FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE

LUANA CARDOSO DE ANDRADE

A FOSSILIZAÇÃO EM VERTEBRADOS PLEISTOCÊNICOS DE ARARAS, RONDÔNIA E O DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Porto Velho (RO)
2013

LUANA CARDOSO DE ANDRADE

A FOSSILIZAÇÃO EM VERTEBRADOS PLEISTOCÊNICOS DE ARARAS, RONDÔNIA E O DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Dissertação de Mestrado apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Área de Concentração em Geociências para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi

Porto Velho (RO)
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

BIBLIOTECA PROF. ROBERTO DUARTE PIRES

A5531f

Andrade, Luana Cardoso

A fossilização em vertebrados pleistocênicos de Araras, Rondônia e o desenvolvimento regional / Luana Cardoso Andrade. Porto Velho, Rondônia, 2013.

82. f.:il.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) Fundação Universidade Federal de Rondônia / UNIR.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi

1. Fósseis 2. Carbonização I. Maniesi, Vanderlei II. Título.

CDU: 56(811.1)

Bibliotecária Responsável: Ozelina Saldanha CRB11/947

LUANA CARDOSO DE ANDRADE

"A Fossilização em Vertebrados Pleistocênicos de Araras, Rondônia e o Desenvolvimento Regional".

Comissão Examinadora

Dr. Vanderlei Maniesi
Orientador
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Dra. Ene Glória da Silveira
Membro
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Profa. Dra. Mariangela Soares de Azevedo
Membro
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Dra. Adaiane Spinelli
Suplente
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Porto Velho, 18 de Dezembro de 2013.

Resultado: APROVADO

Dedico este trabalho
à minha mãe,grande mestre da vida,
pelo imenso apoio e carinho incondicional.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante a duração do curso de Pós-graduação em nível de Mestrado.

À Universidade Federal de Rondônia e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, pela oportunidade de ingressar no Programa de Mestrado.

Ao Serviço Geológico do Brasil – CPRM residência Porto Velho pelo apoio, e, em especial à equipe do Laboratório de Petrografia pela disponibilidade e análises realizadas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Vanderlei Maniesi, pelo imenso incentivo, paciência, compreensão, ensinamentos, ética e discussões. Agradeço ainda, por me fazer entender a importância de ser ético e agir com profissionalismo. Obrigada por todo o tempo dedicado para a realização deste trabalho e pelos ensinamentos que levarei comigo por toda vida!

À Ângela, esposa de meu prezado orientador, pela paciência, gentileza e pelas trocas de experiências. Obrigada!

À Isabel, secretaria do PGDRA por todo apoio prestado, pela gentileza e pela eficiência.

Ao Geólogo MSc. Amílcar Adamy, da CPRM, por ceder as amostras de fósseis utilizadas neste trabalho, pelo auxílio, compreensão e discussões sobre o tema.

Ao Geólogo MSc. Marcos Quadros, pela gentileza em ceder o espaço do laboratório de Petrografia, para a análise e registro de fotos dos fósseis.

Ao Boáz, do Laboratório de Petrografia da CPRM, pela realização das lâminas delgadas e pelo apoio.

À Pâmela, do Laboratório de Petrografia da CPRM, pela gentileza em nos receber e ajudar com a dinâmica de laboratório.

A Profª. Dra. Carolina Almeida da Universidade Federal do Amazonas pela gentileza e parceria. Ao Bruno Cortez pela realização das análises MEV e pela disposição de me auxiliar. Valeu!

Ao Leonardo Lôbo, pelo imenso auxílio nas identificações anatômicas e pelas conversas, apoio e trocas de experiências. Valeu Léo!

À Profª. Elisângela Lima C. Schuindt pela revisão e correção do *Abstract*. Obrigada!

À Profª. Dra. Elizabeth Martinês pelo incentivo em relação à aplicação deste tema na educação, pelas ideias e pelas trocas de experiências. Muito obrigada pelo imenso apoio!

Ao Dr. Renato Kipnis, a Dra. Juliana Santi, aos MSc. Ednair Rodrigues do Nascimento, Michelle Mayumi Tizuka, Marcos César Bissaro Jr., Cassiana Purcino Perez e à Tirla Tavares dos Santos, Angislaine Freitas, Morgânia Ferreira Rodrigues pelo incentivo ao ingresso no Mestrado e aos demais vinculadas à Scientia Consultoria Científica, bem como as discussões que antecederam este projeto e contribuíram para que o mesmo fosse formulado.

Ao Geólogo Valentim Manduca Pacios pelo auxílio e troca de experiências.

Aos meus pais pela compreensão, estímulo, auxílio pessoal e financeiro e por sempre acreditarem em mim, sem jamais questionar ou cobrar. Obrigada família!

Ao meu companheiro de todas as horas, Francisco das Chagas pela imensa compreensão, auxílio, estímulo, paciência... Obrigada por todo o apoio!

À minha família cearense (meus tios, tias e primos), em especial, ao meu Tio Natan, à Jeize Andrade e a Denise Sousa, pelo apoio pessoal, afeto, carinho, confiança e estímulo.

À minha família paulistana (avó, tias e primos) pelo apoio e carinho.

Aos meus amigos da Pós-Graduação Luciane Schneider, Aureni Ribeiro, Juci Theodoro, Sari Possari e Elmir Marques pelo estímulo, discussões, apoio e amizade. Em especial Luciane Schneider e Aureni Ribeiro, além das discussões acadêmicas, me ensinaram lições para a vida. Obrigada!

Às minhas amigas Edilane Tavares e Suzi Brito, pela amizade e apoio.

À Roberta Pantoja e Glaidsan Moreira pelo tratamento das dores musculares, especialmente à Glaidsan Moreira.

Aos outros colegas que me deram incentivo (e que não recordo).

Por fim, a todos que contribuíram de maneira direta ou indireta para que este trabalho e torceram para que se tornasse concreto.

“Tenha sempre bons pensamentos,
porque os bons pensamentos
se transformam em suas palavras.
Tenha boas palavras,
porque as suas boas palavras
se transformam em suas ações.
Tenha boas ações,
porque as suas ações
se transformam em seus hábitos.
Tenha bons hábitos,
Porque seus hábitos
se transformam em suas valores.
Tenha bons valores,
porque os seus valores
se transformam no seu próprio destino”.

Mahatma Gandhi

RESUMO

Relações de microestruturas com a fossilização foram estudadas em fragmentos ósseos pós-cranianos coletados entre as décadas de 1970 e 1990, pertencentes a indivíduos da megafauna pleistocênica de Araras, Rondônia, com identificações anatômicas e taxonômicas, utilização de técnicas de microscopia (petrografia e microscópia eletrônica de varredura-MEV), determinação química (MEV com espectrômetro de energia dispersiva) e reconhecimento de campo do local de coleta dos fósseis. Os estudos anatômicos e taxonômicos mostraram a ocorrência fóssil de indivíduos da família Toxodontidae e da espécie *Eremotherium laurillardi* (família Megatheriidae), corroborando com a proposição atual para a região de um ambiente pleistocênico de floresta e de savana na região. As análises microscópicas e químicas revelaram a carbonização como o processo de fossilização que foi atuante nos espécimes de Araras, sendo constatada pela primeira vez em fósseis vertebrados pleistocênicos provenientes de depósitos fluviais do rio Madeira. Caracterizam-se pela presença da matriz amorfa negra, possivelmente associada à desidratação e empobrecimento de materiais voláteis do colágeno devido às condições redutoras do ambiente que estiveram submetidos. O carbono como seu constituinte químico predominante apresenta teores de 10,99% a 90,19%. Conteúdos menores de carbono, mesmo que superiores ou igual a 10,99%, estão associados a porções da matriz amorfa negra com cristais submilimétricos de quartzo, plagioclásio, óxido e hidróxido de ferro e zircão como prováveis infiltrações externas, proporcionando a constatação de teores em porcentagem em peso de ferro, manganês, magnésio, sílica e zircônio. A degradação microestrutural dos espécimes, quando incipiente, exibe a matriz amorfa negra preenchendo apenas microestruturas (centro dos canais de Havers e de Volkmann) e, quando em estágio mais avançado, degrada por completo as microestruturas ósseas em favor da matriz amorfa negra. Dentre os elementos pós-cranianos estudados, o fragmento da tíbia de *Eremotherium laurillardi* é que exibe o mais alto grau de preservação histológica, tendo mais de 95% de suas microestruturas preservadas em algumas de suas porções, diferenciando dos ossos de vertebrados atuais pela presença da matriz amorfa negra e microfissuras. Seu elevado grau de preservação histológica mostrou que o espécime de tíbia de *Eremotherium laurillaridi* pode ter pertencido a um indivíduo jovem devido ao arranjo lamelar dos ósteons. Os conhecimentos paleoambientais de Araras podem se constituir em uma significativa ferramenta no processo de desenvolvimento regional no sentido de patrimônio cultural paleontológico, ampliando as probabilidades de preservação dos espécimes de megafauna pleistocênica da região, podendo, assim, possibilitar a formação de cidadãos mais comprometidos com a preservação deste patrimônio e sua contribuição para o desenvolvimento regional.

Palavras-chave: vertebrados pleistocênicos, carbonização, microestrutura óssea, patrimônio, Araras.

ABSTRACT

Relations of microstructures with the fossilization were studied in post-cranial bone fragments collected between the seventies and the nineties, of the Pleistocene megafauna individuals of Araras, Rondônia, with anatomical and taxonomic identifications , using microscopy techniques (petrography and scanning electron microscopy - SEM) , chemical determination (SEM with energy dispersive spectrometer) and field reconnaissance of the site collection of fossils. The anatomical and taxonomic studies have shown the occurrence of fossil individuals Toxodontidae family and specie *Eremotherium laurillardi* (Megatheriidae family), supporting the current proposal for the area of a Pleistocene environment of forest and savanna in the region. The microscopic and chemical analyses revealed that carbonization is the fossilization process that acted on species of Araras and diagnosed for the first time in Pleistocene vertebrate fossils from Madeira River´s fluvial deposits. They are characterized by the presence of the amorphous black matrix possibly related to the dehydration and depletion of collagen volatiles due to reducing environmental conditions to which they were submitted. Carbon, their predominant chemical constituent, presents levels between 10,99% and 90,19 %. Lower carbon contents, even if equal to or higher than 10,99%, are associated with portions of submillimeter black matrix, crystal amorphous quartz, plagioclase, iron oxide, iron hydroxide and zircon as probable external infiltrations, providing the contents of observation percentage by weight of iron, manganese, magnesium, silica and zirconium. Microstructural degradation of specimens, when incipient, displays the amorphous black matrix filling only microstructures (center of Havers and Volkmann channels). In later stages, the bony microstructures are completely degraded in favor of the black amorphous matrix. Among the post-cranial elements studied, the tibia *Eremotherium laurillardi* fragment demonstrates the highest degree of histological preservation, with more than 95% of its microstructures preserved in some of its portions, contrary to the bones of current vertebrates characterized by the presence of the black amorphous matrix and microcracks. These specimen´s high degree of histological preservation showed that tibia *Eremotherium laurillaridi* may have belonged to a young individual, due to the lamellar arrangement of osteons. The paleoenvironmental knowledge of Araras may constitute a significant tool in the regional development process towards paleontological cultural heritage, increasing the possibilities for Pleistocene megafauna specimen’s preservation in the region. It can thus enable the formation of more committed citizens with the preservation of this heritage and its contribution to regional development.

Keywords: Pleistocene vertebrates, carbonization, bone microstructure, equity, Araras.

SUMÁRIO

pág.

1. INTRODUÇÃO. 15

1.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DE ESTUDO 16

1.2. OBJETIVOS 17

2. REFERENCIAL TEÓRICO 18

2.1. PRESERVAÇÃO DE ELEMENTOS ÓSSEOS: TORNANDO-SE FÓSSIL . . . 18

2.2. CONSTITUINTES HISTOLÓGICOS DO OSSO HAVERSIANO. 19

2.3. MICROSCOPIA E ANÁLISE QUÍMICA APLICADA À MICROESTRUTURA ÓSSEA 20

2.4. PROCESSOS DE ALTERAÇÕES EM OSSOS 22

2.4.1. Alteração pelo processo de carbonização 22

2.4.2. Degradação e mudanças nas características histológicas do osso 23

2.5. DA IDÉIA DE DESENVOLVIMENTO À RELAÇÃO DA PALEONTOLOGIA COM O DESENVOLVIMENTO REGIONAL 27

2.6. CONTEXTO GEOLÓGICO E PALEONTOLÓGICO REGIONAL 32

2.6.1. Registro fossilífero do Pleistoceno de Rondônia. 32

2.6.2. Geologia da área de estudo 33

3. MATERIAIS E MÉTODOS 37

3.1. PRIMEIRA ETAPA: LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO 37

3.2. SEGUNDA ETAPA: PREPARAÇÃO DOS FÓSSEIS E CONFECÇÃO DAS LÂMINAS DELGADAS 38

3.3. TERCEIRA ETAPA: IDENTIFICAÇÃO ANATÔMICA DOS FRAGMENTOS FÓSSEIS 38

3.4. QUARTA ETAPA: IDENTIFICAÇÃO DE MICROESTRUTURAS, MINERAIS E ANÁLISES QUÍMICAS 39

3.5. QUINTA ETAPA: TRABALHOS DE CAMPO 40

4. RESULTADOS 41

4.1. IDENTIFICAÇÃO ANATÔMICA E TAXONÔMICA DOS ESPÉCIMES . . . 41

4.1.1. Epífise proximal de tíbia esquerda. CPRM-13. 41

4.1.2. Centro de vértebra torácica. CPRM -42 42

4.1.3. Fragmento proximal de fêmur esquerdo. CPRM-7 45

4.2. REVELANDO O UNIVERSO MICROSCÓPICO DOS PALEOVERTEBRADOS DE ARARAS 47

4.2.1. Microestruturas 47
4.2.2. Preservação dos espécimes 49
4.2.3. Estágio ontogenético 52
4.2.4. Microfissuras e seus significados. 53
4.2.5. Modificações químicas 55

5. DISCUSSÃO 63

CONCLUSÃO 67

REFERÊNCIAS. 69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Adaptado de Adamy (2000). 16

Figura 2. Etapas de uma análise tafonômica básica, mostrando a trajetória de um organismo até se tornar um fóssil 19

Figura 3. Esquema ilustrando o osso Haversiano e suas microestruturas 20

Figura 4. Quadro comparativo de conceitos de carbonização 24

Figura 5. Mapa geológico da área de estudo 36

Figura 6. Tíbia esquerda. A. Vista anterior; B. Vista posterior; C. Vista cranial; D. Vista lateral. 41

Figura 7. Centro de vértebra torácica. A. Vista cranial; B. Vista ventral 43

Figura 8. Corpo vertebral de *Eremotherium laurillardi* em comparação com o exemplar CPRM 042. A. vértebra cervical; B. vértebra torácica; C. vértebra lombar . . 44

Figura 9. Fêmur esquerdo. A. Vista anterior; B. Vista posterior; C. Detalhe cabeça do fêmur ; D. Detalhe fossa trocantérica. E. Vista proximal 46

Figura 10. Corte transversal realizado na porção proximal da tíbia de *Eremotherium laurillardi* (CPRM-13) 48

Figura 11. Fotomicrografias da amostra CPRM-13 A. Secção transversal, exibindo ósteons e os canais de Havers. B e C. Lamelas circunferenciais do ósteon. D. Canal de Volkmann. Secção longitudinal da amostra CPRM-13 49

Figura 12. Quadro comparativo dos diferentes estágios de degradação. Fotomicrografia das amostras CPRM-13, CPRM-42 e CPRM-SN1 51

Figura 13. Fotomicrografias A e B (CPRM-13), mostrando alterações devido a possível ocorrência de bactérias. A. Porção da amostra bem preservada. B. Detalhe das manchas de possíveis inclusões biológicas bacterianas. C. Alteração bacteriana de Rogoz et al. (2012) 52

Figura 14. Fotomicrografias mostrando diferentes microfissuras encontradas no osso. A. Microfissuras radiais *pós mortem* isentas de matriz amorfa negra. B e C. Fissuras cortando os ósteons (*pos mortem* e pós-soterramento).D. Microfissuras cortando a matriz amorfa negra (pós-fossilização). Amostra CPRM-13 54

Figura 15. Microfissuras pós-fossilização e canal de Volkmann preenchido predominantemente por ferro (porção cinza claro). Amostra CPRM-13. . . . 54

Figura 16. Imagem obtida no microscópio eletrônico de varredura - MEV, mostrando o canal de Havers preenchido predominantemente por carbono (porção negra) e ferro (porção cinza claro).Pontos vermelho e amarelo são pontos de análises

química. Amostra CPRM-13 58

Figura 17. Análises químicas quantitativas obtidas no EDS da matriz cinza claro do canal de Havers. Ponto de análise marcado em vermelho na Figura 16. Amostra CPRM-13 59

Figura 18. Análises químicas quantitativas obtidas no EDS da matriz amorfa negra do canal de Havers. Ponto de análise marcado em amarelo na Figura 16. Amostra CPRM-13 60

Figura 19. Fotomicrografia da secção transversal da amostra CPRM-SN1, exibindo matriz amorfa negra, sem preservação de seus constituintes histológicos. A e B. Cristais de quartzo e plagioclásio infiltrados e agregados de óxidos e hidróxidos de ferro 61

Figura 20. A. Imagem obtida no microscópio eletrônico de varredura - MEV, com a secção longitudinal da amostra CPRM-42), indicando a ocorrência de minerais infiltrados na amostra sobre a matriz amorfa negra. B. Mineral de zircão assinalado em vermelho 61

Figura 21. Análises químicas quantitativas obtidas no EDS da matriz amorfa negra próxima ao cristal de zircão da amostra CPRM-42. Ponto de análise marcado em vermelho na Figura 20B. 62

Figura 22. Desenho esquemático para os fósseis de vertebrados da megafauna pleistocênica de Araras, ilustrando os estágios de degradação óssea histológica no processo de carbonização em um ósteon com suas lamelas ciurcunferenciais e canal de Havers (A, B e C), incluindo infiltrações de minerais externos submilimétricos em um ósteon totalmente carbonizado (D) e microfissuras *pos mortem* (E), pós-soterramento (F) e pós-fossilização (G) . . 65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores dos índices histológicos atribuídos para resumir o grau de mudança diagenética. A seta vermelha mostra o índice histológico da amostra CPRM-13 50

Tabela 2. Dados químicos das amostras CPRM-13 e CPRM-42 obtidos no EDS. *Erro estático relativo, referente a intensidade dos picos para cada elemento expresso na forma de desvio padrão 56

INTRODUÇÃO

As condições de fossilização de paleovertebrados há tempos vêm despertando o interesse de geocientistas mesmo em décadas que os instrumentos tecnológicos disponíveis ainda eram escassos (ex. COOK et al., 1962). Com o avanço de instrumentos tecnológicos na pesquisa científica, houve um incremento significativo de estudos buscando investigar características microestruturais ósseas de fósseis de diferentes idades e localidades do mundo, e suas evidências a respeito da interação entre essas microestruturas e a fossilização, bem como suas implicações paleoambientais.

Mesmo com a variedade de estudos em vertebrados, o processo de fossilização se apresenta como um tema bastante complexo e em muitos aspectos ainda não é bem compreendido em função das variáveis envolvidas em situações distintas (PFRETZSCHNER, 2004). Este cenário não é diferente para a região Amazônica, que abriga grande diversidade de paleovertebrados, sendo escassos os trabalhos relacionados aos aspectos microestruturais e diagenéticos (ex. COSTA, 2002).

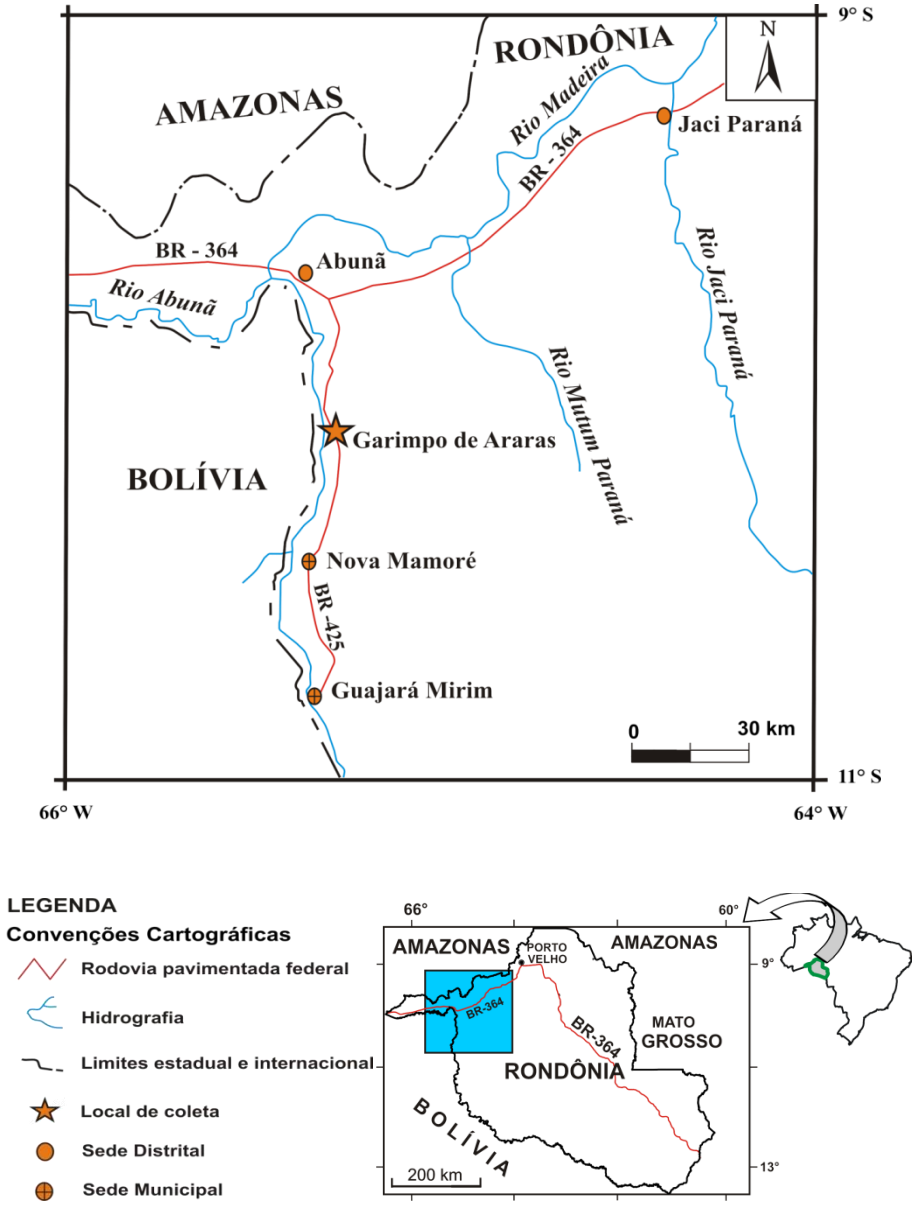
Situação semelhante ocorre no Estado de Rondônia provenientes de trabalhos em áreas com ocorrências de fósseis de vertebrados da megafauna pleistocênica, mesmo carecendo de abordagens relacionadas ao processo de fossilização (ex. NASCIMENTO, 2008; HOLANDA et al., 2011; GOIS et al., 2004; 2012). No caso de restos vegetais fossilizados, há citações do processo de carbonização com base em aspectos morfológicos (ANDRADE et al., 2011; BISSARO JR. et al., 2009; DA-ROSA et al., 2011; NASCIMENTO & HOLANDA, 2006; NASCIMENTO et al., 2009; QUADROS et al., 2006; RIZZOTTO et al., 2006).

Neste sentido, as identificações anatômicas e taxonômicas com a utilização de técnicas de microscopia e determinação química, possibilitam a análise das relações de microestruturas com a tafonomia de fósseis de vertebrados da megafauna pleistocênica de Araras, Rondônia, auxiliando o entendimento do tipo de fossilização presente nesses paleovertebrados. Araras é uma região que concentrou uma quantidade significativa de fósseis coletados durante o auge da atividade garimpeira, entre os anos de 1970 e 1990, sendo representante de um importante contexto fossilífero cultural de Rondônia, fornecendo subsídios para a valoração desses fósseis e contribuindo para o desenvolvimento regional.

1.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada no contexto do Garimpo de Araras, às margens da BR-425, km 40, em direção à cidade de Guajará-Mirim e a 90 quilômetros desta cidade, na margem direita do rio Madeira, entre as cachoeiras de Periquitos e Araras. É possível ter acesso ao local por via terrestre partindo-se de Porto Velho, pela BR-364, no sentido de Rio Branco e em seguida pela BR-425, percorrendo-se 240 km em direção a Guajará-Mirim. A localização da área de estudo pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Adaptado de Adamy (2000).



