

DISTRIBUIÇÃO PALEOGEOGRÁFICA E BIOCRONOLÓGICA DOS TITANOSSAUROS (SAURISCHIA, SAUROPODA) DO GRUPO BAURU, CRETÁCEO SUPERIOR DO SUDESTE BRASILEIRO

RODRIGO MILONI SANTUCCI¹ & REINALDO JOSÉ BERTINI²

ABSTRACT PALEOGEOGRAPHICAL AND BIOCHRONOLOGICAL DISTRIBUTIONS OF THE BAURU GROUP TITANOSAURIDS (SAURISCHIA, SAUROPODA), UPPER CRETACEOUS OF SOUTHEASTERN BRAZIL. The Titanosauridae (Saurischia, Sauropoda) is a very common herbivorous dinosaur family in the Upper Cretaceous deposits from South America. In Brazil, titanosaurids occurrences are more usual to the Bauru Group, and they are widely distributed in this unit, comprising especially Álvares Machado, Presidente Prudente, São José do Rio Preto, Monte Alto cities in the State of São Paulo, and Uberaba in Minas Gerais. Morphological analysis of the available specimens revealed two main paleogeographic associations. The first, including occurrences near São José do Rio Preto, Ibirá, Uchôa and Cândido Rodrigues (São Paulo State), and the second Uberaba (Minas Gerais State). The presence of the genus *Aeolosaurus* in the Adamantina Formation from Álvares Machado and Monte Alto (São Paulo State) and in the Serra da Galga Member of the Marília Formation in Uberaba (Minas Gerais State) indicates a Late Campanian/Early Maastrichtian age for this portion of the Bauru Group. This same clade is found in the Neuquén Basin (Argentina) suggesting possible associations between Brazilian and Argentine sauropods, at least during the Late Cretaceous.

Keywords: Sauropoda, Titanosauridae, Bauru Group, Upper Cretaceous

RESUMO A Família Titanosauridae (Saurischia, Sauropoda) constitui um grupo de dinossauros herbívoros muito comum em depósitos do Cretáceo Superior sul-americano. No Brasil são mais abundantes, até o momento, nos sedimentos do Grupo Bauru. Estas ocorrências brasileiras abrangem praticamente todos os domínios desta unidade, como as regiões de Álvares Machado, Presidente Prudente, São José do Rio Preto, Monte Alto, no Estado de São Paulo (SP) e Uberaba (Distrito de Peirópolis), no Estado de Minas Gerais (MG). A análise dos diferentes padrões morfológicos destes materiais revelou que há dois agrupamentos paleogeográficos principais. Um destes se refere às regiões de São José do Rio Preto, Ibirá, Uchôa e Cândido Rodrigues (SP), e o outro à região de Uberaba (MG). O registro do gênero *Aeolosaurus* no Brasil, presente na Formação Adamantina em Monte Alto e Álvares Machado – SP, e na base do Membro Serra da Galga (Formação Marília) em Uberaba – MG, configura-se em um importante indicador biocronológico, por atestar idade neocampaniana/comaastrichtiana para as citadas porções destas unidades. Este mesmo gênero ocorre na Bacia de Neuquén (Argentina), indicando alguma associação entre saurópodos brasileiros e argentinos, pelo menos durante o final do Cretáceo.

Palavras-chave: Sauropoda, Titanosauridae, Grupo Bauru, Cretáceo Superior

INTRODUÇÃO A Família Titanosauridae (Saurischia, Sauropoda) constitui o grupo de dinossauros melhor representado no Cretáceo sul-americano, reunindo espécies de forma e tamanho relativamente diversos. São típicos do hemisfério sul, embora já tenham sido registrados em quase todos os continentes (Powell 1986, Salgado & Coria 1993).

Na América do Sul, Powell (1986) reportou a ocorrência de titanossauros no Brasil, Uruguai, Chile e principalmente Argentina. Moberg (1998) identificou a presença de restos de titanossauros na Formação Lameta, Cretáceo Superior da Índia. Na América do Norte, Europa, Ásia e África, o grupo foi registrado por Powell (1986) e Wilson & Sereno (1998).

Segundo Romer (1956) e Powell (1986), a Família Titanosauridae se caracteriza, entre outros aspectos morfológicos, por apresentar vértebras cervicais com espinho neural bem desenvolvido e vértebras caudais procélicas. A escápula é relativamente longa e pouco expandida distalmente, e há uma proeminência rugosa no bordo anterior do púbis, para fixação de músculos. O contato entre púbis e ísquio é menos expressivo do que em outros saurópodos, sendo o segundo relativamente curto e expandido distalmente, formando a maior parte do acetábulo.

Powell (1986) considerou a ausência de articulação hipósfeno-hipantro nas vértebras dorsais, como um caráter derivado para titanossauros, uma sinapomorfia, que junto a outras características, como procelia das vértebras caudais, os definem como um grupo monofilético.

A Família Titanosauridae é a mais representativa, em termos de números de ocorrências e espécies, dentre os dinossauros encontrados no Brasil. Ocorre nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás. O maior número de achados se concentra na região sudeste do país, com destaque para os municípios de Presidente Prudente, Araçatuba, Ibirá, Monte Alto, Colina e Barretos, em São Paulo, e para a região de Uberaba (Distrito de Peirópolis) e Município de Prata, no Triângulo Mineiro (Minas Gerais), sendo todos os fósseis provenientes

das formações Adamantina, Uberaba e Marília do Grupo Bauru.

Estudos enfocando a distribuição paleogeográfica e aspectos biocronológicos dos titanossauros do Grupo Bauru foram realizados por Huene (1933 *apud* Price 1950), Price (1950), Mezzalana & Arid (1981), Bertini (1993) e Coimbra & Fernandes (1994 *apud* Fernandes 1998), entretanto se basearam em associações paleozoológicas generalizadas, carecendo de estudos morfológicos detalhados de um determinado taxon e/ou taxons. Com base nestas premissas, os principais objetivos deste trabalho são: estudar a distribuição das ocorrências de titanossauros nos depósitos do Grupo Bauru e correlacioná-las, quando possível, com outros restos presentes nos demais depósitos da América do Sul.

MATERIAIS E MÉTODOS Foram levantadas cerca de 130 ocorrências de Titanosauridae no Grupo Bauru, referentes a dados de literatura e/ou consulta à museus e acervos paleontológicos nos estados de São Paulo e Minas Gerais. Apesar deste número relativamente grande, a maioria do material, seja figurado nos artigos ou catalogados nas coleções, constitui elementos desarticulados e, muitas vezes, mal preservados.

A maior parte do estudo morfológico realizado neste trabalho está baseado em vértebras, especialmente as caudais, pois além de serem mais apropriadas para identificação taxonômica em saurópodos, são relativamente comuns e melhor preservadas que os elementos apendiculares.

Para a interpretação dos dados foram consideradas como materiais significativos para estudo aqueles que permitiam uma identificação taxonômica adequada e que, na medida do possível, seu estado de preservação possibilitasse comparações morfológicas com outras ocorrências. As informações sobre biocronologia foram obtidas pela correlação com depósitos argentinos.

