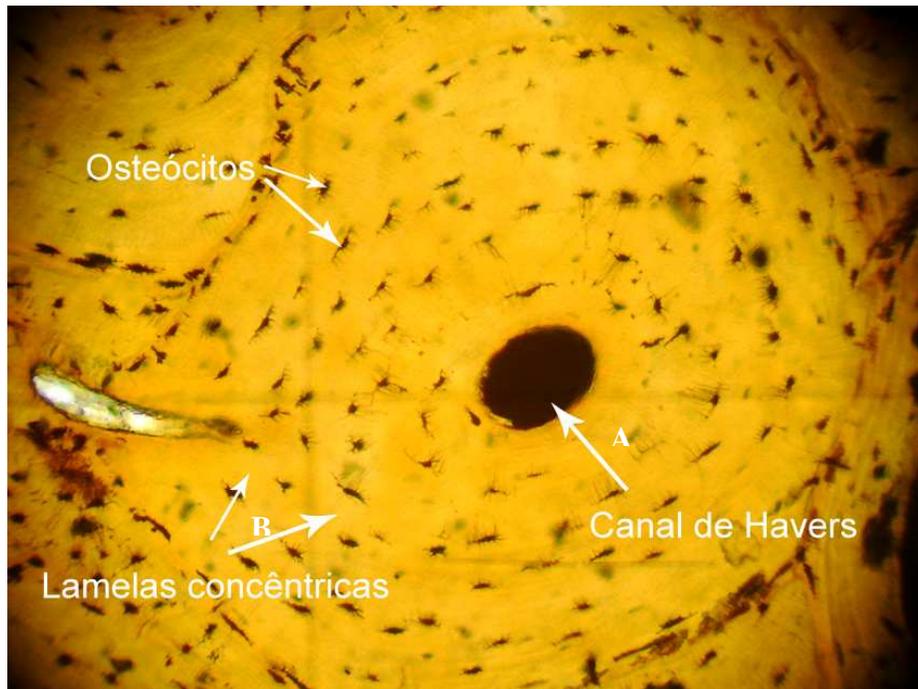


Figura 16: Corte transversal de tecido ósseo compacto da costela. Detalhe de um sistema de Havers com seu canal (A), lamelas concêntricas (B) e osteócitos (C). Ampliação 100X.

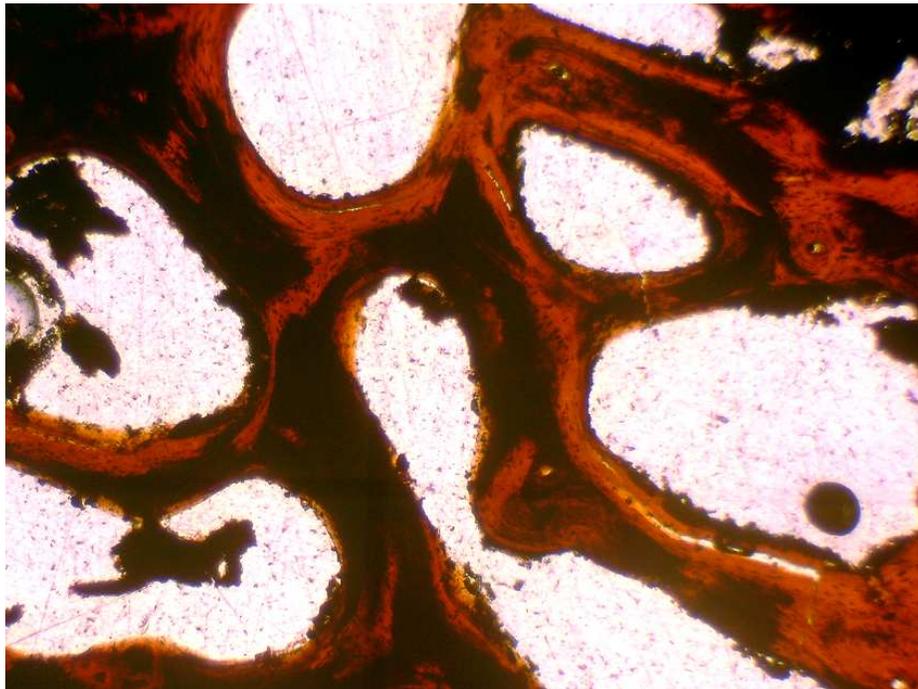


Figura 17: Corte transversal do tecido ósseo esponjoso da costela visualizado sob microscopia óptica, evidenciando as trabéculas que se apresentam bem preservadas. Ampliação 25X.

A imagem da costela em lâmina petrográfica em um corte transversal e em uma amostra *in natura* longitudinal deste osso, observada através de microscopia eletrônica de varredura, mostrou um nível elevado de conservação da estrutura óssea tanto do tecido compacto (Figura 18) quanto do tecido esponjoso (Figura 19) com a preservação da maioria das lamelas concêntricas ao redor dos canais de Havers. Na amostra *in natura* da costela foi possível visualizar cristais cúbicos de pirita, com textura framboidal (Figura 20).

