



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA,

BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO



ANÁLISE OSTEOHISTOLÓGICA E GRAU DE PRESERVAÇÃO DE *Coendou magnus*
CUVIER, 1823 RESGATADO NA TOCA DA BARRIGUDA, BAHIA, BRASIL

Miqueias Ayran Nascimento Oliveira



Jequié-BA

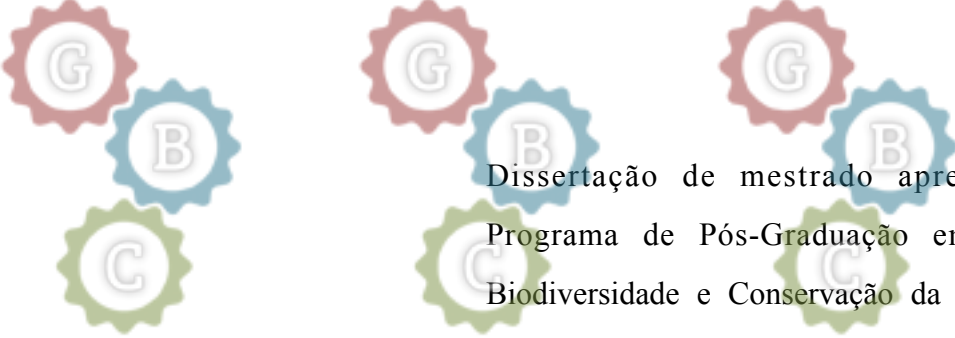
2020



Miqueias Ayran Nascimento Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

ANÁLISE OSTEOHISTOLÓGICA E GRAU DE PRESERVAÇÃO DE *Coendou magnus*
CUVIER, 1823 RESGATADO NA TOCA DA BARRIGUDA, BAHIA, BRASIL



Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Genética,
Biodiversidade e Conservação da Universidade
Estadual do Sudoeste da Bahia, para obtenção do
título de Mestre em Genética, Biodiversidade e
Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Mário André Trindade
Dantas. Co-Orientador: Prof. Dr. Luciano
Artemio Leal



Jequié-BA
2020

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

O48d Oliveira, Miqueias Ayran Nascimento.
Análise osteonhistológica e grau de preservação de coendou magnus
cuvier, 1823 resgatado na Toca da Barriguda, Bahia, Brasil / Miqueias
Ayran Nascimento Oliveira.- Jequié, 2020.
37f.

(Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Genética, Biodiversidade e Conservação da Universidade Estadual do
Sudoeste da Bahia - UESB, sob orientação do Prof. Dr. Mário André
Trindade Dantas e coorientação da Prof. Dr. Luciano Artemio Leal)

1.Porco-espinho 2.Diagênese 3.Quaternário 4.Paleohistologia 5.Fóssil I.
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia II. Título

CDD – 566

Rafaella Cância Portela de Sousa - CRB 5/1710. Bibliotecária – UESB - Jequié

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Título: “Análise Osteohistológica e grau de preservação de *Coendou magnus* Cuvier, 1823 resgatado na toca da Barriguda, Bahia, Brasil”.

Autor (o): Miqueias Ayran Nascimento Oliveira

Orientador (a): Prof. Dr. Mário André Trindade Dantas

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM GENÉTICA, BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GENÉTICA, BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO, pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Mário André Trindade Dantas/IMS-CAT/ Vitória da Conquista - BA

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Prof. Dra. Eduardo Silveira Bernardes /UESB-Vitória da Conquista

Prof. Dr. Djalma Menezes de Oliveira-UESB/Jequié

Data de realização: 12 de fevereiro de 2020.

Campus de Jequié
ppgbc@uesb.edu.br

(77) 3528-9725

Campus de Itapetinga
Praça da Primavera, 40
Bairro Primavera
CEP: 45.700-000
PABX: (77) 3261 - 8600

Campus de Jequié
Rua José Moreira Sobrinho, s/n
Bairro Jequeizinho
CEP: 45.200 - 000
PABX: (73) 3528 - 9600

Campus de Vitória da Conquista
Estrada do Bem Querer, km 4
Bairro Universitário
CEP: 45031 - 300
PABX: (77) 3424 - 8600

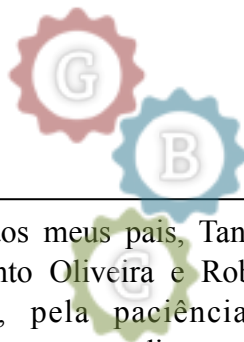
Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Dedico aos meus pais, Tania Maria do Nascimento Oliveira e Roberto Santos Oliveira, pela paciência, parceria, confiança e por acreditar em mim.

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



AGRADECIMENTOS

A minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. A minha mãe pelo seu cuidado e dedicação ao longo dessa jornada. Ao meu pai que esteve sempre presente nos momentos importantes da minha caminhada.

Ao meus orientadores Luciano Artemio Leal e Mario André Trindade Dantas, pela orientação, ensinamentos, paciência, desprendimento em ajudar e amizade sincera.

A todos os companheiros do LabGeo, Leomir, Leonardo e Igor, pelos momentos de felicidade, trabalho e companheirismo. Com vocês participei de vários momentos importantes ao longo dessa etapa.

A todos os meus amigos colegas, que compartilhamos alegrias, tristezas, e dores. Que bom que foram muitas horas de alegria e raríssimas de tristeza

Ao Programa de Pós-graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação da UESB. A experiência de uma pós-graduação compartilhada com amigos e professores nesse espaço foi uma experiência impar na minha formação como cidadão.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos a mim, fazendo com que a vida seja boa de se viver.

Gratidão!



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



“A persistência é o menor caminho do êxito”. (Charles Chaplin)

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



RESUMO

Este trabalho apresenta uma descrição microestrutural detalhada, bem como, processos fossildiagnéticos apontados por Difração de Raios-X (DRX), de um fóssil de *Coendous magnus* encontrado na caverna Toca da Barriguda, Campo Formoso, Bahia, Brasil. As análises osteohistológicas possibilitaram uma descrição detalhada de todas as microestruturas do osso fóssil. A difração de raios-X corroboram o estado de preservação microscopicamente, sendo que o mesmo apresenta baixa substituição e/ou permineralização de suas partes orgânicas por minerais presentes no ambiente deposicional. Quanto ao hábito de vida, a análise da espessura óssea transversal (*Relative Bone wall Thickness* - RBT) demonstram que *C. magnus* possuía hábito de vida terrestre (compatível com *Varanus* e *Iguana*) ou arborícolas (semelhante a porcos-espinho modernos). O exemplar analisado de *C. magnus* atravessava a fase adulta no momento de sua morte, e após cinco ciclos de crescimento, já se encontrava próximo ao fim do seu crescimento assintótico.

