



SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

**ANAIS
DO
XXXV
CONGRESSO
BRASILEIRO
DE GEOLOGIA**



Volume 6

APOIO: PETROBRÁS
CNPq
FINEP
CVRD

BELÉM-PARÁ-BRASIL

6 A 13 DE NOVEMBRO DE 1988

COPRÓLITOS DE AVES DA BACIA DE TAUBATÉ, SP

Antonio Carlos Jacome de Castro — Instituto de Geociências/UFRJ

Antonio Carlos Sequeira Fernandes — Museu Nacional/UFRJ

Ismar de Souza Carvalho — CBS/Universidade Gama Filho e Bolsista do CNPq

ABSTRACT

The elements P, Ca, Mg, Fe, Si, Mo, Co, Mn, Zn, B, Y and Cu, identified by spectrographic methods through the DC-Arc technique, and the fish bone fragments found in the coprolites of Tremembé Formation (Taubaté Basin, São Paulo, Brazil), allow to deduce the birds as the producers. The deformation aspects showed by matrix, besides its chemical composition and that of the coprolites, give a detailed interpretation of the fossil birds autoecology and the paleoenvironmental sedimentation evolution.

RESUMO

Os elementos P, Ca, Mg, Fe, Si, Mo, Co, Mn, Zn, Cu, B e Y, determinados por métodos espectrográficos utilizando-se a técnica do DC-Arc, e os restos ósseos de peixes encontrados nos coprólitos da Formação Tremembé (Bacia de Taubaté, São Paulo, Brasil), permitem a inferência de aves como os organismos geradores. Os aspectos de deformação apresentados pela matriz, além de sua composição química e a dos nódulos coprolíticos, levam a uma interpretação da autoecologia das aves fósseis e da evolução dos paleoambientes de sedimentação.

INTRODUÇÃO

Ao contrário do acentuado número de artigos estrangeiros dedicados ao conhecimento dos coprólitos (morfologia, composição, preservação, ocorrências e organismos geradores), as referências a essas estruturas de biodeposição (FREY, 1973) em unidades estratigráficas brasileiras são escassas. Em sua maioria resumem-se à meros registros cuja falta de um estudo mais detalhado dificulta, por vezes, a sua determinação como verdadeiros coprólitos.

Há referências à presença de possíveis coprólitos nas formações Pimenteiras (FERREIRA & FERNANDES, 1983) e Famina (ALBUQUERQUE & DEQUECH, 1946; unidade discutida por KEGEL, 1953 e atualmente em desuso, de acordo com o Léxico Estratigráfico do Brasil de 1984), da Bacia do Parnaíba. KEGEL (1954 e 1955), estudando diminutos corpos cilíndricos fosfatados das formações Gramame e Itamaracá (Bacia de Pernambuco-Paraíba), definiu-os como coprólitos de vermes ou gastrópodes, e CLIVEIRA (1979), no estudo microfaciológico da Formação Maria Farinha, considerou as pequenas formas elipsoidais presentes como resultantes de

atividades de algas ou possíveis coprólitos. Interpretação semelhante foi apresentada por OLIVEIRA (1983) para as "pelotas" observadas nas análises petrológicas dos carbonatos da Formação Jandaíra (Bacia Potiguar). CAMPOS & CASTRO (1978) registraram coprólitos no Grupo Bauru (Bacia do Paraná) que, a julgar pelo conjunto de restos reptilianos associados, podem ter sido gerados por esses animais. A identificação de ovos de ancilostomídeos em coprólitos humanos do sítio arqueológico do Boqueirão (Pedra Furada), sudeste do estado do Piauí, permitiu FERREIRA et al. (1987) apresentarem uma proposta sobre a migração do homem para a América.

Estudos mais detalhados foram desenvolvidos por ROSLER et al. (1985) e RAGONHA (1987), que dedicaram-se respectivamente ao estudo de coprólitos espiralados das formações Serra Alta e Corumbataí (Bacia do Paraná), atribuindo-os à intestinos fossilizados de peixes cartilaginosos.

As escavações dos tipos Pascichnia e Fodinichnia são preenchidas por uma massa de dejetos resultantes da ingestão e metabolização de partículas sedimentares por organismos "comedores de sedimentos" ("deposit feeders") e, embora não venham sendo caracterizados como coprólitos na literatura, podem ser tratados física e quimicamente proporcionando informações sobre o tipo de organismo gerador do traço, bem como de seus hábitos alimentares. Tal procedimento permitiu à FERNANDES et al. (1987) caracterizarem alguns icnofósseis da Formação Tremembé (Bacia de Taubaté) como traços de alimentação do tipo Pascichnia, gerados por anelídeos oligoquetos aquáticos. Além desses traços de alimentação, foram caracterizados quimicamente por CASTRO et al. (1987) coprólitos desta mesma formação.