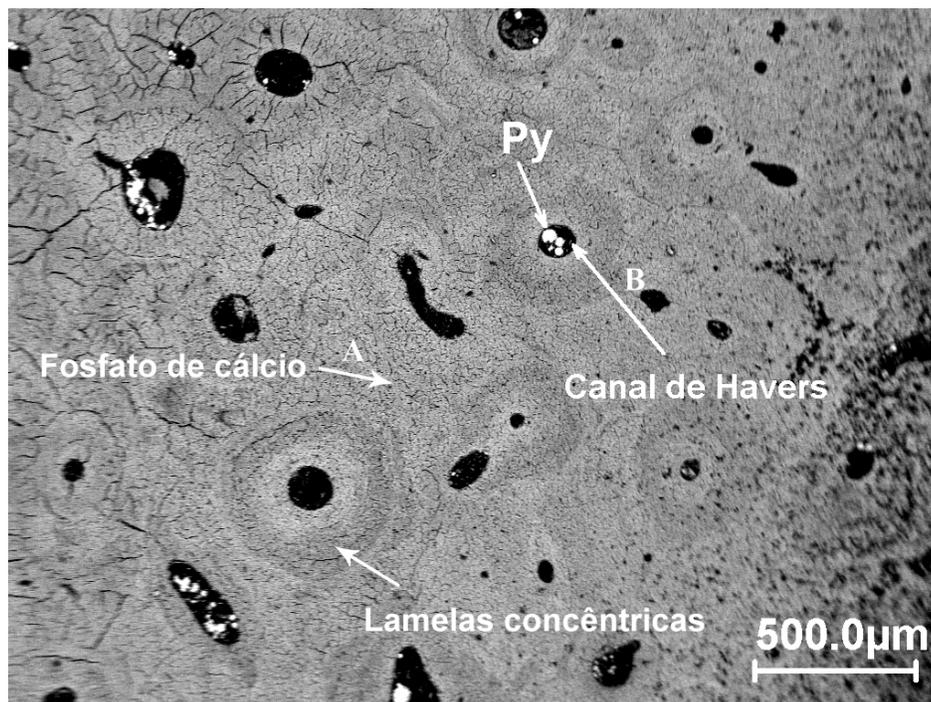


Figura 18: Corte transversal de tecido ósseo compacto da costela; (A) matriz óssea bem preservada sem alteração da composição química original (fosfato de cálcio) e (B) sistemas de Havers com seus canais levemente preenchidos por Pirita (Py) (Imagem obtida através de sinais de elétrons retroespalhados).

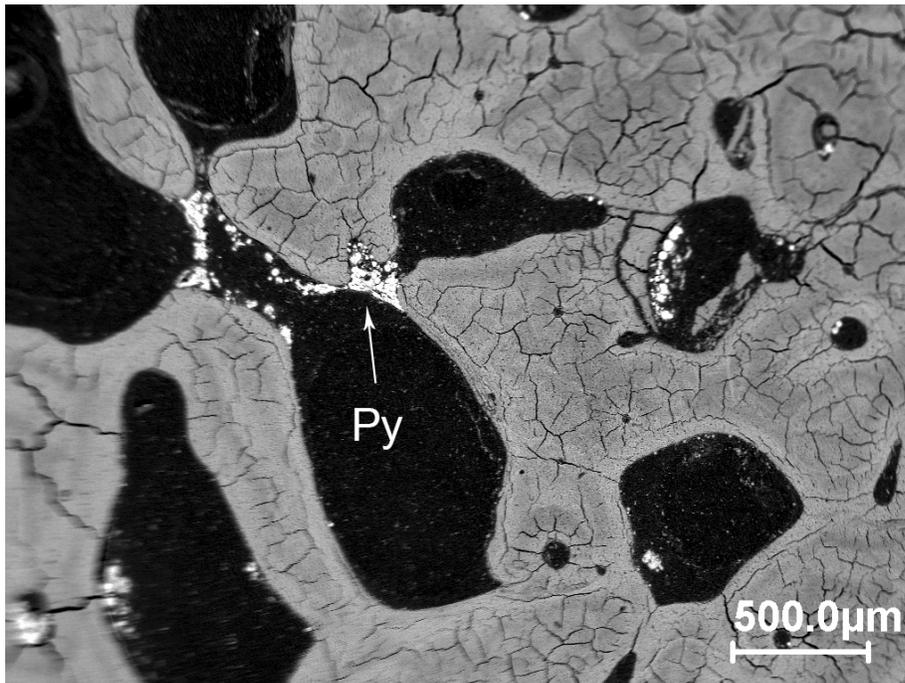


Figura 19: Corte transversal de tecido ósseo esponjoso da costela, evidenciando as trabéculas bem conservadas levemente preenchidas por Pirita (Py) (Imagem obtida através de sinais de elétrons retroespalhados).

