

**MARCUS VINICIUS URBINATTI CANHETE**

**Estudo histológico de escamas de peixes paleoniscídeos da  
Formação Irati, Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Brasil**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel no Curso de Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas. Referente à Disciplina de Estágio em Paleontologia, Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. Cristina Vega Dias

**Co-orientadores:** Prof. Dr. Eliseu Vieira Dias

Prof. Msc. Fernando A. Sedor

JULHO DE 2007

**MARCUS VINICIUS URBINATTI CANHETE**

**Estudo histológico de escamas de peixes paleoniscídeos da  
Formação Irati, Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Brasil**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel no Curso de Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas. Referente à Disciplina de Estágio em Paleontologia, Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. Cristina Vega Dias

**Co-orientadores:** Prof. Dr. Eliseu Vieira Dias

Prof. Msc. Fernando A. Sedor

JULHO DE 2007

Dedico este trabalho principalmente à minha mãe, a pessoa que mais desejava ver a conclusão de meu curso. Aos meus familiares e amigos que me apoiaram nesta conquista, em especial ao meu pai. Ao meu amor, que me trouxe motivação de querer continuar nos meus momentos mais difíceis, além de me ajudar a enfrentar com força e alegria todos meus desafios futuros.

## AGRADECIMENTOS

- A Coordenação do Curso de Ciências Biológicas, e ao Departamento de Geologia, pela aceitação e apoio ao desenvolvimento deste trabalho.
- Ao Museu de Ciências Naturais do Setor de Ciências Biológicas da UFPR, na figura do seu Coordenador Prof. Euclides Fontoura Junior, que ofereceu ajuda para o princípio deste trabalho.
- Ao Curador do Museu de Ciências Naturais, e co-orientador desta monografia, o Prof. Fernando Antonio Sedor, pelo material utilizado neste trabalho e por me fazer acreditar que poderia trabalhar com Paleontologia.
- Ao Laboratório de Petrografia do Departamento de Geologia da UFPR, cujo responsável é o Dr. José Manoel dos Reis Neto, pelo uso do microscópio petrográfico.
- Ao técnico preparador de lâminas petrográficas do Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia, Sr. Adílson Antônio Dalagassa, pela preparação das lâminas usadas neste estudo.
- À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristina Vega Dias, e ao meu co-orientador, Prof. Dr. Eliseu Vieira Dias, pela ajuda fundamental e formidável que foi dada para conclusão deste trabalho.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>DEDICATÓRIA</b> .....                       | i  |
| <b>AGRADECIMENTOS</b> .....                    | ii |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....                     | 01 |
| 1.1. A BACIA DO PARANÁ .....                   | 01 |
| 1.2. A FORMAÇÃO IRATI .....                    | 01 |
| 1.3. OS PEIXES .....                           | 04 |
| 1.4. OS PEIXES PALEONISCÍDEOS.....             | 05 |
| 1.5. AS ESCAMAS DOS PEIXES PALEONISCÍDEOS..... | 06 |
| <b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....            | 09 |
| <b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....        | 11 |
| 3.1. ESCAMAS OBSERVADAS .....                  | 11 |
| 3.2. HISTOLOGIA DAS ESCAMAS.....               | 11 |
| 3.3. LINHA LATERAL.....                        | 12 |
| 3.4. EVIDÊNCIAS DE CRESCIMENTO .....           | 13 |
| <b>4. CONCLUSÕES</b> .....                     | 15 |
| <b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....     | 16 |
| <b>6. ANEXOS</b> .....                         | 19 |

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. A BACIA DO PARANÁ

De acordo com SCHNEIDER *et al.* (1974), a Bacia do Paraná é uma depressão deposicional situada na parte centro-leste do continente sul americano, cobrindo cerca de 1.600.000 quilômetros quadrados. Destes, 1.000.000 se encontram no território brasileiro, o restante alcança a Argentina, Paraguai e Uruguai. Trata-se de uma bacia com até cerca de 5.000 metros de espessura de sedimentos paleozóicos, mesozóicos, rochas vulcânicas e localmente algumas rochas cenozóicas.

As rochas de uma bacia sedimentar, ao serem estudadas, recebem uma nomenclatura. Para tanto existem normativas como, por exemplo, o Guia de Nomenclatura Estratigráfica proposto por PETRI *et al.* (1986), no qual as rochas são divididas em unidades litoestratigráficas categorizadas em: Supergrupo, Grupo, Subgrupo, Formação, Membro, Camada, Complexo, Suíte, Corpo. Para o interesse deste trabalho, serão citadas apenas as definições para Grupo, Formação, Membro e Camada utilizadas por PETRI *et al.* (*op. cit.*).

A Formação é a unidade fundamental da classificação litoestratigráfica. Trata-se de um corpo rochoso caracterizado pela relativa homogeneidade litológica, forma comumente tabular, geralmente com continuidade lateral e mapeável na superfície terrestre ou em subsuperfície. Ainda segundo PETRI *et al.* (1986) o Grupo é definido como a associação de duas ou mais Formações relacionadas por características ou feições litoestratigráficas comuns ou por referenciais que o delimitem. Por outro lado, Membro é uma parte da Formação. Trata-se de uma entidade que apresenta características próprias que permitem distingui-la na Formação. Camada é a unidade formal de menor hierarquia na classificação litoestratigráfica. Trata-se de um corpo aproximadamente tabular, relativamente delgado e diferenciável de rochas.

### 1.2. A FORMAÇÃO IRATI

A porção permiana da Bacia do Paraná, para SCHNEIDER *et al.* (1974) é denominado Grupo Passa Dois, que na porção sul da bacia, compreende as

Formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (considerando-se da mais antiga para a mais recente, respectivamente).

MENDES *et al.* (1966) descrevem que a Formação Irati estende-se por cerca de 1.000.000 de quilômetros quadrados, ocorrendo na Argentina, Paraguai, Uruguai e Brasil, onde aflora nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Goiás.

OELOFSEN & ARAÚJO (1983) relacionaram os sedimentos da Formação Irati com a Formação Whitehill no Sul da África, suportando a idéia que estas formações são isócronas, ou seja, geradas no mesmo período de tempo.