Neste artigo, é apresentada uma síntese dos resultados das análises físicas e químicas dos nódulos coprolíticos da Formação Tremembé, e discute-se o seu significado para a interpretação dos organismos que os geraram.

ASPECTOS GEOLÓGICOS E PALEONTOLÓGICOS

A Bacia de Taubaté é uma depressão tectônica preenchida com sedimentos continentais datados entre o Eoceno Superior e o Oligoceno, de acordo com a bibliografia citada por FREITAS & APPI (1987).

Estendendo-se de Cachoeira Paulista até Jacareí no estado de São Paulo, compreende um pacote de sedimentos clásticos dividido em duas unidades litoestratigráficas: formações Tremembé (inferior) e Caçapava (superior). A Formação Tremembé, constituída por folhelhos betuminosos e argilitos, corresponde à primeira fase de deposição de um sistema lacustre sujeito a enchentes episódicas em um ambiente anóxico e, a Formação Caçapava, com sedimentos clásticos de granulometria variada, representa a colmatação da bacia num segundo grande evento sedimentar de natureza fluvial (FREITAS & APPI, op. cit.).

O conteúdo paleontológico da Bacia de Taubaté ocorre predominantemente na Formação Tremembé, representado por diversos grupos paleobotânicos e paleozoológicos. A taflofa é constituída por palinómorfos (SOMMER, 1976), algas clorófitas (ARAI, apud FREITAS & APPI, op. cit.) e carófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas, que evidenciam uma vegetação autóctone de mata ciliar com biótopos aquáticos (DUARTE & MANDARIM-DE-LACERDA, 1987). Entre os invertebrados ocorrem ostracodos (MACEDO, 1961), decápodes (BEURLEN, 1950), insetos (GUIMARÃES, 1928 e BRITO & RIBEIRO, 1975), e gastrópodes pulmonados de água doce (FERREIRA, 1974). Dentre os vertebrados, são comuns os peixes (WOODWARD, 1898; EIGENMANN & MYERS, 1929; SCHAEFFER, 1947; TRAVASSOS &

SANTOS, 1955; SANTOS, 1986), quelônios ainda não estudados, crocodilos (ROXO, 1937), quirópteros (PAULA COUTO, 1956) e notoungulados (PAULA COUTO, 1983 e SCRIA & ALVARENGA, 1986). Além destes vertebrados, nesta paleofauna foram identificados penas de aves (SCHUFELDT, 1916 e SANTOS, 1950) e, recentemente, com os estudos de Herculano M. F. Alvarenga, têm sido encontrados restos esqueléticos de aves das famílias Cathartidae (ALVARENGA, 1985), Phororhacidae (ALVARENGA, 1982), Rallidae (ALVARENGA, 1986), Anatidae e Phalacrocoracidae (ALVARENGA, informação pessoal).

Na Formação Caçapava, os únicos registros fossilíferos assinalados são de restos mal preservados de peixes (VICALVI, 1982) e palinomorfos (LIMA et al., 1985).

Os coprólitos ocorrem predominantemente nos folhelhos e, em menor quantidade, nas argilas esmectíticas basais da Formação Tremembé, no afloramento localizado na Fazenda Santa Fé, município de Tremembé.

De coloração bege, o que permite uma boa distinção visual em relação à matriz (fig. 4), os nódulos coprolíticos apresentam geralmente um formato elipsoidal, sendo menos frequentes as formas circulares, semicirculares e reniformes. Suas dimensões variam de 6 a 50 mm ao longo do eixo maior, sendo as dimensões mais comuns do eixo menor algo entre 5 e 20 mm. Os dois eixos por vezes são iguais gerando uma forma circular.

Os exemplares de coprólitos utilizados nas análises descritas neste artigo, estão depositados na coleção de invertebrados fósseis do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional, sob os números 5.619-I (amostras C-1 a C-6) e 5.620-I (ilustradas nas figuras 2 a 6).

METODOLOGIA

Os nódulos coprolíticos foram retirados do folhelho com o auxílio de um bisel de aço inoxidável, evitando-se a remoção do material próximo às paredes das cavidades para não introduzir, no coprólito, elementos da matriz. Na determinação de P_2O_5 , CaO, MgO, Fe_2O_3 e SiO_2 , amostras e padrões foram preparados com uma base de $BaSO_4 + 2Grafite$ na proporção de 1:9. A preparação, para obtenção dos teores dos elementos traços, consistiu em diluir as amostras e padrões com pó de grafite na proporção de 1:1 (AHRENS, 1961). A curva de trabalho foi obtida a partir da transmitância das raias analíticas dos elementos versus a concentração dos elementos nos padrões. A determinação dos elementos traços (ppm) foi obtida pela interpolação de leituras, da raia analítica do elemento com a raia analítica correspondente nos padrões.