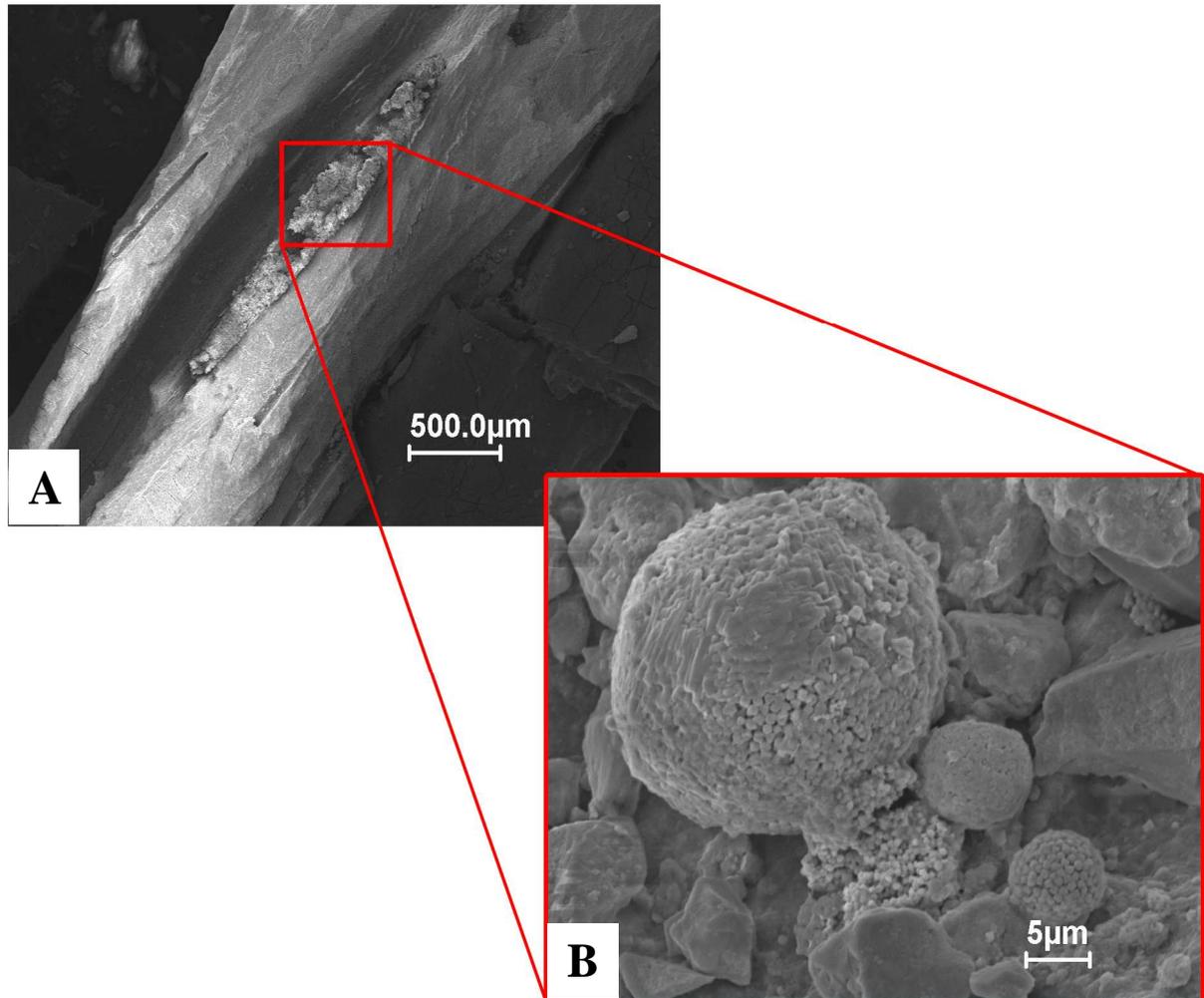


Figura 20: Imagem de MEV (através de sinais de elétrons secundários); (A) fragmento longitudinal de costela apresentando pirita em suas cavidades; e (B) detalhe de um agregado de pirita, com textura framboidal.

A análise de EDS evidenciou a presença de fosfato de cálcio, principal composto ósseo, e ainda outros elementos próprios da constituição óssea, em menor quantidade, como magnésio, potássio e sódio (Figura 21). Preenchendo parcialmente os canais de Havers, bem como as trabéculas foi observada a presença de sulfeto de ferro (FeS_2), composição química do mineral pirita (Py) (Figura 22).

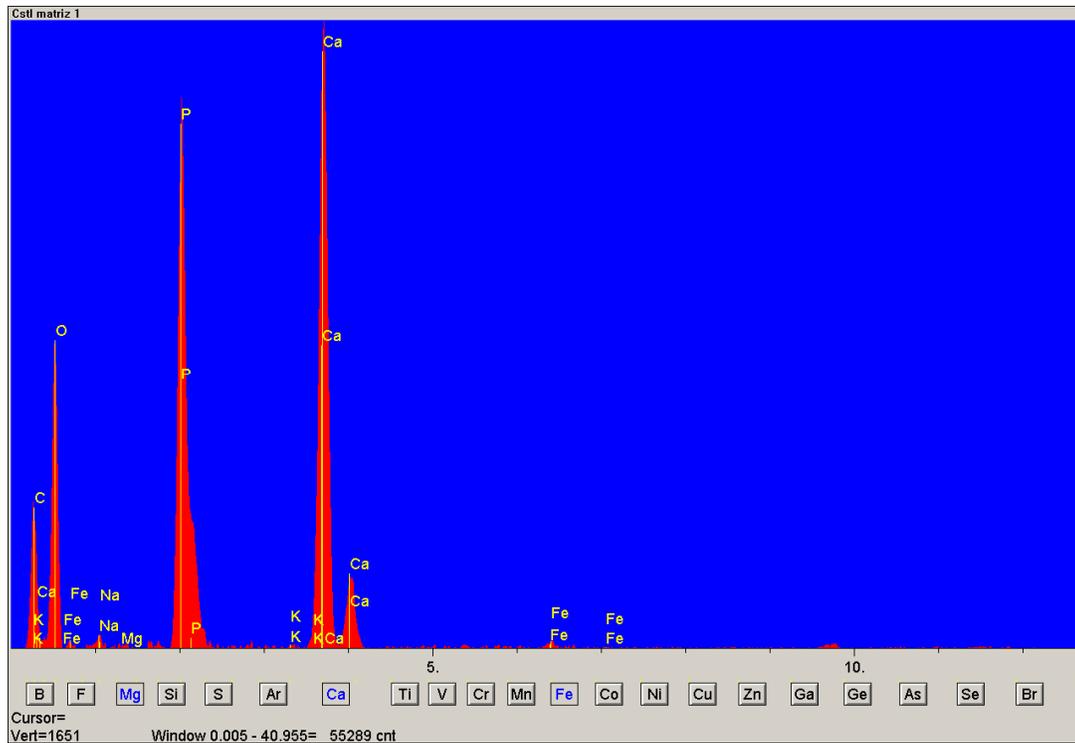


Figura 21: Espectro obtido com de MEV/EDS da matriz óssea da costela mostrando picos de Ca, P, e O de apatita. Há também, em pequenas quantidades, Mg, K e Na, que, juntamente com o fosfato de cálcio, mostram a boa conservação óssea.