A denominação da Formação Irati foi proposta por WHITE (1908), que a caracterizou litologicamente pela presença de folhelhos negros com odor de petróleo, que continham fósseis de répteis mesossaurídeos, aflorante no município de Irati, estado do Paraná. Este mesmo autor estimou uma espessura de 70 metros para esta formação.

MENDES *et al.* (1966) caracterizam a seqüência de folhelhos fétidos com intercalações de calcário em cima e embaixo, entre eles siltitos com cor de chumbo, ocorrentes na Região de São Mateus do Sul.

SCHNEIDER *et al.* (1974) apresentaram que a Formação Irati tem ocorrência generalizada por toda Bacia do Paraná, com espessura de 40 metros em superfície, e chegando a 71 metros em poços de perfuração. Os autores dividiram a formação em dois Membros. A seqüência de folhelhos e siltitos cinza escuros a claros situados na base da formação constitui o Membro Taquaral (espessura de 10 a 20 metros). A seqüência de folhelhos cinza escuros, folhelhos betuminosos associados a calcários, situados na parte superior da Formação corresponde ao Membro Assistência (espessura na ordem de 30 metros).

SOARES (2003) concorda com as colocações de SCHNEIDER *et al.* (*op. cit.*), e complementa com dados referentes ao seu paleoambiente. O mar formado pelas Formações Irati/Whitehill era relativamente raso (com máxima profundidade de 200 metros), com águas calmas, baixa salinidade. Nas suas regiões mais profundas ele era mais frio, denso e salino, apresentando baixa oxigenação e altas concentrações de ácido sulfídrico. Em sua superfície as águas eram mais quentes, menos densas e salinas, além de ser mais

oxigenada. A sua fauna (mesossauros, peixes, crustáceos, foraminíferos, braquiópodes e esponjas) habitava principalmente porções mais superficiais do Mar Irati/ Whitehill.

Em relação à idade da Formação Irati, DAEMON & QUADROS (1970), através de estudos palinológicos, indicam a idade Permiano Superior (Kazaniano) para o Membro Taquaral e também para o Membro Assistência.

Entretanto, OELOFSEN & ARAÚJO (1983) em sua correlação com a Formação Whitehill, anteriormente citado, atribui a idade Permiana Inferior a Média (porção superior do Sakmariiano).

Mais recentemente, SANTOS *et al.* (2006) estudaram camadas bentônicas contendo grânulos de zircão provenientes de cinzas vulcânicas e, usando datação radiométrica por Urânio – Chumbo, determinaram a idade de 278.4 m.a. para as mesmas. Os autores também confirmam a idade Artinskiana para a Formação Irati através de dados palinológicos.

A fauna da Formação Irati também é citada por SCHNEIDER *et al.* (1974) em cada um dos seus Membros. O Membro Taquaral, por características sedimentares, indicam um ambiente marinho de águas calmas. Restos de peixes, crustáceos do gênero *Clarkecaris* e da Flora *Dadoxylon* são os fósseis mais freqüentes. O Membro Assistência, por suas características sedimentares, sugere a deposição em um ambiente marinho de águas rasas. Restrições na bacia criaram condições para a deposição de folhelhos betuminosos associados a calcários. Os fósseis característicos são os répteis da Família Mesosauridae (*Mesosaurus brasiliensis* e *Stereosternum tumidum*). Além de restos de peixes (escamas, dentes e fragmentos ósseos), restos vegetais, carapaças de crustáceos e palinómorfs são relativamente comuns neste membro.

GUERRA-SOMMER & CAZZULO-KLEPZIG (2000) trabalharam com a flora da Formação Irati em afloramentos do Rio Grande do Sul. Encontraram troncos silicificados de gimnospermas, folhas dos gêneros: *Glossopteris*, *Cordaites*, *Paracalamites* e *Pecopteris*, dentre outros.

Em relação à fauna, PINTO (2000) relata a presença de insetos para a Formação Irati, pertencentes às ordens Mecopteroidea, Neuroptera, Coleoptera, Homoptera e Blattaria. Os crustáceos são representados pelos Pygocephalomorpha (Adami-Rodrigues & Pinto 2000) e Ostracoda (Wurdig *et*

*al.* 2000). Existem muitos trabalhos que citam a presença de mesossaurídeos como fósseis típicos para esta formação (e.g. Araújo-Barberena & Timm 2000; Soares 2003; Sedor & Ferigolo 2001). Além disso, também são descritos icnofósseis atribuídos a esses organismos (Sedor & Silva 2004).

Mais recentemente SILVA *et al.* (2003) relatou o primeiro registro de icnofósseis para a Formação Irati. O icnogênero *Didymaulichnus*, segundo os autores, representa a pista de um possível molusco gastrópode.

Em relação aos peixes paleoniscídeos encontrados na Formação Irati, alguns trabalhos já foram realizados.

RICHTER (1985a) relatou a presença de restos de paleoniscídeos no Permiano da Bacia do Paraná, inclusive para a Formação Irati.

RICHTER *et al.* (1985) estudaram a variação morfológica de fragmentos esqueléticos de fósseis de peixes paleoniscídeos. RICHTER (1985b, 2000) fez uma análise da paleoictiofauna em afloramentos da Bacia do Paraná no estado do Rio Grande do Sul.

Mais recentemente, CHAHUD & FAIRCHILD (2006) relataram a presença de peixes paleoniscídeos na transição da Formação Tatuí com Irati (Permiano) para o estado de São Paulo.

DIAS *et al.* (2006) relataram a presença de fósseis relevantes de escamas de peixes paleoniscídeos para a Formação Irati, encontrados no estado do Paraná, cujos materiais serão utilizados neste trabalho.

### 1.3. OS PEIXES

Os peixes são o grupo mais bem sucedido evolutivamente de vertebrados vivos, com a estimativa no momento de 24.000 espécies.