Utilizou-se um Espectrógrafo de Emissão Jarrell-Ash, com montagem Ebert e 3,4 m de distância focal. A leitura das raias analíticas na chapa fotográfica ("Spectrum Analysis Nº 1") foi feita em Microfotômetro Jarrell-Ash Série 20.000. As raias analíticas utilizadas foram: P: 2534 Å; Fe: 3286 Å; Mg: 2776 Å; Mo: 3170 Å; Y: 3242 Å; B: 2497 Å; Ca: 3158 Å; Si: 2881 Å; Co: 3453 Å; Mn: 3070 Å; Zn: 3345 Å; Cu: 3273 Å.

A perda ao fogo foi realizada em forno de mufla e consistiu em calcinar as amostras de coprólitos durante 5 horas, em cadinhos de porcelana à temperatura de 980°C. Para se evitar danos aos cadinhos de porcelana, procedeu-se ao aquecimento prévio por uma hora à temperatura de 700°C elevando-se, após esse tempo, a temperatura para 980°C.

Os difratogramas foram obtidos utilizando-se um instrumental Phillips tipo PW 1010. Radiação $CuK\alpha$, $\lambda_{Cu} = 1,54 \text{ \AA}$ e registro com velocidade de $1^\circ/\text{min}..$

Os coprólitos da Formação Tremembé ocorrem nos folhelhos e em menor frequência nas argilas esmectíticas, nível que FREITAS & APPI (op. cit.) associam à evolução de um paleolago com lâmina d'água rasa e deposição de carbonato gerando um paleosolo (caliche), que sofreu posteriormente diagênese.

O ambiente reinante à época da deposição do carbonato pode ser entendido a partir das análises isotópicas de $(O^{18})_2$ e $(O^{16})_2$ mencionadas pelos autores supracitados. O elevado valor de $(O^{18})_2$ encontrado no carbonato indica um ambiente em contínua evaporação, com fixação do isótopo mais pesado (O^{18}), escape do isótopo mais leve (O^{16}) e, concomitantemente, depleção de CO_2 do meio aquoso. Neste ambiente tem lugar a deposição dos coprólitos que de consistência pulverulenta, invariavelmente deformam a foliação do folhelho sugerindo uma projeção vertical em lâmina d'água rasa, adentrando na matriz pelítica.

A alta taxa de evaporação afetou os coprólitos com perda parcial de água intersticial e CO_2 , condições que favoreceram a formação de carbonatos, e aceleraram a transformação dos carbonatos ácidos conspícuos aos coprólitos em carbonatos. Após esta fase de ressecamento, produziu-se na bacia um afogamento, propiciando nova deposição de folhelhos (FREITAS & APPI, op. cit.). Durante o processo de diagênese, a menor plasticidade dos coprólitos em relação à matriz resultou em inflexões na foliação do folhelho (fig. 2).

Outro argumento favorável à hipótese dos coprólitos terem sido projetados verticalmente, é o alto teor em ítrio e aparecimento de mica branca, encontrados em uma das amostras analisadas (tabela 1 e fig. 1: amostra C-4). O ítrio não é um elemento que se concentra em vegetais e animais. Sua importância fisiológica é desconhecida e, sua ocorrência no ciclo biológico é fortuita. O impacto produzido pelo coprólito na matriz pelítica, com lâmina d'água rasa ou quase ausente, propiciou o salpicamento, com incorporação de material matricial. A diagênese conduziu a transformação do material matricial (pelítico) em mica branca e o ítrio passou a fazer parte da composição química do coprólito.

São identificados em alguns nódulos coprolíticos, ossículos e escamas de peixes não digeridos (figs. 4 e 6), sugerindo que um grupo de organismos com hábito alimentar múltiplo, foi o responsável pela geração dos coprólitos. Pode-se admitir que os animais mais prováveis como geradores seriam as aves que habitavam o paleolago da Formação Tremembé.

A composição química dos coprólitos (tabela 1) pode fornecer subsídios quanto ao hábito alimentar dessas aves. Os teores médios de P_2O_5 (7,43%), CaO (2,51%), MgO (0,50%) e Fe_2O_3 (0,77%) são relativamente baixos quando comparados com excrementos de aves atuais. O guano é um bom exemplo. Etimologicamente derivado do termo "wánu" que significa esterco na língua quíchua possui, em média, 2 a 4 vezes ou mais P_2O_5 , CaO , MgO e Fe_2O_3 que os coprólitos do nível meso-oligocênico da Formação Tremembé. Os depósitos de guano são abundantes nas regiões litorâneas do Peru e do norte do Chile, e as aves marinhas que os produzem possuem uma dieta alimentar essencialmente de peixes. Uma população com 5 milhões de indivíduos consome cerca de mil toneladas de peixes por dia (NASCENTES, 1976).