PALAVRAS-CHAVE

Porco-espinho, diagênese, Quaternário, paleohistologia, fóssil



ABSTRACT

Osteohistological analysis and degree of preservation of *Coendou magnus* CUVIER, 1823 rescued in Toca da Barriguda, Bahia, Brazil

This work presents a detailed microstructural description, as well as, fossil diagenetic processes pointed out by X-Ray Diffraction (XRD), of a fossil of *Coendous magnus* rescued in Toca da Barriguda cave, Campo Formoso municipality, Bahia, Brazil. The osteohistological analyzes show a detailed description of all the microstructures of the fossil bone. X-ray diffraction corroborates the state of preservation microscopically, and it has low replacement and/or permineralization of its organic parts by minerals present in the depositional environment. As for the life habit, the analysis of the Relative Bone wall Thickness (RBT) assigned that *C. magnus* had a terrestrial life habitat (compatible with *Varanus* and *Iguana*) or arboreal (similar to modern porcupines). The analyzed specimen of *C. magnus* crossed the adult stage at the time of his death, and after five growth cycles, it was already close to the end of his asymptotic growth.

KEYWORDS

porcupine, diagenesis, Quaternary, palaeohistology, fossil

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da caverna com a localização e visão geral do salão da catina, local de coleta dos fósseis.

Figura 2. osteohistologia de *C. magnus*. (A) Seção transversal mostrando o osso fibrolamelar.

(B) Detalha das LAGs simples e duble LAGs. (C) Detalha da porção periostial com tecido paralelo fibroso. (D) Detalhe da porção endosteal formado por tecido ósseo Fibroso.

Figura 3. (A) Cálculo da medida geométrica transversal a partir da espessura relativa do osso compacto (*Relative Bone wall Thickness* - RBT). Modificado de Botha & Chinsamy 2004. (B) Dimensões encontradas em *C. magnus*.

Figura 4. Análise da Difratometria de Raio X de *C. magnus*. Elementos mais comuns: fluorapatita, ferro, silicato de cálcio e calcita.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Paleohistologia	11
2.2 Classificando a matrix óssea	11
2.3 Marcas de Crescimento	13
2.4 Difractometria de Raio- X (DR-X).....	14
3. OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO 1: Análise osteohistológica e grau de preservação de um mamífero pleistocênico resgatado na Toca da Barriguda, Bahia, Brasil	18
1. Introdução	21
2. Localização e Geologia da Área	22
3. Material e métodos	23
3.1. Material de estudo	23
3.2. Osteohistologia	23
3.3. Difractometria de Raios-X	24
4. Resultados e Discussão	24
4.1 Histologia óssea	24
4.2 Espessura Cortical e o Estilo de Vida	27
4.3 Difractometria de Raio X	29
5. Conclusões	31
Referências	33

1. INTRODUÇÃO

Formações geológicas tais como cavernas e grutas constituem ambientes deposicionais interessantes para restos esqueléticos de animais que viveram e vivem em determinadas regiões, alguns desses restos entram em processos que levam à fossilização, apresentando em geral boas condições de fossilização para determinadas localidades. Dada a alta capacidade preservacional, esses locais e os fósseis encontrados tendem a ser objeto de estudos paleontológicos.

A região da Chapada Diamantina no estado da Bahia possui diversos ambientes deposicionais do tipo cavernícola abrigando em sua maioria mamíferos pleistocênicos, mas, apesar da diversidade de fósseis encontrada nesses locais, os estudos para *taxa* encontrados se resume a identificação taxonômica, ou há pouco estudos tafonômicos e paleoecológicos.

Os ossos dos animais se caracterizam por serem os restos dos animais que tendem a se fossilizar mais facilmente, partes moles dos mesmos são de raras aparições no registro fóssil. A partir disso a osteohistologia é de grande importância para resolver questões sobre os animais que já se encontram extintos, pois na maioria dos casos o seu esqueleto fossilizado é o único objeto de estudo para os pesquisadores. Estudos realizados a partir da microestrutura dos ossos fossilizados, pode elucidar questões sobre o hábito de vida, processos de fossilização estratégias de crescimento e idade de morte dos animais que viveram no pretérito.

Outra técnica que pode ser utilizada para estudo dos fósseis é a Difração de Raios X, esse procedimento é adequado para compreender a estrutura química dos materiais analisados, a verificação da composição química dos fósseis é importante para compreender como foi feita a substituição da matéria orgânica pelos minerais que estavam presentes nesse processo. Saber quais elementos químicos estavam atuando no processo de diagênese desses fósseis, pode elucidar questões importantes a respeito do paleoclima ou mesmo dos componentes do fragmentos das rochas que recobriram os restos.

O presente trabalho se inicia com uma apresentação geral sobre o tema de estudo, e um capítulo em forma de artigo já submetido para a publicação, que apresenta uma descrição microestrutural detalhada, bem como processos fossilizantes apontados por Difração de

Raios-X (DRX) de um fóssil de *Coendous magnus*, encontrado na caverna "Toca da Barriguda", Campo Formoso, Bahia, Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Paleohistologia

Os primeiros trabalhos onde foram reconhecidas estruturas osteohistológicas em fósseis foi realizado, de acordo com Chinsamy (2005), por Quekett em 1855, as quais atribuiu o nome de "células ósseas". Inicialmente esses estudos eram puramente descritivos, e pesquisas mais complexas com dados histológicos em fósseis não eram realizados no período (ERICKSON; TUMANOVA, 2000).

Algum tempo depois pesquisas mais complexas começaram a ser realizadas em fósseis de *Megalosaurus* (OWEN, 1883), e *Trachodon* (LEIDY, 1868). Nesses trabalhos foram exemplificadas diferenças de vascularização primária e secundária, sendo um dos primeiros a fornecer uma descrição detalhada em fósseis de dinossauros (MARSH, 1887).

Estudos ontogenéticos em fósseis foram realizados por Nopsca & Heidsieck, (1933), onde os autores descreveram diversas classes ontogenéticas em *Hadrossaurus*. A partir desses estudos preliminares ocorreu um grande avanço em estudos histológicos em fósseis, relacionados com a organização fibrilar e ósteons primários e secundários (GROSS, 1934).

Nos anos 90, o francês Ricqlés fez grandes avanços em estudos paleohistológicos, utilizando um grande número de *taxa* extintos. Essas pesquisas foram essenciais para os estudos histológicos em fósseis, pois analisaram a geração do tecido ósseo, a forma de crescimento, bem como as diferenças dos tecidos durante o desenvolvimento até a maturidade dos indivíduos (HORNER et al., 1999).

2.2 Classificando a matrix óssea

Os ossos longos são divididos em duas regiões, as epífises que são as extremidades e a diáfise, região central localizada entre as duas epífises. As epífises são constituídas de osso

esponjoso, enquanto a diáfise apresenta o córtex, que é a área interior constituída de osso esponjoso e cavidade medular situada no centro do osso (CASTANET et al., 1993).

O córtex é formado por tecido ósseo primário. Este tecido visto através do microscópio, contém osteócitos ligados por uma rede de canaliculos, e também apresenta canais vasculares, que são espaços por onde passam os vasos sanguíneos. O número de osteócitos situados no córtex pode variar dependendo do tipo de tecido ósseo, ou mesmo de uma espécie para outra (PADIAN; LAMM, 2013).

A formação de um complexo fibrolamelar é caracterizada por ser composta de um feixe de tecido fibroso, o qual se encontra com ostéons primários com as mais variadas orientações. O tecido fibrolamelar pode ser classificado de acordo com a orientação dos ostéons em: reticular, radial, plexiforme e laminar (CHINSAMY, 2005).

