



## Chondrichthyes no Membro Taquaral, base da Formação Irati, no centro leste do Estado de São Paulo, Brasil

Artur Chahud<sup>a</sup> & Setembrino Petri

Recebido em 20 de maio de 2008 / Aceito em 10 de fevereiro de 2008

### Resumo

Dois tipos de Chondrichthyes fósseis, previamente encontrados na Formação Pedra do Fogo, Bacia do Parnaíba, são agora reconhecidos na Formação Irati da Bacia do Paraná. Estes fósseis foram coletados em uma camada delgada de arenito conglomerático da base do Membro Taquaral, base da Formação Irati no município de Rio Claro, no centro-leste do Estado de São Paulo, Brasil. Os fósseis são representados por dentes desarticulados de Xenacanthiformes, *Xenacanthus albuquerquei*, e Petalodontiformes, *Itapyrodus punctatus*. Junto com estes dentes, há vários restos de outros Chondrichthyes, Orodontiformes, Ctenacanthiformes e cladodonts, além de restos atribuídos a peixes ósseos e tetrápodes.

Palavras-Chave: Xenacanthiformes, Irati, Taquaral, Rio Claro, Petalodontiformes, Permiano

### Abstract

Two kinds of Chondrichthyes known from the Permian Pedra do Fogo Formation, Parnaíba Basin, Northeastern Brazil are here recognized in the Irati Formation, Permian of the Parana Basin, Southern Brazil. These fossils come from the lowermost bed of the Taquaral Member, lower unit of the Irati Formation. This bed, outcrops in the municipality of Rio Claro, State of São Paulo. Its lithology is conglomeratic sandstone, bearing isolated teeth of the Xenacanthiformes *Xenacanthus albuquerquei* and of the Petalodontiformes *Itapyrodus punctatus*. They are associated with Chondrichthyes remains such as Orodontiformes, Ctenacanthiformes and cladodonts as well as bone fish remains and tetrapods.

Keywords: Xenacanthiformes, Irati, Taquaral, Rio Claro, Petalodontiformes, Permian

<sup>a</sup>Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, USP. Rua do Lago, 562, Cidade Universitária, 05508900 – São Paulo, SP. Tel.: (11) 3091-4662. E-mail: arturchahud@yahoo.com, spetri@usp.br

## 1. Introdução

A região centro-leste do Estado de São Paulo expõe praticamente toda a seção neopaleozóica-mesozóica da borda leste da Bacia do Paraná, começando com as unidades neopaleozóicas do Grupo Tubarão (Subgrupo Itararé e Formação Tatuí), passando pelo Grupo Passa Dois (formações Irati e Corumbataí) e terminando com as formações mesozóicas do Grupo São Bento (formações Piraibóia, Botucatu e Serra Geral). Em discordância sobre estas rochas, ocorrem depósitos cenozóicos da Formação Rio Claro e coberturas de colúvio e aluvião neógenas.

Em discordância sobre a Formação Tatuí ocorrem sedimentos relativamente grossos, arenitos com grânulos e arenitos conglomeráticos para conglomerados, em contato abrupto acima com folhelhos siltico-argilosos do Membro Taquaral, base da Formação Irati (Fúlfaro *et al.*, 1984; Stevaux *et al.*, 1986; Hachiro, 1997; Assine *et al.*, 2003).

Os paleovertebrados da base da Formação Irati receberam pouca atenção até agora e nunca foram analisados dentro da Estratigrafia. Estudos recentes (Chahud, 2007) revelaram surpreendente diversidade taxonômica e biológica desta paleoictiofauna.

A unidade estudada é caracterizada por uma camada fossilífera sobreposta aos arenitos finos, bem selecionados, típicos da Formação Tatuí (Subgrupo Guatá), Grupo Tubarão e sotopostas pelos folhelhos siltico - argilosos do Membro Taquaral da Formação Irati, Grupo Passa Dois. Segundo Chahud (2007) tal camada é associada à evolução geológica da Formação Irati.

A camada é um quartzo - arenito conglomerático, constituído de grânulos e seixos de sílex em matriz arenosa que varia de média a fina. Os grânulos e seixos variam de angulosos a arredondados e podem ou não exibir contatos entre si (Chahud, 2007). O acamamento é caracteristicamente lenticular com estratificação cruzada assimétrica.

Atualmente, as formações Tatuí e Irati são consideradas de idades semelhantes, eopermianas, a partir de dados isotópicos recentemente obtidos por Santos *et al.* (2006), em torno de 278 Ma  $\pm$  2,2 Ma, Artinskiano (Cisuraliano). Apesar de terem sido realizadas na região sul do Brasil, cidade de

São Mateus do Sul no Estado do Paraná, são semelhantes às idades obtidas em sedimentos de posição estratigráfica equivalente na África, podendo ser aplicadas às rochas encontradas em São Paulo.

Os exemplares foram depositados em uma camada na qual muitos animais provenientes de diversos ambientes são encontrados, como petalodontes e ctenacanthiformes, peixes típicos de águas salinas, em conjunto com Temnospondyli (prováveis Archegosauridae) de ambientes continentais ou águas doces (Chahud, 2007). Essa associação pode sugerir um caráter alóctone para os fósseis, sendo difícil uma interpretação segura do provável paleo-ambiente.

Ragonha (1978) registrou, informalmente, a Ordem Xenacanthiformes na base da Formação Irati e identificou dentes da espécie *Pleuracanthus albuquerquei*, descrita por Silva Santos (1946), da Formação Pedra do Fogo, Estado do Maranhão. Ragonha (1978) reconheceu que o material brasileiro não correspondia às características diagnósticas do gênero *Pleuracanthus* e cunhou o novo gênero *Taquaranthus* para incluir este material, opinião aqui endossada. O nome *Taquaranthus*, contudo *nomen nudum* e não será usado. Richter (1985) considerou a denominação *Pleuracanthus*, hoje em desuso, é sinônimo de *Xenacanthus*, mais apropriada para esta espécie.

Os dentes foram os únicos restos preservados da ordem Petalodontiformes no Brasil. Apresentam forma variável, podendo possuir uma coroa alta ou baixa, uma superfície pontuada ou com tubos, extremos de canais vasculares que atravessam a dentina (Moy-Thomas & Miles, 1971). No Estado de São Paulo foi documentada, informalmente, a existência de tais dentes na Formação Irati por Ragonha (1978) e citados por Silva Santos (1990). Ambos ressaltaram as semelhanças com fósseis da Formação Pedra do Fogo, pertencentes à espécie *Itapyrodus punctatus*.

