

HÁBITOS ALIMENTARES EM HERBÍVOROS DA MEGAFAUNA PLEISTOCÊNICA NO NORDESTE DO BRASIL

Maria Somália Sales Viana¹

Jorge Luiz Lopes da Silva²

Paulo Victor de Oliveira³

Murilo Sérgio da Silva Julião⁴

¹Laboratório de Paleontologia, Museu Dom José, Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). Sobral-CE, Brasil. somalia_viana@hotmail.com

²Setor de Biodiversidade e Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Setor de Geologia e Paleontologia, Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Maceió-AL, Brasil. jluielopess@uol.com.br

³Programa de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). victoroliveira.paleonto@gmail.com

⁴Laboratório de Química Analítica Aplicada, Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). murilo.juliao@pq.cnpq.br

RESUMO

Com o intuito de melhor conhecer os hábitos alimentares de herbívoros pleistocênicos foram realizadas análises isotópicas em dentes pertencentes à *Eremotherium laurillardi*, *Stegomastodon waringi* e *Toxodon platensis*, coletados em um depósito de tanque no Município de Maravilha – AL. A composição isotópica do material processado forneceu informações sobre a dieta alimentar destes herbívoros separando-os em dois grupos: 1) *Eremotherium laurillardi* e *Stegomastodon waringi* com alimentação tipicamente a partir de plantas C₄; e 2) *Toxodon platensis* com alimentação mista, com predominância de plantas C₄ e também C₃.

Palavras chave: Mamíferos, Hábitos alimentares, Herbívoros, Pleistoceno, Nordeste do Brasil

ABSTRACT

In order to better understand the eating habits of Pleistocene age herbivores, isotopic analyses were performed on teeth belonging to *Eremotherium laurillardi*, *Stegomastodon waringi* e *Toxodon platensis*, collected in a deposit of tank in the municipality of Maravilha – AL, northeastern of Brazil. The isotopic composition of the processed material provided information on the diet of these herbivores by separating them into the two groups, namely: 1) *Eremotherium laurillardi* and *Stegomastodon waringi* with diet typically powered from C4 plants to and 2) *Toxodon platensis* with mixed diet characterized by the predominance of C4 but, also C3 for.

Keywords: Mammals, food behavior, Herbivorous, Pleistocene, Northeast of Brazil

INTRODUÇÃO

Na depressão sertaneja do Nordeste do Brasil é relativamente comum a presença de depósitos de tanque. Esses tanques, encravados nas rochas do embasamento cristalino, estão preenchidos por sedimentos depositados por correntes de detritos e/ou de lama através de leques aluviais trazendo grande número de fragmentos de ossos de megamamíferos pleistocênicos, principalmente. A maioria dos fósseis ficou preservada como fragmentos permneralizados (Silva, 2001; Silva & Viana, 2001; Santos et al., 2002).

No Município de Maravilha – Alagoas foi escavado um tanque (09° 13' S / 37° 14' W) na fazenda Ovo da Ema, do qual foram recolhidos fragmentos ósseos e dentários de megafauna pleistocênica. Tendo em vista que o estudo tafonômico desses ossos detectou a possibilidade de haver biomineralização conservada de carbonato-apatita, poder-se-ia então, conseguir uma boa assinatura isotópica que ajudasse em uma interpretação de dieta alimentar daqueles animais.

São apresentados e discutidos neste trabalho, os dados de análises isotópicas feitas em dentes de megamamíferos, coletados na referida fazenda, na tentativa de obter informações sobre sua preferência alimentar.