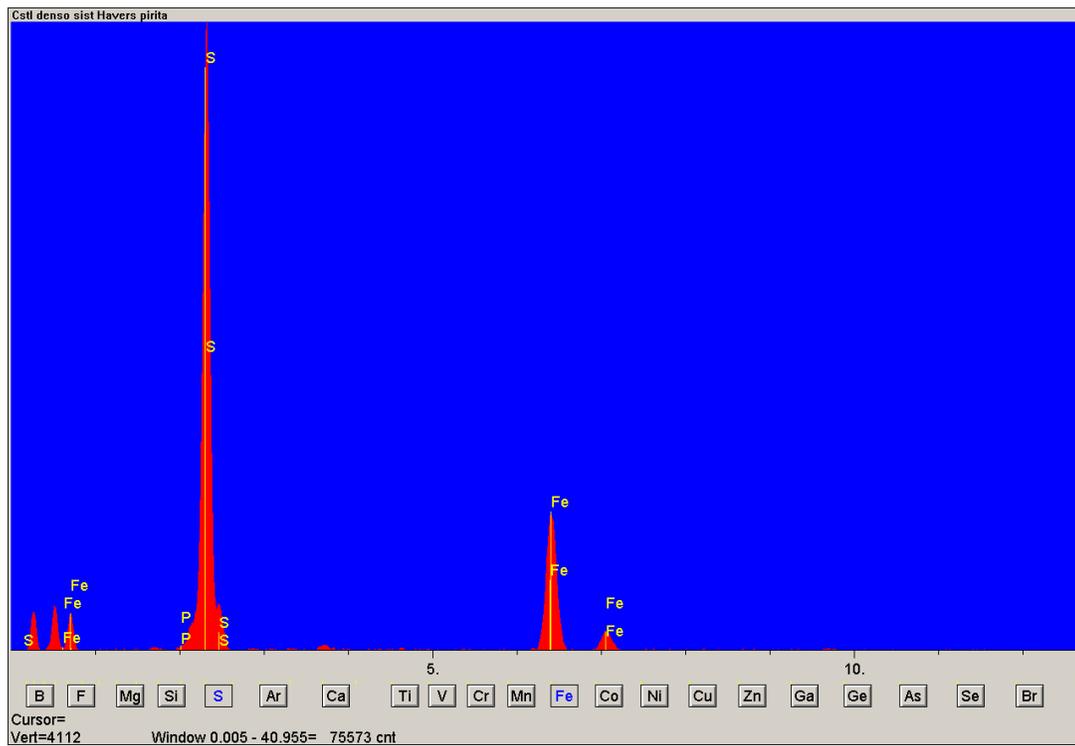


Figura 22: Espectro obtido com MEV/EDS dos canais de Havers no tecido ósseo denso da costela mostrando picos de S e Fe indicando a presença de sulfeto de ferro (pirita) nesses canais.

5.2.2 Dente

Sob um microscópio petrográfico e MEV, a lâmina delgada de um corte transversal de amostra do dente de *E. laurillardi* revela uma estrutura bem preservada que apresenta somente dentina com túbulos dentinários bem formados. Estes não mostram, aparentemente, sinais de qualquer alteração durante o processo de fossilização (Figura 24 A, B).

Além disto, se observou o preenchimento de alguns túbulos dentinários da região mais interna da dentina, por sulfeto de ferro, porém em menor quantidade em relação à costela (Figuras 25, 26 e 27).

