

Répteis Fósseis de General Salgado, SP Registro de transformações ambientais na Bacia Bauru durante o Cretáceo

Ismar de Souza Carvalho ^{1a}
Felipe Mesquita de Vasconcellos ^{1b}
Thiago da Silva Marinho ^{1c}
Pedro Henrique Nobre ^{2d}
Antonio Celso de Arruda Campos ^{3e}
João Tadeu Arruda ^{4f}

^{1a} Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Geociências – Depart. de Geologia, CCMN Av. Athos da Silveira Ramos 274 - Cidade Universitária - Ilha do Fundão, 21.949-900 Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

^{1b} Universidade Federal de Juiz de Fora - Colégio de Aplicação da UFJF - Rua José Lourenço Kelmer, s/n
Campus Universitário – São Pedro, 36036-330, Juiz de Fora - Minas Gerais

^{1c} Museu de Paleontologia de Monte Alto - Praça do Centenário, Centro de Artes s/n, 15.910-000; Monte Alto -São Paulo.

^{2d} Escola Estadual Silvério da Cunha Lacerda - Rua Izaltina C. Marques 1013, 153000-000, General Salgado - São Paulo.

^{3e} E-mail: ismar@geologia.ufjf.br ; ^{4f} E-mail: fmv@geologia.ufjf.br ; ^c E-mail: tsmarinho@gmail.com ; ^d E-mail: pedro.nobre@ufjf.edu.br ;

^e E-mail: museudepaleontologia@gmail.com ; ^f E-mail: joaotadeuarruda@gmail.com

© Carvalho,I.S.; Vasconcellos,F.M.; Marinho,T.S.; Nobre,P.H.; Campos,A.C.A.; Arruda,J.T.A. 2010. Répteis Fósseis de General Salgado, SP - Registro de transformações ambientais na Bacia Bauru durante o Cretáceo. *In*: Winge,M.; Schobbenhaus,C.; Souza,C.R.G.; Fernandes,A.C.S.; Berbert-Born,M.; Sallun filho,W.; Queiroz,E.T.; (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 20/08/2010 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio053/sitio053.pdf> [atualmente <https://sigep.eco.br/sitio053/sitio053.pdf>]

[Ver versão final do **CAPÍTULO IMPRESSO** em: Winge, M. *et al.*(Ed.). 2013. Sítios geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: CPRM, 2013, 332p.; v.3. il. 30cm. ISBN 978-85-7499-198-6]

(A referência bibliográfica de autoria acima é requerida para qualquer uso deste artigo em qualquer mídia, sendo proibido o uso para qualquer finalidade comercial)

Répteis Fósseis de General Salgado, SP

Registro de transformações ambientais na Bacia Bauru durante o Cretáceo

SIGEP 053 *

Ismar de Souza Carvalho ^{1a}

Felipe Mesquita de Vasconcellos ^{1b}

Thiago da Silva Marinho ^{1c}

Pedro Henrique Nobre ^{2d}

Antonio Celso de Arruda Campos ^{3e}

João Tadeu Arruda ^{4f}

RESUMO - As localidades fossilíferas do município de General Salgado compreendem um dos maiores complexos fossilíferos já descobertos na Bacia Bauru, Cretáceo Superior. Até o momento foram identificados cerca de 20 esqueletos de crocodiliformes, vértebras de um ofídeo (Anilioidea), ovos fósseis, icnofósseis de invertebrados e coprólitos de vertebrados. A sucessão sedimentar revela aspectos relativos à ciclicidade climática durante o Cretáceo nas áreas continentais do território brasileiro, apresentando uma herpetofauna diversificada, única em todo o contexto gondwânico. Os fósseis já descritos formalmente, tais como *Baurusuchus salgadoensis*, *Baurusuchus albertoi* e *Armadillosuchus arrudai*, revelam as estratégias adotadas pelos crocodiliformes para ambientes áridos e que até o momento são desconhecidas em qualquer outro registro paleontológico deste grupo fóssil. Além disso, os exemplares descritos para a região revelam singularidades evolutivas para a paleoherpetofauna mundial, conduzindo a uma identidade própria para os estudos paleontológicos no Brasil. Ressalta-se também a importância para a comunidade local, que tem buscado a difusão de seus fósseis através dos meios de comunicação e por ações de apoio ao trabalho dos geocientistas brasileiros.

Palavras-chave: General Salgado; Cretáceo; Crocodiliformes; Icnofósseis; Paleoecologia

Fossil Reptiles from General Salgado, SP

Record of environmental changes in the Bauru Basin during the Cretaceous

ABSTRACT - The fossiliferous localities on the municipality of General Salgado comprise one of the most important fossil sites in the Bauru Basin, Upper Cretaceous. To this date nearly 20 skeletal remains of crocodyliformes, ophidian vertebrae, fossil eggs shells, vertebrate coprolites and invertebrate ichnofossils were discovered. The sedimentary succession reveals traits of a climatic cyclicity in Brazilian continental areas during the Cretaceous, associated to a diversified and singular gondwanic herpetofauna. Formally described fossil taxa, as *Baurusuchus salgadoensis*, *Baurusuchus albertoi* and *Armadillosuchus arrudai*, unravels life strategies adopted by these crocodilians to endure arid environments, unknown so far in the crocodyliform fossil record. Apart from it, the herpetological specimens represent world evolutionary novelties, conducting to a stronger Brazilian paleontological identity. But, as far as to the local community, its relevance is being constructed through the media and the supportive action of Brazilian geosciences researchers.

Key words: General Salgado; Cretaceous; Crocodyliformes; Ichnofossils; Paleoecology

* Publicado na Internet em 20/08/2010 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio053/sitio053.pdf>

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Geociências – Depart. de Geologia, CCMN Av. Athos da Silveira Ramos 274 - Cidade Universitária - Ilha do Fundão, 21.949-900 Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

² Universidade Federal de Juiz de Fora - Colégio de Aplicação da UFJF - Rua José Lourenço Kelmer, s/n Campus Universitário – São Pedro, 36036-330, Juiz de Fora - Minas Gerais

³ Museu de Paleontologia de Monte Alto - Praça do Centenário, Centro de Artes s/n, 15.910-000; Monte Alto -São Paulo.

⁴ Escola Estadual Silvério da Cunha Lacerda - Rua Izaltina C. Marques 1013, 153000-000, General Salgado - São Paulo.

^a E-mail: ismar@geologia.ufjf.br ; ^b E-mail: fmv@geologia.ufjf.br ; ^c E-mail: tsmarinho@gmail.com ; ^d E-mail: pedro.nobre@ufjf.edu.br ;

^e E-mail: museudepaleontologia@gmail.com ; ^f E-mail: joaotadeuarruda@gmail.com

INTRODUÇÃO

No período de 1999 a 2010, diversos fósseis de répteis foram escavados no distrito de Prudêncio e Moraes, município de General Salgado, estado de São Paulo. A grande maioria é proveniente de afloramentos localizados na fazenda São José e arredores. Até o momento 17 espécimes de Crocodyliformes, Squamata e Dinosauria puderam ser individualizados.

São encontrados crânios, partes de esqueletos axiais e apendiculares desarticulados, e animais completos. Estes últimos apresentam um nível de preservação incomum para os vertebrados fósseis da Bacia Bauru. Estão presentes séries vertebrais completas (cervicais, torácicas, lombares, sacrais e caudais), cinturas escapular e pélvica articuladas ao esqueleto axial e aos apêndices locomotores, bem como ossos mais frágeis, como os da gastrália. Há inclusive ossos diminutos, como carpais, tarsais, falanges e artelhos, normalmente de fácil desarticulação e transporte, totalmente e funcionalmente articulados (Arruda *et al.*, 2004). Em associação aos restos esqueléticos são comuns icnofósseis de vertebrados, como gastrólitos, coprólitos, cascas de ovos, e icnofósseis de invertebrados. Ocorrem também vértebras de ofídeos anilióides.

Nota-se, então, que a região do município de General Salgado apresenta posição de destaque nos achados da paleoherpetofauna nacional, dada a abundância de espécimes, o estado de preservação e articulação dos mesmos. Soma-se a isso, a associação com icnofósseis de vertebrados e invertebrados, possibilitando uma perspectiva mais completa e integrada dos ecossistemas do Cretáceo Superior continental do Brasil.

LOCALIZAÇÃO

O município de General Salgado está localizado sobre uma porção aflorante da Bacia Bauru correspondente à Formação Adamantina (Turoniano-Santoniano).

Destaca-se na região de General Salgado, noroeste de São Paulo, um afloramento batizado de **Fazenda São José**, nome da propriedade privada onde foi identificado. Atualmente a propriedade intitula-se **Fazenda Buriti**, e está localizada no distrito de Prudêncio e Moraes (20°33'57''S / 50°28'03''W). Este é, histórica e simbolicamente, o afloramento mais importante da região, sendo efetivamente o mais rico quanto a fósseis e estruturas sedimentares.

Além da fazenda São José, dois outros afloramentos com fósseis são relevantes: **RaoX** (Fazenda RaoX, General Salgado, 20°36'37''S/50°26'11''W) e **Usina**

Generalco (Usina de Cana de Açúcar Generalco, General Salgado, distrito de São José de Itacema, 20°34'52''S/50°22'21''W), com abundantes fósseis de Crocodyliformes, icnofósseis de invertebrados e vertebrados, e raros Dinosauria e Squamata. Geologicamente o sítio encontra-se no contexto da Formação Adamantina da Bacia Bauru (Cretáceo Superior) (Fig. 1).