A matriz óssea do osso lamelar é formada por finas camadas de fibras colágenas compactadas, constituindo um tecido bastante organizado espacialmente. O tecido ósseo lamelar pode constituir uma grande parte do osso primário em vertebrados, e também é comumente encontrado dentro de outros ossos (PADIAN; LAMM, 2013).

O tecido paralelo fibroso é constituído por fibras de colágeno compactadas, as quais possuem mesmo direcionamento e estão dispostas em paralelo (FRANCILLON-VIEILLOT et al., 1990). O osso paralelo fibroso assim como o osso lamelar são associados a répteis, mas também podem ser encontrados em vários mamíferos (PADIAN; LAMM, 2013).

O tecido ósseo fibroso se diferencia dos outros tecidos supracitados por possuir fibras colágenas desorganizadas, com tamanhos diferentes e arranjos de forma aleatória. Essa desorganização observada é fruto de uma deposição óssea rápida. Esse tipo de tecido é observado em animais que ainda não chegaram no final do seu crescimento, portanto possuem taxas elevadas de crescimento ósseo (PADIAN; LAMM, 2013).

O tecido ósseo secundário é resultante da substituição do tecido primário por osso secundário, evento que recebe o nome de remodelamento, esse processo se inicia pela corrosão dos ossos pelos osteoclastos ao longo dos canais de vascularização. Após este processo os canais vasculares que eram preenchidos por tecido ósseo primário, passam a ser interiorizados por osteons secundários. Após varias deposições de osteons secundários, se

forma o osso Haversiano que é subsequente à varias deposições de osso secundário (CHINSAMY, 1994).

O remodelamento ósseo provavelmente está ligado ao desgaste mecânico e fisiológico que o tecido ósseo suporta ao longo do tempo de vida do organismo. Além disso, esse processo está relacionado com a idade de vida do osso, ocorrendo em sua grande maioria em indivíduos que já alcançaram a sua maturidade, mas também pode ser encontrado em indivíduos ainda jovens (RICQLÈS et al., 1991).

2.3 Marcas de Crescimento

O tecido ósseo primário provê informações específicas sobre a forma de deposição óssea, mas para entender precisamente como ela ocorreu, se foi de forma continua ou cíclica, é preciso analisar as marcas de parada de crescimento. A deposição na forma cíclica pode ser observada com a formação de anéis de crescimento, que são conhecidas como marcas de crescimento (CHINSAMY et al., 2005),

A mudança ou a parada das taxas de crescimento ósseo são indicadas pelos anéis de crescimento, que são depositados ciclicamente no tecido ósseo, Essas marcas de crescimento cíclicas são delimitadas por zonas de crescimento, essa zona representa um período onde aconteceu uma taxa de crescimento ósseo elevado. Podendo consistir em qualquer tipo de tecido ósseo (PADIAN; LAMM, 2013).

As chamadas linhas de pausa de crescimento (*Lines of Arrested Growth* - LAGs) representam uma parada completa do crescimento ósseo, e geralmente é acompanhada de reabsorção óssea. Podem ocorrer períodos de elevado crescimento ósseo alternado com períodos de pausa de crescimento, onde ocorre as LAGs (PADIAN; LAMM, 2013). Com a contagem das linhas de pausa de crescimento observadas na microestrutura do osso, é possível obter uma idade aproximada do animal, usando a esqueletocronologia (CHINSAMY et al., 2005).

2.4 Difractometria de Raio- X (DR-X)

A difração de raios-X é uma técnica bastante utilizada na caracterização dos elementos químicos e fornece dados da estrutura cristalina das amostras assim como identificação de novos materiais, orientação de um cristal, identificação química e tamanho médio de grão (SCHERRER et. al, 1918).

O método mais comum quando devidamente utilizado, é o método de difração a partir da análise do pó do material. Basicamente esse método fornece varias informações estruturais e envolve a difração de um feixe de raios-X monocromático atingindo amostras de um pó fino em um suporte. Esse método foi realizado por volta de 1916 por Debye e Scherrer na antiga Alemanha e em 1917 por Hull nos Estados Unidos (BRAGG, 1922).

O Raio-X é uma forma de onda eletromagnética que possui pequenos comprimentos de ondas que são aproximadamente iguais as distâncias entre os planos atômicos e possuem altos valores de energia. Quando um material é atingido por esses raios os elétrons dos átomos da amostra em questão irão absorver os fótons associada à radiação. Após a excitação, os fótons radiados são difratados com mesmo ângulo pelos elétrons dos átomos que estão no plano de incidência da radiação, gerando interferência construtiva ou destrutiva a depender da direção (ASHCROFT; MERMIN, 1976)

No estudo dos fósseis essa técnica pode ser aplicada, com o objetivo de identificar os compostos que estão constituindo o material fossilífero (SALA, 2008). A análise por difração de raios-X também pode ajudar a elucidar questões sobre o processo de fossilização e paleoambientes, ou até mudanças climáticas que ocorreram com o passar dos anos e estão registrados no fóssil estudado (OSÉS, 2013).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Genética, Biodiversidade e Conservação

O objetivo geral desse trabalho foi analisar e descrever os processos de preservação microestruturais em um fóssil de *Coendou magnus*, de 26 mil anos, encontrado na caverna "Toca da Barriguda", Campo Formoso, Bahia, Brasil.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Confeccionar lâminas paleohistológicas para avaliar os níveis de alteração sofridos pelos restos orgânicos;
2. Analisar padrões microestruturais dos processos diagenéticos;
3. Identificar o estágio ontogenético dos fóssil encontrado;
4. Descrever a diagênese do fóssil com auxílio de Difratomia de Raio-X (DRX).

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Genética, Biodiversidade e Conservação

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Genética, Biodiversidade e Conservação

REFERÊNCIAS

ASHCROFT, N.W., MERMIN, N.D., Solid State Physics, Brooks Cole (1976).

BRAGG, W. L. The diffraction of X-rays by crystals. Nobel Lecture, September 6, 1942.

CASTANET, J.; FRANCILLON-VIEILLOT, H.; MEUNIER, F.J.; RICQLÈS, A. DE. Bone and individual aging. In: Hall, B.K. (Ed.), Bone. Volume 7: Bone Growth — B. CRC Press, Boca Raton, p. 245–283, 1993.

CHINSAMY, A. The microestrutura of dinosaur bone. Baltimore, Maryland: Johns **Hopkins University** Press, p 195, 2005.

CHINSAMY, A; CHIAPPE, L. M.; DODSON, P. Growth rings in Mesozoic birds. Nature, v. 368, p. 196-197, 1994.

ERICKSON, G. M.; TUMANOVA, T. A. Growth curve of *Psittacosaurus mongoliensis* Osborn (Ceratopsia: Psittacosauridae) inferred from long bone histology. *Zoological Journal of the Linnean Society*. v. 130, p. 551-566, 2000.

FRANCILLON-VIEILLOT, H. et al. Microstructure and mineralization of vertebrate skeletal tissues. Skeletal biomineralization: patterns, processes and evolutionary trends, p. 175-234, 1990.

GROSS, W. Die typen des mikroskopischen Knochenbaues bei fossilen Stegocephalen und reptilien. Zeitschrift fur Anatomie und Entwicklungsgeschichte, v. 203, p. 731-764, 1934.

LEIDY, J. Remarks on a jaw fragment of Megalosaurus. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, p. 197-200, 1868.