Os representantes vivos são classificados por RICHTER *et al.* (2004) em Agnatha (peixes sem mandíbula), Chondrichthyes (peixes cartilagosos) e Osteichthyes (peixes ósseos); dentre os peixes ósseos, existem dois grupos, os peixes de nadadeiras lobadas ou carnosas (Sarcopterygii), representados atualmente pelos celacantos e dipnóicos; e os peixes que possuem nadadeiras raiadas (Actinopterygii), que se exteriorizam diretamente da lateral de seus corpos representados atualmente pela grande maioria dos peixes encontrados

nos mares, rios e lagos. Dentre os Actinopterygii, incluem-se os peixes paleoniscídeos, que serão estudados neste trabalho.

É importante ressaltar que a classificação dos principais grupos de peixes ainda é bastante controversa. Entre os Actinopterygii, por exemplo, MAISEY (1996) discute a respeito de uma proposta moderna de taxonomia entre as 425 famílias de peixes com esqueletos fósseis preservados até então e mais 60 famílias onde só se conhecem alguns fragmentos, como escamas. Desta maneira, está comprovada a necessidade de maiores estudos acerca dos detalhes destes peixes e muitas discussões a respeito de sua classificação devem ser feitas. Por esta razão, foi escolhida a classificação de RICHTER *et al.* (2004) por considerá-la mais convencional para este trabalho, pois propostas mais recentes ainda estão para ser consensuais na literatura (**figura 1**).

#### 1.4. OS PEIXES PALEONISCÍDEOS

MOY-THOMAS & MILES (1971) consideravam os peixes actinoptérgios primitivos como pertencentes à Ordem Paleoniscida. Atualmente, esta Ordem não é mais considerada um grupo natural, pois os paleoniscídeos representam um conjunto de linhagens extintas (*stem-group*) de Actinopterygii. Uma literatura mais moderna (Maisey 1996) nem considera mais este nome. Ele coloca os peixes deste antigo táxon em um táxon maior, chamado de condrósteos, grupo este no qual se encontram os atuais esturjões e peixes-espátulas como exemplos conhecidos.

Os paleoniscídeos, para MOY-THOMAS & MILES (1971) e CARROLL (1988) foram peixes que surgiram no Devoniano Médio e se extinguiram no início do Cretáceo. São peixes actinoptérgios com pouca ossificação em seus esqueletos, ou seja, seu padrão esquelético é o condrósteo (em peixes observam-se três tipos de ossificação: condrósteo, holósteo e o teleósteo, em ordem crescente de ossificação, segundo COLBERT & MORALES 1991). Estes peixes possuíam um típico hábito carnívoro com mandíbulas armadas com pequenos dentes cônicos que possuíam na sua extremidade superior um “capuz” de enamelóide, característico para o grupo. O corpo geralmente era fusiforme e alongado, seu tamanho era de pequeno a moderado, as maiores

formas passavam de um pouco mais de um metro. Há sempre uma nadadeira dorsal de formato triangular acuminada e a nadadeira caudal é fortemente heterocerca; as nadadeiras são suportadas por raios ósseos de dentro do corpo do animal. A notocorda é persistente em formas adultas, partindo desde o crânio até o lobo superior da nadadeira caudal. A caixa craniana possui um septo interorbital para acomodar os grandes olhos.

### 1.5. AS ESCAMAS DOS PEIXES PALEONISCÍDEOS

Graças ao alto grau de ossificação, as escamas destes peixes são bastante encontradas como fósseis e devido a isso, amplamente citadas na literatura. O corpo destes peixes era coberto por escamas rombóides, compostas por um processo dorsal, que se articula com um entalhe ventral interno da escama subjacente (Carroll 1988). Este sistema é conhecido na literatura como “*peg and socket*”. Na linha sagital do corpo desses peixes existem escamas mais alargadas, chamadas de escamas fulcrais, que se estendem até a margem anterior da nadadeira caudal. As escamas das demais nadadeiras são menores e mais alongadas que as que recobrem o corpo. O local por onde o sistema da linha lateral do peixe percorria a lateral de seu corpo modificava conseqüentemente a estrutura destas escamas. Estas são as escamas da linha lateral que serão melhor explicadas posteriormente.

A histologia das escamas dos paleoniscídeos tem sido estudada ao longo dos anos, não só pelo fato dos fósseis completos serem escassos, como também para enriquecer o estudo a respeito desses animais. Estes peixes possuem características histológicas peculiares que facilitam a sua identificação, mesmo que somente com fósseis fragmentários, como é o caso do material que será utilizado neste trabalho.

KENT (1987), HILDEBRAND (1995) e POUGH *et al.* (2003) explicam que nos vertebrados (especialmente para os paleoniscídeos) o mineral que é utilizado em seus elementos esqueléticos é a hidroxiapatita  $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$  (Richter *et al.* 2004). Este mineral se apresenta nos vertebrados em três formas: esmalte, dentina e osso.

De forma geral, o esmalte é o tecido mais duro do corpo dos vertebrados atuais; cerca de 97% de sua composição é mineral. Ele é originado, no

embrião, pelo ectoderma. Ocorrendo nos dentículos dérmicos de vertebrados primitivos, nos dentes dos vertebrados mandibulados e nas escamas dos paleoniscídeos. Nestes, ele é brilhante e translúcido; localizando-se nas camadas mais externas da escama. A ganoína é o tipo de esmalte encontrado nestes peixes; tem como característica a sua composição por camadas (laminar) (Kent 1987; Hildebrand 1995).

A dentina, nos vertebrados, é um tecido duro que possui 75% de mineral em sua composição. Ela ocorre normalmente em camadas internas de dentes, dentículos e armaduras ósseas. Embriologicamente, ela surgiu de um pequeno grupo de células da crista neural. (Kent 1987; Hildebrand 1995). Nos paleoniscídeos ela normalmente repousa entre o esmalte e o osso; a cosmina é um tipo de dentina cujas células que as originam produzem finas projeções que se irradiam de dentro para fora do plano da escama, por exemplo, formando tufo característicos. (tipos de dentinas???)