## 2. Material e métodos

O estudo foi realizado em um afloramento no Sítio Santa Maria, município de Rio Claro (Figs. 1 e 2). Todos os fósseis provêm de uma camada horizontal, relativamente fresca, de 9,5 cm de

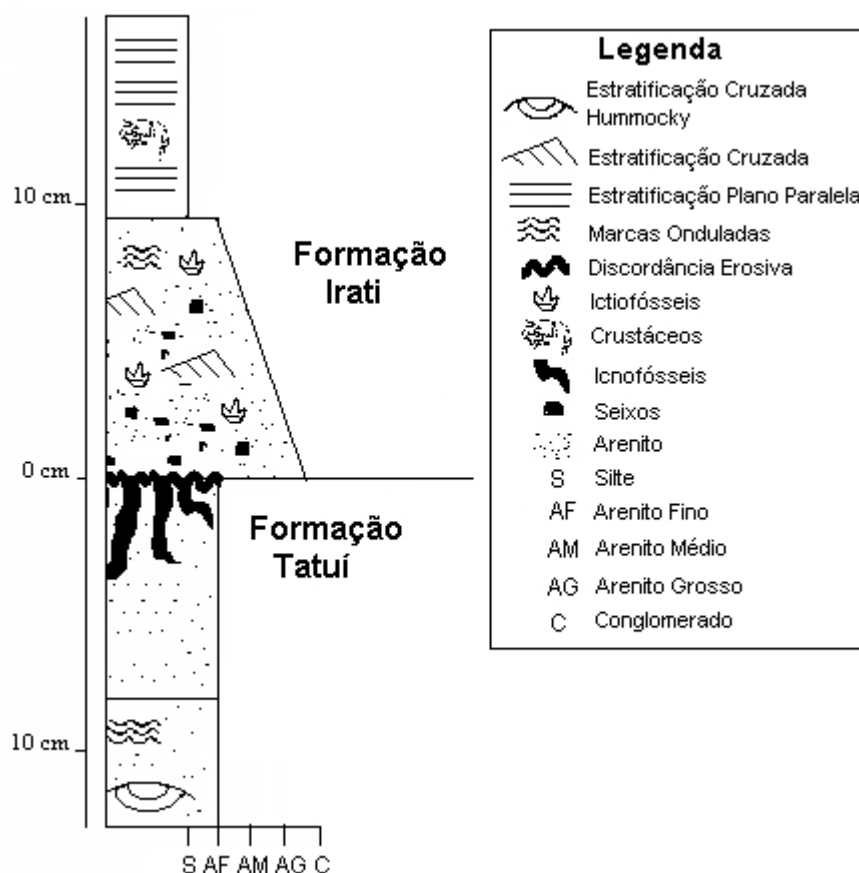


Fig. 1. Seção do afloramento no Sítio Santa Maria, município de Rio Claro.

espessura, exposta em uma área de 20 m por 7 m, na margem esquerda (SW) do Rio Cabeça (UTM: 23K 0227055/7517325), a aproximadamente 850 m NNW da entrada da fazenda.

A camada na base da Formação Irati nesse afloramento é caracterizada por um arenito fino a médio, conglomerático, de tonalidade cinza clara a média nas porções mais grossas e cinza mais escura nas porções mais finas. Apresenta granodecrescência ascendente e estratificação cruzada assimétrica, em *sets* centimétricos. O contato com os arenitos da Formação Tatuí é caracterizado por uma discordância erosiva, enquanto o contato com as rochas do Membro Taquaral, sobrejacente, é marcado pela passagem abrupta para folhelhos.

Os fósseis, em geral, são pequenos e fortemente cimentados à matriz de arenitos finos a muito finos. Muitos dos melhores elementos esqueléticos foram retirados da matriz sob microscópio estereoscópico com ajuda de agulhas e pinças. Foram obtidas imagens em microscópio eletrônico de varredura

(MEV) e fotografias escaneadas em uma máquina fotográfica analógica SONY 3CCD e processadas em um analisador de imagem da LEICA do Laboratório de Petrografia Sedimentar do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP). Todos os espécimes estão registrados e depositados na coleção fóssil de vertebrados (GP/2E) do Laboratório de Paleontologia Sistemática (LPS) do IGc-USP.

CLASSE CHONDRICHTHYES  
SUBCLASSE ELASMOBRANCHII  
ORDEM XENACANTHIFORMES  
FAMÍLIA XENACANTHIDAE  
*Xenacanthus* Beyrich, 1848

**Holótipo** – *Xenacanthus laevis* Agassiz, 1837

**Diagnose genérica (adaptada de Davis, 1892 e Ragonha, 1984):** Dentes de base larga, podendo ser arredondadas ou ovaladas, prolongadas para a