MARSH, O. C. Principal characters of American Jurassic dinosaurs; Part IX, The skull and dermal armor of Stegosaurus. American Journal of Science, n. 203, p. 413-417, 1887.

NOPCSA, F. V.; HEIDSIECK, E. On the bone histolgy of the ribs in immature and halfgrown tracodont dinosaur. In: Proceedings of the Zoological Society of London, v. 12, p. 221- 226, 1993.

OSÉS G. L. Artrópodes fósseis do Membro Crato (Formação Santana, Bacia do Araripe, Eocretáceo, NE do Brasil): levantamento taxonômico, tafonômico e paleoecológico utilizando técnicas não-destrutivas. [Monografia]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.

OWEN, R. On the skull of Megalosaurus. Quarterly Journal of the Geological Society, v. 39, n. 1-4, p. 334-347, 1883.

PADIAN, k.; LAMM, E., Bone Histology of Fossil Tetrapods: advancing methods, analysis, and Interpretation. University of California Press, pp. 185, 2013.

QUEKETT, J. T. Descriptive and illustrated catalogue of the histological series contained in the Museum of the Royal College of Surgeons of England. London. v. 2, p. 320, 1855.

RICQLÈS, A. DE, MEUNIER, F. J., CASTANET, J., FRANCILLON-VIEILLOT, H. Comparative microstructure of bone. In: Hall, B.K. (Ed.), Bone. Bone Matrix and Bone Specific Products. CRC Press, Boca Raton, FL, v. 3, p. 1-78, 1991.

SALA, O. Fundamentos da Espectroscopia Raman e no Infravermelho, 2ª. ed., São Paulo, Editora UNESP, 2008.

SCHERRER, P. Nachr. Ges. Wiss. Gottingen, 26 Sept., p. 98-100, 1918.

CAPÍTULO 1: Análise osteohistológica e grau de preservação de um mamífero pleistocênico resgatado na Toca da Barriguda, Bahia, Brasil

Miquéias Ayrán Nascimento Oliveira*

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Programa de Pós-Graduação em Genética Biodiversidade e Conservação, Universidade

Estadual do Sudoeste da Bahia - campus Jequié. ayranmiqueiasoli@gmail.com

Leomir dos Santos Campos

Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

leomirsrc@yahoo.com.br

Mario André Trindade Dantas

Laboratório de Ecologia e Geociências, Universidade Federal da Bahia - campus Vitória da Conquista. matdantas@yahoo.com.br

Luciano Artemio Leal

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - campus

Jequié. luciano.artemio@gmail.com

*autor correspondente

Resumo

Cavernas carbonáticas são um importante depósito fossilífero para estudos paleontológicos, e a região da Chapada Diamantina na Bahia vem se destacando por apresentar vários desses depósitos. O município de Campo Formoso, na Bahia, abriga um complexo de cavernas importantes para estudos dos mais variados *taxa*, dentre eles um representante da família Erethizontidae, já extinto, o *Coendou magnus*. Foram feitas análises osteohistológicas e difratometria de Raio-X para este táxon, ambas as análises demonstraram que ocorreu uma boa preservação microestrutural, e baixa substituição da parte orgânica do osso por minerais presentes no afloramento. Quanto a paleobiologia da espécie, segundo dados da espessura da parede óssea, foi possível identificar que o *C. magnus* detinha hábitos terrestres.

Palavras-chave: porco-espinho, Difratometria Raio-X, histologia, caverna, fóssil

Pleistocene mammal from Bahia, preservation and lifestyle inferred from osteohistology

Abstract

Osteohistological analysis and degree of preservation of a pleistocene mammal rescued in Toca da Barriguda, Bahia, Brazil

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Genética, Biodiversidade e Conservação

Carbonate caves are an important fossiliferous deposit for paleontological studies, and the Chapada Diamantina region in Bahia has been outstanding for presenting several of these deposits. The municipality of Campo Formoso, Bahia, houses a complex of important caves for studies of various taxa, among them a representative of the family Erethizontidae, already extinct *Coendous magnus*. Osteohistological analyzes and X-ray diffractometry were performed for this taxon, both analyzes showed that there was a good microstructural preservation, and low replacement of the organic part of the bone by minerals present in the outcrop. Regarding the paleobiology of the species, according to bone wall thickness data, it was possible to identify that *C. magnus* had terrestrial habits.

Keywords: porcupine, Diffraction X-ray, histology, cave, fóssil

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Genética, Biodiversidade e Conservação

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Genética, Biodiversidade e Conservação

1. Introdução

Fósseis de vertebrados com idade pleistocênica são comumente encontrados em diferentes tipos de depósitos fossilíferos no Nordeste Brasileiro, dentre estes afloramentos, vem ganhando destaque o grande número de material fossilífero encontrados em cavernas carbonáticas na região da Chapada Diamantina, no estado da Bahia (e.g. Dantas et al., 2013; 2019).

Dentre esses fósseis, muitos são de mamíferos ainda vivos como o *Nasua nasua* (Linnaeus 1766), o *Tamandua tetradactyla* (Linnaeus 1758), e a *Panthera onca* (Linnaeus 1758) (Silva et al., 2017). E outros de animais já extintos como *Catonyx cuvieri* (Lund 1839), *Nothrotherium maquinense* (Lund 1839) e *Eremotherium laurillardii* (Lund 1839) (e.g. Vasconcelos et al., 2016; Dantas et al., 2019).

Atualmente, um grande número de trabalhos vem sendo realizados com fósseis oriundos de cavernas carbonáticas, em especial estudos tafonômicos e paleoecológicos (e.g. Berbert-born & Karmann, 2002; Dantas et al., 2017; Silva, 2019). No entanto, pesquisas que detalham os processos de fossilização e a microestrutura óssea desses espécimes encontrados em cavernas ainda são pouco frequentes.

A osteohistologia é a técnica que possibilita o acesso da microestrutura das espécies, que pode ser usada tanto para animais vivos, quanto fósseis, nesse último caso, ela pode elucidar questões sobre a paleobiologia destas espécies (Chinsamy et al., 2009). Através das observações microestruturais é possível fazer inferências sobre as adaptações, fisiologia, filogenia, estratégias de crescimento, e ontogenia dos espécimes fossilizados (Erickson & Tumanova, 2000; Chinsamy, 2005).

Coendou magnus é uma espécie extinta da família Erethizontidae, conhecida por ser formada pelos "porcos-espinho" do Novo Mundo (Silva, 2019). Apesar de apresentarem afinidades sistemáticas com espécies vivas, ainda discutidas atualmente, os Erethizontidae possuem características bem definidas principalmente quanto aos seus hábitos noturnos e arborícolas, e se alimentam majoritariamente de frutos e sementes (Emmons, 1997).

Este trabalho apresenta uma descrição microestrutural detalhada de um fóssil de *Coendou magnus* encontrado na Toca da Barriguda (Campo Formoso, Bahia), apontando dados sobre a osteohistologia apresentando aspectos como estágios ontogenéticos e os ritmos de desenvolvimento, padrões e taxas de crescimento, bem como processos fossildiagnéticos apontados por Difração de Raios-X (DRX).

