

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

**Caracterização isotópica de vertebrados do Grupo Bauru como
subsídio para compreensão de sua paleoecologia**

THIAGO CORREIA LIMA



2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA

**Caracterização isotópica de vertebrados do Grupo Bauru como subsídio para
compreensão de sua paleoecologia**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em “Ecologia, Conservação e biodiversidade”.

Orientador

Prof. Dr. Douglas Riff

Uberlândia
Agosto - 2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

L732 2022	<p>Lima, Thiago Correia, 1984- Caracterização isotópica de vertebrados do Grupo Bauru como subsídio para compreensão de sua paleoecologia [recurso eletrônico] / Thiago Correia Lima. - 2022.</p> <p>Orientador: Douglas Riff. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.368 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Ecologia. I. Riff, Douglas ,1979-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 574</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e
 Biodiversidade
 Av. Pará, 1720, Bloco 2D, Sala 26 - Bairro Umarama, Uberlândia-MG, CEP 38405-320
 Telefone: (34) 3225-8641 - www.pggeco.ib.ufu.br - ecologia@umarama.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ecologia, Conservação e Biodiversidade				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, número 321, PPGEGB				
Data:	30/08/2022	Hora de início:	09:00	Hora de encerramento:	11:30
Matrícula do Discente:	11912ECR014				
Nome do Discente:	Thiago Correia Lima				
Título do Trabalho:	Caracterização isotópica de vertebrados do Grupo Bauru como subsídio para compreensão de sua paleoecologia				
Área de concentração:	Ecologia				
Linha de pesquisa:	Ecologia animal				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Resgate, preparação e descrição de fósseis proveniente do Cretáceo Superior e ecologia das faunas associadas				

Reuniu-se por videoconferência a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade assim composta pelos doutores: Solange Cristina Augusto - INBIO/UFU; Mário André Trindade Dantas - UFB e Celine de Melo - INBIO/UFU, presidente da banca.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Celine de Melo, apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público e concedeu ao(à) Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

05/09/2022 16:15

SEI/UFU - 3805223 - Ata de Defesa - Pós-Graduação



Documento assinado eletronicamente por **Celine de Melo, Presidente substituto(a)**, em 30/08/2022, às 11:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Solange Cristina Augusto, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/08/2022, às 11:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mario André Trindade Dantas, Usuário Externo**, em 05/09/2022, às 11:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3805223** e o código CRC **DFC5FD88**.

Referência: Processo nº 23117.055233/2022-51

SEI nº 3805223

Agradecimentos

Agradeço a este Instituto de Biologia por todo o apoio proporcionado para a confecção deste trabalho. Sou grato pela compreensão do colegiado deste programa de mestrado, o qual me concedeu as extensões de prazo que tanto me foram necessárias. Ao coordenador do programa, Professor Doutor Paulo Eugênio Oliveira, pelo apoio e orientações no conduzir das demandas burocráticas pertinentes ao programa.

Sou muito grato a meu amigo Thales Silva, também colega no Laboratório de Paleontologia da UFU, que me acompanhou em várias missões (como a busca pelo almofariz de ágata), bem como por ter colhido as amostras utilizadas neste estudo com destreza e paciência ímpares. Minha amiga Amanda Costa, cujo apoio foi de enorme valia para que eu não desanimasse durante o percurso.

Agradeço ao Instituto Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (Instituto LAMIR), da Universidade Federal do Paraná, na pessoa da Profa. Dra. Anelize Manuela Bahniuk Rumbelsperger, que muito gentilmente realizou o procedimento de espectrometria de massa em nossas amostras, sem nenhum custo e com toda a boa vontade. Igualmente, agradeço ao físico Diego Portela Fernandes, o técnico que conduziu o procedimento com maestria.

Meus sinceros agradecimentos à Professora Doutora Rosana Romero e à Técnica do herbário Lílian Flávia Araújo Oliveira, que me permitiram e auxiliaram no uso da câmera fotográfica do herbário da UFU, com a qual pude fotografar as amostras aqui estudadas. Igualmente, agradeço ao Professor Doutor Marcelo Gonzaga, que me permitiu utilizar a lupa do Laboratório de aracnologia para fotografar as amostras menores.

Agradeço ao meu orientador Professor Doutor Douglas Riff, por suas contribuições ao trabalho, e por ter iniciado o contato com o pessoal do instituto Lamir. Também sou grato ao Prof. Dr. Mário Dantas pelas orientações e esclarecimentos quanto aos isótopos estáveis.

Gratidão infinita à minha mãe, mulher guerreira, forte, um exemplo a ser seguido. A pessoa responsável por minha existência e por tudo que sou e represento. Ela me apoiou durante toda minha jornada, e me apoiou durante os momentos desafiadores que se apresentaram durante a confecção deste trabalho. A ela dedico este trabalho.

Sumário

Resumo.....	1
Abstract.....	2
Introdução.....	3
Isótopos estáveis: considerações gerais	4
Exemplos de sua aplicação na Paleontologia	6
Paleodiversidade e cenário ecológico no Grupo Bauru	13
Objetivos.....	15
Considerações estratigráficas	16
Geologia regional estratigrafia e paleoambientes	17
Materiais e métodos	30
Análise dos isótopos estáveis	32
Coleta das amostras.....	33
Resultados.....	38
Testes estatísticos ($\delta^{13}\text{C}$).....	39
Testes estatísticos ($\delta^{18}\text{O}$)	40
Sauropoda	44
Discussão	46
Conclusão	49
Referências	51

Resumo

A incompletude do registro fóssil dificulta a inferência de taxas e padrões evolutivos e ecológicos. A análise anátomo-morfológica dos restos preservados, embora extremamente importante, pode ser insuficiente para investigar a paleoecologia de alguns espécimes e táxons, e outras metodologias foram desenvolvidas para realizar tais inferências. A análise de isótopos estáveis tornou-se um método cada vez mais importante para coletar informações tróficas e ambientais de espécies extintas em ecossistemas terrestres e aquáticos, a partir da composição geoquímica que um ambiente imprime nos ossos, dentes e demais tecidos. O presente trabalho realizou uma caracterização isotópica preliminar da paleofauna de vertebrados da Bacia de Bauru, Cretáceo Superior do Sudeste do Brasil. As condições ambientais únicas e a composição biótica presentes na região à época levaram a interações ecológicas peculiares quando comparadas a outros depósitos pene-contemporâneos em todo o mundo. O registro fóssil nas principais unidades fossilíferas da Bacia aponta para uma abundância de saurópodes titanossauros como os principais herbívoros terrestres em todo o Cretáceo Superior, do Santoniano (~85 Ma) ao Maastrichtiano (~70 Ma). Em relação aos carnívoros, há uma clara sucessão biótica devido à preponderância de crocodylomorfos Baurusuchidae nos estratos Santoniano-Campaniano (correspondendo à Formação Adamantina), em detrimento dos terópodes abelisaurídeos, que se tornaram comuns apenas na Formação Marília (Maastrichtiano). A escassez de terópodes Abelisauridae entre os carnívoros terrestres da Formação Adamantina diferencia sua paleofauna das demais conhecidas no Hemisfério Sul durante o Cretáceo, onde esse grupo era dominante. Por meio da análise de isótopos estáveis, complementa-se o conhecimento sobre as relações ecológicas entre esses e outros vertebrados da Bacia de Bauru. Após uma visão geral da paleoecologia dos principais depósitos fossilíferos da Bacia de Bauru provenientes tanto da literatura quanto dos dados isotópicos gerados nesta contribuição, o registro fóssil dispar dos dois principais grupos de predadores na Bacia foi abordado. Uma vez avaliado o grau de sobreposição de nicho pela caracterização isotópica, nossos resultados apontam para uma partição de nicho entre os dois grupos de carnívoros.

Palavras-chave: Paleoecologia, Isótopos estáveis, Bacia Bauru, Cretáceo, Dinosauria, Titanosauria, Theropoda, Mesoeucrocodylia, Baurusuchidae.

Abstract

The incompleteness of the fossil record hinders the inference of evolutionary and ecological rates and patterns. The anatomical-morphological analysis of the hard remains, although extremely important, can be insufficient to conclude about the paleoecology of some specimens and taxa. Therefore, other methodologies were developed to achieve such inferences. Stable isotope analysis has become an increasingly important method for gathering dietary and environmental information from extinct species in terrestrial and aquatic ecosystems. The benefits of such analyses stem from the geochemical fingerprint that an environment leaves in an organism's bones, teeth, and tissues. The present work carried out a preliminary isotopic characterization of the vertebrate paleofauna of the Bauru Basin, Late Cretaceous of Southeastern Brazil. The unique environmental conditions and biotic composition present in the region at the time led to peculiar ecological interactions when compared to other pene-contemporary deposits worldwide. The fossil record in the main fossiliferous units of the Basin points to an abundance of titanosaur sauropods as the main terrestrial herbivores throughout the Late Cretaceous, from the Santonian (around 85 My) to the Maastrichtian (around 70 My). Regarding the carnivores, a biotic turnover can be noted due to a preponderance of baurusuchid crocodylomorphs in the Santonian-Campanian strata (which corresponds to the Adamantina Formation), to the detriment of abelisaurid theropods, which become common only in the Maastrichtian Marilia Formation. The scarcity of Abelisauridae among terrestrial carnivores in the Adamantina Formation sets it apart from ecosystems throughout the entire southern hemisphere during the Cretaceous, where this group was dominant. The analysis of stable isotopes will complement the knowledge on the ecological relationships among the aforementioned taxa. After an overview of the paleoecology of the main fossiliferous deposits of the Bauru Basin coming from both the literature and the isotopic data generated in this contribution, the disparate fossil record of the two main groups of predators in the Basin was addressed. After evaluating the degree of niche overlap by the isotopic characterization, our results indicate that there was niche partition amongst the two main carnivorous taxa.

Key words: Paleoecology, stable isotopes, vertebrates, Bauru, Cretaceous, Sauropoda, Titanosauria, Mesoeucrocodylia, Baurusuchidae, Theropoda, Abelisauridae.

Introdução

A reconstrução acurada de cenários paleoecológicos historicamente se mostra uma ciência de difícil comprovação, uma vez que várias de suas conclusões se baseiam no registro fóssil, o qual, devido a suas características intrínsecas, sempre se mostrará incompleto (BENTON et al., 2000). Antes do surgimento de técnicas mais modernas, era preciso inferir hábitos comportamentais de organismos extintos, assim como o ambiente onde estavam inseridos, com base principalmente na análise de estruturas anatômico-morfológicas preservadas nos fósseis, além das características sedimentológicas e estratigráficas locais, bem como os processos tafonômicos envolvidos (BEHRENSMEYER, 2000).

Essa prática, no entanto, mostra-se menos eficaz quando os organismos extintos apresentam estruturas *sui generis*, sem análogos em grupos vivos, ou mesmo quando a quantidade de espécimes a serem analisados se mostra insuficiente (GIMSA & GIMSA, 2016; MAISEY, 2009). De fato, há linhagens inteiras de organismos que foram extintas sem terem deixado descendentes próximos cuja anatomia pudesse ser comparada de modo a inferir seus hábitos com precisão (LIU & BEVER, 2018). Nesses casos, é difícil determinar a relação do organismo com seu ambiente, e vice-versa. Assim, o surgimento de algumas técnicas vem para que inferências desvinculadas de características puramente morfológicas possam ser construídas, sem subestimar a importância daquelas (CLEMENTZ, 2012). Entre tais procedimentos destaca-se, por exemplo, a análise filogenética molecular, a qual vem sendo utilizada como ferramenta importante para a determinação de relações filogenéticas entre os organismos envolvidos (EERNISSE & KLUGE, 1993; QUENTAL & MARSHALL, 2010; MORLON et al., 2011).

Outra técnica moderna importante é a empregada neste estudo, a análise dos isótopos estáveis em organismos fósseis. Essa metodologia faz uma inversão de valores no que diz respeito à inferência de hábitos e até mesmo da fisiologia de animais extintos: antes de analisar a interação destes com o ambiente, analisa-se a influência do próprio ambiente no organismo, influência esta que pode ser determinada por meio da assinatura isotópica única deixada nos fósseis devido às interações que o animal teve com o ambiente enquanto vivo (EAGLE et al., 2011; CSANK et al., 2011; AMIOT et al., 2015; AMIOT et al., 2011; DOMINGO et al., 2013).

Isótopos estáveis: considerações gerais

Os isótopos estáveis nada mais são que variações de um mesmo elemento químico, as quais ocorrem espontaneamente na natureza. Essas variantes possuem basicamente as mesmas propriedades químicas, porém diferem em relação a seu número de massa. O que ocorre é uma diferença no número de nêutrons no núcleo atômico, permanecendo o mesmo número de prótons. Assim, o número atômico (Z) permanece o mesmo entre todos os isótopos, enquanto que o número de massa (A) varia entre eles. Portanto, os isótopos conseguem todos realizar as mesmas reações químicas, podendo assim participar, por exemplo, dos mesmos processos fisiológicos em um determinado organismo. As características físicas desses elementos, como o ponto de fusão, no entanto, podem variar entre as formas. Além disso, os isótopos de maior massa são muito mais raros na natureza, representando geralmente menos de 1% da abundância total daquele elemento (RODRIGUES & FAUTH, 2013; HOEFS, 2009).

Os isótopos são caracterizados estáveis quando mantêm, por tempo indeterminado, sua estrutura atômica nuclear, ou seja, eles não são radioativos. Não há emissão de energia na forma de elétrons ou partículas subatômicas, o que significa que a massa desses átomos se mantém constante ao longo do tempo. Os elementos envolvidos nos processos biológicos, dentre os quais se destacam o oxigênio, carbono e nitrogênio, possuem todos ao menos dois isótopos estáveis, sendo assim utilizados em uma gama de estudos ecológicos e fisiológicos, tanto para ecossistemas atuais como extintos.

Em se tratando de organismos extintos, a depender do tempo decorrido desde a extinção, outro fator deve ser levado em consideração no concernente a análises isotópicas, os processos relacionados à diagênese. Tais processos, físicos e químicos, causam mudanças dramáticas nas estruturas orgânicas e inorgânicas, podendo interferir na composição isotópica dos tecidos. Por esse motivo, estruturas com pouca ou nenhuma porosidade, compostas de moléculas densas, como o esmalte dos dentes, são ideais para esse tipo de estudo, garantindo assim pouca a nenhuma alteração nas razões isotópicas originais (FRICKE & PEARSON, 2008).

Isótopos estáveis, principalmente Oxigênio e Carbono, se acumulam nos tecidos dos organismos e seus diferentes níveis são indicativos de fatores como, dieta, metabolismo, qualidade da água, até mesmo o paleoclima de regiões inteiras de forma completamente

independente de caracteres morfológicos presentes no espécime estudado (SUAREZ et al., 2013, GOEDERT et al., 2016).

A água consumida pelos animais ao beber e também presente nos tecidos de organismos consumidos na predação ou herbivoria também deixam uma proporção única de isótopos de Oxigênio, em conjunto com os próprios processos fisiológicos, o que permite determinar os hábitos alimentares do organismo em questão (SOTO et al., 2013).

O carbono, por sua vez, é unicamente derivado dos alimentos consumidos por um determinado organismo. No caso dos animais herbívoros, é possível determinar qual tipo de planta compõe a maior parte da dieta por meio das razões isotópicas. Isso ocorre devido ao fato de as plantas C3, C4 e CAM possuírem vias fotossintéticas diferentes, inerentes a seus respectivos metabolismos. Dessa maneira, animais especialistas apresentarão médias de isótopo ^{13}C em seus tecidos conforme a via metabólica das plantas consumidas na alimentação. A partir desse tipo de dado, é possível inferir a ocorrência geográfica dessas plantas ao se avaliar conjuntamente a ocorrência de seus consumidores principais, a despeito da raridade de somatofósseis de organismos vegetais em certas formações geológicas. (BARRETT, 2014; CULLEN *et al.*, 2020)

A paleoecologia está na vanguarda da utilização de isótopos estáveis, o método é empregado como um reforço às inferências oriundas da morfologia. A ocorrência de organismos fósseis com características anatômicas similares, ou seja, possivelmente ocupantes de um mesmo nicho ecológico convivendo em um mesmo ecossistema pode ser constatada por meio de uma análise da morfologia das estruturas em seus esqueletos (LYSON & LONGRICH, 2011).

Porém, explicar essa convivência de forma definitiva é uma tarefa mais complexa, especialmente quando se trata de grupos taxonômicos completamente extintos, sem análogos viventes. Nesses casos, é difícil testar as hipóteses. A análise isotópica é um método em que é possível testar diretamente se há diferença no consumo de recursos entre determinados clados. Com isso, teorias ecológicas podem ser descartadas ou corroboradas. De forma interessante, os dados isotópicos coletados podem ser utilizados em outros estudos com os mesmos clados, formando-se assim um contínuo banco de dados.

Exemplos de sua aplicação na Paleontologia

Fricke e Pearson (2008), conduziram um estudo com dinossauros herbívoros da Formação Hell Creek, estado de Dakota do Norte, nos Estados Unidos. A referida formação é representativa do Cretáceo Superior (Maastrichtiano), possivelmente alguns dos últimos ecossistemas cretácicos antes da extinção em massa que deu início ao Paleógeno. Ali, dois grandes grupos de herbívoros de grande porte conviviam, os Hadrosauridae e os Ceratopsidae.

Os hadrossauros (figura 1) são dinossauros ornitópodes, de distribuição cosmopolita, havendo espécie descrita na Antártica (CASE *et al.*, 2000). O táxon alcançou o ápice da derivação durante o Cretáceo Superior, e eram um grupo bastante especializado e diversificado, se adaptando a diversos ambientes (PRIETO-MARQUEZ, 2010). Esses ornitíscios eram bípedes/quadrúpedes facultativos, sendo que, a depender da espécie em questão, podiam se locomover principalmente sobre dois ou quatro membros. Essa capacidade lhes conferia maior adaptabilidade, uma vez que podiam acessar alimentos fora do alcance de herbívoros concorrentes (MAIDMENT *et al.*, 2014). Possuíam, além de uma estrutura semelhante a um bico, este com um formato semelhante aos encontrados em aves da família anatidae, uma bateria com milhares de dentes, capazes de processar a matéria vegetal ingerida de forma bastante eficiente (XING *et al.*, 2017).

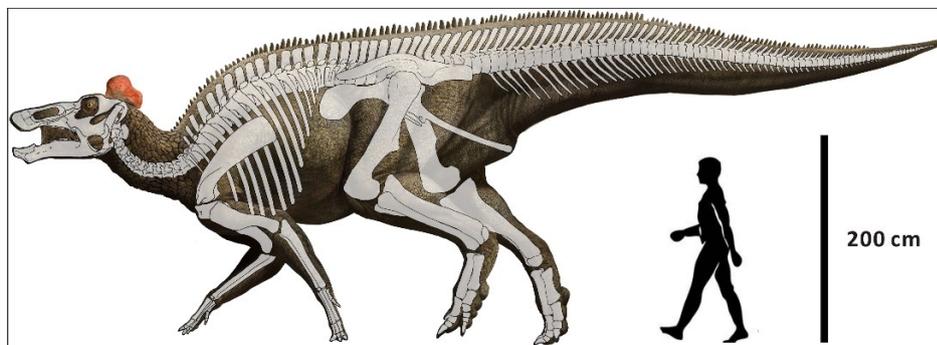
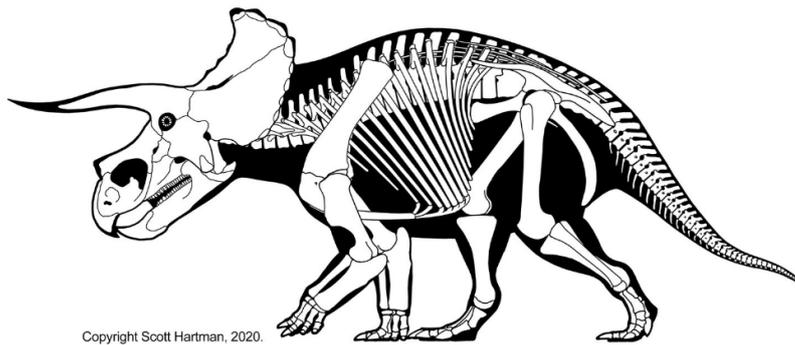


Figura 1 - Representação esquemática do hadrossaurídeo *Edmontosaurus regalis* Lambe, 1917 (modificado de Xing *et al.*, 2017).

Os ceratopsidae (figura 2), por sua vez, possuíam uma distribuição mais restrita quando comparados aos hadrosauridae, ocorrendo principalmente no hemisfério norte, com a grande maioria das espécies descritas oriundas da América do Norte (MCDONALD, 2011; MALLON *et al.*, 2014; LOEWEN *et al.*, 2010). Esses animais eram quadrúpedes obrigatórios, sendo assim consumidores de vegetação baixa e rasteira. Interessantemente, os

ceratopsídeos também possuem uma estrutura análoga a um bico, este mais semelhante aos encontrados em aves da família psitacidae. Além do “bico”, também eram dotados de uma bateria de dentes, à maneira dos hadrossaurídeos, a qual surgiu de forma independente nos dois grupos, configurando um caso clássico de homoplasia (SAMPSON & LOEWEN, 2010; WHITE *et al.*, 1998).



Copyright Scott Hartman, 2020.

Figura 2 - Representação esquemática do ceratopsídeo *Triceratops horridus* Marsh, 1889 (modificado da imagem original disponível em <https://www.skeletaldrawing.com/ornithiscians/triceratopshorridus>).

Os espécimes analisados no estudo foram coletados na área do município de Marmarth, Dakota do Norte. Ali, a formação Hell Creek representa aproximadamente os últimos 1.4 milhões de anos do Maastrichtiano do Cretáceo. As amostras se trataram principalmente de dentes dos dois supracitados grupos, dos quais foram retirados fragmentos de esmalte, e escamas de peixes lepisosteidae, as quais contém ganoína, substância homóloga ao esmalte dos dentes (RICHTER, 1995).