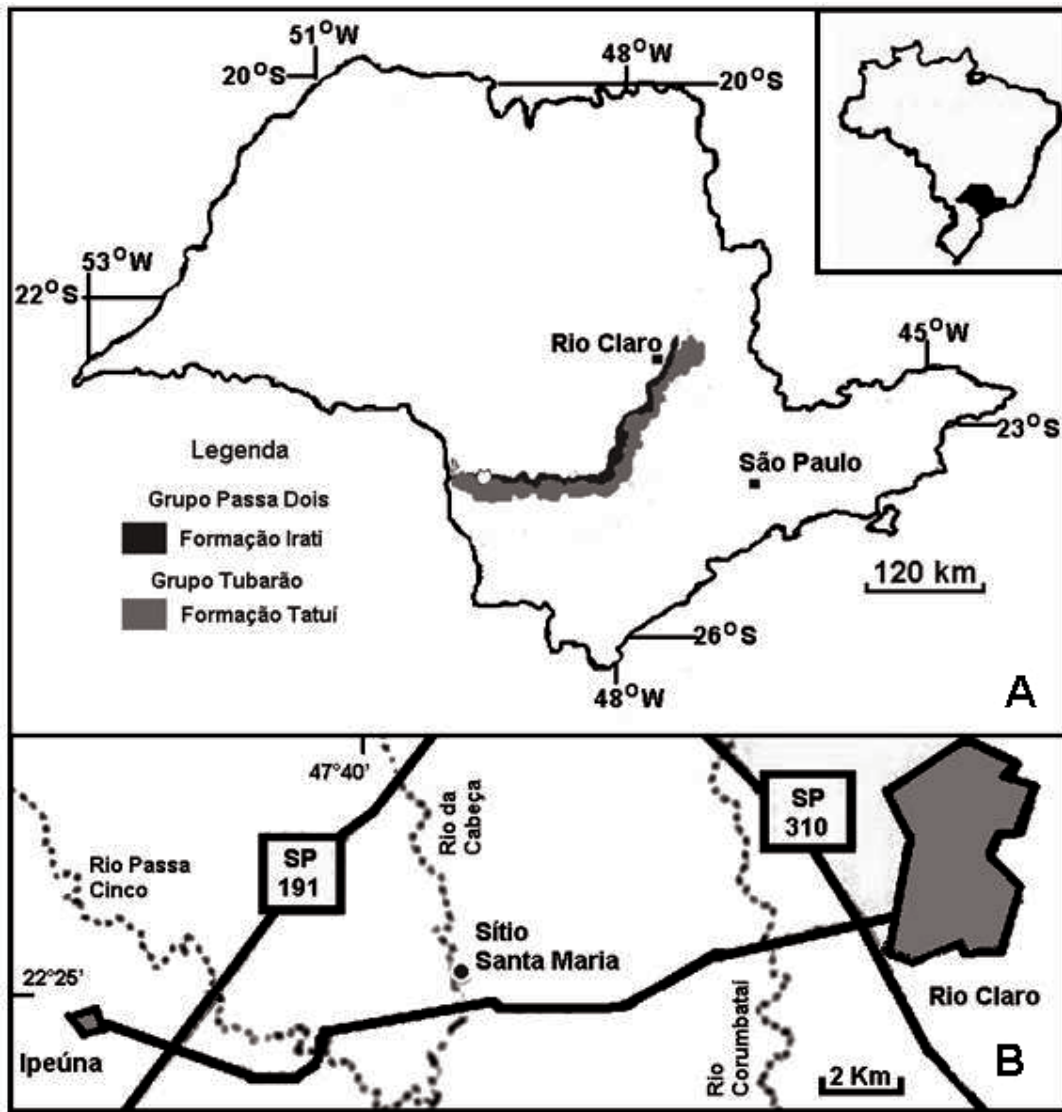


Fig. 2. A) Mapa do Estado de São Paulo destacando as faixas de ocorrência das formações Tatui e Irati. B) Mapa local destacando as principais rodovias de acesso ao Sítio Santa Maria.

face lingual, com duas cúspides cônicas principais localizadas na face labial, com ou sem bordos cortantes, podendo ser circulares ou comprimidas em vista transversal, ornamentadas por costelas ou estrias. As cúspides podem ser divergentes com uma ligeira curvatura para a face lingual. Entre as cúspides principais pode haver uma ou mais cúspides menores intermediárias (1/3 a 1/5 do tamanho das cúspides principais). Próximo da borda lingual ocorre uma proeminência denominada botão apical, de tamanho e forma variados, destinada à articulação e apoio entre os dentes na mandíbula. Entre o centro e o bordo labial, a base apresenta um tubérculo basal de forma e tamanho variáveis. A superfície oral da base é convexa enquanto a inferior apresenta-se mais

ou menos plana ou côncava, com a presença de forâmens. Os dentes podem apresentar variações morfológicas de acordo com o seu posicionamento na arcada do animal e com a idade do organismo.

*Xenacanthus albuquerquei* Silva Santos 1946

**Sinonímias** *Pleuracanthus albuquerquei* Silva Santos 1946

*Taquaracanthus albuquerquei* Ragonha 1978  
(*nomem nudum*)

*Xenacanthus albuquerquei* Richter 1985

**Material:** GP/2E-3754, GP/2E-5931, GP/2E-5932. Dentes isolados em vários estados de preservação.

**Distribuições Geográficas e Estratigráficas:** Eopermiano da Formação Pedra do Fogo do Maranhão e base da Formação Irati do Estado de São Paulo na divisa dos municípios de Ipeúna e Rio Claro, São Paulo.

**Estratigrafia:** Camada de arenito conglomerático da base do Membro Taquaral, Formação Irati.

**Diagnose específica (adaptada de Silva Santos, 1946 e Ragonha, 1978):** Os dentes possuem geralmente coroa tricuspíada ou bicuspíada, com duas cúspides laterais maiores, desiguais, e uma intermediária, muito pequena (ou ausente), dispostas aproximadamente no mesmo plano do bordo labial da base e sempre inclinadas para a face lingual. A cúspide maior ocupa mais ou menos a metade do bordo labial, e eleva-se sempre perpendicularmente à base, a segunda cúspide se dispõe na lateral labial do dente, a intermediária é sempre menor que a segunda e se dispõe obliquamente entre as duas cúspides. As cúspides são ovais em corte transversal, não apresentam superfície serrilhada e podem ter costelas irregulares. A base, de forma alongada ou circular, apresenta a face lingual voltada para baixo e um pequeno botão apical de forma elíptica na parte superior. A face labial exibe uma pequena saliência alongada, conhecida como tubérculo basal, abaixo da cúspide principal. A superfície inferior da base é plana.

### Exemplar 1

Espécime tricuspíado

**Material:** GP/2E-5931. Dente com as cúspides quebradas.

**Descrição:** Por causa de quebras, apenas as partes inferiores das cúspides estão presentes. A coroa apresenta duas cúspides principais divergentes e uma intermediária, dispostas no bordo labial da base. Em vista transversal, as cúspides maiores são ovais e a menor circular.

A estrutura interna observada nas duas cúspides maiores consiste de uma camada externa de ortodentina (mais clara) circundando uma estrutura interna de osteodentina (mais escura) com minúsculos canais (provavelmente dentina tubular). Esta estrutura, porém, não é clara na cúspide intermediária.

A partir da parte preservada das cúspides, confirmou-se o tamanho diferenciado entre as cúspides. A maior ocupa mais da metade do bordo labial e aparentemente eleva-se verticalmente. A segunda tem 1/3 do diâmetro máximo da maior e está localizada em uma das laterais. A menor, intermediária em posição, está posicionada um pouco à frente das outras no sentido labial e tem diâmetro 1/9 o diâmetro da principal (Fig. 3A-E).

Na parte preservada da cúspide principal, a face labial é lisa e a lingual possui algumas costelas muito finas, como em exemplares observados por Silva Santos (1946) e Ragonha (1978). As ornamentações das costelas são paralelas partindo da base da cúspide, mas são irregulares na forma, comprimento e orientação. A distância entre elas também é variada.