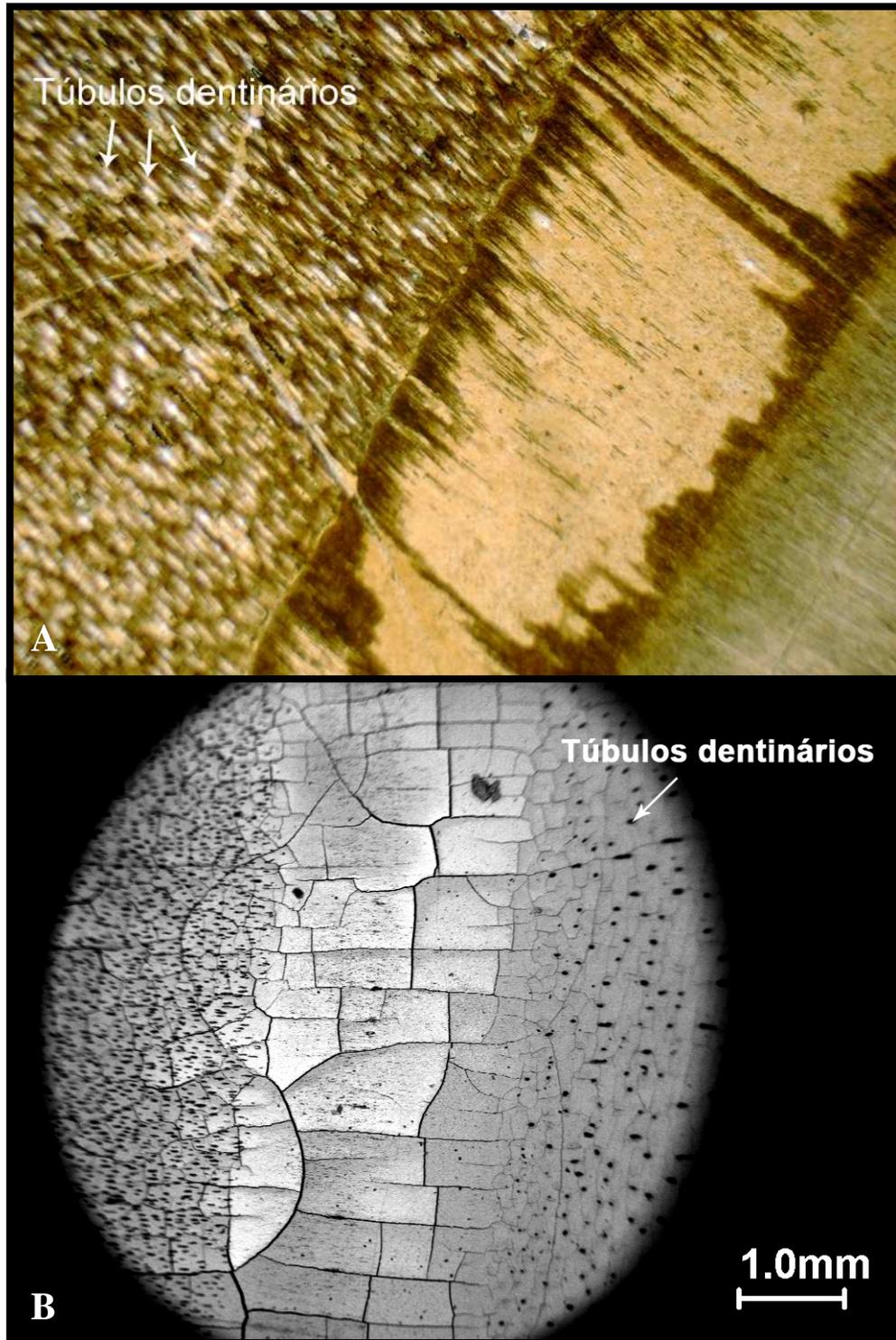


Figura 24: Cortes transversais do dente em lâmina petrográfica evidenciando a boa preservação da dentina com seus túbulos dentinários bem formados e bom zoneamento, sendo: A) Imagem da dentina, visualizada sob microscopia óptica. Ampliação 25 X; e B) Imagem de MEV gerada por sinais de elétrons retroespalhados.

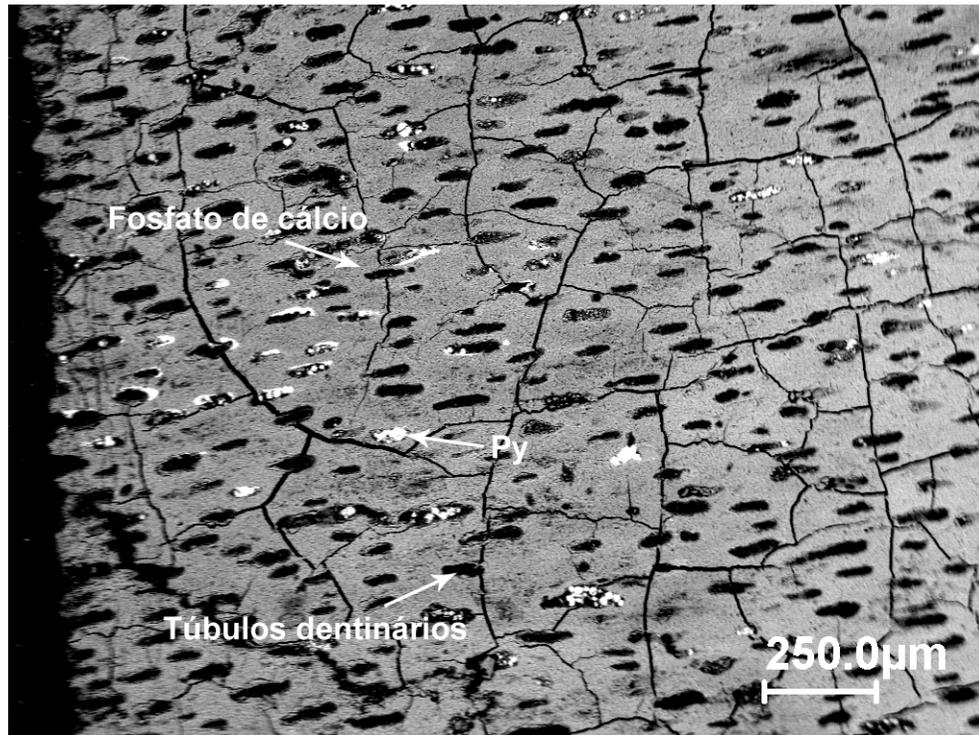


Figura 25: Corte transversal da região mais interna da dentina. A imagem de MEV gerada por sinais de elétrons retroespalhados mostra túbulos dentinários com boa conservação, sendo que vários destes túbulos estão preenchidos por pirita.

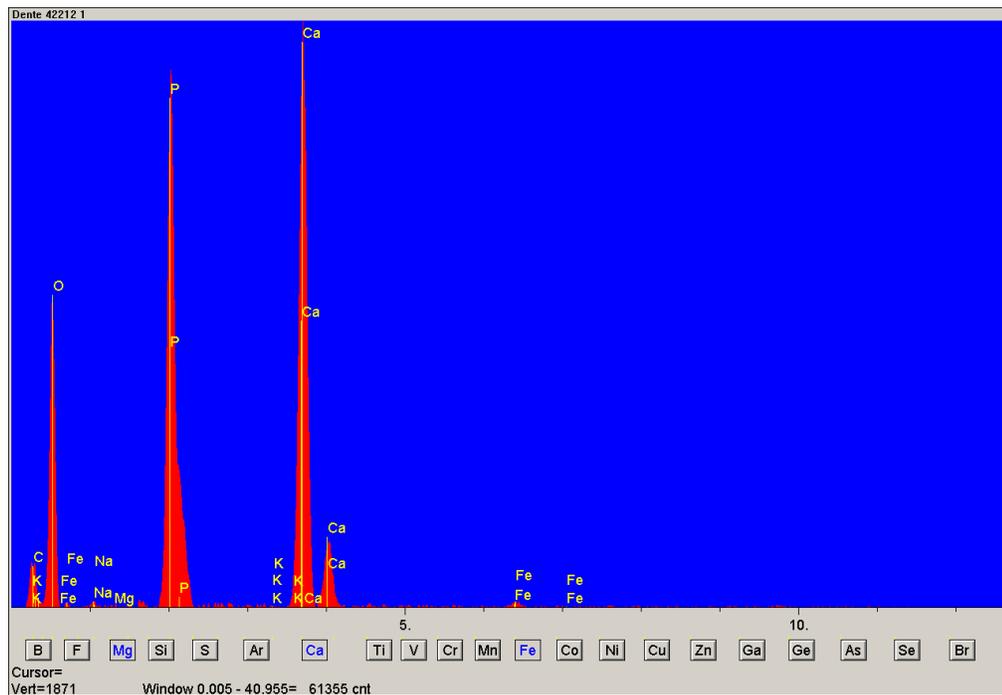


Figura 26: Espectro obtido com MEV/EDS da dentina mostrando picos de Ca, P e O, indicando a composição química original dentária.