Foram testadas amostras provindas de 4 localidades na região. Primeiramente, de modo a testar se a composição isotópica no esmalte/ganoína foi afetada pelos processos de diagênese, foram comparados, em cada grupo, as médias entre as razões isotópicas presentes no esmalte/ganoína e a dentina. Constatou-se que as médias são muito maiores nas amostras de dentina, mostrando a maior suscetibilidade desta substância a alterações no perfil isotópico devido à diagênese. Os valores mais conservadores presentes no esmalte/ganoína são indicativos de que os mesmos refletem os valores originais presentes nos tecidos, representando assim a real paleobiologia e comportamento daqueles organismos (figura 3).

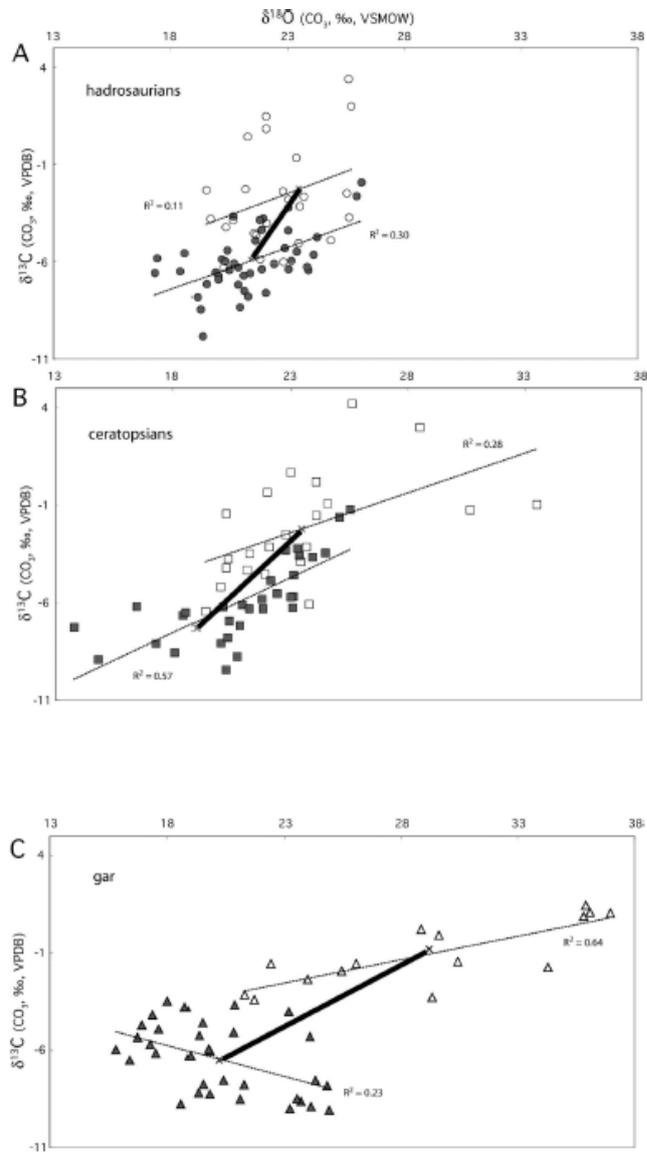


Figura 3 - Gráficos demonstrando a diferença entre as quantidades de ¹³C presentes na ganoína/esmalte (símbolos preenchidos) e na dentina (símbolos vazios). Nota-se não apenas que as médias isotópicas são maiores na dentina, mas que há maior variabilidade nos dados. Isso se dá devido ao efeito da diagênese sobre a dentina para os três grupos (Modificado de FRICKE & PEARSON, 2008).

Descontado o efeito da diagênese, as médias das razões isotópicas foram comparadas entre os grupos de interesse. Como as diferenças entre os valores das médias foram

estatisticamente significativas, há indícios de partição de nicho entre esses grandes herbívoros nos ambientes em que coabitavam. Os ceratopsídeos possuíam preferência por se alimentar e consumir água em ambientes mais abertos, tais como planícies de maré, margens de grandes rios, assim como pântanos. O hadrossaurídeos, por sua vez, se alimentavam em ambientes mais fechados, como florestas, estas cujas fontes de água não tinham ligação com água salgada (Figura 4).

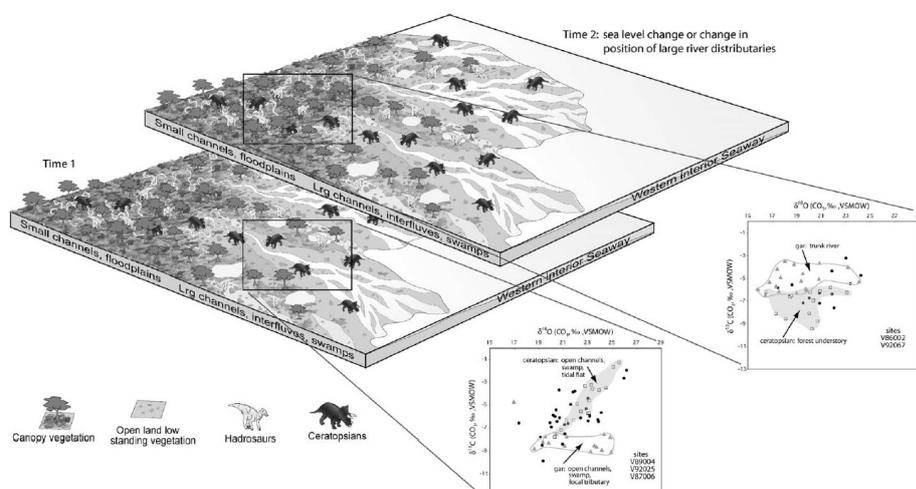


Figura 4 - Figura esquemática representando a partição de nicho entre ceratopsídeos e hadrossaurídeos no mesmo ecossistema. Em anexo os dois gráficos demonstrando os valores médios de $\delta^{13}C$ e $\delta^{18}O$ entre os grupos (Modificado de FRICKE & PEARSON, 2008).

Amiot et al. (2010), realizou análises isotópicas com animais pertencentes ao grupo Spinosauridae, terópodes de porte médio a grande que viveram no Cretáceo de várias localidades. Esse clado foi nomeado após a descoberta do holótipo de *Spinosaurus aegyptiacus* Stromer, 1915 (Figura 5), e contém animais cujas estruturas anatômicas apontam fortemente para uma dieta piscívora.

Dentre as apomorfias indicativas de ictiofagia, aquelas presentes no crânio, o qual possui um rostró alongado e delgado, com uma denticção homodonte, dentes com formato cônico e a presença de rosetas na maxila. Essa morfologia é compatível com um animal capaz de capturar presas escorregadias como os peixes, e é encontrada em animais vivos possuidores de tal hábito alimentar, como os crocodyliformes gavialoidea e cetacea odontoceti. Membros desse clado, como *Suchomimus tenerensis* Sereno et al., 1998 (figura 6)

e *Baryonyx walkeri* Charig & Milner, 1986 também possuíam uma garra hipertrofiada no dígito 1 dos membros anteriores, a qual poderia ser empregada como um arpão para capturar peixes (IBRAHIM et al., 2014).

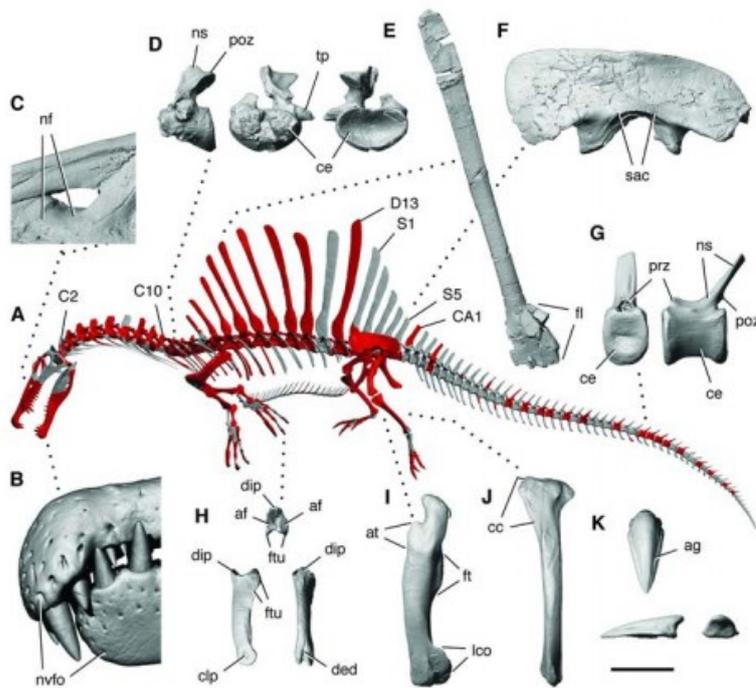


Figura 5 - Representação esquemática do esqueleto do espinossaurídeo *Spinosaurus aegyptiacus*. Ossos em vermelho são conhecidos, pertencentes a vários espécimes, alguns, como os membros inferiores, pertencem a indivíduos juvenis. Destaque para o formato dos dentes, cônicos, e rostró alongado, além da redução dos membros posteriores, consonantes com adaptações à vida aquática (modificado de IBRAHIM et al., 2014).



Figura 6 – Figura esquemática representativa do esqueleto do espinosaurídeo *Suchomimus tenerensis*. Destaque para a garra hipertrofiada no dígito 1, bem como o formato do rostro à maneira de um gavial. (modificado da imagem original disponível em <https://www.skeletaldrawing.com/theropods/suchomimus>)

A análise de isótopos de ^{18}O presentes nos restos fosfáticos, no caso a apatita dos dentes, em Espinossaurídeos, aponta para animais que passavam grande parte de seu tempo nas proximidades ou imersos em corpos d'água, comportamento este congruente com os aspectos morfológicos supracitados presentes em seu esqueleto. O estudo foi realizado com espécimes de todas as localidades de proveniência de fósseis desse grupo, e demonstra uma diferença significativa de comportamento entre esses animais e outros terópodes de porte similar (AMIOT ET AL., 2010).

Devido ao fato de terem convivido com terópodes *Carcharodontosauridae* e *Abelisauridae*, ambos predadores terrestres de porte similar aos *Spinosauridae*, a competição direta poderia levar a uma exclusão competitiva de algum desses grupos devido à sobreposição de nichos. Assim, evitando a competição direta, os espinossaurídeos passaram a ocupar um nicho mais aquático, se aproveitando dos grandes rios que meandravam seu ambiente, podendo assim coexistir com outros predadores de topo (ARDEN, 2019; HONE & HOLTZ, 2017).

Essa conclusão se dá devido ao fato de a fisiologia de animais com modo de vida semi-aquático causar uma diferença significativa na assinatura isotópica dos restos fosfáticos dos vertebrados (CLEMENTZ & KOCH, 2001). A apatita do esmalte dos dentes dos vertebrados se organiza em densos cristais, de grande tamanho e com baixíssimos conteúdos orgânicos, cuja decomposição poderia comprometer possíveis amostras. Dessa forma, sua estrutura molecular é dificilmente afetada pelos processos inorgânicos (diagenéticos), que

poderiam contaminar sua assinatura isotópica, mesmo com o passar do tempo geológico (SERLING & SHARP, 1996; BALASSE, 2002; GEHLER, 2011).

No caso específico do isótopo ^{18}O , presente no fosfato (PO_4) da apatita do esmalte dos dentes, animais com hábitos semi-aquáticos apresentam uma média significativamente menor deste isótopo, devido ao fracionamento deste elemento nos processos de troca de água com o ambiente, processos estes que se dão de forma diferente em animais inseridos em ambientes mais aquáticos (AMIOT, 2006. BRYANT & FROELICH, 1996)

Em um estudo similar (CERLING et al., 2008), foi realizada a caracterização isotópica de mamíferos africanos, por meio da medição dos níveis de ^{18}O em amostras fosfáticas (esmalte dos dentes) de vários espécimes. Foi determinado que os mamíferos de hábito terrestre, como Gnus, Zebras e rinocerontes, possuíam uma assinatura isotópica similar, apresentando níveis maiores de ^{18}O em suas amostras quando comparados a mamíferos de hábito semi-aquático, como o Hipopótamo (CLEMENTZ et al., 2008) (Figura 7).

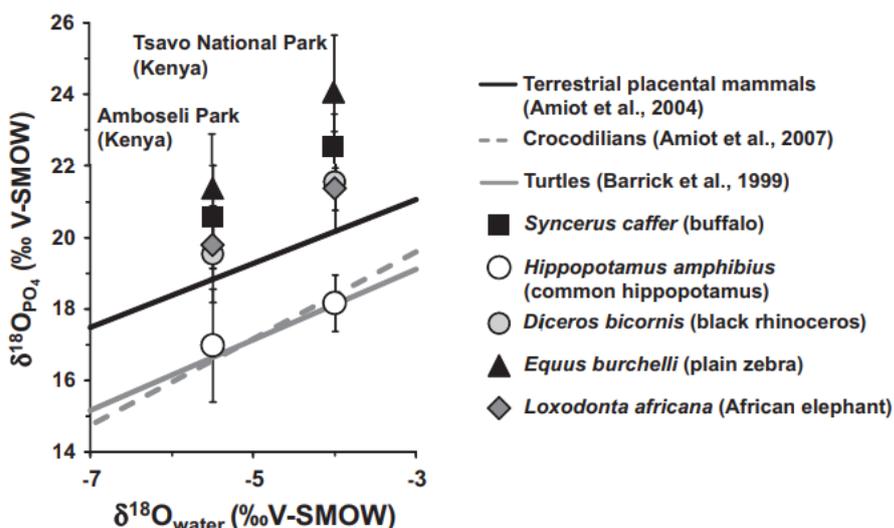


Figura 7 – Gráfico demonstrando a relação entre a concentração média de oxigênio 18 presente na água consumida pelos animais e nos seus respectivos tecidos fosfáticos. Nota-se que as médias para *hippopotamus amphibius* e tartarugas são similares, e significativamente menores em comparação aos animais terrestres. (Modificado de AMIOT et al., 2010)

Esses resultados serviram de parâmetro para as comparações realizadas entre os espinossaurídeos e terópodes terrestres, além de tartarugas e crocodylíformes (BARRICK et al., 1999), todos contemporâneos e cohabitantes em seus respectivos ecossistemas. Como esperado, a assinatura isotópica dos espinossaurídeos se aproximou da assinatura dos

crocodilos e tartarugas, e diferiu significativamente dos terópodes terrestres. Em uma comparação entre os espinossaurídeos, tartarugas e crocodyliformes cretácicos e os mamíferos semi-aquáticos da África atual, todos demonstraram grande similaridade isotópica no que diz respeito às concentrações de ^{18}O , corroborando o estudo realizado com a fauna extinta (Figura 8).

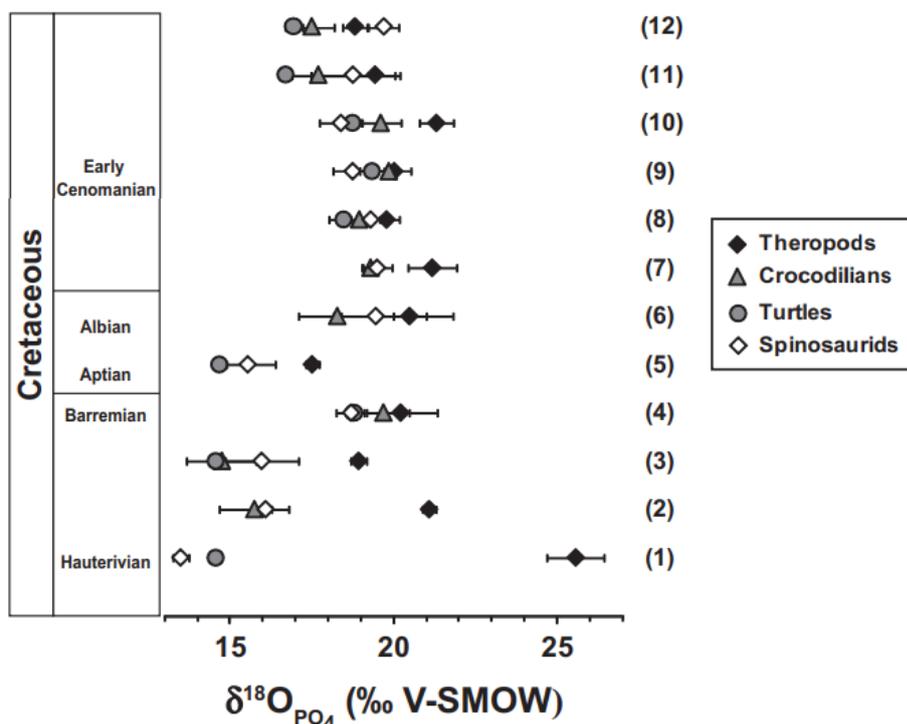


Figura 8 – Gráfico demonstrando a relação entre as médias de Oxigênio massa 18 de terópodes não espinossaurídeos, representados pelo losango preto, crocodilianos, representados pelo triângulo cinza, tartarugas, representadas pelo círculo cinza, e terópodes espinossaurídeos, representados pelo losango branco, estes separados por unidade temporal, do mais antigo (Hauteviriano), ao mais recente (Cenomaniano). Nota-se que as médias entre espinossaurídeos, tartarugas e crocodilianos são similares entre si, e todas significativamente menores do que as apresentadas pelos terópodes não espinossaurídeos. (Modificado de AMIOT et al., 2010)

Paleodiversidade e cenário ecológico no Grupo Bauru

Um paleoambiente igualmente complexo estava presente na Bacia Bauru, um dos principais afloramentos cretácicos do Brasil (FERNANDES & COIMBRA, 1996). O registro fóssil da Bacia Bauru, especialmente na região sudeste do país, em suas duas principais formações geológicas, Formação Marília e Formação Adamantina, apontam para um

ecossistema que apresentava muitas peculiaridades que o diferenciavam do encontrado no restante do planeta (SANTUCCI & BERTINI, 2017; CAMPOS et al., 2011; MARTINELLI & TEIXEIRA, 2015). Pelas características estratigráficas e sedimentológicas, infere-se que se tratava de um ambiente de clima semi-árido, com a presença de rios meandantes (FERNANDES & BASILICI, 2009).

A fauna local, no tocante a vertebrados terrestres, apresentava como principais herbívoros de grande porte os Titanosauria, com várias espécies descritas (KELLNER et al., 2006; CAMPOS et al., 2005; SALGADO & CARVALHO, 2008; KELLNER et al., 2005). No contexto global, os Titanosauria realmente estavam entre os herbívoros mais numerosos e bem sucedidos, presentes em todos os continentes (BANDEIRA et al., 2016). Notavelmente, porém, no concernente aos carnívoros terrestres dominantes, a Bacia Bauru, conforme inferido pelo registro fóssil, apresentava uma realidade diferente quando comparada ao encontrado no restante do mundo. Seria esperado que os dinossauros terópodes fossem os carnívoros terrestres dominantes no ecossistema, porém, os fósseis são indicativos de outro status quo.

Pela abundância de fósseis encontrados, bem como pelo estado de preservação dos mesmos, o grupo Baurusuchidae representava os carnívoros terrestres dominantes na Bacia Bauru. Trata-se de um ramo especializado de crocódilomorfos cujas apomorfias lhes permitiam levar uma vida completamente terrestre. Dentre as adaptações mais importantes estão as modificações nos apêndices locomotores, os quais se inseriam na parte inferior do animal, permitindo uma postura ereta e uma e uma locomoção digitígrada cursorial, como encontrada em mamíferos carnívoros vivos, canídeos, por exemplo (MARTINELLI & TEIXEIRA, 2015; RIFF et al., 2012).

Apesar dessa superioridade numérica quanto a fósseis efetivamente encontrados, os Theropoda estão presentes no registro. No entanto, os espécimes encontrados são extremamente fragmentados, ou se tratam de dentes isolados, se tratando em sua maioria de Abelisauridae, grupo este que conta com apenas duas espécies descritas no país, a saber: *Pycnonemosaurus nevesi* (KELLNER & CAMPOS, 2002) e *Thanos simonattoi* (DELCOURT, 2018)

Esse tópico, entretanto, é foco de grande controvérsia, pois a ausência dos Theropoda do registro fóssil da Bacia Bauru não necessariamente implica em sua exclusão por competição direta. Há duas possibilidades distintas, e igualmente razoáveis, quanto à baixa abundância de fósseis do grupo na Bacia Bauru. A primeira propõe que os Theropoda foram excluídos pelos Baurusuchidae por meio de competição direta pelo mesmo nicho (Figura 9).

A segunda teoria propõe a existência de um viés tafonômico, em que não há fósseis de Theropoda simplesmente porque estes não se preservaram. Em suporte a essa teoria há o fato de os espécimes encontrados e referidos ao grupo serem extremamente fragmentados, enquanto que os espécimes de Baurusuchidae se encontram, em alguns casos, até mesmo articulados, em nível de completude superior aos Theropoda (BANDEIRA et al., 2018; RIFF & KELLNER, 2011).



Figura 9 – Reconstrução artística representando a predação de um titanosauo juvenil por um indivíduo adulto de *Stratiotosuchus maxhechti* Campos, Suárez, Riff & Kellner, 2001. Arte por Maurílio Oliveira (Museu Nacional)

Objetivos

Por meio da caracterização isotópica, este trabalho pretendeu analisar essa questão, de modo a auxiliar na elucidação da controvérsia. Caso os perfis isotópicos de ambos os grupos (Baurusuchidae e Theropoda) não diferissem significativamente, isso seria indicativo que os grupos ocupavam nichos extremamente similares, ou seja, os animais competiam diretamente. Em caso de uma diferença significativa, seria indício de que haveria um artefato tafonômico afetando negativamente a preservação dos fósseis de Theropoda.

