

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PTEROSSAUROS DA CHAPADA DO ARARIPE  
(CEARÁ, BRASIL): EXEMPLARES DAS COLEÇÕES  
DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, USP**

Leopoldo Henrique Fachini Moreira

Orientador: Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2005/23)

SÃO PAULO  
2005

TF  
M838  
LHF.p

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

DEDALUS - Acervo - IGC



30900018036

**Pterossauros da Chapada do Araripe (Ceará, Brasil):  
exemplares das coleções do Instituto Geociências,  
USP**

**Leopoldo Henrique Fachini Moreira**

Monografia de Trabalho de Formatura



**Banca Examinadora**

Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild

Prof. Dr. Luiz Eduardo Anelli

Prof. Dr. Gergely Andres Julio Szabo

São Paulo

2005

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Pterossauros da Chapada do Araripe (Ceará, Brasil):  
exemplares das coleções do Instituto de Geociências,  
USP**

Leopoldo Henrique Fachini Moreira



Orientador: Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild  
Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental - GSA

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA**  
(TF/05 – 23)

São Paulo  
2005

Aquecido nos fornos do seio da Terra  
És o primogênito das cinzas  
Do grande vulcão  
És o próprio fragmento de rocha do qual  
Fazes ciência e és griz como  
o espaço em ebulição

grave e cerimonioso  
ao menor deslize que se dê  
ouvirás logo um desaforo  
e não é para menos o que se vê  
pois este é filho do homem  
areia pedra e carvão

mas não reluz quando se vê  
que o velho grave é precioso  
especialistas irão temer  
ter dado por tolo, verdadeiro ouro

é a lupa, para querer  
medir o fundo da boca do poço  
o metro não consentirá  
e o buraco cômico vai fazer  
as águas subirem e afogar  
e a lupa entrará outra vez  
para os restos e ossos examinar.



|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                                                                                   | 3         |
| <b>Resumo .....</b>                                                               | <b>4</b>  |
| <b>Abstract .....</b>                                                             | <b>5</b>  |
| <b>Introdução .....</b>                                                           | <b>6</b>  |
| <b>1. Objetivos .....</b>                                                         | <b>7</b>  |
| <b>2. Relevância do projeto.....</b>                                              | <b>7</b>  |
| <b>3. Contexto geológico .....</b>                                                | <b>7</b>  |
| <b>3.1. Formação Santana .....</b>                                                | <b>10</b> |
| <b>3.2. Fósseis na Formação Santana.....</b>                                      | <b>11</b> |
| <b>3.3. Caracterização dos Pterossauros.....</b>                                  | <b>12</b> |
| <b>4. Materiais e Métodos.....</b>                                                | <b>15</b> |
| <b>5. Desenvolvimento do trabalho .....</b>                                       | <b>16</b> |
| <b>5.1. Atividades realizadas.....</b>                                            | <b>16</b> |
| <b>5.2. Cronograma.....</b>                                                       | <b>16</b> |
| <b>5.3. Dificuldades encontradas.....</b>                                         | <b>16</b> |
| <b>6. Resultados obtidos.....</b>                                                 | <b>18</b> |
| <b>7. Discussão.....</b>                                                          | <b>19</b> |
| <b>7.1. Verificação quanto à autenticidade dos fósseis .....</b>                  | <b>19</b> |
| <b>7.2. Adulterações .....</b>                                                    | <b>19</b> |
| <b>7.3. Quantificação dos indivíduos .....</b>                                    | <b>20</b> |
| <b>7.3.1. Quanto ao tipo de preservação .....</b>                                 | <b>20</b> |
| <b>7.3.2. Quanto ao número de fragmentos identificados .....</b>                  | <b>21</b> |
| <b>7.4. Comparação com fósseis já descritos na literatura especializada .....</b> | <b>23</b> |
| <b>8. Conclusões .....</b>                                                        | <b>27</b> |
| <b>9. Referências bibliográficas.....</b>                                         | <b>28</b> |
| <b>10. ANEXOS.....</b>                                                            | <b>32</b> |
| <b>11. PRANCHAS .....</b>                                                         | <b>33</b> |
| <b>12. AGRADECIMENTOS.....</b>                                                    | <b>35</b> |

## Resumo

O presente trabalho é uma tentativa de classificação dos exemplares fósseis pertencentes ao acervo do Instituto de Geociências, provenientes da Formação Santana (Grupo Araripe, Bacia do Araripe, Brasil) quanto a sua veracidade, morfologia e afinidade cladística.

Todos os conjuntos foram considerados fósseis verdadeiros, sendo que a junção entre duas partes de uma só peça é bastante freqüente sem alterar, no entanto, sua veracidade. A junção entre dois ou mais espécimes distintos foi observada em dois conjuntos onde a concreção foi aparentemente refeita com massa fina. Porém, a semelhança no tipo de preservação dos fragmentos sugere que poderia se tratar do mesmo indivíduo.

A classificação dos conjuntos segundo seu tipo de preservação separou as peças em 5 grupos distintos, geralmente com mais de um conjunto por grupo.

Foram identificados 43 fragmentos, inteiros ou não, a saber: 3 fêmures, 5 rádios, 5 ulnas, 5 úmeros, 1 escápula, 1 coracóide, 1 mandíbula, 6 costelas, 6 metacarpos, falanges I, II, III e IV do dedo alar, respectivamente em número de 2, 4, 3 e 1 exemplares.

Relacionando o número de ulnas, rádios e úmeros identificados com os tipos de preservação, estimou-se em cinco o número de indivíduos distintos presentes no material estudado.

No tocante à classificação cladística, as coleções de fósseis estudadas mostram-se pertencer de fato à super-família *Pterodactyloidea*, variando entre diferentes gêneros indeterminados dentro das famílias *Anhangueridae*, *Ornithocheiridae* e *Pteranodontidae*.

## Abstract

The present work is an attempt of classification of the pertaining fossils units that belongs to the stock of the Geosciences Institute, proceeding from the Santana Formation (Araripe Group, Araripe Basin, Brazil) about its veracity, morphology and cladistic affinity.

All the sets had been considered true fossils, and the linking between two parts of one unique piece is very frequent without modifying, however, its veracity. The junction between two or more distinct specimens was observed in two sets where the concretion apparently was re-made with fine mass. However, the similarity in the type of preservation of the fragments suggests that it could be the same individual.

The classification of the sets as its type of preservation separated the pieces in 5 distinct groups, generally with more than a set by group.

43 fragments had been identified, complete or not, to know: 3 femurs, 5 radius, 5 ulnae, 5 humerus, 1 scapula, 1 coracoid, 1 jaw, 6 ribs, 6 metacarpus, phalanxes I, II, III and IV of the wing finger, respectively in number of 2, 4, 3 and 1 units.

Relating the number of ulnae, radius and humerus identified with the types of preservation, the number of distinct individuals was esteem in five in the studied material.

Concerning to the cladistic classification, the studied collections of fossils reveal to belong in fact to the Pterodactyloidea super-family, varying between different sorts of indetermined genus inside the Anhangueridae, Ornithocheiridae and Pteranodontidae families.

## Introdução

A Bacia do Araripe, localizada na junção tríplice entre os Estados do Piauí, Ceará e Pernambuco é sem dúvida um dos mais ricos sítios paleontológicos do Brasil e figura entre os mais importantes do mundo.

Desde meados do século XIX, foi alvo de inúmeros estudos que geraram enorme quantidade de conhecimento à comunidade científica, ajudando a esclarecer a paleoflora e paleofauna do Cretáceo da região, bem como a disposição dos continentes e o paleoclima.

A Bacia do Araripe é também o mais importante depósito fossilífero do Brasil – e é mundialmente reconhecido – quando se trata de pterossauros. Por ser uma espécie de mar interior quando esses animais dominavam os céus, acabou se tornando o depósito para os restos dos pterossauros que ali se alimentavam e acabavam morrendo. E, por ter águas muito tranquilas, conservou extremamente bem os exemplares fósseis nela depositados.

E é desta região tão bem estudada – mas com potencial quase inesgotável – que provêm os fósseis alvos do presente projeto de estudo – os pterossauros. São exemplares que foram incorporados ao acervo paleontológico do Instituto de Geociências em meio a um grande carregamento de fósseis de peixes das mais diversas espécies e hoje estão arquivados em três coleções: Coleção Jaipur, Coleção Mizumoto e Coleção Polícia Federal.

Caberá então a este projeto trazer estes fósseis à luz do conhecimento, visando a valorização desse material raro e importante para fins científicos e museológicos.

## 1. Objetivos

O presente projeto visa o estudo dos fósseis de pterossauros do LPS-IGc (Laboratório de Paleontologia Sistemática), verificando sua autenticidade, realizando identificação anatômica, estudo tafonômico e taxonômico-comparativo, tendo em vista o fato notório que o material proveniente desta região sofre muitas adulterações e falsificações.

## 2. Relevância do projeto

Este projeto justifica-se no sentido de preparar, descrever, classificar e catalogar exemplares fósseis do Instituto de Geociências, para que possam ser usados no enriquecimento das aulas da disciplina de Paleontologia, valorizando-o cientificamente e disponibilizando-o para que pesquisadores qualificados possam estudá-lo.

O natural desenvolvimento do trabalho também permitirá que o aluno tenha contato e ganhe experiência com um grupo de vertebrados cujo maior jazigo mundialmente conhecido é na Chapada do Araripe, visando eventual especialização em nível de pós-graduação na área de paleontologia de vertebrados.

## 3. Contexto geológico

As principais fontes para a caracterização geológica da Bacia do Araripe foram a *tese de doutorado de Alexandre M. Sales (2005)* e o *trabalho de Ponte e Ponte Filho (1996)* e, portanto, as relações estratigráficas para a Bacia do Araripe aqui relatadas são resultados dos estudos desenvolvidos por estes pesquisadores.

A bacia do Araripe ocupa uma extensão de mais de 8000km<sup>2</sup> na região de fronteira dos estados do Ceará, Pernambuco, Piauí e Paraíba. Possui forma alongada, com cerca de 250 km na direção leste-oeste e até 75 km na direção norte-sul, e tem como limites o Lineamento da Paraíba (ao norte), Falha da Conceição (a sudeste e leste) e Falha Sítio dos Moreiras (a sudoeste) (**Figura 1**).





A origem da Bacia do Araripe está diretamente relacionada ao evento da abertura do Oceano Atlântico Sul que envolveu toda a porção leste da plataforma Sul-Americana responsável pela fragmentação do paleocontinente Gondwana e pela formação dos riftes mesozóicos do Nordeste Brasileiro (PONTE & PONTE FILHO, 1996), ocasionando o abaixamento do bloco ao sul da geofratura da Paraíba e ao norte da geofratura Sítio dos Moreiras. O tectonismo tafrogênico neocretácico (Neocomiano) possibilitou a formação de centros de deposição de seqüências meso-cenozóicas, entre as quais, a seqüência sedimentar do Araripe.

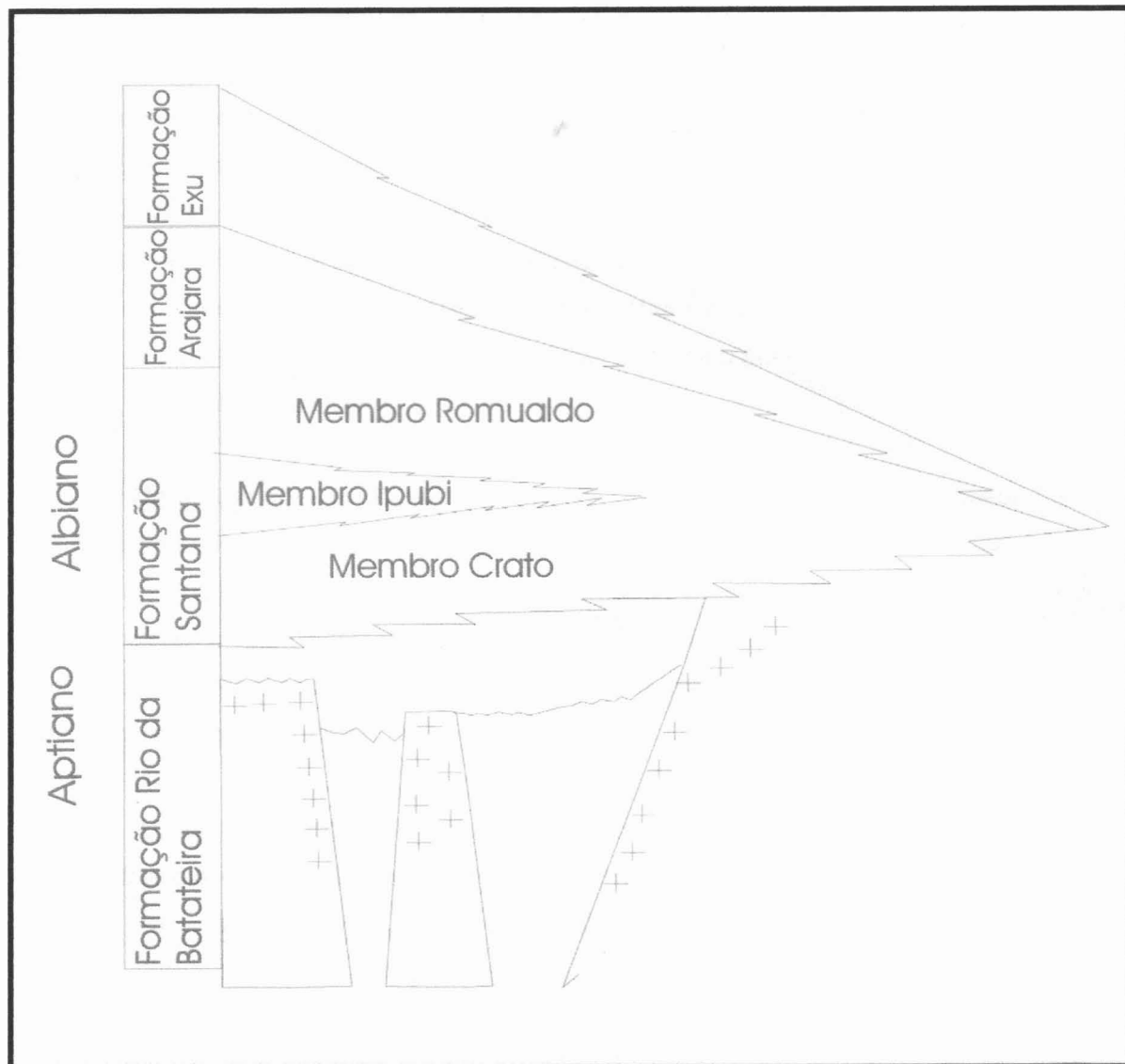
Com a fragmentação completa do paleocontinente Gondwana a partir do Albiano, ocorreu a deposição de sedimentos transgressivos marinhos nas bacias marginais brasileiras. A Bacia do Araripe sofreu, então, relaxamento tectônico e ajuste pós-tectônico – propiciando sedimentação marinha e lagunar, clástico-carbonática, nos limites de uma ampla bacia interior (SALES, 2005).

O pacote sedimentar que preenche a bacia do Araripe, sintetizado por PONTE (1996) compreende quatro seqüências principais: Beta, Pré-rifte, Rifte e Pós-rifte. Posteriormente, uma seqüência de idade cenozóica foi adicionada (PONTE *et al.*, 1997), contendo coberturas de depósitos eluvionares, coluvionares (tálus) e aluvionares. No Cretáceo médio, ocorrem as unidades com maiores extensões e continuidades laterais, depositadas sob regime de mar alto, que incluem o Grupo Araripe, com seqüências pós-rifte.

De maneira geral, a seqüência Mesozóica da Bacia do Araripe pode ser dividida em duas partes. A inferior (Grupo Brotas) tem relações de discordância com o embasamento Paleozóico e Pré-Cambriano e com os sedimentos que o recobrem. O Grupo Brotas consiste principalmente em arenitos e folhelhos intercalados, com idade – atualmente aceita como – Cretácea inferior e subdividido em nas Formações Aliança (inferior) e Sergi (superior). A Formação Araripina está sedimentada discordantemente sobre o Grupo Brotas e consiste em folhelhos negros, recobertos por calcários e dolomitos, folhelho laminado e uma seqüência evaporítica (MAISEY, 1991).

O Grupo Araripe constitui uma seqüência pós-rifte, predominantemente continental, na qual se encontra registrado um ciclo transgressivo-regressivo completo, constituído por três sistemas deposicionais distintos (**Figura 2**) (PONTE & PONTE FILHO, 1996).