1.2. OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Compreender as relações de microestruturas ósseas com a fossilização, envolvendo os fatores que possibilitaram a preservação dos paleovertebrados da localidade de Araras, Rondônia, evidenciando a importância do conhecimento paleontológico no sentido de patrimônio cultural e o desenvolvimento regional.

Objetivos Específicos

- Realizar identificações anatômicas e taxonômicas dos fósseis de vertebrados da área de estudo.
- Descrever as características microestruturais observadas em lâminas delgadas dos fósseis, por meio da metodologia de petrografia e de microscopia eletrônica de varredura (MEV), mostrando as alterações em cada elemento ósseo e entre os espécimes, por meio de comparações.
- Analisar os componentes químicos das amostras pelo método de espectrometria de energia dispersiva (EDS), averiguando o processo de fossilização que atuou nos vertebrados fósseis.
- Relacionar as informações do tema em questão com o desenvolvimento regional e sua viabilidade prática pelo viés educacional e patrimonial.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

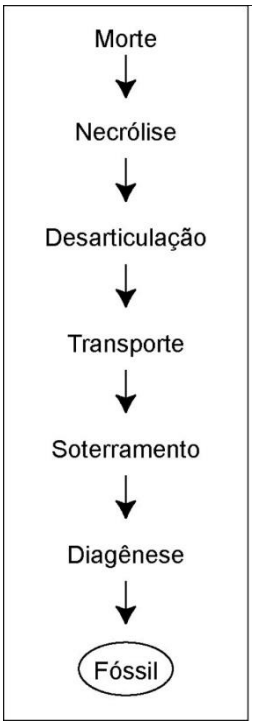
2.1. PRESERVAÇÃO DE ELEMENTOS ÓSSEOS: TORNANDO-SE FÓSSIL

Após a morte dos organismos, no ciclo natural da vida, as partes moles entram em decomposição devido a ação de bactérias e as partes duras ficam sujeitas às condições ambientais, culminando com sua destruição total (CASSAB, 2000). Ocasionalmente o indivíduo pode escapar das ações das intempéries ambientais e não haver a destruição total das partes duras (dentes e ossos). Em restando as partes duras o primeiro passo para a preservação de um resto esqueletal ou dente é o soterramento rápido e a incorporação do organismo no sedimento (PARDO, 1996; SCHOPFT,1975). De maneira geral, somente as partes duras dos organismos se preservam, porém, mais raramente há casos de preservação das partes moles de organismos (ex. mumificação), seguindo etapas tafonômicas básicas (Figura 2).

No entanto, até o organismo chegar a se tornar um fóssil, ocorrem processos diagenéticos que irão determinar se o organismo irá se tornar um fóssil ou não. Aos processos diagenéticos dos fósseis caracterizam-se os processos físicos e químicos que alteram os restos esqueletais após o soterramento (FLESSA et al., 1992). A diagênese óssea é conhecida como um complexo de mudanças, no entanto é difícil uma definição precisa do termo (HEDGES et al., 1995). A diagênese de fósseis é uma importante linhagem que auxilia na compreensão das condições de fossilização de um determinado ambiente, abrangendo os estudos de tafonomia.

A tafonomia como o estudo dos processos de preservação e como eles afetam a informação no registro fossilífero, aborda eventos desde a morte de um animal até a descoberta de seu esqueleto, no registro arqueológico ou palaeontológico (TUNER-WALKER & JANS, 2008). Por meio dos estudos microestruturais das partes duras que se preservam, ocorrida após o soterramento final e processos diagenéticos, se têm informações acerca do tipo de fossilização dos espécimes analisados. Por definição, a fossilização corresponde aos processos que propiciam a preservação dos restos de organismos ou de vestígios desses restos (MENDES, 1988). De acordo com os fatores que irão atuar para que o organismo se fossilize, será decisivo para determinar o ambiente e o tipo de fossilização dos restos. Para isso é necessário compreender a composição microestrutural do osso, visando entender seus processos de alteração.

Figura 2. Etapas de uma análise tafonômica básica, mostrando a trajetória de um organismo até se tornar um fóssil. Fonte: Bertoni (2009).

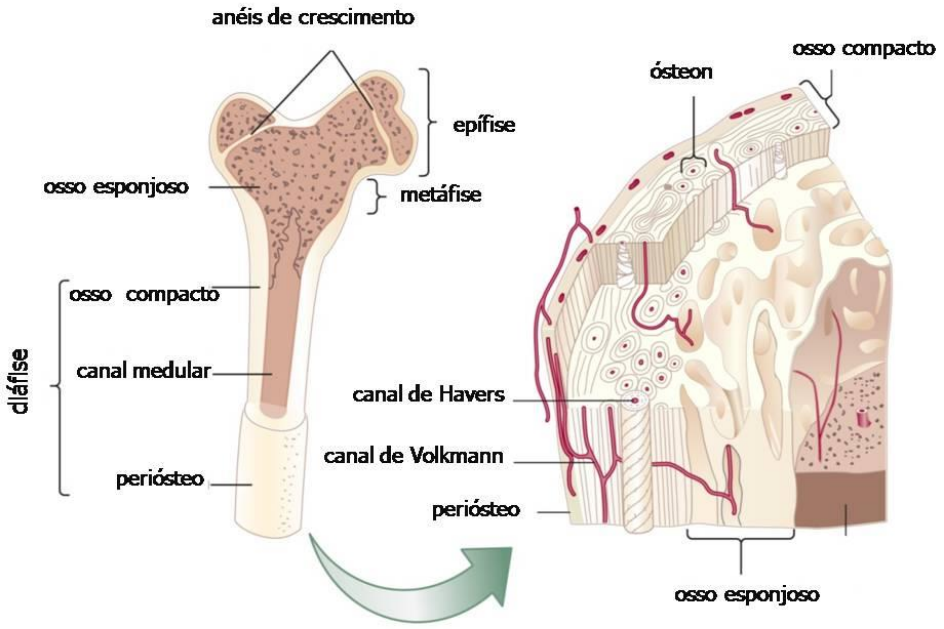


2.2. CONSTITUINTES HISTOLÓGICOS DO OSSO HAVERSIANO

O osso, em sua definição histológica, consiste em uma rede densa organizada principalmente em fibras de colágeno, uma fase mineralizada composta principalmente de hidroxiapatita pobremente cristalizada, junto a cerca de 15 ou mais proteínas não-colágenas (GARLAND, 1989), sendo altamente especializado, combinado com uma fase orgânica (CHILD, 1995). Neste contexto o sistema de Havers ocorre principalmente ao longo do eixo do osso e, em seção transversal, os canais aparecem como aberturas rodeadas por estruturas cilíndricas em forma de anel e lamelas concêntricas e, em seção longitudinal, os canais são fendas longas no limite com as lamelas (LEESON & LEESON, 1976), Figura 3.

Cada sistema de Havers (ou ósteon) consta de tecido ósseo laminar (CUEZVA & ÉLEZ, 2000a). O canal de Havers abriga um ou dois pequenos vasos sanguíneos responsáveis pela nutrição dos osteócitos através de canículos interconectantes (CORMACK, 1996). Esses canais são constituídos por um cilindro longo, às vezes bifurcado paralelo à diáfise, formado por quatro a vinte lamelas ósseas concêntricas que se comunicam entre si, com a cavidade medular e com a superfície externa do osso por meio dos canais de Volkmann que são transversais ao osso (JUNKEIRA & CARNEIRO, 1990).

Figura 3. Esquema ilustrando o osso Haversiano e suas microestruturas. Modificado de http://kids.britannica.com/elementary. Acesso em: 20 jun. 2013.



Os canais vasculares contém vasos sanguíneos e nervos necessários à nutrição dos osteócitos, sendo que os canais de Havers além dos osteócitos nutrem os ósteons (CUEZVA & ÉLEZ, 2000a). Após a morte do animal, pode haver a decomposição total das microestruturas (nervos e elementos sanquíneos) e os canais de Havers permanecem como estruturas ocas ou preservar detritos residuais derivados de capilares, fibras nervosas e tecidos conectivos, resultando em um aspecto negro e parcialmente preenchido (COOK et al., 1962). Em ambas as situações podem facilitar a entrada de elementos externos no osso.

2.3. MICROSCOPIA E ANÁLISE QUÍMICA APLICADA À MICROESTRUTURA ÓSSEA

O microscópio eletrônico de varredura - MEV é um aparelho que pode fornecer rapidamente informações sobre a morfologia e identificação de elementos químicos de uma amostra sólida, em imagens de alta resolução e tridimensionais (DEDAVID et al., 2007). Os modelos de MEV atuais permitem que seja acoplado um espectrômetro de energia dispersiva – EDS ou um espectrômetro em comprimento de onda (WDS), técnicas de microanálise

eletrônica que aplicadas em estudos histológicos auxiliam na determinação de constituintes químicos da amostra.

Quando um animal morre os componentes orgânicos, incluindo as células e os vasos sanguíneos se decompõem ao passo que os componentes inorgânicos tornam-se fossilizados e retém a microestrutura global do osso (RAY et al., 2009). As microestruturas do osso e do dente são muitas vezes bem preservadas em uma escala de micrômeros em espécimes fósseis, registrando marcas de crescimento e outras características histológicas que são frequentemente utilizadas para reconstruções da história de vida de animais extintos ou humanos (ERICKSON, 2005; SMITH, 2008), fornecendo informações substanciais sobre a paleobiologia do animal fóssil (RAY et al., 2009).

No que diz respeito a histologia, há trabalhos que relacionam os estudos de microestrutura em vertebrados (CUEZVA & ÉLEZ, 2000a; 2000b; CHINSAMY & HURUM, 2006; ERICKSON, 2005; FERNÁNDEZ-JALVO et al., 2010; HEDGES et al., 1995; MUKHERJEE et al., 2010; RAY et al., 2009; ROGOZ et al., 2012; SANTOS, 2002; WINGS, 2004). A histologia também pode ser aplicada na determinação da preservação da microestrutura do osso (HEDGES et al., 1995; GARLAND, 1989), na determinação do estágio ontogenético do indivíduo (CUÉZVA & ÉLEZ, 2000b), na determinação de estágios diagenéticos ou até mesmo para auxiliar a interpretação de processos de fossilização de um espécime.

Cuezva & Élez (2000a) realizaram estudos de microscopia em nove amostras de ossos de mamíferos de Somosaguas, Madrid, a fim de descrever as microestruturas observadas e os graus de alteração dos ossos estudados. Na análise das lâminas delgadas os autores notaram a presença de elementos microestruturais que corresponderiam a células ósseas como restos de matriz óssea celular mineralizada, com a possibilidade da observação de osteoplastos e os canalículos calcíferos.

Os autores também realizaram análises para verificar o estágio ontogenético dos ossos dos mamíferos, comparando com a histologia humana, na qual foram encontrados indivíduos adultos e também juvenis (CUEZVA & ÉLEZ, 2000b). As características principais observadas em indivíduos juvenis foram a ausência de osso primário, presença de um sistema intersticial em que predomina o osso de origem perióstico, organizado cristalograficamente e com a presença de fibras de Sharpey distantes do periósteo, além de ósteons muito regulares

que começam a ter substituição. Acrescentando-se, ainda, a ausência de um sistema brechóide, o qual é característico de indivíduos adultos.

Além dos estudos microestruturais visando a caracterização da histologia, há trabalhos que se preocupam em tratar da relação entre microestruturas e as alterações diagenéticas, com abordagens de fatores atuantes na degradação óssea (microorganismos, substâncias químicas, ambiente), incluindo também a fossilização atuante no organismo (HEDGES, 2002; PFRETZSCHNER, 2004; PFRETZSCHNER & TÜTKEN, 2011; ROGOZ et al., 2012; JANS et al., 2002).

2.4. PROCESSOS DE ALTERAÇÕES EM OSSOS

2.4.1. Alteração pelo processo de carbonização

A carbonização consiste no processo de perda progressiva dos elementos voláteis (oxigênio, nitrogênio) devido a atividade bacteriana e concentração de carbono, podendo, a matéria orgânica, chegar a uma simples película, geralmente ocorrendo em meio aquático. A carbonização na definição de Pardo (1996, p. 34):

> A carbonização ou carbonificação se trata de um enriquecimento de carbono associado com uma desidratação e empobrecimento de materiais voláteis causado pelo aumento de temperatura e pressão devido à carga litostática do sedimento sobrejacente, ocorrendo principalmente em plantas, mas também são frequentemente encontradas em fósseis de peixes e organismos de corpo mole.

Schopft (1975) denomina a carbonização de compressão carbonizada que, em vegetais, consiste em partes não-mineralizadas depositadas em sedimentos, onde há o amolecimento das paredes celulares em ambiente anóxicos ou subanóxico, causando o colapso de espaço celulares internos com a perda de água, gases e solúveis, tornando os resíduos consolidados alterados semelhantes ao carvão. Para Cassab (2000):

> A carbonização é um processo de fossilização onde ocorre a perda gradual dos elementos voláteis da matéria orgânica, com liberação de oxigênio, hidrogênio e nitrogênio, ficando apenas a película de carbono. Ocorrem com maior frequência nas estruturas constituídas por lignina, celulose, quitina e queratina, preservando a microarquitetura, porém alterando quimicamente o organismo.

Há estudos de microscopia mostrando exemplos de restos vegetais carbonizados, como troncos ou folhas, que sofreram o processo de queima, exibindo coloração negra (DROBINIAK & MASTALERZ, 2006; SCOTT, 2010). Neste sentido, para entender a ação

da queima nas microestruturas, são realizados experimentos em vegetais (ex. SHEARER & MOORE, 1996) e em vertebrados (ex. HANSON & CAIN, 2007). No caso dos vertebrados, esses estudos favorecem a interpretação de ossos queimados coletados em sítios arqueológicos.

Como processo de fossilização em vertebrados, são raros os estudos envolvendo fósseis pleistocênicos. Como por exemplo, Silva (2001) ao estudar fotomicrografias de fósseis de vertebrados da megafauna pleistocênica de Alagoas, constata a aparência amorfa negra em microestruturas resultante da degradação da matéria orgânica óssea, no processo de carbonização (análise elementar química-CHNS), salientando que a carbonização pode preservar ou não as microestruturas ósseas, relacionando-se às condições redutoras do ambiente.

A Figura 4 resume os conceitos abordados para o processo de carbonização. Nota-se a semelhança entre esses conceitos relatados principalmente à vegetais e peixes, carecendo de relação com a degradação histológica.

2.4.2. Degradação e alteração nas características histológicas do osso

Em relação às transformações diagenéticas do osso Bell et al. (1996) argumentam que o período entre a morte e o soterramento do vertebrado é provavelmente a fase mais crítica na diagênese óssea. Wedl (1864) *apud* Jans et al. (2004) foi o primeiro a descrever alterações microbianas em dentes fossilizados de réptil. Yoshino et al. (1991) mostram os diferentes estágios de degradação óssea em diferentes ambientes, onde os ossos que ficaram soterrados no solo começaram a apresentar sinais de alterações histológicas com 2 anos e meio após o soterramento, enquanto os que ficaram expostos demoraram de 5 a 8 anos para iniciar as alterações histológicas.

Figura 4. Quadro comparativo de conceitos de carbonização.

AUTOR	CONCEITO
Schopft (1975)	Consiste em partes não-mineralizadas depositadas em sedimentos, em vegetais, o processo inicia pelo amolecimento das paredes celulares e o colapso de espaços celulares internos, perda de gás, umidade e solúveis. O processo ocorre em ambientes anóxicos ou subanóxicos.
Mendes (1988)	É um processo de fossilização relativamente comum nos vegetais, mas também em alguns animais, especialmente em peixes, onde ocorre a perda progressiva dos elementos voláteis (oxigênio, nitrogênio), causada por bactérias concentrando carbono, em ambiente aquático, fazendo com que a matéria orgânica chegue à uma simples película.
Pardo (1996)	Ocorre principalmente em plantas, sendo frequente em peixes e organismos de corpo mole. É um enriquecimento de carbono, associado a uma desidratação e empobrecimento de materiais voláteis causados pelo aumento de temperatura e pressão devido à carga litostática do sedimento sobrejacente.
Cassab (2000)	Este tipo de fossilização ocorre com maior frequência nas estruturas constituídas por lignina, celulose, quitina e queratina. Há a perda gradual dos elementos voláteis da matéria orgânica, o oxigênio, hidrogênio e nitrogênio são liberados, restando a película de carbono. As alterações na composição química original, não alteram a microarquitetura dos espécimes vegetais fósseis, permitindo estudos de anatomia.
Silva (2001)	Ocorre em vertebrados sendo provavelmente desenvolvida a partir do carbono da matéria orgânica em fase de decomposição. Processo de fossilização predominante nos ossos de megafauna pleistocênica de Alagoas, sendo evidente a coloração preta dos ossos, também refletindo as condições redutoras do ambiente.

Em relação às alterações histológicas, Garland (1987) classifica as fotomicrografias de ossos humanos em aparência histológica normal, mudanças destrutivas (que incluem as destruições generalizadas e destruições focais), inclusões de origem biológica e infiltrações de elementos químicos. Garland (1987; 1989) ao observar lâminas delgadas de ossos humanos relaciona a aparência amorfa negra no centro dos canais de Havers à degradação da matéria orgânica dos próprios ósteons. Em relação as partes preservadas dos ossos em fotomicrografias, Hedges & Millard (1995) ao estudar ossos humanos de três diferentes sítios arqueológicos com idades entre 4.000 AP e 30.000 AP, estimam o percentual de partes preservadas na porção compacta do osso, classificando-o em índices de 1 a 5.

Garland (1987; 1989) menciona a inclusão de material biológico nos ossos (p.ex. raízes de plantas, folhas e microorganismos) e a presença de infiltrações de cor marrom, caracterizadas como elementos químicos do solo, como o ferro dissolvido. Nesse sentido, Cook et al. (1962) mencionam que as infiltrações de "substâncias estranhas" provenientes do solo nos cortes histológicos de vertebrados pleistocênicos do Alasca são associadas ao início do processo de fossilização. Os autores detectam a aparência amorfa escura em fósseis pleistocênicos de diferentes localidades. Associam, ainda, a maior quantidade de minerais encontrados nas fotomicrografias ao avanço da fossilização, no entanto, sem citar o processo de fossilização do tipo carbonização. Os autores compararam as fotomicrografias de mamutes pleistocênicos de Los Angeles e elefantes asiáticos atuais e não encontraram distinções histológicas, estando os componentes histológicos amplamente preservados em mamutes pleistocênicos.

Além dessas características, Cook et al. (1962) relatam a ocorrência de microfissuras radiais em fósseis de *Mammuthus columbi* do Pleistoceno, sendo que as análises petrográficas e de raios-X indicam que a coloração marrom densa pode ser devido à infiltração de solutos do solo no osso. Para Cook et al. (1962, p.489) as microfissuras radiais apresentam as seguintes características:

> Os limites periféricos do sistema Haversiano apresentam rachaduras ou fissuras que em alguns casos se estendem em três direções. A coloração marrom que permeia é distinta e fortemente concentrada nos canais de Havers, nas rachaduras e nas cavidades das lacunas. As rachaduras que mencionamos estão em todas as situações confinadas à um único sistema de Havers e parecem ser modeladas de acordo com a geometria do sistema.

Pfretzschner (2000) também constata as microfissuras radiais ao observar lâminas delgadas de fósseis pleistocênicos (*Equus sp.* e *Mammuthus sp.*), sendo que aparecem ao

longo da secção transversal do osso, sem um sentido de inervação, mesmo se o colágeno ainda estiver presente na matriz óssea. As microfissuras são atribuídas às alterações diagenéticas (JANS et al., 2002; ROGOZ et al., 2012). Hollund et al. (2012) mostram alterações diagenéticas de ossos humanos de sítios arqueológicos do período Romano da Holanda (Amsterdã), sendo detectadas mudanças histológicas como microfissuras, alteração da coloração e infiltrações de óxidos de ferro.

Durante o início da diagênese, o ambiente químico do osso em decomposição é caracterizado por valores de pH alto, o ferro móvel Fe^{3+} causa a destruição da matéria orgânica, por isso sua preservação demanda que o ambiente de degradação seja isento de O_2 que geralmente ocorre no fundo de mares semi fechados como lagos (MENDES, 1988). Wersin et al. (1991) com base em análise de profundidade de sedimentos em águas intersticiais e aplicação de modelos matemáticos, mostram que a dissolução redutiva do Fe^{3+} pode diminuir ou aumentar de acordo com a profundidade. Os autores mostram que a completa dissolução do óxido de Fe^{3+} ocorre ao longo de 1000 anos. Bloom (1988) mostra que não é necessário que o ambiente de deposição esteja em contato com meio externo, pois as águas oceânicas ou lacustres contêm abundante oxigênio dissolvido, desde que não estejam estagnadas, como no caso das águas intersticiais.

O intemperismo por oxidação ocorre em superfícies rochosas expostas e é caracterizado por uma camada superficial de rocha intemperizada de cor vermelha ou amarela, geralmente, possui a água como agente intermediário, de maneira que sempre exista oxigênio dissolvido na água da chuva ou na água subterrânea (BLOOM, 1988). O autor mostra que as bactérias anaeróbicas conseguem reduzir óxido de ferro completamente para ferro metálico, a fim de usar O_2 para seu processo metabólico.

No que diz respeito a alteração óssea, o ataque microbiano é um fator importante que contribui na degradação óssea (JANS et al., 2004). Collins et al. (2002) sugerem três caminhos que contribuem para a degradação óssea: 1) fração orgânica (colágeno); 2) o mineral do osso; 3) biodegradação, sendo um desses processos o dominante. O processo mais importante durante o início da diagênese é a degradação do colágeno que está relacionado à temperatura, tempo e ambiente de deposição (PFRETZSCHNER, 2004; COLLINS et al., 2002). Dentre as causas para a perda de colágeno, o ataque microbiano é uma das principais, sendo comum na deterioração óssea (HEDGES, 2002; CHILD, 1995).

As alterações microbianas em ossos são amplamente descritas na literatura, sendo comuns em processos de decomposição, logo após a morte do indivíduo e antes do soterramento (p.ex. BELL, 1995; CHILD, 1995; CUÉZVA & ÉLEZ, 2000a; JANS et al., 2002; 2004; JALVO et al., 2010; MARINHO et al., 2006; ROGOZ et al., 2012). As bactérias produzem uma enzima (colagenase) que digere o colágeno do osso e origina uma passagem para o organismo invasor (DIXON et al., 2008), atuando, desta forma, na fase inicial da diagênese óssea, quando o colágeno ainda está presente (PFRETZSCHNER, 2004).

O colágeno possui em seus constituintes compostos nitrogenados em ossos de vertebrados recentes. Strandh (1960) mostra que de 1% a 2% do nitrogênio total calculado é proveniente de colágeno da matriz orgânica dos canais de Havers e cavidades de reabsorção. Doberenz & Matter (1965) mostram que o nível de nitrogênio pouco varia em fósseis de mamíferos pleistocênicos, destacando a influência do ambiente na conservação do colágeno e de componentes químicos do osso. Esses dados estão em acordo com Jarvis (1997), constatando que em ossos humanos a taxa de nitrogênio perdido é independente da profundidade do soterramento, não havendo significativas variações.

2.5. DA IDÉIA DE DESENVOLVIMENTO À RELAÇÃO DA PALEONTOLOGIA COM O DESENVOLVIMENTO REGIONAL

O avanço da produção industrial e a busca pelo desenvolvimento advindo da especialização científica criaram um modelo de desenvolvimento com base industrial e mecanicista marcada pela revolução industrial no século XIX e a consequente expansão do capitalismo que tem suas origens na Europa e se espalha para o resto do mundo. No entanto, com a mudança de concepção de mundo e as novas formas de pensar nos modos de produção e na própria sociedade, em especial no século XX e XXI, inicia-se uma reflexão profunda acerca do significado de desenvolvimento e suas definições ao longo da história da humanidade.

O termo desenvolvimento ao longo do tempo assumiu diversos significados. Esteva (2002) traça um panorama histórico e etimológico acerca da palavra desenvolvimento, mostrando como se deu sua origem e difusão. Foi o ex-presidente dos Estados Unidos da América (EUA), Harry S. Truman, em 1949, quem se apropriou do termo desenvolvimento e deu o significado, de escapar da condição indigna do subdesenvolvimento (ESTEVA, 2002).

Para Truman, os EUA eram a nação mais desenvolvida em comparação com os demais países, pois quando comparados aos EUA, se adequavam em categoria inferior ou de subdesenvolvidos.