Foram submetidos à análise isotópica espécimes de ambos os táxons presentes na Bacia Bauru do sudeste brasileiro, nas Formações Adamantina e Marília. Para tanto, foram retiradas amostras dos restos fosfáticos dos espécimes constantes do acervo do Laboratório de

Paleontologia da universidade Federal de Uberlândia, bem como espécimes emprestados de outros institutos.

A análise isotópica permite que uma variada gama de perguntas seja respondida quanto aos espécimes em questão. Por meios dos perfis apresentados pelos organismos, podem ser avaliadas as dietas, nível de estresse hídrico a que os animais estavam submetidos, as condições paleoclimáticas, bem como a vegetação consumida pelos herbívoros, a despeito da ausência destas plantas no registro fóssil. Dadas as condições de aridez inferidas pelas análises estratigráficas e sedimentológicas, espera-se uma abundância de plantas C3.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo a caracterização isotópica dos dois principais grupos de animais carnívoros do ecossistema representado pela Bacia Bauru no Cretáceo Superior no Sudeste brasileiro, Formações Marília e Adamantina, Theropoda e Baurusuchidae, para dar subsídios de modo a explicar a abundância dos últimos e a escassez dos primeiros no registro fóssil em questão.

Considerações estratigráficas

O presente estudo teve por contexto geológico a Bacia Bauru (Figura 10), sobre a qual foi brevemente discutido acima. Os espécimes analisados são provenientes de duas importantes formações pertencentes à supracitada bacia, quais sejam: A formação Adamantina e a Formação Marília, ambas representativas do Cretáceo Superior do sudeste brasileiro.

A formação Adamantina compõe-se primariamente de arenitos vermelhos, e a granulometria dos sedimentos varia de fina a muito fina. A formação também conta com a existência de conglomerados intraformacionais, que são clastos, estes contemporâneos, os quais são unidos por meio de um cimento, formando uma estrutura sólida em determinado estrato. Esses conglomerados vão se interagindo com arenitos de granulometria fina a média, sendo que esta vai se tornando mais grossa à medida que se aproxima do topo (GOLDBERG & GARCIA, 2000; SUGUIO, 1980).

A formação Marília, por sua vez, tem por peculiaridade, o alto teor de cimento carbonático, dentre arenitos e siltitos. As rochas componentes da formação Marília são classificadas como litoarenito carbonático, ou seja, há em sua composição menos de 50% de carbonato. Seus conglomerados são primordialmente cimentados por CaCO₃ (calcrete), e secundariamente por SiO₂ (silcrete) (BATEZELI, 2003).

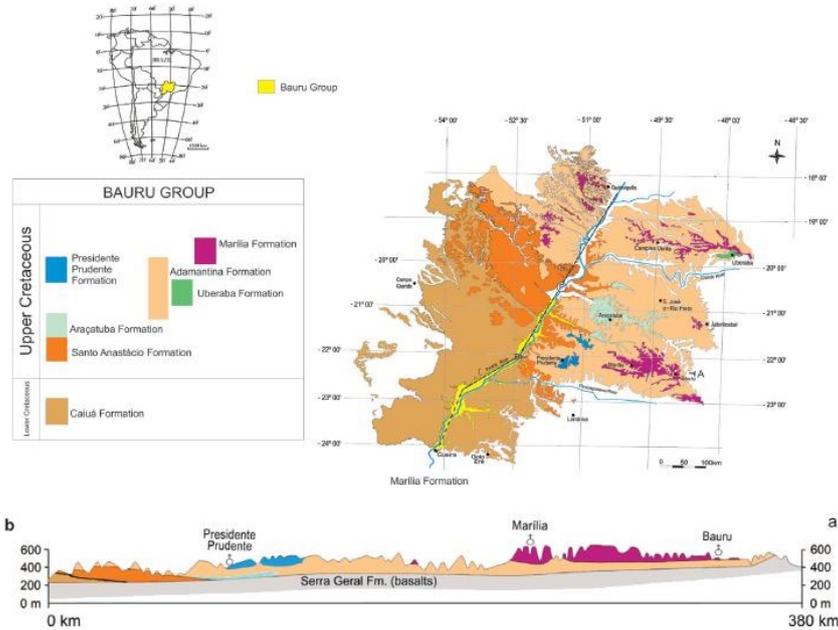


Figura 10 – Mapa esquemático demonstrando a extensão da Bacia Bauru, englobando os estados brasileiros de Minas gerais, Goiás, Mato grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná. A Bacia Bauru também contempla porções do Paraguai. Destaque para a Formação Adamantina, em bege, e para a formação Marília, em roxo. (retirado de BRUSATTE, CANDEIRO & SIMBRAS, 2017).

Geologia regional estratigrafia e paleoambientes

A Bacia Bauru representa o maior conjunto de rochas continentais cretácicas da América do Sul, ocupando grande parte do noroeste do Paraná, oeste do Mato Grosso do Sul, sul de Goiás, o planalto ocidental do estado de São Paulo, o Triângulo Mineiro e o nordeste paraguaio, em uma extensão de cerca de 370.000 Km² e espessura máxima de cerca de 300 metros (Fig. 11). Sendo uma bacia endorréica, isto é, sem qualquer influência marinha direta, é preenchida por rochas siliciclásticas continentais como arenitos, siltitos e argilitos, exibindo calcretização em certos níveis (FERNANDES & COIMBRA, 1996; BATEZELLI, 2015), e que se acumularam em contextos ambientais que variam de eólicos, aluviais, fluviais a lacustres (SOARES *et al.*, 1980; FERNANDES & COIMBRA, 1996; FERNANDES & COIMBRA, 2000; FERNANDES, 2004; FERNANDES & RIBEIRO, 2015).

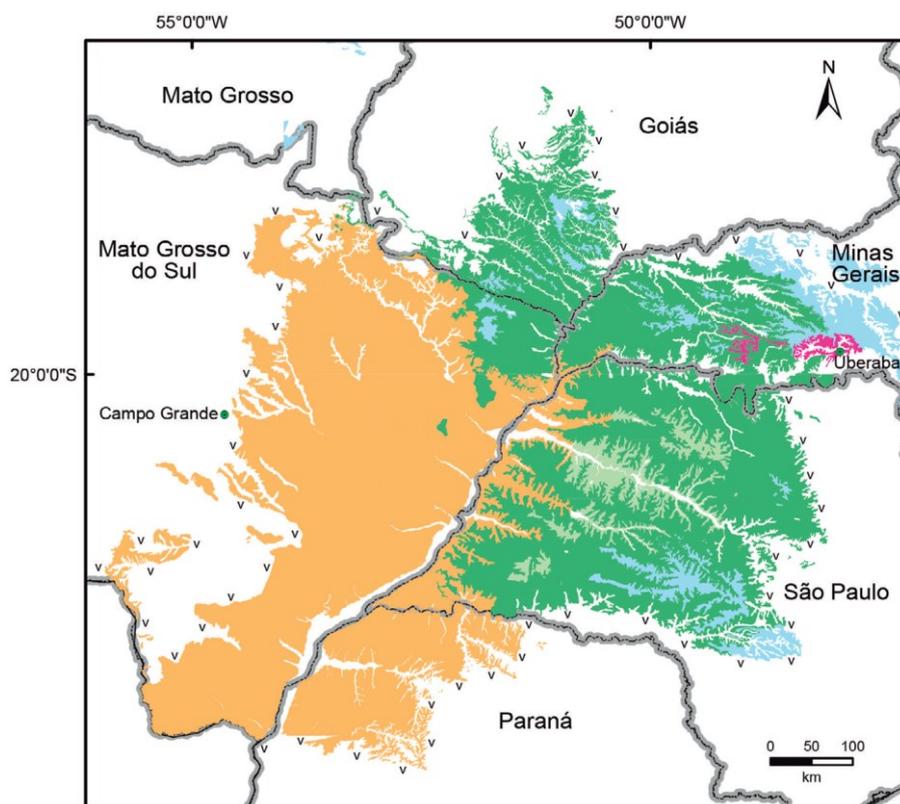


Figura 11 – Mapa geológico simplificado da Bacia Bauru. Modificado de Alessandretti et al (2020). Em azul claro: Formação Marília; em verde escuro: Formação Adamantina; em verde claro: Formação Araçatuba; em ciano: Formação Uberaba, estas representando o Cretáceo Superior, formando o Grupo Bauru. Em laranja: Grupo Caiuá; as letras V: Formação Serra-Geral, estas representando o Cretáceo Inferior.

Estes pacotes sedimentares como um todo foram inicialmente designados como "Grés de Bauru" ou Arenito Bauru (GONZAGA DE CAMPOS, 1905) e já vêm desta época os primeiros registros de seus fósseis (IHERING, 1911). A categorização formal dos sedimentos Bauru modificou-se posteriormente em diversos trabalhos que refinaram sua litologia e estratigrafia que lhe atribuíram o status de Formação (WASHBURNE, 1930; MEZZALIRA, 1974), Série (FREITAS, 1955) ou Grupo (Barbosa et al., 1970). Uma estabilidade na classificação litoestratigráfica foi alcançada apenas na década de 1980, a partir da contribuição de Soares et al. (1980) após o mapeamento da região sudoeste do estado de São Paulo, onde há maior representatividade das sucessões sedimentares e cujos afloramentos há mais tempo vêm sendo descritos e correlacionados.

A heterogeneidade local e regional desses sedimentos e o fato de estarem acessíveis em afloramentos desconectados entre si e distribuídos desigualmente por uma área tão extensa explica a maior parte das dificuldades de correlação enfrentada por geocientistas ao longo do século XX na sistematização desses depósitos a partir de percepções apenas regionais (ALMEIDA et al; 1981). A variedade de abordagens e interpretações levou FERNANDES (1992) a enquadrar a evolução do conhecimento sobre a bacia em quatro fases: pioneira, de caracterização, de mapeamentos litoestratigráfico e atual. No entanto, uma relação estratigráfica constante em toda a área deposicional fundamentou uma unidade a esses pacotes sedimentares: a sobreposição, com uma inconformidade erosiva, aos basaltos da Formação Serra Geral. Por isso tais depósitos são também conhecidos genericamente como Sequência Suprabasáltica Neocretácea (RICCOMINI, 1997; MILANI, 2004).

As rochas da Formação Serra Geral resultam de um dos maiores eventos magmáticos de fissura continental conhecidos, vinculado à ação da Pluma Mantélica de Tristão da Cunha, à fragmentação do Gondwana e a consequente abertura do Oceano Atlântico durante o Eocretáceo, e integram a Província Magmática Paraná-Etendeka, segunda maior província vulcânica continental do mundo. É formada por derrames de lavas predominantemente toleíticas (empobrecidas em óxidos alcalinos em proporção ao conteúdo de sílica), típicas das zonas de ascensão magmática, como as dorsais oceânicas e os rifts, e resfriadas como basaltos sub-alcalinos que recobrem uma área de 1.200.000 km² no sudeste da América do Sul (94% da província), com uma pequena parte (6% da província) no oeste de Angola e Namíbia (PEATE, 1997).

É comum a ocorrência de uma grande quantidade de corpos intrusivos (soleiras e diques) e derrames de lavas ácidas (riolitos e riodacitos) ocorrem subordinadamente no topo da sequência vulcânica no extremo sul do Brasil e no Uruguai. Esse magmatismo cobriu cerca de 75% da Bacia do Paraná e marcou o fim da sedimentação naquela antiga Bacia (MILANI et al, 2007). Nos estados de São Paulo e da Região Sul a Formação Serra Geral recobre principalmente os arenitos eólicos juro-cretácicos da Formação Botucatu da Bacia do Paraná (e localmente os sedimentos triássicos da formação Santa Maria em parte do RS), sendo que no Triângulo Mineiro e em Goiás os basaltos Serra Geral assentam-se principalmente sobre as rochas metamórficas proterozóicas dos grupos Araxá e Canastra (ASSINE et al. 2004; FAMELLI et al. 2021).

Os basaltos da Formação Serra Geral foram depositados em pulsos de efusão relativamente calmos e sucessivos que se estenderam por cerca de três milhões de anos, entre 135 e 132 milhões de anos atrás (Valanginiano a Hauteriviano), com intervalos marcados por

depósitos sedimentares eólicos acumulados entre camadas basálticas em algumas localidades (GOMES; VASCONCELOS, 2021).

A heterogeneidade arquitetural, morfológica e geoquímica das lavas tem levado a proposições estratigráficas que formalizam distintas litofácies e mesmo distintas formações, elevando à Grupo Serra Geral o conjunto sul-americano de derrames da Província Magmática Paraná-Etendeka (ROSSETI et al, 2018; FAMELLI et al. 2021).

A espessura destes derrames varia de cerca de 10 m desde as bordas de sua área de deposição (como no Triângulo Mineiro), aumentando em direção ao depocentro da Bacia do Paraná no sudoeste do estado de São Paulo e noroeste do estado do Paraná, onde o seu ponto de maior espessura atinge impressionantes 1.700 m no município de Cuiabá Paulista. A espessura total antes da erosão é estimada em 5.000 m próximo à costa atlântica e 3.000 m no interior do continente (HARTMANN, 2014).

Tal envergadura de derrames magmáticos acumulou ao menos 600.000 km³ de basaltos (90%), andesitos (7%) e rochas ácidas (3%), com um volume de magma para a toda a Província Paraná-Etendeka de pelo menos 1.700.000 km³ incluindo a porção africana, o embasamento de bacias submarinas e as intrusões (FRANK et al., 2009).

Esta enorme carga sobre a porção centro-sul da Plataforma Sul-Americana levou a um processo de subsidência termo-mecânica de toda a porção noroeste da Bacia do Paraná e áreas de entorno que culminou com a formação de um novo espaço de acomodação disponível para acumulação de sedimentos, cujo depocentro está localizado justamente onde a pilha vulcânica é mais espessa (RICCOMINI, 1997). Têm-se, portanto, o estabelecimento de uma nova bacia sedimentar que tem nos basaltos Serra Geral seu embasamento e que desde a década de 1990 é formalmente reconhecida como Bacia Bauru (FULFARO & BARCELOS, 1992; FERNANDES & COIMBRA, 1996).

O preenchimento da Bacia do Bauru ocorreu em duas fases principais, sendo a primeira em condições desérticas (trato fluvial-eólico) e a segunda com maior disponibilidade de água nos sistemas deposicionais, embora ainda sob clima semi-árido (tratos fluvial-lacustrino e aluvial). A primeira fase corresponde à erosão e soterramento progressivo do substrato basáltico por um extenso e homogêneo lençol arenoso (erg) dotado de dunas de tamanho moderado, megadunas (draa), loesses (depósitos eólicos interdunas maciços, siltosos e muito friáveis), wadis (fluxos de escoamento efêmeros) e paleossolos.

Em termos litoestratigráficos, o trato fluvial-eólico desértico compreende as formações Santo Anastácio (lençóis de areia pedogenizados com calcretes, aflorante no Mato Grosso do Sul e nas calhas de afluentes do Rio Paraná em São Paulo, no Pontal do Triângulo Mineiro e

no Paraná), Goio-Erê (depósitos eólicos periféricos, expostos no estado do Paraná) e Rio Paraná (zona central do erg, exposta nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul), agrupadas como Grupo Caiuá da Bacia Bauru (FRENANDES & COIMBRA, 1994; BATEZELLI, 2010).

O extenso e espesso paleossolo da Formação Santo Anastácio, rico em bioturbações, denota um considerável intervalo na deposição sedimentar e a exposição necessária para que os arenitos da Formação Santo Anastácio ficaram expostos a processos pedogenéticos (intemperismo químico, físico e biológico) capazes de gerar a formação do espesso manto de alteração observado (KRAUS, 1999). Este depósito denota, portanto o encerramento de um ciclo deposicional (o Grupo Caiuá), e informa acerca de uma mudança nas condições do ambiente sedimentar a partir da reestruturação tectônica da área, resultando em um balanço sedimentar neutro e formando uma superfície do tipo reliquiar estabilizada.

O registro fóssil do Grupo Caiuá é ainda escasso, com icnofósseis de dinossauros e mamíferos conhecidos a partir de um afloramento da Formação Rio Paraná localizado na Usina Porto Primavera na região de Pontal do Paranapanema, extremo oeste do estado de São Paulo (Fernandes et al, 2009) e afloramentos da mesma Formação Rio Paraná localizados no município de Cruzeiro do Oeste (PR) que preservaram uma bone-bed com pterossauros Tepejaridae, dinossauros Noasauridae e um lagarto acrodonte (Langer et al., 2019). Esse registro, especialmente os pterossauros afins à formas provenientes de depósitos bem datados da Formação Romualdo da Bacia do Araripe (CE), da Formação Jiufotang (China) e da Formação La Huérguina (Espanha), apontam para uma idade Aptiano-Albiano a Cenomaniano para a Formação Rio Paraná, e idade similar para os demais depósitos do Grupo Caiuá (BATEZELLI, 2015).

A transição de um ciclo de acomodação para um ciclo erosivo na bacia tem como causa última o soerguimento geral da região, este por sua vez causado pela passagem desta parte da litosfera sobre a Pluma Mantélica de Trindade. Esta pluma foi a principal força tectônica atuante no início do Cretáceo Superior sob o centro e o sudeste do Brasil, geradora de soerguimentos, exumação do embasamento pré-cambriano (Grupos Araxá e Canastra) e muitas intrusões alcalinas de magmas derivados do manto e formadores de rochas de interesse mineiro como kimberlitos, lamproítos e kamafigitos, concentradas em dois altos estruturais formados por esse levantamento: o Soerguimento do Alto Paranaíba e a Província Alcalina do Sul de Goiás (GIBSON et al, 1995).

O primeiro ciclo deposicional iniciado após a subsidência gerada no Cretáceo Inferior pelo acúmulo dos basaltos Serra Geral e marcado pelo contato discordante entre essas rochas

vulcânicas e as rochas sedimentares do Grupo Caiuá, ou inconformidade K-0 de BATEZELLI (2010), o segundo ciclo terá início após novo tectonismo. Este, do início do Cretáceo Superior, que levam a novo processo de abatimento e geração de espaço de acomodação, pois um reflexo do soerguimento provocado pela Pluma de Trindade é a subsequente subsidência flexural que gerou um novo espaço de acomodação disponível e um deslocamento, de sul para norte, do eixo deposicional da Bacia Bauru. Os citados altos estruturais passam a representar o limite setentrional da Bacia Bauru e forneceram grande parte dos sedimentos acumulados em um segundo grande ciclo deposicional da Bacia Bauru, posterior ao do Grupo Caiuá, e denominado Grupo Bauru (FERNANDES; COIMBRA, 1996; BATEZELLI, 2010, 2015). Ao sul, o Grupo Bauru torna-se limitado pelo Lineamento do Rio Paranapanema, com seus sedimentos não alcançando o estado do Paraná. Os depósitos do Grupo Bauru, de origens não mais desérticas, mas fluviais, lacustres e aluviais (ainda que em ambiente semi-árido), repousarão em parte de sua extensão sobre rochas sedimentares já há muito consolidadas do Grupo Caiuá em um segundo contato discordante, a inconformidade K-1 de Batezelli (2010), mas também diretamente sobre os basaltos Serra Geral (Figura 12).

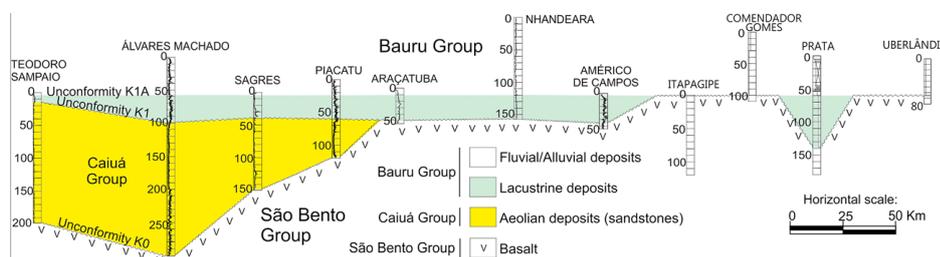


Figura 12 - Seção estratigráfica de subsuperfície entre os municípios de Teodoro Sampaio (SP) e Uberlândia (MG) simplificada, ressaltando a disposição lateral e vertical do trato fluvial-eólico (Grupo Caiuá) e do trato fluvial-lacustrino e aluvial (Grupo Bauru) neste recorte da Bacia Bauru, bem como as inconformidades que delimitam estes tratos (K-0, K-1 e K-1A). As colunas representam perfis de raio gama de poços tubulares profundos locais. Retirado de BATEZELLI (2015).

Os sedimentos que se acumularam sobre a inconformidade K-1 (sequências Bauru) foram depositados sob regimes com muito mais água disponível do que aqueles do primeiro ciclo deposicional da Bacia Bauru, entre as inconformidades K-0 e K-1 (sequências Caiuá). Esse segundo ciclo deposicional, estratigraficamente denominado como Grupo Bauru, é o mais bem estudado e prospectado da bacia e, ao mesmo tempo, o conjunto de rochas com maiores dissidências quanto à sua sub-divisão e correlação. Suas fácies lacustres, fluviais e aluviais acumuladas sob clima semi-árido, compõem as diversas formações do Grupo Bauru:

formações Araçatuba, Adamantina, Uberaba, Marília, e outras ainda não consensualmente adotadas pelos geocientistas (Soares et al., 1980; Fernandes & Coimbra, 1996; BATEZELLI, 2010, 2015; FERNANDES & RIBEIRO, 2015 ; MENEGAZZO et al., 2016 ; SOARES et al., 2021).