O osso, nos vertebrados, de acordo com KENT (1987), HILDEBRAND (1995) e POUGH *et al.* (2003), apresenta menor proporção mineral que a dentina e o esmalte. Ele é um tecido vivo e altamente vascularizado, e se apresenta em duas formas: osso lamelar, composto por camadas e por isso, mais compacto; localizando-se, normalmente, em superfícies; e o osso esponjoso, que é mais vascularizado e irregular, composto por pequenas trabéculas ósseas entremeadas pelo tecido conjuntivo, e normalmente se encontra nas camadas mais profundas. O osso se origina das células da mesoderme do embrião. Nas escamas dos paleoniscídeos, ocorre o osso lamelar na camada mais interna; nestas escamas este tipo ósseo é chamado de isopedina.

Dois classificações de escamas serão descritas nesta introdução: com relação à forma das escamas, segundo KENT (1987) e HILDEBRAND (1995) elas podem ser rombóides (com formas trapezoidais) ou elasmóides (com formas circulares) e, dentre estas, existem as escamas ciclóides (finas e circulares) e as ctenóides (que apresentam em uma de suas extremidades pequenas projeções que lembram um pente). As escamas elasmóides estão presentes na maioria dos peixes atuais.

Uma outra classificação (Kent 1987; Hildebrand 1995) que considera a histologia das escamas, cita as escamas cosmóides como o tipo mais primitivo

de esqueleto dérmico dos vertebrados, compondo-se, de fora para dentro, por esmalte, dentina, osso esponjoso e osso lamelar. O outro tipo é a escama ganóide, uma forma um pouco modificada da anterior, presente nos peixes paleoniscídeos, e compondo-se, de fora para dentro, por esmalte (tipo ganoína) dentina e osso lamelar. Um terceiro tipo são as escamas placóides, que são encontradas nos Chondrichthyes, são denticulos dérmicos constituídas de esmalte e dentina da mesma forma que nos dentes de outros vertebrados. O quarto e último tipo são as escamas modernas que apresentam-se na grande maioria dos peixes Actinopterygii atuais, e são simplificadas em composição, só restando uma fina camada de osso lamelar acelular, seguida de uma camada densa de fibras colágenas.

## 1.6 A FINALIDADE DESTE TRABALHO

O propósito deste trabalho se da por diversas razões.

Poucos trabalhos foram realizados a respeito dos peixes paleozóicos da Formação Irati, particularmente para o Paraná, cuja produção científica é bastante escassa para este tema.

O material utilizado para este trabalho, neste momento, é único para peixes desta idade. Houve a necessidade de fazer uma classificação previa para este material, que por não haver amostras completas utilizou-se mtecnicas histológicas para fazê-la.

Desenvolver a utilização e possiveis adaptações para a técnica existente para confecção de lâminas histológicas de fósseis para este material, que está contido em uma rocha contendo petróleo (será citado posteriormente).

Realizar um estudo prévio necessário para trabalhos futuros. Verificar o estado de preservação deste material, se é possível utilizar a histologia para realizar identificações, alem de acumular conhecimentos para outros trabalhos que encontrem fósseis mais completos para futuras identificações destes peixes paleozóicos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os fósseis utilizados neste trabalho foram coletados pelo Professor Fernando Antonio Sedor, curador do Museu de Ciências Naturais – Setor de Ciências Biológicas – UFPR (MCN – SCB – UFPR), na mina de folhelho pirobetuminoso da PETROBRÁS-Six do Município de São Mateus do Sul, Estado do Paraná (**figura 2**), e está depositado na coleção paleontológica deste mesmo museu sob os números MCN.P.909a; MCN.P.909b, sendo parte e contraparte. As lâminas foram confeccionadas a partir da amostra MCN.P.909b.

O material compõe-se de diversas amostras em siltito negro pirobetuminoso (contendo óleo). Reúne peixes paleoniscídeos incompletos, além de escamas isoladas dos mesmos, em bom estado de preservação, de diversos formatos e tamanhos (**figuras 3 e 4**).

Para o estudo histológico do material, foram confeccionadas lâminas delgadas das escamas presentes na rocha pirobetuminosa. As lâminas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia da UFPR.

As amostras de rocha, sem tratamento prévio, foram seccionadas em equipamento (Discoplan) composto por um disco de corte diamantado e um disco de desgaste também diamantado. As porções resultantes foram incluídas verticalmente em resina epóxi (Resina EpoxiGlass 1.504 e Endurecedor EpoxiGlass 1.604), normalmente utilizada para confecção de lâminas petrográficas. A polimerização ocorreu à temperatura ambiente por 48 horas, tornando a resina cristalina. Os blocos foram submetidos novamente ao disco de corte para retirar excessos e aqueles cuja porção de rocha apresentava mais escamas, foram divididos ao meio para a produção de um número maior de lâminas.

As faces cortadas destes blocos foram polidas numa politriz giratória utilizando como abrasivo pó de Carbetto de Silício grana 800 (marca registrada Carburundum 800) misturado à água, e posteriormente os blocos foram lavados. Estas faces polidas foram coladas em lâminas de vidro escovado com adesivo de Éster de Cianoacrilato (marca registrada Super Bonder), deixando-as secar em temperatura ambiente.

Após a colagem, os blocos, agora aderidos às lâminas, foram desgastados nos lados opostos, utilizando-se um disco de desgaste (Discoplan), até demonstrarem-se ligeiramente translúcidos ( espessura das lâminas).

O processo foi finalizado manualmente em uma chapa de vidro plana contendo abrasivo Carburundum 800 e água, onde se fez o polimento. Verificou-se a espessura das lâminas com o auxílio de um microscópio óptico. Atingida a espessura desejada, a lâmina foi lavada para retirar o excesso de abrasivo.

As lâminas prontas foram observadas em microscópio petrográfico OLYMPUS BX60 utilizando-se luz polarizada, nicóis cruzados e com lente compensadora de quartzo. As imagens mais relevantes foram capturadas em formato digital.