2. Localização e Geologia da Área

O material fóssilífero foi encontrado na Toca da Barriguda (BA-250; 10°08'26" S, 40°51'08" W), uma caverna localizada no município de Campo Formoso, Estado da Bahia, Brasil (fig.1). Esta caverna está situada na região semi-árida nordestina, um ambiente típico de Caatinga, abrigando vegetação característica e grande biodiversidade. A Toca da Barriguda possui cerca de 19,5 km de desenvolvimento, é a segunda maior caverna brasileira, e juntamente com as cavernas próximas, Toca da Boa Vista, Toca da Calor de Cima, Toca do Pitú e Toca do Morrinho, formam um complexo geológico de importância para estudos científicos (Auler & Smart, 2002).

O município de Campo Formoso está localizado na região centro-norte do estado da Bahia, a cerca de 401 km da capital Salvador, está inserido na microrregião de Senhor do Bonfim, Chapada Diamantina. A área municipal cobre 7.258,6 km², e faz divisa com os municípios de Senhor do Bonfim, Juazeiro, Mirangaba, Santo Sé, Umburanas, Jaguarari, Sobradinho, Antônio Gonçalves (IBGE, 2008).

Campo Formoso se encontra nos domínios da unidade geomorfológica dos planaltos cársticos da Chapada Diamantina que possui feições observadas em rochas carbonáticas, estando situada na Formação Salitre do Grupo Una (Barbosa et al., 1996). O município possui pluviometria anual variando entre 759 a 1.792 mm/ano, possui uma geomorfologia cárstica característica, o que leva ao aparecimento de diversas formações geológicas, tais como cavernas e grutas.

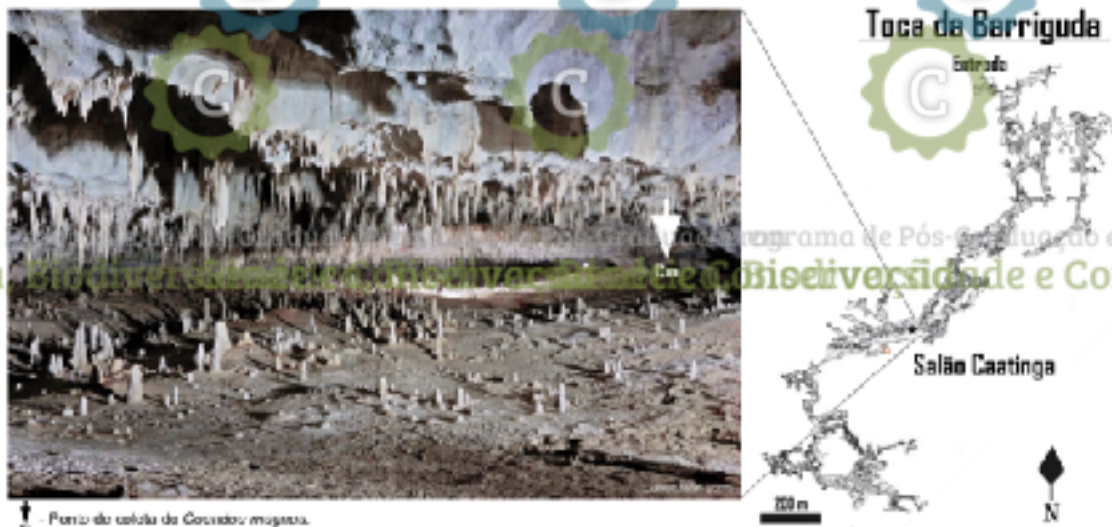


Fig 01: Mapa da caverna com a localização e visão geral do salão da catinga, local de coleta dos fósseis.

3. Material e métodos

3.1. Material de estudo

A análise foi feita a partir de uma costela de *C. Magnus*, com idade de ~ 27 mil anos (Silva, 2019)

3.2. Osteohistologia

A análise da microestrutura óssea do material de estudo está sendo realizada a partir da replicação das já estabelecidas para preparação de lâminas paleohistológicas (e.g. Sayão, 2003)). O osso foi emblocado em resina acrílica, logo após cortado e passou pela primeira etapa de polimento em um dos lados da amostra que foi colado na lâmina de vidro. Posteriormente foi colado em lâmina histológica e desbastadas mais uma vez, utilizando lixas de diferentes granulometrias, iniciando sempre com uma lixa mais grossa de menor numeração e substituindo-a por lixas cada vez mais finas de maiores numerações. Esta prática

busca sempre a obtenção de uma superfície lisa e polida sem a presença de imperfeições como ranhuras profundas que possam dificultar a visualização das microestruturas ósseas à medida que estas puderem ser observadas ao microscópio óptico

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

3.3. Difractometria de Raios-X

As análises de difração de raios X (DRX) foram realizadas a partir da metodologia da obtenção do pó do material da costela, realizada no equipamento Bruker D2 PHASER, operando com voltagem de 30 kV e corrente de 10 mA ($P = 300 \text{ W}$), radiação $\text{Cu-K}\alpha = 1,5184 \text{ \AA}$ e utilizando o detector Bruker-AXSLynxeye. A faixa de varredura (2θ) foi de 4 a 80° , com passo do goniômetro de $0,02019^\circ$, tempo de contagem por passo de $1,0 \text{ s}$ e fenda primária com abertura de $0,4 \text{ mm}$. Foi utilizado um anteparo de 3 mm e rotação constante da amostra de 10 rpm . Utilizamos o software HighScore Plus para identificação dos elementos e possível formação de fase secundária com base no DRX, a fim de identificar fase única nos materiais analisados.

4. Resultados e Discussão

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

4.1 Histologia óssea

A partir da avaliação microestrutural dos elementos ósseos analisados, foi possível constatar a ausência de preservação das trabéculas do tecido esponjoso em meio à porção medular do osso (Fig. 2). Não há evidência de substituição e incrustação da cavidade medular, tampouco de fraturas radiais que indiquem os processos diagenéticos de cristalização e recristalização dentro da matriz óssea. A porção do osso compacto tanto endosteal quanto periosteal se apresenta bem preservada, sem alterações volumétricas ou morfológicas que possam influenciar na identificação taxonômica do espécime.

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Genética, Biodiversidade e Conservação

A análise a partir da porção do córtex endosteal, possibilita a identificação de uma matriz óssea formada por osso fibrolamelar, composto por tecido fibroso, com lacunas de osteócitos arredondadas e aleatoriamente posicionadas na região endosteal. Estruturalmente, a presença do osso fibrolamelar formando a matriz cortical indica um espécime que demonstrava um elevado ritmo de crescimento, o que é caracterizado pela rede vascularizada, incorporada em meio aos tecidos ósseos.

Outro carácter que define este tecido, é a desorganização dos feixes de tecido fibroso interceptados por ósteons primários em varias direções (Chinsamy, 2005). A desorganização dos feixes vasculares do tecido fibroso encontrado, é reflexo das rápidas taxas de deposição do tecido ósseo fibroso, por isso indica que durante a primeira etapa da vida deste espécime o tecido ósseo foi depositado mais rapidamente, fato que pode ser visualizado com a presença deste padrão até a porção medial do córtex (Padian & Lamm, 2013).