DESCRIÇÃO DO SÍTIO

Contexto Geológico da Bacia Bauru

A Bacia Bauru situa-se entre as latitudes 18°S e 24°S e longitudes 47°W e 56°W, distribuindo-se por uma área com cerca de 370.000km² no interior do Brasil, abrangendo os estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e região nordeste do Paraguai (Fernandes & Coimbra, 1996; Fernandes, 1998). Seu pacote sedimentar é dividido em duas grandes unidades litoestratigráficas: Grupo Caiuá (formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio) e o Grupo Bauru (formações Birigui, Araçatuba, Adamantina, Uberaba e Marília). A bacia apresenta uma associação de arenitos, carbonatos, siltitos, argilitos/folhelhos, depositados em diversos contextos paleoambientais, como eólicos, aluviais, fluviais e lacustres de pouca profundidade durante o Eo-Neocretáceo, segundo Paula e Silva (2003) e Paula e Silva *et al.* (2005) (Fig. 2).

A Formação Adamantina apresenta-se como a maior extensão aflorante da parte leste da Bacia Bauru, constituindo-se o substrato atual de grande parte da região oeste de São Paulo e do Triângulo Mineiro. Repousa sobre os basaltos da Formação Serra Geral e tem contatos laterais graduais com as formações Santo Anastácio (raros) e Araçatuba no Estado de São Paulo e com o Membro Echaporã da Formação Marília no Estado de Minas Gerais. É composta por uma associação de estratos de espessura decimétrica (geometria tabular típica) de arenitos intercalados com raros siltitos ou argilitos arenosos, apresentando contatos pouco erosivos (Fernandes & Coimbra, 1996). Tem idade turoniana-santoniana (Dias-Brito *et al.*, 2001).

O contexto deposicional proposto para a Formação Adamantina é o de depósitos aluviais e eólicos acumulados em áreas planas na forma de lençóis, intercalados por corpos aquosos rasos e efêmeros, criados por elevações do nível freático e chuvas periódicas, todos primordialmente arenosos (Garcia *et al.*, 1999; Goldberg & Garcia, 2000; Batezelli *et al.*, 2003; Fernandes & Basileci, 2009; Basileci *et al.*, 2009).

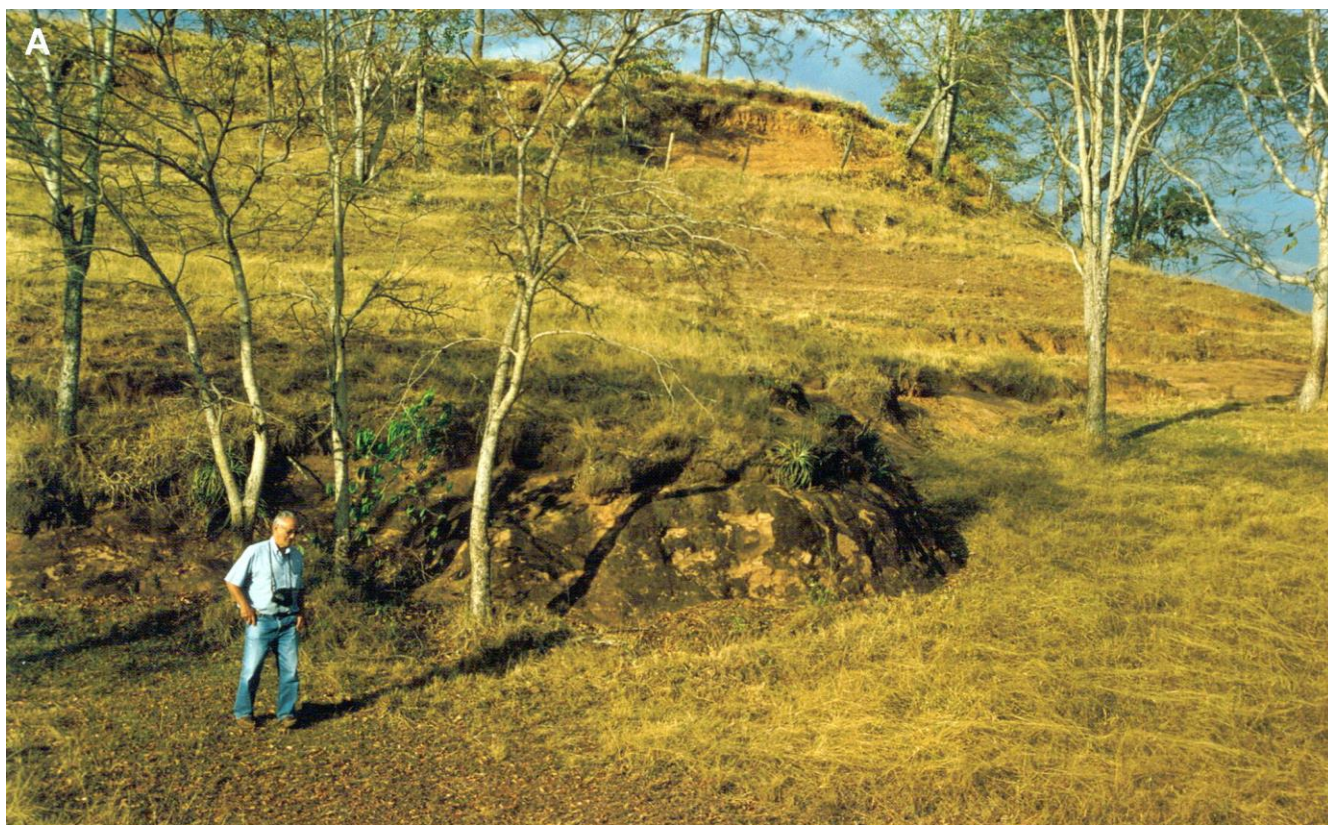


Figura 1 - Fotografias do Sítio Fazenda São José **(A)** e do Sítio Fazenda RaoX **(B)**, registradas em 2006.
Figure 1 - Fazenda São José **(A)** and Fazenda Rao X **(B)** sites' photographs shot during 2006.

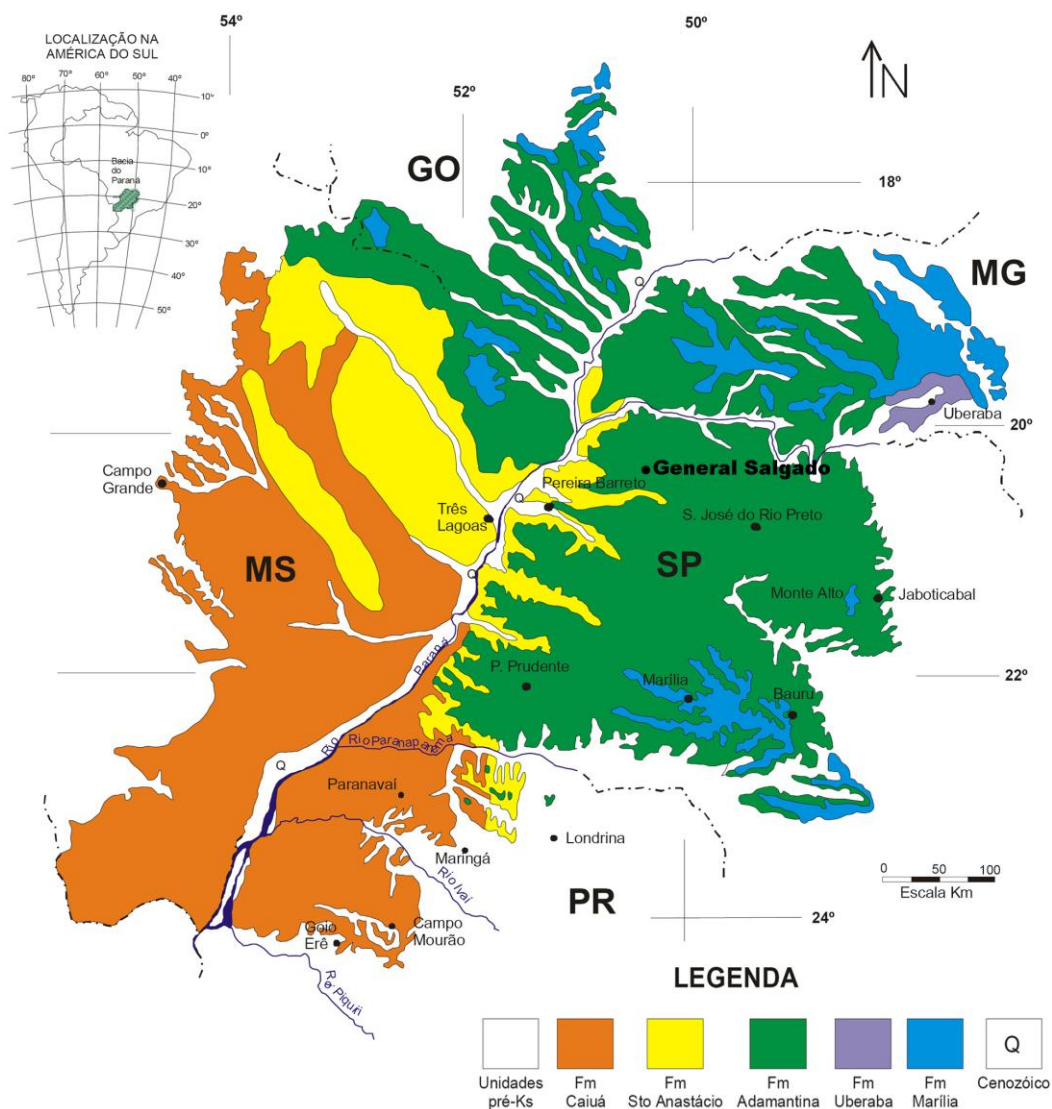


Figura 2 - Mapa geológico da Bacia Bauru (modificado de Paula e Silva, 2003).

Figure 2 - Bauru Basin Geological map (modified from Paula e Silva, 2003).