As lâminas estão depositadas na coleção de Paleontologia do Museu de Ciências Naturais do Setor de Ciências Biológicas da UFPR numeradas como segue: MCN.P.909b1; MCN.P.909b2; MCN.P.909b3; MCN.P.909b4; MCN.P.909b5 e MCN.P.909b6.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. ESCAMAS OBSERVADAS

Na fase em que foram realizados os cortes nos fragmentos de rocha, escolheu-se escamas que cobriam a lateral do corpo do peixe e também uma escama fulcral, que em vida, ocupava as linhas sagitais do peixe.

No momento em que foram feitas as observações, constatou-se que alguns cortes realizados abarcaram escamas que apresentavam um canal na porção central da camada óssea das mesmas. Esta estrutura foi interpretada como pertencendo ao sistema da linha lateral destes paleoniscídeos.

O material que foi coletado para a Formação Irati se mostrou de muito boa qualidade para esta técnica de preparação de lâminas. As estruturas histológicas estavam bastante evidentes e visíveis, apesar de alguns problemas técnicos que serão discutidos posteriormente.

#### 3.2. HISTOLOGIA DAS ESCAMAS

Em todas as lâminas que foram observadas, as escamas apresentavam, consecutivamente, uma clara camada de **esmalte lamelar**; **dentina**, em pelo menos uma das extremidades da escama; e abaixo disto a camada de **isopedina** ou **osso lamelar (figura 5)**. As escamas observadas, sob o ponto de vista de sua histologia, se mostraram tipicamente pertencentes à paleoniscídeos, de acordo com o encontrado na literatura (Moy-Thomas & Miles 1971; Kent 1987; Carroll 1988; Hildebrand 1995).

Em relação ao esmalte, pode-se observar em algumas lâminas a sua estratificação, típica da ganoína (**figura 6**); de acordo com os momentos de crescimento da escama, uma nova camada de esmalte se sobrepunha sobre as outras, de acordo com a literatura observada em FRANCILLON-VIEILLOT *et al.* (1990).

Outra característica que é observada em muitos momentos é a presença de poros que atravessam claramente as camadas da ganoína (**figura 6 e 7**). Através destes poros, passavam vasos sanguíneos que levavam nutrientes das

camadas vascularizadas, abaixo da camada de ganóina, para a epiderme que cobria externamente a escama.

A dentina também possui características bastante visíveis. Localizando-se normalmente nas bordas das escamas, a camada de dentina organiza-se em nódulos mineralizados, chamados de odontodes, cuja parte inferior se assenta na isopedina, e a camada superior está em contato com o esmalte. O odontode (**figura 8**) é formado de uma cavidade pulpar onde se localizava, em vida, os odontoblastos (as células que originam o odontode). Esta célula projetava seu citoplasma de forma ramificada acima da posição do restante da célula. Estas ramificações formam os túbulos de dentina, visíveis no fóssil. O conjunto destes odontodes é definido por FRANCILLON-VIEILLOT *et al.* (1990) como odontocomplexo.

A camada mais interna corresponde à isopedina (**figura 9**). A disposição em camadas corresponde a linhas de crescimento do tecido ósseo. Também são visíveis diversos poros preenchidos secundariamente por sedimento, e que correspondiam em vida aos osteócitos. São visíveis muitos espaços deixados pelos vasos sanguíneos que nutriam estas células (**figura 10**).

### 3.3 LINHA LATERAL

O trabalho foi bastante privilegiado nesta estrutura, merecendo um tópico para a sua discussão. Algumas lâminas conseguiram obter alguns cortes onde estava evidenciado o canal que, em vida, passava o sistema da linha lateral do paleoniscídeo.

O sistema da linha lateral, de acordo com POUGH *et al.* (2003), é uma derivação do sistema nervoso que se origina no crânio do peixe, e percorre uma linha superficial pela lateral do corpo do mesmo. A sua função é a percepção do deslocamento de água, situando o peixe no ambiente onde ele está inserido.

No caso do espécime estudado, foi constatado este sistema na série de escamas que se acomodavam na parte lateral do corpo do peixe. Ela é vista como um grande canal (**figuras 10 e 11**) em relação ao tamanho da escama, estando parcialmente ou totalmente preenchido por minerais, e está localizado aproximadamente no centro da camada de isopedina da escama. Também foi

observada a presença de canais menores e paralelos ao canal da linha lateral em todos os cortes que foram realizados com estas escamas. A explicação mais provável é que estes canais evidenciem a presença de vasos sanguíneos que nutriam este sistema, mas este estudo não encontrou nenhuma evidência satisfatória que apóie esta constatação.

Pode-se observar também em um dos cortes (**figura 11**) uma pequena abertura que provavelmente interligava o sistema a alguma estrutura abaixo da escama, talvez algum nervo ou um vaso sanguíneo, não havendo mais evidências, no momento, para esclarecer tal questão.

Para esclarecer estas dúvidas a respeito da linha lateral, talvez sejam necessários trabalhos futuros mais específicos. O material da Formação Irati se mostrou muito satisfatório para este propósito.

### 3.4 EVIDÊNCIAS DE CRESCIMENTO

Outro detalhe que merece um destaque neste trabalho são as demonstrações do crescimento da escama. Parte disso já foi discutido ao se comentar sobre as linhas de crescimento na isopedina, entretanto, esta não é a única evidência da ocorrência deste fenômeno.

Os paleoniscídeos possuíam escamas muito mais ossificadas se comparadas aos peixes atuais. E no momento que estes peixes cresciam, era necessário que as escamas acompanhassem este processo. Este desenvolvimento da escama já foi observado por diversos autores no passado, como é visto em FRANCILLON-VIEILLOT *et al.* (1990).

O crescimento ocorre nas bordas, quando o tecido ósseo se projeta da isopedina da escama para a parte lateral da mesma, constituindo um assoalho para as outras camadas. Foi observado este tecido ósseo primordial em algumas lâminas (**figura 12**).

Em seguida, algumas células ósseas se diferenciam e modificam aquele osso recém produzido, criando uma cavidade pulpar que irá formar um novo nódulo de dentina, como já foi explicado anteriormente. No entanto, no momento em que começa a formação deste novo odontode, uma parte do odontode ao lado, ou seja, mais antigo, é reabsorvida para que o novo possa

ocupar aquele espaço. E este processo ocorre sucessivamente, toda vez que um odontode novo é criado (**figura 13**).