Os canais vasculares simples e os ósteons primários encontrados na porção endosteal do córtex ilustram uma evidente vascularização do tipo longitudinal, na qual, a irrigação do tecido ósseo se processava de forma limitada devido à quantidade reduzida do número de canais vasculares ao longo do córtex. A partir da porção médio-periosteal do córtex, o osso fibrolamelar passa a ser formado por tecido paralelo-fibroso, e lacunas de osteócitos elípticos com acentuada organização.

Os canais vasculares e os ósteons primários não estão presentes em meio ao tecido paralelo-fibroso, mas, são visíveis nesta segunda fase de deposição óssea a formação de Linhas de Pausa de Crescimento (*Lines of Arrested Growth* - LAGs) que se estendem por toda região periosteal. A reconstituição do desenvolvimento desse espécime, aponta a transição de um osso fibrolamelar com tecido fibroso à um osso composto por tecido paralelo-fibroso de deposição menos acelerada. Este tecido com fibras colágenas estreitamente compactadas, arranjadas em paralelo e com a mesma direção demanda um maior tempo para a deposição, refletindo períodos de crescimento ósseo lento (Francillon-vieillot et al., 1990).

Assim como a aposição óssea sofreu declínio no seu ritmo com a transição de tecidos depositados, também houve redução do número de canais vasculares e suas dimensões durante a segunda metade da vida do animal. Apenas poucos canais simples são encontrados em meio

ao tecido paralelo-fibroso, indicando uma diminuição acentuada na vascularização neste tecido ósseo.

Em meio ao tecido paralelo-fibroso foram formadas cinco Linhas de Pausa de Crescimento, três LAGs simples e duas LAGs duplas, caracterizando um espécime que provavelmente atravessava seu sexto ou sétimo ciclo de crescimento no momento da morte. Estudos em animais recentes, mostraram que as zonas, que representam períodos de crescimento contínuo, são depositadas durante as estações favoráveis ao crescimento, e as LAGs, que representam períodos de parada total do crescimento do indivíduo, ocorrem de forma sazonal durante períodos desfavoráveis de desenvolvimento ao longo da vida do animal (Chinsamy, 2005; Padian & Lamm, 2013).

Com base nessa premissa, identifica-se neste espécime um declínio acentuado das taxas de crescimento devido à quantidade acentuada de pausas de crescimento representadas pelas LAGs na porção periosteal. Além disso, a quantidade e a proximidade entre estas interrupções do desenvolvimento ósseo (LAGs) em meio ao tecido avascularizado, indica um ritmo de deposição comum a indivíduos em fase adulta, que se aproximam do final do crescimento assintótico.

A descrição do osso fibrolamelar aqui identificado, comprova o padrão consociado de dois tipos de tecidos formadores deste osso, demonstrando estratégias distintas de crescimento ao longo da vida deste animal. i) Na porção endosteal do córtex, o tecido ósseo fibroso, representando o crescimento inicial do indivíduo de forma mais acelerada enquanto juvenil; ii) a partir da porção medial do córtex, deposição de tecido paralelo-fibroso, representando a desaceleração do crescimento com a chegada da maturidade sexual e indicando um padrão de deposição mais lento com vários instantes de pausa do crescimento durante a fase adulta.



4.2 Espessura Cortical e o Estilo de Vida

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

compacto (Bühler, 1986; Chinsamy, 1991). Esta técnica é possível devido à relação direta existente entre o estilo de vida de um indivíduo e o design estrutural de seus ossos. Os animais fossoriais, por exemplo, têm ossos compacto espessos, são baixos e com grande força muscular para momento da escavação (Bou et al., 1990; Casinos et al., 1993). Assim como ossos de sirenios, cetáceos, crocodilos e certas aves aquáticas têm densidades ósseas extremamente altas para contrabalançar a flutuabilidade (Wall, 1983).

Wall (1983) notou que animais que possuem um hábito aquático ou semi-aquático apresentam um córtex que excede 30% do diâmetro médio do osso. Assim, com base na correlação da estrutura óssea, fixou-se o padrão mínimo aproximado de 30% da espessura cortical para indicar espécies de hábitos arbóreos, aquáticos e fossoriais. (Chinsamy & Turan, 2012).

A espessura cortical em *Coendous magnus* apresentou RBT de aproximadamente de 22% (Fig. 3), demonstrando padrões abaixo dos 30%, um resultado incompatível com espécies de hábito escavador como o rato-toupeira (*Heterocephalus glaber*), que vive em extensos e complexos túneis de escavações e apresentou uma RBT de 31% (Botha & Chinsamy, 2004).

Outros exemplares fossoriais de Lagartos da espécie *Gerrhonotus grantis*, *Heloderma suspeum* e *Phrynosoma douglassi*, bem como outros exemplares de porco-espinho modernos da família *Erethizonidae* apresentaram uma RBT superior a 30%, com padrões ósseos que se encaixam em seu hábito escavador/arborícola (Magwene, 1993).

Os valores da RBT inferiores a 30%, foram encontrados em lagartos atuais não fossoriais, como *Varanus* sp. (lagartos monitor) e *Iguana tuberculata*, com espessuras que vão de 15,5% a 19%. Em adição, mamíferos não fossoriais estudados como *Erinaceus* (ouriço), *Viverra* (civeta) e *Lepus* (lebre) apresentaram RTB variando de 17,4% a 23% (Magwene 1993).

Esse padrão demonstra que os animais terrestres apresenta valores menores de RBT do que os animais fossoriais. Ao considerarmos a estrutura óssea do *Coendou magnus*, podem ser inferidas as propriedades de sua constituição óssea e as relações destas com as cargas exercidas sobre os ossos deste espécime. A baixa espessura óssea (RTB) encontrada aqui, fornecer resistência compatível a tensões mecânicas terrestres pela presença do osso

fibrolamelar constituído por tecido paralelo fibroso. A deposição deste tecido por ser lenta, ocorre de forma mais precisa, arranjada em camadas, que são adicionadas a partir das fibras de colágeno seguindo a mesma orientação pré-estabelecida, ou seja, em paralelo as fibra anteriormente depositadas (Currey, 1959), com um padrão organizado de crescimento, o tecido paralelo fibroso, teria fornecido maior resistência durante o desenvolvimento de atividades arbóreas.

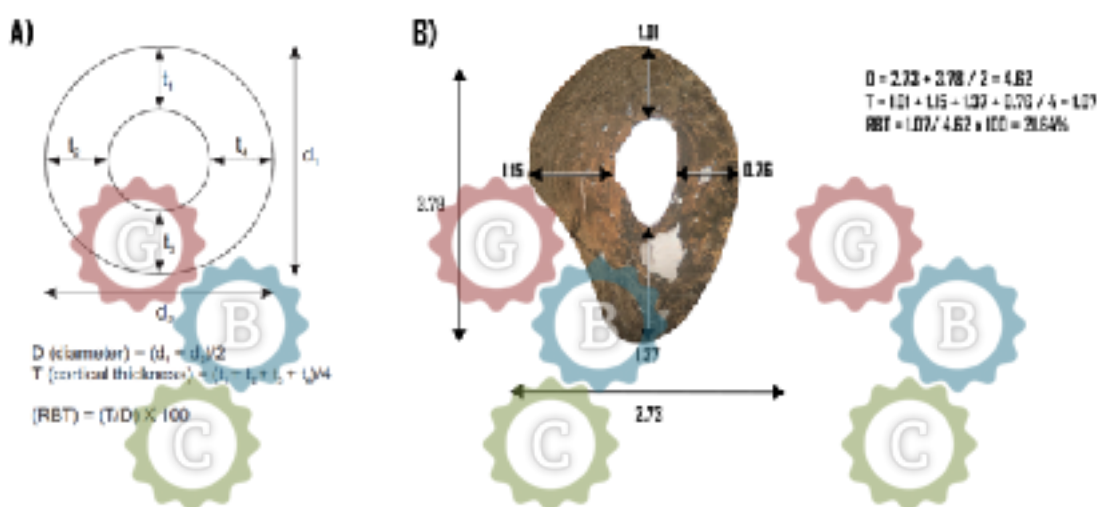


Fig 03: (A) Cálculo da medida geométrica transversal a partir da espessura relativa do osso compacto (*Relative Bone wall Thickness* - RBT). Modificado de Botha & Chinsamy 2004. (B) Dimensões encontradas em *C. magnus*.