Fernandes & Coimbra (1996), ao formalizaram o embaciamento das sequências suprabasálticas Bauru como uma bacia distinta da Bacia do Paraná, estabeleceram o Grupo Caiuá, apresentado acima, e o Grupo Bauru com as formações Marília, Uberaba, Adamantina e os Analcimitos Taiúva (rochas efusivas alcalinas intercaladas na formação Adamantina).

A modificação posterior mais significativa neste arranjo do Grupo Bauru refere-se à formação Adamantina, cujas fácies são elevadas à categoria de formação (FERNANDES & COIMBRA, 2000; FERNANDES, 2004). Assim, é sugerido o desmembramento da formação Adamantina em quatro distintas formações: Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto e Presidente Prudente. Este arranjo, no entanto, não é uma unanimidade entre os geólogos, com muitos admitindo apenas a elevação da fácies Araçatuba como uma formação distinta, mantendo as demais como formação Adamantina indivisa (p. ex.: BATEZELLI, 2003 ; BATEZELLI *et al.*, 2003 ; PAULA E SILVA *et al.*, 2009).

De fato, a unidade Araçatuba já havia sido diferenciada como um membro da formação Adamantina por Barcelos (1984) e como uma formação distinta por Suguio (1980). Neste trabalho será considerada a divisão estratigráfica em quatro formações (Araçatuba, Adamantina, Uberaba e Marília) conforme descritas e correlacionadas por Batezzeli (2010, 2015) e Batezzeli & Ladeira (2016), ilustrada na figura 13.

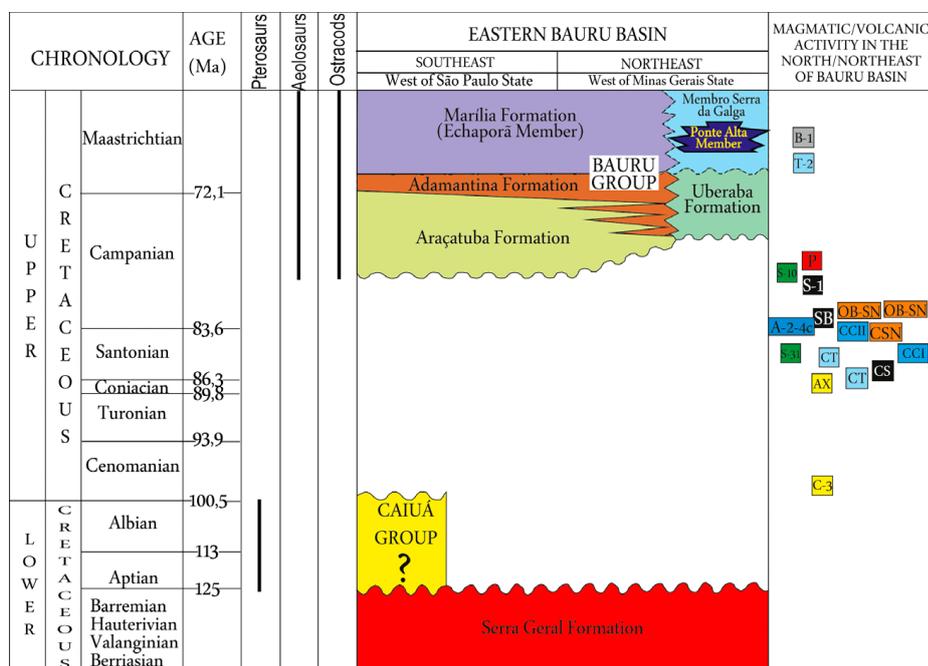


Figura 13 - Carta cronoestratigráfica das seqüências suprabasálticas Bauru, com destaque para o Grupo Bauru. A coluna à esquerda apresenta idades absolutas potássio-argônio da cristalização de rochas do Soerguimento do Alto Paranaíba e idades absolutas rubídio-estrôncio da Província Alcalina do Sul de Goiás. Extraído de Batezelli (2015).

Os siltitos esverdeados frequentemente carbonatados da Formação Araçatuba, assentados sobre os arenitos da Formação Santo Anastácio (conformando com esta a inconformidade K-1) representam a unidade basal do Grupo Bauru e o primeiro testemunho de uma ampliação da área de acomodação concomitante à diminuição do fluxo de sedimentação (alta razão Acomodação/Sedimentação). Suas características demonstram que o ambiente deposicional da Formação Araçatuba foi tipicamente lacustre/paludal, ocupando uma área de ao menos 60.000 Km², com exposições restritas ao oeste do estado de São Paulo concentradas ao longo dos vales dos rios Tietê, Aguapéi (ou Feio) e do Peixe e com ocorrência mais setentrional na região de Jales (SP) e espessura média aflorante em torno de 30 metros (BATEZELLI et al, 2003).

A Formação Araçatuba representa o acúmulo sedimentar de um ambiente deposicional similar ao do atual Pantanal Mato-grossense (FERNANDES et al, 2003). O registro fóssil da formação Araçatuba inclui a forma mais antiga de um crocodyliforme Sphagesauria da Bacia Bauru, ovos associados a outros Crocodyliformes Notosuchia, bem como quelônio

Podocnemidinura, peixes Amiidae, ostracodes, conchostráceos, pólenes de angiospermas e gimnospermas, esporos de pteridófitas terrestres e aquáticas e algas carófitas (PINHEIRO *et al.*, 2018 ; RIBEIRO *et al.*, 2006; NAVA *et al.*, 2021 ; GOBBO-RODRIGUES *et al.* 1999 a; CARBONARO *et al.*, 2013 , LIMA *et al.*, 1986) os quais apontam para uma idade Coniaciano-Santoniano (ou entre 86 e 83 Ma) para a Formação Araçatuba (MENEGAZZO *et al.*, 2016).

Sobrepondo-se em contrato gradacional à Formação Araçatuba no estado de São Paulo, e discordantemente sobre os basaltos da Formação Serra Geral em partes do oeste paulista e no Triângulo Mineiro, ocorrem sedimentos de maior granulometria, principalmente arenitos avermelhados finos a médios com eventuais clastos de argilas e intercalações lamíticas que atestam uma alteração nos regimes deposicionais regionais. Esses depósitos contemporâneos entre si, estratigraficamente denominados como formações Adamantina e Uberaba, representam um trato fluvial formado por canais amalgamados de baixa sinuosidade (Formação Uberaba) e por complexos de canais em extensa planície de espraiamento com influência eólica (Formação Adamantina) (SOARES *et al.*, 1980; FERNANDES & COIMBRA, 1996; GOLDBERG; GARCIA, 2000).

Ambos resultam de uma diminuição na razão Acomodação/Sedimentação na bacia pela maior disponibilidade de sedimentos advindos de norte e nordeste a partir da anterior elevação do Soerguimento do Alto Paranaíba e da Província Alcalina de Goiás (Batezzeli, 2010, 2015), bem como pela maior disponibilidade de água no sistema, dado que o período de deposição das formações Adamantina e Marília aparenta ser o de clima mais ameno na história da Bacia Bauru, ainda que semi-árido (SGARBI; DARDENNE, 1996), e que resultaram na colmatação do nível de base lacustre anterior.

Enquanto as exposições da Formação Uberaba restringem-se à área e imediações do município homônimo, a Formação Adamantina é o depósito de maior extensão lateral do Grupo Bauru, ocorrendo em grande parte do Triângulo Mineiro a oeste de Uberlândia, no oeste paulista, sudoeste goiano e leste do Mato Grosso do Sul. Parte dos fósseis coletados para o presente estudo deriva da Formação Adamantina exposta nos municípios de Prata e Gurinhatã (Figura 14).



Figura 14 - Afloramento da formação Adamantina às margens da BR-364 no município de Campina Verde, próximo à divisa com o município de Gurinhatã (Fazenda Inhumas, 19°20'40.80"S, 49°55'11.00"O). Ao fundo notam-se os planaltos sustentados pelo membro Echaporã da formação Marília, sobrepostos à formação Adamantina. No centro o estudante João Alberto Ferreira Matos (egresso INBIO-UFU).

O registro fóssil da Formação Adamantina é bastante expressivo, contando com uma diversidade que inclui ostracodes, conchostráceos, gastrópodes, bivalves, diversos grupos de peixes actinoptérígios, anuros, quelônios Podocnemidina, crocodylíformes Peirosauridae, Sphagesauridae, Baurusuchidae e outros Notosuchia, dinossauros Theropoda dos grupos Abelisauroida e Maniraptoriformes e Sauropoda do grupo dos Titanosauria, lagartos, serpentes, aves e mamíferos (BERTINI *et al.* 1993 ; GOBBO-RODRIGUES *et al.*, 1999a, 1999b ; DIAS-BRITO *et al.*, 2001 ; ALVARENGA & NAVA 2005 ; SANTUCCI & ARRUDA-CAMPOS 2011 ; NAVA; MARTINELLI, 2011 ; GHILARDI *et al.*, 2011; RIFF *et al.* 2012 ; MARINHO *et al.* 2013 ; GODOY *et al.* 2014 ; MARTINELLI; TEIXEIRA, 2015 ; FRANÇA *et al.*, 2016 ; CASTRO *et al.* 2018 ; DELCOURT *et al.* 2020 ; CIDADE *et al.*, 2022).

Os fósseis mais correlacionáveis continental e globalmente, como ostracodes, crocodylíformes e saurópodes apontam para uma idade Campaniana a Maastrichtiana para a Formação Adamantina (GEROTO; BERTINI, 2019), com uma datação absoluta urânio-chumbo obtida a partir de zircões presentes nos arenitos da Formação Adamantina no município de General Salgado (SP) corroborando para tal idade, pois asseguram uma idade máxima de 87.782 ± 0.062 Ma (pós-Turoniana) para este depósito (CASTRO *et al.* 2018).

Outra importante mudança na razão Acomodação/Sedimentação na bacia ocorreu entre o final do Campaniano e início do Maastrichtiano, gerando a inconformidade K-1A de

BATEZELLI (2010). Essa inconformidade regional forma a base do último evento de deposição generalizada da Bacia Bauru e a mais espessa de todas as sequências do Grupo Bauru, a Formação Marília. Seu acúmulo denota uma abrupta mudança nos regimes deposicionais governantes, que passam de fluviais para aluviais e registram um incremento ainda maior da disponibilidade de sedimentos mais grossos, na capacidade de carreamento destes e uma maior proximidade das áreas fontes. Os depósitos de canais cascalhosos e arenosos fortemente carbonatados da Formação Marília ocorrentes nos estados de São Paulo, Goiás e em grande parte do Triângulo Mineiro indicam uma sedimentação episódica em um regime de enxurradas associada com fluxos confinados em zonas proximais de sistemas de canais entrelaçados de rios efêmeros sobre lençóis de areia eólica e influenciada pela sazonalidade de um clima árido, cuja energia diminuía de forma gradual e dava lugar a períodos estáveis nos quais uma extensa ocorrência de pedogenização, com paleossolos representando até 65% da espessura da Formação Marília. (SOARES et al., 1980; FERNANDES & COIMBRA, 1996; BATEZELLI, 2015).

A Formação Marília, em linhas gerais, é uma unidade composta por arenitos finos a grossos, com intercalações conglomeráticas e de finos na forma de ciclos granodecrescentes e granocrescentes, cimentados por carbonato de cálcio, e que se desenvolveu como o acúmulo progradacional de um sistema aluvial dominado por rios entrelaçados e retrabalhamento eólico, com períodos de não-deposição (FERNANDES & COIMBRA, 2000 ; BATEZELLI, 2015). Nesses intervalos deposicionais uma intensa pedogênese alterou os sedimentos nas planícies de inundação disponíveis à colonização orgânica e incrementou a permeabilidade e circulação de águas vadasas e de lençóis freáticos rasos saturadas com carbonato de cálcio (MANZINI, 1999; DAL' BÓ et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2017).

Os paleossolos caracterizados por horizontes argilosos e carbonáticos constituem a principal origem dos calcretes típicos da Formação Marília, e principais elementos de sustentação dos planaltos escarpados e digitiformes, destacados na paisagem regional pelo fenômeno da inversão de relevo (FERNANDES, 2010; FERNANDES & RIBEIRO, 2015). Com um aumento da aridez em relação ao período de deposição da Formação Adamantina denotado pela elevada calcretização dos sedimentos da Formação Marília e por típicas alterações minerais diagnósticas de climas áridos, tem sido sugeridos como análogos atuais desta última os ambientes deposicionais encontrados no deserto de Kalahari, na República da África do Sul, e em regiões áridas no alto vale de Tulum, norte de San Juan, Argentina (BASILICI et al, 2012).

A Formação Marília foi subdivida por Barcelos (1984) em três membros: Ponte Alta, Serra da Galga e Echaporã. Os dois primeiros afloram na porção mais oriental do Triângulo Mineiro (Depressão de Uberaba), enquanto o Membro Echaporã está presente na porção oeste da região (Depressão de Gurinhatã), e nos estados de São Paulo e Goiás. Recentemente, Soares et al. (2021) apresentaram um novo arranjo estratigráfico no qual propõe que os Membros Serra da Galga e Ponte Alta sejam agrupados sob uma nova formação sem distinção categórica como membros e ali denominada Formação Serra da Galga, lateralmente contínua a Formação Marília ali restrita aos depósitos Echaporã.

Os proponentes sustentam a distinção da clássica Formação Marília, que contaria apenas com os depósitos Echaporã, a partir de diferenças na litologia (maior presença de finos da Formação Serra da Galga), na organização estratigráfica (alternância cíclica entre lençóis de areias, canais efêmeros e paleossolos para os depósitos Echaporã, e uma sucessão mais complexa para os mesmos litótipos, nos depósitos Serra da Galga), nos ambientes deposicionais inferidos (sistema fluvial distributivo proximal para os estratos Serra da Galga e distal para os depósitos Echaporã) e na bioestratigrafia (conteúdo fóssilífero mais rico nos depósitos Serra da Galga, contando com o bivalve *Anodontites* como único gênero compartilhado com os depósitos Echaporã).

Considerando que os autores não reconhecem um contato que estabeleça um limite lateral para a nova Formação Serra da Galga em relação aos depósitos Echaporã e considerando que o conteúdo fóssilífero do Membro Echaporã reputado como escasso por Soares et al. (2021) justamente têm sido ampliado pelos esforços recentes (ver abaixo), mantém-se aqui uma adesão à clássica proposição litoestratigráfica de Barcelos (1984) para a Formação Marília, composta por membros Serra da Galga, Ponte Alta e Echaporã.

A Formação Marília é, até o momento, a unidade mais fóssilífera de toda a Bacia Bauru, com seu conteúdo fóssil sendo proveniente principalmente de afloramentos do Membro Serra da Galga no município de Uberaba e proximidades, especialmente aqueles localizados às margens da BR-050 e no distrito de Peirópolis (RIBEIRO & CARVALHO, 2009; PEYERL et al. 2015). Dessas localidades provêm restos de carófitas, pterófitas, bivalves, peixes actinoptérgios, anuros, quelônios, lepidossauros, crocodiliformes e dinossauros saurópodes e terópodes, além de um rico registro icnológico e microfossilífero (carófitas e Ostracoda), os quais permitiram diferenciar temporalmente a Formação Marília de outros depósitos cretácicos brasileiros (como as bacias da Depressão Afro-Brasileira), correlacioná-la com andares cretácicos bem datados no Brasil (nas bacias de Campos e

Santos), na Argentina (na Bacia de Neuquén) e África (na Bacia do Congo) e, por fim, posicioná-la consensualmente no estágio Maastrichtiano do Cretáceo Superior (GOBBO-RODRIGUES et al. 2000; DIAS-BRITO et al. 2001; GOBBO-RODRIGUES, 2001; SANTUCCI & BERTINI, 2001; MENEGAZZO et al., 2016; GOBBO & BERTINI, 2017).

Bonaparte (1978) e Candeiro et al. (2018) registram pequenos fragmentos ósseos e dentes atribuídos a dinossauros sauropódes, crocodiliformes e quelônios em localidades de Goiás onde são reconhecidas exposições atualmente interpretadas como do Membro Echaporã da Formação Marília. Recentes descobertas de fósseis no Membro Echaporã no oeste do Triângulo Mineiro ampliaram o registro conhecido para a Formação Marília, a coleta de esqueletos parciais de dinossauros Titanosauridae (Sauropoda) ainda inéditos em um afloramento do Membro Echaporã no município de Campina Verde (Figura 15) e em outros afloramentos da mesma unidade entre os municípios de Campina Verde e Gurinhatã (RIFF et al., 2013, CORREIA et al., 2017), pegadas associadas a pequenos dinossauros terópodes no município de Gurinhatã, em níveis finos raramente documentados do Membro Echaporã (RIFF et al., 2018), um cone atribuído a Araucariaceae proveniente da mesma área e depósito (LOPES RODRIGUES et al., 2018) e rica icnogenese (MINEIRO et al., 2017; NASCIMENTO et al., 2017b). Estes achados ressignificaram o último e derradeiro evento deposicional da Bacia Bauru, de unidade afossilífera como até recentemente foi percebido, para uma importante janela de reconstituição do último andar do Cretáceo continental no Brasil.

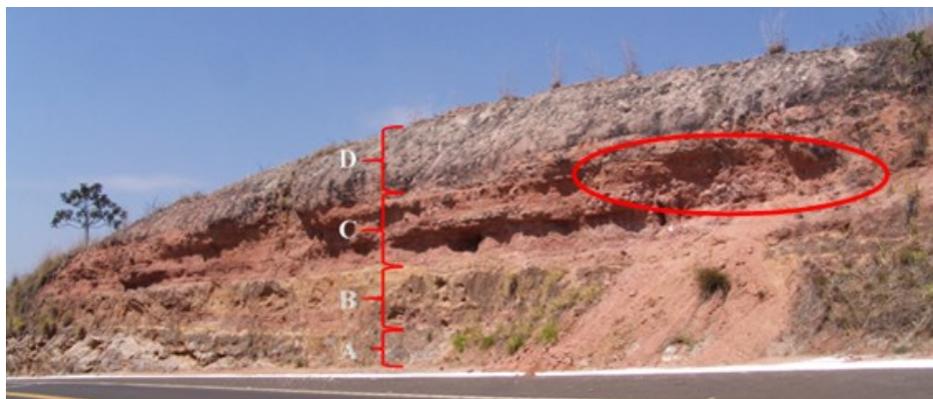


Figura 15 - Afloramento do Membro Echaporã da Formação Marília às margens da BR-364 no município de Campina Verde. A elipse indica nível e ponto de coleta de fósseis de Titanosauria. Este afloramento expõe quatro associações de fácies bem delimitadas, demarcadas com chaves vermelhas: basal, ao nível da pista, formada por arenito carbonatado de coloração branca, com alteração pedogenética associada a hidromorfia e depositado sob clima árido (A), um arenito fino de coloração amarela bastante friável, representando um paleossolo alterado depositado sob clima úmido (B), um arenito rico em bioturbações com que percolaram carbonatos precipitados sob um clima de crescente aridez, portando níveis conglomeráticos subordinados (C) e outro nível com arenito carbonatado de coloração branca, com alteração pedogenética associada a hidromorfia (D), denotando o retorno às condições de aridez já registradas no nível A. A altura máxima da seção na imagem é de 6,5m.

Materiais e métodos

Por se tratar o presente trabalho da caracterização isotópica da fauna vertebrada da Bacia Bauru no sudeste brasileiro, uma grande variedade de grupos está representada. Os espécimes submetidos à análise se encontram, em sua maioria, catalogados junto ao acervo do Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal de Uberlândia, o qual se especializa, dentre outras capacidades, no estudo da fauna vertebrada do Cretáceo, período este grandemente representado no Brasil pela Bacia Bauru.

No tocante aos grupos de animais vertebrados efetivamente presentes no acervo do Laboratório de Paleontologia da UFU, se destacam: Peixes, cujos centros vertebrais e fragmentos ósseos são bastante abundantes durante as expedições a campo, desta forma se tratando de um material razoavelmente disponível para procedimentos destrutivos. Outro grupo bastante presente nos afloramentos cretácicos na região sudeste do estado de Minas Gerais, são os répteis da ordem Testudines, no caso específico, representados pelas tartarugas.

O acervo conta com diversos fragmentos da carapaça dorsal, bem como do plastrão, sua parte ventral, os quais podem ser, de igual forma, submetidos a procedimentos destrutivos.

Ademais, há no acervo, fósseis de maior raridade no concernente a restos fosfáticos (ossos e dentes) de fauna extinta. Há materiais pertencentes ao clado Dinosauria, especificamente Theropoda (Abelisauridae) e Sauropoda (Titanosauria). Desses dois grupos, há principalmente dentes de Titanosauria, os quais apresentam a morfologia típica do grupo, sendo alongados, cilíndricos e sem serrilhamentos, ideais para coleta dos alimentos que compõem sua dieta herbívora, e não seu processamento, além de outros fragmentos de ossos, e mesmo materiais mais completos, como partes do esqueleto apendicular e axial.

Apesar de menos abundantes, tanto no acervo quanto no próprio registro fóssil da Bacia Bauru no Sudeste, a coleção conta também com alguns dentes de Theropoda, bem como fragmentos de ossos ainda não formalmente descritos, mas identificáveis ao grupo. Outro grupo bastante presente no registro fóssil, de forma mais pervasiva que os Theropoda, são os Baurusuchidae, Crocodylomorpha carnívoros que apresentam morfologia especializada para a vida terrestre. O acervo conta, inclusive com um espécime que apresenta excelente nível de preservação, sendo o espécime articulado, ou seja, está em posição de morte. Os referidos fósseis de maior raridade, embora menos disponíveis, puderam ter fragmentos subtraídos para serem utilizados como amostra sem danificar sua estrutura de forma irreparável, sem detrimento a sua descrição formal.

Os espécimes em questão foram submetidos à Espectrometria de Massa, de modo que foram quantificadas as razões isotópicas em questão nos restos fosfáticos. Muito embora se trate de um procedimento destrutivo, as quantidades necessárias para as amostras não são significativas o bastante para inviabilizar outros estudos e procedimentos que possam, porventura, ser realizados com os espécimes.