As condições ambientais já mencionadas deste nível da Formação Tremembé não eram muito favoráveis a um grupo de aves com dieta alimentar exclusivamente em peixes. As características anóxicas do fundo provocariam mortandades periódicas, limitando assim o alimento (peixes) disponível.

SWAINE (1955) relacionou um grupo de micronutrientes (elementos traços): Mo, Co, Zn, Mn, B e Cu, além de Fe, como essenciais ao desenvolvimento de vegetais. O substrato pelítico, com as condições anóxicas e a elevada taxa de evaporação no paleolago, favoreceriam a concentração desses micronutrientes que foram absorvidos pelos vegetais.

Os teores da suite de elementos traços (Mo, Co, Mn, Cu, Zn e B) determinados nos coprólitos são relativamente elevados (tabela 1); incluindo o Fe, esta suite e os ossículos de peixes encontrados, corroboram a variação no hábito alimentar das aves que os geraram.

Na paleofauna da Formação Tremembé são encontradas aves da família Rallidae (frangos d'água) com dieta em sementes, insetos, peixes e cobras, família Anatidae (patos) com dieta em vegetais, grãos, sementes e peixes, famílias Phalacrocoracidae (biguás) e Ardeidae (gargas) com dietas em peixes, e aves necrófagas das espécies Physornis brasiliensis Alvarenga, 1982 e Brasilogyps faustoi Alvarenga, 1985, das famílias Phororhacidae e Cathartidae, respectivamente. Essas diferentes dietas demonstram a relação existente entre a composição química dos coprólitos com os hábitos alimentares das aves que os geraram.

A diagênese foi responsável, também, pela transformação do excremento em uma fase mineralógica estável (coprólito). A análise por difração de raios-X (fig. 1) mostra coincidências entre as distâncias interplanares (d) do mineral gerado pela diagênese, com as distâncias interplanares de um mineral sintético, ortorrômbico, do grupo dos carbonatos - hidroxiapatita - de fórmula estequiométrica $Ca_{10}(PO_4)_3(CO_3)_3(OH)_2$.

A composição química dos coprólitos e as fases mineralógicas resultantes são compatíveis com o ambiente geoquímico e a evolução geológica da bacia. É importante frisar que o mineral gerado por processos diagenéticos, pode vir a se tornar um importante marco na análise de ambientes e paleoambientes. Estudos mais detalhados sobre a estrutura e a fórmula estequiométrica desse mineral - hidroxiapatita - serão realizados.

CONCLUSÃO

A ocorrência dos coprólitos de aves vem corroborar a tendência de ressecamento do paleolago Tremembé (já evidenciada pelo grande acúmulo de peixes, pistas de invertebrados e vegetais de ambiente pantanoso) culminando com a total secagem deste e a formação de uma camada de calcrete de caráter regional.

O reconhecimento da variação da composição química em coprólitos pode ser importante para a compreensão de desequilíbrios ambientais, contribuindo assim na interpretação dos paleoambientes de sedimentação. Através da análise dos elementos químicos que constituem os nódulos coprolíticos da Formação Tremembé, foi possível a inferência do hábito alimentar e das condições ambientais em que viveram os animais (aves) que os produziram.

AGRADECIMENTOS

Dr. Herculano Marcos Ferraz Alvarenga pelo apoio aos trabalhos de campo e valiosas informações sobre as aves fósseis da Bacia de Taubaté. Prof. Antonio Carlos Magalhães Macedo (Museu Nacional/UFRJ) pelas críticas e sugestões na elaboração deste artigo. Prof. Paulo Marques Machado Brito (Seção de Paleontologia/DNPM) pela identificação dos restos ictiológicos contidos nos coprólitos. Dr. Augusto Baptista (Instituto de Engenharia Nuclear/CNEN) pelo auxílio prestado na elabo-

ração das análises difratométricas e Elsonney de Oliveira Boechat (Curso de Geologia do Instituto de Geociências/UFRJ) pela elaboração das figuras e tabela apresentadas.