Abreviações e instituições citadas no texto: USJP (Museu de Geo-

1 - Pós - Graduação em Geociências – UNESP. Av. 24-A, Nº 1515, CP 178, CEP 13506-900, Rio Claro – SP. e-mail: rmlonis@rc.unesp.br

2 - UNESP/IGCE/Departamento de Geologia Aplicada, e-mail: rbertini@rc.unesp.br

logia, UNESP/São José do Rio Preto - SP), MPMA (Museu de Paleontologia de Monte Alto - SP), URC (Museu de Paleontologia e Estratigrafia, UNESP/Rio Claro - SP), CPP (Centro de Pesquisas Paleontológicas Llewellyn Ivor Price - Peirópolis), MG (MUGEO - Museu Geológico Valdemar Lefèvre - SP), IG (Instituto Geológico - SP), MN (Museu Nacional - RJ), MPCA (Museu Provincial de Cipolletti - Rio Negro, Argentina).

GEOLOGIA REGIONAL A Bacia Bauru (Fig. 1) possui forma aproximadamente elíptica, com eixo maior de direção nordeste e espessura máxima preservada de 300 m, abrangendo uma área com cerca de 370.000 km² (Fernandes 1992, Riccomini 1997). Atualmente, esta bacia é dividida nos grupos Caiuá e Bauru (Fernandes & Coimbra 1996, Fernandes 1998).

O Grupo Caiuá é composto pelas formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio, correspondendo a depósitos arenosos associados a um sistema eólico (Fernandes & Coimbra 1994, 1996; Fernandes 1998).

O Grupo Bauru aflora nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás. Segundo Fernandes & Coimbra (1994), corresponde a depósitos essencialmente arenosos, acumulados em sistemas fluviais entrelaçados, com lagos efêmeros e leques aluviais marginais. Parece não haver ainda um consenso sobre a divisão litoestratigráfica deste grupo, entre as unidades mais aceitas estão as formações Araçatuba, Adamantina, Uberaba e Marília.

De acordo com Batezelli (1998) e Fernandes (1998), a Formação Araçatuba consiste de siltitos e arenitos muito finos, cinzas-verdeados, apresentando freqüente cimentação carbonática. Os estratos são geralmente maciços, ocorrendo às vezes estratificação plano-paralela no topo das camadas.

A Formação Adamantina compreende arenitos maciços, às vezes com estratificação plano-paralela, cruzada acanalada ou tabular tangencial na base e com baixos ângulos de mergulho na sua porção basal, nas porções médias/superiores se apresenta principalmente como estratos tabulares de arenitos finos a muito finos, subordinadamente médios, de cor rosa a marrom-clara, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, maciços ou com discreta estratificação plano-paralela (Soares *et al.* 1980, Barcelos 1984, Fernandes 1992).

Esta unidade é ricamente fossilífera, apresentando restos de moluscos diversos, ostracodes e conchostracos, peixes, testudinos, crocodilomorfos, maniraptoriformes e sauropodomorfos (Mezzalana 1989, Bertini 1993).

Segundo Hasui (1968) e Fernandes (1998), a Formação Uberaba é composta por arenitos muito finos a lamitos siltosos e arenitos finos subordinados, com matriz argilosa verde. Apresenta ainda intercalações de siltitos, argilitos, arenitos conglomeráticos e conglomerados de matriz arenosa.

Dentre os fósseis encontrados nesta unidade citam-se icnofósseis, restos de titanossauros (vértebras e elementos apendiculares) e ovos de répteis (Bertini 1993, Goldberg 1995 *apud* Fernandes 1998).

A Formação Marília é composta por arenitos grossos a conglomeráticos, textural e mineralogicamente imaturos, em bancos maciços ou com incipiente estratificação sub-paralela e, mais raramente, cruzada (Soares *et al.* 1980; Barcelos 1984; Fernandes 1998). Segundo Barcelos (1984), a unidade se divide nos membros Serra da Galga, Ponte Alta e Echaporã, os dois primeiros restritos ao Triângulo Mineiro. Trabalhos posteriores, como Barcelos & Suguio (1987), e Fernandes (1998), também adotaram a mesma subdivisão.

O Membro Serra da Galga se destaca como uma das unidades mais importantes do ponto de vista paleontológico do Grupo Bauru, com restos de ostracodes, peixes, testudinos, crocodilomorfos e dinossauros.

OCORRÊNCIAS DE TITANOSAURIDAE NA BACIA BAURU

Apesar do grande número de ocorrências levantadas, apenas algumas estão suficientemente bem preservadas para fornecerem informações taxonômicas adequadas. Dentre estas, ocorrem restos associados a Titanosauridae indet., *Titanosaurus* e *Aeolosaurus*.

SAURISCHIA Seeley, 1888

SAUROPODOMORPHA Huene, 1932

SAUROPODA Mash, 1878

NEOSAUROPODA Bonaparte, 1986

TITANOSAURIFORMES Salgado *et al.*, 1997

TITANOSAURIA Bonaparte & Coria, 1993

TITANOSAURIDAE Lydekker, 1893

Gênero *Aeolosaurus* Powell, 1986 (Figs. 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F, 2G e 2H) Existem quatro ocorrências associáveis ao gênero *Aeolosaurus* no Grupo Bauru.

O material encontrado em Monte Alto (Fig. 2A) é um dos mais significativos, principalmente por apresentar uma boa parte do esqueleto preservado. Além disto, mostra uma associação paleoecológica direta com crocodilomorfos e maniraptoriformes, através de dentes destes taxons, também encontrados associados ao esqueleto.

Como na espécie tipo *Aeolosaurus rionegrinus* (Powell 1986), a identificação genérica se baseou na morfologia das vértebras caudais anteriores. Na sequência de vértebras caudais preservadas nesta ocorrência de Monte Alto, ou seja, da 4^a até a 9^a vértebra caudal, observam-se algumas características muito diagnósticas do gênero: espinho neural inclinado para frente, pelo menos a partir da 6^a vértebra caudal; arco neural bastante deslocado para a porção anterior do corpo vertebral, de maneira que suas pós-zigapófises se localizam na metade anterior do corpo vertebral; pré-zigapófises relativamente mais longas que em outros titanossauros, como ocorre tipicamente no gênero *Aeolosaurus* e, face ventral do corpo vertebral comprimida ântero-posteriormente, apresentando forte depressão.

Quanto ao posicionamento estratigráfico, o material provém da porção superior da Formação Adamantina.

A segunda ocorrência (Fig. 2B), foi identificada na porção inferior do Membro Serra da Galga, Formação Marília da região de Uberaba (MG). Apesar de ser constituído por apenas uma vértebra caudal média, as características observadas permitem uma associação segura deste material a *Aeolosaurus*. Segundo Salgado *et al.* (1997), a presença de espinho neural inclinado para frente, nas vértebras caudais médias e posteriores, não é observado em nenhum outro saurópodo, sendo interpretado como uma autapomorfia para o gênero.