Para a realização do procedimento, foi utilizado o Espectrômetro de Massa Delta V Advantage - Thermo Fisher Scientific. As amostras foram preparadas por meio do Preparador de Gases GasBench II - Thermo Fisher Scientific. Conforme nota emitida pelo Instituto Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (Instituto Lamir), associado à Universidade Federal do Paraná, o qual realizou os procedimentos. Os carbonatos presentes nas amostras foram submetidos a uma digestão através do uso de ácido ortofosfórico a uma temperatura de 72°C.

Muito embora, dentre os restos fosfáticos, os dentes sejam os materiais ideais para serem submetidos à espectrometria de massa, pelo fato de seus cristais de hidroxiapatita possuírem maior densidade em seus cristais, nos grupos em que não há disponibilidade, ou

mesmo possibilidade (Testudines), demais fragmentos ósseos são utilizados. No entanto, por se tratar de materiais mais abundantes, maior quantidade de material pode ser enviada como amostra, o que diminui a possibilidade de enviesamento dos resultados devido a fatores diagenéticos.

Foram extraídas as concentrações isotópicas do Oxigênio de massa 18 e Carbono de massa 13. Os citados isótopos são primordiais para a inferência de hábitos alimentares, condições climáticas, bem como o tipo de vegetação com a qual os animais interagem com maior frequência, e mesmo, em casos específicos o quanto esses animais estavam submetidos a estresse hídrico.

Uma vez de posse dos valores das concentrações dos isótopos em questão, as devidas comparações foram feitas. O teste estatístico não paramétrico Kruskal-Wallis foi realizado de modo a verificar se as concentrações dos referidos elementos são significativamente diferentes entre os clados.

Presume-se que o perfil isotópico de ambos os grupos dê suporte a uma ou outra das teorias propostas. Uma estabelece que os Theropoda foram excluídos do ambiente devido à competição direta com os Baurusuchidae, enquanto que a outra propõe que há um viés tafonômico envolvido, há menos Theropoda no registro fóssil pois menos indivíduos se fossilizaram.

Análise dos isótopos estáveis

A razão isotópica das amostras é obtida por meio da fórmula $\delta = [(Ramostra/Rpadrão)-1] \times 1000$, onde δ (delta) é expresso em per mil (‰). Ramostra é obtido através do resultado da razão entre o isótopo pesado e o isótopo leve. Rpadrão é um valor isotópico padronizado, e será diferente a depender do elemento a ser analisado. No caso do Carbono, utiliza-se o padrão Vienna Pee Dee Belemnite (VPDB), enquanto que para o oxigênio, é utilizado o padrão Standard Mean Ocean Water (SMOW).

Como o resultado desta razão é número extremamente pequeno, o mesmo é então multiplicado por 1000. Caso o valor de delta seja menor que zero ($\delta < 0$), o material estudado encontra-se empobrecido naquele isótopo pesado, do contrário ($\delta > 0$), a amostra se encontra enriquecida naquele isótopo, em ambos os casos, a referência é o padrão (VPDB e SMOW). (HOEFS, 2009).

Coleta das amostras

Foram colhidas 11 amostras provenientes grupos taxonômicos discutidos neste trabalho: Theropoda (Abelisauridae) e crocodyliformes (Baurusuchidae). A colhida das amostras foi realizada conforme orientação técnica por parte do Instituto Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (Instituto Lamir), o qual é vinculado ao setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná. Assim, de cada espécime individual, foi retirada uma amostra de cerca de um grama, esta pesada em uma balança de precisão. Cada análise individual requer cerca de 0,7 grama de amostra, porém, de modo a ser assegurada uma margem em caso de imprevisto, optou-se pela quantidade 1 grama por amostra.

Por se tratar de um procedimento destrutivo, executado pelo uso de uma serra, os espécimes utilizados foram rigorosamente selecionados, e nenhuma estrutura diagnóstica foi danificada durante a retirada. Com a finalidade de evitar incorrer em erro de pseudoreplicação, e garantir a independência de cada réplica, apenas uma amostra foi retirada por espécime. Durante os procedimentos de retirada do material, também foi observada a presença de substâncias contaminantes, como cola e paralóide. Nos casos em que não foi possível evitar os contaminantes, os mesmos foram removidos por meio da aplicação de acetona sobre o material.

Após a coleta de cada uma das amostras, as mesmas foram devidamente etiquetadas conforme o registro sob um número de tombo, seja este junto ao Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal de Uberlândia, ou da instituição de onde aquele determinado espécime é proveniente. O material foi então acondicionado em recipientes plásticos (eppendorf). Os próprios recipientes também foram identificados, por meio de caneta específica, conforme a etiqueta do material nele contido.

No total, foram coletadas 6 amostras em materiais pertencentes a Baurusuchidae, 5 em materiais provenientes do grupo Theropoda. Em todos os casos trata-se de dentes. Dessa maneira, as amostras foram retiradas da base de cada espécime, sendo assim preservada a porção apical dos dentes, sem prejuízo das estruturas diagnósticas ali presentes.

CLADO	TOMBO	ESTRUTURA
ABELISAUURIDAE	MBC-11-PV	DENTE
ABELISAUURIDAE	MBC-15-PV	DENTE
ABELISAUURIDAE	MBC-18-PV	DENTE

ABELISAUURIDAE	MBC-21-PV	DENTE
ABELISAUURIDAE	MBC-80-PV	DENTE
BAURUSUCHIDAE	MBC-04-PV	DENTE
BAURUSUCHIDAE	MBC-06-PV	DENTE
BAURUSUCHIDAE	MBC-10-PV	DENTE
BAURUSUCHIDAE	MBC-70-PV	DENTE
BAURUSUCHIDAE	MN5027-V	DENTE
BAURUSUCHIDAE	MCT1477-R	DENTE

Tabela 1 – Lista dos espécimes coletados, bem como seus números de registro junto ao livro de tombo.

Os espécimes referidos a Theropoda não estão identificados no nível de espécie, mas são referidos ao grupo Abelisauridae. Porém, possuem alto grau de preservação, conservando ainda o esmalte. Dentre os baurusuchidae, três espécimes encontram-se formalmente descritos, a saber: *Pissarrachampsia sera* (MBC-70-PV), *Baurusuchus pachecoi* (MN5027-V) e *Stratiosuchus maxhechti* (MCT1477-R).



Figura 16 - Espécime MBC-11-PV (theropoda) em vistas: labial (A), Lingual (B), Mesial (C), Distal (D) e Basal (E).

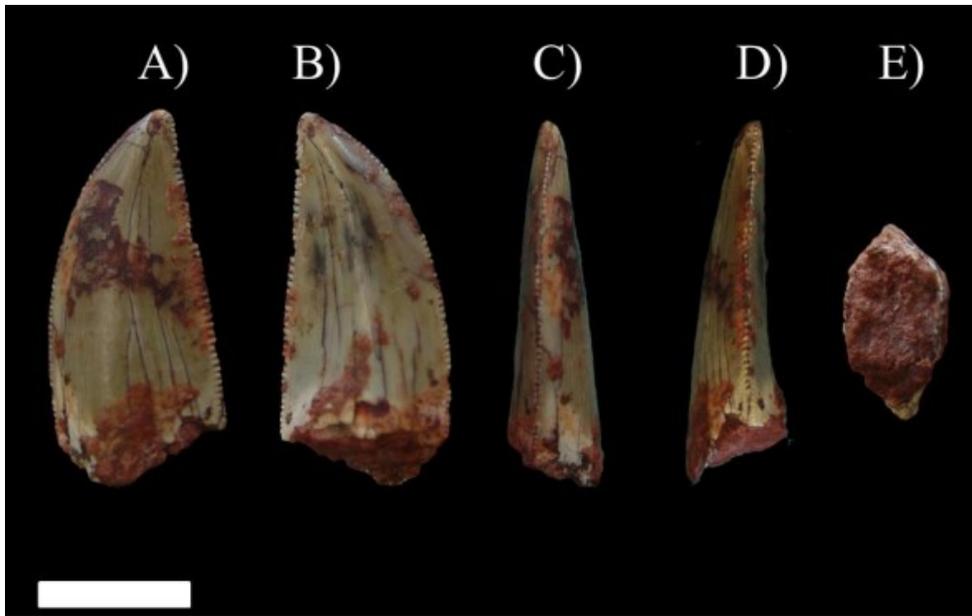


Figura 17 - espécime MBC-18-PV (theropoda) em vistas: labial (A), Lingual (B), Mesial (C), Distal (D) e Basal (E).



Figura 18 - espécime MBC-06-PV (baurusuchidae) em vistas: labial (A), Lingual (B), Mesial (C), Distal (D) e Basal (E).

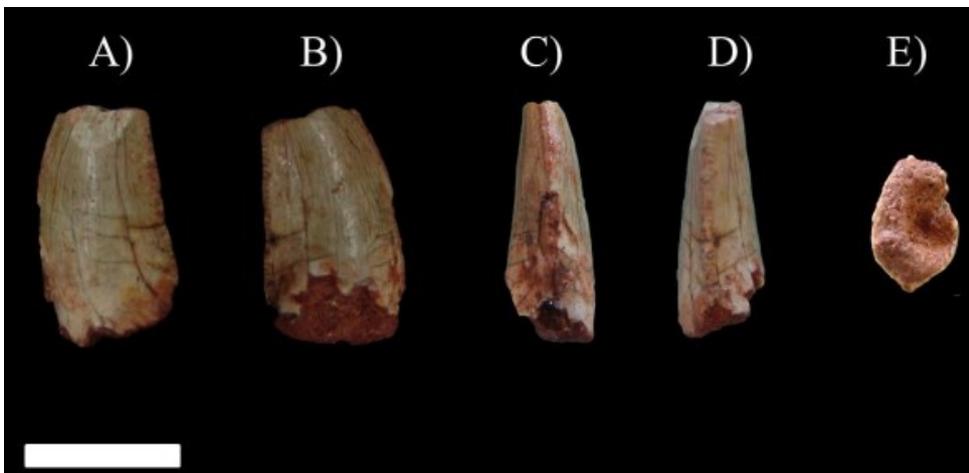


Figura 19 - espécime MBC-10-PV (baurusuchidae) em vistas: labial (A), Lingual (B), Mesial (C), Distal (D) e Basal (E).

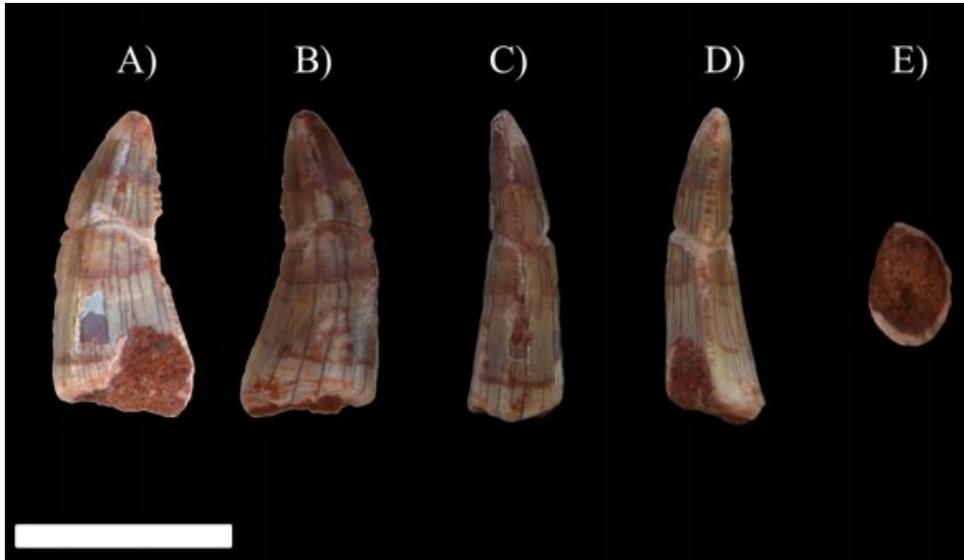


Figura 20 - espécime MBC-04-PV (baurusuchidae) em vistas: labial (A), Lingual (B), Mesial (C), Distal (D) e Basal (E).



Figura 21 – Espécime MN5027-V, holótipo do baurusuquideo *Stratiotosuchus maxhechti*.



Figura 22 – Espécime MBC-70-PV, *Pissarrachampsia sera* em vista lateral direita(escala:10 cm)

Resultados

Dados isotópicos

Amostra	$\delta^{13}\text{C}$ (VPBD)	$\delta^{18}\text{O}$ (VSMOW)	Táxon	Formação
MBC-11-PV	-7.28	24.06	Abelisauridae	Marília
MBC-15-PV	-8.71	22.86	Abelisauridae	Marília
MBC-18-PV	-7.32	22.31	Abelisauridae	Adamantina
MBC-21-PV	-8.14	22.70	Abelisauridae	Marília
MBC-80-PV	-8.35	23.36	Abelisauridae	Marília
MBC-04-PV	-6.02	24.31	Baurusuchidae	Adamantina
MBC-06-PV	-6.86	24.83	Baurusuchidae	Adamantina
MBC-10-PV	-7.76	23.13	Baurusuchidae	Adamantina
MBC-70-PV	-6.74	21.27	Baurusuchidae	Adamantina
MN5027-V	-3.94	23.62	Baurusuchidae	Adamantina
MCT1477-R	-5.19	22.16	Baurusuchidae	Adamantina

Tabela 2– Razões isotópicas dos espécimes estudados.

Testes estatísticos ($\delta^{13}C$)

As razões isotópicas ($\delta^{13}C$) pertencentes aos clados Baurusuchidae e Theropoda, obtidas por meio da espectrometria de massa, foram submetidas ao teste estatístico não paramétrico Kruskal-Wallis, o qual é equivalente ao teste não paramétrico Mann-Whitney para duas amostras, por meio do software R. Inicialmente, foram submetidos ao teste os dados isotópicos obtidos neste trabalho, sendo eles provenientes de 6 espécimes de Baurusuchidae e 5 espécimes de Theropoda.

Uma vez aplicado o teste, em nível de significância de 95%, foi rejeitada a hipótese nula, ou seja, existe diferença significativa entre as médias dos dois grupos testados ($p = 0.01762$). A diferença constatada é acentuada o bastante para ser visualizada em gráfico (figura 23)

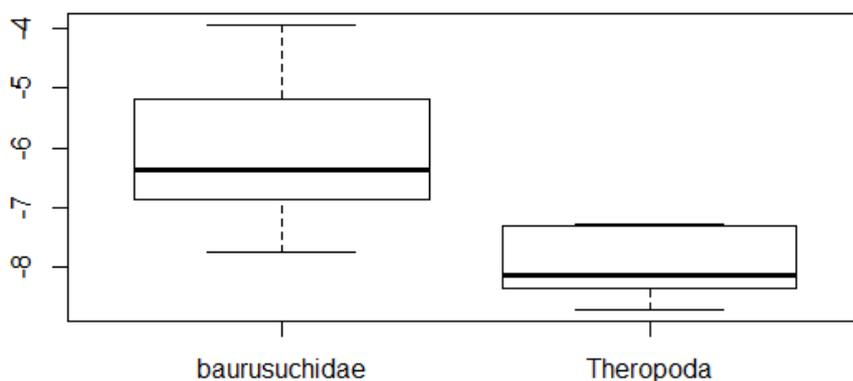


Figura 23 - Gráfico demonstrando a diferença estatisticamente significativa entre as médias de $\delta^{13}C$ dos dois táxons estudados, com apenas os dados coletados neste trabalho.

Muito embora a variabilidade em Baurusuchidae seja maior que em Theropoda, está clara a diferença entre as médias. Mesmo com a existência de valores de $\delta^{13}C$ um tanto discrepantes, como o valor obtido para *Baurusuchus Pachecoi* (-3.94), o mesmo não chegou a ser um outlier, e sua exclusão não influenciou o resultado do teste.

De modo a tornar mais robustos os resultados, o mesmo teste (Kruskal-Wallis, a 95% de significância), foi aplicado adicionando aos dados deste trabalho, aqueles coletados por Melotti, 2020, a saber: 7 espécimes de Theropoda e 13 espécimes de Baurusuchidae. Novamente, a hipótese nula foi rejeitada, e há diferença acentuada entre as médias comparadas ($p < 0.005$) (Figura 24).

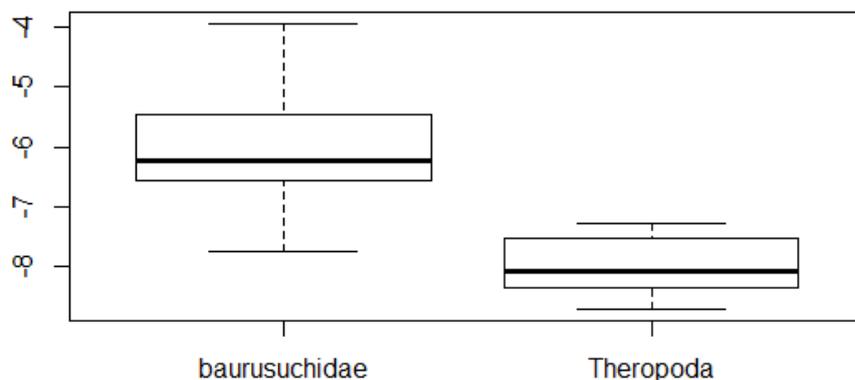


Figura 24 - Gráfico demonstrando a diferença estatisticamente significativa entre as médias de $\delta^{13}\text{C}$ dos dois táxons estudados. Foram utilizados os dados coletados neste trabalho, bem como aqueles coletados por Melotti, 2020

Devido à grande variabilidade presente em Baurusuchidae, foi realizado outro teste não paramétrico com apenas os dados obtidos neste trabalho (6 espécimes) de modo a verificar agrupamentos dentro do clado. Foram comparadas as médias de $\delta^{13}\text{C}$ dos três espécimes não formalmente descritos em nível de espécie com a média daqueles descritos (*B. pachecoi*, *P. sera* e *S. maxhecthi*). O teste demonstrou que não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos comparados ($p = 0.1266$). Portanto, não foi preciso separar os espécimes descritos em um grupo próprio.

Testes estatísticos ($\delta^{18}\text{O}$)

Foram comparadas as médias de $\delta^{18}\text{O}$ entre os dois táxons. Devido à natureza dos dados, foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, com significância de 95%. Os dados obtidos neste trabalho se encontravam no padrão VPBD (Vienna Pee Dee Belemnite). Como o padrão utilizado para o cálculo da razão isotópica para o oxigênio é o VSMOW (Vienna standard mean ocean water), conforme recomendação da IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), os valores de $\delta^{18}\text{O}$ em VPDB foram convertidos por meio da fórmula abaixo (KIM *et al.*, 2015):

$$\delta^{18}\text{O}(\text{VSMOW}) = 1.03092 \times \delta^{18}\text{O}(\text{VPDB}) + 30.92$$

A priori, foram comparadas as médias de $\delta^{18}\text{O}$ pertencentes aos dados coletados neste trabalho. Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre as médias comparadas ($p = 0.715$). A análise do gráfico deixa bastante claro que as médias não são diferentes, apesar de, como observado com os valores de $\delta^{13}\text{C}$, há maior variabilidade no táxon Baurusuchidae (Figura 25).

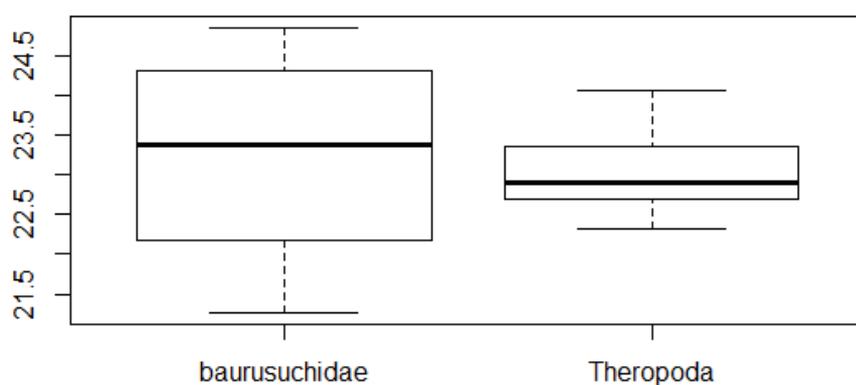


Figura 25 - Gráfico boxplot demonstrando que não há diferença significativa entre as médias de $\delta^{18}\text{O}$. Como se nota, há grande sobreposição entre os dados. Encontra-se evidente a maior amplitude nos dados pertencentes a Baurusuchidae.

O mesmo teste foi aplicado após a adição dos dados coletados por Melotti, 2020. Como esperado, não houve diferença significativa entre as médias dos dois táxons ($p = 0.776$). De forma interessante, após a adição dos dados de Melotti, 2020, a interpretação do gráfico gerado (figura 26) se mostra diferente daquele contendo apenas os dados aqui coletados.

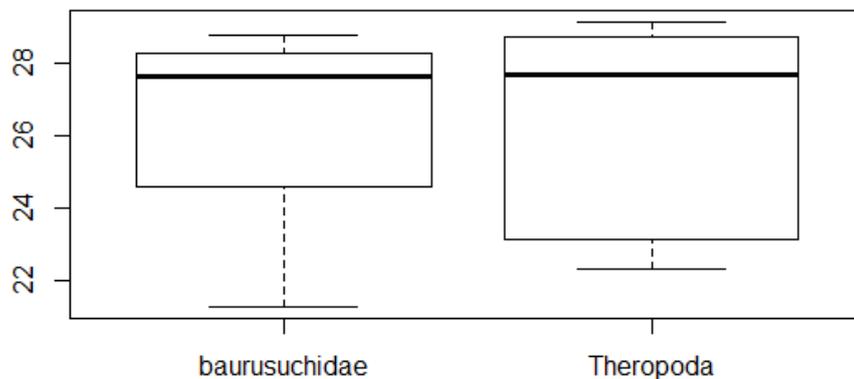


Figura 26 - Gráfico boxplot demonstrando que não há diferença significativa entre as médias de $\delta^{18}\text{O}$ de ambos os táxons. Após a adição dos dados de Melotti, 2020, o táxon Theropoda passou a apresentar maior variabilidade, mas ainda menor amplitude. Em ambos os táxons, a maioria dos dados se encontra abaixo da linha mediana.