A base é alongada e irregular com a superfície inferior levemente côncava. O bordo labial exibe uma protuberância, o tubérculo basal, enquanto na região lingual observa-se um prolongamento para baixo. No bordo lingual da parte superior existe uma proeminência elíptica, o botão apical, separada das cúspides.

O comprimento máximo da base é 10,3 mm e a largura 7,1 mm. O botão apical tem 4,2 mm de comprimento e 2,4 mm de largura. Em corte a cúspide principal tem forma oval, 4,7 mm por 3,1 mm; a cúspide secundária, 1,6 mm por 1,0 mm, e a intermediária 0,5 mm por 0,4 mm.

### Exemplar 2

Espécime bicuspíado

**Material:** GP/2E-5932. Dente quebrado.

**Descrição:** O exemplar 2 é similar ao primeiro. No entanto, é menor e não possui a cúspide intermediária. A coroa possui duas cúspides de tamanhos diferentes, dispostas no mesmo plano do bordo labial da base (Fig. 3F-K). Como no Exemplar 1, o diâmetro da cúspide menor representa um pouco mais de 1/3 da maior.

Costelas irregulares finas percorrem toda a superfície das cúspides, tanto na face lingual como na labial.

A base é quase circular com um prolongamento lateral em relação à coroa. Como no Exemplar 1, possui no bordo labial inferior um alongado tubérculo



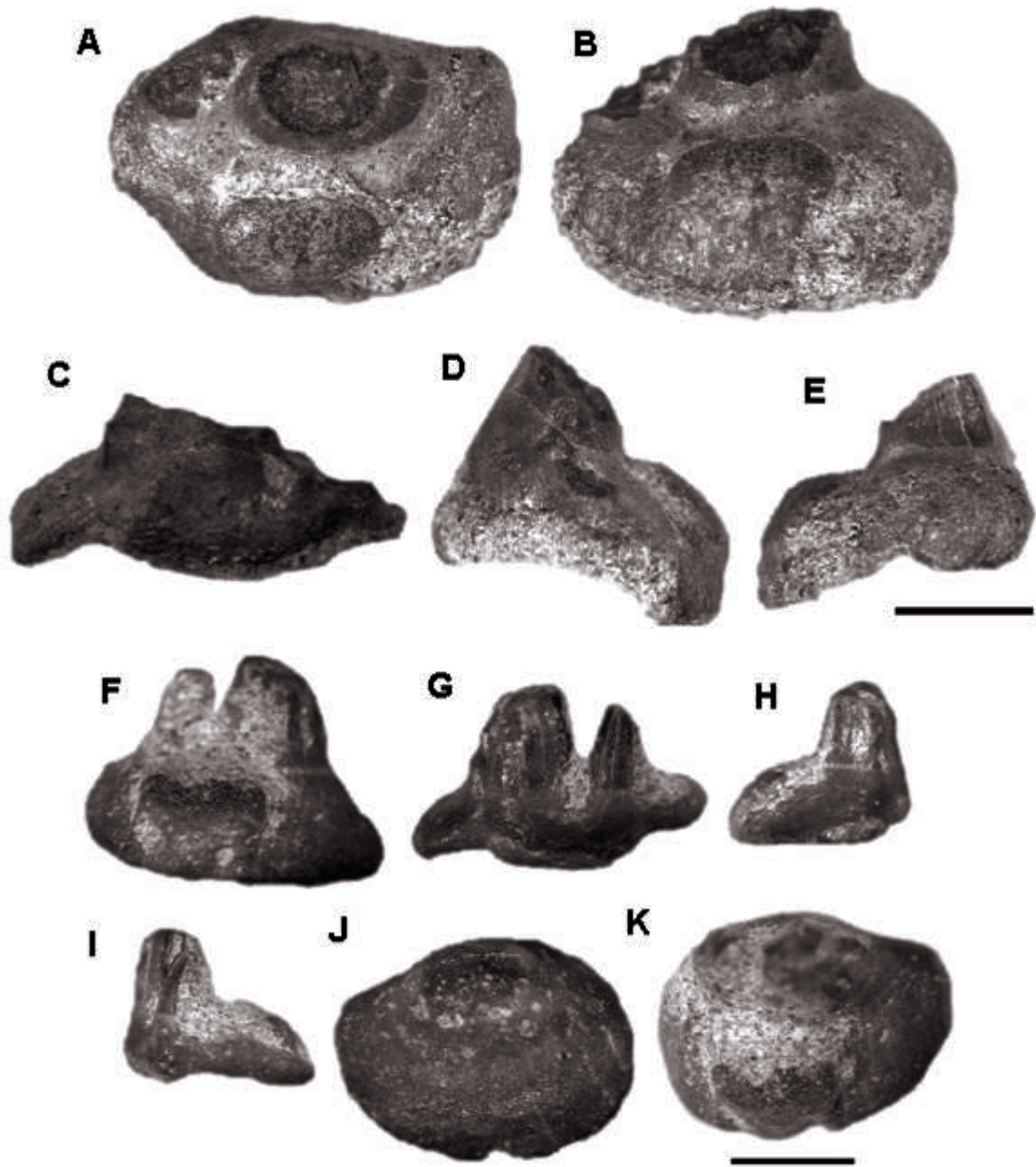


Fig. 3. Dentes de *Xenacanthus albuquerquei*. Dente tricuspidado A) vista superior. B) vista lingual. C) vista labial. D) vista lateral. E) vista lateral. (GP/2E-5931) Escala 4mm. Dente bicuspitado: F) vista lingual. G) vista labial. H) vista lateral. I) vista lateral. J) vista inferior. K) vista superior. (GP/2E-5932). Escala 2 mm.

basal, enquanto na face inferior da parte lingual ocorre um prolongamento para baixo. A parte superior exibe um pequeno botão apical elíptico. Tanto na face inferior da base como na superior foram observados pequenos orifícios os forâmens.

A base tem 4,4 mm de comprimento e 3,2 mm de largura. A cúspide maior (incompleta) tem 1,6 mm de altura e 1,9 mm de diâmetro. A cúspide me-

nor tem aproximadamente 0,9 mm de diâmetro e 1,0 mm de altura. O botão apical tem aproximadamente 1,0 mm de comprimento máximo.