O terceiro registro de *Aeolosaurus* (Figs. 2C, D e E) provém da Formação Adamantina da região de Álvares Machado e, apesar de ser um dos mais completos espécimens de Titanosauridae encontrados no Brasil, não está muito bem preservado. Cunha *et al.* (1987) e Bertini (1993) se referiram a ele como *Titanosaurus* sp., mas Kellner & Azevedo (1999) propuseram gênero e espécie novos para este material, denominando-o de *Gondwanatitan faustoi*.

Contudo, como observado por Bertini *et al.* (2000), suas vértebras caudais apresentam espinho neural inclinado para frente e pré-zigapófises muito longas (Fig. 2E), características típicas do gênero *Aeolosaurus*. Além disto, as principais apomorfias, descritas por Kellner & Azevedo (1999), como a crista deltoide do úmero inclinada para a região medial (Fig. 2C), centro das vértebras caudais com seção em forma de coração, e articulação proximal da tíbia projetada para a região dorsal (Fig. 2D), estão presentes em espécimens de *Aeolosaurus* brasileiros e argentinos (Figs. 2F e G).

Desta forma, parece claro que "*Gondwanatitan*" representa uma sinônima do gênero *Aeolosaurus*, sendo mais apropriado chamá-lo de *Aeolosaurus faustoi*.

A quarta se refere à uma placa dérmica isolada (Fig. 2H) proveniente de Uberaba (Membro Ponte Alta da Formação Marília), descrita por Azevedo & Kellner (1998).

Sua associação com *Aeolosaurus* é questionável, pois em titanossauros sul-americanos, a presença de placas dérmicas era somente conhecida no gênero *Saltasaurus*, da Subfamília Saltosaurinae. Entretanto, Salgado & Coria (1993) citaram a ocorrência de placas dérmicas em espécimens de *Aeolosaurus* em depósitos argentinos.

Gênero *Titanosaurus* Lydekker, 1877 (Figs. 3A e 3B)

Existem duas ocorrências que podem ser associadas ao gênero

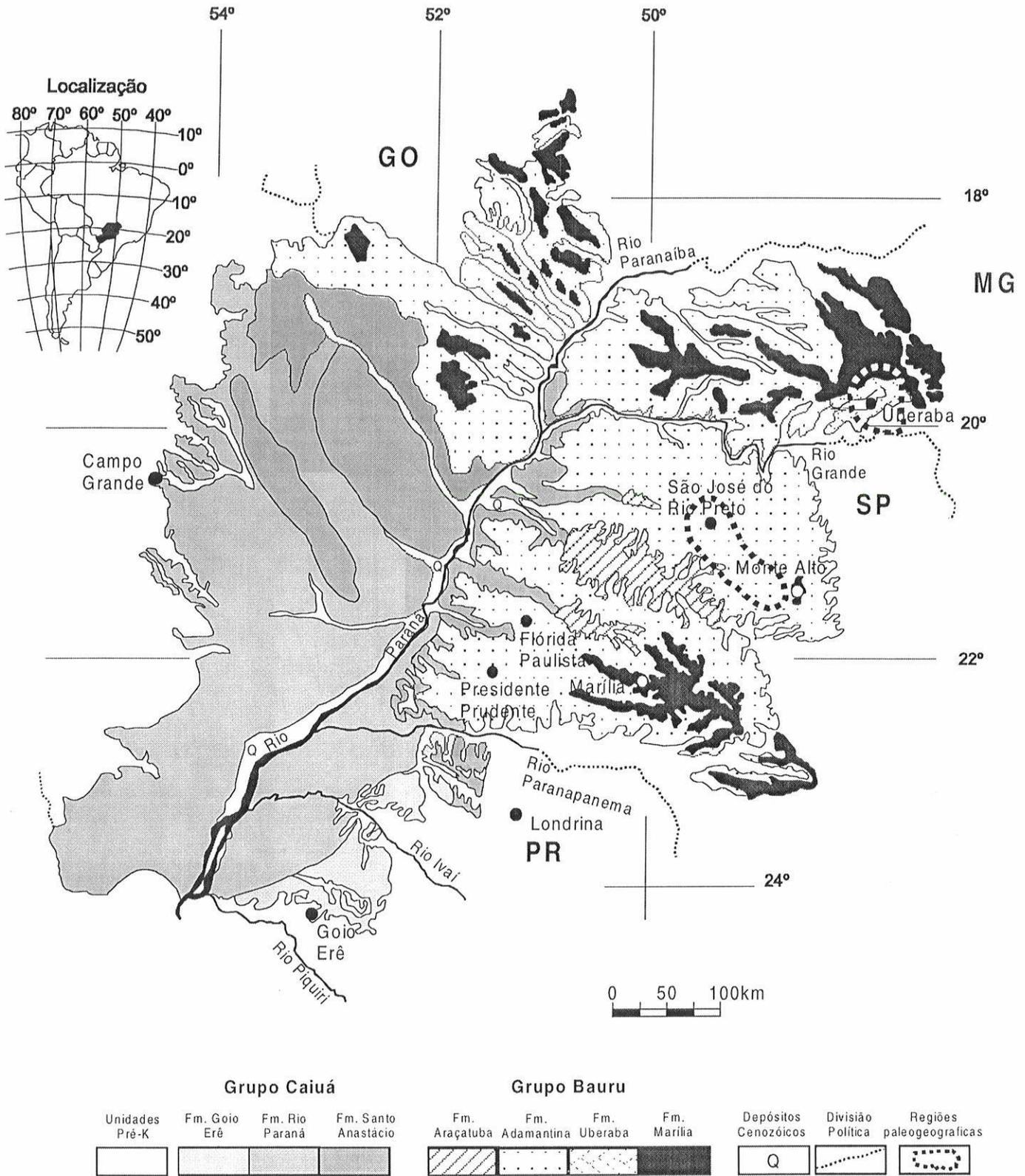


Figura 1 - Mapa geológico da Bacia Bauru (compilado de Fernandes & Coimbra 1994 e Fernandes 1998), com a localização das distribuições paleogeográficas de titanossauros.

Titanosaurus. A primeira, localizada em Uberaba (Membro Serra da Galga da Formação Marília), foi mencionada por Powell (1986, 1987) como Série C, atribuindo-a a *Titanosaurus* sp.. Bertini (1993, 1994) se referiu a este material como *Titanosaurus* sp. nov.