A fim de explorar as relações entre as duas variáveis, bem como suas implicações ecológicas para os táxons aqui discutidos, foi testada a correlação entre as razões isotópicas de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ para cada um dos táxons aqui estudados. Antes disso, a normalidade dos dados foi testada por meio do teste estatístico de Shapiro-Wilk. Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ para o grupo dos Baurusuchidae apresentaram distribuição não normal ($p < 0.005$). Por sua vez, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ apresentaram distribuição normal ($p = 0.53$). Dada a distribuição não normal de parte do conjunto de dados, foi realizado sobre eles um teste de correlação de Spearman. O coeficiente de correlação (0.3) demonstra que a correlação é fraca. Dessa forma, as variáveis possuem tênue relação linear. A ausência de linearidade pode ser constatada por meio da análise gráfica (figura 27).

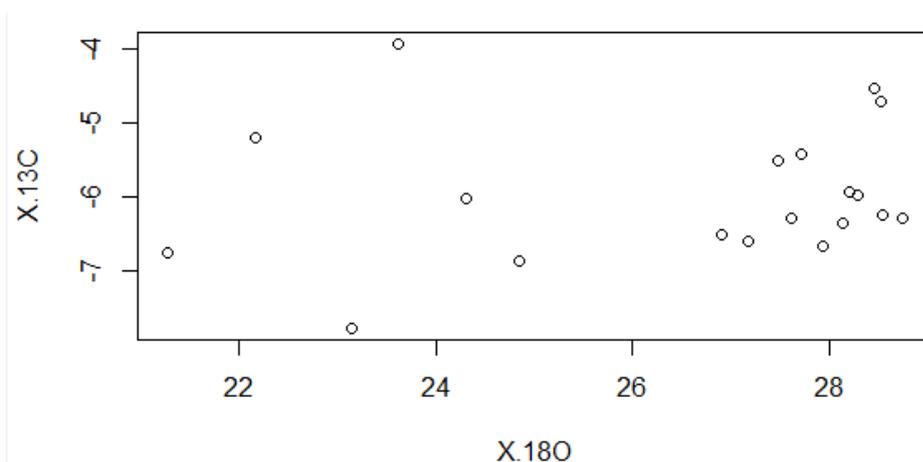


Figura 27 - Gráfico de dispersão demonstrando a ausência de linearidade entre as variáveis $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ em Baurusuchidae. Não há um padrão identificável na distribuição dos dados.

No tocante ao táxon Theropoda, os valores de $\delta^{18}\text{O}$, depois de aplicado o teste estatístico de Shapiro-Wilk, apresentaram distribuição não normal ($p = 0.01$). O mesmo teste de normalidade foi aplicado aos dados referentes a $\delta^{13}\text{C}$. Os supramencionados dados apresentam distribuição normal ($p = 0.2$). Como ocorrido em Baurusuchidae, devido a não normalidade de parte do conjunto de dados, foi utilizado o teste de correlação não paramétrico de Spearman. O coeficiente de correlação encontrado (0.04) demonstra que a correlação é desprezível entre as variáveis testadas (figura 28).

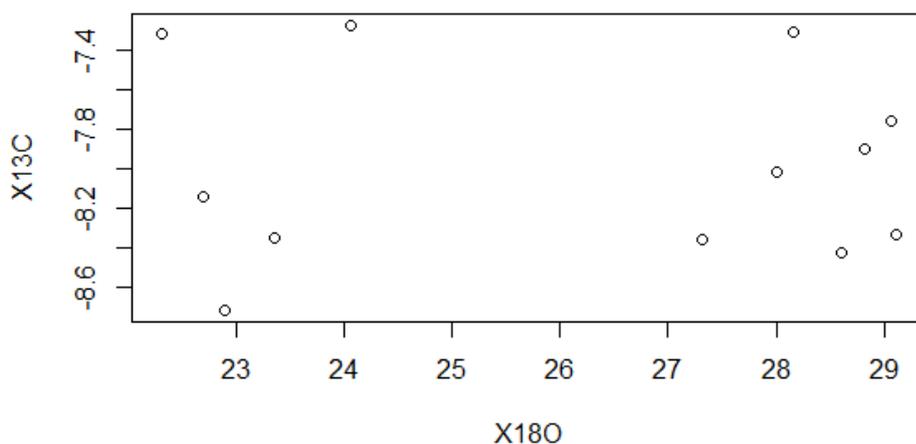


Figura 28 - Gráfico de dispersão demonstrando a ausência de linearidade entre as variáveis $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ para o táxon Theropoda. A ausência de um padrão é ainda mais evidente do que em Baurusuchidae.

Sauropoda

Muito embora o presente trabalho tenha por foco a análise das relações ecológicas entre os Baurusuchidae e os Theropoda, foram coletadas 10 amostras fosfáticas pertencentes ao clado Titanosauria (Tabela 3). Conforme discutido anteriormente, esses animais são os principais vertebrados herbívoros no Grupo Bauru.

Amostra	$\delta^{13}\text{C}$ (VPDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (VSMOW)	Táxon	Formação
MBC-38-PV	-7.86	22.07	Titanosauridae	Adamantina
MBC-45-PV	-6.41	22.94	Titanosauridae	Marília
MBC-54-PV	-8.34	22.17	Titanosauridae	Marília
MBC-57-PV	-8.58	22.96	Titanosauridae	Marília
MBC-60-PV	-9.35	22.38	Titanosauridae	Marília
MBC-064-PV	-8.12	25.40	Titanosauridae	Marília
MBC-033-PV	-8.9	24.60	Titanosauridae	Marília
MBC-032/2-PV	-8.14	25.38	Titanosauridae	Marília
MBC-79-PV	-9.03	20.89	Titanosauridae	Marília
MBC-81-PV	-7.6	22.93	Titanosauridae	Adamantina

Tabela 3: Razões isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$) encontradas para os Sauropoda Titanosauridae.

Diferentemente do oxigênio, o carbono é incorporado ao metabolismo de um organismo por meio da alimentação, conforme explicitado anteriormente. Portanto, os níveis de $\delta^{13}\text{C}$ presente nos restos fosfáticos de organismos fósseis representam uma acurada assinatura isotópica diretamente relacionada à dieta daquele organismo específico. Organismos herbívoros consomem diretamente as plantas, as quais possuem caminhos metabólicos diferentes, conforme sua fisiologia. Assim, os níveis de $\delta^{13}\text{C}$ nos tecidos do herbívoro são oriundos diretamente das plantas que consomem. Quanto aos herbívoros, cada tipo de organismo possui um valor específico de enriquecimento, este também atrelado ao metabolismo daquele animal (AMIOT *et al.*, 2021).

As razões isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ para os titanossauros se encontram dentro do esperado, uma vez que esses animais se alimentavam primariamente de plantas com metabolismo C3. O enriquecimento isotópico pela dieta para esses animais é de +16 ‰, enquanto que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ para plantas C3 é em média de -22‰ a -35‰ (DOMINGO *et al.*, 2015; TÜTKEN, 2011). Assim, espera-se que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ desses grandes herbívoros varie entre cerca

de -6‰ a -19‰. A média das razões isotópicas de carbono 13 em nossas amostras foi de -8.23‰, contida no range esperado. Tais resultados permitem inferir a preponderância dessas plantas naquele paleoambiente.

Em relação às razões isotópicas de Oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$), foi realizado um teste não paramétrico Kruskal-Wallis, com significância de 95%, de modo a comparar a média dos herbívoros com a dos carnívoros (Theropoda e Baurusuchidae). Depois de aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, foi verificado que a distribuição dos dados referentes a O18 é normal ($p=0.2617$). No entanto, pelo fato de não haver quantidade igual de amostras entre os dois grupos comparados, foi necessária a utilização de um teste não paramétrico.

Aplicado o teste, o mesmo demonstrou que não há diferença estatisticamente significativa entre os herbívoros e carnívoros ($p=0.888$). A ausência de diferença é esperada, pois os grupos comparados todos se tratam de animais com estilo de vida completamente terrestre, e possuem metabolismos razoavelmente similares, ainda que possuam particularidades em suas respectivas biológicas (SANDER *et al.*, 2011; RUBEN *et al.*, 1999; O'CONNOR *et al.*, 2005; CUBO *et al.*, 2020). Ainda que fossem ectotérmicos, o estilo de vida terrestre dos Baurusuchidae faz com que as vias metabólicas do oxigênio em seu organismo não diverjam dos outros dois grupos (AMIOT *et al.* 2010). Da mesma forma, os três grupos estavam sujeitos às mesmas condições climáticas, salinidade e disponibilidade hídrica (Figura 29).

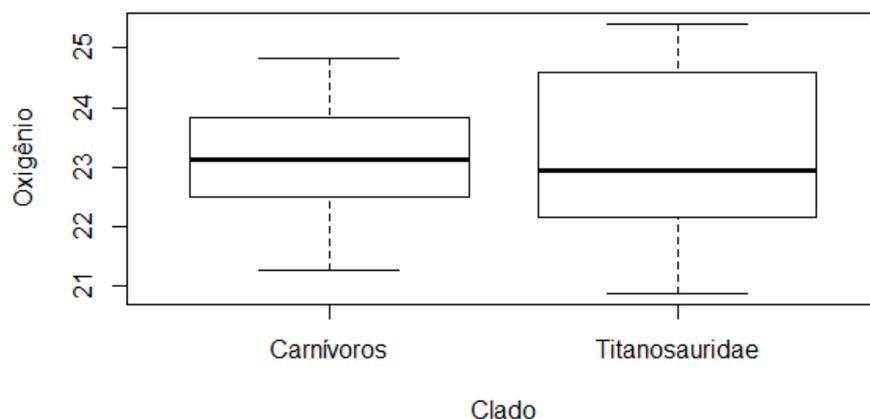


Figura 29 – Gráfico Boxplot demonstrando que não há diferença significativa entre os carnívoros (Baurusuchidae e Theropoda) e os Titanosauridae aqui amostrados..

Discussão

Conforme estabelecido ao longo deste trabalho, os isótopos estáveis são uma valiosa ferramenta em inferências ecológicas de organismos extintos. No entanto, por se tratar de organismos fósseis, sempre haverá uma limitação quanto ao tamanho do esforço amostral estudado, especialmente ao se utilizar de procedimentos destrutivos, como os aplicados neste trabalho. Apesar disso, as inferências oriundas da análise dos dados aqui coletados por meio dos referidos procedimentos, possuem a mesma importância daquelas decorrentes da análise morfológico-anatômica de somatofósseis. Em conjunto, ambos os métodos trazem maior robustez a uma reconstrução acurada de paleoambientes, bem como do comportamento dos organismos a eles pertencentes.

Convém ressaltar que há pouca disponibilidade de fósseis pertencentes a Theropoda provenientes da Formação Adamantina. Dessa forma, não pudemos determinar se as formações geológicas de proveniência dos espécimes seriam um fator de influência quanto às médias das razões isotópicas ($\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$) nos tecidos de suas respectivas faunas. Por isso, serão necessários mais dados isotópicos dos Theropoda da Formação Adamantina para que tal inferência possa ser realizada. Apesar disso, entre ambos os táxons estudados (Theropoda e

Baurusuchidae), não houve diferença significativa entre os níveis de $\delta^{18}\text{O}$, a despeito da formação de proveniência.

Os resultados estatísticos referentes a $\delta^{18}\text{O}$ são indicativos de que os animais de ambos os táxons estavam sujeitos a condições similares de umidade, temperatura e sazonalidade, bem como no que tange a água meteórica consumida pelos animais (STRAIGHT *et al.*, 2003). Tais resultados são condizentes com o esperado de ambas as formações. Muito embora estejam separadas por cerca de 10 milhões de anos, tanto a Formação Marília quanto a Formação Adamantina, sendo esta última a mais antiga, representavam ambientes de clima árido a semiárido, apresentando rios meandantes e cenário meteorológico similar, apresentando forte sazonalidade nos regimes pluviométricos (SOARES *et al.*, 2018; DELGADO *et al.*, 2021).

Os resultados referentes a $\delta^{13}\text{C}$, porém, demonstram outra situação. Tanto nos casos em que foram comparadas as médias de $\delta^{13}\text{C}$ utilizando apenas os dados aqui coletados, quanto quando foram adicionados os dados coletados por Melotti, 2020, houve diferença significativa entre as médias. Tais resultados indicam que os grupos comparados estavam sujeitos a condições ecológicas diferentes entre si. Tal diferença é indício de que havia uma partição de nicho entre os dois grupos de carnívoros estudados, o que explicaria sua coexistência sob as mesmas condições ambientais.

Apesar disso, ambos os grupos apresentam um comportamento bastante comum em se tratando de animais carnívoros, especialmente quando expostos a estresses ambientais (AMORÓS *et al.*, 2020). As condições climáticas presentes no ambiente à época certamente ofereciam um desafio na obtenção de recursos alimentares e hídricos. Há indícios de que ambos os táxons aqui discutidos praticavam a necrofagia.

A pouca disponibilidade de recursos certamente traria uma vantagem nesse tipo de comportamento oportunista. Na Formação Adamantina, na qual os grupos conviviam, foram encontrados diversos dentes isolados pertencentes a ambos os táxons, em proximidade a esqueletos de outros vertebrados, sendo evidência de comportamento alimentar (TAVARES *et al.*, 2014; BUFFETAUT & SUTEETHORN, 1989; XING *et al.*, 2012; DE ARAÚJO JÚNIOR & DA SILVA MARINHO, 2013; SANTUCCI & ARRUDA-CAMPOS, 2011; MESO *et al.*, 2021).

Ademais, os Abelisauridae, cujos dentes compõem a totalidade das amostras de Theropoda aqui analisadas, também apresentavam uma grande diversidade de

comportamentos alimentares. Nesse quesito, o abelissaurídeo *Majungasaurus crenatissimus* Depéret, 1896, do Cretáceo Superior de Madagascar, se destaca por ser um dos poucos dinossauros dos quais se tem evidência concreta da prática de canibalismo.

Foram constatadas marcas de mordidas identificadas como coespecíficas, em partes ricas em músculos do esqueleto axial de indivíduos, como esperado de tal comportamento alimentar. O ato de alimentação, porém, não comprova se os indivíduos envolvidos caçavam ativamente membros de sua espécie, apenas que houve o consumo da carcaça (ROGERS *et al.*, 2007).

Os abelissaurídeos, conforme seu registro fóssil numeroso quando comparados a outros terópodes (DELCOURT *et al.*, 2020), estavam bem adaptados a ambientes semiáridos, bem como às restrições impostas por tal ambiente (ROGERS *et al.*, 2007). Na Formação Marília, onde não há baurussuquídeos, são de longe os predadores mais importantes daquele ecossistema, apesar de diversos outros grupos de terópodes também estarem presentes no registro, a exemplo de Maniraptora (incluso Aves), Unenlagiine, além de Noosauridae (NOVAS *et al.*, 2005; BRUM *et al.*, 2021; MARTINELLI *et al.*, 2021; CANDEIRO *et al.*, 2012). Assim, os abelissauros provavelmente ocupavam o nicho de predador de topo daquele ecossistema.

A natureza incompleta e fragmentária dos fósseis de Theropoda das Formações aqui discutidas não nos permite fazer inferências mais detalhadas como o canibalismo. Porém, a existência desse tipo de comportamento no grupo pode ser um indício de sua prática por outros membros do clado. Dada a aparente partição de nicho indicada pelos resultados aqui descritos, é plausível que tal comportamento compusesse o repertório etológico desses dinossauros, especialmente frente às condições severas do paleoambiente a que estavam submetidos.

Por sua vez, os Baurusuchidae, presentes apenas na Formação Adamantina, apresentavam uma gama de comportamentos alimentares igualmente complexos em uma comparação direta aos Theropoda com os quais conviviam. Eram animais com dieta estritamente carnívora, conforme atestado pela análise conduzida por Oliveira e colaboradores (2018) de coprólitos (material fecal fossilizado) referidos ao grupo. Foi concluído que, não só esses animais eram hipercarnívoros, como deglutiam fragmentos substanciais de ossos de suas presas.

A predação interespecífica também compunha o comportamento alimentar desses Notosuchia. O comportamento foi evidenciado de forma inequívoca, em um dos raros momentos em que o registro fóssil contempla uma interação ecológica entre duas espécies. O esqueleto do baurussuquídeo *Aplestosuchus sordidus* foi encontrado com os restos somáticos de um pequeno Sphagesauridae em sua cavidade estomacal (GODOY *et al.*, 2014). Tal interação não apenas demonstra o fato de a predação ter ocorrido, mas que o animal era capaz de capturar presas ágeis, cuja cursorialidade era a principal defesa contra a predação (IORI *et al.*, 2016).

Conclusões

As diversificadas estratégias alimentares de ambos os grupos aqui discutidos conseguem explicar sua convivência em um mesmo ecossistema, a despeito da escassez dos recursos disponíveis. Tal convivência é inferida através dos dados coletados neste trabalho. A clara distinção em seus perfis isotópicos dá ainda mais substância a tal realidade. Assim, outros fatores devem explicar a disparidade na preservação de seus restos fósseis. Comportamentos inerentes a cada grupo específico podem elucidar a questão.

Há evidências de que os Baurusuchidae, como os Crocodyliformes atuais, praticavam a estivação. Conforme descrito anteriormente, o ambiente a que esses animais estavam submetidos impunha condições bastante severas para sua sobrevivência. Tais condições levam os organismos a práticas extremas para a obtenção e economia de recursos. Assim, em contrabalanço ao canibalismo presente em Abelisauridae, a estivação poderia ser utilizada pelos Baurusuchidae em condições de seca extrema.

Durante a estivação, o animal se entoca e diminui o ritmo de seu metabolismo, sendo análogo à hibernação. Por se tratar de uma estratégia extremada de sobrevivência, o animal em tal condição se encontra bastante vulnerável à predação ou eventos fortuitos. Indivíduos que viessem a óbito sob tais circunstâncias estariam mais suscetíveis a passar pelos processos de diagênese, o que explicaria o nível de completude de diversos Baurusuchidae. Devido a seu estilo de vida, os restos desses animais simplesmente se preservariam em maior quantidade. (VASCONCELOS & CARVALHO, 2010; KLOCK *et al.* 2022)

Por fim, resta estabelecido que esses animais possuíam comportamentos alimentares bastante peculiares, ainda que convirjam em diversos caracteres morfológicos (figura 30). Os resultados aqui obtidos apontam para uma partição de nicho, ou seja, realidades ecológicas divergentes entre os Baurusuchidae e Theropoda. Porém, tal inferência não pode ser realizada de forma definitiva. A escassez de dados pertinentes aos Theropoda da Formação Adamantina ainda precisa ser suprida. Novos estudos, bem como mais dados isotópicos de ambos os grupos, provindos de ambas as formações, ainda precisam ser coletados, para que possa ser testada a hipótese de as formações geológicas interferirem na assinatura isotópica dos organismos ali preservados.