Contexto Geológico do Sítio de General Salgado

Os afloramentos nas imediações de General Salgado, do noroeste do Estado de São Paulo, são pequenos, não excedendo 50 metros de comprimento e suas porções verticais contínuas raramente excedem 4 metros de altura. A altimetria onde os afloramentos foram encontrados é aproximadamente de 370 a 420 metros. Estão distribuídos no entorno dos centros urbanos do município e em distritos vizinhos, muitas vezes parcialmente cobertos por campos cultivados e pastos, sendo apenas visíveis nas ravinas de drenagem e barrancos (Fig. 3).

O pacote sedimentar onde são abundantes os restos esqueléticos de répteis é caracterizado

litologicamente por uma alternância de arenitos finos a médios, avermelhados, por vezes dispostos em camadas com estratificação cruzada tabular e plano-paralela com diferentes estruturas sedimentares, por vezes maciças, ambas apresentando bioturbações. É notável a ocorrência de intraclastos de argila, muitas vezes mineralizados por manganês ou ferro e camadas com intensa cimentação carbonática sobrepondo-se a camadas com estratificação plano-paralela. Os níveis onde ocorrem os fósseis, em geral maciços e muito ricos em cimento carbonático, representariam os momentos de maior aridez, momentos estes de escassez e morte para a herpetofauna (Bertini *et al.*, 1999; Carvalho *et al.*, 2005; Fernandes & Carvalho, 2006; Vasconcellos & Carvalho, 2007; Vasconcellos, 2009) (Fig. 2, 3).

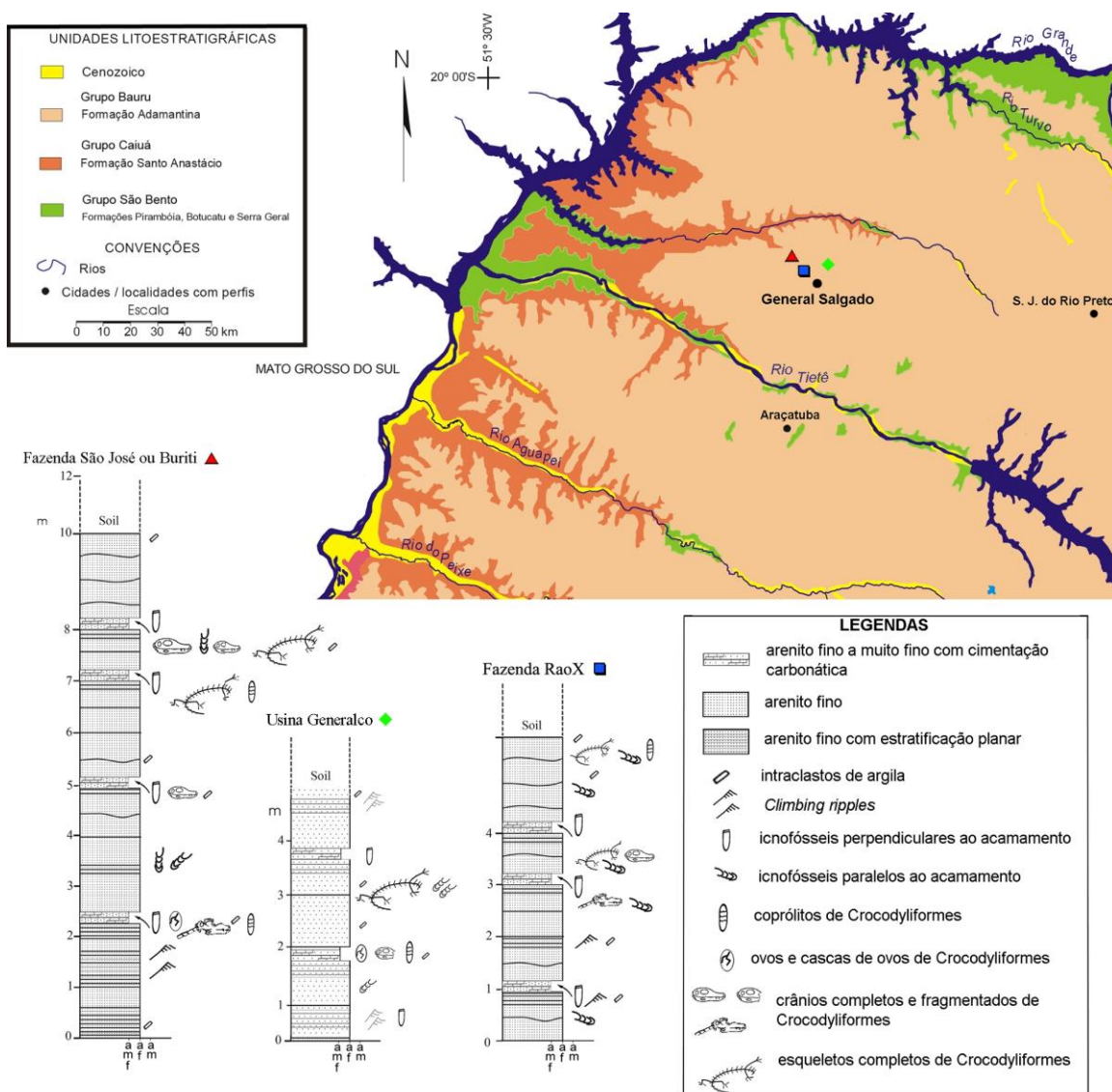


Figura 3 - Mapa Geológico do Noroeste do Estado de São Paulo (modificado de Paula e Silva, 2003); e Perfis litológicos dos afloramentos da fazenda São José; fazenda RaoX, e Usina Generalco, todos em General Salgado.

Figure 3 - Northeastern São Paulo Geological map (modified from Paula e Silva, 2003) and lithological profiles from the outcrops of fazenda São José, fazenda RaoX and Usina Generalco, all from General Salgado municipality.

Paleobiota de General Salgado

O registro fóssil é abundante e finamente preservado. Os fósseis de crocodilíformes descritos formalmente nos afloramentos de General Salgado foram, até o momento, três: *Baurusuchus salgadoensis* Carvalho, Nobre & Campos, 2005, *Armadillosuchus arrudai* Marinho & Carvalho, 2009 e *Baurusuchus albertoi* Nascimento & Zaher, 2010.

Baurusuchus salgadoensis definido por Carvalho, Campos & Nobre (2005) com base em um crânio completo e bem preservado, possui rostro longo e comprimido lateralmente. *B. salgadoensis* era um

crocodilíforme de médio à grande porte, dentição curta, zifodonte e com dentes hipertrofiados (caninos dentes de sabre) destinados a hipercarnivoria. Com base na morfologia cranina, pós-craniana e dentária foi proposto hábito terrestre cursorial e predador a este crocodilíforme. A segunda espécie para o gênero *Baurusuchus* em General Salgado, *B. albertoi*, apresenta a mesma preservação diferencial encontrada em outros exemplares de *B. salgadoensis*. (Price, 1945; Riff & Kellner, 2001; Carvalho *et al.*, 2005; Vasconcellos *et al.*, 2005; Vasconcellos, 2009; Nascimento & Zaher, 2010) (Figuras 4 e 5).

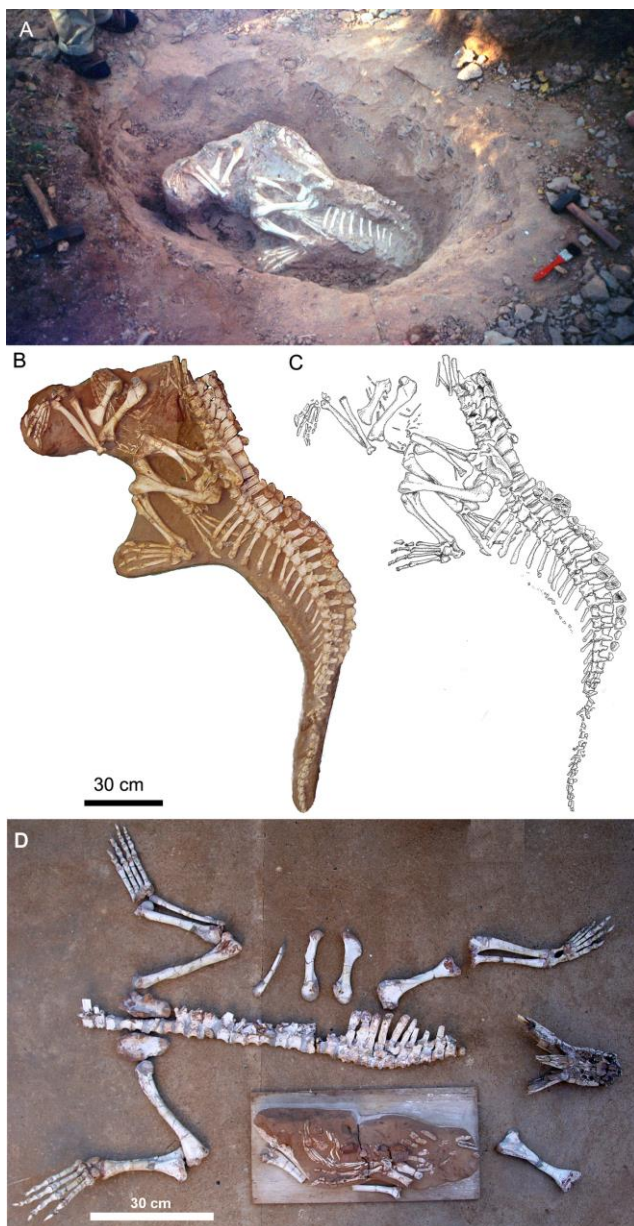


Figura 4 - (A) Fotografia de campo de um exemplar de *Baurusuchus salgadoensis* (UFRJ DG 285-R); Exemplar **(B)** e esquema **(C)** de *B. salgadoensis* depois de parcialmente preparado e **(D)** outro exemplar de *B. salgadoensis* totalmente preparado (UFRJ DG 288-R).