BIBLIOGRAFIA

- AHRENS, L. H. - 1961 - Spectrochemical Analysis. 2 ed. Reading, Addison-Wesley, 454 p.
- ALBUQUERQUE, O. R. & DEQUECH, V. - 1946 - Contribuição para a geologia do meio-norte, especialmente Piauí e Maranhão. In: CONGR. PANAMER. ENG. MINAS E GEOL., 2, Petrópolis, 1946. Anais...Petrópolis, v.3,p. 70-109.
- ALVARENGA, H. M. F. - 1982 - Uma gigantesca ave fóssil do Cenozóico brasileiro: Physornis brasiliensis sp. n. An. Acad. bras. Ci., 54 (4): 697-712.
- ALVARENGA, H. M. F. - 1985 - Notas sobre os Cathartidae (Aves) e descrição de um novo gênero do Cenozóico brasileiro. An. Acad. bras. Ci., 57 (3): 349-357.
- ALVARENGA, H. M. F. - 1986 - Uma ave fóssil dos folhelhos da Bacia de Taubaté, Estado de São Paulo. An. Acad. bras. Ci., 58 (4): 610.
- BEURLEN, K. - 1950 - Alguns restos de crustáceos decápodos d'água doce fósseis do Brasil. An. Acad. bras. Ci., 22 (4): 453-461.
- BRITO, I. M. & RIBEIRO, F. A. M. - 1975 - Ocorrência de Lepidoptera nos folhelhos de Tremembé e algumas considerações sobre a Bacia Geológica do Paraíba. An. Acad. bras. Ci., 47 (1): 105-111.
- CAMPOS, D. A. & CASTRO, H. E. F. - 1978 - Localidades fossilíferas da Folha Paranapanema. In: MME/DNPM, Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha Paranapanema - SF.22, p. 46-77.
- CASTRO, A. C. J.; CARVALHO, I. S.; FERNANDES, A. C. S. - 1987 - Introdução ao estudo dos coprólitos da Bacia de Taubaté, SP. An. Acad. bras. Ci., 59 (4), no prelo.
- DUARTE, L. & MANDARIM-DE-LACERDA, A. F. - 1987 - Flora cenozóica do Brasil: Formação Tremembé, Bacia de Taubaté, SP (Nota Preliminar). In: CONGR. BRAS. PALEONT., 10, Rio de Janeiro, 1987. Anais...Rio de Janeiro, SBP, v. 2, p. 879-884.
- EIGENMANN, C. H. & MYERS, G. S. - 1929 - The American Characidae. Harvard Coll., Mus. Comp. Zool., Mem. XCIII, part 5, 558 p.
- FERNANDES, A. C. S.; POLIVANOV, H.; CARVALHO, I. S. - 1987 - Novos procedimentos para caracterização de icnofósseis da Bacia de Taubaté, SP. In: CONGR. BRAS. PALEONT., 10, Rio de Janeiro, 1987. Anais.. Rio de Janeiro, SBP, v. 1, p. 291-306.
- FERREIRA, C. S. - 1974 - Gastrópodes pulmonados de água doce da Formação Tremembé, São Paulo. An. Acad. bras. Ci., 46 (3/4): 663-666.
- FERREIRA, C. S. & FERNANDES, A. C. S. - 1983 - Notícias sobre alguns icnofósseis da Formação Pimenteira, Devoniano no Estado de Goiás. An. Acad. bras. Ci., 55 (1): 140.
- FERREIRA, L. F.; ARAÚJO, A.; CONFALONIERI, U.; CHAME, M.; RIBEIRO, B. M. - 1987 - Encontro de ovos de ancilostomídeos em coprólitos humanos datados de 7.230[±]80 anos, Piauí, Brasil. An. Acad. bras. Ci., 59 (3): 280-281.