Foi a partir daí que o substantivo desenvolvimento passou por inúmeras áreas do conhecimento e seu significado foi ampliado, tornando-se cada vez mais confuso e complexo, com adaptações e agregados a outras terminologias. Esteva (2002) esclarece esta questão:

> Durante todo o século XX, os significados relativos ao desenvolvimento urbano e ao desenvolvimento colonial concorreram com vários outros e, passo a passo, fizeram do termo desenvolvimento uma palavra com um perfil tão preciso como o de uma ameba. Hoje, ele é um mero algoritmo cujo significado depende do contexto em que é utilizado.

Com as discussões sobre a problemática ambiental acirradas e a crescente preocupação com o dito desenvolvimento, surge em 1989, o conceito de desenvolvimento sustentável, divulgado pela primeira vez no Relatório Brundtland. Nessa discussão a intenção é alcançar uma situação ideal de justiça social, para a humanidade, na qual o desenvolvimento sócio-econômico, em bases equitativas, estaria em harmonia com os sistemas de suporte da vida na Terra (CORDANI, 1995). Anos mais tarde, a Rio-92, marca o início da discussão acerca da sustentabilidade. De acordo com Cordani (1995; 2000) a Rio-92 foi a maior reunião de chefes de Estado da história, aonde consolidou de modo permanente a consciência mundial para os problemas de ambiente e desenvolvimento sócio-econômico. A Rio-92 resulta na Agenda 21, que expôs a problemática ambiental e possíveis soluções para tais problemas, porém, pouco de suas estratégias entraram em vigor, sendo considerada um fracasso por alguns.

No entanto, o que se sabe é que a sustentabilidade é um item essencial ao se pensar em desenvolvimento regional (OLIVEIRA & LIMA, 2003; ANDRADE & MACEDO, 2012). De acordo com Oliveira & Lima (2003) quando se trata de desenvolvimento regional deve-se pensar na participação da sociedade local em seu planejamento, em uma gestão mais democrática. Apesar de que Dias & Tostes (2006) afirmam que muitas políticas envolvendo o desenvolvimento sustentável apenas incluem o termo “sustentável” por *marketing* sem haver alteração no modelo de desenvolvimento enraizado na exploração do capital.

Dentro deste modelo instalado no Brasil há décadas, de cunho capitalista, o que se tem como base é o crescimento no sentido econômico e industrial. Desta forma há problemas no que diz respeito a aplicação prática do desenvolvimento sustentável, uma vez que as ações não condizem com a realidade, à exceção de alguns casos isolados (ex. Programa Município

VerdeAzul em São Paulo[1]). Essa complicação é ainda maior quando se tenta incluir as geociências, neste caso a paleontologia e a geologia, uma vez que há um desconhecimento do tema por parte dos tomadores de decisão, o que não permite refletir na contribuição das geociências ao desenvolvimento local.

As geociências constituem-se uma ferramenta importante, pois por se tratar de uma ciência multi, inter e transdisciplinar integra conteúdos nas esferas ambientais e culturais na resolução de problemas. Como mostrado por Fyfe (1997) o conhecimento das geociências auxilia na resolução de problemas ambientais, como uso do solo, águas, ar, recursos minerais, dentre outros, auxiliando no desenvolvimento e manutenção da vida no Planeta.

Está mais do que claro em Piranha & Carneiro (2009) que as geociências estão relacionadas e são indispensáveis ao desenvolvimento sustentável de uma comunidade. Os autores afirmam ainda que o uso de informações geocientíficas de caráter regional e local constitui forte elo integrador da aprendizagem e convida os aprendizes/participantes à reflexão, porque lhes mostra a realidade do local onde vivem, estimulando a consciência reflexiva de cada um. Neste sentido, Henriques (2010, p.585) mostra que:

> A Paleontologia tal qual como as outras ciências, pode contribuir para a formação de cidadãos comprometidos com a sustentabilidade na Terra, tornando-os mais aptos a participarem em debates acerca de problemas ambientais relacionados com alterações do clima e da biodiversidade, além de situações cotidianas [...].

Dentro dessa reflexão, no cenário local, a geologia do Estado de Rondônia expõe feições geológicas que representam importantes registros da história evolutiva da Terra, além de dispor de um vasto registro da megafauna. Entretanto, Rondônia assentou sua base de desenvolvimento associado aos valores econômicos e pouco contribuiu para que o potencial paleontológico fosse mais bem conhecido, resultado de pesquisas incipientes e pontuais (TIZUKA & ADAMY, 2010). Neste cenário as geociências de Rondônia ainda carecem de estudos mais aprofundados e que aproximem a comunidade ao tema.

Resultado disso são informações generalistas, havendo a escassez em informações sobre o processo de fossilização dos espécimes da megafauna nos sedimentos do rio Madeira e suas relações com a microestrutura óssea. Esse conhecimento, além de agregar informações

---

[1] O governo de São Paulo lançou em 2007, o Programa Município VerdeAzul, com o objetivo de desenvolver uma agenda ambiental estratégica, com base em dez diretivas:esgoto tratado, resíduos sólidos, biodiversidade, arborização urbana, educação ambiental, cidade sustentável, gestão das águas, qualidade do ar, estrutura ambiental e conselho ambiental. Para saber mais sobre o projeto: http://www.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/o-projeto/.

ao *background* geocientífico da região, pode auxiliar no conhecimento das condições paleoambientais da região do Madeira e contribuir para uma reflexão acerca dos tipos de preservação dos espécimes da megafauna que habitaram a região no Pleistoceno Final, corroborando Piranha & Carneiro (2009).

A realidade do mundo contemporâneo exige cada vez mais a divulgação dos achados à comunidade de forma a contribuir para o senso crítico e que tenham a capacidade de refletir no uso das Ciências para a resolução de problemas. Assim, não basta apenas produzir novos conhecimentos sem alcançar a comunidade local, já que o conhecimento gerado sobre o passado é transmitido de geração em geração, em um processo dinâmico que gradativamente é incorporado pela população (HORTA, 1999). Por meio de práticas educacionais é possível a sensibilização da população para a preservação do patrimônio paleontológico e geológico da região, constituindo-se uma importante ferramenta para o desenvolvimento regional. Compreender os conceitos geológicos e associá-los ao contexto local é essencial para promover uma cultura de sustentabilidade (PIRANHA & CARNEIRO, 2009).

Recentemente, algumas ações educacionais executadas na região de Porto Velho (ANDRADE et al., 2010; 2012; PEREZ et al., 2009; 2010; 2011; SANTOS et al., 2010) mostram as diversas estratégias de ensino na temática geocientífica e os resultados positivos obtidos, bem como o potencial para desenvolver estudos futuros acerca das geociências. No entanto, tais ações educativas não foram desenvolvidas dentro de um contexto acadêmico, já que tinham a mera finalidade de divulgação de resultados. Sendo assim não houve uma investigação mais aprofundada dos resultados obtidos e das dificuldades temáticas de compreensão da comunidade.

Em função da compreensão geocientífica da natureza ainda ser pouco divulgada há leituras fragmentadas e não históricas da natureza (BACCI, 2009). Outro fator que ajuda nessa situação é o desconhecimento e/ou não cumprimento da legislação vigente para os bens paleontológicos por parte dos tomadores de decisão. Uma das causas é a distância enorme entre autoridades e sociedade (FUNARI, 2001).

Nesse âmbito se tem dois principais instrumentos legais destinados à proteção do patrimônio paleontológico, que são o Decreto Lei nº 4.146, de 04/03/1942, que institui “os depósitos fossilíferos como propriedades da Nação” e o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM com responsável pela fiscalização desses depósitos fossilíferos e a Constituição Federal de 1988, na qual “os recursos minerais e sítios pré-históricos, são

considerados bens da União" abrangendo os jazigos fossilíferos. De acordo com Wild (1988) a legitimidade jurídica de tratar os fósseis como "monumentos culturais" está baseada na sua importância científica e interesse para o público. Mesmo que ainda não haja uma clara concepção na relação dos fósseis com patrimônio cultural, quando nos deparamos com trabalhos que abordam essa temática (DINIZ, 2004; HORTA et al., 1999; VOGT, 2008; ZANIRATO & RIBEIRO, 2006).

Segundo Vogt (2008, p. 14):

> Entende-se por patrimônio cultural o conjunto de todos os bens materiais ou imateriais, que, pelo seu valor intrínseco, são considerados de interesse e de relevância para a permanência e a identificação da cultura da humanidade, de uma nação, de um grupo étnico ou de um grupo social específico.

Para a UNESCO (1972), o patrimônio cultural é composto por monumentos, grupos de edifícios ou sítios que tenham um excepcional e universal valor histórico, estético, arqueológico, científico, etnológico ou antropológico. Evidencia, desta forma, que o patrimônio abrange também os conceitos relacionados com os bens ambientais (categoria bens científicos), de forma que esses bens permeiam entre os demais bens patrimoniais.

Nesse sentido, são escassos os trabalhos que abordam a temática do patrimônio paleontológico como patrimônio cultural, tem-se como exemplo Abaide (2009); Abaide (2011); Carvalho & Da-Rosa (2008); Carvalho (1993); Cachão & Silva (2004); Martins (2008). Gomes (2011) menciona que as diversas manifestações do patrimônio cultural devem ser preservadas mediante um conjunto de ações que garantam a sua permanência com os seus diversos valores e significados. Não importando se é paleontológico ou arqueológico, o patrimônio cultural em suas diversas manifestações deve ser preservado. Tal posição é defendida por Cerqueira:

> Os estudos paleontológicos e arqueológicos apresentam grande intersecção com a questão ambiental, tanto no sentido da interpretação dos dados, do ponto de vista de compreensão retroativa das paleopaisagens, como das complexas interações entre o meio ambiente – pesquisa ambiental, políticas públicas, legislação, agentes sociais ambientalistas [...]. Estabelecem-se, com frequência, relações tensas entre os pesquisadores das diferentes áreas, sendo necessário o estabelecimento de um novo patamar de relacionamento entre o ambientalismo e as pesquisas arqueológicas e paleontológicas, entendendo-se a indissociabilidade entre a preservação do patrimônio ambiental e patrimônio cultural (CERQUEIRA, 2005, p.107-108).

Através do conhecimento difundido entre a população local, as geociências passam a fazer sentido e os achados fósseis se mostram como importantes ferramentas para a

reconstrução do passado da região, o que torna os cidadãos participativos na preservação deste importante patrimônio.

2.6. CONTEXTO GEOLÓGICO E PALEONTOLÓGICO REGIONAL

O estado de Rondônia possui uma variedade de fósseis pleistocênicos em seu território. A seguir são apresentadas informações acerca dessa paleodiversidade, bem como o contexto geológico da área de estudo relacionada aos registros fósseis.

2.6.1. Registro fossilífero do Pleistoceno de Rondônia

O registro de vertebrados fossilizados provenientes da Formação Rio Madeira é realizado desde a década de 70 e início dos anos 90, em sua maioria por garimpeiros que buscavam ouro no "mucururu" e se deparavam ocasionalmente com fósseis, mas também por equipes que realizaram estudos geológicos em áreas de mineração. Em um primeiro estudo desses fósseis encontrados no conglomerado de base cascalhífera ("mucururu"), observou-se que incluíam táxons da megafauna pleistocênica (SANT'ANNA-FILHO et al., 1996).

Adamy & Pereira (1991) relataram o primeiro registro de fósseis para a Formação Rio Madeira, sendo atribuídos a restos de *Eremotherium* e *Stegomastodon* para a localidade de Araras. Posteriormente, novos registros de mamíferos foram mencionados por Sant'Anna Filho & Vidal (1999), sendo estes: *Mixotoxodon*, *Toxodon*, *Pampatherium*, *Tapirus*, *Inia* e *Trichechus*. Nascimento et al. (2005) deram a conhecer o primeiro registro de *Glyptodon* e *Sclerocalyptus*. Góis et al. (2004), identificam o gênero *Holmesina.* Nascimento (2008) relata a ocorrência de *Eremotherium laurillardi*, *Trigodonops lopesi* e *Stegomastodon waringi.*

Porto et al. (2004) descrevem as famílias Megatheriidae, Megalonychidae e Mylodontidae. Fortier et al. (2007) descrevem o primeiro registro de Crocodylidae do gênero *Crocodylus*. Andrade et al. (2010) relatam a primeira ocorrência da família Alligatoridade, com afinidades ao gênero *Melanosuchus.* Holanda et al. (2011) e Góis et al. (2012) descreveram novas espécies, sendo *Tapirus rondoniensis* e *Holmesina rondoniensis*, respectivamente. Scherer et al. (2012) deram a conhecer um fragmento mandibular atribuível à família Tayassuidae.

Além dos registros de paleovertebrados há ocorrências de espécimes paleobotânicos, dentre os quais Quadros et al. (2006) relatam folhas carbonizadas, restos vegetais e troncos. Rizzotto et al. (2006) por meio de análises de polinoflora, relata a maior ocorrência do grupo das Angiospermas, além de Gimnospermas, Pteridófita e Algae. Nascimento et al. (2009), Andrade et al. (2011) e Da-Rosa et al. (2012) relatam a ocorrência de restos vegetais na área de construção de barragens no leito do rio Madeira.

As localidades fossilíferas mencionadas na literatura são: Araras (ADAMY & PEREIRA, 1991; SANT'ANA FILHO et al., 1996); Taquara (NASCIMENTO et al., 2003); e Prainha (SANT'ANA-FILHO et al., 1996 e QUADROS et al., 2006). Nascimento & Holanda (2006) mencionam o bom estado de preservação dos fósseis destas localidades fossilíferas, exceto aqueles da Taquara e os de alguns pontos de Araras. Segundo Nascimento et al. (2007) os fósseis em bom estado de preservação morfológica apresentam coloração marrom escura, sendo algumas vezes incrustados por material ferruginoso, mantendo-se a estrutura. De acordo com os autores, os fósseis mal preservados apresentam coloração variando entre cinza escura a preta, ainda porosos e frágeis com modificações em suas estruturas morfológicas.

Outra característica nos sedimentos da Formação Rio Madeira são as feições geradas pelo intenso processo de ferruginização, ocorrido após a deposição dos sedimentos e associado às mudanças nas condições climáticas, favorecendo a percolação e a precipitação de grandes quantidades de ferro e levando ao endurecimento dos depósitos sedimentares (QUADROS et al., 2006).

2.6.2. Geologia da área de estudo

O contexto geológico da área de estudo (Figura 5) constitui-se das seguintes unidades estratigráficas. Paleoproterozóico: Complexo Jamari; Mesoproterozóico: Suíte Intrusiva Alto Candeias, Suíte Intrusiva São Lourenço Caripunas e Formação Mutum-Paraná; Neoproterozóico: Suíte Intrusiva Rondônia; Cenozóico (Terciário/Quaternário): Lateritos Imaturos e Depósitos Lacustres; Cenozóico (Quaternário): Depósitos Aluvionares.

O **Complexo Jamari** trata-se de uma unidade litoestratigráfica proposta por Isotta et al. (1978) e representam o denominado embasamento regional. É constituída por ortognaisses tonalíticos e enderbíticos e quartzo diorito com intercalações subordinadas de lentes de gnaisses calciossilicáticos e anfibolitos, com intensidades variadas de migmatização e

milonitização. São rochas metamorfizadas em condições de fácies anfibolito superior e granulito.

A **Suíte Alto Candeias** é composta por monzogranitos e monzonitos com feldspato potássico pertítico, por vezes manteadas por plagioclásio. Suas rochas distribuem-se predominantemente no médio a alto curso dos rios Candeias, Jamari, Jaciparaná e Capivari como um batólito (QUADROS & RIZZOTO, 2007).

Na **Suíte São Lourenço/Caripunas** Leal et al. (1978) identificou rochas efusivas ácidas, Dallagnol (1987) caracterizou granitos rapakivi e Bittencourt et al. (1995) incluem stocks graníticos a esta suíte. Suas rochas afloram na margem esquerda do trecho nordeste do rio Madeira, na região da vila de Mutum-Paraná. Os sienogranitos são os tipos dominantes, representados por variedades piterlíticas e viborgíticas fortemente afetados por processos de alteração tardia a pós-magmática, nas quais ocorrem associadas mineralizações de cassiterita. Corpos de greisen e veios de quartzo com cassiterita, wolframita e esporádicos sulfetos de Cu-Pb-Zn estão relacionados espacialmente aos biotita sienogranitos equigranulares e aos álcali-feldspato granitos.

A **Formação Mutum-Paraná** foi designada por Lobato et al. (1966) para uma associação de quartzitos e filitos que ocorrem na região de São Lourenço, Limeira e Abunã, noroeste de Rondônia. Os litotipos dominantes são os quartzo arenitos, siltitos, filitos, ardósias, argilitos, arenitos arcosianos, quartzitos, metacherts e metatufos respectivamente intercalados, bem como seus respectivos correspondentes gerados por metamorfismo de contato devido a ação térmica induzida pela intrusão dos corpos graníticos neoproterozóicos da Suíte Intrusiva Rondônia. A associação dos tipos litológicos e das estruturas sedimentares sugere que as rochas da Formação Mutum-Paraná tiveram origem em materiais depositados em condições de mar raso, epicontinental, com episódios de deposição continental restritos a certas porções da sequência.

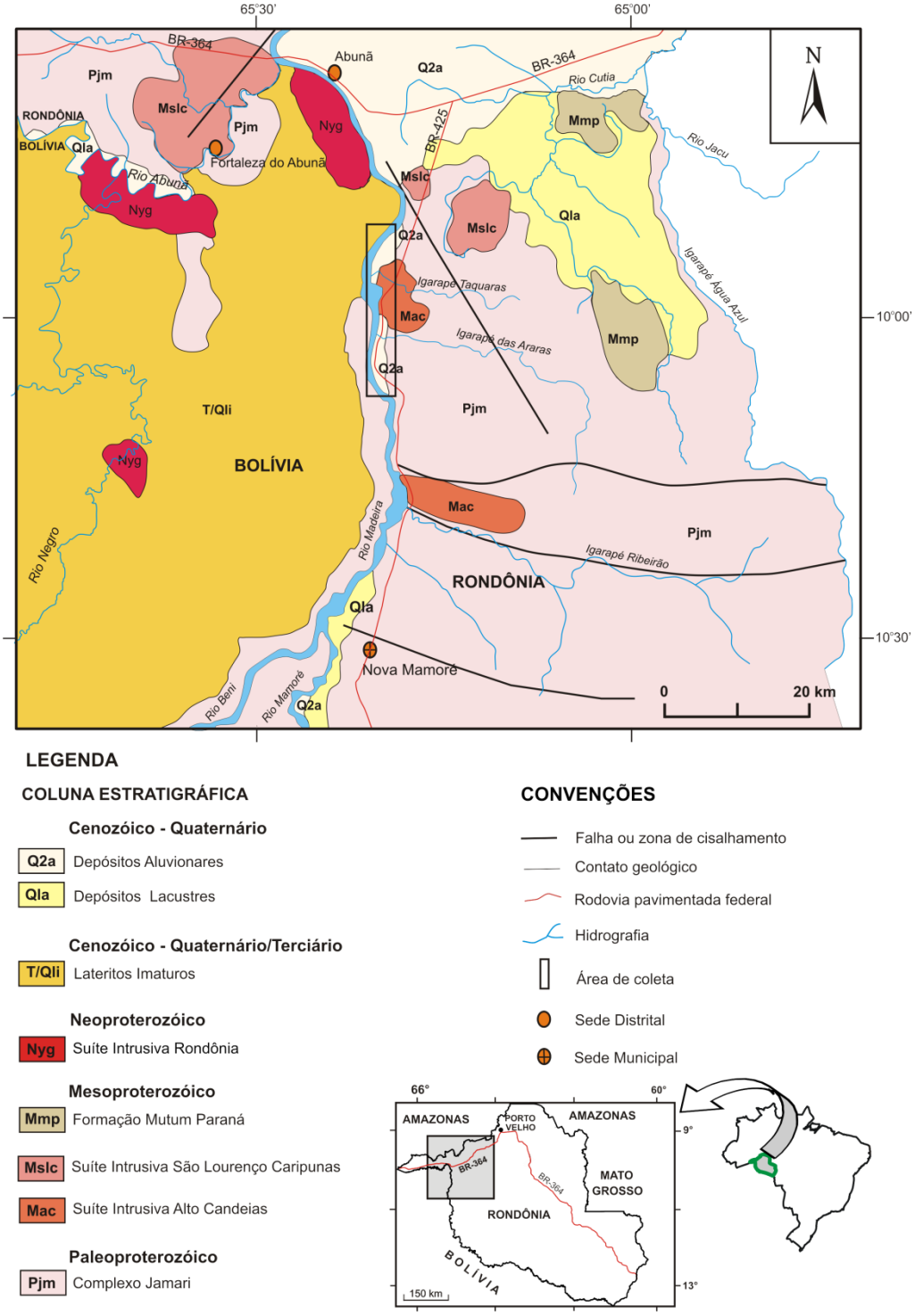
A **Suíte Intrusiva Rondônia** foi primeiramente descritas por Kloosterman (1968) como "*Younger Granites of Rondônia*", que engloba diversos maciços graníticos (batólitos e stocks) com ampla distribuição no centro-norte de Rondônia. Essa unidade é constituída por sienogranitos equigranulares, monzogranitos porfiríticos e álcalifeldspato granitos, ocorrências subordinadas de topázio-albita granitos e topázio-quartzo-feldspato pórfiros, além de microsienitos e feldspato-quartzo pórfiros.

Os **Lateritos Imaturos** estão regionalmente distribuídos (SCANDOLARA et al., 2001). Representam tipos ferruginosos dispostos em perfis incompletos de diferenciação supergênica, apresentando partes do horizonte ferruginoso (predominante), com suas zonas coesa e incoesa, e/ou partes horizonte argiloso, com suas zonas argilosa vermelha e mosqueada. As formas de relevo mais exuberantes estão associadas aos lateritos (zona coesa) em função de sua relativa resistência a processos intempéricos atuais. O desenvolvimento de superfícies rebaixadas nas áreas que ocorrem lateritos está associada a paisagem onde afloram materiais ricos em argila (horizonte argiloso) e lateritos desmantelados (zona incoesa), Nascimento et al. (2012).

Os **Depósitos Lacustres** são constituídos por sedimentos arenosos, siltes e argilas, contendo níveis de matéria orgânica, cuja gênese está relacionada a eventos neotectônicos da Amazônia Ocidental e evolução de sistemas fluviais. Os depósitos de planície de inundação/canal fluvial estão relacionados às drenagens atuais, caracterizados e identificados como materiais fluviais e/ou flúvio-lacustres, de canais e das faixas periodicamente inundáveis nas cheias dos rios (QUADROS & RIZZOTO, 2007).

Os **Depósitos Aluvionares** estão relacionados às drenagens atuais, caracterizados e identificados como materiais fluviais associados ao leito do rio e/ou flúvio-lacustres das faixas periodicamente inundáveis nas cheias. Sua deposição é de idade holocênica, já em condições de clima úmido, condicionadas fortemente por estruturas neotectônicas. Esses sedimentos aluvionares fossilíferos e afossilíferos, frequentemente, estão mineralizados a ouro e alcançam maior expressão ao longo dos canais fluviais e nas planícies de inundação dos rios Guaporé, Mamoré, Madeira e seus afluentes de maior representação (SCANDOLARA et al., 2001).

Figura 5. Mapa geológico da área de estudo (modificado de ADAMY et al., 2000).



3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada a triagem dos materiais e selecionadas cinco amostras de fragmentos de ósseos de mamíferos da megafauna pleistocênica de Rondônia, provenientes da coleção particular do Geólogo Amilcar Adamy, depositadas no Serviço Geológico do Brasil (CPRM/RO) e, posteriormente, foram realizados trabalhos de reconhecimento geológico no campo. As amostras foram coletadas durante o auge da atividade garimpeira no Garimpo de Araras, Município de Nova Mamoré, Rondônia, nas décadas de 1970 a 1990. A seleção das amostras teve como critério suas distinções morfológicas e a variabilidade de elementos esqueletais. São as seguintes amostras: CPRM-42, centro de vértebra torácica; CPRM-13, epífise proximal de tíbia esquerda; CPRM-7, fragmento proximal de fêmur esquerdo; CPRM-23, elemento ósseo indeterminado; CPRM-SN1, elemento ósseo indeterminado.

Para o desenvolvimento da pesquisa, procederam-se cinco etapas distintas. Inicialmente foi realizado o levantamento bibliográfico das fontes relacionadas ao tema, consistindo a primeira etapa da pesquisa. Na segunda etapa, foi feita a preparação das amostras e a confecção das lâminas delgadas para estudos microscópicos. Na terceira etapa procedeu-se a identificação anatômica das peças com auxílio da bibliografia especializada. Na quarta etapa, houve o estudo das microestruturas e minerais das amostras e dosagens químicas. A quinta e última etapa da pesquisa correspondeu nos trabalhos de campo com reconhecimento geológico da área e registros fotográficos.