Figure 4 – (A) Field photograph of a specimen of *Baurusuchus salgadoensis* (UFRJ DG 285-R); same specimen **(B)** and schematic drawing **(C)** of *B. salgadoensis* after mechanical preparation, and **(D)** another specimen of *B. salgadoensis* fully prepared (UFRJ DG 288-R).

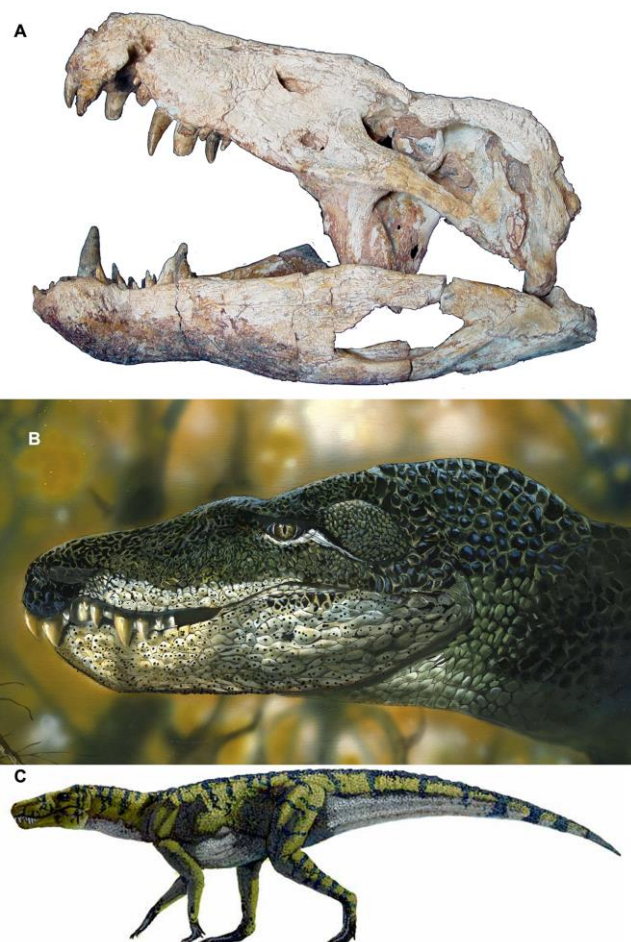


Figura 5 - (A) Crânio holótipo de *Baurusuchus salgadoensis* (MPMA-62-0001-02), e respectivamente, **(B)** e **(C)** reconstruções artísticas do crânio e corpo de *B. salgadoensis* por Deverson da Silva.

Figure 5 - (A) Skull of the Holotype of *Baurusuchus salgadoensis* (MPMA-62-0001-02), and, respectively, **(B)** and **(C)** artistic reconstructions of the head and body of *B. salgadoensis* by Deverson da Silva.

Armadillosuchus arrudai, descrito por Marinho & Carvalho (2009), é um crocodiliforme peculiar, que apresenta uma organização dos osteodermos anteriores do dorso em formato de escudo rígido seguido por séries de osteodermos organizados em bandas móveis, à semelhança de tatus atuais. *A. arrudai* teria médio a grande porte e dentição e articulações mandibulares bastante especializadas, que promoveriam movimentos anteroposteriores e uma mastigação efetiva, fato incomum entre os crocodiliformes fósseis e desconhecida entre os atuais. Esta mastigação possibilitaria a *A. arrudai* uma dieta variada, desde invertebrados e pequenos vertebrados, até material vegetal (Marinho & Carvalho, 2007a e b; Marinho & Carvalho, 2008) (Fig. 6 e 7).

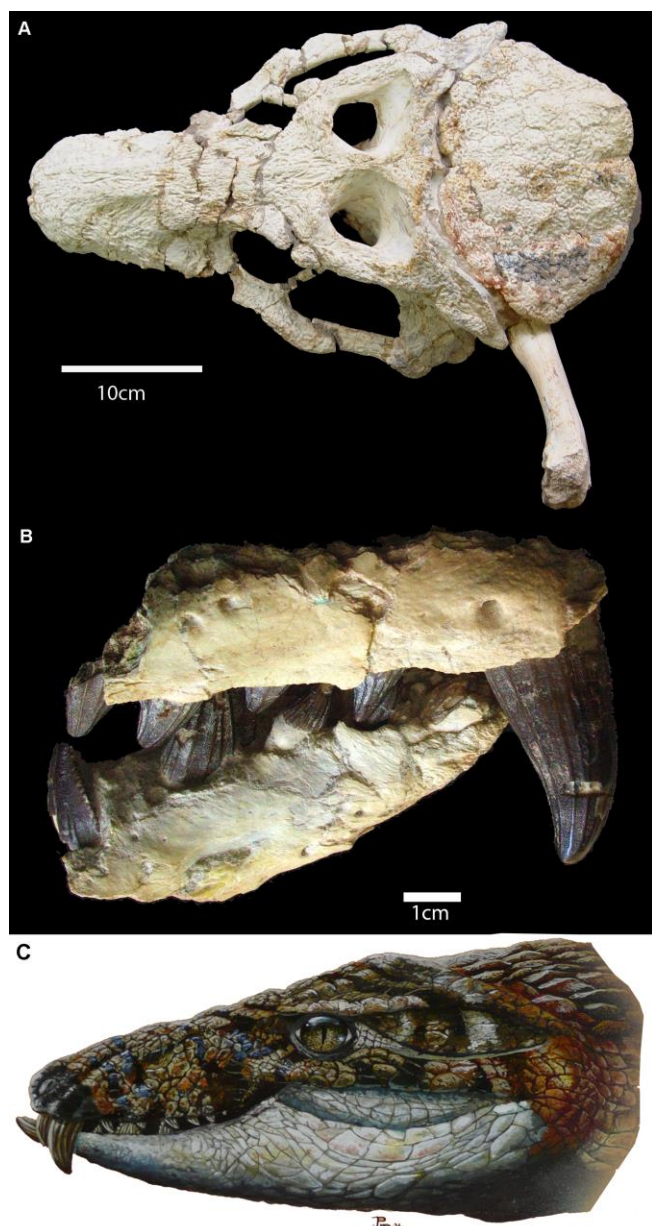


Figura 6 - Fotografias de dois exemplares de *Armadillosuchus arrudai*: (A) UFRJ DG 303-R, um crânio parcialmente preservado, e (B) MPMA-64-0001-04, Fragmento anterior de premaxila e mandíbula, (C) reconstruções artísticas do crânio de *A. arrudai* por Deverson da Silva.

Figure 6 - Photographs of two specimens of *Armadillosuchus arrudai*: (A) UFRJ DG 303-R, a partially preserved skull, and (B) MPMA-64-0001-04, premaxillae and mandible fragments, (C) artistic reconstructions of the head of *A. arrudai* by Deverson da Silva.

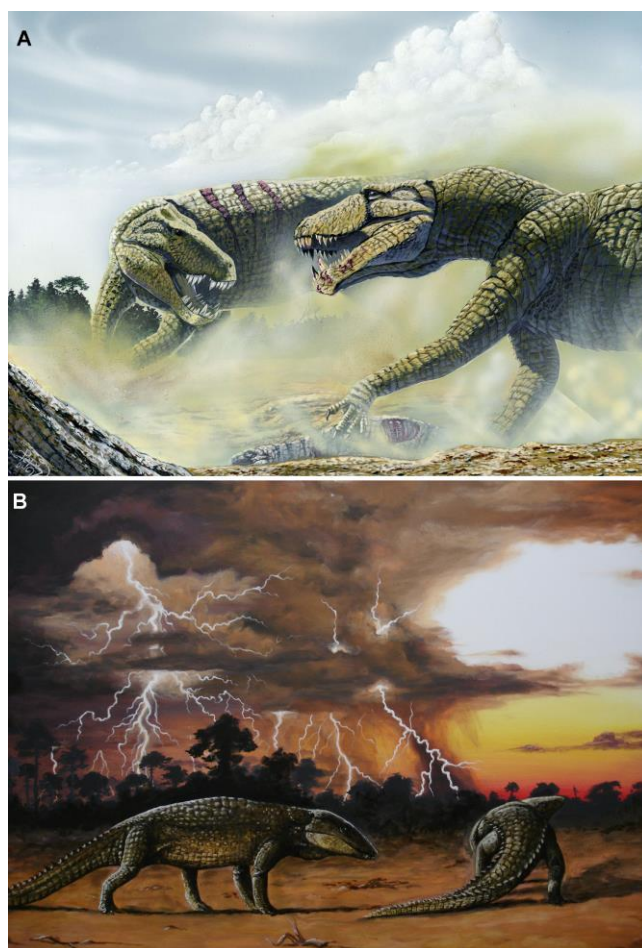


Figura 7 - Reconstruções artísticas de (A) *Baurusuchus salgadoensis* em vida (por Deverson da Silva), e (B) *Armadillosuchus arrudai* em vida (por Ariel Milani).

Figure 7 - Life representations of (A) *Baurusuchus salgadoensis* (by Deverson da Silva) and (B) *Armadillosuchus arrudai* (by Ariel Milani)

Atualmente, alguns répteis, tais como os crocodilos e jacarés são climaticamente controlados por uma temperatura média anual igual ou maior que 14,2° C, sendo que as condições hidrológicas locais têm um importante papel, funcionando como um controlador das temperaturas extremas. Apesar da continentalidade, expressa por climas sazonais e de aridez progressiva, ser um fator limitante para a distribuição dos crocodiliformes atuais, aqueles encontrados em General Salgado, suportavam um clima quente e árido. A ocorrência de esqueletos completos, articulados, em distintos níveis estratigráficos, sugere que eles estavam habilitados a escavar no substrato, traço paleoetológico de hábito de estivação. Durante períodos de seca prolongada os crocodiliformes escavariam depressões rasas, semelhantes a bacias, no leito de rios secos ou na planície de inundação, cobrindo-se de sedimento e

acumulando umidade, como uma estratégia de proteção contra altas temperaturas e dessecação. Este hábito é observado em diversos casos entre crocodilos e jacarés e suas construções nomeadas *alligator holes* ou *gator holes*, ainda que algumas espécies possam efetivamente construir tocas longas e complexas em barrancos de rios. Isto afetaria o registro fóssilífero, uma vez quando da morte destes animais, seus restos estariam já “sepultados” e teriam maior chance de uma preservação otimizada (Vasconcellos & Carvalho, 2006; Vasconcellos, 2009) (Fig. 8).