ANÁLISES DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS PARA INTERPRETAÇÕES PALEOECOLÓGICAS

A composição isotópica de um determinado elemento em tecido vivo depende: i. da fonte do elemento (e.g., CO₂ atmosférico *versus* CO₂ dissolvido; O₂ da água marinha *versus* o O₂ da água meteórica), ii. do processo que envolve inicialmente a fixação do elemento pela matéria orgânica

(e.g., C₃ *versus* C₄ da fotossíntese), iii. fracionamentos subsequentes de como a matéria orgânica passa para a cadeia alimentar. Baseado nestes fatores, a composição isotópica do material fóssil ainda dependerá de qualquer mudança isotópica decorrente da tafonomia, incluindo desde a decomposição microbiana até a diagênese. A composição isotópica pode fornecer informações sobre as fontes de alimento dos organismos fósseis, inclusive do homem, e consequentemente podem apontar evidências sobre o ambiente no qual esses organismos viveram (Schoeninger & DeNiro, 1984).

Wang et al. (1991) em estudo isotópico de herbívoros plio-pleistocênicos do Arizona (EUA), mostraram que as razões dos isótopos de carbono da apatita do esmalte fóssil, retêm o sinal biogênico, associado com o consumo de vegetação do tipo C₃ ou C₄ no paleoambiente.

Análise de isótopos estáveis de carbono

Segundo Odum & Barret (2007), os tipos de fotossíntese relacionam-se diretamente aos diversos tipos de produtores. Os vegetais superiores provocam redução do gás carbônico, através de diferentes vias bioquímicas, levando a implicações ecológicas importantes. A maioria das plantas utiliza, para isso, a síntese de açúcares, através do ciclo de fosfato de pentose C₃ (ciclo de Calvin-Benson). No entanto, algumas plantas de regiões áridas e gramíneas tropicais reduzem CO₂ de uma maneira diferente, através do ciclo de ácido dicarboxílico C₄. Estas plantas são capazes de fixar o CO₂ em compostos com quatro carbonos, como maleato e aspartato, além do que é feito pelo ciclo C₃ de Calvin-Benson. Portanto, em discussões referentes às implicações ecológicas, os dois tipos fotossintéticos são designados como plantas C₃ e C₄.

Espécies C_3 , apesar de sua menor eficiência fotossintética ao nível da folha, são responsáveis, segundo Odum & Barret (2007), pela maior parte da produção fotossintética mundial, provavelmente por serem mais competitivas em comunidades mistas, onde sombreamento, luminosidade, temperatura etc., são médias ao invés de extremas.

Espécies C_4 são numerosas na família Gramineae, apesar de ocorrerem em muitas outras famílias, tanto de eudicotiledôneas como monocotiledôneas; dominam a vegetação dos desertos e campos nos climas temperados quentes e tropicais, sendo raras nas florestas e no norte nebuloso, onde predominam baixas intensidades de luz e temperaturas (Odum & Barret, 2007).

A taxa de isótopos de carbono e nitrogênio é fracionada durante a produção primária de matéria orgânica. Plantas terrestres C_3 têm valores de $\delta^{13}C$ entre -23 e -34‰ , com uma média de -27‰ ; enquanto as C_4 têm $\delta^{13}C$ entre -9 e -17‰ , com uma média próxima de -13‰ , ou seja, envolvendo um fracionamento muito menor.

Com relação aos fracionamentos subsequentes passados pela cadeia alimentar, está a formação dos ossos dos vertebrados (biomineralização), cuja composição isotópica depende principalmente dos alimentos e água ingeridos.

Acredita-se que o $\delta^{13}C$ do carbonato da apatita biogênica seja muito mais resistente às alterações diagenéticas que o $\delta^{18}O$ (Wang & Cerling, 1994). Assim, o carbonato estrutural da apatita retém o sinal original do $\delta^{13}C$ em sistema diagenético fechado; e em sistema diagenético aberto, apenas o esmalte, devido à baixa porosidade preservaria a assinatura isotópica primária para o $\delta^{13}C$.

Análise de isótopos estáveis de oxigênio

Apesar das análises de isótopos de oxigênio não serem um processo rotineiro

na paleontologia, pelo fato de que nem sempre é possível encontrar quantidade suficiente do fosfato original preservado nos ossos fossilizados, estas análises têm fornecido bons resultados nas interpretações paleoclimáticas e na determinação de paleotemperaturas (Smith & Patterson, 1994).