- A) fluvio-lacustre carbonático, de idade aptiana, englobando a Formação Rio da Batateira e o Membro Crato da Formação Santana.;
- B) transicional-evaporítico e marinho litorâneo, médio-albiano, incluindo os membros Ipubi e Romualdo da Formação Santana e a Formação Arajara;
- C) Sistema fluvial entrelaçado e meandrante albo-cenomaniano, constituindo a Formação Exu.



**Figura 2.** Esquemática gráfica da estratigrafia da Bacia do Araripe, segundo proposta de PONTE (1994).

### 3.1. Formação Santana

A Formação Santana é considerada aptiana-albiana, a partir de comparações com registros de eventos tectono-sedimentares na estratigrafia das bacias marginais da América do Sul (ARAI *et al.*, 1997).

Pertencente ao Grupo Araripe, ocorrendo na sua porção médio-cretácea, a Formação Santana é composta por três porções distintas, da base para o topo, chamadas respectivamente de Membros Crato, Ipubi e Romualdo, sendo que o primeiro e o último possuem depósitos fossilíferos de importância mundialmente reconhecida (SALES, 2005).



1) Membro Crato - situado na porção inferior da Formação Santana, é composto, da base para o topo, por folhelhos cinza, castanhos calcíferos, laminados e calcários micríticos, cinza claros a creme, argilosos e com laminação milimétrica, tendo espessura média de 50 metros. São fossilíferos, contendo grupos de vertebrados, invertebrados e plantas. Dentre os invertebrados, pequenos bivalves (de tamanhos milimétricos) podem ser encontrados dispersos nos calcários e siltitos arenosos (SALES, 2005). O membro Crato está em contato basal concordante com a Formação Rio da Batateira e discordante com a Formação Abaiara, ou sobre embasamento Pré-cambriano. O contato superior – com o Membro Ipubi – é normal e gradacional.

2) Membro Ipubi – depósitos evaporíticos, na porção mediana da Formação Santana, com camadas de gipsita de até 20 metros de espessura, de cores branca a cinza, maciças e fibrosas, e leitos descontínuos de pelitos verde escuros associados. Acima das camadas de gipsita ocorrem níveis de folhelhos betuminosos fossilíferos intercalados. O contato superior com o Membro Romulado é discordante, sendo interpretado por SILVA (1988) como uma discordância erosiva regional.

3) Membro Romualdo – sobrepõe-se ao Membro Ipubi e apresenta folhelhos e arenitos friáveis esbranquiçados, intercalados por níveis de margas, lentes de gipsitas e calcários, em sua maioria fossilíferos. O contato basal com o membro Ipubi é marcado por um nível métrico de micro-conglomerado imaturo e esbranquiçado, com estratificações cruzadas acanaladas (VIANA, 1990). Para origem do Membro Romualdo, são consideradas duas hipóteses: uma marinha litorânea (PONTE, 1992) e outra a partir de um ambiente transicional (laguna), com periódicas ingressões marinhas, indicadas pela presença de microfósseis (COIMBRA *et al.*, 2002).

### 3.2. Fósseis na Formação Santana

Os fósseis ocorrem geralmente nos folhelhos, finas camadas de calcários e, em sua maior parte, em concreções calcárias arredondadas dentro de séries de camadas sedimentares que ficam expostas no sopé e nas encostas da Chapada do Araripe. Essas concreções podem conter fósseis de diferentes espécies de peixes, répteis (crocodilos, tartarugas, dinossauros e pterossauros) e diferentes tipos de plantas (incluindo coníferas). Também podem ocorrer pontualmente pequenos invertebrados, como gastrópodes, em grande abundância (MAISEY, 1991).

Por se tratar de tão importante depósito fossilífero quando se trata de vertebrados, muitos dos pterossauros conhecidos atualmente foram encontrados na Formação Santana.

1) Membro Crato - situado na porção inferior da Formação Santana, é composto, da base para o topo, por folhelhos cinza, castanhos calcíferos, laminados e calcários micríticos, cinza claros a creme, argilosos e com laminação milimétrica, tendo espessura média de 50 metros. São fossilíferos, contendo grupos de vertebrados, invertebrados e plantas. Dentre os invertebrados, pequenos bivalves (de tamanhos milimétricos) podem ser encontrados dispersos nos calcários e siltitos arenosos (SALES, 2005). O membro Crato está em contato basal concordante com a Formação Rio da Batateira e discordante com a Formação Abaiara, ou sobre embasamento Pré-cambriano. O contato superior – com o Membro Ipubi – é normal e gradacional.

2) Membro Ipubi – depósitos evaporíticos, na porção mediana da Formação Santana, com camadas de gipsita de até 20 metros de espessura, de cores branca a cinza, maciças e fibrosas, e leitos descontínuos de pelitos verde escuros associados. Acima das camadas de gipsita ocorrem níveis de folhelhos betuminosos fossilíferos intercalados. O contato superior com o Membro Romulado é discordante, sendo interpretado por SILVA (1988) como uma discordância erosiva regional.

3) Membro Romualdo – sobrepõe-se ao Membro Ipubi e apresenta folhelhos e arenitos friáveis esbranquiçados, intercalados por níveis de margas, lentes de gipsitas e calcários, em sua maioria fossilíferos. O contato basal com o membro Ipubi é marcado por um nível métrico de micro-conglomerado imaturo e esbranquiçado, com estratificações cruzadas acanaladas (VIANA, 1990). Para origem do Membro Romualdo, são consideradas duas hipóteses: uma marinha litorânea (PONTE, 1992) e outra a partir de um ambiente transicional (laguna), com periódicas ingressões marinhas, indicadas pela presença de microfósseis (COIMBRA *et al.*, 2002).

### 3.2. Fósseis na Formação Santana

Os fósseis ocorrem geralmente nos folhelhos, finas camadas de calcários e, em sua maior parte, em concreções calcárias arredondadas dentro de séries de camadas sedimentares que ficam expostas no sopé e nas encostas da Chapada do Araripe. Essas concreções podem conter fósseis de diferentes espécies de peixes, répteis (crocodilos, tartarugas, dinossauros e pterossauros) e diferentes tipos de plantas (incluindo coníferas). Também podem ocorrer pontualmente pequenos invertebrados, como gastrópodes, em grande abundância (MAISEY, 1991).

Por se tratar de tão importante depósito fossilífero quando se trata de vertebrados, muitos dos pterossauros conhecidos atualmente foram encontrados na Formação Santana.

A **Tabela 1** enumera os espécimes lá encontrados, com os respectivos autores da descrição.

**Tabela 1: Pterossauros descobertos na Formação Santana** (fonte: KELLNER & TOMIDA, 2000 e VELDMEIJER, 2003).

| <b>Espécies</b>                     | <b>Ano e autor(es) da descrição</b> |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Araripeansauros castilhoi</i>    | 1971 por Llewellyn Price            |
| <i>Santanadactylus brasiliensis</i> | 1980 por Buissonjé                  |
| <i>Brasileodactylus araripensis</i> | 1984 por Kellner                    |
| <i>Santanadactylus spixi</i>        | 1985 por Wellnhofer                 |
| <i>Anhanguera santanae</i>          | 1985 por Wellnhofer                 |
| <i>Anhanguera blittersdorffi</i>    | 1985 por Campos e Kellner           |
| <i>Tropeognathus mesembrinus</i>    | 1987 por Wellnhofer                 |
| <i>Araripedactylus dehmi</i>        | 1977 por Wellnhofer                 |
| <i>Cearadactylus atrox</i>          | 1985 por Leonardi e Borgomanero     |
| <i>Tapejara wellnhoferi</i>         | 1989 por Kellner                    |
| <i>Tupuxuara longicristatus</i>     | 1988 por Kellner e Campos           |
| <i>Coloborhynchus piscator</i>      | 2001 por Kellner e Tomida           |
| <i>Coloborhynchus spielbergi</i>    | 2003 por Veldmeijer                 |
| <i>Santanadactylus pricei</i>       | 1985 por Wellnhofer                 |
| <i>Cearadactylus ligabuei</i>       | 1993 por Dalla Vecchia              |
| <i>Tupuxuara leonardii</i>          | 1994 por Kellner e Campos           |
| <i>Arthurdactylus conandoylei</i>   | 1994 por Frey e Martill             |
| <i>Tapejara imperator</i>           | 1997 por Campos e Kellner           |

### 3.3. Caracterização dos Pterossauros

Os mais antigos fósseis de pterossauro foram encontrados em rochas do período Triássico (225 milhões de anos) e, ao longo de 160 milhões de anos (foram extintos há aproximadamente 65 milhões de anos), espalharam-se por todos os continentes.

Convencionalmente, pterossauros são considerados uma ordem da subclasse Archosauria (WELLNHOFER, 1977). Mais recentemente, foi sugerido que os pterossauros são um grupo paralelo aos dinossauros, e não subordinado a estes. Atualmente, a ordem Pterosauria é composta por cerca de 140 espécies e deriva de répteis diapsídeos permianos

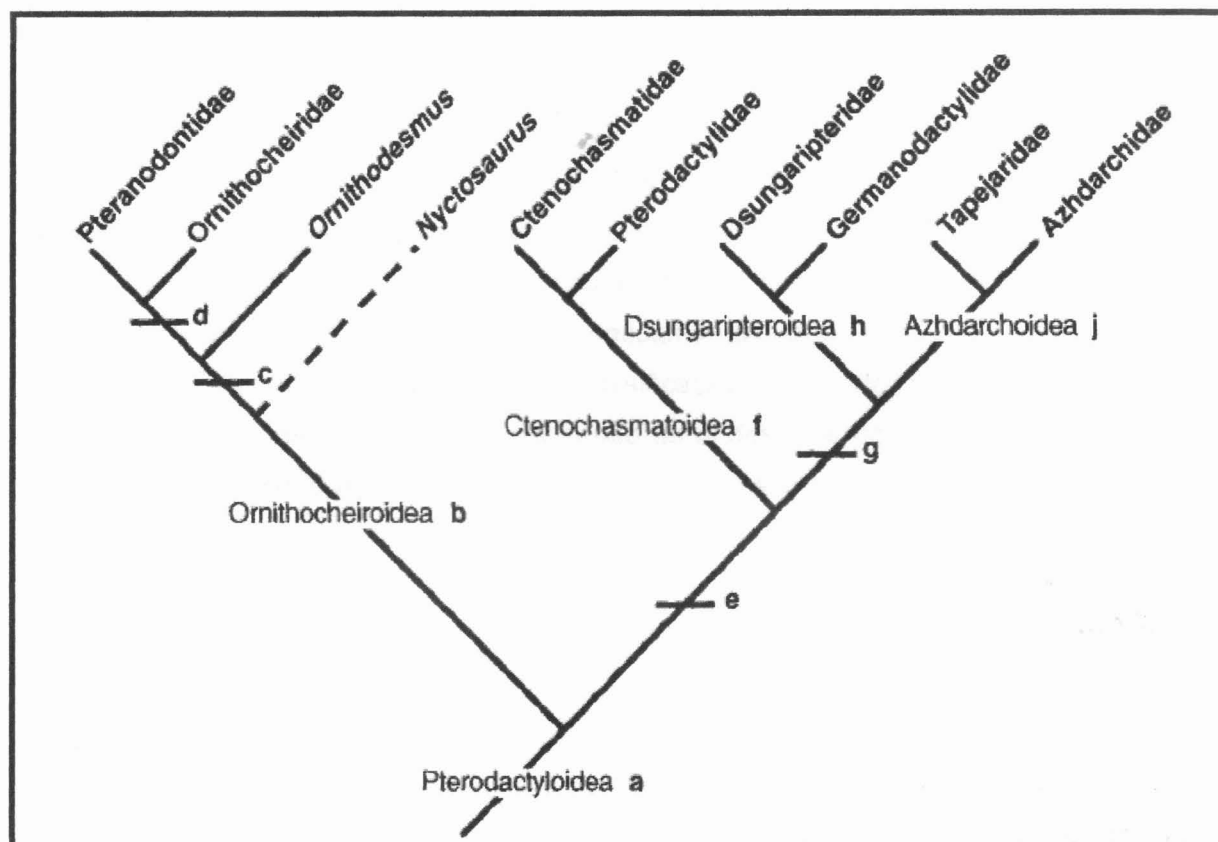
(KELLNER & TOMIDA, 2001). Caracterizam-se fisicamente por um pescoço alongado, crânio grande com uma grande fenestra (espaço vazio, para diminuir o peso), ossatura inteiramente pneumática (também para diminuir o peso), estruturação parecida com a dos pássaros na parte dos ombros, uma grande placa do esterno, com uma crista óssea se estendendo a partir do tórax e um conjunto de “asas” muito particular, onde o quarto dedo é bastante longo, muito maior que os outros três. É nesse quarto dedo que se prende uma membrana muito fina – prolongamento da pele do animal – que funciona como a asa de um planador. Há ainda um osso único, característico da ordem Pterosauria, que se localiza na região do carpo: o osso pteróide. Este osso provavelmente desempenhava a função de auxiliar na navegação, como um *flap* nos aviões atuais. Ao contrário das asas, os membros posteriores eram muito frágeis.

Outra característica marcante dos pterossauros é a ocorrência de alguns indivíduos com cristas – às vezes inacreditavelmente grandes, como no caso do *Tapejara imperator*. Ainda não se chegou a uma conclusão definitiva para a utilidade das cristas. Mas são duas as hipóteses mais aceitas: serviam ou como uma espécie de leme, auxiliando no controle do voo, ou como instrumento de conquista no período de acasalamento (da mesma maneira que os pavões atuais exibem suas caudas para as fêmeas).

A presença ou não de cauda é variável de acordo com a idade do fóssil estudado; os primeiros pterossauros (pertencentes ao grupo dos Rhamphorhynchoidea) possuíam uma cauda relativamente grande, que devia funcionar como contra-peso ou leme durante o voo. Ao longo da evolução, a cauda diminuiu, quase desaparecendo.

Os Pterodactyloidea são um grupo mais desenvolvido, com cauda curta, pescoço muito longo e robusto, metacarpo longo e estão presentes no registro geológico desde o Jurássico Superior até o final do Cretáceo (MAISEY, 1991). Os principais pterossauros descobertos na Formação Santana são pterodactilóides.

A **Figura 3** esquematiza as relações entre os diferentes pterodactilóides, baseado principalmente em características craniais ou relações morfométricas específicas de cada família, segundo descrições feitas por Bennet (1994, *apud* UNWIN & JUNCHANG, 1997) e Unwin (1995, *apud* UNWIN & JUNCHANG, 1997).



**Figura 3.** Cladograma esquematizando as relações entre os diferentes pterossauros pterodactilóides. (Fonte: UNWIN & JUNCHANG, 1996).

#### 4. Materiais e Métodos

Estão disponíveis para estudo um total de 59 fragmentos, da mesma espécie ou não, a maior parte deles ocorrendo em concreções calcárias típicas da Formação Santana, divididos em três coleções: Coleção Jaipur, Coleção Mizumoto e Coleção Polícia Federal.

Cada peça foi documentada por fotografias coloridas e em preto-e-branco com câmera digital, numerada e identificada anatomicamente quando possível.

Concomitantemente à separação e classificação do material, foi realizada a pesquisa bibliográfica inicial, visando uma caracterização geral dos diferentes tipos de pterossauros. Isso facilitou a identificação dos diferentes ossos fósseis presentes nas coleções, já pensando numa futura possibilidade de associação a gêneros ou famílias.

Neste ponto a intenção inicial de tratar os fósseis, retirando-os da rocha em que se encontravam, foi abandonada, pois se apresentaram muito frágeis e ocos, sustentados apenas pela matriz rochosa circundante, e retirá-los daí poderia significar o comprometimento dessas valiosas amostras.

Após a etapa de separação e classificação foi realizada a observação de feições que comprovassem – ou não – a adulteração dos fósseis, qualificando os tipos de alteração porventura detectados.

Posteriormente, as principais dimensões do material foram medidas (comprimento e largura) e desenhos esquemático-interpretativos confeccionados, estes últimos objetivando facilitar uma melhor visualização dos fósseis de interesse durante a pesquisa.

A última etapa do trabalho consistiu na comparação visual e morfométrica do material com a literatura especializada, num nível mais aprofundado que o inicial. Para tanto, foram consultados artigos e publicações de profissionais da área de paleontologia de vertebrados contendo descrições e caracterizações de famílias, gêneros ou espécies baseadas em critérios passíveis de observação nas amostras estudadas.