Foram identificados restos vertebrais de uma serpente com características típicas do grupo dos Anilioidea, serpentes sem dentes inoculadores de peçonha, que tradicionalmente abrange as formas recentes *Anilius* sp. (Zaher *et al.*, 2003) e restos isolados de Dinosauria compostos principalmente por dentes de Theropoda, possivelmente Abelisauroidea, e fragmentos ósseos (Vasconcellos *et al.*, 2008).

Além dos fósseis corporais de vertebrados foram observados em associação a estes icnofósseis como fragmentos de ovos, coprólitos e gastrólitos. Alguns dos fragmentos de ovos estão bem preservados e inclusive sugerem uma estrutura de nidificação, um ninho. Os últimos são encontrados isolados, mas também são registrados agrupados (Ribeiro *et al.*, 2004; Vasconcellos & Carvalho, 2010). Gastrólitos foram registrados em associação a esqueletos de *Baurusuchus* em pelo menos 3 espécimes, sempre agrupados e em proximidade dos delicados ossos da gastrália (Vasconcellos *et al.*, 2005, Vasconcellos *et al.*, 2008; Vasconcellos & Carvalho, 2010).

Nos mesmos níveis onde fósseis e icnofósseis de crocodiliformes foram encontrados, registrou-se a ocorrência de icnofósseis de invertebrados como *Taenidium* isp., *Palaeophycus* isp., *Skolithos* isp., e *Coprinsphaera* cf. *C. ecuadoriensis* Sauer, 1955. Alguns destes icnogêneros estavam diretamente associados aos níveis de paleossolo ricos em carbonatos (*Palaeophycus* e *Skolithos*) e aos restos de crocodiliformes (*Taenidium*). *Coprinsphaera*, icnito possivelmente resultante da atividade de construção de câmaras de nidificação de besouros, que costuma ser associado a ambientes de grandes planícies, como savanas, pradarias ou estepes, e região de inundações fluviais em clima quente (Carvalho *et al.*, 2009) (Fig. 9, 10).

O provável contexto ambiental onde estes sedimentos se depositaram foi o de planícies aluviais retrabalhadas por canais fluviais de carga mista e lagos rasos temporários em um clima semi-árido quente. A alternância de níveis de arenitos maciços, estratificação cruzada tabular, intraclastos de argila com outras apresentando paleossolos carbonáticos, provavelmente

do tipo aridsol, bioturbações concordantes e discordantes denotam uma ritmicidade com momentos de maior aporte hídrico, na forma de chuvas e inundações, intercaladas por momentos de maior aridez, com ação de deposição eólica e formação de solos.

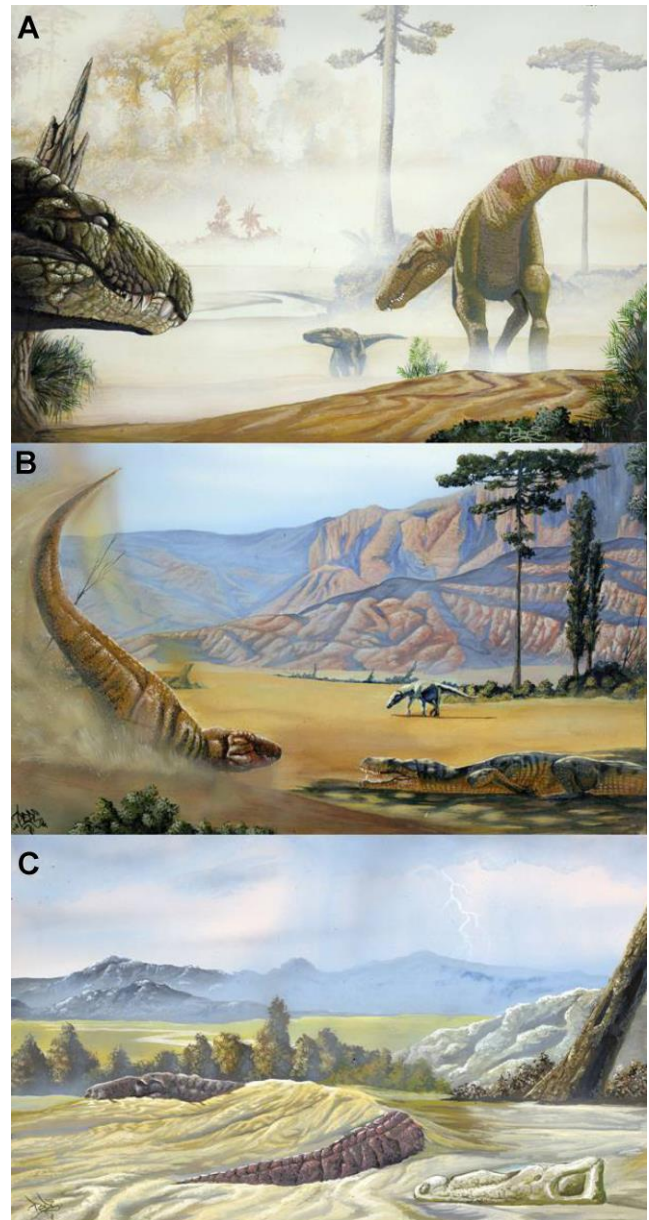


Figura 8 - Representações de *Baurusuchus salgadoensis* (A) em seu paleoambiente, (B) durante processo de construção dos *gatorholes* e (C) durante período longo seca, estivando ou morrendo (por Deverson da Silva).

Figure 8 - Representations of *Baurusuchus salgadoensis* (A) in its paleoenvironment, (B) during the gatorhole construction process, (C) during the arid season, aestivating or dying (by Deverson da Silva).

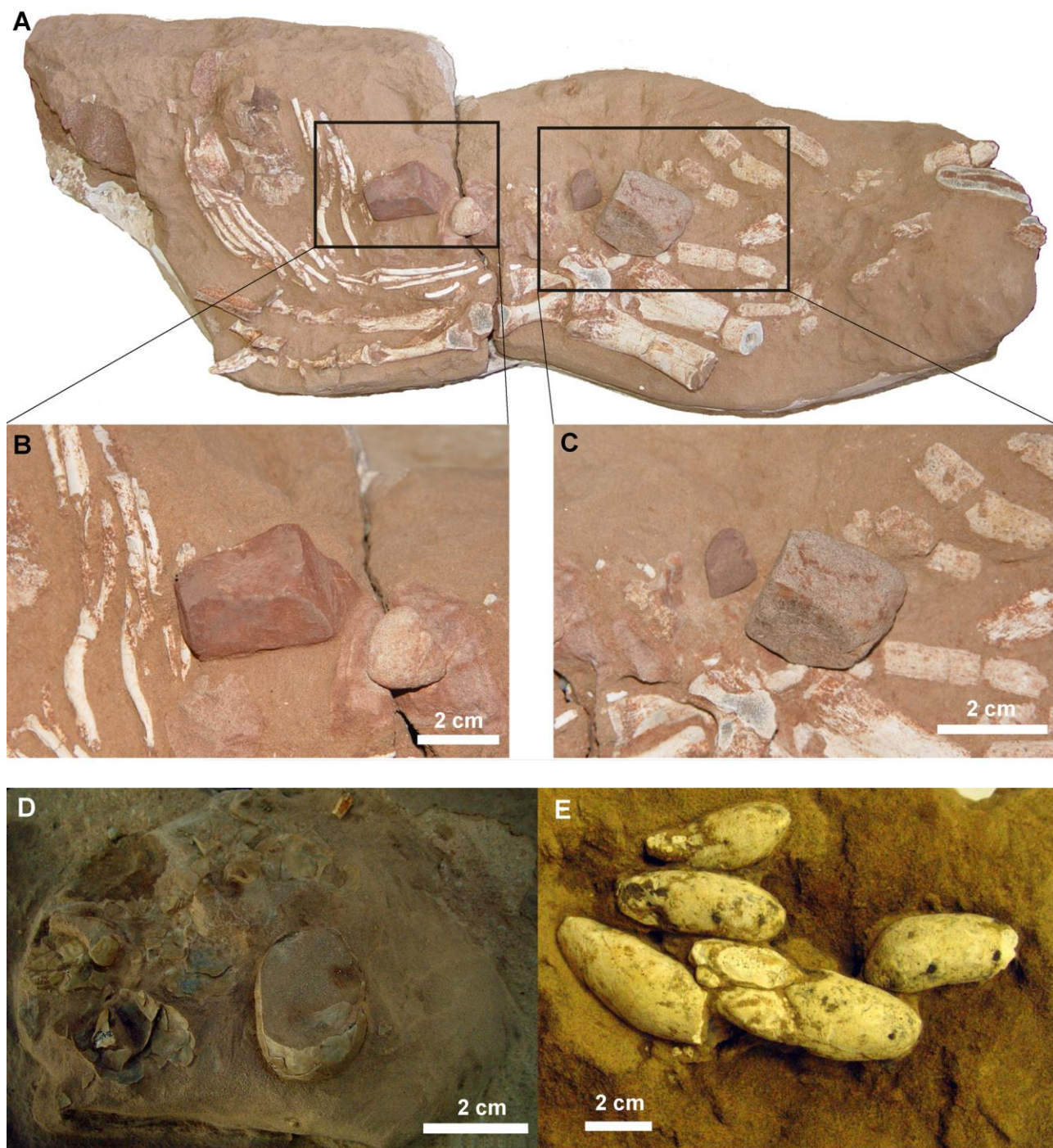


Figura 9 - Icnofósseis de vertebrados registrados nos sítios de General Salgado: **(A)** Região abdominal de *Baurusuchus* (UFRJ DG 288-R) apresentando gastralia, costelas, um membro anterior, associados a gastrólitos; **(B)** and **(C)** vista ampliada dos gastrólitos; **(D)** ovos e fragmentos de ovos de crocodiliformes organizados como um ninho; **(E)** grupo de coprólitos de crocodiliformes orientados (UFRJ DG 349-IcV).