- FREITAS, E. L. & APPI, C. J. - 1987 - Evento de ressecção (caliche), um marco estratigráfico do Terciário das bacias de Taubaté e Resende. In: SIMP. REG. GEOL., 6, Rio Claro, 1987. Atas...Rio Claro, SBG, no prelo.
- FREY, R. W. - 1973 - Concepts in the study of biogenic sedimentary structures. Jour. Sedim. Petrol., 43: 6-19.
- GUIMARÃES, D. - 1928 - Notas sobre os folhelhos betuminosos de Tremembé. Min. Comb. Transp. Ano I, (7): 219-220, Rio de Janeiro.
- KEGEL, W. - 1953 - Contribuição para o estudo do Devoniano da Bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 48 p. (Boletim 141).
- KEGEL, W. - 1954 - Nota sobre os microfósseis do fosfato cretáceo de Pernambuco. Bol. Soc. Bras. Geol., 3 (1): 73-76.
- KEGEL, W. - 1955 - Geologia do fosfato de Pernambuco. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 54 p. (Boletim 157).
- LIMA, M. R.; VESPUCCI, J. B. O.; SUGUIO, K. - 1985 - Estudo palinológico de uma camada de linhito da Formação Caçapava, Bacia de Taubaté, Terciário do Estado de São Paulo, Brasil. An. Acad. bras. Ci., 57 (2): 183-197.
- MACEDO, A. C. M. - 1961 - Nota preliminar sobre ostracoda. Atas Soc. Biol., Rio de Janeiro, (6): 53-55.
- NASCENTES, A. (Elaborador) - 1976 - Dicionário Ilustrado da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Letras, v. 3, 872p.
- OLIVEIRA, L. D. D. - 1983 - Aspectos macropaleontológicos e sedimentológicos dos calcários de Governador Dix-Sept Rosado, RN. Mossoró, Coletânea Mossoroense, v. CCLXXXVIII, 124 p.
- OLIVEIRA, M. M. M. F. - 1979 - Microfácies da Formação Maria Farinha (Grupo Paraíba). In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 9, Natal, 1979. Atas... Natal, SBG, p. 241-250.
- PAULA COUTO, C. - 1956 - Une Chauve-Sourris Fossile des Argiles Feuilletés Pleistocènes de Tremembé, État de São Paulo (Brésil). In: CONGR. INTERN. QUATERN., 4, Rome-Pise, 1956. Actes...Roma, p. 343-347.
- PAULA COUTO, C. - 1983 - Geochronology and Paleontology of the Basin of Tremembé-Taubaté, State of São Paulo. Iheringia, Porto Alegre, (8): 5-31.
- RAGONHA, E. W. - 1987 - Coprólitos espiralados da Formação Corumbataí. In: CONGR. BRAS. PALEONT., 10, Rio de Janeiro, 1987. Anais...Rio de Janeiro, SBP, v. 1, p. 307-317.
- ROSLER, O.; CHRISTOPHE-DA-SILVA, J. C.; DINIZ, M.N.; TABACH, R. - 1985 - Coprólitos da localidade de Rio Preto, PR, em sedimentos da Formação Serra Alta. In: CONGR. BRAS. PALEONT., 8, Rio de Janeiro, 1983. Brasília, MME/DNPM, Coletânea de Trabalhos Paleontológicos, sér. geol. n° 27, sec. Paleontologia/Estratigrafia n° 2, p. 123-127.
- ROXO, M. G. O. - 1937 - Crocodilianos fósseis do Brasil. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Notas Preliminares e Estudos, n° 14, p. 9-15.
- SANTOS, R. S. - 1950 - Vestígio de ave fóssil nos folhelhos betuminosos de Tremembé, São Paulo. An. Acad. bras. Ci., 22 (4): 445-446.
- SANTOS, R. S. - 1986 - Nova conceituação genérica do Percichthyes antiquus Woodward, 1898, dos folhelhos betuminosos da Formação Tremem-

bé, São Paulo. An. Acad. bras. Ci., 58 (4): 606-607.

SCHAEFFER, B. - 1947 - A Cretaceous and Tertiary Actinopterygian Fishes from Brazil. Bull. Am. Mus. Nat. Hist., v. 89, art. 1, 39 p.

SCHUFELDT, R. W. - 1916 - A Fossil Feather from Taubaté, Brazil. Auk (Jour. Ornith.), 33: 206-207.

SOMMER, F. W. - 1976 - Resultado de uma análise micropaleontológica em sedimentos da Bacia de Taubaté, Estado de São Paulo. In: REUNIÃO GERAL/PROJETO XISTOQUÍMICA, 2, Rio de Janeiro, 1976. Conferências/Resumos dos Trabalhos...Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, p. 19.

SORIA, M. F. & ALVARENGA, H. M. F. - 1986 - Novos restos fósseis de mamíferos da Bacia de Taubaté, Estado de São Paulo, Brasil. An. Acad. bras. Ci., 58 (3): 498.

SWAINE, D. J. - 1955 - The trace-element content of soils. Commonwealth Bureau of Soil Science, Technical Communication, nº 48, 157 p.

TRAVASSOS, H. & SANTOS, R. S. - 1955 - Caracédeos fósseis da Bacia do Paraíba. An. Acad. bras. Ci., 27 (3): 297-322.

VICALVI, M. A. - 1982 - O primeiro registro de peixes fósseis na Formação Caçapava do Estado de São Paulo. An. Acad. bras. Ci., 54 (2): 351-354.