## 5. Desenvolvimento do trabalho

### 5.1. Atividades realizadas

Foi realizado o cadastramento e a separação das peças disponíveis para estudo (totalizando 59 peças), documentação fotográfica por meio de câmera digital, ilustração esquemática do material estudado, morfometria do material visando comparação com a literatura especializada, levantamento bibliográfico, visando caracterizar o mais precisamente possível o material disponível.

### 5.2. Cronograma

| Atividade / Mês                                   | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. |
|---------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Pesquisa Bibliográfica                            | X    | X    | X    |      |      |      |      |      |      |
| Separação, preparação e cadastramento             |      |      | X    | X    | X    |      |      |      |      |
| Documentação fotográfica e morfometria            |      |      |      | X    | X    | X    |      | X    |      |
| Comparação com literatura especializada           |      |      | X    | X    | X    | X    | X    | X    |      |
| Elaboração da Monografia de Trabalho de Formatura |      |      |      |      |      |      | X    | X    | X    |

### 5.3. Dificuldades encontradas

A principal dificuldade foi a impossibilidade de realizar qualquer tipo de preparação nas peças pertencentes à Coleção Polícia Federal, pois sendo o Instituto de Geociências fiel depositário do material, fica legalmente impedido de alterar o estado de entrada das peças. Isso dificultou a interpretação e classificação de fragmentos que se mostraram bastante promissores dentro do âmbito deste projeto.

Também dificultou interpretações e diagnósticos não sabermos o local exato de procedência dos fósseis, devido ao fato da quase totalidade das peças terem chegado ao Instituto de Geociências em meio a outros carregamentos de fósseis ou como fruto de apreensões, sem qualquer tipo de identificação que pudesse facilitar seu estudo. Além



disso, a falta de elementos cranianos expostos – fragmentos esses que são utilizados mais ampla e precisamente na classificação de pterossauros – impediu uma classificação mais acertada quanto a famílias, gêneros ou, porventura, espécies.

Outro ponto a ser notado é a dificuldade de acesso às cópias digitalizadas dos artigos originais, seja pela ausência desses artigos nos portais dos quais a Universidade de São Paulo é associada, seja pela cobrança de transferências bancárias pelos *downloads* dos arquivos digitalizados em portais aos quais a Universidade de São Paulo não está associada.

## 6. Resultados obtidos

Como resultado do desenvolvimento deste trabalho, foram obtidas fotografias digitais coloridas e em preto-e-branco das amostras estudadas, como parte da etapa de documentação e catalogação das concreções. Quando necessário, foram feitas ilustrações esquemáticas, visando realçar fragmentos ou detalhes relevantes que não eram claramente observáveis nas fotografias, facilitando a contagem e numeração dos fragmentos encontrados (**Pranchas**).

Realizou-se o tabelamento das amostras disponíveis para estudo (**Tabela 2, Anexos**), com três medidas de duas dimensões de cada fragmento presente em cada concreção (a saber, comprimento e largura média ou maior largura), visando caracterizar morfologicamente os fragmentos fósseis.

Fez-se a identificação dos fósseis que foram adulterados, indicando e classificando cada tipo de alteração.

A quantificação dos possíveis pterossauros presentes foi feita segundo critérios de procedência (agrupando peças provenientes de uma mesma coleção particular) e semelhança de preservação.

Foi feita uma tentativa de identificação dos ossos ou fragmentos destes presentes em cada conjunto concrecional, correlacionando-os entre si e comparando-os com descrições já publicadas na literatura científica especializada.

## 7. Discussão

### 7.1. Verificação quanto à autenticidade dos fósseis

A parte inicial do trabalho consistiu na verificação dos fósseis quanto à sua autenticidade, localizando e determinando quais tipos de adulteração sofreram.

O primeiro quesito a ser respondido é se todos os exemplares das coleções disponíveis para estudo são, de fato, fósseis.

O segundo quesito a ser respondido é se as peças que estão coladas são do mesmo indivíduo ou de indivíduos diferentes – no primeiro caso, a veracidade do fóssil não está comprometida.

A separação dos fósseis em conjuntos seguiu a ordem de disponibilidade dos conjuntos, pois nem todos estavam acessíveis para estudo num primeiro momento.

Os conjuntos 6 (**Prancha 7, Foto B; e Prancha 9, Foto C**), 7 (**Prancha 11, Foto C**), 9 (**Prancha 14, Foto A**) e 11 (**Prancha 17, Foto A; Prancha 18, Fotos A e B**) são exemplos de como se dá a colagem de peças de um mesmo indivíduo, sem que a veracidade da peça seja prejudicada.

O caso de junção entre dois ou mais espécimes distintos, foi observada nos conjuntos 1 e 2 (**Pranchas 2 e 3**), nos quais a concreção foi aparentemente reconstruída com massa fina, observável entre os dois exemplares fósseis. No entanto, o tipo de preservação dos dois ossos é o mesmo, então é possível que se tratasse do mesmo animal ou de, pelo menos, um outro espécime semelhante que foi soterrado muito próximo do primeiro.

### 7.2. Adulterações

As adulterações nos fósseis estudados se concentram em três tipos: raspagem, esculpimento e falsificação.

A raspagem se dá pelo desbastamento da superfície do fóssil ou preenchimento com massa fina e posterior lixamento da superfície. São exemplos de raspagem os conjuntos 9 (**Prancha 14, Foto B**), 7 (**Prancha 11, Foto C**) e 12 (**Prancha 21, Foto B; Prancha 23, Foto A**).

O esculpimento é caracterizado pela adulteração do formato original do fóssil. São exemplos de esculpimento os conjuntos 1 (**Prancha 2, Foto B**), 9 (**Prancha 14, Foto B**), 7 (**Prancha 11, Foto C**).

Já a falsificação acontece quando o fóssil é esculpido de maneira a imitar o padrão original, seja no formato ou na textura. Muito recorrente em fósseis de peixes provenientes da mesma região, foram encontrados apenas dois casos semelhantes nos fósseis de

pterossauros: Conjunto 9 (**Prancha 14, Foto B**) onde o osso foi esculpido, resultando numa porção mais delgada que o restante e Conjunto 12 (**Prancha 23, Foto A**) no qual pode-se notar uma emenda que atravessa grande parte da amostra – inclusive por sobre os fragmentos fósseis.

### 7.3. Quantificação dos indivíduos

#### 7.3.1. Quanto ao tipo de preservação

Quanto à determinação do número mínimo e máximo de indivíduos – completos ou não – presentes no material disponível para este estudo, diferentes critérios foram adotados. O primeiro deles foi a separação feita segundo a coleção de procedência de cada conjunto. Estando disponíveis para estudo três coleções a primeira hipótese é de que exista no mínimo um só indivíduo (fragmentado nessas três coleções); a segunda hipótese é que sejam três indivíduos distintos, um em cada uma das coleções.

No entanto, este critério de separação não se mostrou suficiente, sendo necessário aliá-lo ao tipo de preservação do fóssil. Dessa maneira, foi possível separar cada coleção da seguinte forma:

A preservação do tipo “A” caracteriza-se por permanência da estrutura óssea e incrustação dos fragmentos pneumáticos por cristais de calcita de coloração branco-esverdeada (**Prancha 1, Foto A; Prancha 5, Fotos B e C; Prancha 12, Fotos C e D; Prancha 13, Foto B**); a preservação do tipo “B” caracteriza-se por exposição quase completa do fragmento fóssil, deixando-o com coloração cinza escuro a preto e com crescimento de cristais de calcita translúcida no interior dos fragmentos ósseos (**Prancha 1, Foto C; Pranchas 7, 8, 9 e 10**); a preservação do tipo “C” caracteriza-se pela permanência da estrutura óssea e coloração amarronzada dos fragmentos fósseis. Ocorre incrustação incipiente de calcita esbranquiçada no interior dos ossos (**Prancha 1, Foto B; Pranchas 2, 3 e 7**); a preservação do tipo “D” caracteriza-se pela incrustação dos fragmentos por cristais de apatita, com hábito acicular (por vezes fibro-radiado), que acabam quase que obliterando as formas originais dos fragmentos. Ocorre também a incrustação por óxidos de ferro, fazendo com que tenha aspecto ferruginoso (**Prancha 6**); a preservação do tipo “E” caracteriza-se por fragmentos fósseis com tons róseos ou amarronzados e superfícies bastante lisas, ainda contendo as texturas originais (**Pranchas 15, 16, 19, 20, 21, 22 e 23**); o outro tipo de preservação é semelhante ao tipo “D” (e por isso não foi incluso numa nova categoria), diferindo apenas quando ao estágio de ação da oxidação, que aqui se apresenta menos avançado, deixando as texturas dos fragmentos fósseis bastante realçadas (**Pranchas 17 e 18**).

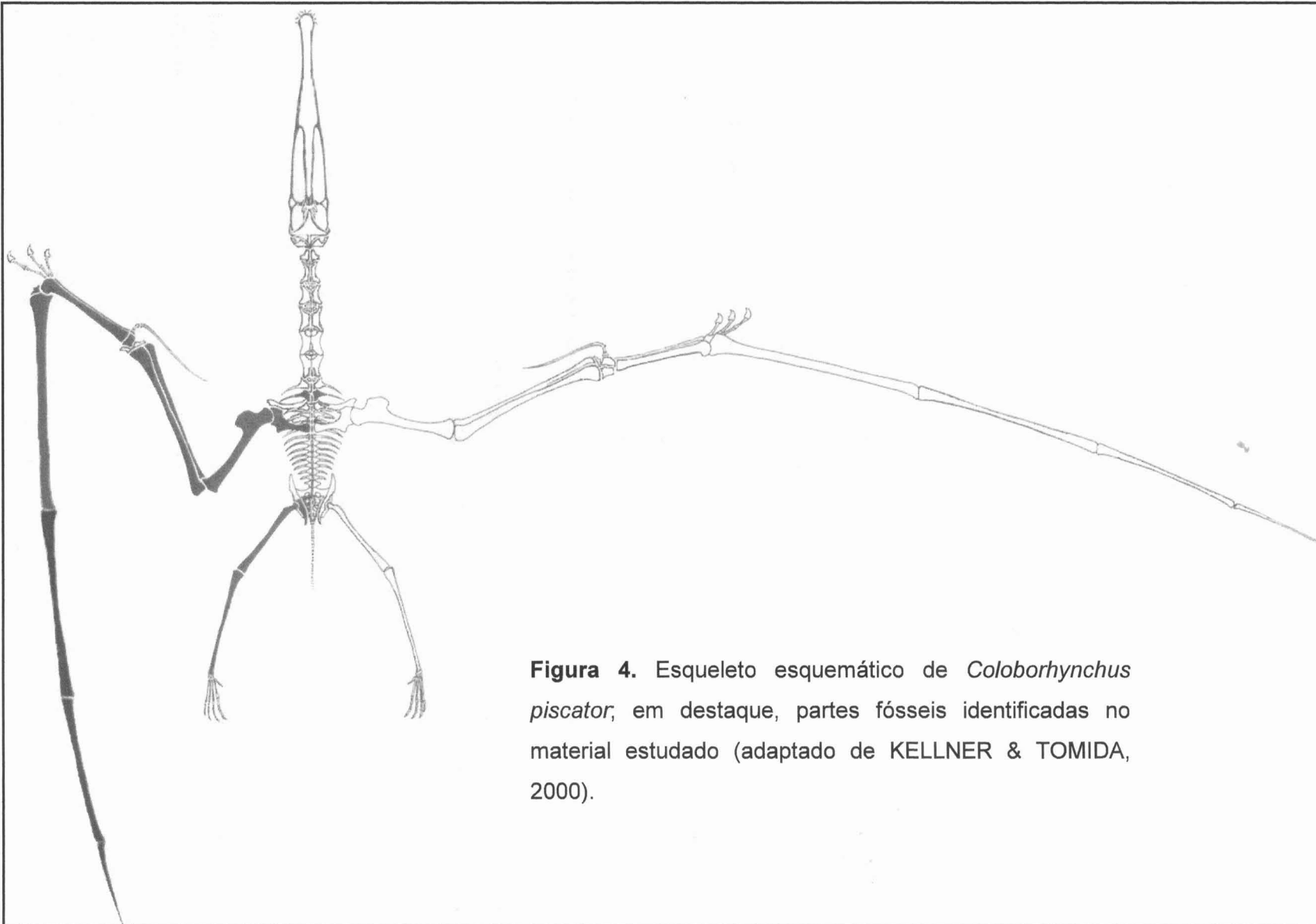
Dessa maneira, chegou-se a uma conclusão de que são, no mínimo, cinco indivíduos distintos, preservados em diferentes níveis estratigráficos, pois há cinco tipos distintos de preservação (**Tabela 2, Anexos**). No entanto, é provável que, numa mesma concreção, estejam misturados fragmentos de dois ou mais pterossauros.

### 7.3.2. Quanto ao número de fragmentos identificados

A presente tentativa de identificação do maior número possível de fósseis pertencentes à coleção do Instituto de Geociências baseou-se nas semelhanças e diferenças morfológicas de cada um deles com aqueles já descritos e identificados. Esse procedimento nem sempre se mostra preciso, pois quando o fragmento está apenas parcialmente exposto, a interpretação pode ser equivocada ou impossibilitada.

As peças identificadas estão representadas na **Figura 4**, tomando como base um esqueleto esquemático de *Coloborhynchus piscator*.

Foram identificados ao todo 43 fragmentos – inteiros ou não – pertencentes às três diferentes coleções, e esta descrição foi sumarizada na **Tabela 3**.



**Figura 4.** Esqueleto esquemático de *Coloborhynchus piscator*; em destaque, partes fósseis identificadas no material estudado (adaptado de KELLNER & TOMIDA, 2000).

**Tabela 3: contagem dos fragmentos identificados**

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| <b>Fêmures</b>                 | <b>03</b> |
| <b>Rádios</b>                  | <b>05</b> |
| <b>Ulnas</b>                   | <b>05</b> |
| <b>Úmeros</b>                  | <b>05</b> |
| <b>Escápulas</b>               | <b>01</b> |
| <b>Coracóides</b>              | <b>01</b> |
| <b>Costelas</b>                | <b>06</b> |
| <b>Metacarpos</b>              | <b>06</b> |
| <b>Mandíbula</b>               | <b>01</b> |
| <b>Falanges do 4º dedo – I</b> | <b>02</b> |
| <b>II</b>                      | <b>04</b> |
| <b>III</b>                     | <b>03</b> |
| <b>IV</b>                      | <b>01</b> |

A presença de cinco úmeros, ulnas e rádios – fragmentos que são relativamente fáceis de serem confiavelmente identificados – sugere a existência de, no mínimo, dois espécimes e, no máximo, cinco espécimes diferentes.

#### **7.4. Comparação com fósseis já descritos na literatura especializada**

A tentativa de correlação cladística do material baseia-se exclusivamente nos dados de morfometria, sumarizados na **Tabela 3 (Anexos)**, comparando-os com dados equivalentes em estudos já publicados.

Segundo MAISEY (1991), os principais pterossauros descobertos na Formação Santana pertencem à superfamília *Pterodactyloidea*, portanto a busca de correlação se concentrou nas famílias e gêneros subordinados a esta superfamília.

Segundo KELLNER (*et al.* 2003), as espécies primitivas não-pterodactilóides são pequenas, com envergadura inferior a 2 metros. Um exemplo deste tipo de indivíduo é o *Ramphorhynchus*, cuja maior ulna descrita tem 11,5 cm. No material estudado, o menor fragmento de ulna encontrado (12 – IV; **Prancha 21, Foto A; Prancha 22, Foto B**) possui 13,5 cm, o que sugere que o material pertence realmente a pterodactilóides. KELLNER (*et al.* 2003) sustenta ainda que os anhanguerídeos possuem crista ventral bem desenvolvida na extremidade distal da ulna, o que pode configurar os fragmentos 6 – III e IV (**Prancha 10, Fotos A e B e Prancha 8, Foto B, respectivamente**) – e conseqüentemente todo o Conjunto 6 – como pertencente à família dos anhanguerídeos.

No estudo desenvolvido por CODORNIÚ & CHIAPPE (2004), o comprimento relativo entre ulna e fêmur é aproximadamente 1.70 nas espécies de *Pterodaustro*. Porém, a



exposição apenas parcial de ulna(s) pertencente(s) ao conjunto que contém um possível fêmur impediu determinar esta relação nas amostras estudadas. Especificamente para indivíduos adultos da espécie *P. guinazui*, revela que o úmero é entre 13,3 e 16,3% mais curto que seu metacarpo correspondente. As medidas feitas em 8 – II, III (**Prancha 12, Fotos B e C**) mostram a mesma relação em aproximadamente 30,5%, porém, por haver dúvida na identificação dos fragmentos, a medida não é muito confiável. Outra relação foi estabelecida por CODORNIÚ & CHIAPPE para os comprimentos da ulna e da tíbia, sendo a primeira entre 9,7 e 3,1% mais longa que a segunda. No entanto esta relação nos fragmentos 12 – I e IV (**Prancha 21, Foto A e Prancha 22, Foto A**) fica em torno de 11,11%, o que nos leva a descartar a possibilidade do Conjunto 12 ser um exemplar de *Pterodaustro*.