Figure 9 - Vertebrate ichnofossils from the General Salgado site: **(A)** The belly of *Baurusuchus* (UFRJ DG 288-R) bearing gastralia, ribs, a fore limb, all associated to gastroliths; **(B)** and **(C)** close view of the gastroliths; **(D)** crocodilian egg and egg shells fragments set in a nest; **(E)** crocodilian coprolite association (UFRJ DG 349-IcV)

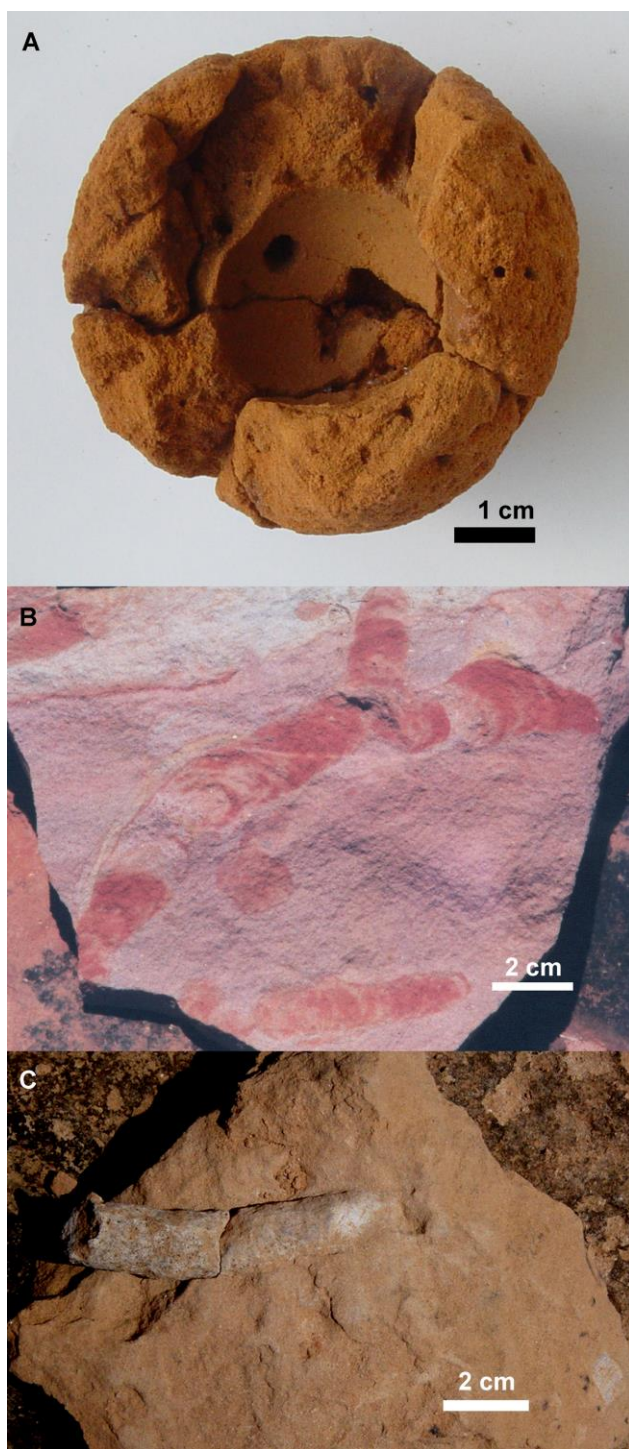


Figura 10 - Icnofósseis de invertebrados registrados nos sítios de General Salgado: **(A)** *Coprinsphaera* cf. *C. ecuadoriensis* (UFRJ DG 521-Ic); **(B)** *Taenidium* isp. (UFRJ DG 271-Ic); **(C)** *Palaeophycus* isp.

Figure 10 - Invertebrate ichnofossils from General Salgado sites: **(A)** *Coprinsphaera* cf. *C. ecuadoriensis* (UFRJ DG 521-Ic); **(B)** *Taenidium* isp. (UFRJ DG 271-Ic); **(C)** *Palaeophycus* isp.

SINOPSE SOBRE A ORIGEM, EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E IMPORTÂNCIA DO SÍTIO

Os sítios fossilíferos de General Salgado, em especial a Fazenda São José, apresentam diversidade e abundância singular para a Bacia Bauru e para o Cretáceo continental do Brasil. Os achados da paleoherpetofauna de General Salgado são de caráter singular na Bacia Bauru, dada sua conservação (articulação de elementos e presença de diversos tipos fossilíferos) e concentração (grande número de exemplares em uma área relativamente pequena). Seu significado e relevância abrangem campos diversos dentro da Paleobiologia, Tafonomia, Paleoecologia e Paleoclimatologia.

O clima global do Cretáceo Superior era controlado pelo intenso vulcanismo, alta concentração de gases de efeito estufa, ciclagem e sepultamento de matéria orgânica nos oceanos, conformação e posicionamento paleogeográfico dos continentes e sua dinâmica de ventos. Este desenvolveu temperaturas comparativamente altas, tanto nas regiões equatoriais e intertropicais, quanto polares.

Neste panorama desenvolveu-se, a partir de uma depressão continental, distante da costa leste da América do Sul, a Bacia Bauru, confinada por altos estruturais (serras e montanhas) em seus flancos norte, noroeste, leste e sudeste, quase que completamente impedindo a chegada de umidade do recém formado Oceano Atlântico sul. O posicionamento isolado, dominado por uma sombra de pluviosidade e de continentalidade, somado ao perfil global de temperaturas e dinâmica eólica do Cretáceo Superior, desenvolveu, durante a deposição da Bacia Bauru, ambientes dominados por longos períodos secos, pontuados alternadamente por eventos extemporâneos de umidade, ambos enormemente quentes. A sedimentação da bacia evoluiu em três fases distintas: uma inicial para o Grupo Caiuá, marcada por uma forte influência de sistemas desérticos e clima árido, e outras duas para o Grupo Bauru. Uma intermediária para as formações Araçatuba e Adamantina, e outra terceira, sob a ação em clima semi-árido mais ameno, com a presença de sistemas aluviais, flúvio-eólicos e lacustres, representados pelas formações Uberaba e Marília.

A fase intermediária, onde os sítios de General Salgado estão contextualizados, é caracterizada por depósitos lacustres/palustres temporários oxidantes, colmatados por leques aluviais retrabalhados localmente por processos fluviais e eólicos, em um clima semi-árido de marcada sazonalidade. A paisagem teria dois cenários alternados pelas estações de chuva e seca. A primeira, mais viva e curta, dominada por planícies aluviais sob a

influência de inundações, formação de corpos aquosos e a consequente revitalização da biota. A segunda, a estação seca, mais prolongada, seria marcada pela redução ou extinção dos corpos d'água e a formação de solos de clima árido. Esta seria especialmente estressante à biota que, provavelmente, desenvolveria estratégias para seu enfrentamento.

Nos arenitos vermelhos temos preservados cenários de vida e morte de uma biota particular de répteis que enfrentou um clima sazonal extremo, desenvolvendo estratégias para sua sobrevivência. Tal possibilidade de vislumbrar estes cenários só foi proporcionada pela preservação singular desta biota, seus restos corporais e vestígios de atividade. A preservação completa dos esqueletos de crocodiliformes, como vista em General Salgado, é uma anomalia tafonômica entre os depósitos de vertebrados da Bacia Bauru. Em geral, os vertebrados da bacia apresentam-se muitas vezes em avançado grau de degradação pré-soterramento, levando a depósitos com elementos ósseos desarticulados, selecionados, com sinais de abrasão, assinatura típica de uma assembléia fossilífera afetada por transporte.

A articulação e preservação especiais dos crocodiliformes de General Salgado, provavelmente, resultariam de uma estratégia de sobrevivência, que consistia de seu enterramento em sedimentos arenosos à procura de umidade e isolamento térmico anterior à morte dos indivíduos, impedindo seu transporte, desarticulação e destruição. Como observada em espécies recentes, tal estratégia evita a dessecação em estações de grande estiagem, além de protegerem os animais durante dias especialmente quentes.

Paralelamente, observa-se a preservação de uma população bem estruturada destes organismos, baseada nos achados fósseis de restos e vestígios: indivíduos jovens e adultos, ovos e ninhos e coprólitos (excrementos fósseis), todos preservados *in situ*, sem sinais de transporte. Esta associação rica permite o estudo mais aprofundado da paleoecologia do sítio e o enriquecimento do conhecimento acerca da paleobiota do Cretáceo (Vasconcellos & Carvalho, 2010).

Esses achados possibilitam, ainda, uma extensa gama de estudos, desde a tafonomia até taxonomia e paleoecologia, não só dos Crocodiliformes, mas dos icnofósseis de vertebrados e invertebrados. O bom estado de preservação, com a articulação dos elementos esqueléticos, é ideal para estudos de reconstrução biomecânica e morfofuncional. A direta associação de vestígios de invertebrados com restos esqueléticos de vertebrados amplia o conhecimento acerca da paleobiologia de organismos que não deixaram restos

corporais e sua interação com os demais organismos presentes na unidade.