4.3 Difractometria de Raio X

As análises de Difractometria de Raio X (fig. 5), mostram que ocorreu pouca substituição da hidroxiapatita por outros minerais como ferro (Fe) e sílica (SiO₂), sugerindo que o ambiente de fossilização era seco, com baixa pluviosidade, e com pouca água percolante. Em ambientes secos há uma diminuição na substituição da hidroxiapatita pelos minerais dissolvidos no meio, sugerindo que após a morte do espécime, o mesmo passou por um longo período de estiagem.

Outro material encontrado em pouca quantidade na amostra foi a Fluoropatita. O aparecimento de algum tipo de apatita já era esperado, pois o mesmo é um dos minerais não silicatados mais abundantes na Terra. Na amostra provavelmente ocorreu uma cristalização de Fluoropatita a partir da combinação com as estruturas já existentes como a Hidroxiapatita, essas combinações são comuns, pois a Fluoropatita ocorre como elemento acessório em rochas ricas em cálcio ou ainda pode ter origem diagenética em rochas sedimentares (Reichel, 2005).

Em maior quantidade, a amostra apresenta o elemento silicato de cálcio (Ca_2SiO_4), a presença de elementos silicatados em fósseis é bem comum tendo em vista que elementos silicatados vão constituir a grande massa das rochas terrestres (Dana, 1981). Essa classe de mineral atua se combinando com vários elementos comuns como o cálcio, e sódio dando origem aos vários tipos de silicatos existentes. Essas substâncias são um tipo de mineral durável, o que auxilia na preservação dos restos esqueléticos após a morte do indivíduo (Pickrell, 2018).

Também em baixa quantidade na amostra foi encontrado Calcita (CaCO_3). Quando encontrado na rocha matriz a Calcita é o mineral mais comum a preencher as cavidades dos ossos (Wings, 2004), e com isso auxiliar o processo de fossilização. A baixa concentração da mesma na amostra sugere que apesar da idade (26.252 – 25.750 Cal yr BP; Silva, 2019), o esqueleto passou por pouca substituição da sua matéria orgânica original. A calcita quando presente pode levar a deformação do osso causada pelo crescimento dos cristais de calcita, e com isso gerar a destruição das estruturas microscópicas dos espécimes fossilizados (Holz & Schultz, 1998), a falta dela ou a pouca quantidade nas amostras sugerem que os aspectos microscópicos da amostra foram bem preservados ao longo do tempo.

O ferro presente na amostra em baixa quantidade, pode ser devido ao fato que o calcário apresenta impurezas em sua constituição, podendo carregar outros elementos como MgO e Fe para dentro dos ossos na fase diagenética (Tavorai et al., 2006). Ou mesmo por alguma característica química da água presente nos ossos no momento da diagênese (Trueman & Tuross, 2002).

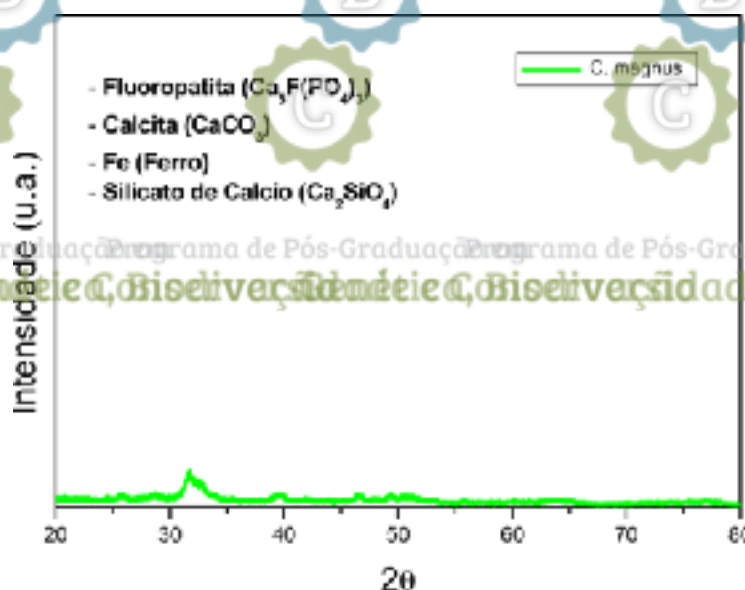


Fig 04: Análise da Difractometria de Raio X de *C. magnus*. Elementos mais comuns: fluorapatita, ferro, silicato de cálcio e calcita.

5. Conclusões

As análises demonstraram que ocorreu uma boa preservação da microestrutura óssea de *Coendous magnus*, tanto a análise osteohistológica quanto a difração de Raio-X relatam uma baixa substituição das partes orgânicas dos osso do indivíduo por minerais presentes no ambiente cavernícola, sugerindo uma boa preservação há nível microscópico para este tipo de concentração fóssilífera.

Além disso, os dados obtidos por Difractometria de Raio X, indicam que o ambiente de fossilização no qual *C. Magnus* esteve submetido, era seco e com baixa precipitação pluviométrica. Entretanto, se faz necessário o uso de outras análises paleambientais, para que, de forma fidedigna, seja remontado o paleoambiente da Chapada Diamantina há aproximadamente 26 mil anos antes do presente.

Portanto, foi possível identificar que o exemplar de *C. magnus* atravessava a fase adulta no momento de sua morte, e que o mesmo, após cinco ciclos de crescimento, já se encontrava próximo ao fim do crescimento assintótico. A espessura relativa da parede óssea (22%) é

condizente com a estrutura óssea de espécimes de hábitos terrestres (lagartos *Varanus* e *Iguana*) ou arborícolas (porco-espinhos modernos).

Em suma, a anatomia do espécime analisado neste trabalho se encaixa na família Erethizonidae (porco-espinho e formas relacionadas), e as características osteohitológicas e geométricas transversais (RBT) sugerem que *Coendou magnus* detinha hábitos terrestre ou arborícolas.

Referências

AULER, A. S., SMART, P. L., 2002. Toca da Boa Vista (Campo Formoso, BA): A maior caverna do hemisfério sul. Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil, In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M.L.C. (Edits.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), v.01: 443-452.