Os pteranodontídeos são identificados pelo super-alongamento do metacarpo, que é cerca de 1,5 vez mais longo que a ulna (UNWIN & JUNCHANG, 1996). Aplicando esta relação aos fragmentos 10 – I, 12 – IV e XX (**Prancha 15, Fotos A e B; e Prancha 22, Foto A; Prancha 23, Foto A**), se obteve uma relação entre 1,2 e 1,8 vez, significando que os conjuntos 10 e 12 podem ser partes do esqueleto de um pteranodontídeo.

Para a identificação dos ornithocheiridontídeos, UNWIN & JUNCHANG utilizam os seguintes parâmetros: coracóide maior que escápula, fêmur com pescoço robusto formando ângulo de 150° com a cabeça do osso e forte rotação média da extremidade distal. O único conjunto que apresenta fragmentos que possam se tratar de escápula ou coracóide é o Conjunto 11 (fragmentos 11 – VI e IX; **Prancha 17, Fotos A e B; e Prancha 18, Foto B**). Os outros dois parâmetros não puderam ser aplicados ao material estudado, pois não há indícios da existência de fêmures nos conjuntos em questão. Assim, se o diagnóstico dos fragmentos é acertado, o Conjunto 11, assim como o Conjunto 5 (por semelhança de aspectos de preservação), podem ser classificados como partes de um ornithocheiridontídeo.

Por sua vez, para a identificação de azhdarchídeos, as falanges II e III do 4° dedo possuem seção em forma de “T” – característica exclusiva dos azhdarchídeos (UNWIN *et al.*, 1996) – e o fêmur é alongado, curvado e mais de 1,5 vez o comprimento do úmero. Aplicando essas relações às amostras estudadas, foi observado que nenhum dos fragmentos que se apresentavam e corte transversal possuíam seção em forma de “T”. No entanto, quando o comprimento das peças 12 – II e 12 – VI (**Prancha 22, Foto A e Prancha 21, Foto A, respectivamente**), fêmur e úmero, respectivamente, são correlacionadas, obtém-se o valor de 1,6 vez, o que é condizente com o critério descrito por UNWIN & JUNCHANG. Os autores, contudo, advertem que essa característica não é exclusiva dos azhdarchídeos e, por isso, optou-se por manter a classificação de pteranodontídeo para o Conjunto 12.

Segundo VELDMEIJER (2003), nas espécies de anhanguerídeos, o conjunto de ossos formado pela escápula e pelo coracóide (chamado de “escapulocoracóide”) não é co-

ossificado. No Conjunto 11, estes ossos ocorrem separados entre si por uma rachadura, portanto não é possível dizer se estavam originalmente soldados ou não (**Pranchas 17 e 18**). Então, o Conjunto 11 pode se tratar também de restos de um anhanguerídeo. VELDMEIJER também revela que a espécie *Santanadactylus pricei* apresenta seção transversal do úmero com formato circular. Isso pode ser observado no fragmento 6 – II (**Prancha 9, Foto C**), o que pode significar que este conjunto pertença ao “grupo dos santanadactilóides”. Por este grupo ser de certa forma subordinado ao dos anhanguerídeos, a classificação mais abrangente será mantida. Por sua vez a ulna possui seção transversal circular na espécie *An. santanae* e elíptica na espécie *Co. spielbergi* (VELDMEIJER, 2003). Novamente o Conjunto 6 apresenta uma seção transversal circular na ulna (**Prancha 1, Foto C**), corroborando a interpretação de que se trata de um “anhanguerídeo santanadactilóide”.

Na descrição de WELLNHOFER (1991 *apud* VELDMEIJER, 2003) para *Santanadactylus pricei*, o 4º dedo (dedo alar) tem no mínimo 1,10 m, o comprimento do úmero é de 16,7 cm e o complexo úmero + ulna/rádio tem 41,2 cm. A primeira condição pode ser estimada para o Conjunto 9, pois apenas as falanges II, III e IV já perfazem 79,2 cm, sendo que a primeira está apenas parcialmente preservada (**Prancha 13, Fotos A e B**). Também pode ser estendida para os Conjuntos 1, 2 e 7, que possuem as falanges I, II e III do quarto dedo, num total de 78,2 cm. A presença da falange IV talvez atingisse a metragem mínima.

A segunda condição é de certa forma satisfeita pelos fragmentos 10 – II (**Prancha 15, Fotos A e B**) e 12 – VI (**Prancha 21, Foto A**).

A terceira condição não pôde ser avaliada de forma confiável, pois os conjuntos que apresentaram o complexo úmero + ulna/rádio não os possuía completos.

Para *Arthurdactylus conandoiley* (FREY & MARTILL, 1994 *apud* VELDMEIJER, 2003), os mesmos dados são, respectivamente, 1,43 m, 23,0 cm e 54,2 cm. Novamente é possível que a primeira condição seja satisfeita pelo Conjunto 9; para a segunda, é o fragmento 11 – II que mais se aproxima do valor descrito, com 22,6 cm; a terceira condição não pôde ser satisfeita pelos mesmos motivos acima citados.

A comparação direta de medidas dos fragmentos ósseos, contudo, sofre influências de uma série de fatores, tais como idade do animal quando morto (poderia ser um indivíduo jovem, o que significaria que seus ossos seriam menores do que aqueles geralmente descritos para dada espécie), dimorfismo sexual (a diferença natural de tamanho e ornamentação óssea entre machos e fêmeas de uma mesma espécie pode levar a interpretações equivocadas do registro fóssil), erros na obtenção das medidas (são inerentes aos instrumentos utilizados e, por isso, difíceis de serem sanados), etc. Um meio de tentar eliminar essas interferências é compará-las relativamente.

VELDMEIJER (2003) apresenta um tabelamento comparativo para os comprimentos relativos do complexo úmero-rádio/ulna de algumas das principais espécies de pterossauros brasileiros (**Tabela 4, Anexos**).

Aplicada aos fragmentos 10 – I e II (**Prancha 15, Fotos A e B**) a relação úmero-rádio/ulna, obteve-se o que o úmero corresponde a 43,0% do comprimento total do complexo ósseo, valor próximo do obtido por SPIEL para *Arthurdactylus conandoiley*.

Assim, o material estudado mostra-se pertencer de fato à Super-família *Pterodactyloidea*, variando entre diferentes gêneros indeterminados dentro das famílias *Anhangueridae*, *Ornithocheiridae* e *Pteranodontidae*.

## 8. Conclusões

Todos os conjuntos pertencentes aos arquivos do Instituto de Geociências foram considerados fósseis autênticos, mesmo quando detectadas junções entre duas partes de uma só peça – fato esse bastante freqüente.

A junção entre dois ou mais espécimes distintos foi observada em dois conjuntos onde a concreção foi aparentemente forjada com massa fina. Porém, a semelhança no tipo de preservação dos fragmentos sugere que pode se tratar do mesmo indivíduo.

A classificação dos conjuntos segundo seu tipo de preservação separou as peças em 5 grupos distintos, geralmente com mais de um conjunto por grupo. Somente um único conjunto (6) possui um tipo ímpar de preservação (tipo "B").

Relacionando a quantidade de ulnas, rádios e úmeros identificados com os tipos de preservação, estimou-se em cinco o número de indivíduos distintos presentes no material estudado, considerando que as correspondências baseadas no tipo de preservação dêem origem a um só indivíduo por tipo de preservação.

No tocante à classificação cladística, após comparações de medidas diretas dos fragmentos ósseos e de proporções dos diferentes ossos, chegou-se à conclusão que as coleções de fósseis estudadas pertencem de fato à Super-família *Pterodactyloidea*, variando entre diferentes gêneros indeterminados dentro das famílias *Anhangueridae*, *Ornithocheiridae* e *Pteranodontidae*.

## 9. Referências bibliográficas

- ALEXANDER, R.M. 1989. Mechanics of fossil vertebrates. *Journal of Geological Society*, **146**: 41-52 p.
- ALEXANDER, R.M. 1994. The flight of the pterosaur. *Nature* **371**: 12-13 p.
- ARAI, M.; COIMBRA, J. C.; SILVA-TELLES JR., A.C., 1997: Síntese bioestratigráfica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil). In: Seminário sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 2. Crato, DNPM, 21 p.
- BUISONJÉ, P. H de., 1980. *Santanadactylus brasiliensis* nov.gen., nov.sp., a long-necked large pterosaur from the Aptian of Brazil. *Proc. Koninkl. nederl. Akad. Wetensch.*, (B), **83**(2): 145-172
- CAMPOS, D. de A., LIGABUE, G. & TAQUET, P., 1984: Wing membrane and wing supporting fibres of a flying reptile from the lower Cretaceous of the Chapada de Araripe (Aptian, Ceara State, Brazil). *Proc. 3rd Symposium. Mesozoic Terrestrial Ecosystems*, ed. W.-E. Reif & F. Westphal, 37-39 p.
- CAMPOS, D. A. & KELLNER, A.W.A., 1985. Um novo exemplar de *Anhanguera blittersdorffi* (Reptilia, Pterosauria) da Formação Santana, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, ge, Rio de Janeiro. Resumos. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1985: 13.
- CAMPOS, D. de A. & KELLNER, A. W. A., 1985: Panorama of the flying reptiles study in Brazil and South America (Pterosauria/ Pterodactyloidea/ Anhangueridae). *Academia Brasileira de Ciências, Anais*, **57**, 141-142 & 453-466 p.
- CAMPOS, D. A. & KELLNER, A. W. A., 1997: Short note on the first occurrence of Tapejaridae in the Crato Member (Aptian), Santana Formation, Araripe Basin, Northeast Brazil. *Acadademia Brasileira de Ciências, Anais*, **69**(1): 83-87 p.
- CAMPOS, D. A. & KELLNER, A. W. A., 1997: Fossilized soft tissue preservation in the Lower Cretaceous of Brazil. *Academia Brasileira de Ciências, Anais*, **69**(1): 145-146 p.
- CATÁLOGO DNPM, 1985. Fósseis-tipo e figurados das coleções paleontológicas do DNPM: técnicas de preparação de fósseis – Série Geologia, nº26, Seção Paleontologia e Estratigrafia. Brasília, 1985.

CODORNIÚ, L. & CHIAPPE, L. M., 2004. Early juvenile pterosaurs (Pterodactyloidea: Pterodaustro guinazui) from the Lower Cretaceous of central Argentina. *In: Canadian Journal of Earth Sciences*, 2004, **41**: 9-18p.

COIMBRA, J. C.; MITSURU, A.; CARREÑO, A. L., 2002: Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe Basin, Northeastern Brazil. *Geobios* 35 (2002) 687-698 p.

KELLNER, A. W. A., 1984. Ocorrência de uma mandíbula de Pterosauria (*Brasileodactylus araripensis*, nov. gen.; nov. sp.) na Formação Santana, Cretáceo da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil. *Anais XXXIII Congr. brasil. Geol.*, 1984: 578-590. Rio de Janeiro.

KELLNER, A.W.A. & CAMPOS, D. de A., 1988: Um novo pterossauro com crista sagital de bacia do Araripe, Cretáceo Inferior do nordeste do Brasil. *Academia Brasileira de Ciências, Anais*, **60**: 459-469 p.

KELLNER A.W.A., 1989: Os répteis voadores do Cretáceo Brasileiro. *Instituto Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Anais*: 86-106

KELLNER, A.W.A., 1989. A new edentate pterosaur of the Lower Cretaceous from the Araripe Basin, northeast Brazil. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, **61**(4): 439-446.

KELLNER, A. W. A. & CAMPOS, D. A., 1997: A large pterosaur from the Santana Formation, Early Cretaceous of Brazil. *In: Boletim de Resumos, 15º Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 101 p. UNESP, Rio Claro, São Paulo.

KELLNER, A. W. A. & TOMIDA, Y., 2000: Description of a new species of Anhangueridae (Pterodactyloidea) with comments on the pterosaur fauna from the Santana Formation (Aptian-Albian), Northeastern Brazil – National Science Museum Monographs, Toquio, v. 17; 1-135 p.

KELLNER, A. W. A.; AGUIRRE-URRETA, M. B.; BRANCHES, V., 2003: On the Pterosaur remains from the Rio Belgrano Formation (Barremian), Patagonian Andes of Argentina. *In: Pterosaur Database*, publicado na internet no site [www.pterosaur.co.uk](http://www.pterosaur.co.uk).

LEONARDI, G. & BORGOMANERO, G. 1985: *Cearadactylus atrox* nov. gen., nov. sp.: Novo Pterosauria (Pterodactyloidea) da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil. *In: Brasil, DNPM, Coletânea de Trabalhos Paleontológicos, Série Geológica*, 27: 75-80. Brasília.



LEONARDI G. & BORGOMANERO G., 1987: The skeleton of a pair of wings of a pterosaur (Pterodactyloidea, ?Ornithocheiridae, cfr. *Santanadactylus*) from the Santana Formation of the Araripe Plateau, Ceará, Brasil. *Anuário X Congresso Brasileiro de Paleontologia*: 123-129 p.

MAISEY, J. G., 1991: Santana Fossils: an illustrated atlas, T.F.H. Publications, New Jersey

MARTILL, D.M. & UNWIN, D.M., 1989: Exceptionally preserved pterosaur wing membrane from the Cretaceous of Brazil. *Nature*, **340**, 138-140 p.

PONTE, F. C., 1996: Arcabouço Estrutural da Bacia do Araripe. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 4., 1996. Rio Claro, UNESP / IGCE. 169-177 p.

PONTE, F. C., 1992: Sistemas Depositionais da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: Simpósio sobre as Bacias Cretáceas Brasileiras, 2, Rio Claro, 1992. Resumos Expandidos. Rio Claro, UNESP / IGCE. 81-84 p.

PONTE, F. C.; MEDEIROS, R. A.; PONTE FILHO, F. C., 1997: Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe: parte I – análise de seqüências. In: Seminário sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 2. Crato, 1997. DNPM, 17 p.

PONTE, F. C. & PONTE FILHO, F. C., 1996: Estrutura Geológica e Evolução Tectônica da Bacia do Araripe. DNPM, MME, Distritos Regionais Pernambuco e Ceará. Recife, 1996, 68p.

PRICE, L. I. 1971 A presença de pterossauria no Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe, Brasil. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, 43 (Suppl.): 452-461.

SALES, A. M. F., 2005: Análise tafonômica das ocorrências fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: Significado estratigráfico e paleoambiental; Tese de Doutorado, Instituto de Geociências (IGc) – USP. 2005.

SILVA, A. M. M., 1988: Evaporitos do Cretáceo da Bacia do Araripe: ambientes de deposição e história diagenética. Rio de Janeiro, Bol. Geol. Petrobrás, 2(1): 53-63.

UNWIN, D. M. & JUNCHANG, L., 1996. On Zhejiangopterus and the relationships of pterodactyloid pterosaurs. In: *Historical Biology*, 1997, **12**: 199-210.

VELDMEIJER, A. J., 2003. Description of *Coloborhynchus spielbergi* sp. Nov. (Pterodactyloidea) from the Albian (Lower Cretaceous) of Brazil. In: *Scripta Geologica*, 2003, **125**: 35-139.

VIANA, M.S. & NEUMANN, V.H.L., 1999: O Membro Crato da Formação Santana, CE. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio005/sitio005.htm>.

VIANA, M. S. S., 1990: Estratigrafia e Paleontologia da Formação Santana, Cretáceo Inferior de Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. (Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Instituto de Geociências, Dissertação de Mestrado).

WELLNHOFER, P., 1977. *Araripedactylus dehmi* nom. gen., nov. sp., ein neuer flugsaurier aus der Uterkreide Von Brasilien. Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 17: 157-167.

WELLNHOFER, P., 1985. Neue pterosaurier aus der Santanaformation (Apt.) der Chapada do Araripe, Brasileien. *Palaeontographia*, Abt. A, 187: 105-182.

WELLNHOFER, P., 1987. New crested pterosaurs from the Lower Cretaceous of Brazil. Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 27: 175-186.

