

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo será disponibilizado somente a partir de 25/10/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

PAULA GIOVANA PAZINATO

CRUSTÁCEOS MALACOSTRACA DO MEMBRO TAQUARAL,
FORMAÇÃO IRATI, PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ:
SISTEMÁTICA, TAFONOMIA E PALEOECOLOGIA

Rio Claro – SP

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

PAULA GIOVANA PAZINATO

**CRUSTÁCEOS MALACOSTRACA DO MEMBRO TAQUARAL,
FORMAÇÃO IRATI, PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ:
SISTEMÁTICA, TAFONOMIA E PALEOECOLOGIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Profa. Dra. Rosemarie Rohn Davies

Rio Claro – SP

2017

560 Pazinato, Paula Giovana
P348c Crustáceos Malacostraca do Membro Taquaral, formação Irati, Permiano inferior da Bacia do Paraná: sistemática, tafonomia e paleoecologia / Paula Giovana Pazinato. - Rio Claro, 2017
88 f. : il., figs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Rosemarie Rohn Davies

1. Paleontologia. 2. Clarkecaris. 3. Syncarida. 4. Hoplocarida. 5. Stomatopoda. 6. Cisuraliano. I. Título.

PAULA GIOVANA PAZINATO

**CRUSTÁCEOS MALACOSTRACA DO MEMBRO TAQUARAL,
FORMAÇÃO IRATI, PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ:
SISTEMÁTICA, TAFONOMIA E PALEOECOLOGIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Rosemarie Rohn Davies

Profa. Dra. Karen Adami-Rodrigues

Prof. Dr. Renato Pirani Ghilardi

Resultado: aprovada

Rio Claro, 25 de abril de 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Profa. Dra. Rosemarie Rohn Davies pela orientação, intenso apoio e incentivo, por partilhar seus ensinamentos e pela confiança em mim depositada.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento em Pesquisa (CNPq) pela bolsa de mestrado.

Ao Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren pelas instigações geológicas e por ceder bibliografias e equipamentos essenciais para esta pesquisa.

Ao Prof. Dr. George Luiz Luvizotto pela generosidade, disposição, por possibilitar e auxiliar nas análises microscópicas deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Reinaldo José Bertini e à Lília Maria Dietrich Bertini, do Museu de Paleontologia e Estratigrafia da UNESP-Rio Claro, pela disponibilidade e amostras emprestadas que possibilitaram esta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Max Cardoso Langer, da USP de Ribeirão Preto, pela pronta resposta e generosidade em ceder conselhos, bibliografias e amostras fundamentais para a execução deste trabalho.

À Profa. Dra. Karen Adami-Rodrigues, da Universidade Federal de Pelotas, pelo apoio, incentivo, disponibilidade e discussões.

Ao Prof. Dr. Renato Pirani Ghilardi, da UNESP-Bauru, pela acolhida calorosa, paciência, sugestões e, sobretudo, pela compreensão.

À Profa. Dra. Marina Bento Soares e ao geólogo Protásio Antônio Vervloet Paim, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo suporte, empréstimo de amostras e oportunidades.

Ao Dr. Daniel França de Godoy, da UNESP-Rio Claro, pelo auxílio e ensinamentos na utilização do microscópio eletrônico.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação pela acolhida carinhosa, pelos ensinamentos e pela amizade.

Aos colegas do Laboratório de Paleontologia de Macroinvertebrados (LAPALMA) da UNESP-Bauru que me acolheram com carinho e sempre estiveram dispostos a auxiliar no que fosse necessário.

Ao corpo docente e aos funcionários do Instituto de Geociências da UNESP de Rio Claro.

Aos meus familiares pela paciência, disposição, apoio e carinho de sempre.