Uma camada de ganoína é secretada posteriormente pela epiderme do peixe sobre este novo odontode, criando uma nova camada de esmalte por toda a escama.

#### 4. CONCLUSÕES

Em relação ao material utilizado, ele se encontra em ótimas condições de preservação. Apesar de não ter sido localizado nenhum material craniano para fazer identificações taxonômicas mais específicas, suas condições histológicas foram suficientes para identificá-lo, de acordo com a bibliografia consultada, como um material pertencente ao grupo de peixes extintos dos paleoniscídeos.

Mais coletas poderão ser feitas para a localização de fósseis que contenham material craniano. Sendo assim, os resultados deste trabalho poderão servir de comparação com trabalhos futuros para a identificação destes peixes.

Em relação à técnica que foi utilizada para a confecção das lâminas, foram observados alguns problemas: a resina utilizada normalmente para a confecção de lâminas petrográficas mostrou-se muito reativa na presença do óleo que o folhelho possui, impedindo a fixação do bloco de resina na lâmina. Por esse motivo, foi utilizado o Éster de Cianocrilato. Além disso, a utilização de uma lâmina lixada para a melhor adesão do bloco de resina à lâmina prejudicou a visualização das estruturas ao microscópio, fato que foi reforçado pela utilização de um abrasivo com granulometria muito alta, que aderiu à amostra. Talvez alguns problemas na preparação pudessem ser solucionados se fosse utilizado um abrasivo mais fino, uma lâmina lisa e uma resina mais adequada para este tipo de rocha.

Mesmo considerando estes fatores, os resultados deste trabalho se mostraram satisfatórios. Trabalhos futuros irão permitir um melhor conhecimento da paleoictiofauna da Formação Irati.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI-RODRIGUES, K.; PINTO, I.D. Os crustáceos, Ordem Pygocephalomorpha. *In*: HOLZ, M.; DE ROS, L.F., **Paleontologia do Rio Grande do Sul**, CIGO/UFRGS, Porto Alegre, 2000. p. 141-147.

ARAÚJO-BARBERENA, D.; TIMM, L.L. Características estruturais dos mesossauros e suas adaptações ao meio aquático. *In*: Holz, M.; De Ros, L.F. **Paleontologia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, CIGO/UFRGS. p. 194-209. 2000.

CARROLL, R. L.. **Vertebrate Paleontology and Evolution**, 6ª edition New York, W.H. Freeman and Company, 1988.

CHAHUD, A.; FAIRCHILD, T. R.; Levantamento Inicial do Potencial Paleontológico da Transição Tatuí-Irati no Centro Leste do Estado de São Paulo, Trabalho apresentada VIII Reunião Regional de Paleontologia, PALEO 2006 SC/PR, **Boletim de Resumos** . Curitiba, p. 10, 2006.

COLBERT, E. H.; MORALES, M., **Evolution of the Vertebrates**, 4ª edition New York, Wiley-Liss, Inc., 1991.

DAEMON, R.F.; QUADROS, L. P. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 24 Brasília, **Anais...** . Brasília: p.355-412, 1970.

DIAS, E.V.; SEDOR, F.; DORNELLES, J.E.F. New remains of Paleoniscoid fishes from the Irati Formation (Upper Permian, Paraná Basin) in São Mateus do Sul, Paraná, Brazil. **Ciência e Natura**, edição especial, agosto/2006. p. 19, 2006.

FRANCILLON-VIEILLOT, H.; BUFFRENIL, V.; CASTANET, J. ; GÉRAUDIE, J. ; MEUNIER, F.J. ; SIRE, J.Y. ; ZYLBERBERG, L.; RICQLÈS, A. Microstructure and mineralization of vertebrate skeletal tissues. *In*: CARTER, J. G., **Skeletal Biomineralization: Patterns, Processes and Evolutionary Trends**, Vol I, 1ª edition, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990. p. 471-530.

GUERRA-SOMMER, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M. As floras gonduânicas do Paleozóico Superior do Rio Grande do Sul. *In*: HOLZ, M.; DE ROS, L.F., **Paleontologia do Rio Grande do Sul**, CIGO/UFRGS, Porto Alegre, 2000. p. 67-84.

HILDEBRAND, M. **Análise da Estrutura dos Vertebrados**, 3ª edição São Paulo, Atheneu, 1995.

KENT, G.C. **Comparative anatomy of the vertebrates**, 7ª ed., Dubuque, Wm. C. Brown, 1987.

LEONARDI, G.; SEDOR, F.A.; COSTA, R. Pegadas de répteis terrestres na Formação Rio do Rasto (Permiano Superior da Bacia do Paraná), Estado do Paraná, Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 60, nº 3, p. 213-216, 2002.

MAYSEY, J. G. **Discovering Fossil Fishes**, New York, Henry Holt and Company, Inc, 1996.

MENDES, J.C.; FULFARO, J. V.; AMARAL, S. E. A Formação Irati (Permiano) e fácies associadas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v. 15, nº 3, p. 23-43, 1966.

MOY-THOMAS J. A.; MILES R. S. **Paleozoic Fishes**. 2ª edition, London Chapman and Hall Ltd. 1971.

OELOFSEN, B.; ARAÚJO, D. C. Paleoeological implications of the distribution of mesosaurid reptiles in the Permian Irati sea (Parana Basin), South America. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 13, nº 1, p. 1-6, 1983.

PETRI, S.; COIMBRA, A.M.; AMARAL, G.; OJEDA Y OJEDA, H. A.; FÚLFARO, V.J.; PONÇANO, W.L. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica Guia de Nomenclatura Estratigráfica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, nº 4, p. 370-415, 1986.

PINTO, I.D. Insetos fósseis. *In*: HOLZ, M.; DE ROS, L.F., **Paleontologia do Rio Grande do Sul**, CIGO/UFRGS, Porto Alegre, 2000. p. 132-140.