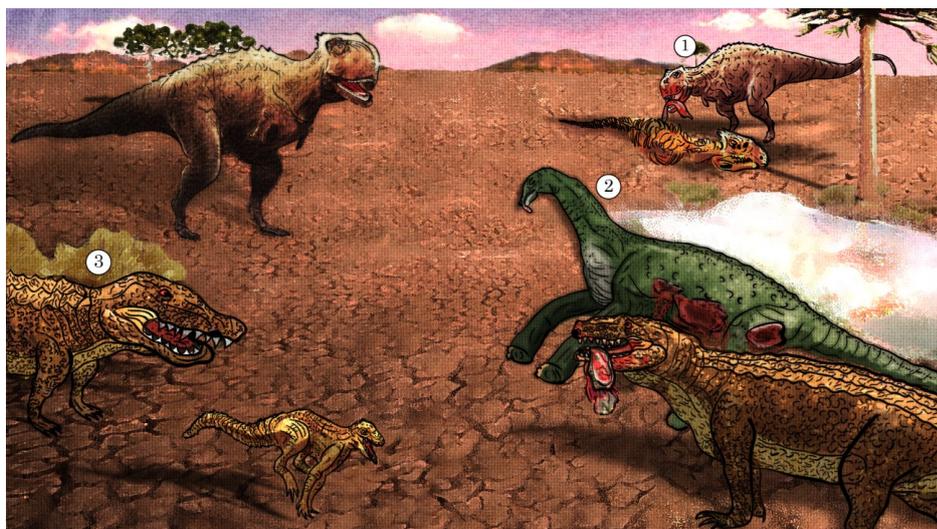


Figura 30 – Representação esquemática de um cenário hipotético no Grupo Bauru demonstrando o variado repertório de comportamentos alimentares presentes no registro fóssil de ambos os grupos taxonômicos. Em 1: canibalismo especulativo de um Abelisauridae. Em 2: Comportamento de necrofagia, bem como antagonismo especulativo entre um Baurusuchidae um Abelisauridae na disputa pela carcaça. Em 3: Um Baurusuchidae caça ativamente um Sphagesauridae. Imagem de autoria do artista Nicholas de Freitas Simões Alves

Referências

- ALESSANDRETTI, L., WARREN, L. V., SANTOS, M. G. M. D., & VIRGA, M. C. (2020). Tracking triggering mechanisms for soft-sediment deformation structures in the Late Cretaceous Uberaba Formation, Bauru Basin, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, 50. <https://doi.org/10.1590/2317-4889202020190100>
- ALMEIDA, M. A.; STEIN, D. P.; MELO, M. S.; BISTRICHI, C. A.; PONÇANO, W. L.; HASUI, Y. & ALMEIDA, F. F. M. 1981. Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos estados de Mato Grosso e sul do Paraná. In: Mesa Redonda: A Formação Bauru no Estado de São Paulo e Regiões Adjacentes, São Paulo. **Coletânea de trabalhos e debates**, SBG/Núcleo São Paulo. p 31-43.
- ALVARENGA, H.; NAVA, W. R. Aves Enantiornithes do Cretáceo Superior da Formação Adamantina do Estado de São Paulo. In: **II Congresso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados, Boletim de resumos**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2005. p. 20.
- AMIOT, Romain et al. Oxygen isotopes from biogenic apatites suggest widespread endothermy in Cretaceous dinosaurs. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 246, n. 1-2, p. 41-54, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2006.04.018>
- AMIOT, Romain et al. Oxygen isotope evidence for semi-aquatic habits among spinosaurid theropods. **Geology**, v. 38, n. 2, p. 139-142, 2010. <https://doi.org/10.1130/G30402.1>
- AMIOT, Romain et al. Oxygen isotopes of East Asian dinosaurs reveal exceptionally cold Early Cretaceous climates. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 13, p. 5179-5183, 2011. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011369108>
- AMIOT, Romain et al. Environment and ecology of East Asian dinosaurs during the Early Cretaceous inferred from stable oxygen and carbon isotopes in apatite. **Journal of Asian Earth Sciences**, v. 98, p. 358-370, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2014.11.032>
- AMIOT, Romain et al. Paleoclimate and ecology of Cretaceous continental ecosystems of Japan inferred from the stable oxygen and carbon isotope compositions of vertebrate bioapatite. **Journal of Asian Earth Sciences**, v. 205, p. 104602, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2020.104602>
- AMORÓS, Mar et al. Hyenas and lions: how the largest African carnivores interact at carcasses. **Oikos**, v. 129, n. 12, p. 1820-1832, 2020. <https://doi.org/10.1111/oik.06846>
- ARDEN, Thomas MS et al. Aquatic adaptation in the skull of carnivorous dinosaurs (Theropoda: Spinosauridae) and the evolution of aquatic habits in spinosaurids. **Cretaceous Research**, v. 93, p. 275-284, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2018.06.013>
- ASSINE M.L., PIRANHA J.L., CARNEIRO C.D.R. 2004. Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. In: V.M. Neto, A. Bartorelli, C.D. Carneiro, B.B. de Brito-Neves (eds.) **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Editora Beca, p. 77-92

BALASSE, Marie. Reconstructing dietary and environmental history from enamel isotopic analysis: time resolution of intra tooth sequential sampling. **International Journal of Osteoarchaeology**, v. 12, n. 3, p. 155-165, 2002. <https://doi.org/10.1002/oa.601>

BANDEIRA, Kamila LN et al. A new giant Titanosauria (Dinosauria: Sauropoda) from the Late Cretaceous Bauru Group, Brazil. **PloS one**, v. 11, n. 10, p. e0163373, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163373>

BANDEIRA, Kamila LN et al. The Baurusuchidae vs Theropoda record in the Bauru Group (Upper Cretaceous, Brazil): a taphonomic perspective. **Journal of Iberian Geology**, v. 44, n. 1, p. 25-54, 2018. <https://doi.org/10.1007/s41513-018-0048-4>

BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; DYER, R. C. & CUNHA, C. A. B. R. 1970. Geologia do triângulo mineiro. **Boletim DNPM/DFPM**, 136: 1-140.

BARCELOS, J. H. Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do estado de São Paulo. **Unpub. Liv. doc. diss., Univ. Estadual Paulista, Rio Claro**, 190p, 1984.

BARRETT, Paul M. Paleobiology of herbivorous dinosaurs. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 42, p. 207-230, 2014. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-042711-105515>

Formatado: Inglês (EUA)

BARRICK, Reese E.; FISCHER, Alfred G.; SHOWERS, William J. Oxygen isotopes from turtle bone: applications for terrestrial paleoclimates?. **Palaios**, p. 186-191, 1999.

BASILICI, G. et al. A Sub-bacia Bauru: um sistema continental entre deserto e cerrado. **Geologia do Brasil Beca**, p. 520-543, 2012. <https://doi.org/10.2307/3515374>

BATEZELLI, A. **Análise da sedimentação cretácea no Triângulo Mineiro e sua correlação com áreas adjacentes**. 2003. 195f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

BATEZELLI, Alessandro et al. Análise Estratigráfica aplicada à Formação Araçatuba (Grupo Bauru-Ks) no centro-oeste do Estado de São Paulo. **Geociências**, v. 22, n. 1, p. 5-32, 2003.

BATEZELLI, A. (2010). Arcabouço tectono-estratigráfico e evolução das Bacias Caiuá e Bauru no Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geociências**, 40(2), 265-285. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2010402265285>

BATEZELLI, A. Continental systems tracts of the Brazilian Cretaceous Bauru Basin and their relationship with the tectonic and climatic evolution of South America. **Basin Research**, vol. 29, p. 1-25, 2015. <https://doi.org/10.1111/bre.12128>

BEHRENSMEYER, Anna K.; KIDWELL, Susan M.; GASTALDO, Robert A. Taphonomy and paleobiology. **Paleobiology**, v. 26, n. S4, p. 103-147, 2000. <https://doi.org/10.1017/S0094837300026907>

BENTON, Michael J.; WILLS, M. A.; HITCHIN, Rebecca. Quality of the fossil record through time. **Nature**, v. 403, n. 6769, p. 534, 2000. <https://doi.org/10.1038/35000558>

BERTINI, R. J. et al. The vertebrate fauna from the Adamantina and Marília formations, Upper Cretaceous of the Paraná Basin, Southeast Brazil. **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Abhandlungen**, v. 188, p. 71-101, 1993.

BONAPARTE, José F. El Mesozoico de América del Sur y sus tetrápodos. 1978. **Opera Lilloana**, 26: 1-596

BRUM, Arthur S. et al. A new unenlagiine (Theropoda, Dromaeosauridae) from the Upper Cretaceous of Brazil. **Papers in Palaeontology**, v. 7, n. 4, p. 2075-2099, 2021. <https://doi.org/10.1002/spp2.1375>

BRUSATTE, S. L.; CANDEIRO, C. R. A.; SIMBRAS, F. M. The last dinosaurs of Brazil: The Bauru Group and its implications for the end-Cretaceous mass extinction. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, vol. 89, n. 3, p. 1465-1485, 2017. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160918>

BUFFETAUT, Eric; SUTEETHORN, Varavudh. A sauropod skeleton associated with theropod teeth in the Upper Jurassic of Thailand: remarks on the taphonomic and palaeoecological significance of such associations. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 73, n. 1-2, p. 77-83, 1989. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(89\)90046-1](https://doi.org/10.1016/0031-0182(89)90046-1)

BRYANT, J. Daniel; FROELICH, Philip N. A model of oxygen isotope fractionation in body water of large mammals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 59, n. 21, p. 4523-4537, 1995. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00250-4](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00250-4)

CAMPOS, D.A.; SUAREZ, J.M.; RIFF, D. & KELLNER, A.W.A. 2001. Short note on a new Baurusuchidae (Crocodyliformes, Metasuchia) from Upper Cretaceous of Brazil. *Boletim do Museu Nacional, Geologia*, 57, 7 p

CAMPOS, D. de A. et al. On a titanosaurid (Dinosauria, Sauropoda) vertebral column from the Bauru group, Late Cretaceous of Brazil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 63, n. 3, p. 565-593, 2005.

CAMPOS, Diogenes A. et al. On a new peirosaurid crocodyliform from the Upper Cretaceous, Bauru Group, southeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n. 1, p. 317-327, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652011000100020>

CANDEIRO, Carlos Roberto A. et al. First bird remains from the Upper Cretaceous of the Peirópolis site, Minas Gerais state, Brazil. **Geodiversitas**, v. 34, n. 3, p. 617-624, 2012.
CARBONARO, FÁBIO AUGUSTO; ROHN, Rosemarie; GHILARDI, RENATO PIRANI. Conchostráceos Palaeolimnadiopsis (Spinicaudata, Crustacea) do Grupo Bauru (Cretáceo Superior, Bacia Bauru): Taxonomia, Paleoecologia e Paleobiogeografia. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 16, n. 2, p. 283-296, 2013. <https://doi.org/10.5252/g2012n3a8>

CANDEIRO, Carlos Roberto A. et al. New reports of Late Cretaceous reptiles from the Bauru Group of southern Goiás State, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 85, p. 229-235, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.04.019>

- CASE, Judd A. et al. The first duck-billed dinosaur (Family Hadrosauridae) from Antarctica. **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 20, n. 3, p. 612-614, 2000. [https://doi.org/10.1671/0272-4634\(2000\)020\[0612:TFDBDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1671/0272-4634(2000)020[0612:TFDBDF]2.0.CO;2)
- CASTRO, Mariela C. et al. A Late Cretaceous mammal from Brazil and the first radioisotopic age for the Bauru Group. **Royal Society Open Science**, v. 5, n. 5, p. 180482, 2018. <https://doi.org/10.1098/rsos.180482>
- CERLING, Thure E.; SHARP, Zachary D. Stable carbon and oxygen isotope analysis of fossil tooth enamel using laser ablation. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 126, n. 1-2, p. 173-186, 1996. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(96\)00078-8](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(96)00078-8)
- CHARIG, Alan J.; MILNER, Angela C. Baryonyx, a remarkable new theropod dinosaur. **Nature**, v. 324, n. 6095, p. 359, 1986. <https://doi.org/10.1038/324359a0>
- CIDADE G., RIFF D., SILVA F., ALVES Y. 2022. New occurrences of amiidae (halecomorphi: amiiformes: Vidalamiinae) from the bauru group (late cretaceous, Brazil) and comments about their incursion in Freshwater environments in the Cretaceous of the americas. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 25(2):144–156.
- CLEMENTZ, Mark T.; KOCH, Paul L. Differentiating aquatic mammal habitat and foraging ecology with stable isotopes in tooth enamel. **Oecologia**, v. 129, n. 3, p. 461-472, 2001. <https://doi.org/10.1007/s004420100745>
- CLEMENTZ, Mark T.; HOLROYD, Patricia A.; KOCH, Paul L. Identifying aquatic habits of herbivorous mammals through stable isotope analysis. **Palaios**, v. 23, n. 9, p. 574-585, 2008. <https://doi.org/10.2110/palo.2007.p07-054r>
- CLEMENTZ, Mark T. New insight from old bones: stable isotope analysis of fossil mammals. **Journal of Mammalogy**, v. 93, n. 2, p. 368-380, 2012. <https://doi.org/10.1644/11-MAMM-S-179.1>
- CORREIA T., BARCELOS L., NUNES T., RIFF D. & MATEUS O.. 2017. On a titanosaur scapula from the Marília Formation (Upper Cretaceous, Bauru Group) in Campina Verde town, Minas Gerais.
- CSANK, A. Z. et al. Climate variability in the Early Pliocene Arctic: Annually resolved evidence from stable isotope values of sub-fossil wood, Ellesmere Island, Canada. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 308, n. 3-4, p. 339-349, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.05.038>
- CUBO, Jorge et al. Were Notosuchia (Pseudosuchia: Crocodylomorpha) warm-blooded? A palaeohistological analysis suggests ectothermy. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 131, n. 1, p. 154-162, 2020. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa081>
- CULLEN, T. M. et al. Large-scale stable isotope characterization of a Late Cretaceous dinosaur-dominated ecosystem. **Geology**, v. 48, n. 6, p. 546-551, 2020. <https://doi.org/10.1130/G47399.1>

DAL'BÓ, Patrick Francisco Führ et al. Paleoclimatic interpretations from pedogenic calcretes in a Maastrichtian semi-arid eolian sand-sheet palaeoenvironment: Marília Formation (Bauru Basin, southeastern Brazil). **Cretaceous Research**, v. 30, n. 3, p. 659-675, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2008.12.006>

DA SILVA MARINHO, Thiago et al. Gondwanasuchus scabrosus gen. et sp. nov., a new terrestrial predatory crocodyliiform (Mesoeucrocodylia: Baurusuchidae) from the Late Cretaceous Bauru Basin of Brazil. **Cretaceous Research**, v. 44, p. 104-111, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2013.03.010>

DE ARAÚJO JÚNIOR, Hermínio Ismael; DA SILVA MARINHO, Thiago. Taphonomy of a Baurusuchus (Crocodyliformes, Baurusuchidae) from the Adamantina Formation (Upper Cretaceous, Bauru Basin), Brazil: implications for preservational modes, time resolution and paleoecology. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 47, p. 90-99, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2013.07.006>

DELCOURT, Rafael; IORI, Fabiano Vidoi. A new Abelisauridae (Dinosauria: Theropoda) from São José do Rio Preto Formation, Upper Cretaceous of Brazil and comments on the Bauru Group fauna. **Historical Biology**, p. 1-8, 2018. <https://doi.org/10.1080/08912963.2018.1546700>

DELCOURT, Rafael et al. Carcharodontosauridae theropod tooth crowns from the Upper Cretaceous (Bauru Basin) of Brazil: A reassessment of isolated elements and its implications to palaeobiogeography of the group. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 556, p. 109870, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109870>

DELGADO, L.; BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. Paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction of Lower to Upper Cretaceous sequences of the Bauru Basin based on paleosol geochemistry and mineralogical analyses. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 569, p. 110328, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110328>

DE LIMA, Murilo Rodolfo et al. Descoberta de microflora em sedimentos do Grupo Bauru, Cretáceo do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, v. 7, n. 1-2, p. 5-9, 1986. <https://doi.org/10.5935/0100-929X.19860001>

DE OLIVEIRA, Fábio A. et al. Morphological and compositional analyses of coprolites from the Upper Cretaceous Bauru Group reveal dietary habits of notosuchian fauna. **Lethaia**, 2021. <https://doi.org/10.1111/let.12431>

DEPÉRET, Charles. **Note sur les dinosauriens sauropodes et théropodes du Crétacé supérieur de Madagascar**. 1896.

DIAS-BRITO, D. et al. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil- concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isotópicos e estratigráficos. **Revue de Paléobiologie**, v. 20, n. 1, p. 245-304, 2001.

DO NASCIMENTO, Diego Luciano; BATEZELLI, Alessandro; LADEIRA, Francisco Sérgio Bernardes. First record of lobed trace fossils in Brazil's Upper Cretaceous paleosols: Rhizoliths or evidence of insects and their social behavior?. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 79, p. 364-376, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.08.016>

DOMINGO, Laura; BARROSO-BARCENILLA, Fernando; CAMBRA-MOO, Oscar. Paleoenvironmental reconstruction of the “Lo Hueco” fossil site (Upper Cretaceous, Cuenca, Spain): Preliminary stable isotope analyses on crocodylians and dinosaurs. **Palaios**, v. 28, n. 3, p. 195-202, 2013. <https://doi.org/10.2110/palo.2012.p12-097r>

DOMINGO, Laura; BARROSO-BARCENILLA, Fernando; CAMBRA-MOO, Oscar. Seasonality and paleoecology of the Late Cretaceous multi-taxa vertebrate assemblage of “Lo Hueco” (central eastern Spain). **Plos one**, v. 10, n. 3, p. e0119968, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119968>

EAGLE, Robert A. et al. Dinosaur body temperatures determined from isotopic (^{13}C - ^{18}O) ordering in fossil biominerals. **Science**, v. 333, n. 6041, p. 443-445, 2011. <https://doi.org/10.1126/science.1206196>

EERNISSE, Douglas J.; KLUGE, Arnold G. Taxonomic congruence versus total evidence, and amniote phylogeny inferred from fossils, molecules, and morphology. **Molecular biology and evolution**, v. 10, n. 6, p. 1170-1195, 1993.

E SILVA, Flavio de Paula; KIANG, Chang Hung; CAETANO-CHANG, Maria Rita. Sedimentation of the Cretaceous Bauru Group in São Paulo, Paraná Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 28, n. 1, p. 25-39, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.02.008>

FAMELLI, N., LIMA, E. F., & CARMO, I. D. O. (2021). Lithostratigraphy of the Serra Geral Formation in the northern portion of the Paraná-Etendeka Igneous Province: A tool for tracking Early Cretaceous paleoenvironmental changes. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, 410, 107152. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2020.107152>

FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M. (1994). O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. **Revista Brasileira de Geociências**, 24 (3): 164-176. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1994164176>

FERNANDES, Luiz Alberto; COIMBRA, Armando Márcio. Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n. 2, p. 195-205, 1996.

FERNANDES, L.A. 1992. **A cobertura cretácica suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. São Paulo, 129p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).

FERNANDES, L. A. & Coimbra, A. M. 2000. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, 30 (4): 717-728. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2000304717728>

FERNANDES, Luiz A.; GIANNINI, Paulo CF; GÓES, Ana Maria. Araçatuba Formation: palustrine deposits from the initial sedimentation phase of the Bauru Basin. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 75, p. 173-187, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652003000200006>

FERNANDES, L. A. et al. Icnofósseis da Usina Porto Primavera, SP: rastros de dinossauros e de mamíferos em rochas do deserto neocretáceo. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, Brasília: CPRM-Serviço Geológico do Brasil**, p. 479-488, 2009.

FERNANDES, Luiz Alberto; BASILICI, Giorgio. Transition of ephemeral palustrine to aeolian deposits in a continental arid–semi-arid environment (Upper Cretaceous Bauru Basin, Brazil). **Cretaceous Research**, v. 30, n. 3, p. 605-614, 2009.
<https://doi.org/10.1016/j.cretres.2008.12.002>

FERNANDES, Luiz Alberto. Calcretes e registros de paleossolos em depósitos continentais neocretáceos (Bacia Bauru, Formação Marília). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 40, n. 1, p. 19-35, 2010. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.20104011935>

FERNANDES, Luiz Alberto; RIBEIRO, Claudia Maria Magalhães. Evolution and palaeoenvironment of the Bauru Basin (upper Cretaceous, Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 61, p. 71-90, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2014.11.007>

FRANÇA, Marco AG et al. New lower jaw and teeth referred to *Maxakalisaurus topai* (Titanosauria: Aeolosaurini) and their implications for the phylogeny of titanosaurid sauropods. **PeerJ**, v. 4, p. e2054, 2016. <https://doi.org/10.7717/peerj.2054>

FRANK, H. T., GOMES, M. E. B., & FORMOSO, M. L. L. (2009). Review of the areal extent and the volume of the Serra Geral Formation, Paraná Basin, South America. **Pesquisas em Geociências**, 36(1), 49-57. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.17874>

FREITAS, R. O. 1955. Sedimentação, estratigrafia e tectônica da Série Bauru, São Paulo. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Série Geologia*, 194: 1-185. <https://doi.org/10.11606/issn.2526-3862.bffcluspgeologia.1955.122004>

FRICKE, Henry C.; PEARSON, Dean A. Stable isotope evidence for changes in dietary niche partitioning among hadrosaurian and ceratopsian dinosaurs of the Hell Creek Formation, North Dakota. **Paleobiology**, v. 34, n. 4, p. 534-552, 2008. <https://doi.org/10.1666/08020.1>

FULFARO V.J. & BARCELOS J.H. 1992 A tectônica pós-deposicional e a reconstrução paleogeográfica: o exemplo no Grupo Bauru. In: Simpósio Sobre Bacias Cretáceas Brasileiras, 2, Rio Claro, **Boletim**, p. 132-133

GEHLER, Alexander; TÜTKEN, Thomas; PACK, Andreas. Triple oxygen isotope analysis of bioapatite as tracer for diagenetic alteration of bones and teeth. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 310, n. 1-2, p. 84-91, 2011.
<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.04.014>

GEROTO, Caio Fabricio Cezar; BERTINI, Reinaldo J. New material of *Pepesuchus* (Crocodyliformes; Mesoeucrocodylia) from the Bauru Group: implications about its phylogeny and the age of the Adamantina Formation. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 185, n. 2, p. 312-334, 2019. <https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zly037>

GHILARDI, Renato P. et al. Moluscos fósseis do grupo bauru. **Paleontologia: Cenários de Vida**, v. 4, p. 239-250, 2011. <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v.4i1.113120>

GIBSON, S.A., THOMPSON, R.N., LEONARDOS, O.H., DICKIN, A.P. & MITCHELL, J.G. (1995) The late cretaceous impact of the trindade mantle plume: evidence from large volume, Mafic, Potassic Magmatism in SE Brazil. **J. Petrol.**, 36 (1), 189–229. <https://doi.org/10.1093/petrology/36.1.189>

GIMSA, Jan; SLEIGH, Robert; GIMSA, Ulrike. The riddle of Spinosaurus aegyptiacus' dorsal sail. **Geological Magazine**, v. 153, n. 3, p. 544-547, 2016. <https://doi.org/10.1017/S0016756815000801>

GOBBO-RODRIGUES, Silvia Regina; PETRI, Setembrino; BERTINI, Reinaldo J. Ocorrências de ostrácodes na formação Araçatuba do Grupo Bauru, cretáceo superior da Bacia do Paraná, e possibilidades de correlação com depósitos isócronos argentinos-parte I: família Ilyocyprididae. **Acta Geológica Leopoldensia**, v. 23, p. 3-13, 1999.

GOBBO-RODRIGUES, S. R. et al. Biostratigraphic correlations between Bauru, Neuquén and Congo basins, using non-marine ostracodes. **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PALEOARTROPODOLOGIA**, v. 1, p. 87-88, 2000.

GOBBO-RODRIGUES, Sandra Regina. **Carófitas e ostracodes do Grupo Bauru, Cretáceo Superior continental do sudeste do Brasil**. 2001. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista.