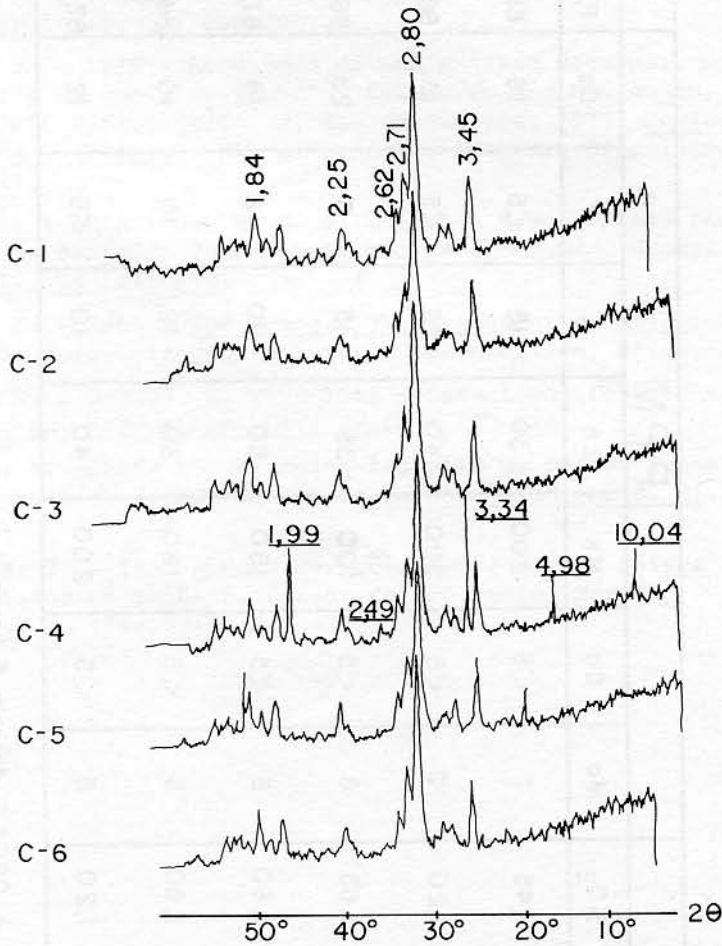
WOODWARD, A. S. - 1898 - Considerações sobre alguns peixes terciários dos schistos de Taubaté, Estado de São Paulo, Brasil. Rev. Mus. Paulista, t. III: 63-75.

TABELA I - RESULTADOS DAS ANÁLISES ESPECTROQUÍMICAS DOS NÓDULOS COPROLÍTICOS

	%							PPM							%	
	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Mo	Co	Mn	Zn	B	Y	Cu	P. F.	Total		
C-1	7,80	2,95	0,85	0,75	1,45	7	<5	200	30	15	<5	16	85,87	99,67		
C-2	6,45	2,40	0,90	1,95	1,20	10	<5	300	40	25	<5	15	86,17	99,07		
C-3	8,10	2,60	0,30	0,15	1,65	6	<5	100	35	15	8	25	86,85	99,65		
C-4	7,30	1,65	0,75	0,95	1,60	8	<5	150	60	20	12	18	87,59	99,84		
C-5	8,28	2,65	0,15	0,35	1,80	5	<5	180	30	12	10	10	86,25	99,48		
C-6	6,65	2,85	0,10	0,50	1,20	8	<5	200	40	10	<5	12	87,17	98,47		

% P. F. = Percentual de Perda ao Fogo à 980° C durante 5 horas.

DIFRATOGRAMAS DOS COPRÓLITOS DA BACIA DE TAUBATÉ



d (obs)	2,80	2,71	3,45	2,25	1,84	2,62
l/l _o	63	35	32	19	23	24
d (tab)	2,78	2,68	3,46	2,23	1,84	2,62
l/l _o	100	40	25	16	16	10

FIGURA 1- Os valores de d em epígrife no difratograma C-4 correspondem aos de uma Mica Branca.

- Os 6 difratogramas exibem as mesmas magnitudes de d. As melhores coincidências se aproximam de um carbonato - hidroxiapatita com fórmula $Ca_{10}(PO_4)_3(CO_3)_3(OH)_2$.

Fonte: International Centre For Diffraction Data. File 19-272, P. 246.

DEFORMAÇÃO DOS FOLHELHOS PROVOCADA PELOS NÓDULOS
COPROLÍTICOS

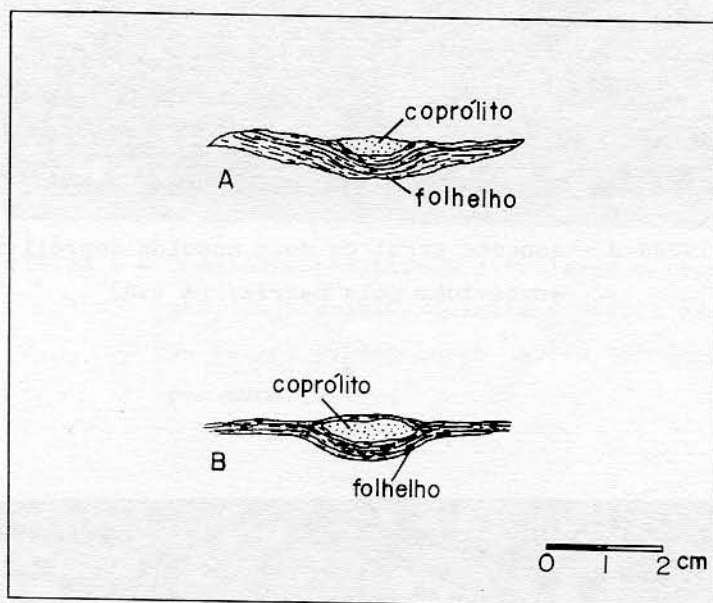


FIGURA 2 - A e B Deformação da foliação do folhelho, sugerindo uma projeção vertical em lâmina d'água rasa. Tal aspecto é ressaltado após os processos de diagênese e compactação devido às diferenças de plasticidade entre o coprólito e a matriz. (Formação Tremembé, Bacia de Taubaté).