3.1. PRIMEIRA ETAPA: levantamento bibliográfico

Na primeira etapa buscou-se bibliografia relacionada ao tema com a utilização do livre acesso do Portal Periódico da Capes e dos acervos bibliográficos do Serviço Geológico do Brasil, unidade Porto Velho (CPRM) e da Universidade Federal de Rondônia. As bases cartográficas consultadas foram principalmente as bases do mapa do Zoneamento Ecológico-Econômico Brasil Bolívia, Eixo Abunã-Vale do Guaporé, escala 1:500.000 (ADAMY, 2000), além do Mapa Geológico do Estado de Rondônia, escala 1:1.000.000 (QUADROS & RIZZOTTO, 2007).

3.2. SEGUNDA ETAPA: preparação dos fósseis e confecção das lâminas delgadas

Nesta etapa foi realizada a seleção e a preparação das amostras para estudos microscópicos no laboratório de preparação de amostras, setor de laminação da CPRM-Porto Velho, com a confecção de nove lâminas delgadas, sendo cinco de secções transversais e quatro de secções longitudinais. Estas duas diferentes secções foram necessárias para a identificação mineral e, principalmente, para a visualização de microestruturas ósseas nem sempre dispostas em apenas um corte específico na amostra.

Para a preparação das amostras foi utilizado o método de impregnação a vácuo, que se caracteriza pelo fechamento dos interstícios das amostras, tornando, assim, os materiais mais resistentes ao corte e a abrasão pela ausência de bolhas, evitando a consequente perda do material da lâmina no seu acabamento final (SOUZA & DI DOMENICO, 2012).

Após a impregnação a vácuo as amostras foram cortadas em blocos na serra com tamanhos da lâmina e espessura próximas a 2 cm e levadas para aquecimento na estufa a 100°C. Sobre cada amostra foi adicionada resina sintética diluída e, por 25 minutos, foi colocada no dessecador ligado a bomba de vácuo a uma pressão de -500mmHg. Após o dessecador as amostras foram levadas à estufa por 5 horas a 70ºC e retirado o excesso de resina através do polimento com o disco diamantado.

A seguir as amostras foram aquecidas para colagem da lâmina e depositadas na estufa por 5 horas a 70°C, sendo, então, passadas no cortador de rochas onde os blocos de material fóssil foram aparados até espessura de aproximadamente 1 mm.

Por fim, procedeu-se o desbaste e o polimento do material da lâmina com o disco diamantado, controlando sua espessura com observações de tempo em tempo junto ao microscópio petrográfico, até a espessura na ordem de 0,003 mm, verificada na cor de interferência de grãos de quartzo. Atingida a espessura procurada, a lâmina recebeu a lamínula de vidro para uma maior durabilidade.

3.3. TERCEIRA ETAPA: identificação anatômica dos fragmentos fósseis

As observações macroscópicas foram direcionadas para fins de identificação anatômica de elementos fósseis pós-cranianos fragmentados. Os fragmentos fósseis foram lavados em água corrente para eliminar os sedimentos agregados que eram possíveis de ser removidos e, posteriormente, foram colocados em uma estufa para secagem em uma

temperatura de 60º C por 48 horas. A identificação anatômica baseou-se em critérios abordados em Cartelle (1992); Cartelle & De Iullis (1995); De Iullis (1996); Paula Couto (1979); Roth (1898); Tito (2008).

3.4. QUARTA ETAPA: identificação de microestruturas, minerais e análises químicas

Nesta etapa foram estudadas as lâminas delgadas com o auxílio da lupa binocular do Laboratório de Geociências da Universidade Federal de Rondônia e do microscópio petrográfico da CPRM/Porto Velho. Para o detalhamento destes estudos e análises químicas teve-se o auxílio do microscópio eletrônico de varredura - MEV com espectrômetro de energia dispersiva - EDS da Universidade Federal do Amazonas, em Manaus.

A preparação das lâminas delgadas para a utilização do microscópio eletrônico de varredura FEI QUANTA 250 com espectrômetro de energia dispersiva - EDS, inicialmente contou com o processo de metalização das amostras nas lâminas delgadas, através de películas de ouro com espessura de 100 Angstrom, no equipamento MINI SPUTTER COATER. Trata-se de um procedimento para melhorar a condução dos elétrons nas amostras para a captação das imagens por elétrons retroespalhados (BSED). As imagens foram geradas com o auxílio do software *xT Microscope Control* através dos elétrons secundários com voltagens de 15 e 25 kV.

Na determinação dos elementos químicos utilizou-se o espectrômetro de energia dispersiva - EDS que realiza a mensuração da dispersão de energia de raio-x de cada elemento químico. Para análise quantitativa de determinação dos elementos químicos utilizou-se o software de leitura do EDS *Edax Genesis* o qual quantifica a superfície dos picos (*spots*) obtidos, bem como identifica e calcula as porcentagens de cada elemento químico. Para confirmação foram realizadas duas vezes o EDS de um mesmo *spot*. Após a identificação dos picos dos elementos químicos foi aplicada a correção Z A F e gerados mapas de distribuição dos elementos químicos, expressos em porcentagens de elementos presentes em cada spot da amostra.

3.5. QUINTA ETAPA: trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram realizados em dois dias, visando o reconhecimento da área de estudo no que diz respeito ao contexto geológico e registros fotográficos georreferenciados dos locais específicos potenciais de coleta de fósseis, como Araras e Taquara. São locais hoje submersos em função das escavações antigas na área do garimpo hoje desativada.

4. RESULTADOS

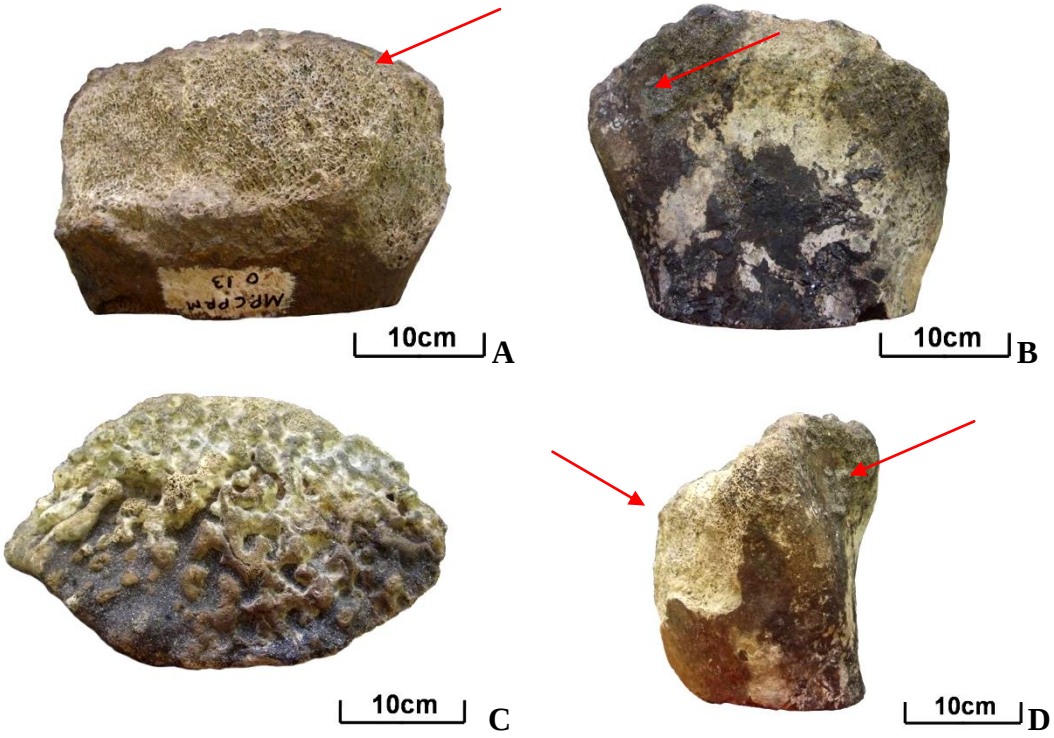
4.1. IDENTIFICAÇÃO ANATÔMICA E TAXONÔMICA DOS ESPÉCIMES

Os espécimes que mantiveram suas anatomias ósseas relativamente bem preservadas possibilitaram suas identificações. As amostras CPRM-13, CPRM-23 e CPRM-42 evidenciaram, respectivamente, fragmentos de tíbia, fêmur e vértebra torácica. Suas identificações anatômicas possibilitaram a realização de estudos taxonômicos, como segue.

4.1.1. Epífise proximal da tíbia esquerda. CPRM-13.

A amostra da epífise proximal da tíbia esquerda (CPRM-13), Figura 6, apresenta coloração esbranquiçada e amarronzada com o aspecto de osso recente, porém bastante desgastada. Em vista proximal a superfície é rugosa, o que pode indicar que o osso ainda estava em formação, podendo pertencer a um indivíduo juvenil (Figura 6C). A epífise não está fusionada. Na orientação látero-posterior é observada a face articular para a fíbula, sendo mais lisa e reta, estando parcialmente completa (Figuras 6B e 6D). Em vista látero-proximal nota-se uma face anterior com formato côncavo e continuamente tem formato convexo, sendo a face posterior reta (Figura 6D). No local da inserção da tuberosidade nota-se as trabéculas ósseas expostas (Figura 6A).

Figura 6. Tíbia esquerda. **A.** Vista anterior; **B.** Vista posterior; **C.** Vista cranial; **D.** Vista lateral.



As descrições do espécime CPRM-13 estão de acordo com Cartelle (1992) que descreve a tíbia de *Eremotherium laurillardi* em formato de gomo de aresta cranial aguda, face caudal rugosa e transversalmente convexa, sendo que as faces proximais e distais são um tanto côncavas. O conjunto é mais expandido látero-medialmente na face proximal, sendo o corpo da tíbia mais avantajado do que o da fíbula. Apesar da tíbia e a fíbula não estarem fundidas no espécime CPRM-13, em Megatheriinae é uma característica única (DE IULLIS, 1996).

A largura de 260 mm da transversa máxima proximal do espécime CPRM-13 aproxima-se das medidas descritas por Cartelle (1992). Em um osso completo, o comprimento total da tíbia em *Eremotherium laurillardi* varia entre 665mm e 457mm (DE IULLIS, 1996). Nascimento (2008) descreve a ocorrência de fragmento ósseo da tíbia de *Eremotherium laurillardi* para a região de Araras, sendo que suas descrições anatômicas condizem com o espécime CPRM-13. As características anatômicas classificam o elemento de tíbia na espécie *Eremotherium laurillardi*, conforme a classificação taxonômica a seguir.

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Ordem XENARTHRA Cope, 1889 (sensu Gaudin, 2004)

Subordem TARDIGRADA Latham and Davies, in Forster 1785

(sensu Gaudin, 2004)

Família MEGATHERIIDAE Gray, 1821

Subfamília MEGATHERIINAE Gray, 1821

Gênero *Eremotherium* Spillmann, 1948

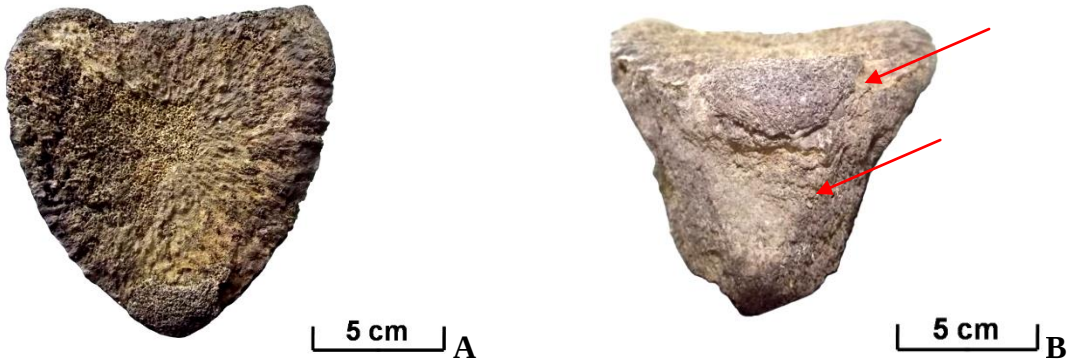
Eremotherium laurillardi Lund, 1842

4.1.2. Centro de vértebra torácica. CPRM-42.

A amostra do centro da vértebra torácica (CPRM-42), Figura 7, corresponde ao tipo anfiplatiano. Esse fragmento exibe coloração marrom escurecida, estando bastante alterado morfologicamente. Em vista cranial é possível observar o nítido formato triangular e a

superfície de inserção das apófises nas extremidades do corpo vertebral as quais possuem formato arredondado (Figura 7A). Há resquícios do corpo vertebral e a superfície de inserção da apófise em vista ventral posterior (Figura 7B).

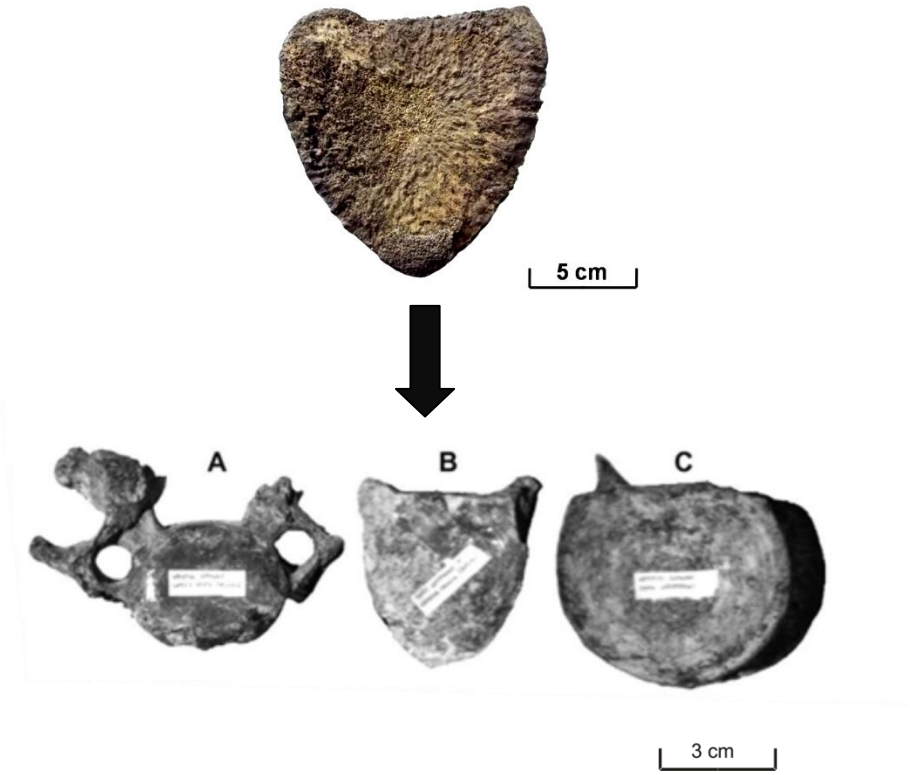
Figura 7. Centro de vértebra torácica. **A.** Vista cranial; **B.** Vista ventral.



A descrição do espécime condiz com Cartelle (1992) para *Eremotherium mirable* que em vista cranial possui o corpo da vértebra torácica com formato nitidamente triangular, tendo projeção basal arredondada. Em dimensão e morfologia o espécime CPRM-42 é semelhante a vértebra torácica de *Eremotherium laurillardi* descrita por Tito (2008), Figura 8. A vértebra torácica se distingue da vértebra lombar pelo seu menor tamanho e formato triangular (TITO, 2008), sendo mais oval e arredondada nas regiões cervical e lombar (MARTINELLI et al., 2012).

De Iullis (1996) diz que as vértebras homólogas dos Megatheriines são geralmente similares, e em existindo diferenças, elas são mínimas. Dada a fragmentação do espécime inviabiliza-se a possibilidade de classificar o tipo de vertebrada torácica (ex., T3 e T4). A ausência das apófises pode indicar que o elemento pertenceu a um indivíduo juvenil, porém, carece de caracteres suficientes para corroborar tal hipótese.

Figura 8. Corpo vertebral de *Eremotherium laurillardi* em comparação com o exemplar CPRM-42. **A**. vértebra cervical; **B.** Vértebra torácica; **C.** Vértebra lombar. Fonte: Tito (2008).



Desta forma, as características anatômicas permitem classificar a espécie como *Eremotherium laurillardi*, propondo-se a identificação taxonômica a seguir.

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Ordem XENARTHRA Cope, 1889 (sensu Gaudin, 2004)

Subordem TARDIGRADA Latham and Davies, in Forster 1785

(sensu Gaudin, 2004)

Família MEGATHERIIDAE Gray, 1821

Subfamília MEGATHERIINAE Gray, 1821

Gênero *Eremotherium* Spillmann, 1948

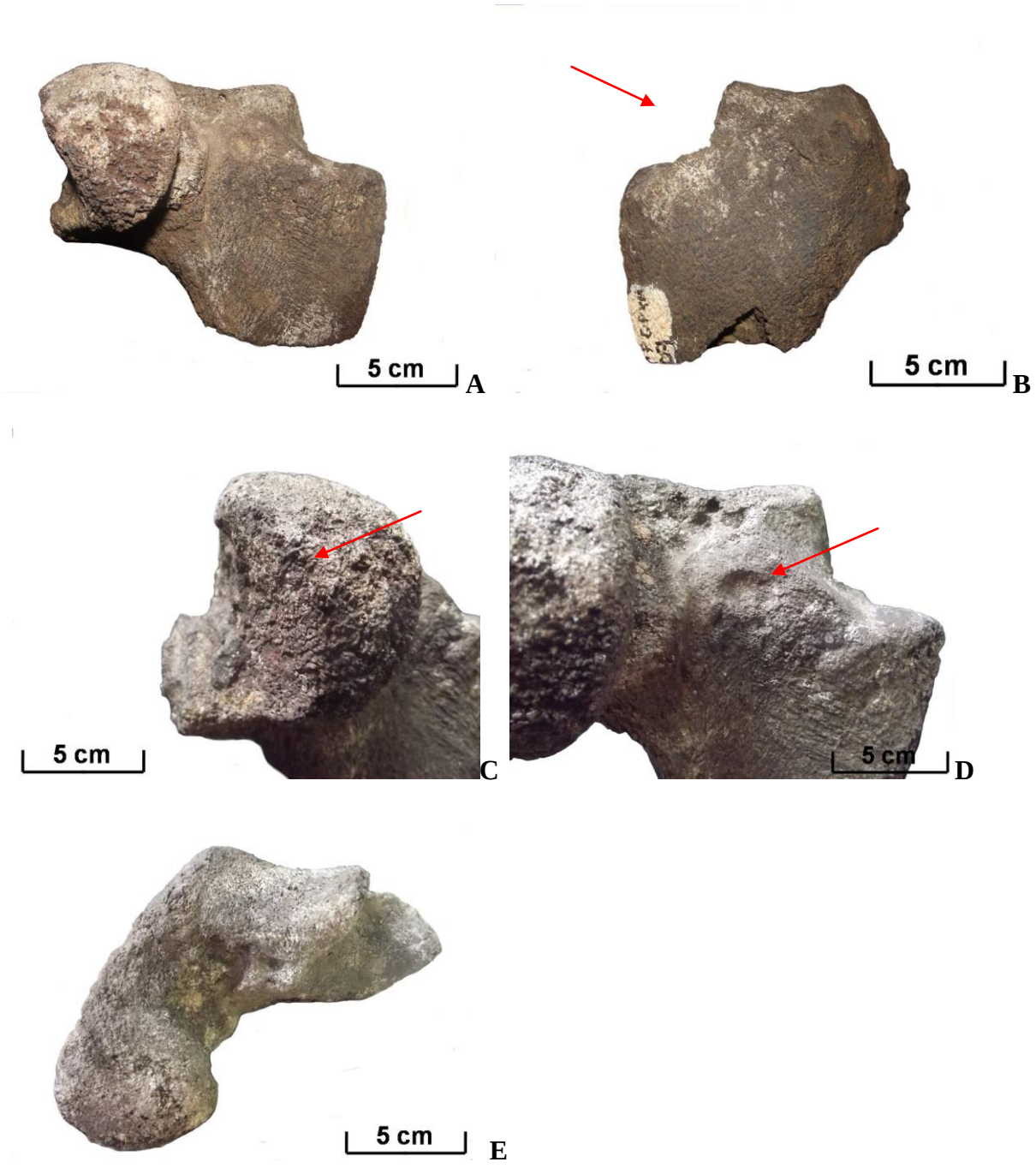
Eremotherium laurillardi (Lund, 1842)

4.1.3. Fragmento proximal de fêmur esquerdo. CPRM-7.

O fragmento proximal do fêmur esquerdo (CPRM-7), Figura 9, apresenta coloração escurecida tendo o corpo com formato achatado nas vistas posterior e anterior. A epífise não está fusionada e nas vistas anterior e posterior observa-se que a cabeça do fêmur está fragmentada com sua morfologia alterada, constando parte da extremidade que se articula com a rótula (Figuras 9A, 9B e 9C). A cabeça do fêmur é mais alta e protuberante do que o trocânter maior, ausente no espécime descrito, dada a fragmentação óssea (Figuras 9A e 9B). A fossa trocantérica como uma tuberosidade, adquire formato circular ao centro e estreita-se na borda, situando-se entre a cabeça articular e o trocânter maior (Figura 9D). Em vista proximal nota-se as superfícies de inserção do trocânter maior e de articulação com a rótula (Figura 9E).

A descrição do espécime CPRM-7 está em conformidade com as descrições de Roth (1898), o qual menciona que se trata de um osso relativamente estreito em relação ao enorme corpo do animal, em termos de dimensão e morfologia, possuindo os côndilos bastante arredondados. O fêmur de algumas famílias possui o terceiro trocânter bem desenvolvido, mas em outras é rudimentar e em algumas está ausente (ROTH, 1898); neste caso houve a impossibilidade de se detectar na amostra estudada devido o grau de fragmentação da peça. A cabeça articular é unida à diáfise por um pescoço longo e estreito, sendo que a diáfise na parte anterior é arredondada e lisa, bem como entre o trocânter maior e a cabeça, a superfície é quase direita e muito estreita (ROTH, 1898).

Figura 9. Fêmur esquerdo (amostra CPRM-7). **A.** Vista anterior; **B.** Vista posterior; **C**. Detalhe cabeça do fêmur; **D**. Detalhe fossa trocantérica. **E.** Vista proximal.



Em vista proximal assemelha-se à espécie *Toxodon burmeisteri* visto em Roth (1898), o que indica tratar-se de um indivíduo da família Toxodontidae. Dada as ocorrências de *Toxodon platensis* para a localidade de Araras (NASCIMENTO, 2008; SANT'ANNA FILHO & VIDAL, 1999), pode-se inferir a possibilidade que seja um exemplar da espécie, muito

embora tem-se carência de caracteres mais significativos para corroborar tal hipótese em função de tratar-se de uma peça incompleta. Com base nas características anatômicas distintivas presentes no espécime, sugere-se a identificação taxonômica a seguir.

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Ordem NOTOUNGULATA Roth, 1903

Subordem TOXODONTIA Owen, 1853

Família TOXONDONTIDAE Owen, 1845

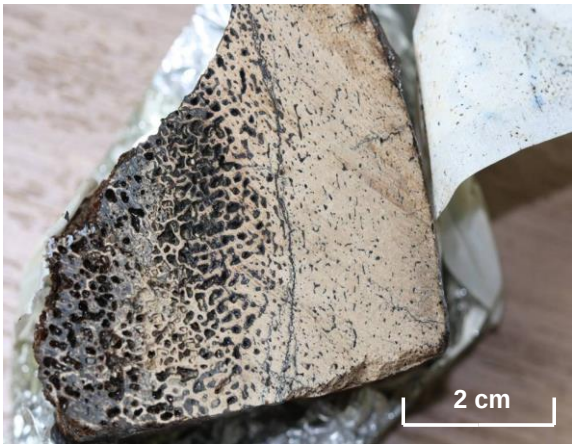
4.2. REVELANDO O UNIVERSO MICROSCÓPICO DOS PALEOVERTEBRADOS DE ARARAS

Os dados microscópicos e químicos permitiram interpretações referentes a preservação dos espécimes, microestruturas, estado ontogenético, microfissuras e modificações químicas (constituintes amorfos negros) dos vertebrados pleistocênicos de Araras, envolvendo a porção proximal da tíbia (CPRM-13) e a secção transversal da vértebra (CPRM-42) de um indívíduo da espécie *Eremotherium laurillardi*, bem como a porção proximal do fêmur de um indivíduo da família Toxondontídeo (CPRM-7) e duas amostras com classificação anatômica indeterminada (CPRM-23 e CPRM-SN1). Os dados microestruturais foram obtidos a partir de cortes transversais e longitudinais e analisados em lâminas delgadas com o auxílio do microscópio petrográfico e do microscópio eletrônico de varredura - MEV.