É representado por uma vértebra sacral e parte de uma seqüência articulada de vértebras caudais (da 1^a à 18^a). As mais anteriores (as

primeiras nove) possuem espinho neural largo e algo inclinado para trás, com lâminas pré e pós-espinhais bem desenvolvidas, os processos transversos são relativamente curtos e também inclinados para trás. As vértebras caudais mais posteriores (as últimas nove) desta seqüência, apresentam corpo vertebral relativamente alto e estreito, espinho neural inclinado para trás e muito comprimido lateralmente e processos transversos reduzidos a uma ligeira protuberância (Powell 1987; Bertini

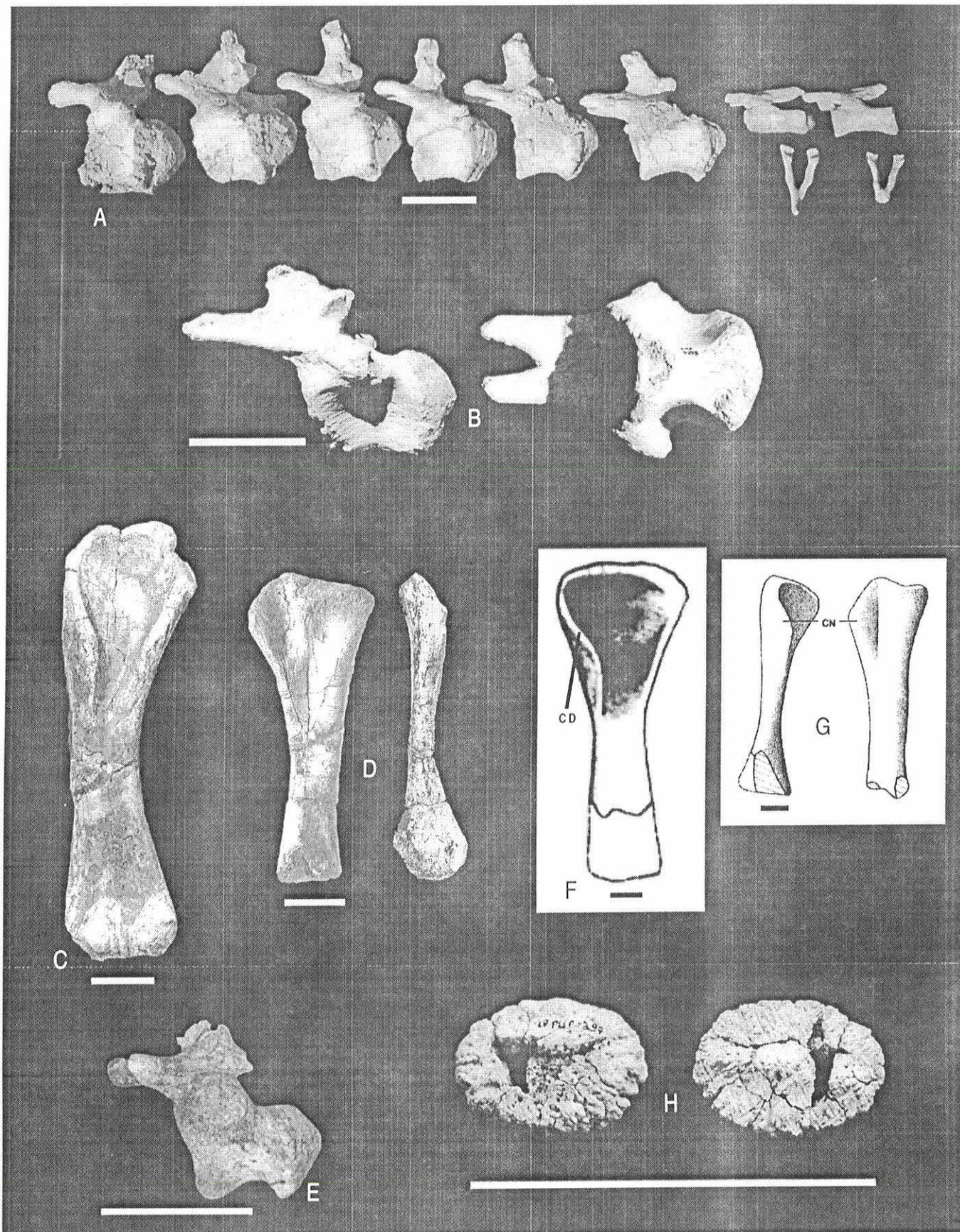


Figura 2 - A - MPMA / Sem número, Acolosaurus, vértebras caudais anteriores (provavelmente quarta a nona) e médio - posteriores, com suas hemapófises; vista lateral esquerda, B - CPP 298, Acolosaurus, vértebra caudal média em vistas lateral esquerda e ventral, respectivamente, C - MN 4111 - V, Gondwanatitan, úmero direito em vista anterior (fonte Kellner & Azevedo 1999), D - MN 4111-V, Gondwanatitan, tibia esquerda em vistas lateral e anterior, respectivamente (fonte Kellner & Azevedo 1999), E - MN 4111 - V, Gondwanatitan, vértebra caudal anterior em vista lateral esquerda (fonte Kellner & Azevedo 1999), F - MPCA 27100, Acolosaurus, úmero esquerdo em vista anterior; figura espelhada (fonte Salgado et al. 1997), G - MPCA 27100, Acolosaurus, tibia esquerda em vista anterior e lateral (fonte Salgado et al. 1997), H - CPP 297, Placa dérmica em vista ventral e dorsal; CD: Crista deltopectoral; CN: Crista cnemial. Escalas 10 cm.

1993).

Corresponde ao espécimen de número de catálogo MCT 1490 – R, depositado na coleção da Seção de Paleontologia do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Rio de Janeiro (Powell 1986; Bertini 1993).

A segunda ocorrência, também coletada na região de Uberaba (Membro Serra da Galga), é composta por dez vértebras caudais médio-distais parcialmente articuladas, onde a sexta vértebra desta sequência é bicôncava, seguida por uma biconvexa (Fig. 3A e B). A primeira vértebra preservada deve corresponder à 13ª ou 14ª vértebra da série caudal, sendo muito semelhante às últimas vértebras da ocorrência anterior, ou seja, o espécimen MCT 1490 - R.

A presença de vértebras caudais médio-distais bicôncavas e biconvexas havia sido noticiada previamente para *Aeolosaurus* por Powell (1986). Além disto, novos achados argentinos (Gonzales-Riga, *inf. verbal* 2000) sugerem que este tipo de estrutura é mais comum do que se imaginava.

Subfamília Titanosaurinae gen. indet. et sp. indet. Existem dois conjuntos de materiais associáveis a este clado. Um consiste de uma série cervical quase completa, exceto o atlas, integrada pelo áxis e onze vértebras cervicais, além das três dorsais mais anteriores, depositada na Seção de Paleontologia do Departamento Nacional da Produção Mineral sob o número de catálogo MCT 1487 – R, (Bertini, 1993) proveniente do Membro Serra da Galga da Formação Marília de Peirópolis, Município de Uberaba, Estado de Minas Gerais, correspondendo à Série A de Powell (1986, 1987).

Outro compreende cinco vértebras cervicais, dez dorsais (a última cervical e as dorsais articuladas), um sacro com o fúlio articulado, dez vértebras caudais parcialmente articuladas, todo o conjunto depositado na Seção de Paleontologia do Departamento Nacional da Produção Mineral sob o número de catálogo MCT 1488 – R, (Bertini, 1993) também coletados no Membro Serra da Galga da Formação Marília da região de Peirópolis, denominados por Powell (1986, 1987) de Série B.

Os elementos citados foram descritos previamente por Powell (1986, 1987) como gênero e espécie novos. Bertini (1993, 1994) também assim os considerou, dentro da Subfamília Titanosaurinae. Entretanto, estes autores não propuseram nomes formais.