#### Exemplar 3

Espécime unicuspidado

**Material:** GP/2E-3754. Dente isolado.

**Descrição:** O Exemplar 3 representa um tipo de

dente não observado antes no Brasil que é uma forma com uma única cúspide central.

Apesar da cúspide apresentar a parte superior quebrada, percebe-se que ela ocupa a região central do bordo labial. Costelas muito finas que partem paralelas à base e se tornam irregulares à medida que se dirigem ao topo da cúspide, tanto na face labial quanto na lingual (Fig. 4A-D).

Como nos outros exemplares, a cúspide é oval em seção transversal e possui uma camada externa de ortodentina em torno da osteodentina.

A base é circular e quase plana com a superfície inferior levemente côncava próxima do tubérculo basal. A região do botão apical está quebrada, mas ainda preserva fragmentos do botão apical. As faces inferior e superior possuem forams.

O comprimento máximo da base é de 7,7 mm e a largura 7,4 mm. A cúspide tem 3,7 mm de diâmetro máximo e 2,8 mm de mínimo.

**Discussão:** Em geral estes dentes têm as seguintes características: base alongada ou circular e prolongada para a região lingual; quando possuem mais de uma cúspide, duas são principais e sempre situadas na borda labial com leve curvatura para a face lingual. Entre as duas cúspides laterais pode existir uma intermediária sempre de tamanho menor. No bordo lingual ocorre o botão apical e no bordo labial da base, o tubérculo basal. Todas essas características são suficientes para classificá-los como pertencentes aos Xenacanthiformes (Davis, 1892; Ragonha, 1984; Long, 1995; Janvier, 1996; Hampe, 2003).

O botão apical e dentes com três cúspides também podem ser encontrados em tubarões primitivos, como ocorre em alguns dentes cladodontes e em Phoebeodontidae (Hampe, 2003; Ginter *et al.*, 2005). Estes grupos são diferenciados, entretanto, pela base, posição central da cúspide principal e a falta de tubérculo basal.

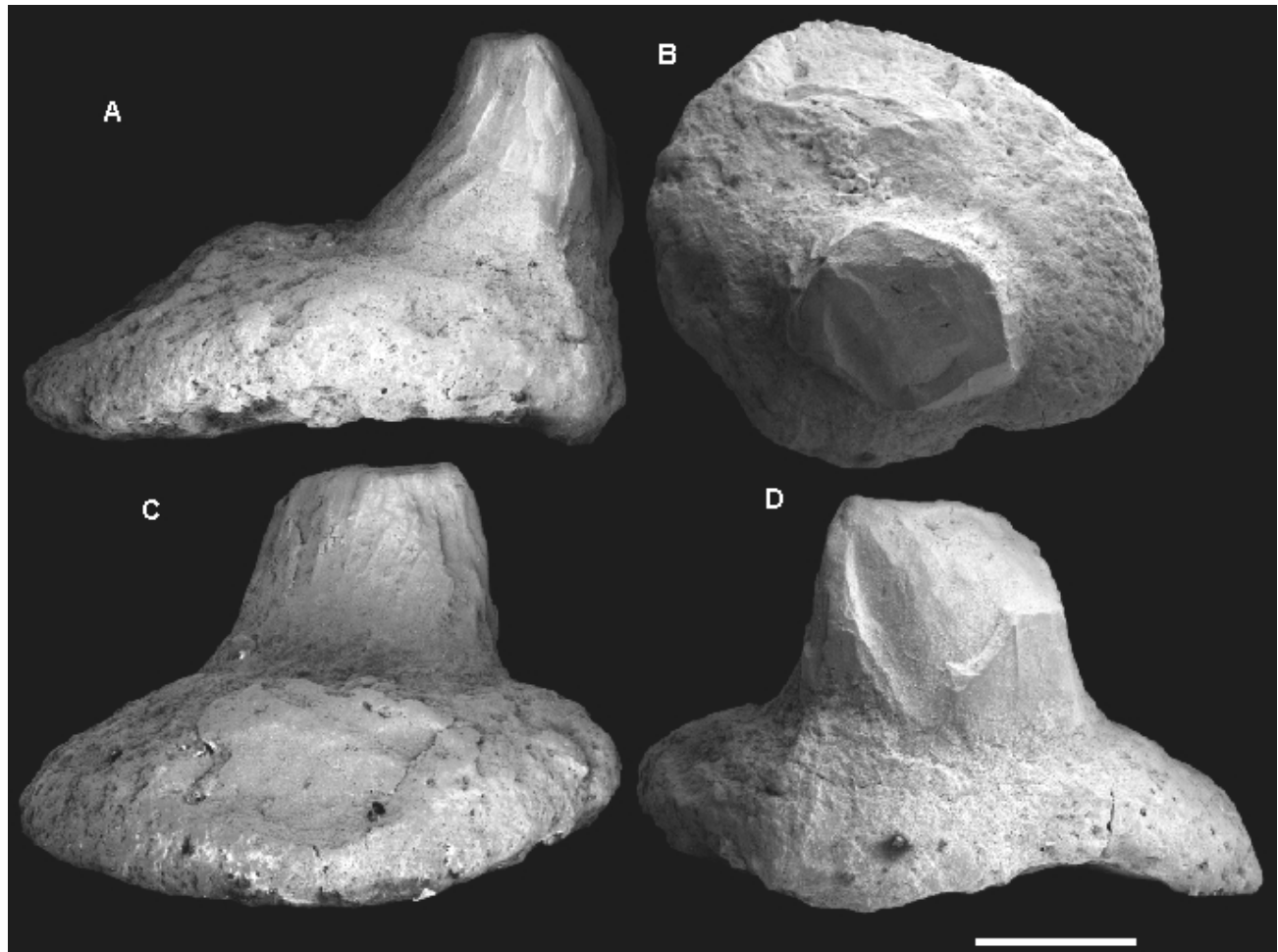


Fig. 4. Montagem de fotografias em MEV do exemplar unicuspidado. A) vista lateral. B) vista superior. C) vista lingual. D) vista labial. GP/2E-3754. Escala 2 mm.

Dentes idênticos foram observados em exemplares descritos por Silva Santos (1946) na Formação Pedra do Fogo no Estado do Maranhão. A princípio, foram identificados como pertencentes ao gênero *Pleuracanthus* (= *Xenacanthus*, segundo Richter, 1985) e assim batizados como *Pleuracanthus albuquerquei*. Ragonha (1978) observou que a cúspide lateral muito maior, evidente em todos os exemplares, era incomum nos gêneros conhecidos de Xenacanthiformes, o que foi determinante para a criação do novo gênero *Taquaranthus*, que, infelizmente, nunca foi formalmente publicado.