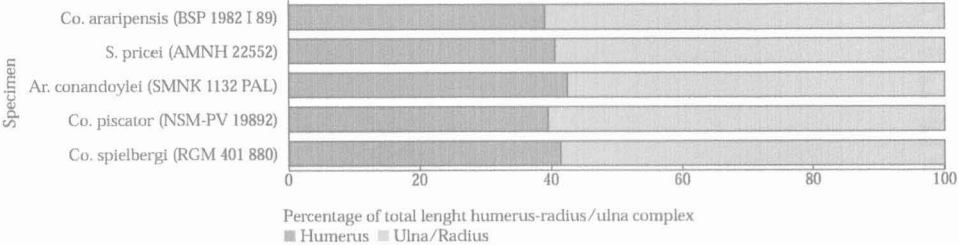


## **10. ANEXOS**



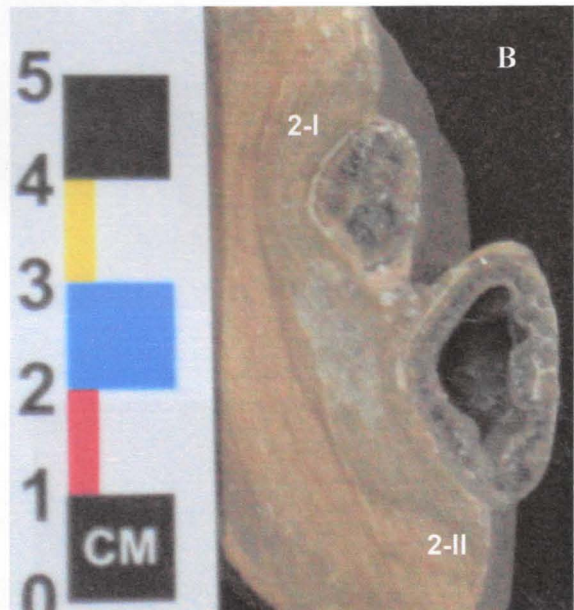
**TABELA 4. Relações entre úmero e rádio/ulna em alguns dos principais pterossauros brasileiros (fonte: VELDMEIJER, 2003)**

Table 18A: Ratios of humerus and ulna/radius of different Brazilian pterosaurs.



## **11. PRANCHAS**

## PRANCHA 1



**Tipos de preservação.** Foto A: exemplo de preservação do tipo “A”, que se caracteriza por permanência da estrutura óssea e incrustação dos fragmentos pneumáticos por cristais de calcita de coloração branco-esverdeada; coleção Jaipur, conjunto 4, fragmento 4-II; Foto B: exemplo de preservação do tipo “C”, caracterizada pela permanência da estrutura óssea e coloração amarronzada, ocorrendo incrustação incipiente de calcita esbranquiçada no interior dos fósseis; Jaipur, conjunto 4, fragmentos 2-I e 2-II; Foto C: exemplo de preservação do tipo “B”, onde há a exposição quase completa do fóssil, com coloração cinza escuro a preto e com crescimento de cristais de calcita translúcida em seu interior; coleção Jaipur, conjunto 6, fragmento 6-III; Foto D: exemplo de preservação do tipo “D”, na qual ocorre incrustação por cristais de apatita e por óxidos de ferro, fazendo com que o fragmento tenha aspecto ferruginoso; coleção Mizumoto, fragmento 5-I.

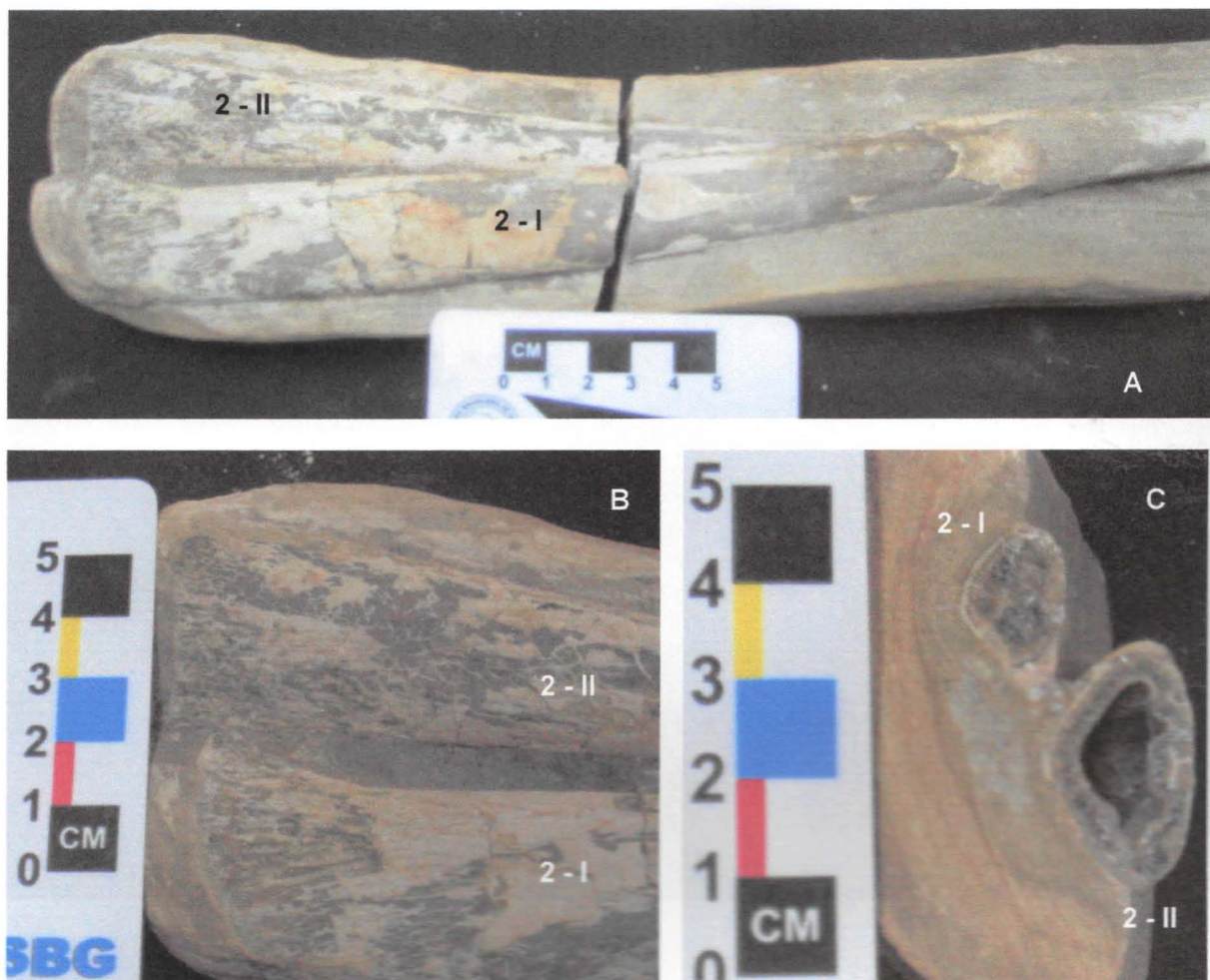


## PRANCHA 2



**Coleção Jaipur, Conjunto 1:** Foto A: falanges II (fragmento 1-I) e III (fragmento 1-II) do dedo alar; possível adulteração através da junção de diferentes fragmentos numa só concreção falsa (notar massa fina entre os dois fragmentos); Foto B: Detalhe de extremidade do fragmento 1-I apresentando possível esculpimento. Foto C: Detalhe da porção central do fragmento 1-I, evidenciando preservação do tipo "C".

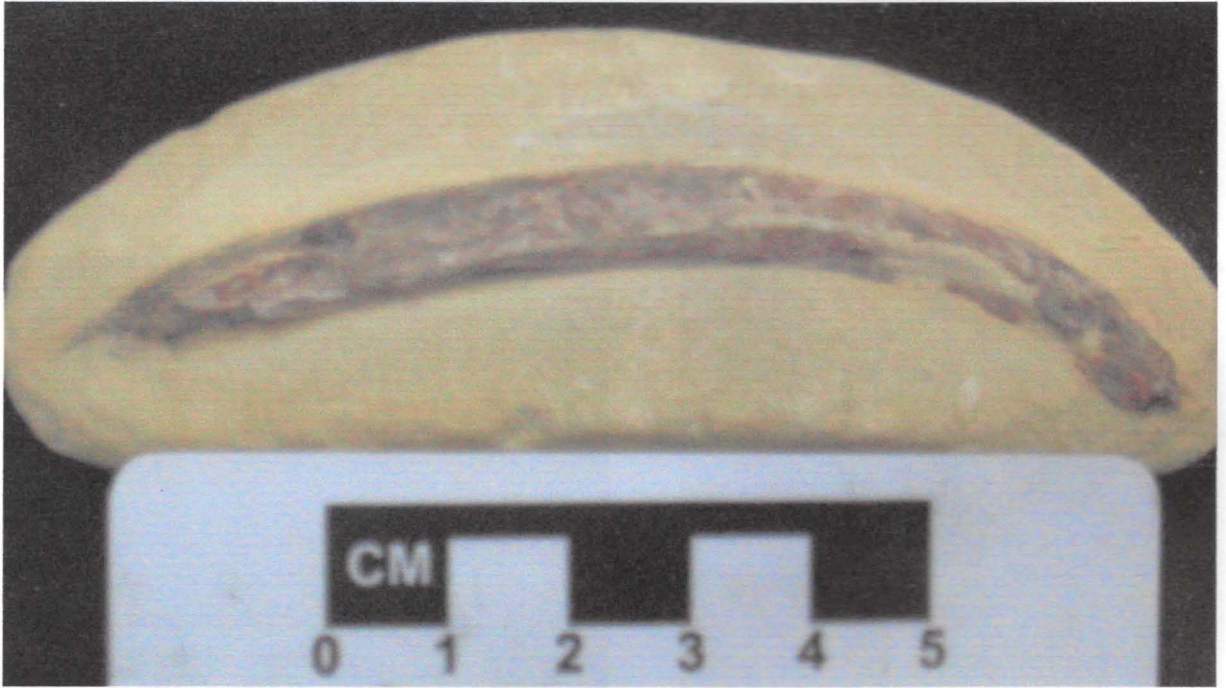
### PRANCHA 3



**Coleção Jaipur, Conjunto 2: Foto A:** fragmentos 2-I e 2-II, falanges II e III do dedo alar, respectivamente; notar encaixe perfeito entre as duas partes da peça; **Foto B:** extremidades dos fragmentos, evidenciando preservação do tipo "C"; **Foto C:** seção transversal com formato elíptico a triangular, evidenciando crescimento de cristais de quartzo no interior dos fósseis.

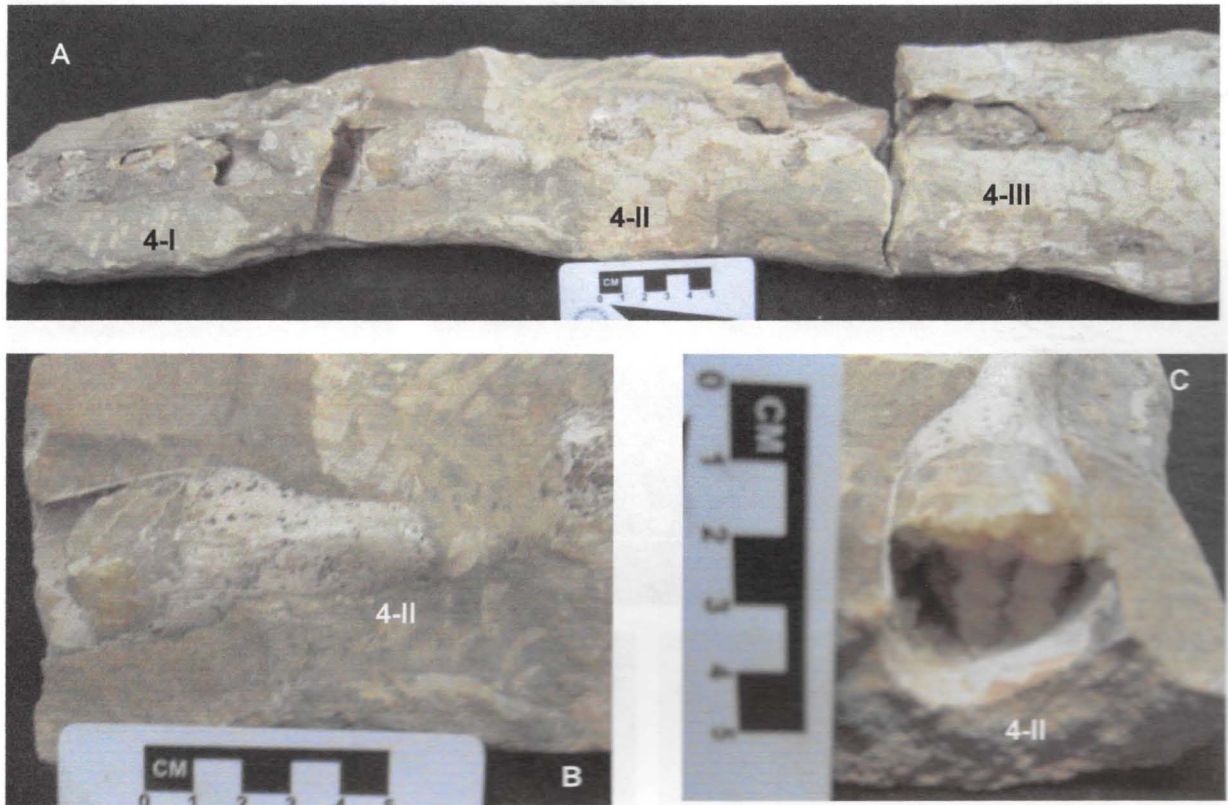


## PRANCHA 4



**Coleção Jaipur, Conjunto 3: Foto A:** fragmento que pode se tratar de parte de uma costela; preservação do tipo "C".

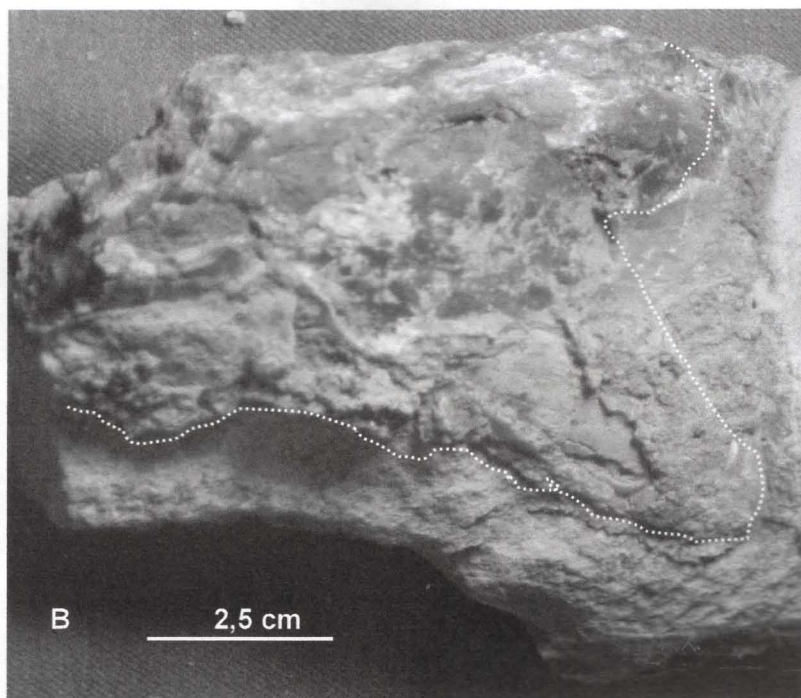
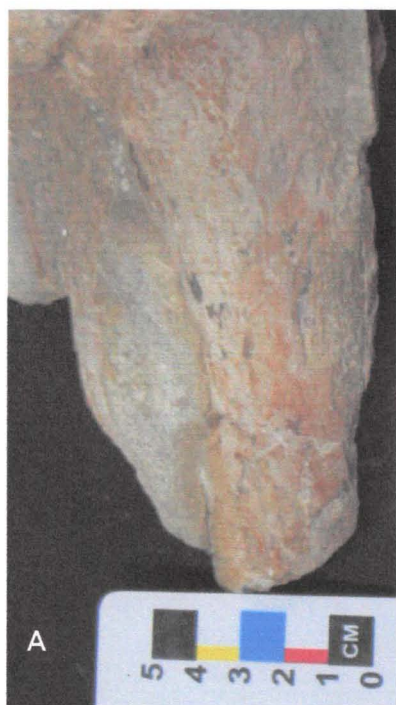
## PRANCHA 5



**Coleção Jaipur, Conjunto 4:** Foto A: Metacarpo? ou rádio? fragmentado em 3 pedaços; Foto B: detalhe da extremidade fragmento 4-II evidenciando a preservação do tipo "A"; Foto C: corte transversal do fragmento 4-II, mostrando seção arredondada e detalhe dos cristais de calcita crescidos na parte interna do fóssil.