Estudos acerca da bioestratinomia e litofaciologia trarão nova luz a respeito dos ambientes de vida e morte desses organismos, assim como as condições e mudanças climáticas que enfrentavam. As associações dos restos esqueléticos com icnofósseis de invertebrados e de vertebrados, estudos sobre a bioestratinomia e diagênese, juntamente com dados acerca da geologia da área, enriquecerão as interpretações paleoambientais para o Cretáceo Superior da Bacia Bauru, e para o Cretáceo continental do Brasil.

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

A principal área onde se encontram os elementos representativos da paleoherpetofauna de General Salgado, fazendas Buriti e RaoX, são propriedades privadas em áreas de ravinas e encontram-se protegidas por cercas de proteção relacionadas à delimitação das propriedades.

Ainda que não existam atividades extrativistas de natureza mineira na região, os sítios não estão livres de perigos efetivos. O crescimento da cultura canavieira da região constitui um possível perigo aos sítios. Os afloramentos estão localizados nas margens ou no interior dos campos cultivados. Com as atividades de aragem, plantio e queima da cana-de-açúcar, o que é diretamente danoso às superfícies dos mesmos e, indiretamente, a monocultura extrativista promove uma maior degradação e erosão dos solos da região, podendo em longo prazo constituir ameaça à preservação dos afloramentos e seus fósseis.

As ações de proteção na região foram iniciadas a partir do inventário dos dados científicos, com o propósito de ressaltar a importância do local para o meio acadêmico. Tal sensibilização decorre do fato que os sítios foram alvo de coletas intensivas de fósseis, desde sua descoberta, dada sua facilidade de acesso e proximidade a centros urbanos. Estas coletas, ainda indispensáveis ao conhecimento geológico e paleontológico, são, em longo prazo, danosas à integridade do sítio e às futuras pesquisas. Para demonstrar a importância da preservação do sítio, buscou-se a publicação e apresentação de trabalhos mostrando que o uso de dados não-invasivos e de campo, sem a necessidade de extração indiscriminada de material e destruição dos afloramentos (Vasconcellos *et al.*, 2005).

Paralelamente, visando a proteção dos achados, em âmbito local, visitas às escolas foram realizadas em todas as atividades de campo. O objetivo dessas visitas foi sensibilizar e conscientizar os docentes locais a

desenvolver uma educação patrimonial da população nas escolas municipais e estaduais em General Salgado e nos distritos de São João de Itacema, Auriflama e Prudêncio e Moraes. Utilizou-se de recursos visuais (fotos dos afloramentos, dos fósseis, ilustrações de reconstrução da paleobiota e paleoambiente) e exposições simples, buscando alcançar os professores e discentes, sensibilizando-os para a raridade e efemeridade dos sítios e seus fósseis, e a grandeza temporal e ambiental de seu significado (Carvalho & Da-Rosa, 2008).

Outra possibilidade, explorada, foi a divulgação dos achados através da mídia local (rádio, tvs regionais) e

global (internet, vídeos institucionais, exposições). Esta iniciativa era baseada nos mesmos preceitos da anterior, buscando um público mais amplo e uma forma mais atraente de sensibilização.

Acredita-se que apenas através da mobilização da população local, os sítios podem ser reconhecidos e protegidos. As visões de geoconservação que permeiam a proposta estão em consenso com a missão obrigatória de pesquisadores em atividade de campo, que é divulgar e informar à população local sobre a importância destes registros no intuito de valorar e preservar os sítios em nível local e regional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arruda, J.T.; Carvalho, I.S.; Vasconcellos, F.M.V. 2004. Baurusuquídeos da Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil) *Anuário do Instituto de Geociências*, UFRJ, Rio de Janeiro, **27**: 64-74.
- Basilici, G.; Fuhr Dal Bó, P.F.; Sérgio, F.; Ladeira, B. 2009 Climate-induced sediment-palaeosol cycles in a Late Cretaceous dry aeolian sand sheet: Marília Formation (North-West Bauru Basin, Brazil). *Sedimentology*, **56**: 1876-1904.
- Batezelli, A.; Saad, A.R.; Etchebehere, M.L.C.; Perinotto, J.A.J.; Fulfaro, V.J. 2003. Análise Estratigráfica Aplicada à Formação Araçatuba (Bacia Bauru - Ks) no oeste do Estado de São Paulo. *Geociências*, **22**: 5-19.
- Bertini, R.J.; Manzini, F.F.; Brandt Neto, M. 1999. Novas ocorrências de Baurusuchidae (Sebecosuchia: Crocodylomorpha) na região de General Salgado, Formação Adamantina (Cretáceo Superior) do Grupo Bauru na região noroeste do Estado de São Paulo. *Actas Geologica Leopoldensia*, **23**(49): 29-38.
- Carvalho, I.S.; Da-Rosa, Á.A.S. 2008. Patrimônio paleontológico no Brasil: relevância para o desenvolvimento sócio-econômico. *Memórias e Notícias - Publicações do Departamento de Ciências da Terra e do Museu Mineralógico e Ecológico da Universidade de Coimbra*, Coimbra, **31**: 15-28.
- Carvalho, I.S.; Campos, A.C.A.; Nobre, P.H. 2005. *Baurusuchus salgadoensis*, a new Crocodylomorpha from the Bauru Basin (Cretaceous), Brazil, *Gondwana Research*, **8**(1): 11-30.
- Carvalho, I.S.; Gracioso, D.E.; Fernandes, A.C.S. 2009. Uma câmara de coleóptero (*Coprinisphaera*) do Cretáceo Superior, Bacia Bauru. *Revista Brasileira de Geociências*, **39**(4): 679-684.
- Dias-Brito, D.; Musachio, E.A.; Castro, J.C.; Maranhão, M.S.S.; Suárez, J.M.; Rodrigues, R. 2001. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil—concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isótopos e estratigráficos. *Revue Paléobiologique*, Gêneve, **20**(1): 245-304.
- Fernandes, A.C.S.; Carvalho, I.S. 2006. A Formação Adamantina e seu conteúdo icnológico: um registro da paleofauna de invertebrados continentais na Bacia Bauru. *In: Boletim do Simpósio do Cretáceo do Brasil, 7 - Simpósio do Terciário do Brasil, 1, Boletim de Resumos*, Serra Negra, São Paulo, p.53.
- Fernandes, L.A.; Coimbra, A.M. 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68**: 195-205.
- Fernandes, L.A. 1998. *Estratigrafia e evolução geológica da parte Oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)*. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 216 p.
- Fernandes, L.A.; Basilici, G. 2009. Transition of ephemeral palustrine to aeolian deposits in a continental semi-arid environment (Upper Cretaceous Bauru Basin, Brazil). *Cretaceous Research*, doi:10.1016/j.cretres.2008.12.002.
- Garcia, A.J.V.; da Rosa, A.A.S.; Goldberg, K. 1999. Paleoenvironmental and paleoclimatic controls on early diagenetic processes and fossil records in continental Cretaceous sandstones in Brazil: a petrologic approach. *In: Simpósio. sobre o Cretáceo do Brasil, vol. 5. UNESP, Boletim*, Serra Negra. p. 491-495.
- Goldberg, K.; Garcia, A.J.V. 2000. Palaeobiogeography of the Bauru Group, a dinosaur-bearing Cretaceous unit, northeastern Paraná Basin, Brazil. *Cretaceous Research*, **21**: 241-254.
- Marinho, T.S.; Carvalho, I.S. 2007. **a** Revision of the Sphagesauridae Kuhn, 1968 (*Crocodyliformes*, *Mesoeucrocodylia*). *In: Carvalho et al. (eds.). Paleontologia: Cenários de Vida*. Editora Interciência, p. 481-487.
- Marinho, T.S.; Carvalho, I.S. 2007. **b** Paleoautoecologia dos Sphagesauridae (*Crocodyliformes*, *Mesoeucrocodylia*) do Sudoeste Brasileiro *In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 14 e Simpósio de Geologia do Sudeste, 10, Livro de Resumos*. Diamantina, MG, 2007, p. 72.
- Marinho, T.S.; Carvalho, I.S. 2008. Propalinal jaw movements on the Sphagesauridae (*Crocodyliformes*, *Mesoeucrocodylia*) *In: Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, 7, Boletim de Resumos*, Paleontologia em Destaque, Edição Especial, p. 129-130.
- Marinho, T.S.; Carvalho, I.S. 2009. An armadillo-like sphagesaurid crocodyliform from the Late Cretaceous of Brazil, *Journal of South American Earth Sciences*, **27**: 36-41.
- Nascimento, P.M.; Zaher, H. 2010. A new species of *Baurusuchus* (*Crocodyliformes*, *Mesoeucrocodylia*) from the Upper Cretaceous of Brazil, with the first complete postcranial skeleton described for the family Baurusuchidae. *Papéis avulsos de Zoologia*, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, **50**(21):323-361.
- Paula e Silva, F. 2003. *Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Univer. Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, 166 p.