A espécie mostra várias semelhanças com *Xenacanthus*, como as cúspides sem bordo cortante ou serrilhados e costelas finas. O botão apical pequeno e sem contato com as cúspides é observada em algumas espécies primitivas de xenacantos do Devoniano, como xenacantídeos antárticos (*Antarctilamna*), porém é rara em dentes de gêneros permocarboníferos, como *Wurdigneria*, *Orthacanthus*, *Bransonella* e *Triodus* (Ragonha, 1978; 1984; Hampe, 2003; Johnson, 2005a, b; Richter, 2005).

Variação no tamanho das cúspides não é incomum em Xenacanthidae, podendo ser observada no gênero *Wurdigneria* (Richter, 2005) e em diversas espécies atribuídas a *Xenacanthus*.

Os outros Xenacanthiformes descritos no Brasil são neopermianos, da Bacia do Paraná em São Paulo (Ragonha, 1984) e Rio Grande do Sul (Würdig-Maciel, 1975; Richter, 2005). Apresentam dentição muito semelhante, diferindo em poucos caracteres. Algumas espécies, da Bacia do Paraná da região Sul, como *Wurdigneria obliterata* e *Xenacanthus pricei*, possuem cúspides laterais de tamanhos desiguais, mas a desigualdade é mínima comparada à das cúspides dos exemplares de "*Pleuracanthus*" *albuquerquei* encontrados na base da Formação Irati. Outra característica que chama atenção é o tamanho muito grande do botão apical das espécies neopermianas brasileiras de xenacantídeos, que ocupa quase toda a parte lingual e às vezes faz contato direto com as cúspides.

A ausência da cúspide intermediária e, por vezes, também de uma segunda cúspide, pode estar relacionada à posição e/ou à idade relativa dos dentes na boca do animal, como sugerido originalmente por Silva Santos (1946), para o material da Formação

Pedra do Fogo. A presença de ornamentação (costelas) em ambas as faces labial e lingual dos dentes bicuspidados e unicuspidados e apenas na face lingual do dente tricuspíado talvez reflita o desgaste por uso. Os dentes tricuspíados representariam dentes mais desenvolvidos, e os unicuspidados mais novos dentro de uma série ontogenética, como observados em *Orodus* (Chahud, 2007).

A quebra de cúspides nos exemplares provavelmente está relacionada ao transporte ou à quebra e perda durante a vida do animal. Se a quebra aconteceu durante transporte, isto deve ter ocorrido durante um curto período, apenas o suficiente para quebrar a cúspide, pois as bases dos dentes estudados exibem pouco desgaste. Cúspides quebradas e bases sem cúspides são comumente encontradas em depósitos de baixa energia, como nos folhelhos sílticos e arenitos finos de unidades permianas da Bacia do Paraná (Würdig-Maciel, 1975; Ragonha, 1984; Richter, 2005), o que sugere a idéia de quebra e perda durante a vida do animal.

Classe CHONDRICHTHYES

Subclasse ELASMOBRANCHII

Ordem PETALODONTIFORMES

Família PETALODONTIDAE

*Itapyrodus punctatus* Silva Santos 1990

**Espécie tipo** - *Itapyrodus punctatus* Silva Santos 1990

**Distribuições Geográficas e Estratigráficas:** Eopermiano da Formação Pedra do Fogo do Maranhão e base da Formação Irati, Estado de São Paulo.

**Diagnose genérica (Silva Santos, 1990):** Elasmobranchii conhecido somente pelos dentes. Dentição com heterodontia, distinguindo-se dentes sinfisianos e dentes póstero-laterais para trituração. Dentes em séries, justapostos entre si, não formando placas dentárias. Todos os dentes com a coroa lisa. Dentes sinfisianos com a coroa alta, alongada e comprimida no sentido transversal, e levemente inclinada para a face interna (lingual). Margem superior da coroa inteira com os extremos bem distintos: o do lado próximo da sínfise com o contorno arredondado e o oposto pontiagudo e algo inclinado para baixo. Dentes para trituração com a coroa baixa, moderadamente convexa ou quase plana. Base de fixação



(raiz) baixa, de superfície lisa e côncava. Bordas laterais da base de fixação com fortes sulcos e saliências. Coroa formada de uma dentina tubular, sem esmalte e ausência de tecido trabecular diferenciada na base de fixação.

**Diagnose específica:** mesma do gênero.

**Estratigrafia:** Camada de arenito conglomerático da base do Membro Taquaral, Formação Irati.

**Características gerais dos dentes sinfisianos:** Os dentes sinfisianos possuem coroa alta, alongada longitudinalmente (sentido anterior - posterior, entre as laterais), mas comprimida transversalmente (sen-

tido labial - lingual), formando uma crista longitudinal aguda com inclinação para a face lingual. A relação de largura das faces lingual - labial varia, sendo que a face lingual pode ser maior ou menor, dependendo da região que o dente ocupava na boca do animal. O ângulo formado entre as faces é um dos principais critérios para distinguir dentes sinfisianos, pois é sempre um ângulo agudo (Fig. 5A-F).

A coroa possui uma extremidade lateral arredondada, por vezes pontiaguda, voltada para baixo e outra angulosa, cuja superfície pode apresentar uma pequena concavidade ou ser plana. A face labial