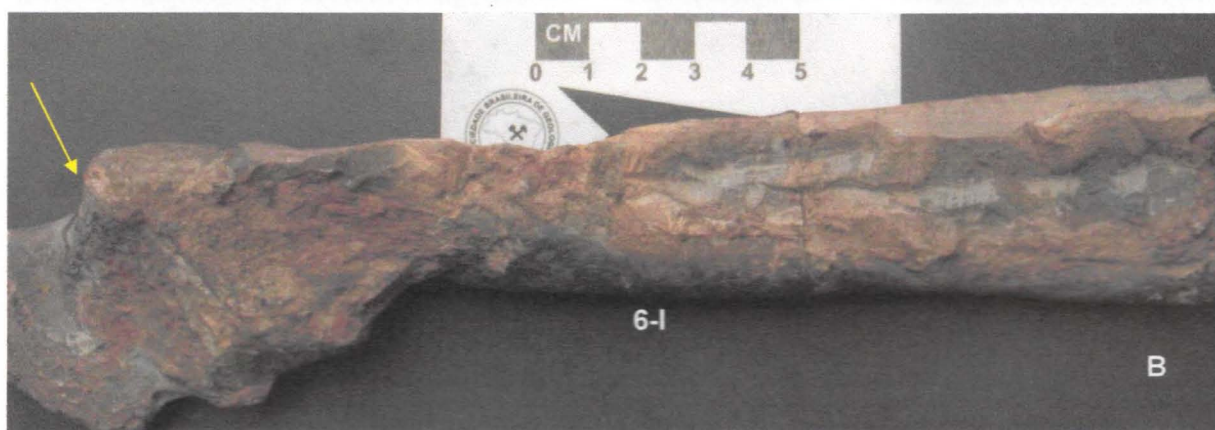


## PRANCHA 6



**Coleção Mizumoto, Conjunto 5: Foto A:** fragmento 5-I; osso não identificado; **Foto B:** fragmento 5-II; linha pontilhada marca possível contorno do fóssil; fragmento não identificado; **Foto C:** fragmento 5-I em detalhe, destacando preservação do tipo "D", em estágio avançado de incrustação por óxidos de ferro; **Foto D:** fragmento 5-II em cores, mostrando estado de preservação e aparentes contornos.

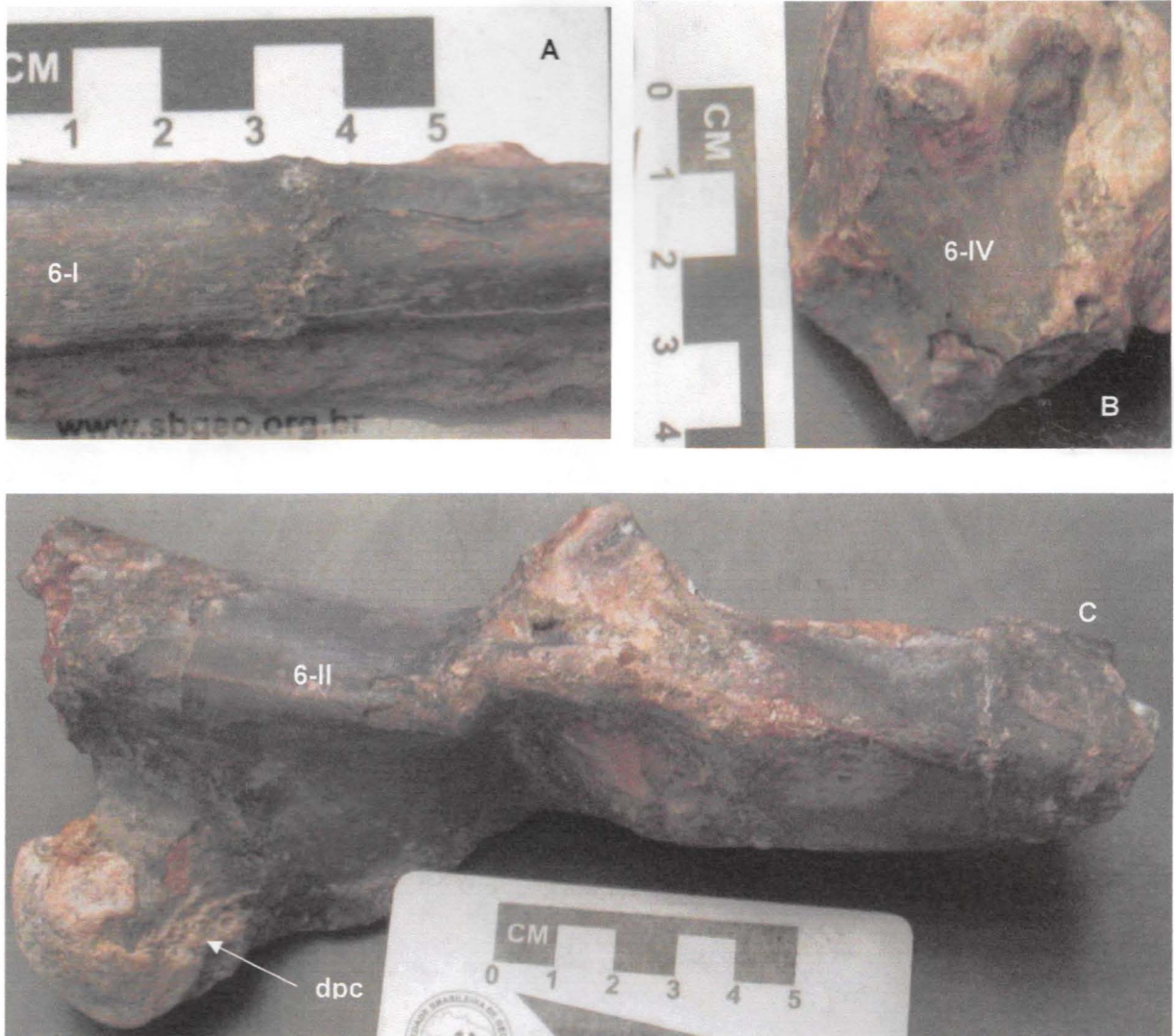
## PRANCHA 7



**Coleção Jaipur, Conjunto 6: Foto A:** fragmentos 6-I (rádio), II (porção distal de úmero), III (porção média de ulna) e IV (extremidade de ulna); preservação do tipo "B". **Foto B:** detalhe do fragmento 6-I em vista ventral; pode ter ocorrido colagem de maneira equivocada onde indica a seta; **Foto C:** fragmento 6-I em vista lateral.



## PRANCHA 8



**Coleção Jaipur, Conjunto 6:** Foto A: detalhe da preservação do tipo “B” no fragmento 6-I; na parte central da foto, indicações de uma emenda ou patologia desenvolvida pelo pterossauro quando em vida. Foto B: fragmento 6-IV, identificado como extremidade de ulna; Foto C: fragmento 6-II, identificado como porção distal de úmero (visão posterior); notar presença de possível crista deltopectoral (dpc).

## PRANCHA 9



**Coleção Jaipur, Conjunto 6: Foto A:** fragmento 6-II em vista posterior; **Foto B:** fragmento 6-II em vista anterior; **Foto C:** detalhe do fragmento 6-II, identificado como junção equivocada (indicada pela seta) entre extremidade distal de úmero (canto esquerdo da foto) e extremidade proximal de ulna.



## PRANCHA 10



**Coleção Jaipur, Conjunto 6:** Foto A: fragmento 6-III identificado como porção média de ulna, em visão lateral; Foto B: porção média de ulna em vista ventral; observar espécie de crista, onde provavelmente se apoiavam músculos ou tendões.

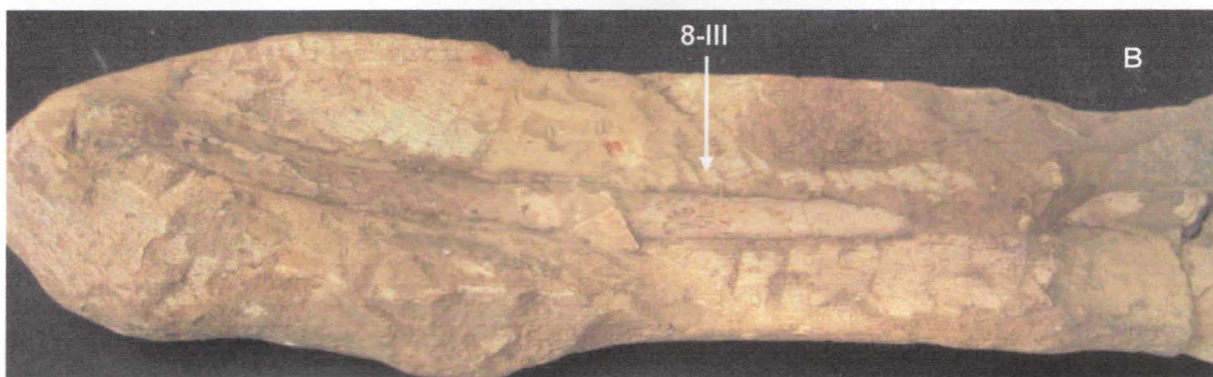
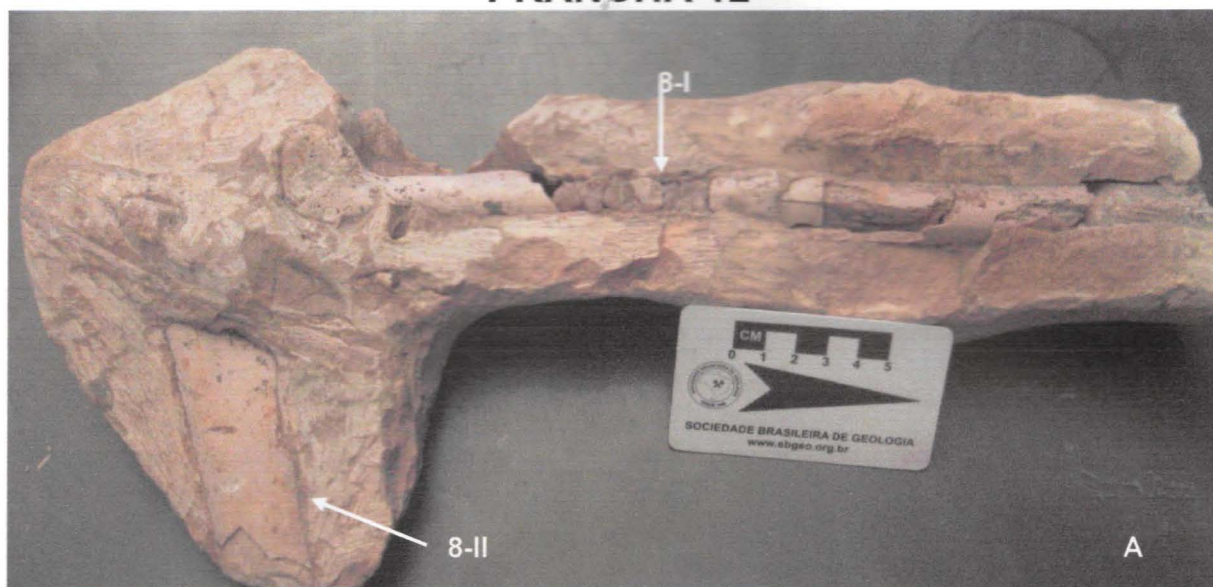
## PRANCHA 11



**Coleção Jaipur, Conjunto 7:** Foto A: fragmentos 7-I, II e III identificados, respectivamente, como falanges I e II do dedo alar e junção entre ambas; Foto B: detalhe da extremidade do fragmento 7-I; preservação do tipo “C”; Foto C: fragmento 7-III em detalhe, mostrando articulação onde ocorreu aparente esculpimento e/ou raspagem. Foto D: fragmento 7-II em detalhe, onde a seta indica local de emenda feita com massa epóxi;

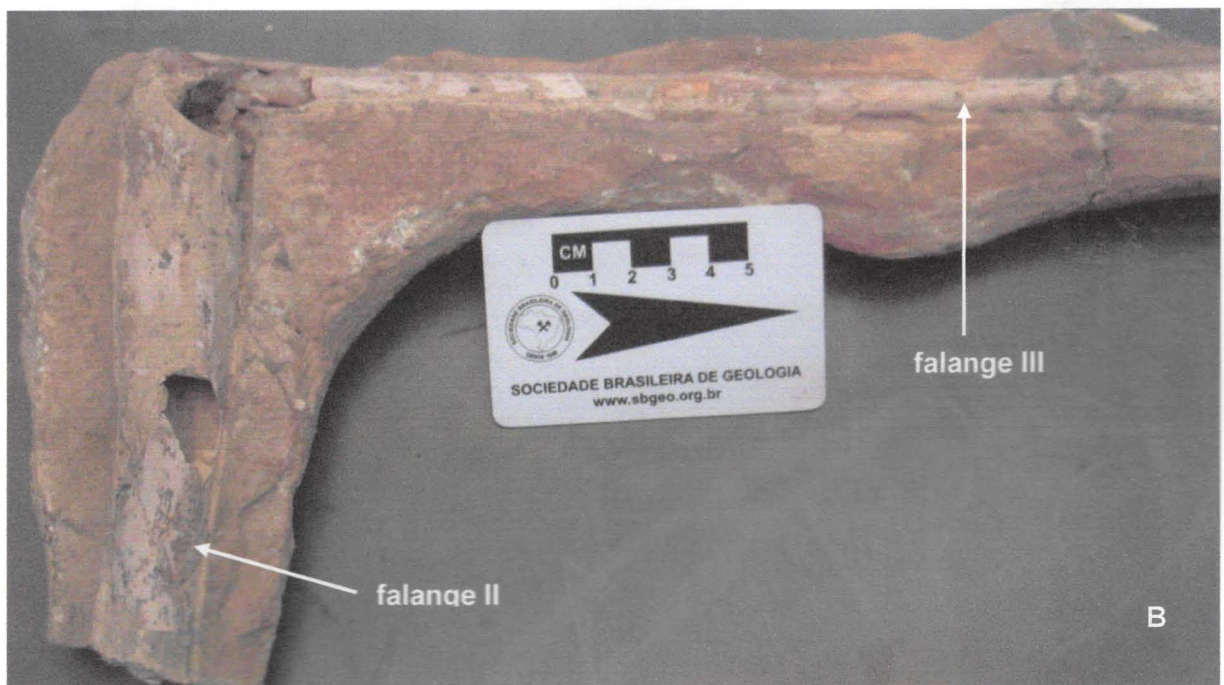


## PRANCHA 12



**Coleção Jaipur, Conjunto 8:** Foto A: vista geral dos fragmentos 8-I e 8-II, identificados como falange I do dedo alar e porção distal de úmero, respectivamente; Foto B: fragmento 8-III, possível metacarpo; Foto C: detalhe do fragmento 8-II destacando preservação do tipo "A"; Foto D: detalhe do fragmento 8-I em vista posterior.