A quantidade de um determinado isótopo estável, concentrado nos seres vivos, está intimamente relacionada às condições ecológicas, ou seja, depende do meio e de suas propriedades físico-químicas, variando, portanto, com as modificações ambientais (Bowen, 1994). Por isso, é possível estimar as condições ambientais a partir das razões dos isótopos estáveis em material fossilífero.

Segundo Hoefs (1987), as variações de isótopos estáveis são produzidas pelo fracionamento isotópico, causado pelas pequenas diferenças químicas e físicas entre os isótopos de um elemento. As diferenças nas propriedades físicas e químicas, por sua vez, advêm das diferenças na massa atômica dos isótopos de um elemento. A repartição dos isótopos em duas substâncias, com diferentes razões isotópicas é chamada de fracionamento isotópico. As ligações envolvendo o isótopo mais leve são mais fracas que aquelas envolvendo o isótopo mais pesado. Esses princípios básicos de fracionamento isotópico, aliados às tendências naturais dos seres vivos de “preferência isotópica”, controlam a distribuição dos isótopos na biosfera (Viana, 1999).

Pelo fato das biomineralizações serem produzidas pelo equilíbrio entre o metabolismo do organismo e o meio ambiente em que ele vive, o estudo dos isótopos estáveis em minerais biogênicos pode ser um bom indicativo paleoambiental.

A composição de isótopos de oxigênio no fosfato em ossos e dentes de mamíferos ($\delta^{18}O_{\text{Opo}_4}$) é ligada ao $\delta^{18}O$ da água ingerida ($\delta^{18}O_w$). A base para esta relação deve-se ao fato dos mamíferos serem

endotérmicos, e do fosfato biogênico precipitar quando em equilíbrio com a água do corpo (Longinelli, 1984; Luz et al., 1984 *apud* Bryant et al., 1984).

METODOLOGIA

A principal dificuldade com o conteúdo de carbonato na apatita dos ossos é saber se ele é parte integrante da estrutura do cristal ou se é externa a ele (absorvida na superfície do cristal ou em fase separada). Se o ânion carbonato substitui ânions na estrutura, é provável que esta substituição ocorra em dois lugares: na posição da hidroxila ou na posição onde se localizam os ânions fosfato.

Antes das análises isotópicas foram realizadas investigações petrográficas, análise elementar (Carbono, Nitrogênio, Hidrogênio e Enxofre - CNHS) e de difratometria de raios-X, que indicaram a ocorrência de permineralização com a biomineralização parcialmente preservada, mostrando a presença de carbonato-apatita e fluorapatita.

Para a análise de isótopos estáveis de carbono e oxigênio, foram selecionados três fragmentos de dentes pertencentes aos seguintes táxons: *Toxodon platensis*¹, *Stegomastodon waringi*² e *Eremotherium laurillardi*³. Admitindo-se a preservação de colágeno, ainda presente nos dentes, a extração dos isótopos foi obtida a partir do carbonato estrutural da apatita biogênica. Para isso, foram utilizadas duas linhas de extração de isótopos para o carbono e o oxigênio respectivamente, medindo-se suas quantidades em espectrômetro de massa, com as amostras em duplicata, determinando-se, assim as razões $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ das amostras. As análises foram realizadas no Laboratório de Isótopos Estáveis da Universidade de Brasília (UnB).

1. Owen (1837).

2. Holand (1920).

3. Luud (1842).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos com as análises do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ (Tabela 1), a partir do carbonato estrutural da carbonato-apatita em dentes de *Eremotherium laurillardi* (SM-1), *Stegomastodon waringi* (SM-3) e *Toxodon platensis* (SM-5) mostraram duas classes de distribuição, que podem ser interpretadas como decorrentes de diferentes hábitos alimentares: 1) alimentação tipicamente a partir de plantas C_4 ; 2) alimentação mista com predominância de plantas C_4 e também provavelmente C_3 . Isto permitiu a separação das espécies analisadas em dois grupos distintos, com *Eremotherium laurillardi* e *Stegomastodon waringi* pertencentes ao primeiro grupo e *Toxodon platensis* ao segundo grupo (Figura 1).