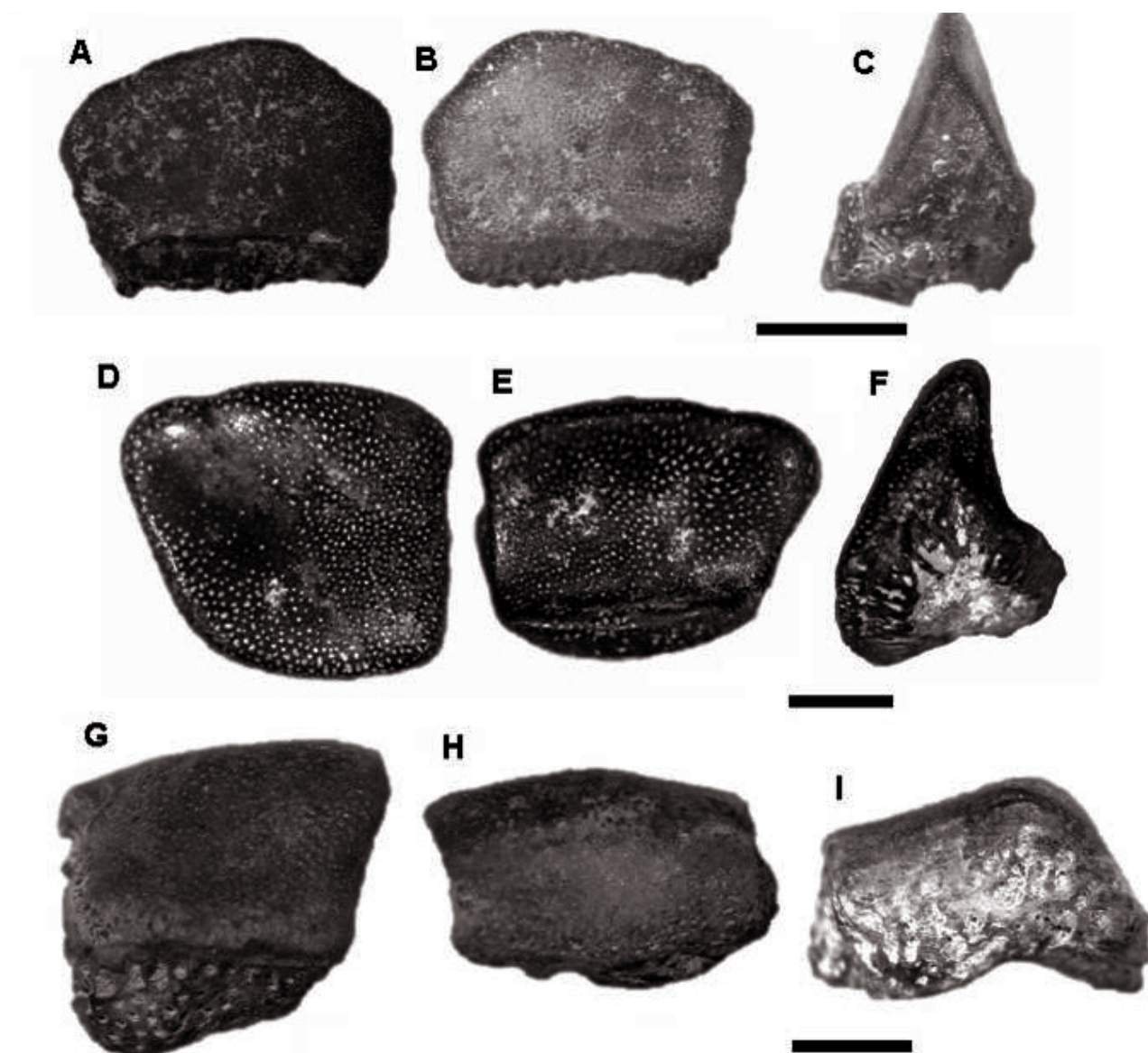


Fig. 5. Dente sinfisiano frontal. A) vista lingual. B) vista labial. C) vista lateral (GP/2E-5927). Escala 4 mm. Dente sinfisiano. D) vista labial. E) vista lingual. F) vista lateral (GP/2E-5926). Escala 2mm. Dente póstero – lateral. G) vista labial. H) vista lingual. I) vista lateral (GP/2E-5928). Escala 4 mm.

normalmente é convexa, enquanto a lingual apresenta certa concavidade. Porém, em raros casos, ambas podem ser côncavas ou convexas.

A base é bilobada, apresentando a mesma largura da coroa e uma concavidade central na face inferior. Em poucos exemplares o caráter côncavo e bilobado está ausente e a base é plana.

**Características gerais dos dentes póstero - laterais:** Os dentes póstero - laterais são identificáveis pela coroa baixa e larga, com uma superfície convexa ou aplainada na face labial e ligeiramente côncava na lingual. A face lingual nesses dentes sempre é muito menor que a labial (metade do tamanho). O ângulo formado entre as faces labial e lingual é em geral obtuso, porém exemplares com estas faces em ângulo reto não são incomuns (Fig. 5G-I).

A margem superior da coroa possui uma pequena curvatura, porém não forma uma crista longitudinal. As extremidades laterais da coroa são diferenciadas: em um lado é arredondado e no outro, anguloso ou reto sem inclinação. Nos dentes sinfisianos, a base é bilobada, quase plana, apresentando concavidade discreta.

**Discussão:** Os Petalodontiformes descritos são similares aos descritos por Silva Santos (1990). Este autor foi o primeiro a reconhecer a espécie, tanto a morfologia externa quanto interna, podendo ser associados com segurança a *Itapyrodus punctatus*.

Segundo Silva Santos (1990), a classificação de *Itapyrodus punctatus* dentro de Petalodontiformes é segura, pois os dentes se assemelham muito com os dentes de *Chomatodus*, *Climaxodus* e alguns exemplares dentro do gênero *Petalodus*, no que diz respeito, principalmente, à forma, morfologia das faces labial-lingual, a coroa alta nos dentes sinfisianos e, como em algumas espécies de *Chomatodus*, a ausência de fusão entre os dentes.

Moy-Thomas & Miles (1971) e Long (1995) colocam os petalodontes como animais típicos de ambientes costeiros e de águas rasas do Neopaleozóico. No Brasil, os Petalodontiformes ocorrem associados não a fósseis marinhos, mas sim, em algumas localidades, a animais continentais (anfíbios) e de águas doce (xenacantídeos) (Ragonha, 1978; Silva Santos, 1990; Toledo, 2001; Chahud & Fairchild, 2003, 2005). Talvez estes petalodontes representem uma linhagem que desenvolveu tolerância a

ambientes menos salinos nas bacias intracratônicas brasileiras durante o Permiano.

### 3. Conclusões

A correlação bioestratigráfica e temporal, a partir de restos de vertebrados, entre as bacias do Parnaíba e Paraná foi sugerida por Ragonha (1978) e Silva Santos (1990), mas nunca foi realmente divulgada em estudo específico. Essa correlação tornou-se evidente com a comparação dos dois tipos de *Chondrichthyes* encontrados na Base do Membro Taquaral que são idênticos em morfologia aos encontrados na Formação Pedra do Fogo no Maranhão (Silva Santos, 1946; 1990).