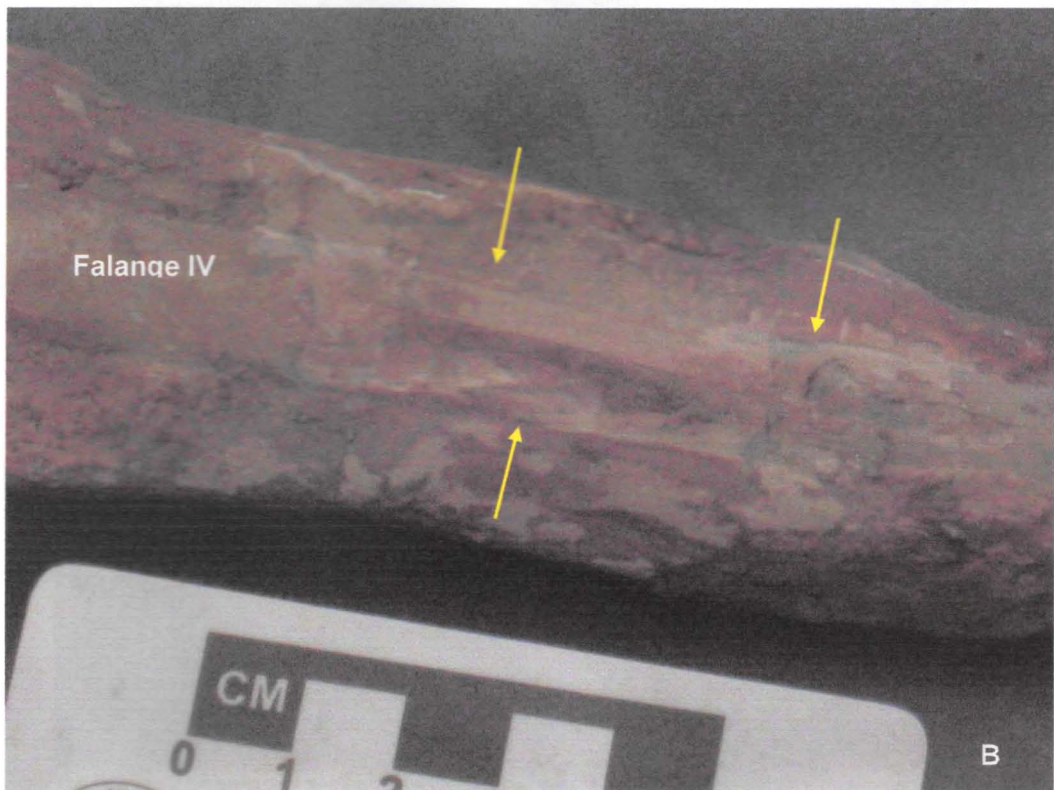
## PRANCHA 13



**Coleção Jaipur, Conjunto 9: Foto A:** visão geral do conjunto que compreende parte da falange II, falanges III e IV do dedo alar, chegando a 79,2 cm. **Foto B:** detalhe de fragmento da falange II e parte da falange III do dedo alar.



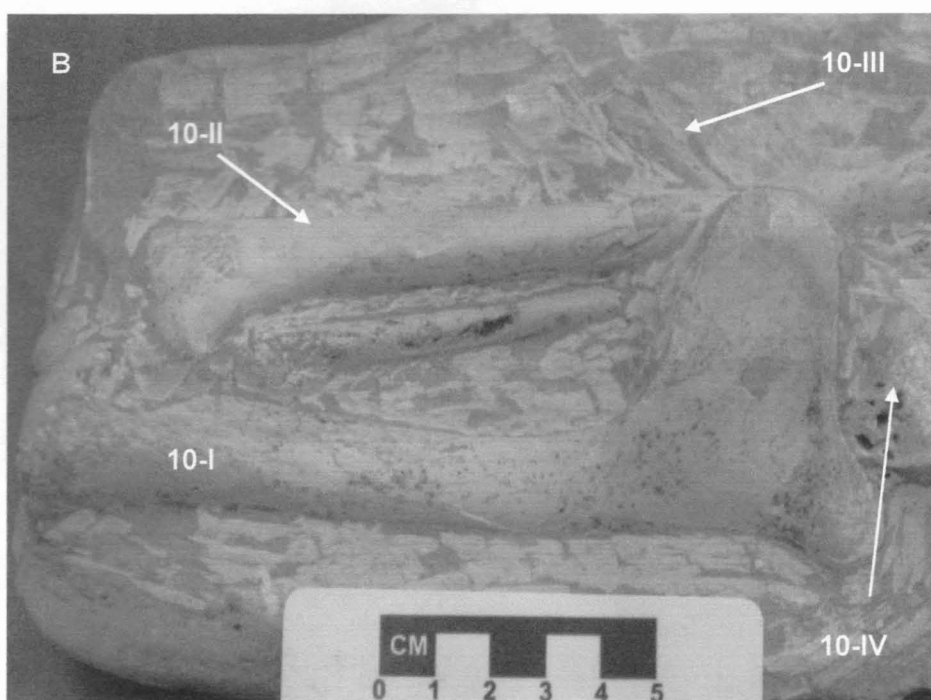
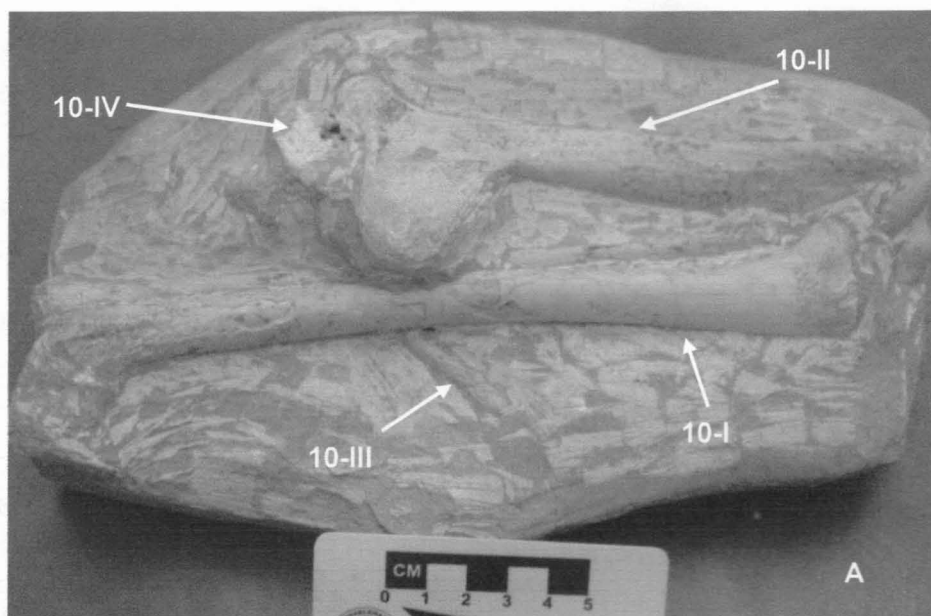
## PRANCHA 14



**Coleção Jaipur, Conjunto 9: Foto A:** parte da falange III em detalhe, evidenciando emenda; colagem correta evitou a adulteração do fóssil; **Foto B:** extremidade da falange IV em detalhe; ocorre aparente adulteração por raspagem e esculpimento do fóssil original.

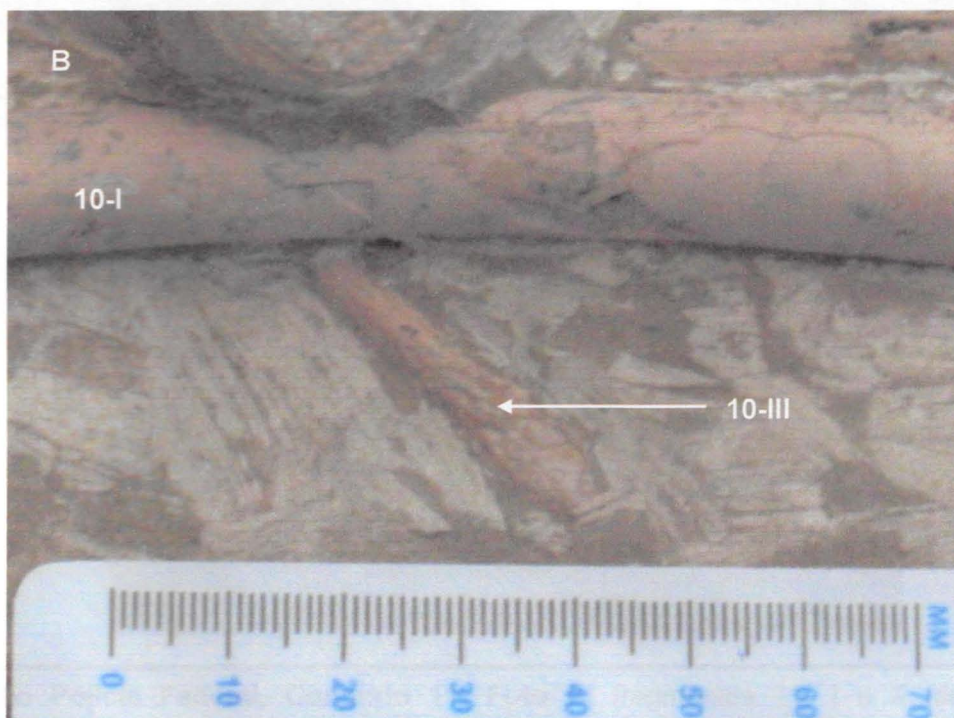
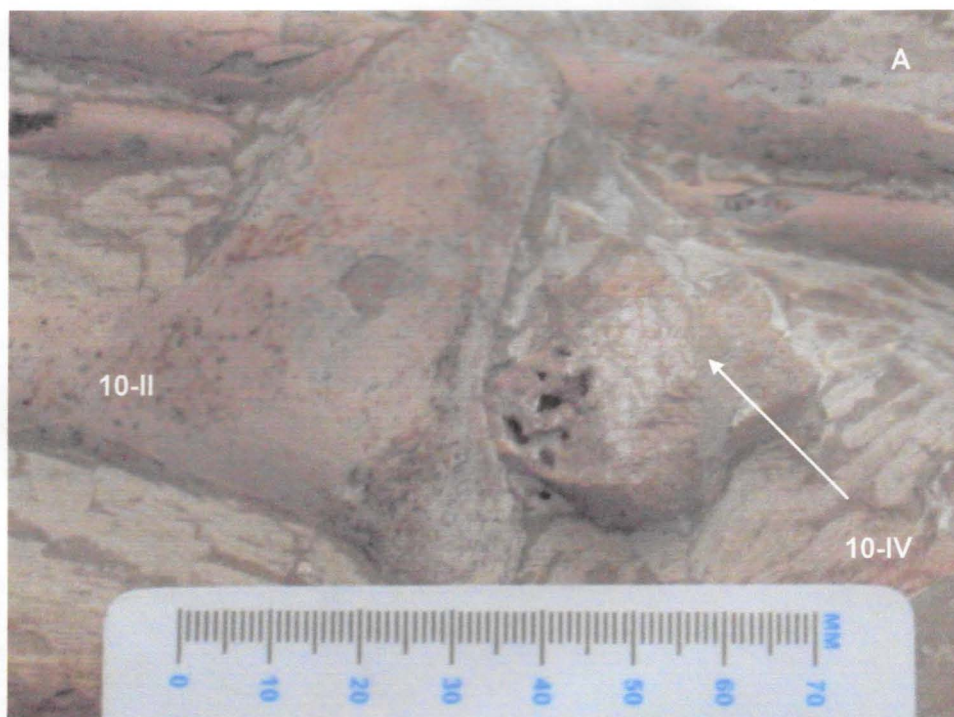


## PRANCHA 15



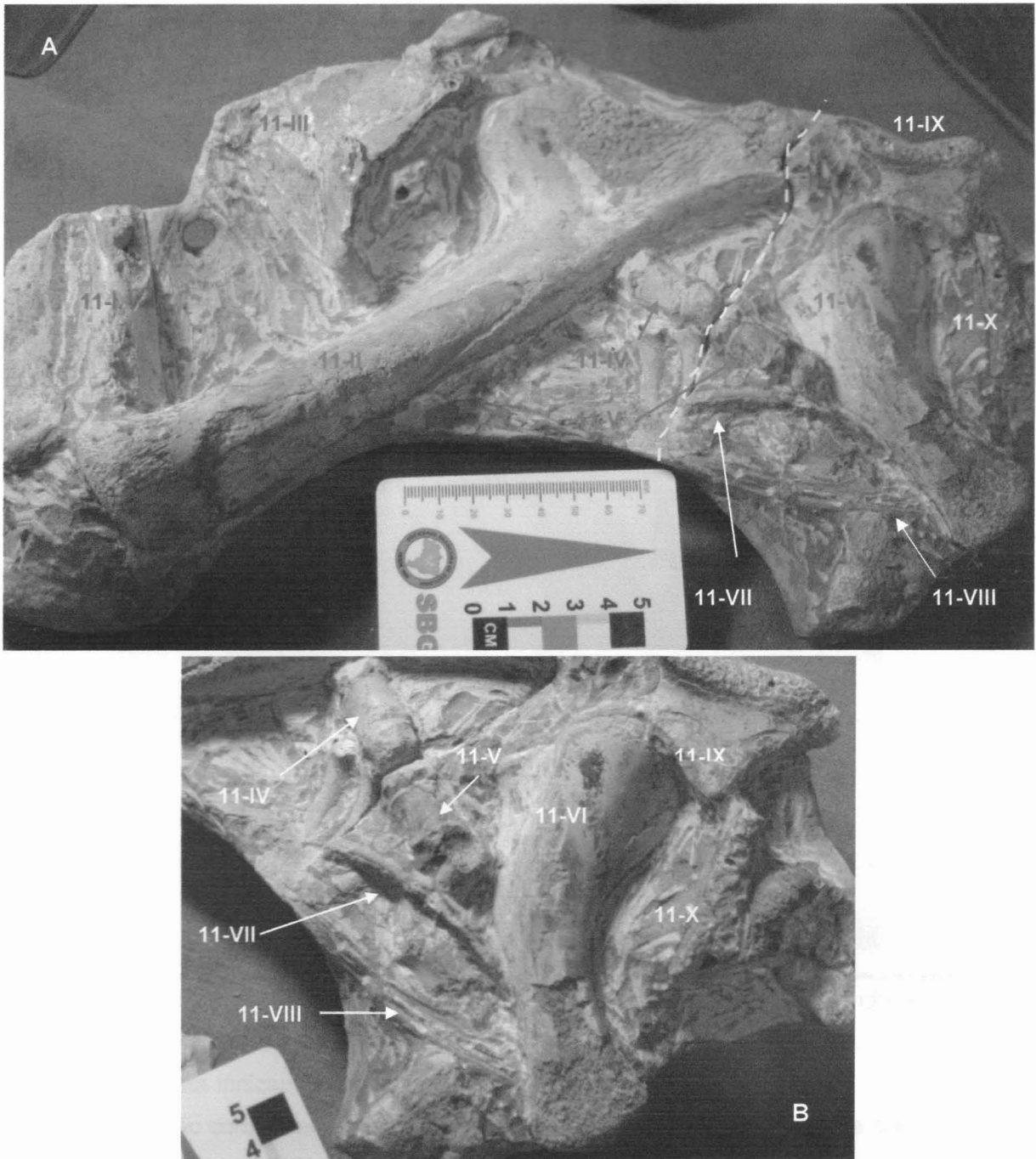
**Coleção Polícia Federal, Conjunto 10: Fotos A e B: vistas frente e verso dos fragmentos 10-I (rádio/ulna), 10-II (úmero), 10-III (não identificado) e 10-IV (parte do carpo); o conjunto não apresenta indícios de emendas ou adulterações.**

## PRANCHA 16



**Coleção Polícia Federal, Conjunto 10: Foto A:** Detalhe dos fragmentos 10 – II e 10 – IV, identificados como úmero e fragmento de carpo, respectivamente. **Foto B:** detalhe da porção média do fragmento 10-I, identificado como rádio/ulna, e do fragmento 10-III, não identificado; destaque para preservação do tipo “E”.

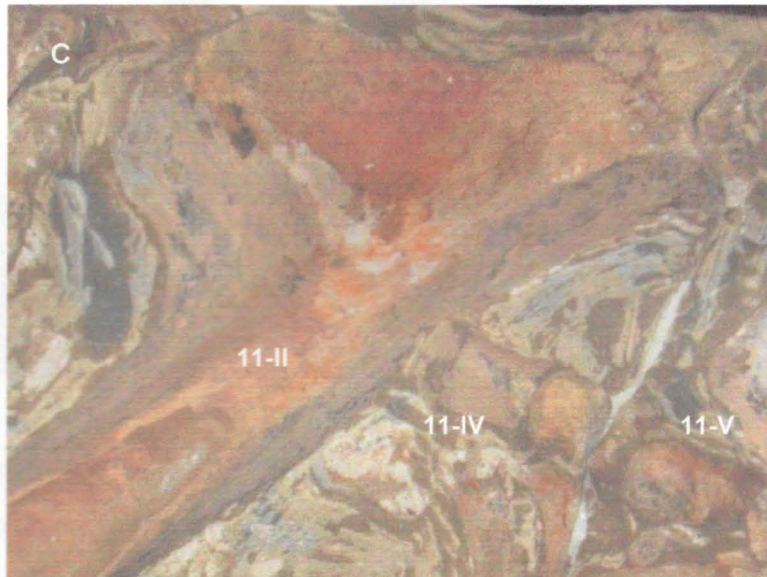
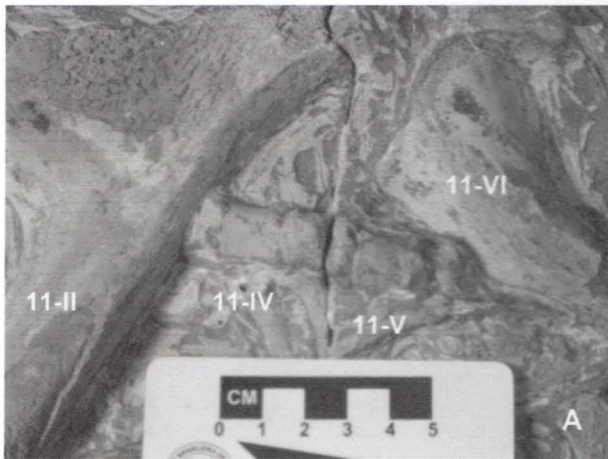
## PRANCHA 17



**Coleção Polícia Federal, Conjunto 11:** Foto A: fragmentos 11- I a X identificados, respectivamente, como rádio/ulna porção proximal, úmero, vértebra?, dígito?, dígito?, escápula, costela?, costela?, coracóide? e não identificado; marcação em amarelo indica local de emenda; Foto B: aproximação de escápula (11-VI) e possível coracóide (11-IX).