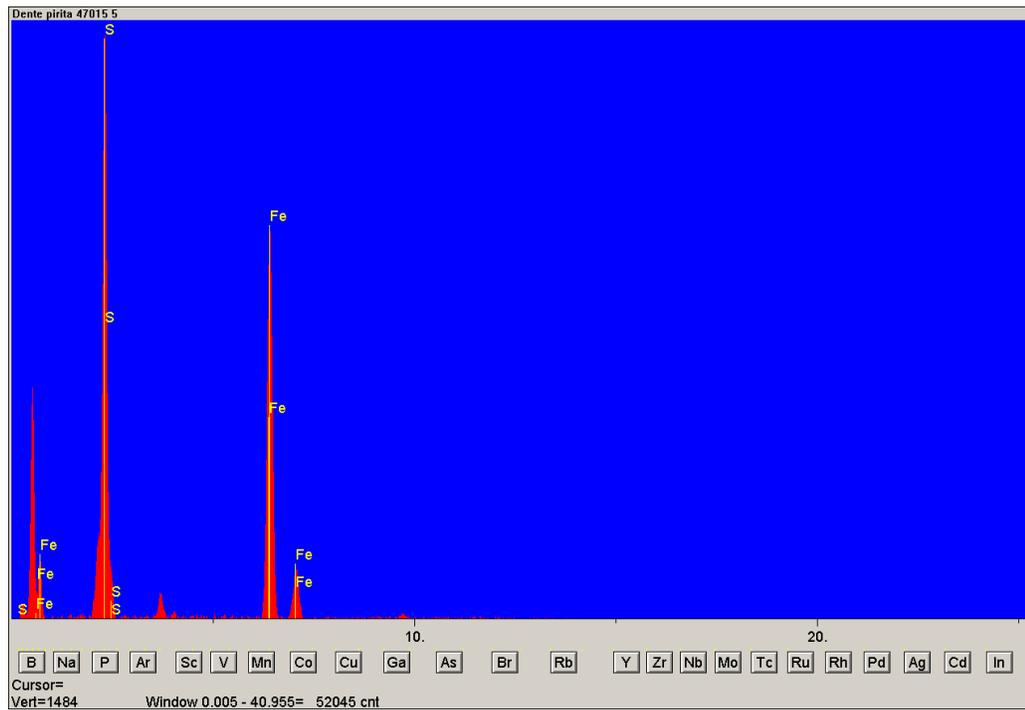


Figura 27: Espectro obtido com MEV/EDS da dentina mostrando picos de Fe e S, indicando a presença de sulfeto de ferro em túbulos dentinários.

5.2.3 Vértebra

Como explicado anteriormente, a amostra da vértebra não foi submetida a análise de microscopia óptica e eletrônica de varredura, devido, durante a confecção das lâminas petrográficas, o tecido esponjoso da vértebra ser bastante frágil e impossibilitando um estudo mais aprofundado tanto morfológicamente quanto na composição química realizada através de EDS.

6 CONCLUSÕES

Através das análises bioestratinômicas e fossildiagnéticas pode-se concluir que:

- As preguiças terrícolas *E. laurillardi* feneceram de maneira catastrófica através de um evento de grande magnitude, atingindo o bando de maneira indiscriminada, estando a concentração fossilífera constituída de várias classes de tamanho relacionados aos diferentes estágios ontogenéticos.
- Esta concentração fossilífera é monotípica e foi gerada por um fluxo de detritos a partir de eventos torrenciais, o qual carregou esses animais para o sítio pleistoceno ficando retidos nesse espaço.
- A necrólise ocorreu em ambiente aeróbio.
- A pirita encontrada no material, por ser parcial e pontuada nos restos esqueléticos, nesse contexto, sugere a instalação de um microambiente redutor ao redor das carcaças desses animais, dentro de um ambiente aeróbio.
- A assembléia fossilífera é uma assembléia parautóctone devido ter sido encontrado *in situ* e sua preservação não ter ocorrido em posição de vida.
- Os bioclastos das preguiças terrícolas não apresentam sinais de transporte e bioerosão, apresentando um alto grau de preservação morfológica.
- O grau de empacotamento dos ossos na matriz lamosa é fracamente empacotado
- Os fósseis na matriz estão arranjados tridimensionalmente de maneira concordante com o plano de acamamento, sendo que alguns se encontravam levemente inclinados provavelmente deslocados por simples acomodação do material acumulado na depressão.
- A estrutura interna desta tafocenose foi identificada como simples ou maciça.
- As amostras visualizadas em microscopia óptica petrográfica revelaram estruturas ósseas tanto do tecido ósseo denso quanto do tecido ósseo esponjoso bem formados e praticamente inalteradas no processo fossildiagnético.
- A composição química óssea e dentária, aparentemente, não sofreu alterações, mantendo-se com a composição química original dos restos esqueléticos, passando incólume aos processos fossildiagnéticos e não ocorrendo substituição na composição óssea.

- A tafocenose foi acumulada por evento catastrófico com mortandade em massa, o que propiciou a boa preservação dos restos esqueléticos de *Eremotherium laurillardi*, devido ao rápido soterramento, atingindo todo o bando corroborando a hipótese de Rossetti *et al.* (2004).