GOBBO S. R. & BERTINI R. J. 2017. Chronostratigraphic correlations and biogeography of upper Cretaceous non-marine ostracods in India, Congo, Argentina and Brazil. **Paleontologia em Destaque - Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia**, Edição Especial de Julho de 2017. p. 129.

GODOY, Pedro L. et al. An additional baurusuchid from the Cretaceous of Brazil with evidence of interspecific predation among Crocodyliformes. **PLoS One**, v. 9, n. 5, p. e97138, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097138>

GOEDERT, Jean et al. Preliminary investigation of seasonal patterns recorded in the oxygen isotope compositions of theropod dinosaur tooth enamel oxygen isotope seasonality in theropod teeth. **Palaïos**, v. 31, n. 1, p. 10-19, 2016. <https://doi.org/10.2110/palo.2015.018>

GOLDBERG, Karin; GARCIA, Antonio JV. Palaeobiogeography of the Bauru Group, a dinosaur-bearing Cretaceous unit, northeastern Paraná Basin, Brazil. **Cretaceous Research**, v. 21, n. 2, p. 241-254, 2000. <https://doi.org/10.1006/cres.2000.0207>

GOMES, A. S., & VASCONCELOS, P. M. (2021). Geochronology of the Paraná-Etendeka large igneous province. **Earth-Science Reviews**, 103716. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103716>

GONZAGA DE CAMPOS, L. F. 1905. Reconhecimento da zona compreendida entre Bauru e Itapura, São Paulo, E. F. Noroeste do Brasil. **Tipografia Ideal**. 40p.

HARTMANN, L. A. (2014). A história natural do Grupo Serra Geral desde o Cretáceo até o Recente. **Ciência E Natura**, 36(3), 173-182. <https://doi.org/10.5902/2179460X13236>

HOEFS, Jochen; HOEFS, Jochen. Stable isotope geochemistry. Berlin: **springer**, 2009.

HONE, David William Elliott; HOLTZ JR, Thomas Richard. A century of spinosaurs- a review and revision of the Spinosauridae with comments on their ecology. **Acta Geologica Sinica, English Edition**, v. 91, n. 3, p. 1120-1132, 2017. <https://doi.org/10.1111/1755-6724.13328>

IBRAHIM, Nizar et al. Semiaquatic adaptations in a giant predatory dinosaur. **Science**, v. 345, n. 6204, p. 1613-1616, 2014. <https://doi.org/10.1126/science.1258750>

IHERING, R., 1911. Fósseis de São José do Rio Preto. **Revista do Museu Paulista**, 8: 141-146.

IORI, Fabiano Vidoi; DE SOUZA CARVALHO, Ismar; DA SILVA MARINHO, Thiago. Postcranial skeletons of Caipirasuchus (Crocodyliformes, Notosuchia, Sphagesauridae) from the Upper Cretaceous (Turonian–Santonian) of the Bauru Basin, Brazil. **Cretaceous Research**, v. 60, p. 109-120, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2015.11.017>

KELLNER, ALEXANDER WA; CAMPOS, D. de A. On a theropod dinosaur (Abelisauria) from the continental Cretaceous of Brazil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 60, n. 3, p. 163-170, 2002.

KELLNER, ALEXANDER WILHELM ARMIN; CAMPOS, D. de A.; TROTTA, MARCELO NF. Description of a titanosaurid caudal series from the Bauru Group, Late Cretaceous of Brazil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 63, n. 3, p. 529-564, 2005.

KELLNER, A.W.A.; CAMPOS, D.A.; AZEVEDO, S.A.K.; TROTTA, M.N.F.; HENRIQUES, D.D.R.; CRAIK, M.M.T.; SILVA, H.P. 2006. On a new titanosaur sauropod from the Bauru Group, Late Cretaceous of Brazil. **Boletim do Museu Nacional**, Rio de Janeiro

KIM, Sang-Tae; COPLEN, Tyler B.; HORITA, Juske. Normalization of stable isotope data for carbonate minerals: Implementation of IUPAC guidelines. **Geochimica et cosmochimica acta**, v. 158, p. 276-289, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2015.02.011>

KLOCK, Carolina et al. A bone to pick: stable isotope compositions as tracers of food sources and paleoecology for notosuchians in the Brazilian Upper Cretaceous Bauru Group. **Cretaceous Research**, v. 131, p. 105113, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2021.105113>

- KRAUS, M. Paleosols in clastic sedimentary rocks: Their geologic applications. **Earth-Science Reviews**, 47:41-70, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(99\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(99)00026-4)
- LAMBE, L. M. et al. A new genus and species of crestless hadrosaur from the Edmonton Formation of Alberta. **The Ottawa Naturalist**, v. 31, n. 7, p. 65-73, 1917.
- LANGER, Max Cardoso et al. A new desert-dwelling dinosaur (Theropoda, Noosaurinae) from the Cretaceous of south Brazil. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-31, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45306-9>
- LEVINS, R., 1968. Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations, vol. 2. Princeton University Press, New Jersey, p. 120p. <https://doi.org/10.1515/9780691209418>
- LIU, Jun; BEVER, Gabriel S. The tetrapod fauna of the upper Permian Naobaogou Formation of China: a new species of Elginia (Parareptilia, Pareiasauria). **Papers in Palaeontology**, v. 4, n. 2, p. 197-209, 2018. <https://doi.org/10.1002/spp2.1105>
- LOEWEN, Mark A. et al. Horned dinosaurs (Ornithischia: Ceratopsidae) from the Upper Cretaceous (Campanian) Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico. In: **New Perspectives on Horned Dinosaurs: The Royal Tyrrell Museum Ceratopsian Symposium**. Bloomington: Indiana University Press, 2010. p. 334-335.
- LOPES RODRIGUES C. J., BORGATTI H., GOMES M. O. S., KNAUER L. G., DUTRA T. L., RIFF D. & BITTENCOURT J.S. 2018. Ocorrência de conífera na Formação Marília, Cretáceo Superior da Bacia Bauru, Triângulo Mineiro. **Anais do 49º Congresso Brasileiro de Geologia**, Rio de Janeiro, p. 1369.
- LYSON, Tyler R.; LONGRICH, Nicholas R. Spatial niche partitioning in dinosaurs from the latest Cretaceous (Maastrichtian) of North America. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 278, n. 1709, p. 1158-1164, 2011. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1444>

MAIDMENT, Susannah CR; BATES, Karl T.; BARRETT, Paul M. Three-dimensional computational modeling of pelvic locomotor muscle moment arms in *Edmontosaurus* (Dinosauria, Hadrosauridae) and comparisons with other archosaurs. **Hadrosaurs. Indiana University Press, Bloomington**, p. 433-448, 2014.

MAISEY, John G. The spine-brush complex in symmoriiform sharks (Chondrichthyes; Symmoriiformes), with comments on dorsal fin modularity. **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 29, n. 1, p. 14-24, 2009. <https://doi.org/10.1671/039.029.0130>

MALLON, Jordan C. et al. New information on the rare horned dinosaur *Arrhinoceratops brachyops* (Ornithischia: Ceratopsidae) from the Upper Cretaceous of Alberta, Canada. **Canadian Journal of Earth Sciences**, v. 51, n. 6, p. 618-634, 2014. <https://doi.org/10.1139/cjes-2014-0028>

MANZINI, Flavio Fernando. **Redefinição da formação Marília em seu local-tipo: estratigrafia, ambiente de sedimentação e paleogeografia**. 1999. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, 08.10. 1999.

MARSH, Othniel Charles. Notice of gigantic horned Dinosauria from the Cretaceous. **American Journal of Science**, v. 3, n. 224, p. 173-176, 1889. <https://doi.org/10.2475/ajs.s3-38.224.173>

MARTINELLI, Agustín G.; TEIXEIRA, Vicente PA. The Late Cretaceous vertebrate record from the Bauru group in the Triângulo Mineiro, southeastern Brazil. **Boletín Geológico y Minero**, v. 126, n. 1, p. 129-158, 2015.

MENEGAZZO, Mirian Costa; CATUNEANU, Octavian; CHANG, Hung Kiang. The South American retroarc foreland system: the development of the Bauru Basin in the back-bulge province. **Marine and Petroleum Geology**, v. 73, p. 131-156, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.02.027>

MELOTTI, Mateus M. **Nichos ecológicos de arcossauros carnívoros do Cretáceo tardio**. Orientador: Taissa Rodrigues da Silva. 2020. 67. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-

Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2020.

MESO, J. et al. Isolated theropod teeth associated with a sauropod skeleton from the Late Cretaceous Allen Formation of Río Negro, Patagonia, Argentina. **Acta Palaeontologica Polonica**, v. 66, n. 2, 2021. <https://doi.org/10.4202/app.00847.2020>

MCDONALD, Andrew T. A subadult specimen of *Rubeosaurus ovatus* (Dinosauria: Ceratopsidae), with observations on other ceratopsids from the Two Medicine Formation. **PloS one**, v. 6, n. 8, p. e22710, 2011. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022710>

MEZZALIRA, S. 1974. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do Arenito Bauru. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, 51: 1-63.

MILANI, E. J. 2004. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C. D. R. & Brito-Neves, B. B. (org.). **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Ed. Beca, São Paulo. p. 265-279.

MINEIRO, Adriano Santos et al. Invertebrate ichnofossils and rhizoliths associated with rhizomorphs from the Marília Formation (Echaporã Member), Bauru Group, Upper Cretaceous, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 80, p. 529-540, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.10.010>

MILANI EJ, MELO JHG, SOUZA PA, FERNANDES LA, FRANÇA AB. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007

MORLON, Hélène; PARSONS, Todd L.; PLOTKIN, Joshua B. Reconciling molecular phylogenies with the fossil record. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 39, p. 16327-16332, 2011. <https://doi.org/10.1073/pnas.1102543108>

NASCIMENTO, Diego Luciano do; LADEIRA, Francisco Sergio Bernardes; BATEZELLI, Alessandro. Pedodiagenetic characterization of cretaceous paleosols in southwest Minas

Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 2017.

<https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20160065>

NAVA, William R.; MARTINELLI, Agustín G. A new squamate lizard from the Upper Cretaceous Adamantina Formation (Bauru Group), São Paulo State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, p. 291-299, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652011000100017>

NAVA, William R. et al. Primer registro de un pez ámido (Halecomorphi, Amiiiformes, Amiidae) en el Cretácico Superior de la Formación Araçatuba, oeste del Estado de São Paulo, Brasil. 2021. **Historia Natural**, 11(2): 53-60.

NOVAS, Fernando; RIBEIRO, Luis Carlos Borges; DE SOUZA CARVALHO, Ismar. Maniraptoran theropod ungual from the Marília Formation (Upper Cretaceous), Brazil. **Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie**, v. 7, n. 1, p. 37-41, 2005. <https://doi.org/10.22179/REVMACN.7.344>

O'CONNOR, Patrick M.; CLAESSENS, Leon PAM. Basic avian pulmonary design and flow-through ventilation in non-avian theropod dinosaurs. **Nature**, v. 436, n. 7048, p. 253-256, 2005. <https://doi.org/10.1038/nature03716>

PEATE, D. W. (1997). The parana-etendeka province. **Geophysical Monograph**-American Geophysical Union, 100, 217-246. <https://doi.org/10.1029/GM100p0217>

PEYERL, Drielli; CANDEIRO, Carlos Roberto A.; FIGUEIRÔA, Silvia Fernanda Mendonça. Trajectory and contribution of geoscientists (1906–1961) to dinosaur research in the Bauru Group (Cretaceous) in the Triângulo Mineiro region of Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 61, p. 64-70, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2014.11.005>

PIANKA, Eric R. The structure of lizard communities. **Annual review of ecology and systematics**, v. 4, n. 1, p. 53-74, 1973. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000413>

PINHEIRO, Andre Eduardo P. et al. The first notosuchian crocodyliform from the Araçatuba Formation (Bauru Group, Paraná Basin), and diversification of sphagesaurians. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, 2021. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120201591>

PRIETO-MARQUEZ, Albert. Global phylogeny of Hadrosauridae (Dinosauria: Ornithopoda) using parsimony and Bayesian methods. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 159, n. 2, p. 435-502, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2009.00617.x>

QUENTAL, Tiago B.; MARSHALL, Charles R. Diversity dynamics: molecular phylogenies need the fossil record. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 8, p. 434-441, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.05.002>

RIBEIRO, CLAUDIA MARIA MAGALHÃES; CARVALHO, I. D. S.; NAVA, WILLIAM ROBERTO. Ovos de crocodilomorfos da Formação Araçatuba (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), Brasil. **Paleontol Vertebr Gd Temas E Contrib Cientificas Rio Jan Ed Interciência**, p. 285-292, 2006.

RIBEIRO, Luiz CB et al. Sítio Peirópolis e Serra da Galga, Uberaba, MG–Terra dos dinossauros do Brasil. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, v. 1, p. 389-402, 2007.

RICHTER, Martha; SMITH, Moya. A microstructural study of the ganoine tissue of selected lower vertebrates. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 114, n. 2, p. 173-212, 1995. <https://doi.org/10.1006/zjls.1995.0023>

RICCOMINI, C. 1997. Arcabouço estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, 27 (2): 153-162. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1997153162>

RIFF, Douglas; KELLNER, ALEXANDER WILHELM ARMIN. Baurusuchid crocodyliforms as theropod mimics: clues from the skull and appendicular morphology of *Stratiosuchus maxhechti* (Upper Cretaceous of Brazil). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 163, n. suppl_1, p. S37-S56, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2011.00713.x>

RIFF, D. et al. Crocodilomorfos: a maior diversidade de répteis fósseis do Brasil. **Terræ**, v. 9, n. 1/2, p. 12-40, 2012.

RIFF, D.; COSTA, A. C. S.; MACHADO, E. B. New information on Titanosauridae remains (Dinosauria, Sauropoda) from the Marília Formation (Maastrichtian, Bauru Basin) of Campina Verde, Minas Gerais State, Brazil. In: **73rd Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology, Los Angeles. Journal of Vertebrate Paleontology, Program and Abstracts**. 2013. p. 199-199.

RIFF D., SOUZA R. G. & CARVALHO I. S. 2018. Primeiro registro icnológico de Dinosauria na Bacia Bauru. **Paleontologia em Destaque Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia**, Edição Especial de Julho de 2018. p. 91.

RODRIGUES, Gislaiane Bertoglio; FAUTH, Gerson. Isótopos estáveis de carbono e oxigênio em ostracodes do Cretáceo: metodologias, aplicações e desafios. **Terræ Didática**, v. 9, n. 1, p. 34-49, 2013. <https://doi.org/10.20396/td.v9i1.8637408>

ROGERS, Raymond R. et al. Paleoenvironment and paleoecology of *Majungasaurus crenatissimus* (Theropoda: Abelisauridae) from the Late Cretaceous of Madagascar. **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 27, n. S2, p. 21-31, 2007. [https://doi.org/10.1671/0272-4634\(2007\)27\[21:PAPOMC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1671/0272-4634(2007)27[21:PAPOMC]2.0.CO;2)

ROSETTI, L., LIMA, E. F., WAICHEL, B. L., HOLE, M. J., SIMÕES, M. S., & SCHERER, C. M. (2018). Lithostratigraphy and volcanology of the Serra Geral Group, Paraná-Etendeka Igneous Province in southern Brazil: Towards a formal stratigraphical framework. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 355, 98-114. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.05.008>

RUBEN, John A. et al. Pulmonary function and metabolic physiology of theropod dinosaurs. **Science**, v. 283, n. 5401, p. 514-516, 1999. <https://doi.org/10.1126/science.283.5401.514>

SALGADO, Leonardo; DE SOUZA CARVALHO, Ismar. *Uberabatitan ribeiroi*, a new titanosaur from the Marília formation (Bauru group, Upper Cretaceous), Minas Gerais, Brazil.

Palaeontology, v. 51, n. 4, p. 881-901, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4983.2008.00781.x>

SAMPSON, SCOTT D.; LOEWEN, MARK A. Unraveling a radiation: a review of the diversity, stratigraphic distribution, biogeography, and evolution of horned dinosaurs (Ornithischia: Ceratopsidae). In: **New Perspectives on Horned Dinosaurs: The Royal Tyrrell Museum Ceratopsian Symposium**. Bloomington: Indiana University Press, 2010. p. 427.

SANDER, P. Martin et al. Biology of the sauropod dinosaurs: the evolution of gigantism. **Biological Reviews**, v. 86, n. 1, p. 117-155, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00137.x>

SANTOS, Rodolfo Otávio dos et al. Descrição, identificação e análise das macro e microestruturas presentes em dentes de Theropoda e Crocodyliformes da Bacia Bauru. 2018.

SANTUCCI, Rodrigo M.; ARRUDA-CAMPOS, AC de. A new sauropod (Macronaria, Titanosauria) from the Adamantina Formation, Bauru Group, Upper Cretaceous of Brazil and the phylogenetic relationships of Aeolosaurini. **Zootaxa**, v. 3085, n. 1, p. 1-33, 2011. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3085.1.1>

SANTUCCI, RODRIGO MILONI; BERTINI, Reinaldo José. Distribuição paleogeográfica e biocronológica dos titanossauros (Saurischia, Sauropoda) do Grupo Bauru, Cretáceo Superior do sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 31, n. 3, p. 307-314, 2017. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2001313307314>

SERENO, P.C.; BECK A.L.; DUTHEIL, D.B.; GADO, B.; LARSSON, H.C.E.; LYON, G.H.; MARCOT, J.D.; RAUHUT, O.W.M.; SADLEIR, R.W.; SIDOR, A.C.; VARRICCHIO, D.D.; WILSON, G.P. & WILSON, J.A. 1998. A long-snouted predatory dinosaur from Africa and the evolution of spinoaurids. **Science**, 282: 1298-1302. <https://doi.org/10.1126/science.282.5392.1298>

SGARBI, Geraldo Norberto Chaves; DARDENNE, Marcel Auguste. 1996. Evolução Climática do Gondwana nas Regiões Centro-Sul do Brasil e Seus Registros Geológicos

Continentalis Durante o Mesozóico, Enfatizando o Arco do Alto Paranaíba, A Borda NNE da Bacia do Paraná e a Porção Meridional da Bacia Sanfranciscana, no Oeste do Estado de Minas Gerais. **Geonomos**, 4(1): 21-49. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v4i1.193>

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B; FÚLFARO, V. J. & SOBREIRO NETO, A. F. 1980. Ensaio de caracterização do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, 10 (3): 177-185. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1980177185>

SOARES, Marcus Vinícius Theodoro et al. Sedimentology of a distributive fluvial system: The Serra da Galga Formation, a new lithostratigraphic unit (Upper Cretaceous, Bauru Basin, Brazil). **Geological Journal**, v. 56, n. 2, p. 951-975, 2021. <https://doi.org/10.1002/gj.3987>

SOARES, Marcus Vinícius Theodoro et al. Climatic and geomorphologic cycles in a semiarid distributive fluvial system, Upper Cretaceous, Bauru Group, SE Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 372, p. 75-95, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2018.05.001>

SOTO, David X.; WASSENAAR, Leonard I.; HOBSON, Keith A. Stable hydrogen and oxygen isotopes in aquatic food webs are tracers of diet and provenance. **Functional Ecology**, v. 27, n. 2, p. 535-543, 2013. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12054>

STRAIGHT, William H.; BARRICK, Reese E.; EBERTH, David A. Reflections of surface water, seasonality and climate in stable oxygen isotopes from tyrannosaurid tooth enamel. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 206, n. 3-4, p. 239-256, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.01.006>

STROMER, E. 1915. Ergebnisse der Forschungsreisen Prof. E. Stromers in den Wüsten Ägyptens. Abhandlungen der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften, **Math.-Phys.** 28, 1-32.

SUAREZ, Celina A. et al. Use of multiple oxygen isotope proxies for elucidating Arctic Cretaceous palaeo-hydrology. Geological Society, London, **Special Publications**, v. 382, n. 1, p. 185-202, 2013. <https://doi.org/10.1144/SP382.3>

SUGUIO, K. Fatores paleoambientais e paleoclimáticos e subdivisão estratigráfica do Grupo Bauru. Resumos Expandidos, 1ª Mesa Redonda: A Formação Bauru no estado de São Paulo e Regiões Adjacentes, SBG/Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, p. 15-26, 1980.

TÜTKEN, T. The diet of sauropod dinosaurs: Implications from carbon isotope analysis of teeth, bones, and plants. **Biology of the sauropod dinosaurs: Understanding the life of giants**, p. 57-79, 2011.

VASCONCELLOS, F. M.; CARVALHO, I. S. Paleoichnological assemblage associated with *Baurusuchus salgadoensis* remains, a *Baurusuchidae* Mesoeucrocodylia from the Bauru Basin, Brazil (Late Cretaceous). **Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science**, v. 51, p. 227-237, 2010.

WASHBURN, C. W. 1930. Petroleum geology of the State of São Paulo. **Boletim da Comissão Geográfica e Geológica**, 22: 1-282.

WHITE, Paul D.; FASTOVSKY, David E.; SHEEHAN, Peter M. Taphonomy and suggested structure of the dinosaurian assemblage of the Hell Creek Formation (Maastrichtian), eastern Montana and western North Dakota. **Palaios**, v. 13, n. 1, p. 41-51, 1998.

<https://doi.org/10.2307/3515280>

XING, Lida et al. A sauropod rib with an embedded theropod tooth: direct evidence for feeding behaviour in the Jehol group, China. **Lethaia**, v. 45, n. 4, p. 500-506, 2012.

<https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.2012.00310.x>

XING, Hai; MALLON, Jordan C.; CURRIE, Margaret L. Supplementary cranial description of the types of *Edmontosaurus regalis* (Ornithischia: Hadrosauridae), with comments on the phylogenetics and biogeography of Hadrosaurinae. **PloS one**, v. 12, n. 4, p. e0175253, 2017.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175253>