4.2.1. Microestruturas

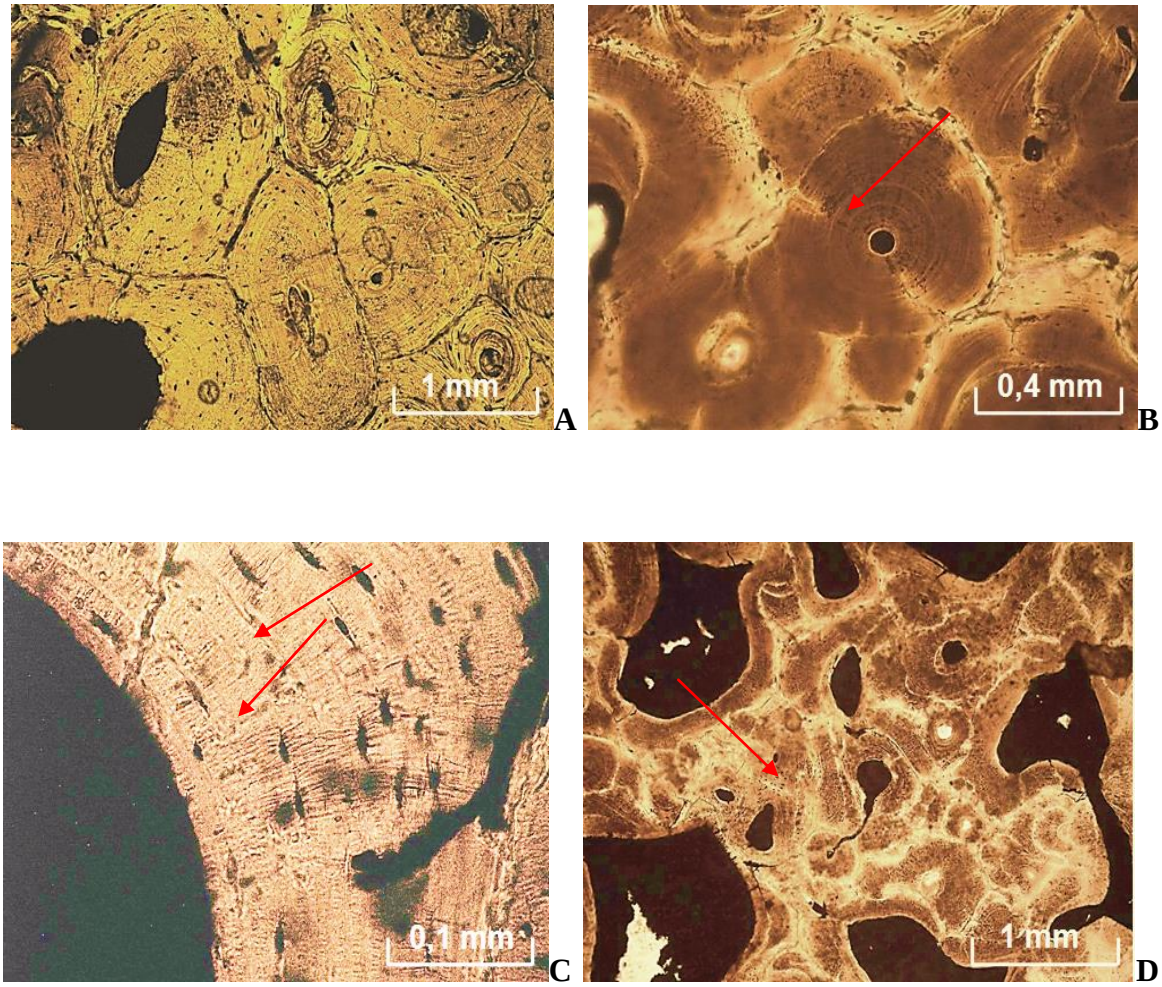
Por exibir melhor estágio de preservação, as secções transversal e longitudinal da tíbia de *Eremotherium laurillardi* (CPRM-13) possibilitaram a visualização de microestruturas específicas de cada corte da amostra, além da visão panorâmica das microestruturas na secção transversal (Figura 10).

Figura 10. Corte transversal realizado na porção proximal da tíbia de *Eremotherium laurillardi* (CPRM-13).



A secção transversal da tíbia de *Eremotherium laurillardi* histologicamente mostra microestruturas intactas típicas do denominado osso Haversiano. No interior do sistema ósseo secundário é identificado o arranjo lamelar das fibras colágenas e contém sistemas de Havers composto por ósteons, lamelas circunferenciais e lacunas (Figuras 11A, 11B e 11C). Os canais de Havers estão de acordo com a descrição de Cuezva & Élez (2000a), havendo poucas alterações em relação aos seus diâmetros e morfologias (Figura 11A) quando comparadas a ossos recentes não alterados. Para o caso da secção longitudinal da mesma amostra CPRM-13, observam-se canais de Volkmann dispondo-se de modo perpendicular ao eixo longitudinal do osso (Figura 11D).

Figura 11. Fotomicrografias da amostra CPRM-13. **A.** Secção transversal, exibindo ósteons e os canais de Havers. **B** e **C**. Lamelas circunferenciais do ósteon (setas). **D.** Canal de Volkmann (seta). Secção longitudinal da amostra CPRM-13.



4.2.2. Preservação dos espécimes

As amostras analisadas estão degradadas em diferentes estágios, caracterizada pela ocorrência da matriz amorfa negra, inclusive na mesma amostra, como no caso da CPRM-13, e em amostras diferentes de uma mesma espécie (CPRM-13 e CPRM-42). Levando-se em consideração o critério de preservação das microestruturas, nota-se que a amostra CPRM-13 é que exibe o melhor estágio de preservação, sendo possível distinguir facilmente as microestruturas histológicas, assemelhando-se às descrições de Hedges & Millard (1995) para ossos de idade 4.000 AP e 30.000 AP com a presença da matriz amorfa negra restrita nos canais de Havers e Volkmann, como o início do processo de degradação óssea. Pode ser estimado a classificação no índice 5 de Hedges & Millard (1995) para a porção mais

preservada da amostra CPRM-13, na qual mais de 95% das microestruturas histológicas estão preservadas (Tabela 1).

Tabela 1. Valores dos índices histológicos atribuídos para resumir o grau de mudança diagenética. A seta vermelha mostra o índice histológico da amostra CPRM-13.

Índice histológico	% aproximada de osso intacto	Descrição
0	<5	Não há características originais identificáveis, exceto canais de Havers.
1	<15	Pequenas áreas bem preservadas, osso presente ou alguma estrutura lamelar preservada pelo padrão de foco destrutivos.
2	<33	Estrutura laminar claramente preservada entre focos destrutivos.
3	>67	Preservação com clareza de algumas lacunas de osteócitos.
4	>85	Apenas pequenas quantidades de focos destrutivos, geralmente, bem preservada.
5	>95	Muito bem preservado, praticamente indistinguível de osso recente.

Fonte: Hedges & Millard (1995).

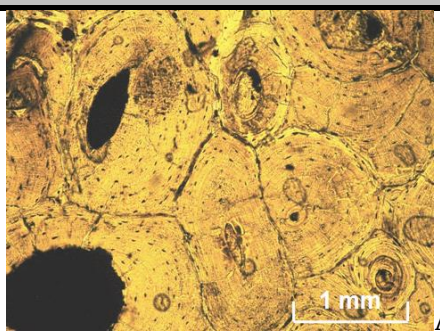
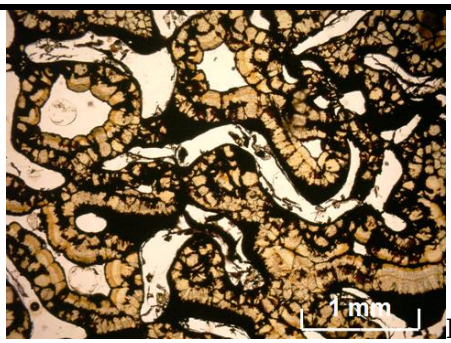
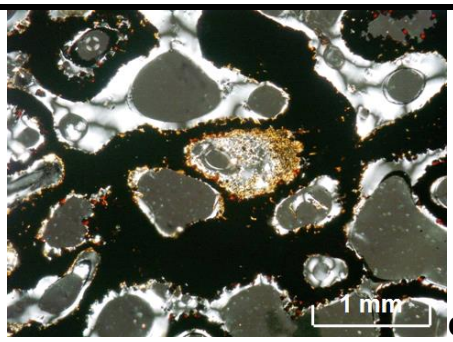
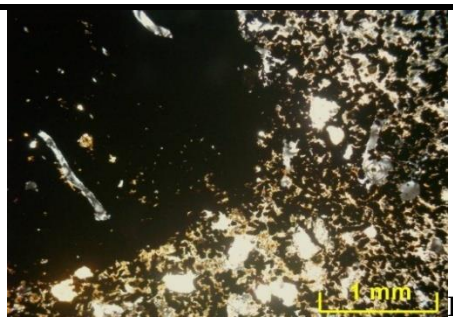
As demais amostras (CPRM-42; CPRM-7; CPRM-23 e CPRM-SN1) encontram-se com elevado grau de alteração, pois houve o processo de degradação dos constituintes histológicos principalmente na porção compacta do osso, restando as trabéculas ósseas alteradas, com exceção da amostra CPRM-SN1, onde toda a amostra está degradada, ou seja, predomina a matriz amorfa negra, sem a possibilidade de identificação de seus constituintes histológicos. Com relação aos diferentes estágios de degradação das microestruturas, é possível hierarquizar as amostras na seguinte ordem:

BEM PRESERVADO → **MÉDIO** → **MAL PRESERVADO** → **MUITO MAL PRESERVADO**

As amostras que correspondem respectivamente a essas categorias hierárquicas de diferentes estágios de degradação (Figura 12), são as seguintes:

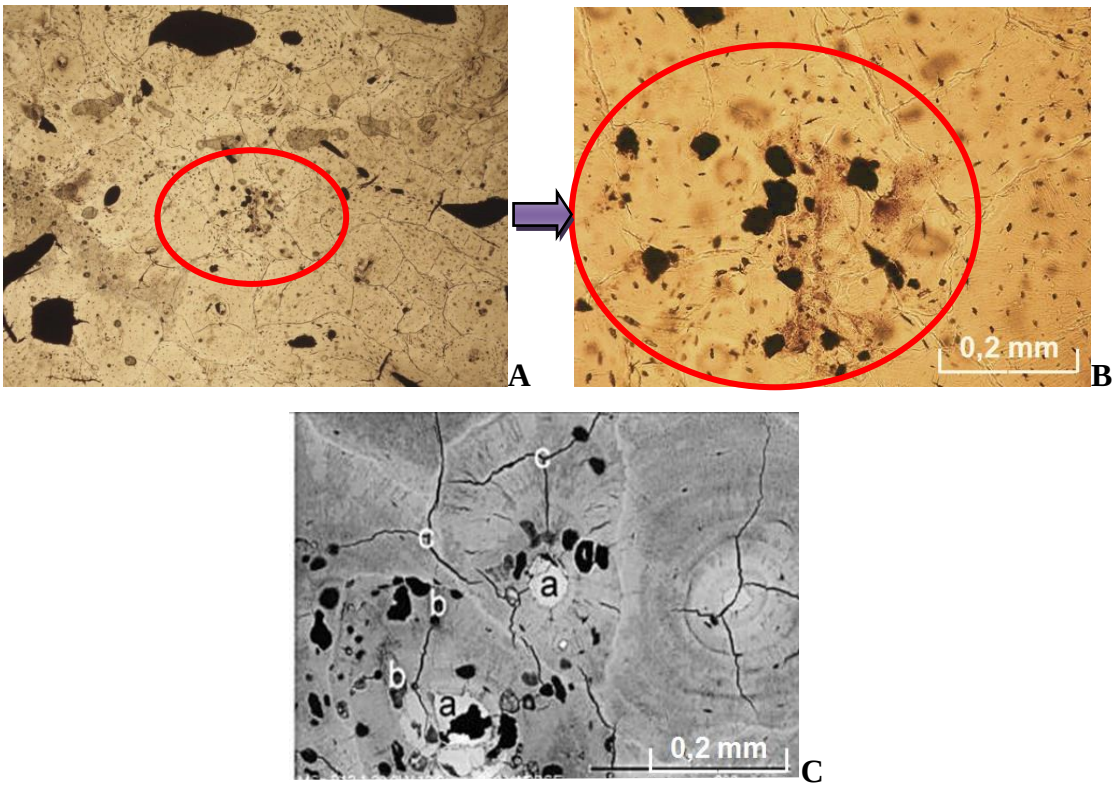
CPRM-13 → **CPRM-23** → **CPRM-7** → **CPRM-42** → **CPRM-SN1**

Figura 12. Quadro comparativo dos diferentes estágios de degradação. Fotomicrografia das amostras CPRM-13, CPRM-42 e CPRM-SN1.

NÍVEL DE PRESERVAÇÃO	AMOSTRA	OBSERVAÇÃO
BEM PRESERVADO	 **A** **CPRM-13**	Matriz amorfa negra constituída de até 90,19% de carbono restrita aos canais de Havers e Volkmann, como o início do processo de degradação óssea. Entre as microestruturas histológicas também são identificadas ósteons, linhas cimentantes, lamelas circunferenciais, lacunas e canalículos.
MÉDIO	 **B** **CPRM-23**	Componentes microestruturais ósseos em fase de degradação, restando o arranjo das trabéculas.
MAL PRESERVADO	 **C** **CPRM-42**	Trabéculas ósseas com elevado grau de degradação constituídas predominantemente pela matriz amorfa negra.
MUITO MAL PRESERVADO (indistinguível)	 **D** **CPRM-SN1**	Total degradação do osso, predominando à matriz amorfa sem distinção de constituintes histológicos ósseos.

Como possíveis evidências de processos de degradação óssea têm-se padrões de formas semicirculares submilimétrica da matriz amorfa negra observadas em lâminas delgadas que não constituem a microestrutura original óssea, ou seja, revelam a possibilidade da atuação de bactérias invasoras degradantes de colágeno. São padrões que muito se assemelham com as feições de inclusão biológica mostrado em Rogoz et al. (2012), Figura 13.

Figura 13. Fotomicrografias **A** e **B** (CPRM-13), mostrando alterações devido a possível ocorrência de bactérias. **A**. Porção da amostra bem preservada. **B**. Detalhe das manchas de possíveis inclusões biológicas bacterianas. **C**. Alteração bacteriana de Rogoz et al. (2012).



4.2.3. Estágio ontogenético

Mesmo que escassos os relatos na literatura com relação às características histológicas microestruturais relacionadas a fragmentos ósseos de megafauna, Cuézva & Élez (2000b) destacam, com base nestas características, a possibilidade de se diferenciar indivíduos juvenis e adultos. Na amostra da porção proximal de tíbia de *Eremotherium laurillardi* (CPRM-13) a presença do sistema lamelar (Figuras 11B e 11C) com porções de ósteons regulares começando a se substituir e/ou se tornando superfícies de reabsorção, bem como a ausência de

um sistema brechóide, revelam a possibilidade de que o elemento ósseo pertenceu a um indivíduo jovem de *Eremotherium laurillardi*, como destaca Cuézva & Élez (2000b).

4.2.4. Microfissuras e seus significados

Nas porções mais bem preservadas da lâmina delgada da amostra da porção proximal da tíbia de *Eremotherium laurillardi* (CPRM-13) há a possibilidade de se identificar três tipos distintos de microfissuras, representantes de descontinuidades ósseas relacionadas a eventos tafonômicos, podendo indicar situações de ***pos mortem*, pós-soterramento** e **pós-fossilização**.

As microfissuras ***pos mortem*** são caracterizadas pela sua disposição radial. Estão situadas no interior das circunferências dos ósteons secundários distribuindo-se até o centro, podendo ter ou não um sentido de inervação (Figuras 14A). Para Cook et al. (1962) são modeladas de acordo com a geometria do sistema de Havers, mas para Pfretzschner (2000) a inervação é aleatória.

As microfissuras **pós-soterramento** são as que ultrapassam os limites dos ósteons nas amostras. São descontinuidades de maior espessura em relação aos outros tipos de microfissuras, podendo ter sido causadas por estresses físicos ou provenientes da manipulação durante a escavação/processamento da amostra (ex. GRUPE & DRESES-WERRINGLOER, 1993), Figuras 14B e 14C.

Já as microfissuras **pós-fossilização** são aquelas que cortam o material da matriz amorfa negra, incluindo também os canais de Havers ou de Volkamn, exibindo-se de modo menos espessas do que as microfissuras pós-soterramento (Figuras 14D e 15). As microfissuras **pós-fossilização** podem ter sido ocasionadas devido à pressão externa das camadas de sedimento sobre a amostra, após sua preservação.

Figura 14. Fotomicrografias mostrando diferentes microfissuras encontradas no osso. **A.** Microfissuras radiais *pós mortem* isentas de matriz amorfa negra. **B** e **C**. Fissuras cortando os ósteons (pós-soterramento). D. Microfissuras cortando a matriz amorfa negra (pós-fossilização). Amostra CPRM-13.

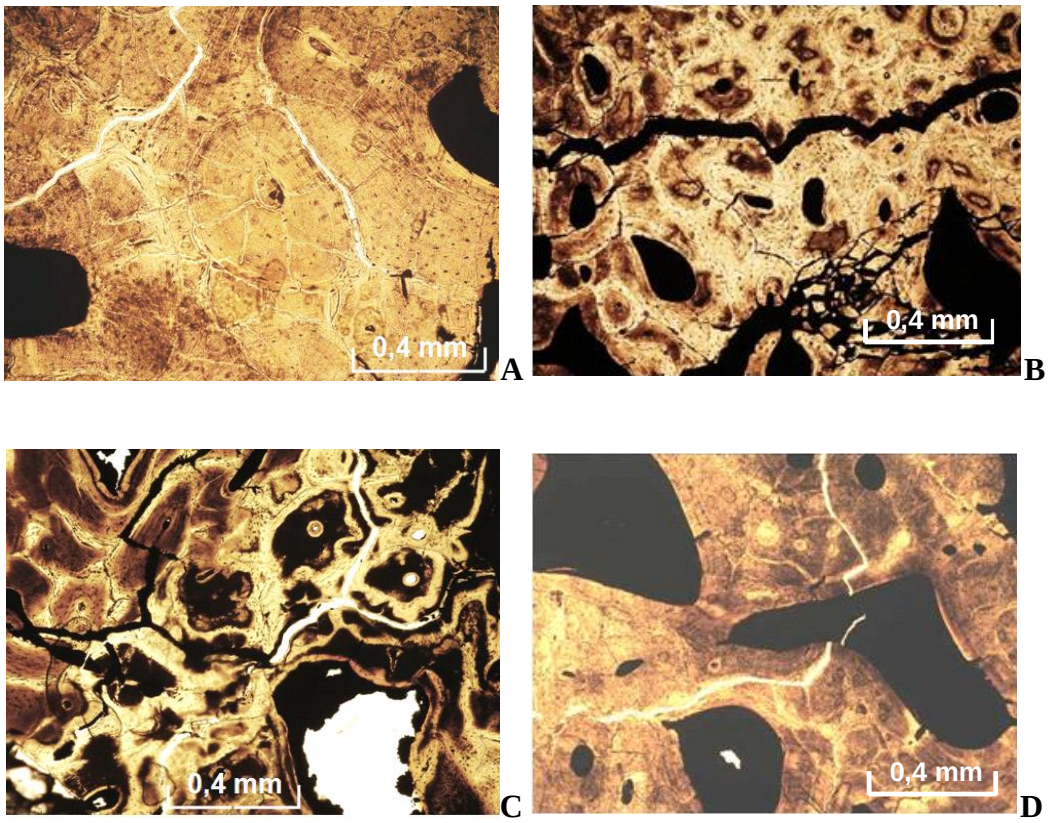
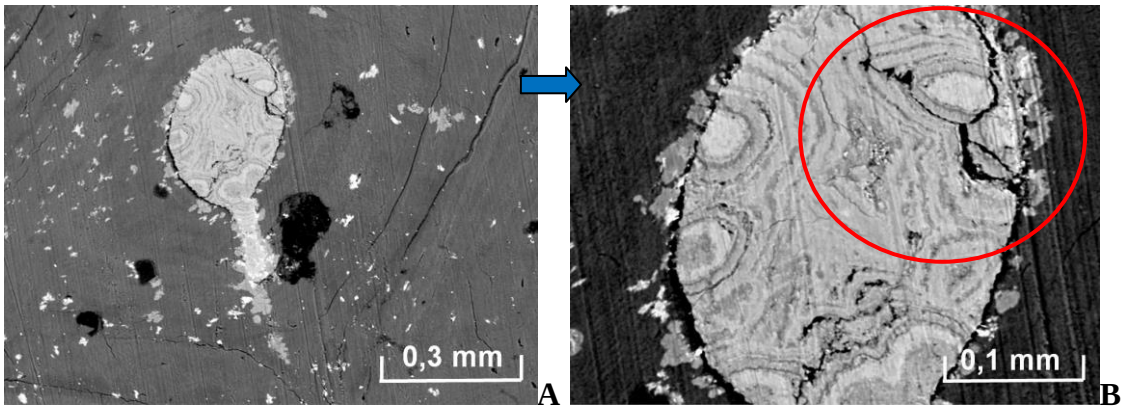


Figura 15. Microfissuras pós-fossilização e canal de Volkmann preenchido predominantemente por ferro (porção cinza claro). Amostra CPRM-13.



4.2.5. Modificações químicas

As feições estruturais anatômicas e macroestruturais histológicas identificadas nos fragmentos ósseos de indivíduos de *Eremotherium laurillardi* e Toxondotidae na região de Araras revelam condições especiais de preservação com a possibilidade de um ambiente de soterramento anóxico ou subanóxico. No entanto, as observações microscópicas evidenciaram a ocorrência de indícios de degradação óssea constituídos por uma matriz amorfa negra associada às trabéculas (CPRM-42), bem como associada a microcavidades como os canais de Havers e Volkmann (CPRM-13). O carbono se exibe como constituinte químico predominante nesta matriz amorfa negra com teores de 10,99% (Tabela 2 e Figura 17) a 90,19% (Tabela 2 e Figura 18), e conteúdos subordinados de nitrogênio, oxigênio, cálcio, alumínio, ferro, manganês, magnésio, cloro, sílica e zircônio (Tabela 2). A predominância de carbono pode estar relacionada à natureza óssea do colágeno que concentra uma significativa quantidade de carbono e compostos nitrogenados.

No microscópio eletrônico de varredura - MEV foi possível identificar canais de Havers com infiltrações externas predominantemente de ferro, diferenciando-se visualmente do carbono, por meio de uma coloração mais clara na imagem gerada (Figuras 16 e 17), e o canal de Volkmann também com infiltrações externas preenchido predominantemente por ferro (Figura 15). Garland (1987) cita que quando há infiltrações de cor negra opaca ou marrom que penetram o córtex do osso, podem ter sido ocasionadas tanto pela infiltração de elementos químicos quanto de elementos da superfície óssea.

Os conteúdos menores de carbono, mesmo que superiores ou igual a 10,99% (Tabela 2 e Figuras 17 e 21), se faz presente em função da porção das lâminas delgadas analisadas quimicamente conter cristais de minerais identificados inicialmente nos estudos junto ao microscópio petrográfico e com mais detalhe no microscópio eletrônico de varredura - MEV, com aumentos de até 1000 vezes. Nestas análises químicas, portanto, são constatadas as ocorrências de teores de ferro, manganês, magnésio, sílica e zircônio como prováveis infiltrações externas.

Tabela 2. Dados químicos das amostras CPRM-13 e CPRM-42 obtidos no espectrômetro de energia dispersiva - EDS. *Erro estático relativo, referente a intensidade dos picos para cada elemento expresso na forma de desvio padrão.