As vértebras da série cervical A (MCT 1487 – R) são longas, largas e relativamente baixas, com espinho neural muito curto, os processos transversos são bem desenvolvidos e robustos (Powell 1987).

Na série dorso-sacral (MCT 1488 – R), as vértebras dorsais anteriores são relativamente baixas e alongadas, com espinhos neurais, diapófises e parapófises bem desenvolvidas. As lâminas que suportam estes elementos também apresentam importante desenvolvimento.

As vértebras dorsais posteriores, deste mesmo conjunto (MCT 1488 – R), são mais altas e curtas, com parapófises, diapófises e espinhos neurais desenvolvidos. Na última dorsal o espinho neural é vertical, e não está inclinado para trás, como nas demais (Powell 1987).

Titanosauridae indet (Fig. 3C, 3D, 3E e 3F) Os restos mencionados neste item requerem uma melhor contextualização taxonômica pois não podem ser associados com outras ocorrências descritas na literatura, ou seja, podem representar tanto espécies quanto gêneros novos.

Existem pelo menos cinco ocorrências de vértebras caudais isoladas, abrangendo as regiões de São José do Rio Preto, Ibirá, Uchôa e Cândido Rodrigues (Estado de São Paulo), todas provenientes da Formação Adamantina. Apresentam características muito semelhantes entre si, e podem ser agrupadas em um mesmo morfotipo.

São relativamente mais simples do que a maioria das outras vértebras caudais de titanossauros e se caracterizam por possuírem: corpos vertebrais muito baixos e com seção transversal quadrada (às vezes retangular); convexidade da face posterior pouco desenvolvida; face ventral praticamente plana, apenas com duas proeminências na borda posterior para a articulação das hemapófises e, processos transversos e pré-zigapófises relativamente curtos e robustos (Fig. 3C).

Outra ocorrência, sem caracterização taxonômica definida, proveniente da Formação Adamantina, é composta por seis vértebras cau-

dais articuladas (Figs. 3D e E) e um fêmur esquerdo completo, figurados em Mezzalira (1989).

Mezzalira (*informação verbal*) afirmou que o fêmur foi coletado pelos operários que construíram o ramal ferroviário entre Adamantina e Flórida Paulista, sem acompanhamento técnico adequado. E que apenas depois, no mesmo ponto, foram retiradas as vértebras. Por esta razão, não há certeza absoluta da associação entre estes elementos ósseos.

As vértebras caudais são fortemente procélicas, as faces laterais e ventral do corpo vertebral são côncavas; os processos transversos são reduzidos e levemente inclinados para trás; as pré-zigapófises são relativamente curtas; o espinho neural é expandido lateralmente, especialmente na porção distal, e levemente inclinado para trás, nas duas últimas das vértebras desta série chega a ser vertical.

Para este material também não há uma descrição formal, sendo que as características apresentadas pelo espinho neural e pelas zigapófises são suficientemente diferentes para considerá-lo uma espécie distinta das demais dentro da Família Titanosauridae.

Existem ainda vértebras caudais desarticuladas provenientes de Uberaba que, apesar de possuírem tamanhos variados, apresentam em comum lâminas pré e pós-espinhais, infra-poszigapofiseais, espino-zigapofiseais e espino-diapofiseais, muito desenvolvidas.

O grande desenvolvimento destas lâminas é responsável pelo aparecimento de pequenas fossas pré-espinhais e infra-espinhais, ao menos nas vértebras caudais mais anteriores. De maneira geral, estes elementos são fortemente procélicos (Fig. 3F).

Dentes (Fig. 3G e 3H) Há dois tipos principais de dentes titanossaurianos, nas assembléias do Grupo Bauru, provenientes das formações Adamantina (regiões de Santo Anastácio, Flórida Paulista, Monte Alto e São José do Rio Preto) e Marília (regiões de Marília e Peirópolis).

O primeiro possui seção circular na porção basal e elíptica no restante do dente, com a face labial relativamente plana na porção apical. À medida que se torna elíptico, adquire um formato cônico (Fig. 3G).

Em alguns exemplares, na região apical, são observadas duas facetas de desgaste. Uma mais acentuada na face lingual e outra menos desenvolvida na labial.

O segundo tipo possui seção circular em toda sua extensão, sendo que o diâmetro de sua porção apical é apenas um pouco menor que na raiz (Fig. 3H).

Como estes dentes não foram encontrados associados a fragmentos cranianos, torna-se muito difícil saber se estas variações representam indivíduos de espécies diferentes ou variação morfológica em um mesmo indivíduo.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A DISTRIBUIÇÃO PALEOGEOGRÁFICA Os fósseis de maior relevância foram agrupados em regiões paleogeográficas, baseadas especialmente em conjuntos de padrões morfológicos semelhantes. Estes restos, como citado anteriormente, são constituídos por vértebras caudais, algumas desarticuladas, mesmo assim apresentando um número de características suficientes para tal agrupamento.

Foi possível estabelecer duas regiões com distribuições paleogeográficas relativamente bem definidas, uma englobando a cidade de São José do Rio Preto e outra a região de Uberaba (Fig. 1). Parece existir um terceiro agrupamento na região de Adamantina, entretanto são necessários novos achados para que esta hipótese se confirme. Além disto, há um enorme número de ocorrências que não se enquadram em nenhum destes padrões, tanto pela má qualidade de preservação, como pela morfologia do material preservado.

A associação São José do Rio Preto engloba, além da região homônima, as áreas de Ibirá, Uchôa e Cândido Rodrigues, representada por aproximadamente cinco ocorrências, todas provenientes da Formação Adamantina. Se caracteriza por vértebras caudais relativamente mais simples, com lâminas muito pouco desenvolvidas; seção transversal do corpo vertebral aproximadamente retangular ou quadrada; faces ventrais planas, a não ser pelas saliências na margem posterior para articulação das hemapófises; convexidade da face posterior pouco desenvolvida, limitada a uma pequena protuberância, deslocada pouco acima