POUGH, F. H.; JANIS C. M.; HEISER, J. B. **A Vida dos Vertebrados**, 3ª edição, (Tradução do original Vertebrate Life 6ª edition), São Paulo, Atheneu Editora, 2003.

RICHTER M. Situação da Pesquisa Paleoiictológica no Paleozóico Brasileiro. Trabalho apresentado no VIII Congresso Brasileiro de Paleontologia, 1983, Brasília, **Anais...**, MME-DNPM, Setor de Geologia nº 27, p. 105-110, 1985 a.

RICHTER, M. Paleoiictologia no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: características da tafofauna e afloramentos fossilíferos. **Iheringia**, p. 29-45, 1985 b.

RICHTER, M. Peixes fósseis do Rio Grande do Sul. *In*: HOLZ, M.; DE ROS, L.F., **Paleontologia do Rio Grande do Sul**, CIGO/UFRGS, Porto Alegre, 2000. p. 162-175.

RICHTER M.; PICCOLI A. E. M.; LIMA M. C. F. S. Variação Morfológica de Restos de Paleoniscídios (Pisces) no Permiano da Bacia do Paraná, Trabalho apresentado no VIII Congresso Brasileiro de Paleontologia, 1983, Brasília, **Anais...**, MME-DNPM, Setor de Geologia nº 27, p. 11-121, 1985.

RICHTER, M.; VIANA, M.S.S.; MALABARBA, M.C.S.L. Agnatos e Peixes. *In*: CARVALHO I. S. **Paleontologia**, 2 Edição, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2004. p. 733-761.

SANTOS, R. V.; SOUZA, P. A.; ALVARENGA, C. J. S.; DANTAS, E. L.; PIMENTEL, M. M.; OLIVEIRA, C. G.; ARAÚJO, L. M. Shimp U-Pb zircon dating and palynology of bentonitic from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. **Gondwana Research**, p. 456-463, 2006.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 28. Porto Alegre, 1974. **Anais...**, v. 1, Porto Alegre, SBG, 1974. p. 41-65.

SEDOR, F. A.; FERIGOLO, J. A coluna vertebral de *Brazilosaurus sampauloensis* Shikama & Ozaki, 1966 da Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná (Brasil) (Proganosauria, Mesosauridae). **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, v. 30, nº. 1,2,3,4, p. 151-173, 2001.

SEDOR, F.A. & SILVA, R.C. Primeiro registro de pegadas de Mesosauridae (Proganosauria) na Formação Irati (Permiano Superior da Bacia do Paraná) do Estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 7, nº 2, p. 269-274, 2004.

SILVA, R.C.; FERNANDES, A. C. S.; SEDOR, F. A. Ocorrência de icnofósseis de invertebrados na Formação Irati (Permiano Superior da Bacia do Paraná, Brasil). **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 61, nº. 4, p. 261-266, 2003.

SOARES, M.B. A taphonomic model for the Mesosauridae assemblage of the Irati Formation (Paraná Basin, Brazil). **Geologica Acta**, v. 1, nº. 4, p. 349-361, 2003.

WHITE, I. C. Relatório sobre as Coal Measures e rochas associadas do sul do Brasil. *In*: **Relatório Final Comissão de Estudos Minas de Carvão de Pedra do Brasil**, pt 1., Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1908.

WÜRDIG, N.L.; PINTO, I.D.; COIMBRA, J.C. Ostracoda, um microcrustáceo. *In*: HOLZ, M.; DE ROS, L.F., **Paleontologia do Rio Grande do Sul**, CIGO/UFRGS, Porto Alegre, 2000. p. 148-161.

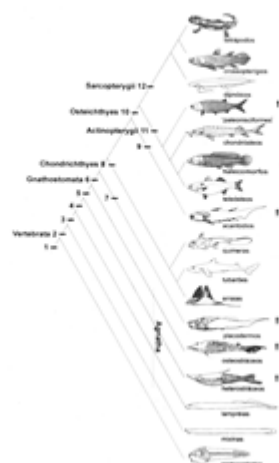


Figura 1 – Proposta de relações filogenéticas entre os vertebrados (modificado de Richter et al. 2004).



Figura 2 - Localização do município de São Mateus do Sul/PR (modificado de Leonardi et al. 2002).



Figura 3 – Material contendo escombros desarticulados de paleontocídeos da Formação Irati MCN.P.909a. Escala em centímetros.



Figura 4 – Esqueleto parcial de um paleontocídeo, com as nadadeiras dorsais e arel preservadas MCN.P.908. Escala em centímetros.

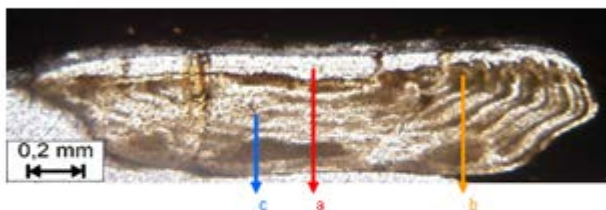


Figura 6 - Fotografia digital de escama de peleciscádeo da Formação Irati, com luz polarizada e objetiva 10X (MCN.P.909b3 lâmina). (a) esmalte; (b) dentina; (c) isopelina ou osso lamelar.

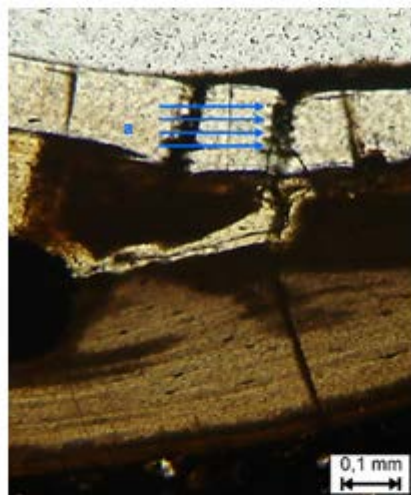


Figura 6 - Fotografia digital de escama de peleciscádeo da Formação Irati, com luz polarizada e objetiva 10X. (MCN.P.909b5 lâmina). (a) Visualização das estratificações do esmalte (tipo ganoina), detalhada entre dois poros de escama.