Amostra	Material analisado	Aumento	kV	Elementos químicos	Porcentagem em peso (%)	Erro estático relativo*
CPRM-13	Matriz amorfa negra do canal de Havers	533 X	15	**C**	85,23	0,68
				N	10,6	6,54
				O	4,14	6,28
CPRM-13	Matriz amorfa negra do canal de Havers	1000 X	15	**C**	90,19	1,31
				N	2,97	21,60
				O	3,57	9,89
				Cl	3,27	4,87
CPRM-13	Porção cinza clara do canal de Havers	1000 X	15	**C**	10,99	3,22
				N	2,29	8,55
				O	42,49	0,89
				Ca	0,38	15,35
				Mn	11,29	2,17
				Fe	32,56	1,34
CPRM-13	Porção cinza clara do canal de Volkmann	500 X	15	**C**	13,60	2,35
				N	2,31	6,86
				O	38,67	0,80
				Mg	0,55	15,49
				Ca	0,29	16,21
				Mn	3,56	3,66
				Fe	41,02	0,99
CPRM-13	Matriz amorfa negra com minerais	483 X	15	**C**	42,34	6,05
				N	5,18	27,36
				O	16,08	7,59
				Fe	10,18	20,72
				Mg	0,51	32,39
				Al	24,38	3,30
				Si	1,33	19,36
CPRM-42	Matriz amorfa negra - com minerais	597 X	20	**C**	53,91	1,88
				O	40,31	2,16
				Mg	0,30	25,00
				Al	0,65	9,49
				Si	2,21	3,70

				Ca	0,27	11,23
				Fe	2,36	4,66
CPRM-42	Matriz amorfa negra - com minerais.	597 X	20	**C**	54,93	3,17
				O	39,46	3,69
				Mg	0,38	30,26
				Al	0,70	14,65
				Si	2,40	5,97
				Fe	2,13	8,81
CPRM-42	Matriz amorfa negra - com minerais.	567 X	25	**C**	58,31	1,43
				O	36,70	1,86
				Mg	0,21	23,14
				Al	0,64	7,06
				Si	2,12	2,77
				Zr	0,10	42,40
				Ca	0,14	10,33
				Fe	1,77	3,03
CPRM-42	Matriz amorfa negra com minerais	500 X	20	**C**	47,89	2,69
				N	8,18	13,05
				O	39,01	3,20
				Mg	0,32	29,97
				Al	0,76	12,50
				Si	2,07	6,31
				Fe	1,77	14,56
CPRM-42	Matriz amorfa negra com minerais	500 X	20	**C**	48,96	3,33
				N	6,39	19,36
				O	37,77	3,97
				Mg	0,42	32,08
				Al	0,77	16,54
				Si	2,22	7,78
				Fe	3,48	12,26
CPRM-42	Matriz amorfa negra com minerais	500 X	20	**C**	50,42	2,81
				N	5,51	16,78
				O	38,73	3,25
				Mg	0,36	27,16
				Al	0,84	11,12
				Si	2,09	5,57
				Fe	2,06	7,56

Figura 16. Imagem obtida no microscópio eletrônico de varredura - MEV, mostrando o canal de Havers preenchido predominantemente por carbono (porção negra) e ferro (porção cinza claro). Pontos vermelho e amarelo são pontos de análises químicas. Amostra CPRM-13.

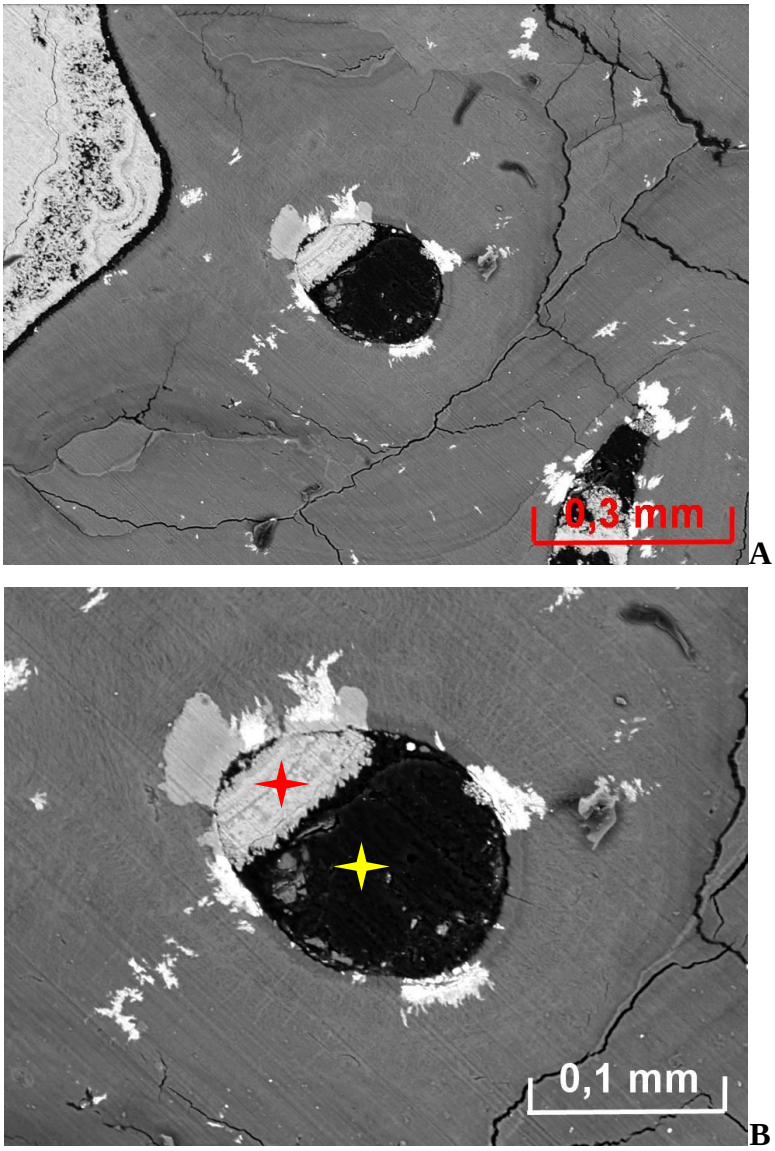
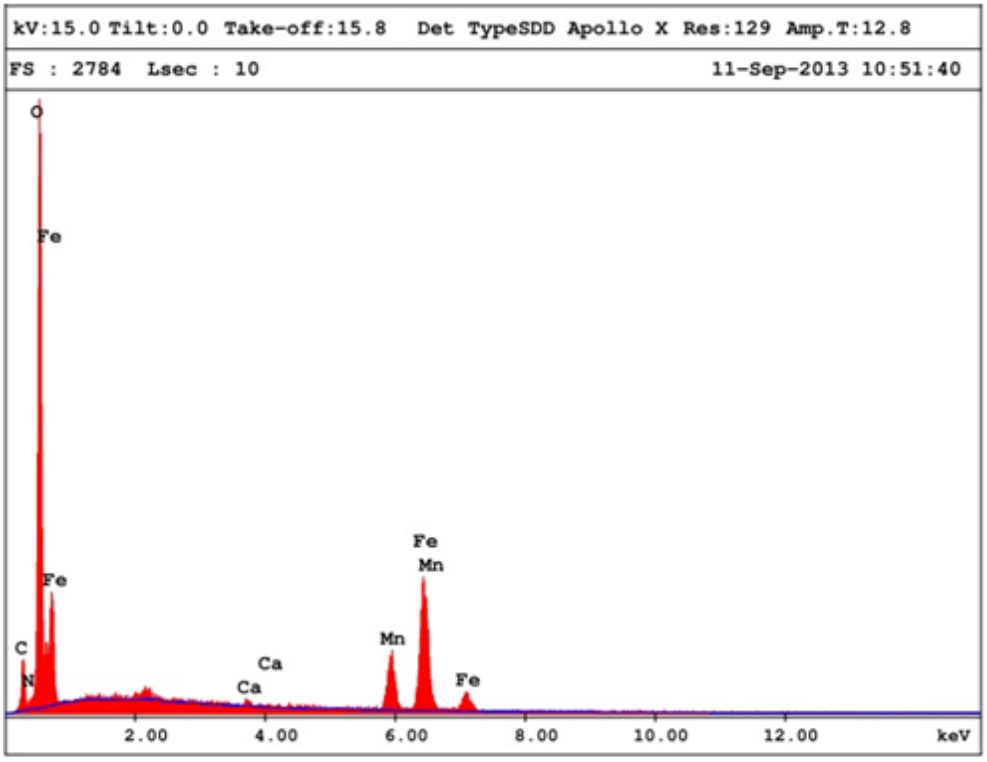


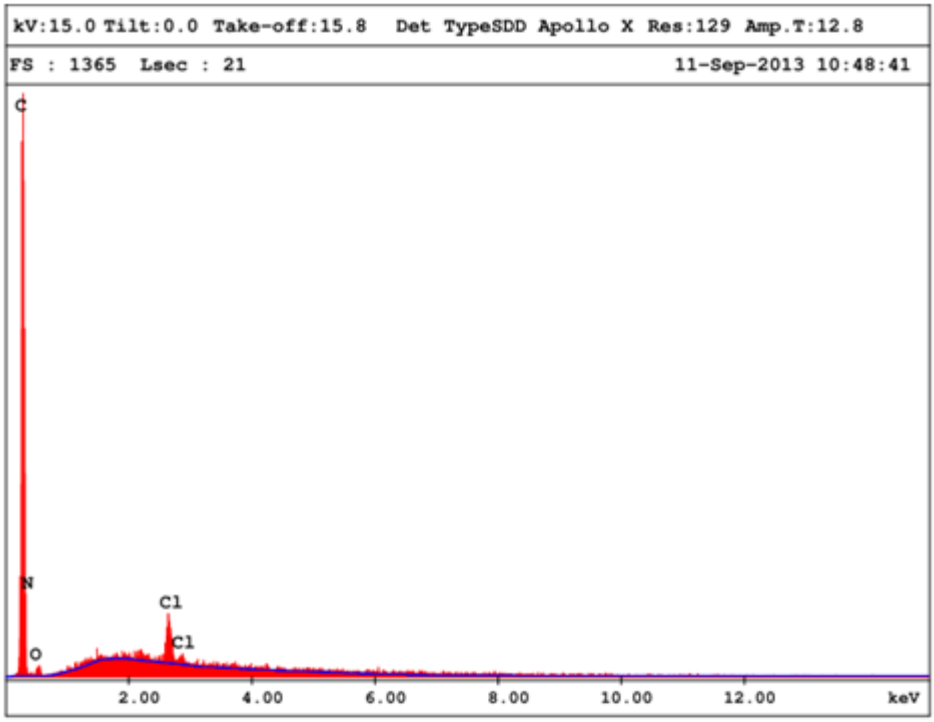
Figura 17. Análises químicas quantitativas obtidas no espectrômetro de energia dispersiva - EDS da matriz cinza claro do canal de Havers. Ponto de análise marcado em vermelho na Figura 16. Amostra CPRM-13.



EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
C K	10.99	20.19	0.0306	1.0880	0.2559	1.0006
N K	2.29	3.61	0.0063	1.0772	0.2547	1.0017
O K	42.49	58.59	0.1677	1.0672	0.3695	1.0010
CaK	0.38	0.21	0.0037	0.9840	0.9712	1.0192
MnK	11.29	4.53	0.1001	0.8739	1.0143	1.0000
FeK	32.56	12.86	0.2939	0.8890	1.0152	1.0000
Total	100.00	100.00				

Figura 18. Análises químicas quantitativas obtidas no espectrômetro de energia dispersiva - EDS da matriz amorfa negra do canal de Havers. Ponto de análise marcado em amarelo na Figura 16. Amostra CPRM-13.



EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
C K	90.19	93.43	0.4905	1.0045	0.5414	1.0000
N K	2.97	2.64	0.0023	0.9946	0.0774	1.0000
O K	3.57	2.78	0.0044	0.9857	0.1252	1.0000
ClK	3.27	1.15	0.0302	0.8826	1.0480	1.0000
Total	100.00	100.00				

Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
C K	276.93	0.28	1.31	973.33
N K	1.42	0.28	21.60	5.00
O K	5.36	0.28	9.89	18.83
ClK	36.42	14.98	4.87	2.43

Minerais agregados, infiltrados na amostra foram identificados na lâmina delgada da amostra CPRM-SN1, junto ao microscópio petrográfico, com tamanhos inferiores a 0,5 mm de diâmetro. São representados por cristais anedrais de quartzo com forte extinção ondulante, além de cristais subanedrais de plagioclásio com sua típica geminação albita. Óxidos e hidróxidos de ferro também são encontrados preenchendo finos interstícios da amostra (Figura 16), sem substituição.

Por outro lado, na amostra CPRM-42 com o auxílio do Microscópio eletrônico de varredura - MEV, aumento de 567 vezes, foi identificada a fase mineral zircão (silicato de

zircônio), como cristais também submilimétricos infiltrados na amostra. As análises químicas obtidas pelo espectrômetro de energia dispersiva - EDS confirmam a ocorrência desta fase mineral, mesmo sendo dosada uma área da amostra contendo além do zircônio (0,10%) e sílica (2,12%), também porções de carbono (58,31%), cálcio (0,14%), alumínio (0,64%), magnésio (0,21%) e oxigênio (36,70%), Figuras 19, 20 e 21.

Com relação a este processo de infiltração de minerais em ossos fósseis, Rogoz et al. (2012) comentam a possibilidade de preenchimento dos canais de Havers por minerais em função desses canais conterem poros abertos que permitem a difusão precoce durante os estágios diagenéticos iniciais ou mesmo tardio.

Figura 19. Fotomicrografia da secção transversal da amostra CPRM-SN1, exibindo matriz amorfa negra sem preservação de seus constituintes histológicos. A e B. Cristais de quartzo e plagioclásio infiltrados e agregados de óxidos e hidróxidos de ferro.

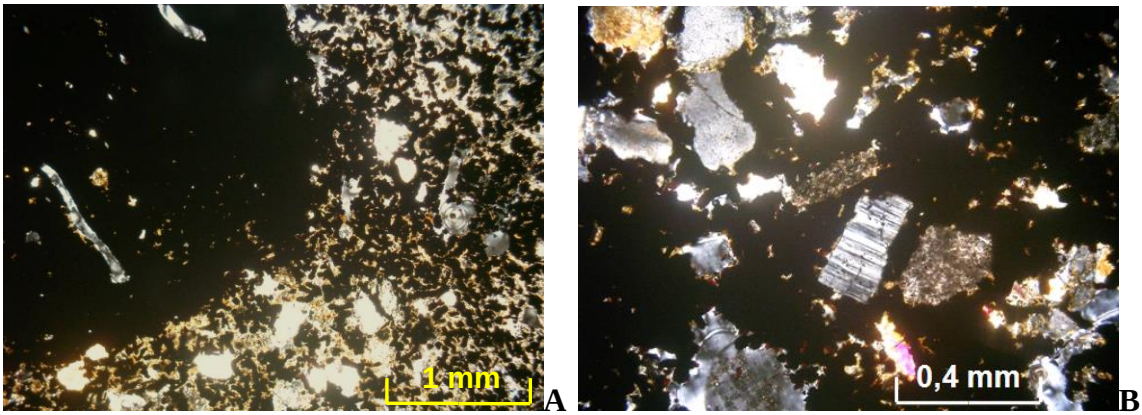


Figura 20. **A.** Imagem obtida no microscópio eletrônico de varredura - MEV, com a secção longitudinal da amostra CPRM-42, indicando a ocorrência de minerais infiltrados na amostra sobre a matriz amorfa negra. **B.** Mineral de zircão assinalado em vermelho.

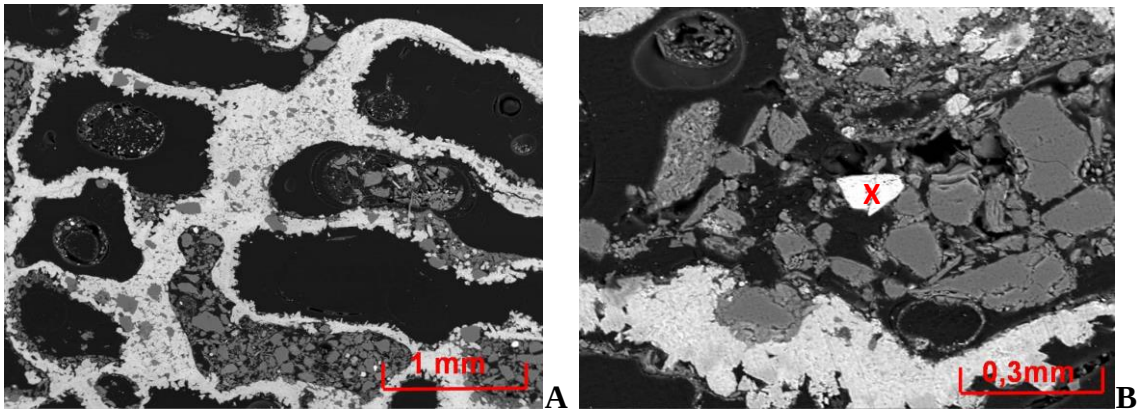
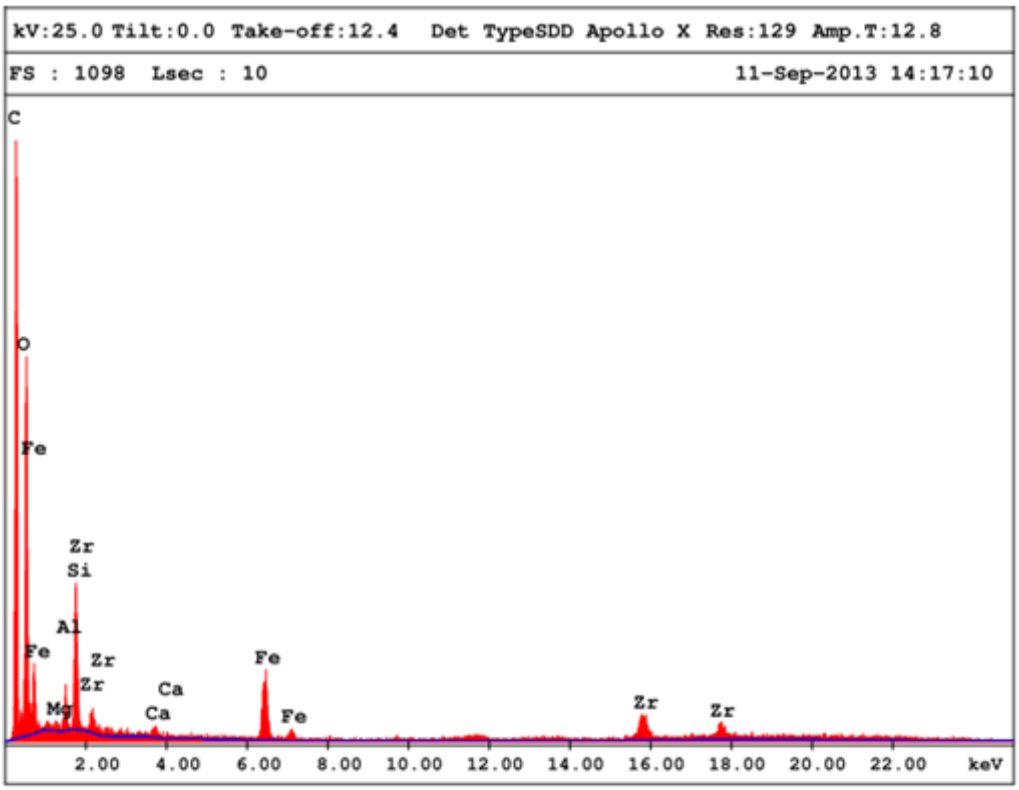


Figura 21. Análises químicas quantitativas obtidas no espectrômetro de energia dispersiva - EDS da matriz amorfa negra próxima ao cristal de zircão da amostra CPRM-42. Ponto de análise marcado em vermelho na Figura 20B.



EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
C K	58.31	66.57	0.2693	1.0098	0.4573	1.0003
O K	36.70	31.46	0.0577	0.9945	0.1581	1.0001
MgK	0.21	0.12	0.0006	0.9571	0.3161	1.0007
AlK	0.64	0.33	0.0026	0.9297	0.4376	1.0010
SiK	2.12	1.03	0.0117	0.9574	0.5768	1.0001
ZrL	0.10	0.02	0.0010	0.8031	1.2713	1.0000
CaK	0.14	0.05	0.0014	0.9260	1.0952	1.0018
FeK	1.77	0.43	0.0165	0.8497	1.0986	1.0000
Total	100.00	100.00				

5. DISCUSSÃO

Estudos mostram que os indivíduos da megafauna se extinguiram no último período glacial, final do Pleistoceno, há aproximadamente 12 mil anos AP, durante variações climáticas entre ambiente frio e seco (ex. CARTELLE, 1999). Durante alguns intervalos do Quaternário, a região Amazônica foi constituída por savanas e também por floresta tropical (ABSY & VAN DER HAMMEN, 1976; VAN DER HAMMEN & ABSY, 1994). Os estudos de identificação anatômica, taxonômica e de microscopia em fragmentos ósseos fósseis realizados neste trabalho, confirmaram a ocorrência da espécie *Eremotherium laurillardi* nos depósitos fluviais pleistocênicos do rio Madeira, na região de Araras, como mencionada em estudos anteriores (ex. NASCIMENTO, 2008). A presença dessa espécie sugere um paleoambiente para a região de Araras constituído de campos abertos e floresta, já que necessitava de espaço para sua locomoção e extração do alimento. Cartelle (2000) menciona que indivíduos da espécie *Eremotherium laurillardi* se alimentavam de capins e galhos de árvores, utilizando suas enormes garras para puxar os galhos. Além disso, consumiam grande quantidade de gramíneas e herbáceas (VIZCAÍNO et al., 2009), tendo uma dieta generalista (DANTAS et al., 2013).

Além da espécie *Eremotherium laurillardi*, confirma-se também a ocorrência de fragmentos ósseos de indivíduos da família Toxodontidae na região de Araras. Em relação a seu hábitat e indicativos de paleoambiente há a hipótese de hábitos pastadores e semi aquáticos, bem como espécies de alimentação generalista, englobando diferentes habitats tal qual *Eremotherium laurillardi*. Em função das características morfológicas como pescoço curto e patas volumosas, Cartelle (1994) atribui para os indivíduos da família Toxodontidae sua provável habitação em planícies com vegetação rasteira, semelhantes a um cerrado com muita água perene, formando manadas. Porém, MacFadden (2005), com base em dados isotópicos, expõe que toxodontídeos, bem como *Eremotherium laurillardi*, poderiam ter habitado tanto ambientes de florestas quanto de cerrado.

Condições especiais do final do Pleistoceno de Rondônia possibilitaram a preservação de fragmentos ósseos de indivíduos de *Eremotherium laurillardi* e Toxondotidae. Dentre as amostras microscopicamente estudadas, a amostra pertencente a tíbia de *Eremotherium laurillardi* (amostra CPRM-13) conserva os constituintes histológicos praticamente intactos quando comparados com fotomicrografias de ossos de mamíferos recentes. A excepcional

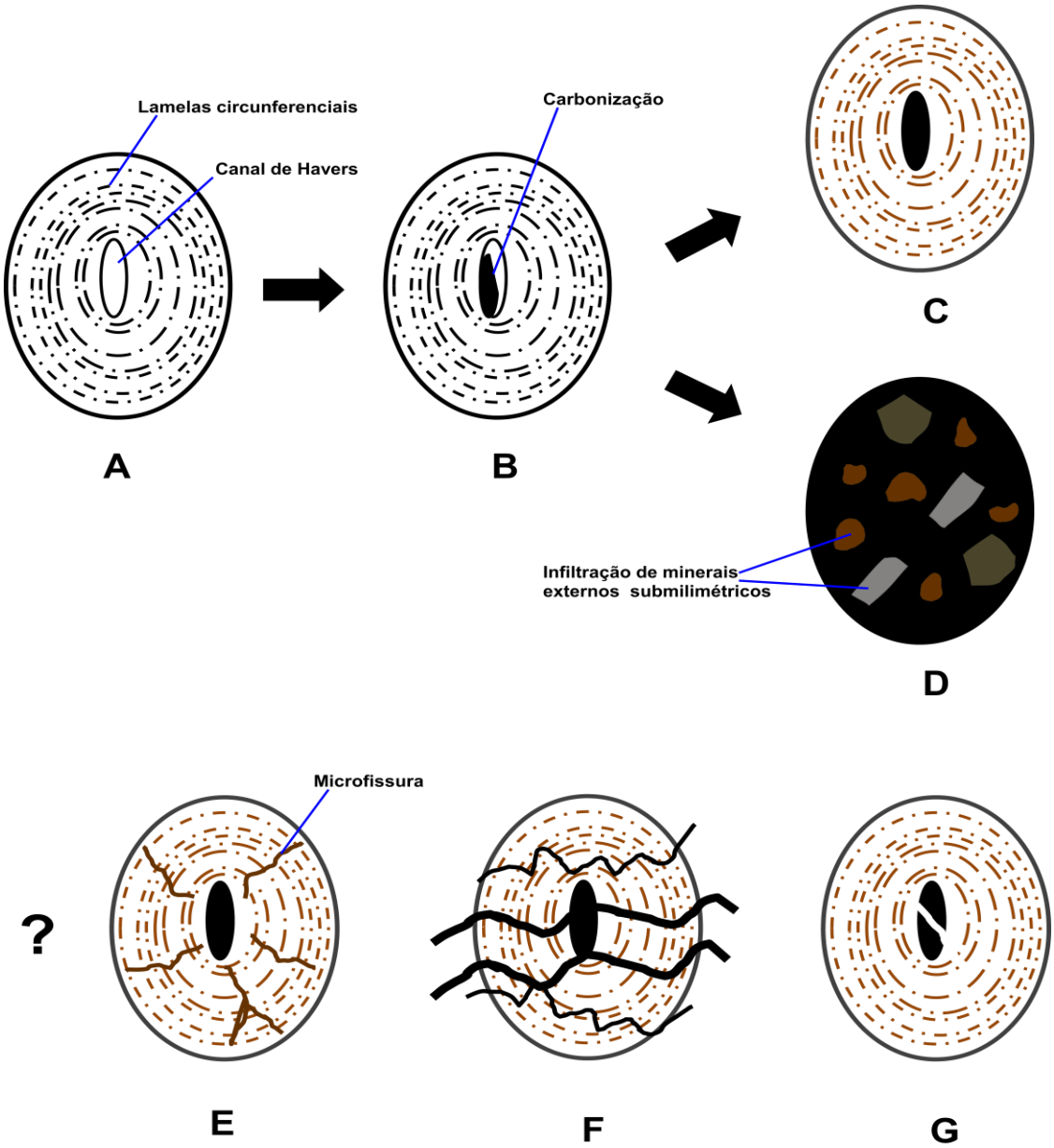
preservação histológica da amostra é mensurada pelo índice 5 de Hedges & Millard (1995), ou seja, superior a 95% das microestruturas preservadas que pode ter sido ocasionada pela deposição rápida do espécime (BEHRENSMEYER, 1988), o que permite determinar sua ontogenia de um indivíduo juvenil com base no arranjo histológico lamelar (CUÉZVA & ÉLEZ, 2000b). Diferencia-se de cortes histológicos de ossos recentes pela quantidade de matriz amorfa negra constituída predominantemente de carbono distribuída na amostra e pela presença de microfissuras. As microfissuras nos ósteons podem ter propiciado o avanço do processo de degradação do osso compacto com a ação das intempéries nas porções ósseas internas, corroborando com Garland (1987) que afirma que as microfissuras facilitam a infiltração de elementos químicos na superfície óssea.