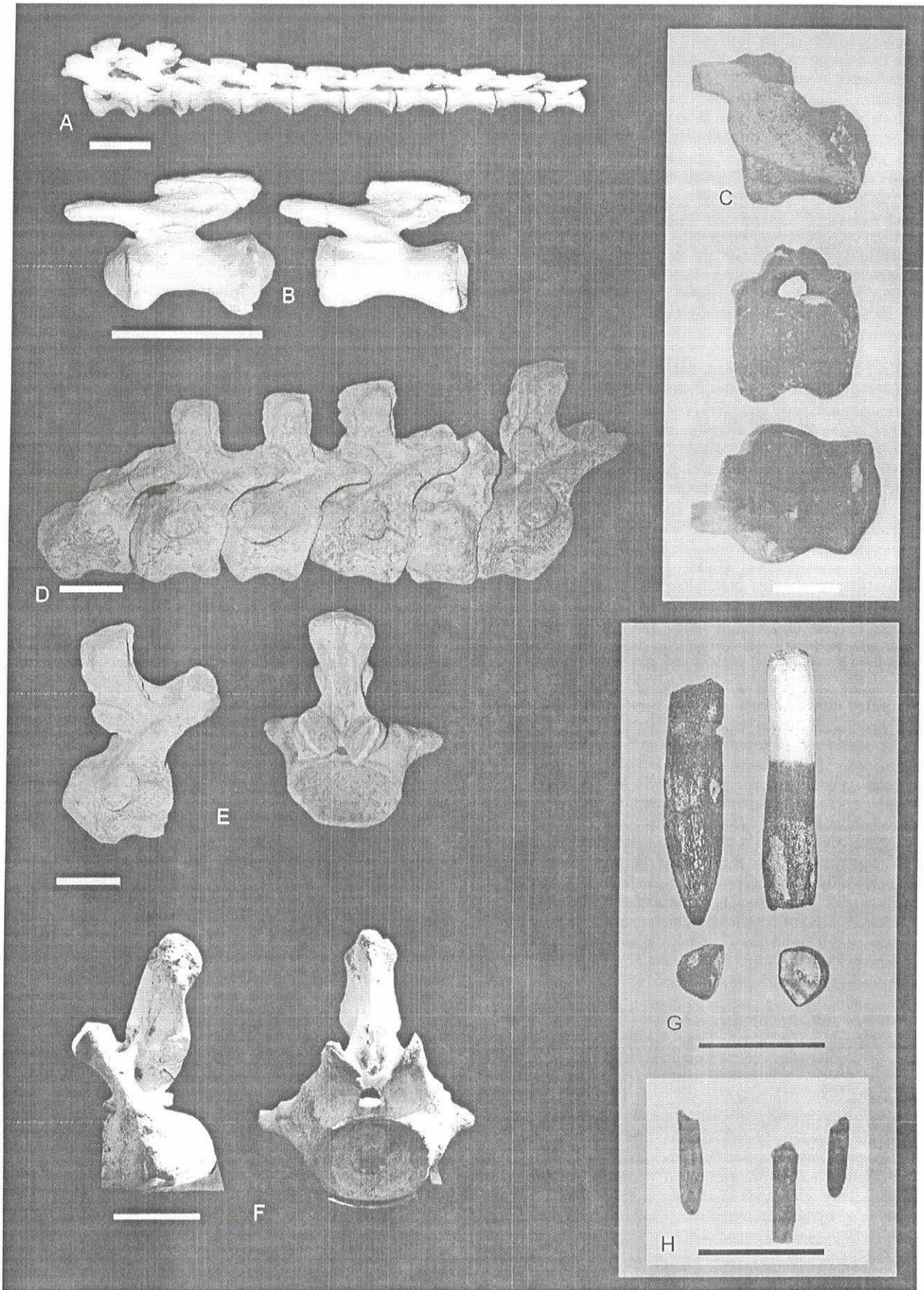


Figura 3 - A - CPP 393 à 402, Titanosaurus, vértebras caudais médio-posteriores parcialmente articuladas, em vista lateral esquerda, B - CPP 398 e 399, detalhe da vértebra caudal biconvexa e anficélica, vista lateral esquerda, C - USJP / sem número, vértebra caudal médio-anterior, vistas lateral esquerda, posterior e dorsal, D - MG 1282 - V, vértebras caudais anteriores, vista lateral direita, E - MG 1282 - V, vértebra caudal anterior, vistas lateral direita e anterior, F - CPP 217, vértebra caudal anterior em vistas lateral esquerda e anterior, G - IG 330 - V, dentes com ponta cônica, H - URC - dentes sem ponta cônica. Escalas de G e H 2 cm, demais escalas 10 cm.

do eixo do corpo vertebral e, processos transversos pouco desenvolvidos, porém robustos.

A associação Uberaba se refere à região do Triângulo Mineiro e engloba a maioria das ocorrências daquela cidade e do Distrito de Peirópolis, provenientes da porção superior da Formação Uberaba e do Membro Serra da Galga da Formação Marília. É caracterizada por vértebras com lâminas pré-espinhais e pós-espinhais, espinozigapofisais e espinodiapofisais muito desenvolvidas. O grande desenvolvimento destas lâminas é responsável pelo aparecimento de pequenas fossas pré-espinhais e infra-espinhais, ao menos nas vértebras caudais anteriores.

De maneira geral estas vértebras apresentam respectivamente concavidade e convexidade, das faces anteriores e posteriores, relativamente melhor definidas do que os materiais procedentes de outras regiões.

Uma divisão paleogeográfica semelhante havia sido proposta por Coimbra & Fernandes (1994 *apud* Fernandes 1998). Contudo, estes autores levaram em conta apenas categorias taxonômicas mais elevadas, onde os três compartimentos, por eles denominados de Presidente Prudente, São José do Rio Preto e Uberaba, apresentam restos de bivalvíos, ostracodes, conchóstracos, testudinos, crocódilomorfos, terópodomorfos e saurópodos, com uma divisão baseada especialmente nas características litológicas das rochas onde estes fósseis foram encontrados.

O padrão de distribuição paleogeográfica apresentado pelos titanossauros, com base apenas nos aspectos morfológicos do grupo reflete, em parte, a proposta paleobiogeográfica de Coimbra & Fernandes (1994 *apud* Fernandes 1998).

Os dois tipos principais de dentes aparentemente não apresentam distribuição paleogeográfica definida. Distribuem-se homogênea por todo o Grupo Bauru, e nas mesmas regiões onde ocorrem os restos ósseos. São encontrados, na maioria das vezes, em localidades muito próximas, ou até no mesmo afloramento.

A presença de *Aeolosaurus* no Grupo Bauru fornece significativas informações sobre sua distribuição paleogeográfica. Este gênero era conhecido somente na Argentina, e sua ocorrência no Brasil permite uma correlação com as formações Angostura Collorada, Allen e Los Alamos, que segundo Salgado & Coria (1993) e Salgado *et al.* (1997), também possuem registros deste gênero.

A utilização de *Aeolosaurus* para correlação sugere alguma troca biótica entre as faunas do sudeste do Brasil e de Neuquén, na Argentina. Entretanto, desde o início das pesquisas no Grupo Bauru, praticamente todos os autores teceram comentários sobre o forte caráter endêmico de sua fauna.

Este forte endemismo é realmente observado, especialmente em testudinos e crocódilomorfos e, segundo alguns autores, estaria relacionado à barreiras geográficas nas bordas da bacia, como altos estruturais e alinhamentos presentes durante a fase de sedimentação, relacionados aos derrames basálticos Serra Geral e fraturamentos crustais associados.

Desta forma, a aparente afinidade entre os Titanosauridae das bacias Bauru e Neuquén indica que as barreiras geográficas atuaram de forma seletiva, restringindo a circulação de animais de porte menor, como testudinos e crocódilomorfos, sem impedir, no entanto, uma maior mobilidade de animais de grande porte, neste caso saurópodos, durante a Cretáceo Superior.

CONSIDERAÇÕES BIOCRONOLOGICAS Restos de Hadrosauridae, especificamente do gênero *Kritosaurus*, são muito comuns na América do Norte, sendo este clado considerado fóssil - guia de rochas do Campaniano superior. Bonaparte *et al.* (1984) e Bonaparte (1994) registraram a presença da espécie sul-americana *Kritosaurus australis* na Patagônia.