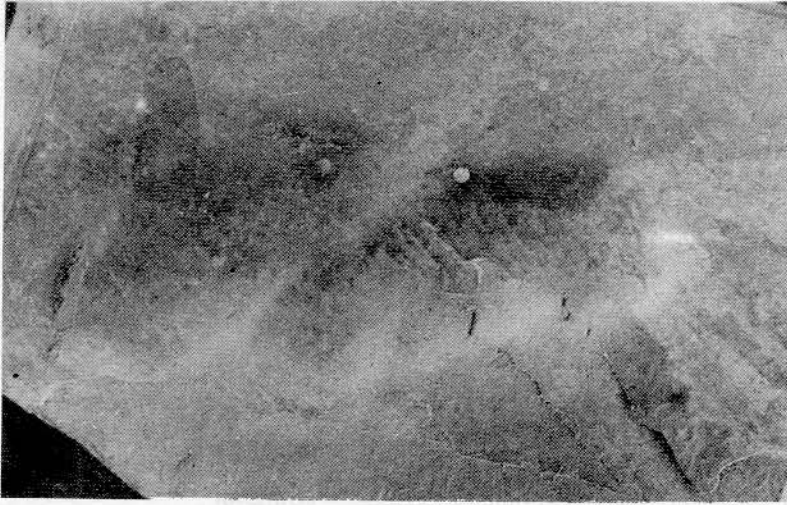


FIGURA 3 - Aspecto geral de dois nódulos coprolíticos envolvidos pela matriz. (X 2,8)



FIGURA 4 - Detalhe de um coprólito destacando-se da matriz pelítica pela diferença de coloração, contendo restos ósseos de peixes. (X 4)

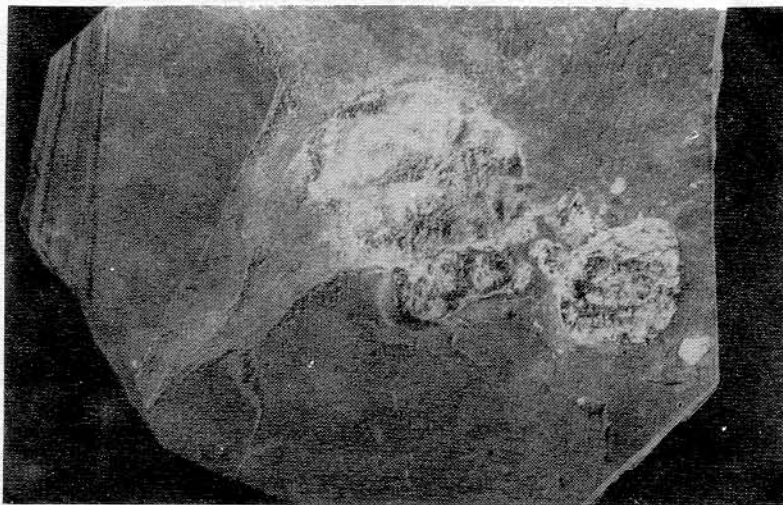


FIGURA 5 - Nódulos coprolíticos circulares e reniformes, cuja análise química e restos ósseos de peixes evidenciaram serem produzidos por aves. (X 2,3)

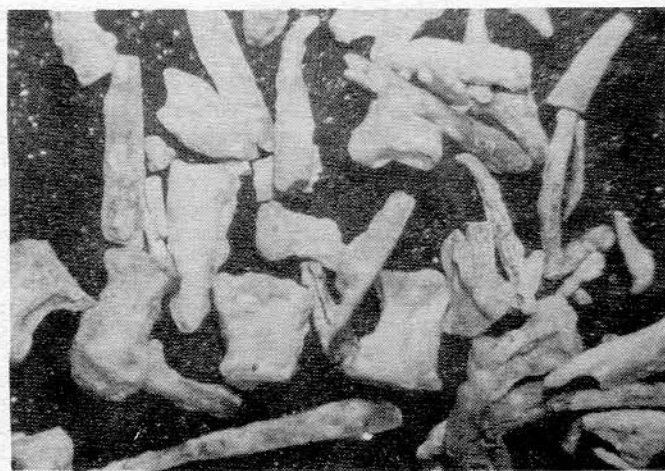


FIGURA 6 - Restos esqueléticos da ictiofauna encontrados no interior dos coprólitos da Formação Tremembé. (X 25)