A carbonização como processo de fossilização atuante nos paleovertebrados de Araras, gerou diferentes estágios de degradação histológica óssea, incluindo a mudança para a coloração negra que pode estar preservando ou não suas microestruturas (Figura 22C), assim como proposto por Silva (2001). Quando os espécimes estão bem preservados é possível distinguir facilmente as microestruturas histológicas e a ocorrência da matriz amorfa negra restrita nos canais de Havers e Volkmann como o início do processo de degradação óssea pelo processo de carbonização. Quando em estágio elevado de degradação, predomina a matriz amorfa negra disseminada com maior quantidade de infiltração de minerais externos agregados e, nestes casos, inexiste a possibilidade de identificação de seus constituintes histológicos (Figura 22D). Além disso, condições de eventos tafonômicos proporcionaram a geração de microfissuras ósseas, indicando situações de *pos mortem* (disposição radial, Figura 22E), de estresse físico pós-soterramento (ultrapassando os ósteons, Figura 22F) e de pós-fossilização (ultrapassando a matriz amorfa negra e os canais de Havers, Figura 22G).

Desta forma, o enriquecimento relativo de carbono possibilitou a geração da matriz amorfa negra com o carbono como seu constituinte químico predominante (10,99% a 90,19%), podendo estar associada à desidratação e empobrecimento de materiais voláteis do colágeno devido ao ambiente anóxico ou subanóxico, além do aumento de temperatura, pressão e pH devido à carga do sedimento sobrejacente. Sua predominância deve estar relacionada à natureza óssea do colágeno que concentra uma significativa quantidade de carbono e compostos nitrogenados. Pfretzschner (2004) menciona a degradação do colágeno como um dos passos iniciais da diagênese óssea, com a possível presença de bactérias degradando os compostos nitrogenados, digerindo o colágeno e facilitando a degradação do tecido ósseo. As inclusões bacterianas caracterizadas por Rogoz et al. (2012) mostram a

possibilidade da caracterização de estágios iniciais da alteração óssea dos fósseis de Araras, como deve ter ocorrido na amostra CPRM-13 da tíbia de *Eremotherium laurillardi*.

Figura 22. Desenho esquemático para os fósseis de vertebrados da megafauna pleistocênica de Araras, ilustrando os estágios de degradação óssea histológica no processo de carbonização em um ósteon com suas lamelas ciurcunferenciais e canal de Havers (A, B e C), incluindo infiltrações de minerais externos submilimétricos em um ósteon totalmente carbonizado (D) e microfissuras *pos mortem* (E), pós-soterramento (F) e pós-fossilização (G).



Os teores mais baixos de carbono na matriz amorfa negra, mesmo que superiores ou igual a 10,99% ocorrem em função da presença de cristais submilimétricos de quartzo, plagioclásio, óxido e hidróxido de ferro e zircão como prováveis infiltrações externas, proporcionando a constatação de conteúdos em porcentagem em peso de ferro, manganês, alumínio, magnésio, sílica e zircônio.

As citações do processo de fossilização do tipo carbonização são escassas na literatura científica em paleovertebrados de diferentes idades e, sobretudo, para os de idade pleistocênica. O processo de carbonização é amplamente abordado aos espécimes paleobotânicos (ex. SCHOPFT, 1975) e quando relacionado à paleovertebrados, refere-se a trabalhos de cunho arqueológico (ex. fogueiras ou queimas experimentais). Esse contexto possivelmente é atribuído à carência de investigações em vertebrados da megafauna pleistocênica que façam uso da microscopia (petrografia e microscopia eletrônica de varredura) e análise química (espectrometria por energia dispersiva) que contribuem substancialmente para a detecção do processo de carbonização, como, por exemplo, os métodos aplicados neste estudo.

No que diz respeito aos fósseis como patrimônio cultural, as condições de preservações e interpretações do paleoambiente de Araras por meio da abordagem educacional vem proporcionar subsídios para a preservação do patrimônio paleontológico regional, auxiliando no conhecimento e na compreensão da importância dos fósseis. A Constituição Federal de 1988, no artigo 216, expõe que no patrimônio cultural brasileiro estão incluídos “os bens de natureza material e imaterial, individuais ou em conjunto, nos quais se incluem os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico e os de valor paleontológico”.

Com relação às práticas educacionais direcionadas a valorização dos fósseis enquanto bens culturais, constituindo-se uma importante ferramenta para o desenvolvimento regional, Henriques (2010) menciona que a paleontologia contribui para a formação de cidadãos comprometidos com a sustentabilidade, tornando-os mais aptos a participarem em debates acerca de problemas ambientais e situações do cotidiano.

Desta forma, trabalhos como Andrade et al. (2012) e Perez et al. (2010; 2011), envolvendo a população de Porto Velho, mostram a importância dos trabalhos geocientíficos com a diversidade da paleontologia pleistocênica, contribuindo para a alfabetização geocientífica no sentido de patrimônio cultural como uma vertente para auxiliar no desenvolvimento regional.

CONCLUSÃO

- As identificações anatômicas, taxonômicas e microscópicas de fragmentos de vértebra torácica e tíbia esquerda mostraram a ocorrência de um indivíduo jovem da espécie *Eremotherium laurillardi* e o fragmento de fêmur esquerdo mostra a ocorrência do indivíduo da família Toxodontidae nos depósitos fluviais do rio Madeira, na região de Araras, Nova Mamoré, mantendo-se a possibilidade de um paleoambiente pleistocênico de floresta e de savana na região.

- A excepcional preservação da amostra de tíbia de *Eremotherium laurillardi* evidencia a possibilidade de uma situação única de deposição que permitiu a preservação das características histológicas da porção compacta do osso, diferenciando dos ossos de vertebrados atuais pela presença da matriz amorfa negra e de microfissuras.

- A carbonização configura-se como o processo de fossilização dos paleovertebrados da megafauna de Araras devido ao ambiente de soterramento anóxico ou subanóxico em que foram submetidos, onde o enriquecimento relativo de carbono possibilitou a geração da matriz amorfa negra com o carbono como seu constituinte químico predominante, sendo este processo constatado pela primeira vez em fósseis de vertebrados pleistocênicos provenientes dos depósitos fluviais do rio Madeira.

- A atuação do processo de carbonização ocorreu inicialmente na porção óssea compacta, alterando suas microestruturas com a mudança para a coloração negra em função da degradação da matéria orgânica e, em seguida, degradou a porção esponjosa do osso, resultando em uma aparência amorfa. Este processo permitiu a infiltração de minerais externos submilimétricos estranhos à matriz óssea, além da geração microfissuras histológicas.

- Ressalta-se a importância de se desenvolver estudos futuros nessa linhagem (microscopia e análise química) para auxiliar na detecção do próprio processo de carbonização em paleovertebrados pleistocênicos para uma melhor compreensão do processo de fossilização, considerando os demais fatores envolvidos, como exemplo, ambiente de deposição, sedimentos e idade.

- Destaca-se a efetividade da linhagem deste estudo para fósseis coletados em áreas de garimpo como, por exemplo, os fósseis de Araras que mesmo inexistindo um rigor paleontológico durante a coleta dos fósseis, mostrou a possibilidade de se desenvolver estudos

que fornecem importantes dados na interpretação do paleoambiente, anatomia, histologia e tafonomia.

- Destaca-se a possibilidade da contribuição do estudo de preservação dos fósseis ao desenvolvimento regional como, por exemplo, da área estudada, no sentido de patrimônio cultural relacionado ao saber geocientífico e educação. As informações aqui geradas poderão fornecer subsídios para o desenvolvimento de projetos futuros visando a disseminação desse conteúdo aos diversos públicos, tornando as informações paleontológicas mais acessíveis.

REFERÊNCIAS

ABAIDE, J.P. Patrimônio Paleontológico e suas ambigüidades conceituais. In: ABAIDE, J.P. ***Fósseis – Riqueza do subsolo ou bem ambiental?*** 2.ed., Curitiba, Juruá, p.27-55, 2009.

ABAIDE, J.P. Os fósseis na Constituição Federal Brasileira. Os fósseis na Constituição Federal Brasileira. ***Revista Direito em foco***, p.1-13, 2011. Disponível em: <http://www.unifia.edu.br/projetorevista/artigos/direito/20121/fosseis_constituicao.pdf> Acesso em: 20 ago. 2012.

ABSY, M.L.; VAN DER HAMMEN, T. Some palaecological data from Rondonia, Southern part of the Amazon Basin. ***Acta Amazonica***, n.6, v.3, p.293-299. 1976. Disponível em: <http://acta.inpa.gov.br/fasciculos/6-3/PDF/v6n3a05.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2013.

ADAMY, A. ***Zoneamento Ecológico Econômico Brasil-Bolívia: Eixo Abunã-Vale do Guaporé.*** Relatório Temático, CPRM, v.l. p.242, 2000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_zee_brasil_bolivia.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2013.

ADAMY, A.; PEREIRA, L.A.C. Projeto ouro e gemas - frente Rondônia. ***Relatório Anual***. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Porto Velho, RO, p.8-35, 1991.

ANDRADE, J.A.; MACÊDO, C.W. Ciência e tecnologia para o desenvolvimento regional. ***Revista Políticas Públicas***, São Luís, v.16, n.1, p.67-78, 2012. Disponível em: <http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/rppublica/article/view/1178>. Acesso em: 18 abr. 2013.

ANDRADE, L.C.; NASCIMENTO, E.R.; KIPNIS, R. Monitoramento paleontológico: o exemplo da Usina Hidrelétrica de Santo Antônio, Porto Velho, Rondônia. In: CARVALHO, I. S. (ed.). ***Paleontologia Cenários da Vida***. 1.ed. Rio de Janeiro: Interciência, p.807-817, 2011.

ANDRADE, L.C.; NASCIMENTO, E.R.; TIZUKA, M.M.; KIPNIS, R. Primeira ocorrência da família Alligatoridae (Crocodilya), em depósitos fluviais do Rio Madeira, Porto Velho, RO. In: Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, 7, Rio da Janeiro. ***Boletim de Resumos***, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p.72, 2010.

ANDRADE, L.C.; PEREZ, C.P; SANTOS, T.T.; RODRIGUES, M. F. A oficina "O trabalho do paleontólogo como forma de promover a divulgação e a valorização da Paleontologia na Educação Básica de Porto Velho, RO". In: Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, 8, Recife. ***Boletim de Resumos,*** Sociedade Brasileira de Paleontologia, p.86, 2012.

BACCI, D.D.L.C. A contribuição do conhecimento geológico para a educação ambiental. ***Pesquisa em Debate***. v.6, n.2, 2009. Disponível em: <http://www.pesquisaemdebate.net/docs/pesquisaEmDebate_11/artigo_7.pdf> . Acesso em: 26 mar. 2013.

BEHRENSMEYER, A.K. Vertebrate preservation in fluvial channels. ***Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology***. n.63, p.183-199, 1988. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/003101828890096> . Acesso em: 30 dez. 2012.

BELL, L.S. ***Post mortem microestructural change to the skeleton.*** Universidade de Londres. Tese de doutorado, Departamento de Anatomia e Biologia do Desenvolvimento, Faculdade de Ciências, p.319, 1995. Disponível em: <http://discovery.ucl.ac.uk/1317796/1/285099.pdf >. Acesso em: 20 mar. 2013.

BELL, L.S.; SKINNER, M.F.; JONES, S.J. The speed of post mortem change to the human skeleton and its taphonomic significance. ***Forensic Science International.*** v.82, p.129-140, 1996. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0379073896019846 > . Acesso em: 23 fev. 2013.

BERTONI, C.M. Tafonomia de Vertebrados. In: SOARES, M.B. (Coord.). ***Livro Digital de Paleontologia***.UFRGS. 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/paleodigital/Tafonomia.html>. Acesso em: 11 fev. 2013.

BISSARO JR, M.C.; NASCIMENTO, E.R.; TIZUKA, M.M.; KIPNIS, R. Evidências paleontológicas na AID da UHE Santo Antônio (Porto Velho - RO): importância do monitoramento paleontológico em empreendimentos de grande impacto ambiental. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 21, Belém. ***Livro de Resumos***, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p.89, 2009.

BITTENCOURT, J.S.; TOSDAL, R.M.; LEITE, JR., W.B.; PAYOLLA, B.L. Overview of the rapakivi granites of the Rondônia Tin Province. In: DALL´AGNOL, E.; MACAMBIRA, M.J.B.; COSTI, H.T. (Eds.). ***Symposium on rapakivi granites and related rocks***. Abstract volume. Belém, UFPA, p.5-16, 1995.

BLOOM, A.L. ***Superfície da Terra***. Traduzido por Setembrino Petri & Reinholt Ellert. São Paulo, Edgard Blücher, Tradução de The surface of the Earth, 1988.

BRASIL. Constituição Federal de 1988. ***Senado Federal.*** Secretaria-Geral da Mesa. Brasília, DF, 1988. Disponível em: <http://www.alep.pr.gov.br/system/files/corpo/Con1988br.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2012.

BRASIL. Decreto Lei nº 4.146, de 04 de março de 1942. Dispõe sobre a proteção de depósitos fossilíferos***. Diário Oficial da União***, Seção 1, Brasília, DF, 06 mar. 1942. Disponível em: < http://www2.camara.gov.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-4146-4- Acesso em: 20 nov. 2012.

CACHÃO, M.; SILVA, C.M.S. Introdução ao patrimônio paleontológico português: definições e critérios de classificação. ***Geonovas***, n.18, p.13-19, 2004. Disponível em:< http://paleoviva.fc.ul.pt/cmsbibliogafia/cms061.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2012.

CARVALHO, I.S. Aspectos legais da comercialização de fósseis e sua influência na pesquisa e no ensino da Paleontologia no Brasil. ***Cadernos IG/Unicamp***, n.3, p.91-105, 1993. Disponível em:< http://www.igeo.ufrj.br/ismar/2/2_7.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2012.

CARVALHO, I.S.; DA-ROSA, Á.A.S. Patrimônio paleontológico no Brasil: relevância para o desenvolvimento sócio-econômico. ***Memórias e Notícias***. p.15-28, 2008. Disponível em: <http://www.igeo.ufrj.br/ismar/3/3_25.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2012.

CARTELLE, C. Edentata e megamamíferos herbívoros da Toca dos Ossos, Ourolândia, Bahia, Brasil. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, ***Tese de Doutorado***, Programa de Pós-Graduação em Morfologia. Belo Horizonte, 1/2:1-600, 1992.

CARTELLE, C. ***Tempo passado. Mamíferos do Pleistoceno em Minas Gerais***. Belo Horizonte, Editorial Palco, 131p. 1994.

CARTELLE, C. Pleistocene mammals of the cerrado and caatinga of Brazil. In: EISENBERG, J.F., REDFORD, K.H. (Eds.). ***Mammals of the Neotropics***. The Central Tropics, v.3. The University of Chicago Press, 1999.

CARTELLE, C. Preguiças terrícolas, essas desconhecidas. ***Ciência Hoje***, v.27, n.161, 2000. Disponível em:< http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2000/161/pdf_aberto/PREGUICA.PDF>. Acesso em: 20 mar. 2013.

CARTELLE, C.; DE IULIIS, G. *Eremotherium laurillardi*: the Panamerican Late Pleistocene megatheriid sloth. ***Journal of Vertebrate Paleontology***, Los Angeles, v.15, n.4, p.830-841, 1995. Disponível em: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/4523673?uid=3737664&uid=2129&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21102056249723>. Acesso em: 22 abr. 2013.

CASSAB, R.C.T. Histórico das pesquisas paleontológicas no Brasil. In: CARVALHO, I. S. (ed.). ***Paleontologia: Conceitos e Métodos***, 3.ed. Rio de Janeiro, Interciência, p.13-18, 2000.

CERQUEIRA, F.V. Patrimônio cultural, escola, cidadania e desenvolvimento sustentável. ***Diálogos***, DHI/PPH/UEM, v.9, n.1, p.91-109, 2005. Disponível em: <http://www.fundacaobunge.org.br/uploads../documentos/dialogos_educacao_patrimonial.pdf > . Acesso em: 24 abr. 2013.

CHILD, A.M. Towards an understanding of the microbial decomposition of archaeological bone in the burial environment. ***Journal of Archaeological Science***. v.22, n.2, p.165–174, 1995. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440385700180 > . Acesso em: 15 mar. 2013.

CHINSAMY, A.; HURUM, J.H. Bone microstructure and growth patterns of early mammals. ***Acta Palaeontologica Polonica,*** n.51,v.2, p.325–338, 2006. Disponível em: <http://www.app.pan.pl/archive/published/app51/app51-325.pdf >. Acesso em: 05 mar. 2013.

COLLINS, M.J. The survival of organic matter in bone: a review. ***Journal of Archaeometry***. v.44, n.3, p.383–39, 2002. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1475-4754.t01-1-00071/pdf >. Acesso em: 18 mar. 2013.

COMARCK, D.H. ***Fundamentos de Histologia***. 1.ed, São Paulo, Guanabara Koogan, 1996.

COOK, S.F.; BROOKS, S.T.; EZRA-COHN, H. E. Histological studies on fossil bone. ***Journal of Paleontology***, v.36, n.3, mai. 1962, p.483-494. Disponível em: < http://www.jstor.org/stable/1301081>. Acesso em: 20 jun. 2013.

CORDANI, U.G. As ciências da Terra e a mundialização das sociedades. ***Estudos avançados***, n.9, v.25, p.13-27, 1995. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40141995000300003&script=sci_arttext>. Acesso em: 28 abr. 2013.

CORDANI, U.G. O papel das ciências da terra numa sociedade sustentável. ***Cadernos IG/UNICAMP***, n.8, v.1-2, p.22-35, 2000. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/60ra/textos/CO-UmbertoCordani.pdf>. Acesso em: 05 abr 2013.

COSTA, M.L. Mineralização de fragmentos de tecidos ósseos fósseis de sedimentos da Bacia do Acre. In: KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. (eds.). ***Contribuições à Geologia da Amazônia***. Belém, p.301-318, 2002.

CUEZVA, S.; ÉLEZ, J. Estudio preliminar de la microestructura de los huesos fósiles de mamíferos de Somosaguas (Mioceno Medio, Madrid). ***Coloquios de Paleontología,*** n.51, p.137-157, 2000a.

CUEZVA, S.; ÉLEZ, J. Reconocimiento del estadio de desarrollo en la microestructura de los huesos fósiles de mamíferos (Somosaguas y Layna). ***Coloquios de Paleontología***, n.51, p.151-174, 2000b.

DALL´AGNOL, E.; MACAMBIRA, M.J.B.; COSTI, H.T. (Eds.). ***Symposium on rapakivi granites and related rocks***. Abstract volume, Belém, UFPA, p.5-16, 1995.

DANTAS, M.A.T.; DUTRA, R.P.; CHERKINSKY, A.; FORTIER, D.C.; KAMINO, L.H.; COZZUOL, M.A.; RIBEIRO, A.S.; VIEIRA, F.S. Paleoecology and radiocarbon dating of the Pleistocene megafauna of the Brazilian Intertropical Region. ***Quaternary Research***, n.79 p. 61–65, 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033589412001160>. Acesso em: 12 jun. 2013.

DA-ROSA, Á.A.S.; LEAL, L.A.; PIRES, E.F.; SYÃO, J.M.; SCHERER, C.S.; MARTELLO, A.R.; ILHA, A.L.R.; PEIXOTO, D.V.; SOUZA, F.E.; BENÍCIO, J.R.; SILVA, J.A.; CAMPOS, L.; PAULA, M.; BOELTER, R.A.; NOVAIS, T.A.; SOUZA, T. Resultados preliminares do projeto executivo do programa de investigação, salvamento e monitoramento paleontológico do AHE Jirau. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 12, Boa Vista. ***Anais.*** Sociedade Brasileira de Geologia, CD-ROM, 2011.

DA-ROSA, Á.A.S. SCHERER, C.S.; LEAL, L.A.; SAYÃO, J.M.; SANT'ANNA FILHO, M.J.; SOUZA, T.S.; SILVA, J.A.; CAMPOS, L.S.; NOVAIS, T.A.; BENÍCIO, J.R.W.; SOUZA, F.E.; PAULA, M.; PEIXOTO, D.V.; MARTELLO, A.R.; BOELTER, R.A.; ILHA, A.L. Registro fossilífero do alto curso do rio Madeira, Pleistoceno de Rondônia. In: Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, 8. Recife. ***Boletim de Resumos,*** p.35, 2012.

DEDAVID, B.A.; GOMES, C.I.; MACHADO, G. ***Microscopia eletrônica de varredura:* aplicações e preparação de amostras**. Porto Alegre, EDIPUCRS, 2007. Disponível em: < http://www.pucrs.br/edipucrs/online/microscopia.pdf>. Acesso em: 20 set. 2013.

DE- IULLIS, G. A systematic review of the Megatheriinae (Mammalia: Xenarthra: Megatheriidae). ***Tese de Doutorado***. University of Toronto, Departament of Zoology, p.804, 1996.

DIAS, G.V.; TOSTES, J.G.R. Desenvolvimento sustentável: do ecodesenvolvimento ao capitalismo verde. ***Revista da Sociedade Brasileira de Geografia***, n.1, 2006. Disponível em:< http://www.socbrasileiradegeografia.com.br/revista_sbg/Artigos_arquivos/GUILHERME_artigo_SBG.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2013.

DINIZ, T.M.D. Considerações sobre o patrimônio cultural e os instrumentos legais para sua preservação. ***Analecta***, Guarapuava, v.5, n.1, p.73-85, 2004.

DIXON, R.; DAWSON, L.; TAYLOR, D. The Experimental degradation of archaeological human bone by anaerobic bacteria and the implications for recovery of ancient DNA. In: International Conference on Ancient DNA and Associated Biomolecules, 9, Pompeii, Italy, 2008. ***Anais***. Pompeii, p.19-22. Disponível em: < http://eprints.lincoln.ac.uk/2660/>. Acesso em: 12 mar. 2013.

DOBERENZ, A.; MATTER, P. Nitrogen analyses of fossil bones. ***Comparative Biochemistry and Physiology***. v.16, p.253-258, 1965. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0010406X65903221>. Acesso em: 22 out. 2013.

DROBINIAK, A.; MASTALERZ, M. Chemical evolution of Mioceno wood: Example from the Belchatow brown coal deposit, central Poland. ***International Journal of Coal Geology***, n.66, p.157-178, 2006.