Através de comparações morfológicas, Bonaparte *et al.* (1984) e Bonaparte (1994) sugeriram que os hadrossauros colonizaram a América do Sul rapidamente, de modo que não houve tempo suficiente para gerar grandes modificações em sua morfologia, como produto de adaptações a novos ambientes. Assim sendo, a ocorrência de *Kritosaurus* na América do Sul também está restrita ao neocampaniano, podendo atingir eomastrichtiano.

Segundo Bonaparte (1992) e Salgado *et al.* (1997), na América do Sul o gênero *Aeolosaurus* ocorre somente associado a *Kritosaurus australis* e, desta forma, também seria um seguro indicador de idade campaniana/maastrichtiana.

A presença de *Aeolosaurus* no Grupo Bauru, especificamente na Formação Adamantina da região de Monte Alto (Bertini *et al.* 1999 a) e na área de Álvares Machado (Kellner & Azevedo 1999, Bertini *et al.* 2000), e na base do Membro Serra da Galga da Formação Marília de Uberaba (Bertini *et al.* 1999 b), é portanto indicativa de idade neocampaniana/eomastrichtiana para as respectivas porções destas unidades, mesmo que ainda não existam registros de *Kritosaurus* no Grupo Bauru.

CONSIDERAÇÕES PALEOECOLÓGICAS Os Titanosauridae ocorrem praticamente em todo o Grupo Bauru. Na borda sul da unidade há registros em Santo Anastácio, Presidente Prudente e Marília; no limite leste ocorrem em Araraquara, Monte Alto, Olímpia e Colina; chegam até mais ao norte em Uberaba (Peirópolis) e Prata; nas regiões oeste e central há restos em Mirandópolis, Pacaembú Paulista, Guararapes, Votuporanga, Mirassol, São José do Rio Preto e Ibirá.

As regiões com maior número de restos coletados (Adamantina, São José do Rio Preto, Monte Alto e Uberaba) provavelmente representam áreas onde houve condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento destes répteis. Por outro lado, podem simplesmente representar o fato de ter havido coleta mais intensa e/ou maior número de afloramentos disponíveis.

Exemplo disto observa-se no extremo oeste do Estado de São Paulo, eventualmente Álvares Machado e Adamantina, onde a maioria dos materiais foi coletada durante a abertura de ferrovias. Na região de Uberaba, o Centro de Pesquisas Paleontológicas L. I. Price vem realizando coletas sistemáticas há algum tempo em uma área geográfica restrita.

A região de Uberaba parece concentrar a maior variedade de titanossauros, com exemplares dos gêneros *Titanosaurus* e *Aeolosaurus*, além de um gênero novo (ainda sem nome) da Subfamília Titanosaurinae, descrito por Powell (1986, 1987). Outra característica importante desta área é a grande variação de tamanho dos espécimens. Há indivíduos muito pequenos, representados principalmente por uma escápula e dois úmeros de tamanho muito reduzido, porém comprovadamente de um animal adulto, devido à perfeita ossificação de suas epífises. Existem também elementos ósseos de indivíduos gigantes, representados por escápula/coracóide, fêmur e vértebra dorsal anterior, todos de tamanho muito maior que os comumente encontrados no Triângulo Mineiro.

Na região de Monte Alto também parece ocorrer gigantismo, caso observado no exemplar de *Aeolosaurus*, comparativamente maior que os encontrados na Argentina e demais registros brasileiros.

A presença de formas gigantes e grande variedade de indivíduos reflete, neste caso, melhores condições ambientais para estes répteis e, de acordo com sua posição geográfica, estas regiões mais favoráveis correspondem às atuais bordas leste e nordeste da Bacia Bauru.

CONCLUSÕES Restos de Titanosauridae se distribuem por praticamente todo o Grupo Bauru, desde Presidente Prudente e Marília, na borda sul da unidade, passando por Adamantina, São José do Rio Preto e Monte Alto, nas regiões sudoeste, central e leste respectivamente, chegando até Uberaba e Prata, mais ao norte. Os restos destes animais provêm de todos os níveis estratigráficos das formações Adamantina e Marília. A Formação Uberaba também apresenta restos de titanossauros, porém estes parecem estar mais restritos ao topo desta unidade.

Na região de São José do Rio Preto a distribuição paleogeográfica é definida por vértebras caudais com lâminas pouco desenvolvidas, seção transversal do corpo vertebral aproximadamente retangular ou quadrada, faces ventrais planas e convexidade da face posterior pouco desenvolvida, limitada a uma pequena protuberância deslocada pouco acima do eixo do corpo vertebral.

Os espécimens da região do Triângulo Mineiro apresentam vértebras com lâminas pré e pós-espinhais, infra-poszigapofisais, espinozigapofisais e espinodiapofisais muito desenvolvidas.

Existem dois tipos distintos de dentes, um com seção aproximada-

mente elíptica, com ponta cônica, e o outro transversalmente quase circular, sem extremidade cônica (estes últimos quase sempre de tamanho menor). Não apresentam distribuição paleogeográfica definida, ambos de ocorrência ampla como nas cidades de Santo Anastácio, Flórida Paulista, Ibirá e Monte Alto (São Paulo) e Uberaba (Minas Gerais).

Os titanossauros da região do Triângulo Mineiro são muito mais diversificados que os das outras regiões, com pelo menos cinco espécies diferentes, englobando indivíduos relativamente pequenos, até espécimens gigantes para os padrões da Família Titanosauridae.

A presença do gênero *Aeolosaurus* nas regiões de Álvares Machado, Monte Alto (topo da Formação Adamantina) e Uberaba (base do Membro Serra da Galga, Formação Marília) permite uma correlação cronológica entre estas duas unidades. Este clado indica idade neocompaniana/eomastrichtiana para os seus respectivos níveis estratigráficos.

A ocorrência do gênero *Aeolosaurus* no Grupo Bauru ainda demonstra que os Titanosauridae, de maneira geral, não apresentavam um padrão de endemismo tão forte quanto o indicado por outros organismos, como testudinos e crocodilomorfos. Contudo, somente animais de porte considerável, como saurópodos, conseguiram circular com maior facilidade entre estas duas regiões durante o Cretáceo Su-

perior. Entretanto, existem algumas espécies endêmicas, como parece ser o caso daquelas que constituem a região paleobiogeográfica Uberaba, com materiais muito diferentes dos encontrados na Argentina e mesmo em outras regiões de São Paulo e Minas Gerais.

Finalmente, todas estas ocorrências, quando analisadas em conjunto, revelam que este grupo de saurópodos possui uma história evolutiva muito mais complexa do que se imaginava, onde algumas espécies apresentam ampla distribuição geográfica, enquanto outras permaneceram em regiões mais restritas, tanto na Bacia de Neuquén como no Grupo Bauru.