Dessa forma, sugere-se que *Eremotherium laurillardi* e *Stegomastodon waringi* alimentavam-se principalmente de gramíneas, enquanto *Toxodon platensis* alimentava-se também de macrófitas aquáticas, imaginando-se uma competição por gramíneas, cada vez mais escassas.

Os dados isotópicos com $\delta^{13}\text{C}$ variando de $-4,1$ a $0,3\text{‰}$ são valores muito próximos dos indicados para dieta à base de plantas C_4 , durante o Pleistoceno.

Os dados obtidos para $\delta^{18}\text{O}$, variando de $30,3$ a $34,3\text{‰}$ indicam que os processos diagenéticos interferiram na assinatura isotópica, pois são valores muito altos e com uma variação também relativamente alta entre eles (4‰). Tais variações podem implicar em mudanças diagenéticas muito drásticas impostas a uma fauna contemporânea, vivendo no mesmo ecossistema.

Wang & Cerling (1994) notificaram que os valores de $\delta^{18}\text{O}$ do carbonato estrutural na apatita biogênica são muito mais vulneráveis à diagênese que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e que eles não são registros confiáveis da assinatura original de $\delta^{18}\text{O}$ em muitos sistemas diagenéticos, exceto em sistemas diagenéticos com baixa temperatura e a razão água/biomineral, muito baixa.

Tabela 1. Análise de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ em dentes de megamamíferos pleistocênicos.

Nº amostra	Espécie	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{18}\text{O}$	Média $\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{13}\text{C}$	Média $\delta^{13}\text{C}$
SM-1	<i>Eremotherium laurillardi</i>	33,5	33,5	33,5	0,2	0,3	0,3
SM-3	<i>Stegomastodon waringi</i>	34,0	34,3	34,2	-0,1	0	0
SM-5	<i>Toxodon platensis</i>	30,5	30,2	30,3	-4,0	-4,1	-4,1

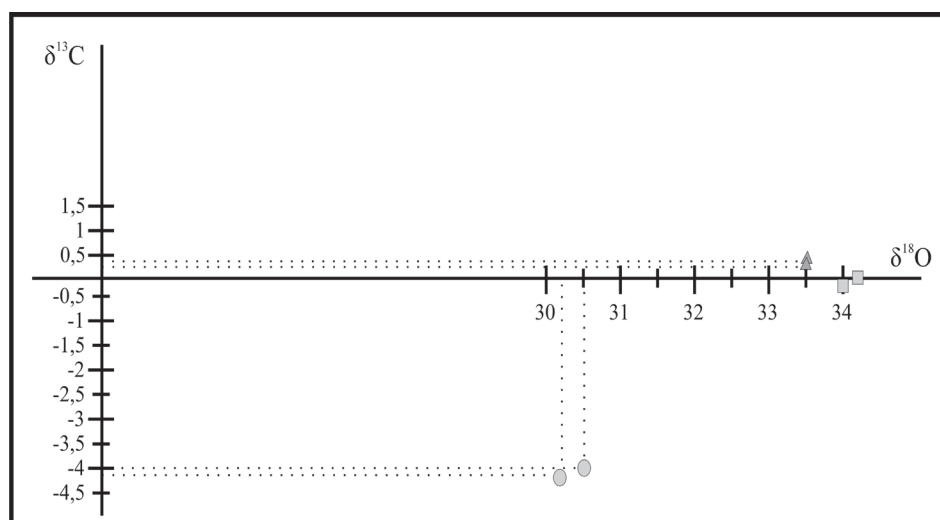


Figura 1. Razão isotópica de C e O nas amostras de dentes de *Eremotherium Laurillardi* (Δ), *Stegomastodon waringi* ($\square$) e *Toxodon platensis* ($\circ$).