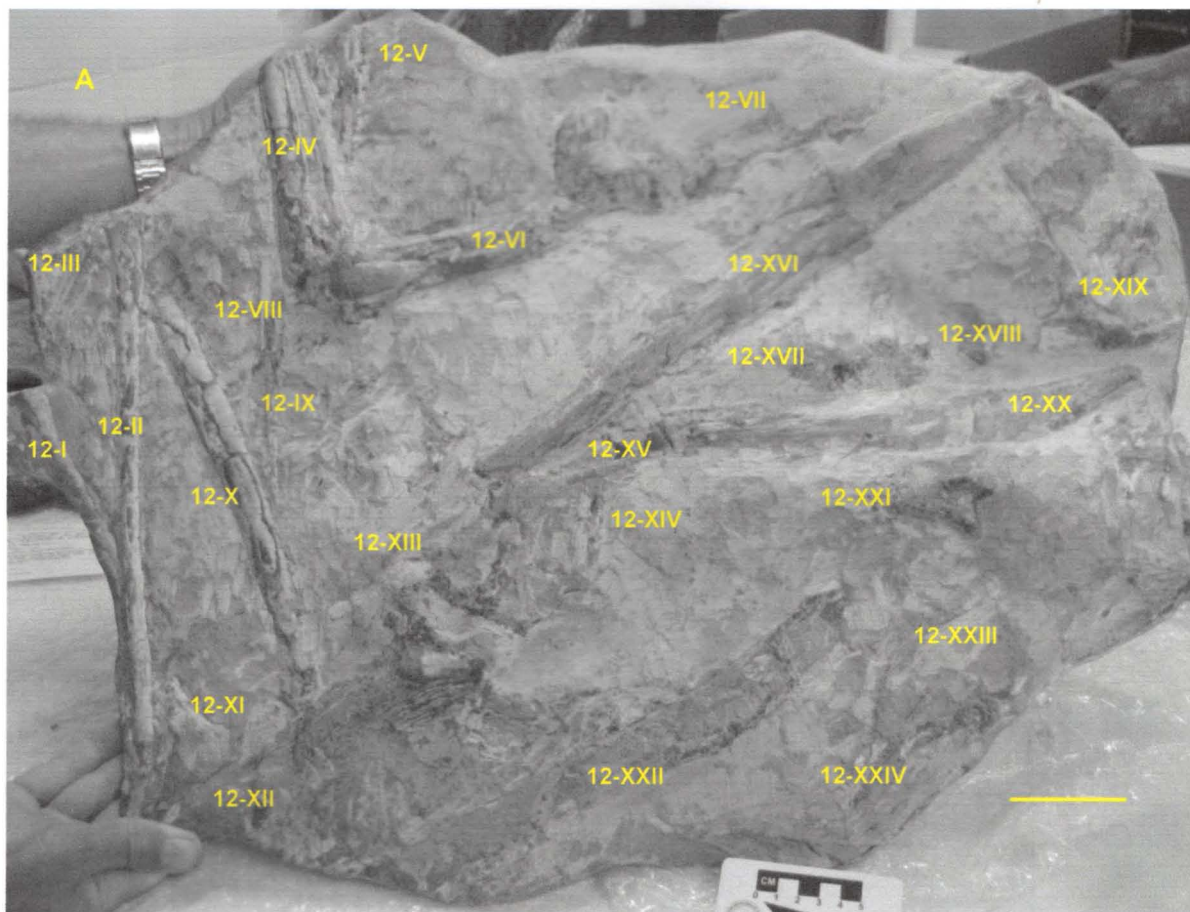
## PRANCHA 18



**Coleção Polícia Federal, Conjunto 11:** Foto A: detalhe de emenda entre os fragmentos 11-IV e 11-V, que se estende até a extremidade do fragmento 11-II; Foto B: seta indicando extensão da emenda até a extremidade do fragmento 11-II; a emenda não compromete a veracidade da peça; Foto C: destaque para a preservação do tipo "D", semelhante ao Conjunto 5, porém em estágio menos avançado de incrustação por óxidos de ferro.

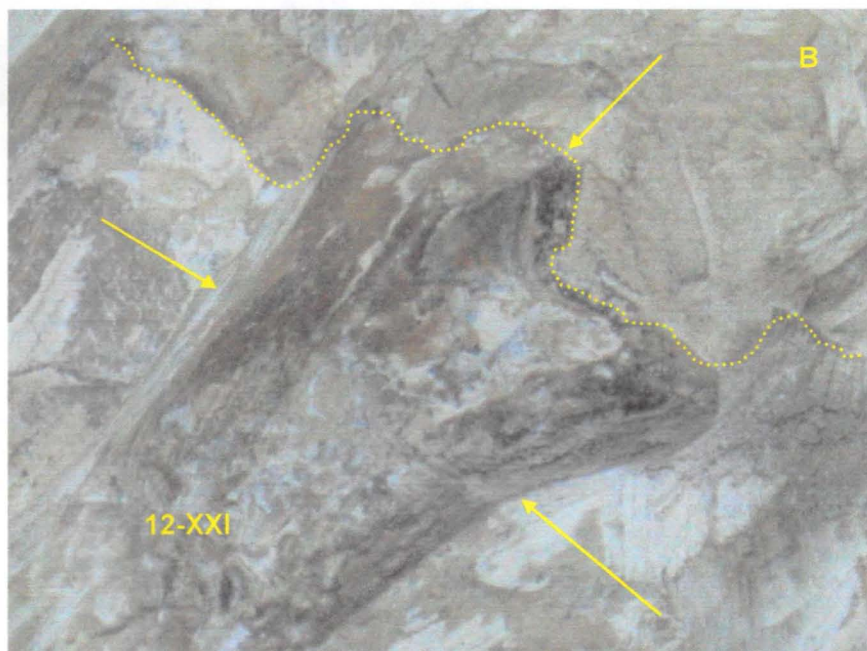


## PRANCHA 19



**Coleção Polícia Federal, Conjunto 12: Foto A:** numeração e disposição relativas dos 24 fragmentos dentro da peça; (barra de escala possui 50 mm).

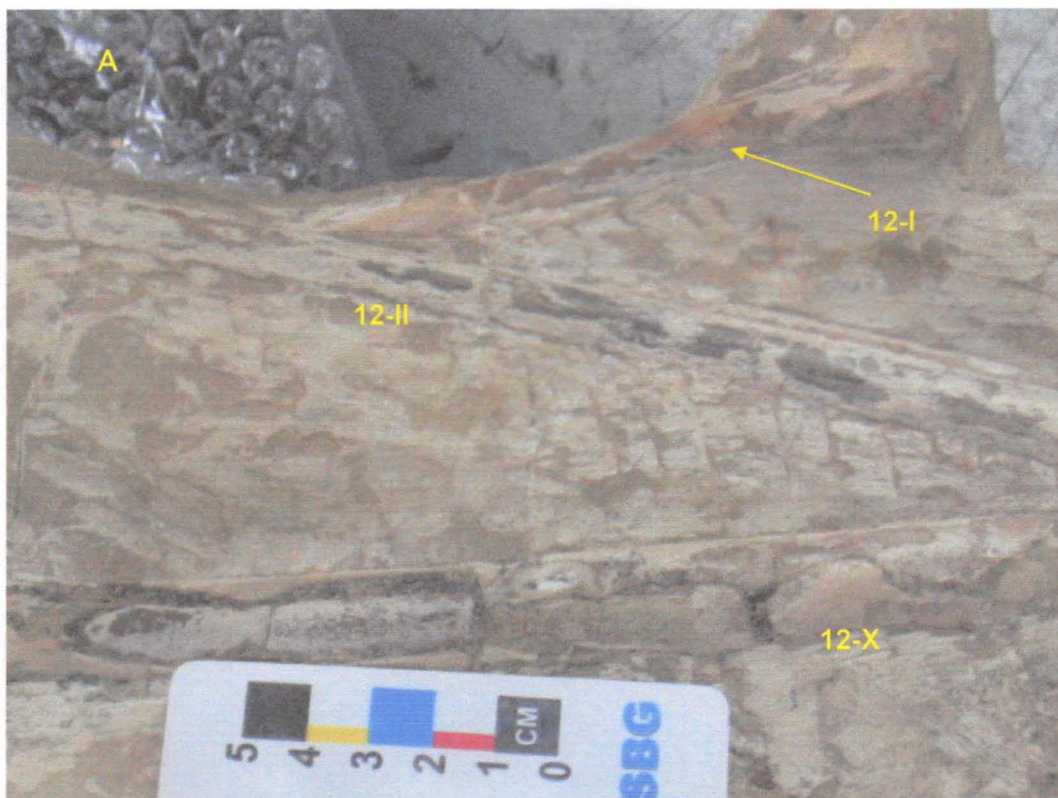
## PRANCHA 21



**Coleção Polícia Federal, Conjunto 12: Foto A:** detalhe dos fragmentos 12-IV e 12-VI articulados, interpretados como rádio/ulna e úmero, respectivamente; **Foto B:** fragmento 12-XXI, identificado como possível extremidade de metacarpo; pontilhado indica aparente emenda; setas indicam locais de possível esculpimento do fragmento.

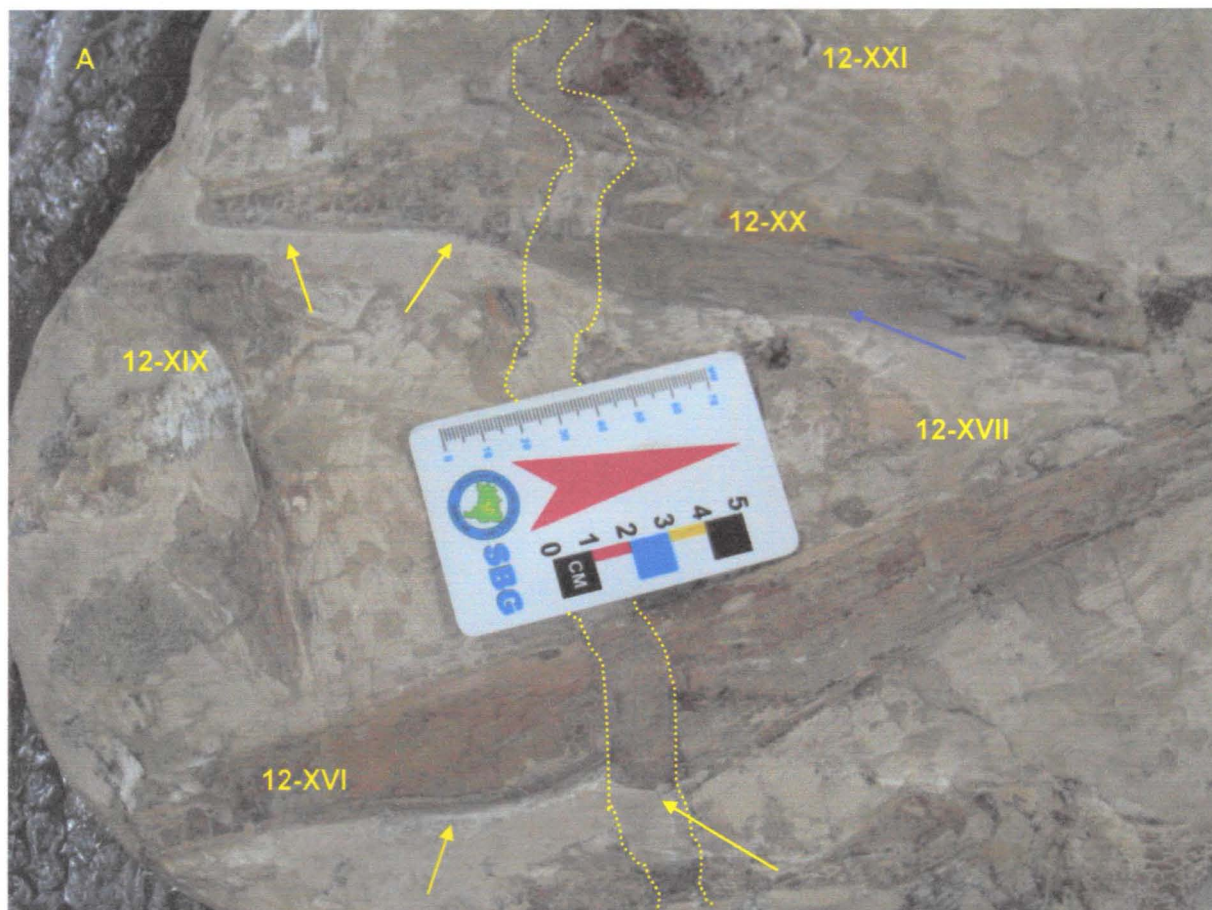


## PRANCHA 22



**Coleção Polícia Federal, Conjunto 12: Foto A:** fragmentos identificados como tíbia (12-I), fêmur (12-II) e fêmur (12-X); **Foto B:** fragmentos 12-IV (rádio/ulna) e 12-V (ulna?, tíbia? ou rádio?) em detalhe; preservação do tipo “E”.

## PRANCHA 23



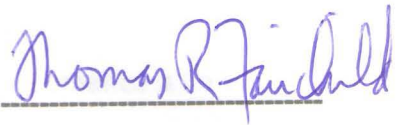
**Coleção Polícia Federal, Conjunto 12: Foto A:** detalhe dos fragmentos 12-XVI (não identificado), 12-XVII (fragmento de membro anterior?), 12-XIX (não identificado), 12-XX (metacarpo?) e 12-XXI (metacarpo?); linhas pontilhadas indicam local onde houve tentativa de encobrir uma emenda; setas amarelas indicam locais de adulteração por esculpimento; seta azul indica local em que há indícios de raspagem e utilização de massa fina (fragmento 12-XX).



---

**Leopoldo Henrique F. Moreira**  
**Aluno**

De acordo,   

---

**Thomas Rich Fairchild**  
**Orientador**

## 12. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família (pai, mãe, vó, Felipe e Menino), pelo suporte sincero e incondicional às minhas escolhas ao longo destes últimos cinco anos; prova de amor maior não há.

A meu falecido avô, Fortunato Fachini, que me deu o canivete que daria início a tantas descobertas.

A meu irmão Felipe pela compreensão em ceder durante semanas a fio o microcomputador para meu uso exclusivo.

A minha namorada Sandra pela compreensão sempre que foi necessário trocar passeios e convívio agradável por estudo.

Aos amigos que encontrei e desencontrei nesses últimos cinco anos, principalmente alguns que freqüentaram um famigerado banco de praça no pátio do Instituto de Geociências: Vivih, Gobatto, Capitão, Pavão, Chachá, Penélope, Kcilda, Banherão, Nokius, Pika, Tampax, O.B., Rasga, Gorpho, Japonês do Japão, Trena, Dana, Lamera, Lélia-limão, Tacinha, Cuca, Sica, Mãezinha, Gustavo, Magrinho, Felado, Jundiaí e outros tantos... a vocês, meu muito obrigado pelos momentos mais engraçados de minha vida.

Agradeço ao Prof. Thomas Rich Fairchild pela orientação deste e de outros projetos e pelas críticas sempre construtivas.

A Ivone Cardoso Gonzales pela boa vontade, bom humor e boa conversa nos momentos decisivos – essas coisas a gente nunca consegue pagar.

Aos funcionários do Museu de Geociências, Daniel Machado, Antonio Soares Viana, Ideval Souza Costa por cederem parte das peças utilizadas neste projeto.

Ao Prof. Luiz E. Anelli pelas dicas valiosas e incentivo no início do projeto.

E aos funcionários da gráfica, cuja eficiência permite que entreguemos os trabalhos no prazo correto.