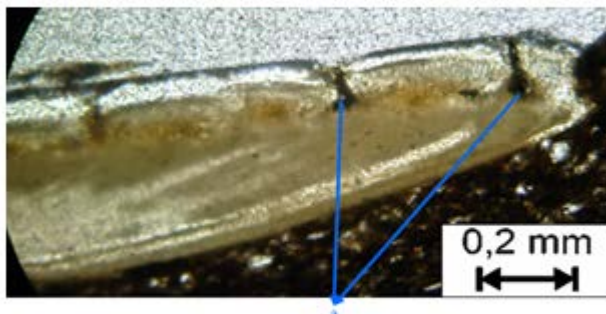


Figura 7 - Fotografia digital de escama de peioriscídeo da Formação Itati, com luz polarizada e objetiva 20X (MCN.P.90906 (lmina). (a) Detalhamento dos poros de contato entre a vascularização da isopedina e a epiderme (quando em vida).

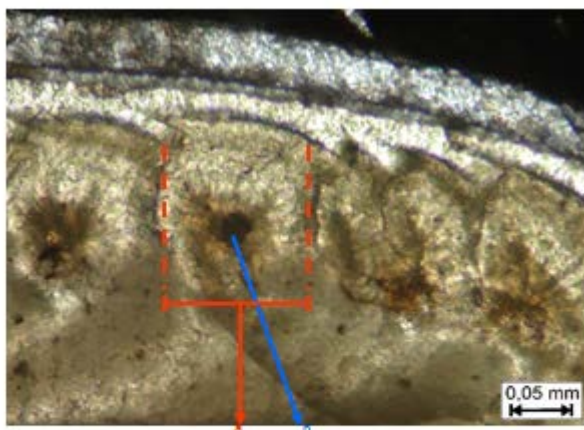


Figura 8 - Fotografia digital de escama de peioriscídeo da Formação Itati, com luz polarizada e objetiva 40X (MCN.P.90901 (lmina). (a) Odontode, (b) Cavidade pupar.

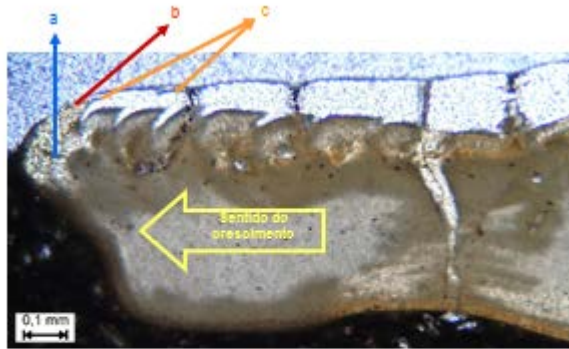


Figura 12 - Fotografia digital de esmalte de palaeontológico da Formação Itai, com luz polarizada e objetiva 50X (MCN.P.90906 lâmina). (a) Anel de isodentina; (b) Dentina primária; (c) Camadas de esmalte adjacente à dentina.

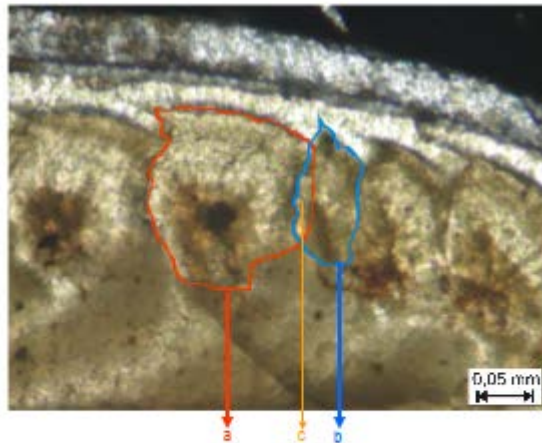


Figura 13 - Fotografia digital de esmalte de palaeontológico da Formação Itai, com luz polarizada e objetiva 40X (MCN.P.90901 lâmina). (a) Odontode mais antigo; (b) Odontode mais recente; (c) Região de reabsorção da dentina.

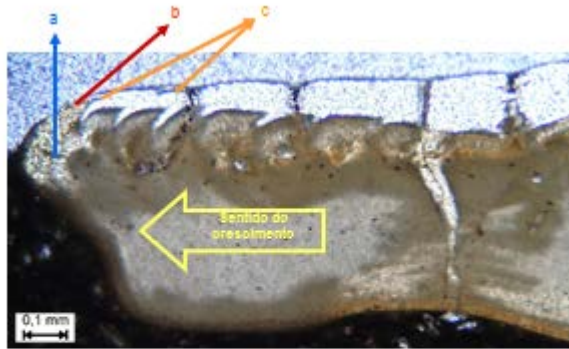


Figura 12 - Fotografia digital de escama de peixe (sábalo) da Formação Itaipu, com luz polarizada e objetiva 20X (MCLP.90906 lâmina). (a) Anexo de isopedina; (b) Dentina primária; (c) Camadas de esmalte cobrindo a dentina.

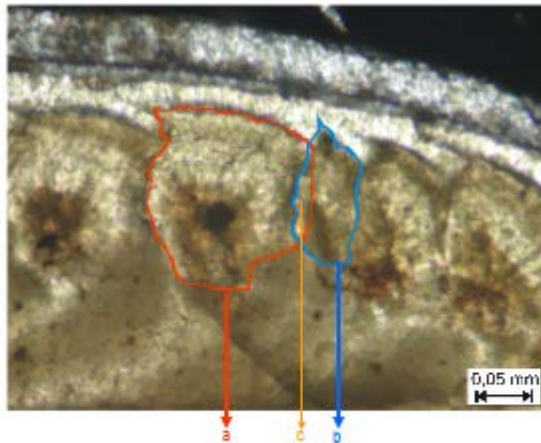


Figura 13 - Fotografia digital de escama de peixe (sábalo) da Formação Itaipu, com luz polarizada e objetiva 40X (MCLP.90901 lâmina). (a) Odontode mais antigo; (b) Odontode mais recente; (c) Região de reabsorção da dentina.