ERICKSON, G.M. Assessing dinosaur growth patterns: a microscopic revolution. ***TRENDS in Ecology and Evolution***, v.20, n.12, p.677-684, 2005. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534705002697>. Acesso em: 16 nov. 2012.

ESTEVA, G. Desenvolvimento. In: SACHS, W. (Autor). ***Dicionário do Desenvolvimento***. Rio de Janeiro, Vozes, 2002.

FERNÁNDEZ-JALVO, Y.; ANDREWS, P.; PESQUERO, D.; SMITH, C.; MONFORT-MARÍN, D.; SÁNCHEZ, B.; GEIGL, EVA-MARIA; ALONSO, A. Early bone diagenesis in temperate environments. Part I: Surface features and histology. ***Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.*** v.288, p.62–81, 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031018210000489 > . Acesso em: 25 abr. 2013.

FLESSA, K.W.; KOWALEWSKI, M.; WALKER, S.E. Post-collection taphonomy: shell destruction and the chevrolet. ***Palaios***, v.7, p.553-554, 1992.

FORTIER, D.; NASCIMENTO, E.R.; HOLANDA, E.C. Primeiro registro de Crocodylidae para a Formação Rio Madeira, Pleistoceno Superior, Estado de Rondônia. ***Paleontologia em Destaque***. Rio de Janeiro, ano 22, n.57, p.45, 2007. Disponível em: <http://www.sbpbrasil.org/boletim/boletins/boletim57.pdf> . Acesso em: 22 nov. 2012.

FUNARI, P.P.A. Os desafios da destruição e conservação do Patrimônio Cultural no Brasil. ***Trabalhos de Antropologia e Etnologia***, Porto, 41, p.23-32, 2001. Disponível em: <http://gestaocompartilhada.pbh.gov.br/sites/gestaocompartilhada.pbh.gov.br/files/biblioteca/arquivos/os_desafios_da_destruicao_e_conservacao_do_patrimonio_cultural_no_brasil.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2013.

FYFE, W.S. As ciências da Terra e a sociedade: as necessidades para o século XXI. ***Estudos avançados***, v.11, n.30, 1997. Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40141997000200012&script=sci_arttext>. Acesso em: 07 abri. 2013.

GARLAND, A.N. A histological study of archaelogical bone decomposition. In: BODDINGTON, A.; GARLAND, A.N.; JANAWAY, R.C (Eds). ***Death, Decay and reconstrution***. Approaches to archaeology and forensic science. Manchester University Press. p.109-126, 1987.

GARLAND, A.N. Microscopical analysis of bone. ***Applied Geochemistry***. v.4, p.215-229, 1989. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0883292789900218> Acesso em: 17 dez. 2012.

GÓIS, F.; SCILLICATO-YANÉ, G.J.; CARLINI, A.A. Ocorrências de Cingulata dos gêneros Kraglievichia e Holmesina do Terciário e Quaternário da Amazônia Sul-Ocidental. ***Ameghiniana***, Buenos Aires, v.41, n.4, p.49 , 2004.

GÓIS, F.; SCILLICATO-YANÉ, G.J.; CARLINI, A.A. Una nueva especie de *holmesina* Simpson (Xenarthra, Cingulata, Pampatheriidae) del Pleistoceno de Rondônia, Sudoeste de la Amazonia, Brasil. ***Revista Brasileira de Paleontologia***, v.15, n.2, p.211-227, 2012. Disponível em: <http://www.sbpbrasil.org/revista/edicoes/15_2/RBP_09_Gois_et_al_Final.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2013.

GOMES, T.S. A importância da preservação do patrimônio cultural: os museus e as escolas. ***Revista Brasileira de Arqueometria***, v.3, 2011. Disponível em: <http://www.restaurabr.org/siterestaurabr/arc_vol_3/a%20importancia%20da%20preservacao%20do%20patrimonio%20cultural%20os%20museus%20e%20as%20escolas%20tatiana%20gomes.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2012.

GRUPE, G.; DRESES-WERRINGLOER, U. Decomposition phenomena in thin sections of excavated human bone. In: GRUPE, G.; GARLAND, A. N (Eds). ***Histology of ancient human bone: methods and diagnosis.*** Springer-Verlag, Berlin, 1993.

HANSON, M.; CAIN, C.R. Examining histology to identify burned bone. ***Journal of Archaeological Science***. v.34, n.11, p.1902-1913, 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440307000179 > . Acesso em: 11 fev. 2013.

HEDGES, R.E.M. Bone diagenesis: an overview of processes. ***Archaeometry,*** n.44, v.3, p.319–328, 2002. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1475-4754.00064/pdf.>. Acesso em: 10 jun. 2013.

HEDGES, R.E.M.; MILLARD, A.R.; PIKE, A.W.G. Measurements and relationships of diagenetic alteration of bone from three archaeological sites. ***Journal of Archaeological Science***. v.22, n.2, p.201–209, 1995. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440385700222 > . Acesso em: 25 mar. 2013.

HENRIQUES, M.H.P. Paleontologia – uma ponte entre as geociências e a sociedade. In: CARVALHO, I.S. (ed). ***Paleontologia: Cenários da Vida***, 2. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2010.

HOLANDA, E.C.; FERIGOLOGO, J.; RIBEIRO, A.M. New Tapirus species (Mammalia: Perissodactyla: Tapiridae) from the upper Pleistocene of Amazonia, Brazil. ***Journal of Mammalogy***, n.92, v.1. p.111-120, 2011. Disponível em: <http://www.bioone.org/doi/abs/10.1644/10-MAMM-A-144.1>. Acesso em: 20 nov. 2012.

HOLLUND, H.I.; JANS, M.M.E.; COLLINS, M.J.; JOOSTEN, I.; KARS, H. What happened here? Bone histology as a tool in decoding the postmortem histories of archaeological bone from Castricum, The Netherlands. ***International Journal of Osteoarchaeology***, n.22, p.537–548, 2012. Disponível em: <http://journals.ohiolink.edu/ejc/article.cgi?issn=1047482x&issue=v22i0005&article=537_whhbhaabfctn>. Acesso em: 20 abr. 2013.

HORTA, M.L.; GRUNBERG, E.; MONTEIRO, A.Q. ***Guia básico de educação patrimonial***. Brasília, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Museu Imperial (IPHAN), p.68, 1999.

ISOTTA, C.A.L.; CARNEIRO, J.M.; KATO, H.T.; BARROS, R.J.L. ***Projeto província estanífera de Rondônia.*** Relatório final, convênio DNPM/CPRM. Porto Velho, CPRM, v.16, 1978.

JALVO, Y. F. Early bone diagenesis in temperate environments. Part I: Surface features and histology. ***Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology***, v.288, p.62–81, 2010. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031018210000489>. Acesso em: 17 jul. 2013.

JANS, M.M.E. Characterisation of microbial attack on archaeological bone. ***Journal of Archaeological Science***, v.31, n.1, p.87–95, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030544030300102X >. Acesso em: 26 abr. 2013.

JANS, M.M.E.; KARS, H.; NIELSEN-MARSH, C.M.; SMITH, C.I.; NORD, A.G.; ARTHUR, P.; EARL, N. In situ preservation of archaeological Bone: a histological study within a multidisciplinary approach. ***Archaeometry***. v.44, n.3, p.343–352, 2002. Disponível em:

<http://www.eva.mpg.de/evolution/staff/c_smith/pdf/Jans_et_al_HistologyArchaeometry02.pdf >. Acesso em: 25 mar. 2013.

JARVIS, D.R. Nitrogen levels in long bones from coffin burials interred for periods of 26–90 years. ***Forensic Science International***, v.85, p.199–208, 1997.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. ***Histologia básica***. 7.ed. Rio de Janeiro, Koogan. Stryer L. Bioquímica. Guanabara Koogan, 1990.

KLOOSTERMAN, J.B. Uma província do tipo nigeriana no sul da Amazônia. ***Mineração e Metalurgia***, v.47, n.278, p.59-64, 1968.

LEESON, C.R.; LEESON, T.S. ***Histology***. 3.ed., W.B. Saunders Company, 1976.

LEAL, J.W.L.; SILVA, G.H.; SANTOS, D.B.; TEIXEIRA, W.; LIMA, L.I.C.; FERNANDES, C.A.C.; PINTO, A.C. Geologia. In: BRASIL. ***Projeto RADAMBRASIL***. Folha SC.20, Porto Velho. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, p.17-184, 1978.

LOBATO, F.P.N.S.; APPEL, L.E.; GODOY, M.C.F.T.; RITTER, J.E. ***Pesquisa de cassiterita no Território Federal de Rondônia***. Relatório final, 209p., Boletim, 125, Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, 1966.

MACFADDEN, B.J. Diet and habitat of toxodont megaherbivores (Mammalia, Notoungulata) from the late Quaternary of South and Central America. ***Quaternary Research***, n.64, p.113–124, 2005. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033589405000712>. Acesso em: 12 jun. 2013.

MARINHO, A.N.R.; MIRANDA, N.C.; BRAZ, V.; SANTOS, A.K.R.; SOUZA, S.M. F.M. Paleogenetic and taphonomic analysis of human bones from Moa, Beirada, and Zé Espinho Sambaquis, Rio de Janeiro, Brazil. ***Mem. Inst. Oswaldo Cruz***, Rio de Janeiro, v.l, n.101, p.15-23, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/mioc/v101s2/v101s2a04.pdf> . Acesso em: 28 abr. 2013.

MARTINELLI, A.G.; FERRAZ, P.F.; CUNHA, G.C.; CUNHA, I.C.; CARVALHO, I.S.; RIBEIRO,L.C.B.; MACEDO NETO, F.; CAVELLANI, C.L.; TEIXEIRA, V.P.A.; FERRAZ, M.L.F. First record of *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842) (Mammalia, Xenarthra, Megatheriidae) in the Quaternary of Uberaba, Triângulo Mineiro (Minas Gerais State), Brazil. ***Journal of South American Earth Sciences***, n.37, p.202-207, 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981112000363>. Acesso em: 14 abr. 2013.

MARTINS, J.A.S. Educação patrimonial dos sítios paleontológicos da Formação Santa Maria- RS: memórias da cidade e estudo de caso com alunos do Ensino Fundamental. ***Dissertação de Mestrado.*** Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2008. Disponível em: <http://www.museufo.org.br/pdf/JOSEALBERTOSILVAMARTINS.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2012.

MENDES, J.C. ***Paleontologia básica***. São Paulo, USP, 1988.

MUKHERJEE, D.; RAY, S.; SENGUPTA, D.P. Preliminary observations on the bone microstructure, growth patterns, and life. Habits of some Triassic Temnospondyls from India. ***Journal of Vertebrate Paleontology***, n.30, v.1, p.78-93, 2010. Disponível em: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1080/02724630903409121 > . Acesso em: 27 mar. 2013.

NASCIMENTO, E.R. Os Xenarthra Pilosa (Megatheriidae), Notoungulata Toxodontidae) e Proboscidea (Gomphotheriidae) da Formação Rio Madeira,Pleistoceno Superior, Estado de Rondônia, Brasil. ***Dissertação de Mestrado***, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio do Sul, p.113, 2008.

NASCIMENTO, E.R.; HOLANDA, E.C. Considerações paleoambientais sobre a Formação Rio Madeira, Pleistoceno Superior, Rondônia. In: Semana Acadêmica dos Alunos de Pós-Graduação em Geociências, 1, ***Resumos.*** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p.105-108, 2006.

NASCIMENTO, E.R.; HOLANDA, E.C.; GÓIS, F.; COZZUOL, M.A. Inferências paleoambientais para os depósitos fossilíferos do Quaternário da Amazônia Sul-Ocidental, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 19, Aracaju. ***Resumos***. Sociedade Brasileira de Paleontologia, CD-ROM, 2005.

NASCIMENTO, E.R.; PEREIRA, V.P.; FERIGOLO, J.; HOLANDA, E.C. Identificação de fases minerais em mamíferos da Formação Rio Madeira, Rondônia. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 10, Porto Velho. ***Anais de Resumos***, p.283-286, 2007.

NASCIMENTO, E.R.; PORTO, A.S.; HOLANDA, E.C.; COZZUOL, M.A. A fauna local de mamíferos pleistocênicos das localidades de Araras/Periquitos e Taquara, Rondônia. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 18, Brasília. ***Resumos***. p.206, 2003.

NASCIMENTO, E.R.; TIZUKA, M.M.; BISSARO JÚNIOR, C.B.; KIPNIS, R. Registro de restos vegetais fósseis e o seu contexto estratigráfico, canteiro de obras da UHE Santo Antônio, Porto Velho–RO. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 21, Belém. ***Resumos***. Sociedade Brasileira de Paleontologia, CD-ROM, 2009.

NASCIMENTO, T.C.N.; MANIESI, V; ADAMY, A.; SANTOS, A.N. A natureza e aplicação dos materiais lateríticos na área urbana e entorno de Porto Velho/RO. ***Revista Geonorte,*** Edição Especial, v.2, n.4, p.11–19, 2012.

OLIVEIRA, G.B.; LIMA, J.E.S. Elementos endógenos do desenvolvimento regional: considerações sobre o papel da sociedade local no processo de desenvolvimento sustentável. ***Revista FAE***, Curitiba, v.6, n.2, p.29-37, 2003. Disponível em: <http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/revista_da_fae/fae_v6_n2/03_Gilson.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2012.

PARDO, A. Fosiles y fosilizacion: procesos y resultados de la larga historia subterrânea. ***Boletim SEA, PaleoEntomología***. Zaragoza, n.16, p.31-43. 1996. Disponível em: <http://www.sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_16/B16-004-031.pdf > . Acesso em: 13 dez. 2012.

PAULA-COUTO, C. ***Tratado de paleomastolozoologia***. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 510p, 1979.

PEREZ, C.P.; NASCIMENTO, E.R.; TIZUKA, M.M.; BISSARO JÚNIOR, M.C.; KIPNIS, R. Importância das atividades de educação na proteção e valorização do patrimônio paleontológico na região de Porto Velho, RO. In: Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, 7, Rio de Janeiro. ***Boletim de Resumos***, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 72, 2010.

PEREZ, C.P.; RODRIGUES, M.F.; SANTOS, T.T.; ANDRADE, L.C. O Túnel do tempo geológico: ferramenta didática para o ensino de geociências no Ensino Fundamental e Médio. In: CARVALHO, I.S. (ed). ***Paleontologia: Cenários da Vida, 4.*** Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2011.

PEREZ, C.P.; TIZUKA, M.M.; NASCIMENTO, E.R.; KIPNIS, R. Cartilha educativa: uma ferramenta pedagógica para a divulgação da paleontologia na cidade de Porto Velho, Rondônia. In: Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra, 2; Simpósio Nacional Ensino de Geologia no Brasil, 4, São Paulo***. Anais,*** São Paulo, USP, 2009.

PFRETZSCHNER, H.U. Microcracks and fossilization of Haversian bone. ***Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*** – ***Abhandlungen***, 216, v.3, p.413–432, 2000.

PFRETZSCHNER, H.U. Fossilization of Haversian bone in aquatic environments. ***Comptes Rendus Palevol.*** v.3, p.605-616, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631068304001307 >. Acesso em: 20 dez 2012.

PFRETZSCHNER, H.U.; TÜTKEN, T. Rolling bones – Taphonomy of Jurassic dinosaur bones inferred from diagenetic microcracks and mineral infillings. ***Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology***, n.310, p.117-123, 2011. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031018211000411>. Acesso em: 20 jan. 2013.

PIRANHA, J.M.; CARNEIRO, C.D.R. O ensino de geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade. ***Revista Brasileira de Geociências***, São Paulo, v.39, n.1, 2009. Disponível em: <www.sbgeo.org.br>. Acesso em: 10 nov. 2012.

PORTO, A.S.; GÓIS, F.; NASCIMENTO, E.R.; HOLANDA, E.C.; COZZUOL, M.A. Xenarthra Pilosa (Edentata) do Quaternário do Estado de Rondônia. ***Ameghiniana***, Buenos Aires, 41(4):60R, 2004.

QUADROS, M.L.E.S.; RIZZOTTO, G.J. Geologia dos recursos minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas–SIG. ***Texto explicativo do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia.*** CPRM, Porto Velho, 2007.Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rbg/v27n3/a03v27n3.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2013.

QUADROS, M.L.E.S.; RIZZOTTO, G.J.; OLIVEIRA, J.G. F.; CASTRO, M.R.C. Depósitos fluviais da Formação Rio Madeira, Pleistoceno superior da Bacia do Abunã, Rondônia. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 9. Belém. ***Resumos***. Sociedade Brasileira de Geologia-Núcleo Norte, CD-ROM, 2006.

RAY, S.; MUKHERJEE, D.; BANDYOPADHYAY, D. Growth patterns of fossil vertebrates as deduced from bone microstructure: case studies from India. ***Journal of Biosciences,*** n.34, p.661–672, 2009. Disponível: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20009263 >. Acesso em: 12 dez. 2012.

RIZZOTTO, G.J.; CRUZ, N.M.; OLIVEIRA, J.G.; QUADROS, M.L.E. S.; CASTRO, J.M. Paleoambiente e o registro fossilífero pleistocênico dos sedimentos da Formação rio Madeira. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 9, Belém. ***Resumos***. Sociedade Brasileira de Geologia-Núcleo Norte, CD-ROM, 2006.

ROGOZ, A.; SAWLOWICZ, Z.; WOJTAL, P. Diagenetic history of woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) skeletal remains from the archaeological Site Cracow Spadzista Street (b), Southern Poland. ***Palaios***, v.27, n.8, p.541-549, 2012. Disponível em: <http://www.bioone.org/doi/full/10.2110/palo.2011.p11-115r >. Acesso em: 17 mar. 2013.

ROTH, S. ***Grupo Ungulata***. Catálogo de Los mamíferos fósiles conservados em el Museo de La Plata. Tomo VIII, p.134, 1898.

SANT'ANNA-FILHO, M. J.; TRINDADE, A. G.; MARQUES, G. M. Mamíferos fósseis do Quaternário de Rondônia. ***Guia da conferência de campo,*** p.26-36, 1996.

SANT'ANNA-FILHO, M.J.; VIDAL, D.A. Ocorrência de *Mixotoxodon larensis* (Toxodontidae, Mammalia) em sedimentos do paleoleito do rio Madeira no Estado de Rondônia, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 16, Crato. ***Boletim de Resumos***. Sociedade Brasileira de Paleontologia, p.112, 1999.

SANTOS, M.F.C.F.; BERGQVIST, L.P.; LIMA FILHO, F.P.; PEREIRA, M.M.V. Feições tafonômicas observadas em fósseis pleistocênicos do Rio Grande do Norte. ***Revista de Geologia***, v.15, p.31-41, 2002. Disponível em: <http://www.revistadegeologia.ufc.br/documents/revista/2002/05_2002.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2013.

SANTOS, T.T.; ANDRADE, L.C.; PEREZ, C.P.; NASCIMENTO, E.R.; KIPINIS, R. Oficinas pedagógicas para professores: ferramentas para o ensino de paleontologia. In: Encontro de Iniciação Científica das Faculdades FIMCA e METROPOLITA, 4, Porto Velho. ***Resumos***, 2010.

SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; AMORIM, J.L.; QUADROS, M.L.E.S.; BAHIA, R.B.C. Evolução geológica do segmento sudoeste do cráton Amazônico – Estado de Rondônia e adjacências. In: Reis N.J.; Monteiro M.A.S. (coord.). ***Contribuição à Geologia da Amazônia***, v.2, SBG-Núcleo Norte, Manaus, 2001.

SCHOPFT, J.M. Modes of fossil preservation. ***Review of Paleobotany and Palynology***. n.20, p.27-53, 1975. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0034666775900056>. Acesso em: 05 fev. 2013.

SCOTT, A.C. Charcoal recognition, taphonomy and uses in palaeoenvironmental analysis. ***Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology***, n.291, p.11–39, 2010. Disponível em:

< http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003101820900563X>. Acesso em: 20 mai. 2013.

SCHERER, C.S.; DA-ROSA, Á.A. S.; LEAL, L.A.; SAYÃO, J.M.; SANT'ANNA FILHO, M.J.; SOUZA, T.S.; SILVA, J.A.; CAMPOS, L.S.; NOVAIS, T.A.; BENÍCIO, J R.W.; SOUZA, F.E.; PAULA, M.; MARTELLO, A.R.; BOELTER, R.A.; PEIXOTO, D.V.; ILHA, A,L.R. Novo registro de Tayassuidae para o Pleistoceno de Rondônia. In: Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, 8. Recife. ***Boletim de Resumos***, p.168, 2012.

SHEARER, J.C.; MOORE, T.A. Effects of experimental coalification on texture, composition and compaction in Indonesian peat and wood. ***Organic Geochemistry***, v.4, n.2, p.127-140, 1996. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0146638096000137>. Acesso em: 26 set. 2013.

SILVA, J.L.L. Tafonomia em mamíferos pleistocênicos: caso da planície colúvio – aluvionar de Maravilha – Al. ***Dissertação de Mestrado.*** Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p.98, 2001. Disponível em: <http://www.liber.ufpe.br/teses/arquivo/20040329161359.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2013.

SMITH, T.M. Incremental dental development: methods and applications in hominoid evolutionary studies. ***Journal of Human Evolution***, n.54, p.205-224, 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047248407002242>. Acesso em: 23 jan. 2013.

SOUZA, B.D.; DI DOMENICO, C.M.H.F. Impregnação à vácuo de rochas friáveis, porosas e fraturadas para confecção de lâminas delgadas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 46, Santos. ***Resumos.*** Sociedade Brasileira de Geologia, 2012.

STRANDH, J. Microchemical studies on single Haversian systems.I. Methodological considerations with special reference to variations in mineral content. ***Experimental Cell Research***, v.19, p.515-530, 1960.

TITO, G. New remains of *Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842) (Megatheriidae, Xenarthra) from the coastal region of Ecuador. ***Journal of South American Earth Sciences***, n.26, p.424–434, 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981108000473> . Acesso em: 05 jan. 2013.

TIZUKA, M.M.; ADAMY, A. Reflexões sobre os valores da geodiversidade para o Estado de Rondônia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 45, Belém. ***Resumos,*** 2010.

TUNER-WALKER, G.; JANS, M. Reconstructing taphonomic histories using histological analysis. ***Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology***. n.266, p.227–235, 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031018208002472>. Acesso em: 25 jul. 2013.

UNESCO. Convenção para a Proteção do patrimônio mundial, cultural e natural. ***Conferência Geral.*** Organizações das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura, Paris, 1972. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001333/133369por.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2013.

VAN DER HAMMEN, T.; ABSY, M.L. Amazonia during the last glacial. ***Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology***, v.109, p.247-261, 1994. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0031018294901783>. Acesso em: 09 mar. 2013.

VIZCAÍNO, S.F.; FARIÑA, R.A.; FERNICOLA, J.C. Young Darwin and the ecology and extinction of Pleistocene South American fossil mammals. ***Revista de la Asociación Geológica***, Argentina,v.64, n.1, p.160- 169, 2009. Disponível em: < http://www.scielo.org.ar/pdf/raga/v64n1/v64n1a17.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2013.

VOGT, O.P. Patrimônio cultural: um conceito em construção. ***MÉTIS: história & cultura*.** n.7, p.13-31, 2008. Disponível em: < http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/metis/article/view/687/498>. Acesso em: 10 nov. 2012.

WEDL, C. Ueber einen im zahnbein und knochen keimenden Pilz. Mineral. ***Biol. Erdkunde***, n.50, p.171-193, 1864.

WERSIN, P.; HÖHENER, P.; GIOVANOLI, R.; STUMM, W. Early diagenetic influences on iron transformations in a fresh-water lake sediment. ***Chemical Geology***, n. 90, p.233-252, 1991.Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/000925419190102W>. Acesso em: 15 out. 2013.

WILD, R. The protection of fossils and paleontological sites in the Federal Republic of Germany. ***Special Papers in Paleontology,*** v.40, p.181-189, 1988.

WINGS, O. Authigenic minerals in fossil bones from the Mesozoic of England: poor correlation with depositional environments. ***Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology***. n.204, n.1-2, p.15-32, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031018203007090>. Acesso em: 20 dez. 2012.

YOSHINO, M.; KIMIJIMA, T.; MIYASAKA, S.; SATO, H.; SETA, S. Microscopical study on estimation of time since death in skeletal remains. ***Forensic Science International***, v. 49, p.143-158, 1991. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037907389190074S>. Acesso em: 26 mai. 2013.

ZANIRATO, S.H.; RIBEIRO, W.C. Conhecimento tradicional e propriedade intelectual nas organizações multilaterais. ***Ambiente & Sociedade,*** n.10, p.39-55, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2007000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt> . Acesso em: 30 dez. 2012.