Agradecimentos À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo auxílio financeiro (projetos 98 / 13948 - 0 e 00 / 00190 - 4), a Antônio Celso de Arruda - Campos (Museu de Paleontologia de Monte Alto), Luís Carlos Borges Ribeiro (Centro de Pesquisas Paleontológicas), Fernando Pires (Museu de Geologia Valdemar Lefèvre) e Prof. Dr. Max Bradt Neto (Universidade Estadual Paulista, *Campus* São José do Rio Preto) pelas informações prestadas e acesso aos materiais, ao Prof. Dr. Thomas R. Fairchild pela ajuda durante o desenvolvimento do trabalho e aos relatores anônimos da RBG pelas valiosas sugestões ao original.

Referências

- Azevedo S.A.K. & Kellner A.W.A. 1998. A titanosaurid (Dinosauria, Sauropoda) osteoderm from the Upper Cretaceous of Minas Gerais, Brazil. *Boletim do Museu Nacional*, 44:1-6.
- Barcelos J.H. 1984. *Reconstituição 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*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Tese de Livre - Docência, 190 p.
- Barcelos J.H. & Suguio K. 1987. Correlação e extensão das unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru definida em território paulista, nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná. In: SBG, Simpósio Regional de Geologia, 6, Rio Claro, *Atas*, 2:313-321.
- Batezelli A. 1998. *Redefinição litoestratigráfica da unidade Araçatuba e de sua extensão regional na Bacia Bauru no Estado de São Paulo*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Dissertação de Mestrado, 110 p.
- Bertini R.J. 1993. *Paleobiologia do Grupo Bauru, Cretáceo Superior continental da Bacia do Paraná, com ênfase em sua fauna de amniotas*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 393 p.
- Bertini R.J. 1994. Comments on the fossil amniotes from the Adamantina and Marília formations, continental Upper Cretaceous of the Paraná Basin, Southeastern Brazil (Part 2: Saurischia, Ornithischia, Mammalia, Conclusions and Final Considerations). In: SBG, Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 3, Rio Claro, *Boletim*, 97-100.
- Bertini R.J., Santucci R.M., Arruda-Campos A.C. 1999a. First occurrence of *Aeolosaurus* (Sauropoda, Titanosauridae) in Bauru Group of the Paraná Basin, Brazil. In: SBP, Congresso Brasileiro de Paleontologia, 16, Crato, *Boletim de Resumos*, 27-28.
- Bertini R.J., Santucci, R.M., Ribeiro L.C.B. 1999 b. O titanossáurido *Aeolosaurus* sp. (Saurischia, Sauropoda) no Membro Serra da Galga da Formação Marília, Grupo Bauru do Triângulo Mineiro. In: SBG, Simpósio de Geologia do Sudeste, 6, São Pedro, *Boletim de Resumos*, 78.
- Bertini R.J., Santucci R.M., Ribeiro L.C.B., Arruda-Campos A.C. 2000. *Aeolosaurus* (Sauropoda, Titanosauria) from Upper Cretaceous of Brazil. In: APA, Jornadas Argentinas de Paleontologia de Vertebrados, 16, San Luis, *Actas*, 6.
- Bonaparte J.F., Franchi M.R., Powell J.E., Sepúlveda E.G. 1984. La Formación Los Alamitos (Campaniano - Maastrichtiano) del sudeste de Río Negro, con descripción de *Kritosaurus australis* sp. nov. (Hadrosauridae). Significado paleogeográfico de los vertebrados. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 39:259-265.
- Bonaparte J.F. 1992. Una nueva especie de Triconodonta (Mammalia) de la Formación Los Alamitos, Provincia de Río Negro y comentarios sobre su fauna de mamíferos. *Ameghiniana*, 29:99-100.
- Bonaparte J.F. 1994. *Dinosaurios de América del Sur*. Buenos Aires, Museo Argentino de Ciencias Naturales. 174 p.
- Cunha F.L.S., Rego D.D., Capilla R. 1987. Nova ocorrência de répteis cretácicos no "Sítio Myzobuchi", da Formação Bauru, em Álvares Machado, SP. In: SBP, Congresso Brasileiro de Paleontologia, 10, Rio de Janeiro, *Anais*, 143-154.
- Fernandes L.A. 1992. *A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 129 p.
- Fernandes L.A. 1998. *Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks. Brasil)*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 216 p.
- Fernandes L.A. & Coimbra A.M. 1994. O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. *Revista Brasileira de Geociências*, 24 (3): 164-176.
- Fernandes L.A. & Coimbra A.M. 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68 (2): 195-205.
- Hasui Y. 1968. A Formação Uberaba. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 22, Belo Horizonte, *Anais*, 167-179.
- Kellner A.W.A. & Azevedo S.A.K. 1999. A new sauropod dinosaur (Titanosauria) from the Late Cretaceous of Brazil. In: Proceedings of the Second Gondwana Dinosaur Symposium, Tokyo, *National Science Museum Monographs*, 111-142.
- Mezzalana S. 1989. *Os fósseis do Estado de São Paulo*. São Paulo, Instituto Geológico, 142 p.
- Mezzalana S. & Arid F.M. 1981. Contribuição preliminar à bioestratigrafia da Formação Bauru. In: *Mesa redonda: a Formação Bauru no Estado de São Paulo e regiões adjacentes*. São Paulo, SBG/Núcleo SP, p.116-129.
- Mohabey D.M. 1998. Systematics of Indian Upper Cretaceous dinosaur and chelonian eggshells. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18:348 - 362.
- Powell J.E. 1986. *Revisión de los titanossáuridos de América del Sur*. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Tese de Doutorado, 340 p.
- Powell J.E. 1987. Morfología del esqueleto axial de los dinosaurios titanossáuridos (Saurischia, Sauropoda) del Estado de Minas Gerais, Brasil. In: SBP, Congresso Brasileiro de Paleontologia, 10, Rio de Janeiro, *Anais*, 155-171.
- Price L.I. 1950. Os crocodilídeos da fauna da Formação Bauru do Cretáceo terrestre do Brasil Meridional. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 22:473-490.
- Riccomini C. 1997. Arcação estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.*, 27:153-162.
- Romer A.S. 1956. *Osteology of the Reptiles*. Chicago, University of Chicago Press, 772 p.
- Salgado L. & Coria R.A. 1993. El género *Aeolosaurus* (Sauropoda, Titanosauridae) en la Formación Allen (Campaniano - Maastrichtiano) de la Provincia de Río Negro, Argentina. *Ameghiniana*, 30:119-128.
- Salgado L., Coria R.A., Calvo J.O. 1997. Presencia del genero *Aeolosaurus* (Sauropoda, Titanosauridae) en La Formación Los Alamitos, Cretácico Superior de La Provincia de Río Negro, Argentina. *Revista Universidad de Guarulhos*, 2:44-49.
- Soares, P. C.; Landim, P. M. B.; Fullaro, V. J.; Sobreiro Neto, A. F. 1980. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. *Rev. Bras. Geoc.*, 10:177-185.
- Wilson J.A. & Sereno P.C. 1998. Early evolution and higher - level phylogeny of Sauropod Dinosaurs. *Journal of Vertebrate Paleontology*, Supplement 18(2):1- 68.

Manuscrito A-1199

Recebido em 18 de dezembro de 2000

Revisão dos autores em 15 de agosto de 2001

Revisão aceita em 20 de agosto de 2001