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E. 1991. Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record. New York, Topics in Geobiology, Plenum Press, p.115- 209.
- BEHRENSMEYER, A.K. 1991. Terrestrial Vertebrate Accumulations. In: ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E.G. *Taphonomy: Releasing The Data Locked in The Fossil Record*. Plenum Press, New York and London. 291 – 335 p.
- BERNER, R.A. 1984. Sedimentary pyrite formation: an update. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48(4):605-615.
- BERTONI-MACHADO, C. & HOLZ, M. 2006. Bioestratigrafia de Vertebrados em Sistemas Fluviais: estado da arte. In.: SEMANA ACADÊMICA DOS ALUNOS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, 1., 2006, Porto Alegre. *Resumos...* Porto Alegre: UFRGS, p. 23-26.
- BERTINI, R.J., SANTUCCI, R.M., TOLEDO, C.E.V. & MENEGAZZO, M.C. 2006. Taphonomy and Depositional History of an Upper Cretaceous Turtle-Bearing Outcrop from The Adamantina Formation, Southwestern São Paulo State. *Revista Brasileira de Paleontologia*. **9** (2): 181 – 186.
- BOLZON, R.T., SILVÉRIO DA SILVA, J.L., MACHADO, L.G. 2004. Fossilização de Lenhos do Mesozóico do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **7** (2): 103 – 110.
- CANFIELD D.E. & RAISWELL, R. 1991. Pyrite Formation and Fossil Preservation. In.: ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E. 1991. *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*. New York, Topics in Geobiology, Plenum Press, p. 337 – 387.
- CARTELLE, C. 1994. *Tempo Passado – Mamíferos do Pleistoceno em Minas Gerais*. Belo Horizonte, Ed. Palco. 132p.
- CARTELLE, C. 2000. Preguiças Terrícolas, essas desconhecidas. *Ciência Hoje*, **27** (161): 18 – 25.

- CARTELLE, C. & BOHÓRQUEZ, G. A. 1982. *Eremotherium laurillardi* Lund, 1842. Parte I. Determinação Específica e Dimorfismo Sexual. *Iheringia, Série Geologia*, **7**: 45 – 63.
- CARTELLE, C. & BOHÓRQUEZ, G. A. 1986. Presença de Ossículos Dérmicos em *Eremotherium laurillardi* (Lund) Cartelle & Bohórquez, 1982. (Edentata, Megatheriidae). *Iheringia, Séri. Geologia*, **11**: 3 – 8.
- CARTELLE, C. & IULIIS, G. 1995. *Eremotherium Laurillardi*: The Panamerican Late Pleistocene Megatheriid Sloth. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **15** (4): 830 – 841.
- COSTA, M.L. 2002. Mineralização de Fragmentos Ósseos Fósseis de Sedimentos da Bacia do Acre. *Contribuições à Geologia da Amazônia*, **3**: 301 – 318.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A & ZUSSMAN, J. 1966. *Minerais Constituintes das Rochas – Uma Introdução*. Fundação Calouste Gulbernkian. Lisboa. 558p.
- DI FIORI. M.S.H. 2001. Tecido Ósseo. In.: DI FIORI. M.S.H. *Atlas de Histologia*. Ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 7ª Edição. 229 p. 13 – 14p.
- DODD, J.R. & STANTON, R.J. 1990. *Paleoecology: Concepts and Applications*. Wiley-Interscience, New York. Second Edition. 528 p.
- FARIÑA RA. 2002. Taphonomy and Palaeoecology of the South American giant mammals. In: De Renzi M, Pardo Alonso MV, Belinchón M, Peñalver E, Montoya P, Márquez-Aliaga A, eds. *Current Topics in Taphonomy and Fossilization*. Valencia: Ayuntamiento de Valencia, 97-113.
- FERREIRA, D.J.X. 2004. *Determinação de Sexo e Idade em Exemplos de Eremotherium laurillardi (Lund, 1842) da Coleção de Paleontologia do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pará. Belém – Pará.
- GEORGE, L.L. & CASTRO, R.R.L. 1998. Tecido Ósseo. In.: GEORGE, L.L. & CASTRO, R.R.L. *Histologia Comparada*. Ed. Roca. 2ª Edição. 45 – 53p.
- HOLZ, M. & BARBERENA, M. 1989. A Importância da Tafonomia para o Estudo de Vertebrados Fósseis. *Acta Geologica Leopoldensia.*, **7** (29): 77 – 92.

- HOLZ, M. & SCHULTZ, C.L. 1998. Taphonomy of The South Brazilian Triassic Herpetofauna: Fossilization Mode and Implications for Morphological Studies. *Lethaia*. **31**: 335 – 345.
- HOLZ, M. & SIMÕES, M.G. 2002. *Elementos Fundamentais de Tafonomia*. Porto Alegre. Ed. Universidade/UFRGS. 231p.
- HOLZ, M. & SOARES, M.B. 1995. Tafonomia de Vertebrados – Estado da Arte e Perspectivas para a Paleontologia Sul – Rio – Grandense. *Comun. Mus. Ciênc. Tecnol. Ser. Ciênc. Terra*. UBEA/PUCRS. Porto Alegre, N. 1, p.: 85 – 94.
- HOLZ, M. & SOUTO-RIBEIRO, A.M. 2000. Taphonomy Of The South-Brazilian Triassic Vertebrates. *Revista Brasileira de Geociências*, **30** (3): 491-494.
- IULIIS, G. & CARTELLE, C. 1993. The Medial Carpal and Metacarpal Elements of Eremotherium and Megatherium (Xenarthra: Mammalia). *Journal of Vertebrate Paleontology*, **13** (4): 525 – 233.
- JUNQUEIRA, L.C. & CARNEIRO, J. 1985. Tecido Ósseo. In.: JUNQUEIRA, L.C. & CARNEIRO, J. *Histologia Básica*. Guanabara Koogan. Sexta Edição. p. 137 – 161.
- KIDWELL, S.M. & BOSENCE, D.W.J., 1991. Taphonomy and time- averaging of marine shelly faunas. In: ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E. (Eds.) *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*. New York, Topics in Geobiology, Plenum Press, p.115- 209.
- KIDWELL, S.M. & HOLAND, S.M., 1991. Field description of coarse bioclastics fabrics *Palaios*, Tulsa, 6:426-434.
- KIDWELL, S.M.; FURSICH, F.T. & AIGER, T., 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentration. *Palaios*, Tulsa, 1:228-238.
- MA, Q.Y., LOGAN, T.J. & TRAINA, S.J. 1995. *Lead immobilization from Aqueous Solutions and Contaminated Soils Using Phosphate Rocks*. *Environ. Sci. Technol.*, vol **29** (4), p. 1118-1126.
- MARTIN, R.E. 1999. *Taphonomy: A Process Approach*. Cambridge Paleobiology Series. 508p.