Ragonha (1978) ainda sugeriu que um terceiro *Chondrichthyes* da Formação Pedra do Fogo, *Ctenacanthus maranhensis*, poderia ser observado também na Formação Irati. O exemplar descrito por Ragonha seria um espinho de um indivíduo infantil, Chahud (2007) descreveu um espinho de animal adulto com as mesmas características do espécime de Ragonha (1978) e concluiu que ambas pertencem a uma espécie do gênero *Sphenacanthus* não comprovando as mudanças ontogenéticas sugeridas por Ragonha (1978).

A ligação entre as duas bacias ocorreu-se por vias continentais, provavelmente rios e lagos interligados. Apesar dos Petalodontiformes terem sido encontrados em paleoambientes marinhos em diversas localidades do Globo durante o Neopaleozóico, não existe nenhuma evidência de associação com animais marinhos nos depósitos brasileiros de nenhuma unidade geológica em que foram encontrados (Ragonha, 1978, Silva Santos, 1990, Toledo 2001; Chahud, 2007), por isso a hipótese de que os petalodontes brasileiros tenham tolerado água doce ou de baixa salinidade e terem invadido rios e lagos continentais deva ser considerada válida e consistente.

### Agradecimentos

Os autores expressam seu agradecimento ao Professor Doutor Thomas Rich Fairchild pelo apoio e auxílio dado em vários momentos durante essa pesquisa. Aos proprietários do Sítio Santa Maria no município de Rio Claro, onde foi desenvolvida a

pesquisa. Ao Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental que permitiu que os trabalhos fossem realizados em seus laboratórios. Por último um agradecimento especial a CAPES e a FAPESP pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

## Referências Bibliográficas

- Assine, M.L., Zacharias, A.A. & Perinotto, J.A.J., 2003, Paleocorrentes, paleogeografia e seqüências deposicionais da Formação Tatuí, centro-leste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, **33**(1): 33-40.
- Chahud, A., 2007, Paleontologia de Vertebrados da Transição entre os grupos Tubarão e Passa Dois no Centro-Leste do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, IGc-USP, 172p.
- Chahud, A. & Fairchild, T.R., 2003, Paleoiictologia da transição das Formações Tatuí e Taquaral (Permiano), no Alto Estrutural do Pitanga. 18º Congresso Brasileiro de Paleontologia, Boletim de Resumos, Brasília, 321.
- Chahud, A. & Fairchild, T.R., 2005, Tubarões paleozóicos da transição entre os Grupos Tubarão e Passa Dois (Permiano), no Alto Estrutural de Pitanga, SP. 19º Congresso Brasileiro de Paleontologia e 6º Congresso Latino Americano de Paleontologia, Boletim de Resumos, Aracaju, CD-ROM.
- Davis, J.W., 1892, On the fossil sish-remains of the Coal Measures of the British Islands. Part I Pleuracanthidae. *Scientific Transactions Royal Dublin Society*, **2** (4): 703-748.
- Fúlfaro, V. J., Stevaux, J.C., Souza-Filho, E.E. & Barcelos, J.H., 1984, A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo. 23º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, 711-723.
- Ginter, M., Ivanov, A. & Lebedev, O., 2005, The revision of "Cladodus" occidentalis, a late Paleozoic ctenacanthiform shark. *Acta Paleontologica Polonica*, **50** (3): 623-631.
- Hachiro, J., 1997, O Subgrupo Irati (Neopermiano) da Bacia do Paraná. Tese de Doutorado. IGc-USP, 196p.
- Hampe, O., 2003, Revision of the Xenacanthida (Chondrichthyes: Elasmobranchii) from the Carboniferous of the British Isles. *Transaction of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, **93**: 191-237.
- Janvier, P., 1996, Early Vertebrates. Oxford Science Publications, 393p.
- Johnson, G.D., 2005a, An unusual Tricuspid Chondrichthyan Tooth from the Lower Permian of Texas, USA. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **8** (2): 159-164.
- Johnson, G.D., 2005b, Underdeveloped And Unusual Xenacanth Shark Teeth From The Lower Permian Of Texas. *Proceedings of the South Dakota Academy of Science*, **84**: 215-223.
- Long, J.A., 1995, The Rise of Fishes: 500 Million Years of Evolution. University of New South Wales Press, Sydney, 223p.
- Moy-Thomas, J.A. & Miles, R. 1971, Palaeozoic Fishes. Saunders, Philadelphia, 259p.
- Ragonha, E.W., 1978, Chondrichthyes do Membro Taquaral (Formação Irati) no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, IGc-USP, 65p.
- Ragonha, E.W., 1984, Taxionomia de dentes e espinhos isolados de Xenacanthodii (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Formação Corumbataí. Considerações cronológicas e paleoambientais. Tese de Doutorado, IGc-USP, 166p.
- Richter, M., 1985, Situação da Pesquisa Paleoiictológica no Paleozóico Brasileiro. In: Coletânea de Trabalhos Paleontológicos. DNPM, Série Geologia. Seção de Paleontologia e Estratigrafia, Brasília, **2** (27): 105-110.
- Richter, M., 2005, A new xenacanthid shark (Chondrichthyes) from the Teresina Formation, Permian of the Paraná Basin, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **8** (2): 149-158.
- Santos, R.V., Souza, P.A., Alvarenga, C.J.S., Dantas, E.L., Pimentel, E.L., Oliveira, C.G & Araújo, L.M., 2006, Shrimp U-Pb Zircon Dating and Palynology of Bentonitic Layers from the Permian Irati Formation Parana Basin, Brazil. *Gondwana Research*, **9**: 456-463.
- Silva Santos, R., 1946, Duas novas formas de elasmobrânquios do Paleozóico do Meio Norte do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **18** (4): 281-285.
- Silva Santos, R., 1990, Paleoiictiofáunula da Formação Pedra do Fogo, Nordeste do Brasil: Holocephali – Petalodontidae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **62** (4): 347-355.
- Stevaux, J.C., Souza-Filho, E.E. & Fúlfaro, V.J., 1986, Trato deposicional da Formação Tatuí (P) na área aflorante do NE da Bacia do Paraná, Estado de São Paulo. 34º Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia, **1**: 219-229.
- Toledo, C.E.V., 2001, Análise paleontológica da Formação Corumbataí na Região de Rio Claro, Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 146p.
- Würdig-Maciel, N.L., 1975, Ichtiodontes e ichtiodorulitos (Pisces) da Formação Estrada Nova e sua aplicação na estratigrafia do Grupo Passa Dois. *Pesquisas*, **5**: 7-165.