- Paula e Silva, F.; Chang, H.K.; Caetano-Chang, M.R. 2005. Estratigrafia de subsuperfície do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, **35**(1): 77-88.
- Price, L.I. 1945. A new reptile from the Cretaceous Brazil. *Notas preliminares e trabalhos da Divisão de Geologia e Mineralogia*, **25**: 1-4.
- Ribeiro, C.M.M.; Souto, P.R.F.; Carvalho, I.S. 2004. Ovos e excrementos fossilizados de crocodilomorfos do Cretáceo Superior (Estado de São Paulo, Brasil). In: I Congresso Brasileiro de Herpetologia, Curitiba, 2004, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, CD ROM.
- Riff, D.; Kellner, A.W.A. 2001. On the dentition of *Baurusuchus pachecoi* Price (Crocodyliformes, Metasuchia) from the Upper Cretaceous of Brazil. *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Geologia*, **59**: 1-15.
- Vasconcellos, F.M. 2009. *Análise morfofuncional e hábitos de vida de Baurusuchus (Crocodyliformes, Mesoeucrocodylia) na Bacia Bauru*. Programa de Pós graduação em Geologia, Univers. Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 185 p.
- Vasconcellos, F.M.; Carvalho, I.S. 2006. Condicionante etológico na tafonomia de *Uberabasuchus terrificus* (Crocodyliformes, Peirosauridae) da Bacia Bauru (Cretáceo Superior). *Geociências*, **25**(2): 225-230.
- Vasconcellos, F.M.; Carvalho, I.S. 2007. Cranial features of *Baurusuchus salgadoensis* Carvalho, Campos & Nobre 2005, a Baurusuchidae (Mesoeucrocodylia) from the Adamantina Formation, Bauru Basin, Brazil: Paleoichnological, Taxonomic and Systematic Implications. In: Carvalho *et al.* (eds.). *Paleontologia: Cenários de Vida*. Editora Interciência, p. 319-332.
- Vasconcellos, F.M.; Carvalho, I.S. 2008. Inferência paleoautoecológicas a partir da bioestratigrafia de *Baurusuchus salgadoensis* (Crocodyliformes) da Formação Adamantina, Bacia Bauru (Turoniano-Santoniano / Cretáceo Superior), *Anais. In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 5, Curitiba - PR, p. 793.
- Vasconcellos, F.M.; Carvalho, I.S. 2010. 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*, **51**: 227-237.
- Vasconcellos, F.M.; Carvalho, I.S.; Arruda, J.T. 2005. Evidência de gastrólitos em fóssil de Baurusuquideo (Crocodylomorpha, Mesoeucrocodylia) da Formação Adamantina, Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil) In: IX Simpósio de Geologia do Sudeste, *Boletim de Resumos*, Niterói, Rio de Janeiro, p. 53.
- Vasconcellos, F.M.; Marinho, T.S.; Carvalho, I.S. 2005. The locomotion pattern of *Baurusuchus salgadoensis* Carvalho, Nobre & Campos, 2005 and the distribution of Baurusuchidae in Gondwanaland. *Gondwana 12: Geological and Biological Heritage of Gondwana*, Mendoza, p. 358.
- Vasconcellos, F.M.; Marinho, T.S.; Iori, F.V.; Morato, L. 2008. First dinosaur remains from General Salgado surroundings (Adamantina Formation, Bauru Basin - Late Cretaceous), São Paulo state, Brazil. In: IV Jornada Fluminense de Paleontologia, 2008, Rio de Janeiro. *Paleontologia Boletim Especial*. Rio de Janeiro, p. 47-48.
- Vasconcellos, F.M.; Morato, L.; Marinho, T.S.; Carvalho, I.S. 2008. Occurrence of gastroliths in *Baurusuchus* (Baurusuchidae, Mesoeucrocodylia) from Adamantina Formation, Bauru Basin In: Simpósio Brasileiro de Paleontologia De Vertebrados, 7, *Boletim de Resumos*, Paleontologia em Destaque, Edição Especial, p. 200-202.
- Zaher, H.D.; Langer, M.C.; Fara, E.; Carvalho, I.S.; Arruda, J.T. 2003. A mais antiga serpente (Anilioidea) brasileira: Cretáceo Superior do Grupo Bauru, General Salgado, SP. *Paleontologia em Destaque*, **44**: 50-51.

CURRICULUM VITAE SINÓPTICO DOS AUTORES



Ismar de Souza Carvalho - Graduado em Geologia pela Universidade de Coimbra (1984), Mestre (1989) e Doutor (1993) em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é Professor Associado 3 da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Pós-doutorado pela Universidade Estadual Paulista (1999). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Paleontologia Estratigráfica, atuando principalmente nos seguintes temas: Cretáceo, Paleoecologia, Paleoicnologia, Paleontologia e Geologia das bacias sedimentares. Bolsista 1 A do CNPq e participante do Programa Cientistas do Nosso Estado – FAPERJ.



Felipe Mesquita de Vasconcellos - Bacharel (2003) e Licenciado (2006) em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Mestre (2006) e Doutor (2009) em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é Professor Adjunto 1 da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tem experiência nas áreas de Paleontologia, Paleoicnologia e divulgação científica, com ênfase em Paleobiologia de Crocodylomorpha.



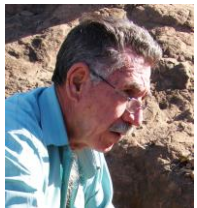
Thiago da Silva Marinho - Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Uberlândia (2003), Mestre (2006) e Doutor (2009) em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Paleontologia de Vertebrados, atuando principalmente em estudos acerca do período Cretáceo, com foco em Paleontologia de Crocodyliformes e Dinosauria.



Pedro Henrique Nobre - Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1997), Mestre (2000) e Doutor (2006) em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é professor efetivo no Colégio de Aplicação, Departamento de Ciências, da Universidade Federal de Juiz de Fora. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Paleontologia de vertebrados, atuando principalmente no estudo de Crocodylomorpha do Cretáceo.

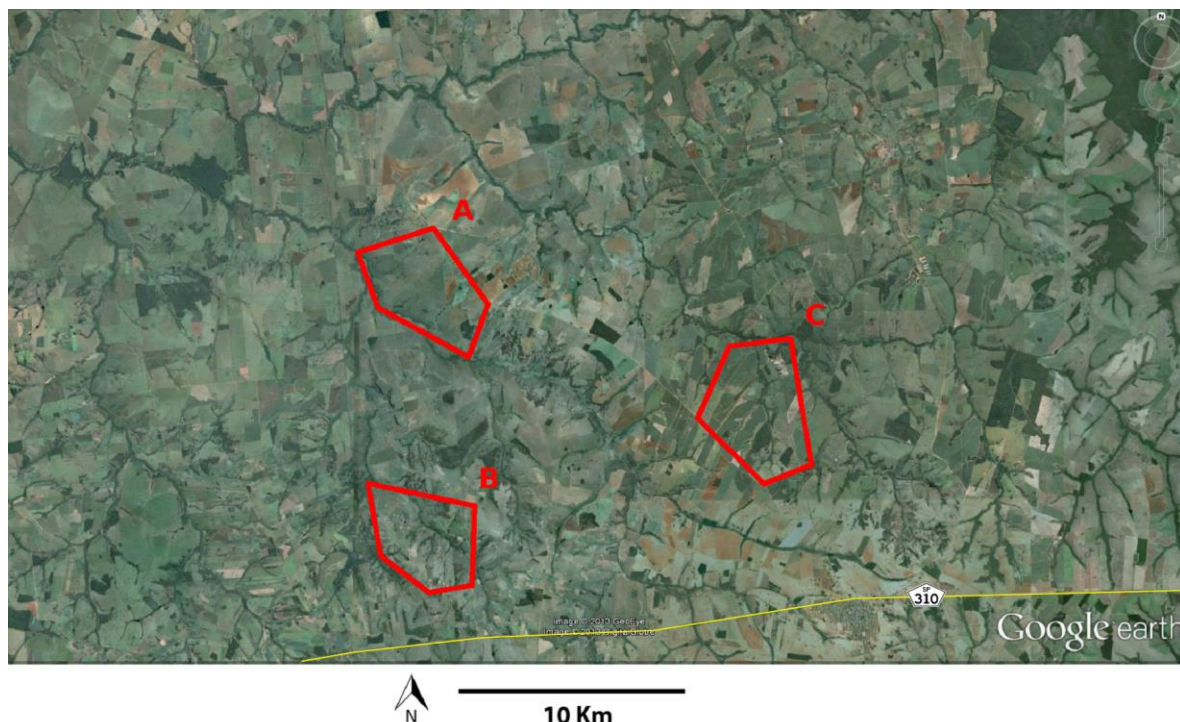


Antonio Celso de Arruda Campos - Professor aposentado e atual diretor do Museu de Paleontologia de Monte Alto. Desenvolve há três décadas coletas e estudos de fósseis da região oeste do Estado de São Paulo.



João Tadeu Arruda - Licenciado em Ciências. Professor aposentado, coletor e preparador de diversos fósseis da região de General Salgado e São José de Itacema, noroeste do Estado de São Paulo.

SIGEP 053 - Répteis Fósseis de General Salgado, SP PROPOSTA DE ÁREAS DE PROTEÇÃO



Os polígonos vermelhos indicam as áreas de proteção propostas, localizadas a norte do município de General Salgado (SP), com a SP-310 (em amarelo) limitando-a a sul. (Imagem de satélite: Google Earth – Cnes/Spot Image, 2013). (A) Fazenda Buriti, (B) Fazenda RaoX e (C) Usina Generalco.

Vértices	Latitude	Longitude	UTM - N	UTM - E
A 1	20°32'21.85" S	50°29'15.46" O	7728764	553368
A 2	20°32'44.68" S	50°30'34.86" O	7728003	551110
A 3	20°33'41.54" S	50°30'16.44" O	7726342	551661
A 4	20°34'29.80" S	50°28'39.57" O	7724783	554461
A 5	20°33'39.49" S	50°28'17.98" O	7726373	555047
B 1	20°36'37.08" S	50°30'24.99" O	7720925	551397
B 2	20°37'49.46" S	50°30'13.22" O	7718654	551709
B 3	20°38'26.63" S	50°29'19.36" O	7717551	553219
B 4	20°38'18.12" S	50°28'35.67" O	7717764	554507
B 5	20°36'59.17" S	50°28'31.82" O	7720236	554582
C 1	20°34'18.37" S	50°23'58.51" O	7725041	562487
C 2	20°35'31.59" S	50°24'35.49" O	7722882	561498
C 3	20°36'38.19" S	50°23'23.62" O	7720827	563571
C 4	20°36'16.84" S	50°22'34.27" O	7721456	564979
C 5	20°34'14.06" S	50°22'55.48" O	7725299	564403

* Coordenadas UTM no fuso 22K

Área de proteção proposta por Ismar de Souza Carvalho – ismar@geologia.ufrj.br

Data da proposta: 30/01/2013