BARBOSA, J. S. F., SABATÉ, P., & DOMINGUES, J. M. L. 1996. O Estado da Bahia na Plataforma Sul-Americana, suas subdivisões, critérios de empilhamento estratigráfico das coberturas plataformais e ciclos geotectônicos. In: Barbosa, J. S. F. & Dominguez, J. M. L (Coord.), Geologia da Bahia. Texto Explicativo. 1ª edição. Salvador: SICM/SGRM, 1996. cap. II, p. 39-62.

BERBERT-BORN, M. L. C., & KARMANN, I. 2002. Lapa dos Brejões-Vereda Romão Gramacho, Chapada Diamantina, BA. In: Carlos Schobbenhaus; Diógenes de Almeida Campos; Emanuel Teixeira de Queiroz; Manfredo Winge; Mylène Luíza Cunha Berbert-Born. (Org.). Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. 1ed. Brasília: SIGEP, v. 1, p. 469-480.

BOTHA, J., & CHINSAMY, A. 2004. Growth and life habits of the Triassic cynodont *Trirachodon*, inferred from bone histology. Acta Palaeontologica Polonica 49 (4): 619–627.

CHINSAMY, A. 2005. The microstructure of dinosaur bone. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press, p 195,.

CHINSAMY, A. 2009. Palaeobiological implications of the bone histology of *Pterodaustro guinazui*. Anat. Rec. 292, 1462–1477

DANA, J. D 1981. Manual de mineralogia. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 642p.

DANTAS, M. A. T.; et al.. 2017 Novos registros de fósseis de preguiças gigantes terrícolas (Xenarthra, Tardigrada) em uma caverna de Andaraí, Bahia: Taxonomia e inferências sobre a distribuição geográfica durante o Pleistoceno final. In: RASTEIRO, M.A.; TEIXEIRA-SILVA, C.M.; LACERDA, S.G. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA,

34,. Ouro Preto. Anais... Campinas: SBE, 2017. p.567-573. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_567-573.pdf>.

DANTAS, M. A. T., & ZUCON, M. H. 2007 Occurrence of *Catonyx cuvieri* (Lund, 1839) (Tardigrada, Scelidotheriinae) in Late Pleistocene – Holocene of Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 10(2): 129-132. (Didelphimorphia) from the Late Pleistocene deposit of the Gruta dos Moura Cave, *Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 1 de julho de 2008. Consultado em 11 de outubro de 2008

DANTAS, M.A.T. MISSAGIA R., RAUGUST T., SILVA L. A, DELICIO. M. P, RENÓ, . R . Identificação taxonômica dos fósseis de mamíferos da Caverna Toca Fria e Jatobá, Iuiú, Bahia: Inferências Paleoecológicas e Temporais. In: congresso brasileiro de espeleologia. n. 32, Barreiras. Anais... Barreiras: SBE, 2013. p. 11-14.

EMMONS, L. 1997. Neotropical rainforest mammals. A field guide. 2 ed. Chicago. University of Chicago Press, 307p.

ERICKSON, G. M., & TUMANOVA, T. A. 2000. Growth curve of *Psittacosaurus mongoliensis* Osborn (Ceratopsia: Psittacosauridae) inferred from long bone histology. *Zoological Journal of the Linnean Society*. v. 130, p. 551-566,.

HOLZ, M., & SCHULTZ, C. L. 1998. Taphonomy of the South Brazilian Triassic herpetofauna: fossilization mode and implications for morphological studies. *Lethaia*, Oslo, v. 31, p. 335-345.

KERBER, L., MAYER, E. L., RIBEIRO, A. M., & VUCETICH, M. G., 2014. Late Quaternary caviomorph rodents (Rodentia: Hystricognathi) from the Serra da Capivara, northeastern Brazil, with description of a new taxon. *Historical Biology*, 28(4), 439–458. doi: 10.1080/08912963.2014.967766 northern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 87 (1): 193-208.

MAGWENE, P. M. 1993. What's Bred in the Bone: Histology and Cross-sectional Geometry of Mammal-like Reptile Long Bones—Evidence of Changing Physiological and Biomechanical Demands. 54 pp. M.Sc. dissertation, Harvard University, Cambridge.

NOVA, P. V., AVILLA, L., & OLIVEIRA, E.V., 2015. Didelphidae marsupials (Mammalia,

PADIAN, k.; LAMM, E. 2013, Bone Histology of Fossil Tetrapods: advancing methods, analysis, and Interpretation. University of California Press, pp. 185.

REICHEL, M., SCHULTZ, C. L., & PEREIRA, V. P. 2005. Diagenetic pattern of vertebrate fossils from the traversodontidae biozone. Santa Maria formation Maria formation (triassic), Southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 8(3), 173-8(3), 173-180

RINCÓN, A. D., PARRA, G. E., PREVOSTI, F. J., ALBERDI, M. T., & BELL, C. J. 2009. A preliminar assessment of the mammalian fauna from the Pliocene-Pleistocene El Breal de Orocuá locality, Monagas State, Venezuela. *Papers on Geology, Vertebrate Paleontology, and Biostratigraphy in Honor of Michael O. Woodburne*, 593-620.

SAYÃO, J. M. 2003 Histovariability in bones of two pterodactiloid pterosaur from the Santana Formation, Araripe Basin, Brasil: preliminary results. In: BUFFETAUT, E.; MAZIN, J. M (eds) *Evolution e Paleontology of Pterosaurs*, Geological Society, London, Special Publications 217, p. 335-342,

SILVA, L. A. Isotopic paleoecology ($\delta^{13}\text{C}$) and radiocarbon dating of Late Pleistocene small mammals from northeastern Brazil, dissertação (dissertação em Genética Biodiversidade e Conservação) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia 2019

SIMPSON, G. G. 1945. The principles of classification and a classification of mammals. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 85:1-350.

SUSSMAN, D.R., CROXEN III, F. W., MCDONALD, H. G., & SHAW, C. A. 2016. Fossil Porcupine (Mammalia, Rodentia, Erethizontidae) from El Golfo de Santa Clara, Sonora, Mexico, with a review of the taxonomy of the North American Erethizontids. *Contributions in Science*, 524:1–29.

TÁVORA, V. A., SILVA, F. A., & SOUZA, E. J. 2006. Fossildiagenese e Geoquímica dos crustáceos decápodes da Formação Maria Farinha (Paleoceno), Estado de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 36, p. 81-90.

TRUEMAN, C. N., & TUROSS, N. 2002. In: Hughes JM, Kohn M, Rakovan J (eds) *Phosphates: geochemical, geobiological and materials importance*. Series: Reviews in mineralogy and geochemistry, vol 48. Mineralogical Society of America, Washington, DC, pp 489–522

VASCONCELOS, A. G. ; SANTOS, L. V. ; KRAEMER, B. M. . Preparação físico-química de esqueleto submerso encontrado na Caverna Poço Azul, Bahia. *Terrae Didatica* (Impresso) , v. 12, p. 163-171, 2016.

VEZZOSI, R. I., & KERBER, L. 2018. The southernmost record of a large erethizontid rodent (Hystricomorpha: Erethizontoidea) in the Pleistocene of South America: Biogeographic and paleoenvironmental implications. *Journal of South American Earth Sciences* 82, 76–90. doi: 10.1016/j.jsames.2017.12.015

WINGS, O. 2004. Authigenic minerals in fossil bones from the Mesozoic of England: poor correlation with depositional environments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 200, 1–15.