CONCLUSÕES

As análises isotópicas nos dentes dos megamamíferos pleistocênicos *Eremotherium laurillardi*, *Stegomastodon waringi* e *Toxodon platensis* mostraram um padrão bem marcado, individualizando dois grupos de herbívoros, ainda que esses dados estivessem um pouco alterados devido à diagênese.

Esses dois grupos estariam representando duas classes de distribuição decorrentes de diferentes hábitos alimentares:

1) alimentação tipicamente a partir de plantas C_4 para *Eremotherium laurillardi* e *Stegomastodon waringi* e 2) alimentação mista com predominância de plantas C_4 e também provavelmente C_3 para *Toxodon platensis*.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Roberto Ventura Santos (UnB) pela gentileza das análises isotópicas e discussão dos resultados.

Referências

- Bryant, J. D., Luz, B. & Froelich, P. N. 1984. Oxygen isotopic composition of fossil horse tooth phosphate as a record of continental paleoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Alberta, 107: 303-316.
- Bowen, R. 1994. *Isotopes in the earth sciences*. Chapman & Hall, London, 647 p.
- Hall, D. O. & Rao, K. K. 1980. *Fotosíntese*. Coleção Temas de Biologia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 89 p.
- Hoefs, J. 1987. *Stable Isotope Geochemistry*. 3ª ed. Berlin, Springer Verlag, 241 p.
- Longinelli, A. 1984. Oxygen isotopes in mammal bone phosphate: A new tool for paleohydrological and paleoclimatological research? *Acta Geochimica et Cosmochimica*, 48: 385-390.
- Luz, B., Kolodny, Y. & Horowitz, M. 1984. Fractionation of oxygen isotopes between mammalian bone-phosphate and environmental drinking water. *Acta Geochimica et Cosmochimica*, 48: 1689-1693.
- Odum, E. P., Barret, G. W. 2007. *Fundamentos de Ecologia*. São Paulo, Thomson Pioneira, 612 p.
- Santos, M. F. C. F., Bergqvist, L. P., Lima Filho, F. P., Pereira, M. M. V. 2002. Feições tafonômicas observadas em fósseis pleistocênicos do Rio Grande do Norte. *Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará*, 15: 31-41.
- Schoeninger, M. L. & DeNiro, M. J. 1984. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Acta Geochim. e Cosmochim.*, 48:625-639.
- Silva, J. L. L. 2001. *Tafonomia em mamíferos pleistocênicos: caso da planície colúvioaluvionar de Maravilha – AL*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 96 p.
- Silva, J. L. L. & Viana, M. S. S. 2001. Tafonomia dos mamíferos pleistocênicos no município de Maravilha – AL e suas implicações paleoecológicas. *Revista Brasileira de Paleontologia*, n.2, p. 77-78, Resumos (Paleo 99), Rio de Janeiro.
- Smith, G. R. & Patterson, W. P. 1994. Mio-Pliocene seasonality on the Sake River plain: comparison of faunal and oxygen isotopic evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Alberta, 107: 291-302.
- Viana, M. S. S. 1999. Métodos geoquímicos aplicados à Paleontologia de Vertebrados. In: SBP XVI Congresso Brasileiro de Paleontologia, 1999. *Resumos expandidos*, p. 1-19.
- Wang, Y. & Cerling, T. E. 1994. A model of tooth and bone diagenesis: implications for paleodiet reconstruction from stable isotopes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Alberta, 107: 281-289.
- Wang, Y., Smith, G. A., Geissman, J. W., Quade, J., Lindsay, E. H. & Bowman, J. R. 1991. Climatic and ecologic changes during the Pliocene and early Pleistocene in southeastern Arizona: stable isotopic records from St. David Formation. *Geol. Soc. Am. Alberta*, 23: A300.