- MAVROPOULOS, E. 1999. *A hidroxiapatita como absorvedor de metais*. Dissertação de mestrado. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 105 p.
- MENDES, J.C. 1988. *Paleontologia Básica*. São Paulo. Ed. da Universidade de São Paulo. 347p.
- OLIVEIRA, C.A. 2001. Turfa de São José dos Campos: Estado de São Paulo. *Informe de Recursos Minerais. Série Oportunidades Minerais – Exame Atualizado de Projeto*. São Paulo: CPRM. n° 24. 14 p.
- PAULA COUTO, C. 1952. *As Sucessivas Faunas de Mamíferos Terrestres no Continente Americano*. Publicações Avulsas do Museu Nacional. Oficina Gráfica da Universidade do Brasil. 159 p. 91 figs.
- PAULA COUTO, C. 1979. Ordem Edentata Cuvier, 1798 (= Xenarthra Cope, 1889). In: PAULA COUTO, C. *Tratado de Paleomastozoologia*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. p. 189 – 239.
- PRADA-GAMERO, R.M., VIDAL-TORRADO, P. & FERREIRA, T. O. 2004. Mineralogia e físico-química dos solos de mangue do rio Iriri no canal de Bertioga (Santos, SP). *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. Vol. **28**. n° 2.
- RANZI, A. 2000. *Paleoecologia da Amazônia: Megafauna do Pleistoceno*. Ed. da UFSC, Florianópolis, 101p.
- REICHEL, M., SCHULTZ, C.L. & PEREIRA, V.P. 2005. Diagenetic Pattern of Vertebrate Fossils from The Traversodontidae Biozone, Santa Maria Formation (Triassic), Southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **8** (3): 173 – 180.
- RODRIGUES, S.C. , SIMÕES, M.G. & LEME, J.M. 2003. Tafonomia Comparada dos Conulatae (Cnidaria), Formação Ponta Grossa (Devoniano), Bacia do Paraná, Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, **33** (4): 381-390.
- ROSSETTI, D.F., TOLEDO, P.M., MORAES-SANTOS, H.M. & JÚNIOR, A.E.A.S. 2004. An Integrated Approach To Reconstruct Landscapes In Central Amazonia Using Megafauna, Sedimentology, Radiocarbon and Isotope Analysis. *Quaternary Research*, **61**: 289 – 300.

- SIMÕES, M.G. & HOLZ, M. 2004. Tafonomia: Processos e Ambientes de Fossilização. In: CARVALHO, I.S. *Paleontologia*. Editora Interciência, Rio de Janeiro. p. 19 – 45.
- SIMPSON, G.G. 1980. Xenarthras: The Strange-Joint Mammals. In.: SIMPSON, G.G. *Splendid Isolation. The Curious History of South American Mammals*. New Haven and London Yale University Press. p. 79 – 95.
- SIMPSON, G.G. & PAULA-COUTO, C. 1957. The mastodonts of Brazil. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, **112** (2): 129 – 189. pl. 1-23.
- SÜFFERT, T. 1998. Turfas de Águas Claras, Estado do Rio Grande do Sul. *Informe de Recursos Minerais. Série Oportunidades Minerais – Exame Atualizado de Projeto*, CPRM. n° 13. **1V**. 14p.
- TÁVORA, V.A., & MIRANDA, M.C.C. 2004. Sistemática e Tafonomia de uma Fáunula de Crustáceos Decápodes da Formação Maria Farinha (Paleoceno), Estado de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **7** (1): 45 – 52.
- TÁVORA, V.A., MESQUITA, N., SOUZA, S.R., CACELA, A.S.M. & TEIXEIRA, S.G. 2002. Sistemática e Tafonomia dos Crustáceos Decápodes da Ecofácies Capanema da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará. *Revista Brasileira de Geociências*, **32** (2):223-230.
- TÁVORA, V.A., PONTES, K.G.A. & MESQUITA, N. 2005. Sistemática e Tafonomia dos Cirrípedes Balanomorfos da Formação Pirabas (Eomioceno), Estado do Pará, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, Rio de Janeiro, **63** (3): 459-470.
- TÁVORA, V.A. SILVA, F.A. & SOUZA, E.J. 2006. Fossildiagênese e geoquímica dos crustáceos decápodes da Formação Maria Farinha (Paleoceno), Estado de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. **36** (1): 81 – 89p.
- TOLEDO, P.M. 1989. Algumas considerações sobre a Sistemática de *Eremotherium lautillardi* (Lund), Cartelle & Bohórquez, 1982, (Edentata, Megatheriidae). In.: *Anais do XI Congresso Brasileiro de Paleontologia*, Curitiba – PR. Vol. **1**: 763 – 777.
- TOLEDO, P.M. 1998. *Locomotory Patterns within The Pleistocene Sloths*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi (Coleção Friedrich Katzer), 192p.

- TOLEDO, P.M., FERREIRA, D.J.X. & MORAES-SANTOS, H.M. 2005. Determinação de Estágios Ontogenéticos em *Eremotherium laurillardi*, Pleistoceno Tardio, Itaituba (PA). In.: XIX Congresso Brasileiro de Paleontologia & VI Congresso Latino-Americano de Paleontologia. *Resumos do XIX Congresso Brasileiro de Paleontologia & VI Congresso Latino-Americano de Paleontologia*.
- TORRELLA, F.F. & SIMÕES, M.G., 1994. Características tafonômicas da assembléia de *Pinzonella illusa* Reed, Formação Corumbataí (Neopermiano), Bacia do Paraná, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, 17 (39/1):159-173.
- WEIGELT, J. 1989. *Recent Vertebrate Carcasses and Their Paleobiological Implications*. The University of Chicago Press. 188p.