Ao Samuel, pelo amor, confiança, compreensão e apoio constante.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise dos crustáceos Malacostraca do Membro Taquaral, unidade basal da Formação Irati, de idade artinskiana-kunguriana do Cisuraliano (época inicial do Permiano), de um afloramento próximo ao Rio Passa Cinco, Município de Rio Claro, São Paulo. Normalmente, o membro é caracterizado por pelitos escuros com cristais dispersos de pirita, porém uma intrusão básica cretácea na área do afloramento alterou as rochas localmente para pelitos róseos pouco friáveis. Os fósseis do membro são pouco diversificados, limitando-se a pequenos restos de peixes paleonisciformes e celacantiformes, minúsculos bivalves (somente numa delgada camada), alguns palinóforos incluindo raros acritarcas, além dos crustáceos. Assume-se que o Membro Taquaral represente condições distais de um mar epicontinental raso muito restrito, possivelmente com salinidade variável, baixa energia e fundo redutor. Os crustáceos das coleções do IGCE-UNESP (Rio Claro), da FFCL-USP (Ribeirão Preto) e obtidos em novas coletas, estudados por microscopia ótica tradicional e por microscopia eletrônica de varredura, encontram-se preservados como moldes recobertos por óxido de ferro. Ocorrem três assinaturas bioestratigráficas: 1) elementos esqueléticos quase totalmente articulados; 2) parcialmente articulados; e 3) como peças isoladas. Após quase um século desde a descoberta do Syncarida *Clarkecaris brasiliensis* (Clarke, 1920), o presente estudo confirma que o primeiro segmento torácico está fusionado ao céfalo, o que requer a inclusão da espécie na ordem Anaspidacea. Julgava-se que este abundante Malacostraca fosse o único do Membro Taquaral, porém estudos recentes revelaram a existência de raros fósseis articulados e desarticulados de uma segunda espécie, aqui referida como “morfotipo 1”, com preservação inclusive de moldes do trato digestivo e fibras musculares. Trata-se de um Hoplocarida da ordem Stomatopoda, diagnosticado pelos quatro pares de apêndices subquelados e telson com um espinho mediano terminal. Segundo a análise filogenética, o morfotipo 1 pode ser atribuído a uma nova família de Archaeostomatopodea. A associação de Syncarida e Hoplocarida é inédita no registro fóssil e levanta interessantes reflexões. Os sincáridos mais antigos estão registrados em depósitos estuarinos salobros do Carbonífero; os sincáridos da ordem Anaspidacea eram conhecidos em depósitos gondwânicos estritamente continentais, do Triássico ao Recente. *Clarkecaris brasiliensis* estende a distribuição da ordem para o Permiano inferior e para ambientes que provavelmente não foram continentais. Por outro lado, os Stomatopoda tiveram grande diversidade em ambientes marinhos rasos e estuarinos carboníferos da Laurásia. O registro de Stomatopoda no Membro Taquaral é, portanto, o primeiro do Permiano, o mais antigo do Gondwana e de camadas formadas em mar muito restrito. *Clarkecaris* era detritívoro, já o morfotipo 1, carnívoro e um potencial predador do primeiro. Ambos foram endêmicos à Bacia do Paraná, o que sugere que sofreram especiação dentro da bacia. E ambos eram bentônicos, não devendo ter ocupado o fundo redutor inferido para o ambiente deposicional do Membro Taquaral. Assim, os fósseis devem retratar carcaças alóctonas de crustáceos que viviam sobre fundo oxidante de águas costeiras.

PALAVRAS-CHAVE: *Clarkecaris*, Syncarida, Hoplocarida, Stomatopoda, Cisuraliano, Grupo Passa Dois, paleocarcinologia.

ABSTRACT

This study analyses malacostracean crustaceans of the Artinskian-Kungurian (Cisuralian, Permian) Taquaral Member, basal Irati Formation of the Paraná Basin, from an outcrop close to the Passa Cinco River, Rio Claro municipality, State of São Paulo, Brazil. Dark mudstones with dispersed pyrite crystals usually characterize this member; however, a Cretaceous basic magmatic intrusion in the outcrop area locally altered the dark mudstones into sturdy pinkish mudstones. The low diversity fossil assemblage comprises palaeonisciformes and coelacanthiformes fish remains, very small bivalve mollusks (only in a thin bed), palynomorphs including rare acritarchs, in addition to the malacostraceans. It is assumed that the Taquaral Member represents distal conditions of a shallow epicontinental sea, very restricted, with variable salinity, low energy and anoxic bottom. The crustaceans of the paleontological collections of IGCE-UNESP (Rio Claro) and FFCL-USP (Ribeirão Preto), as well as the new collected fossils were analyzed under optical and SEM microscopes and are preserved as compressed moulds with surface coated by iron oxide. The fossils show three biostratigraphic signatures: 10 almost entirely articulated skeletal elements; 2 partially articulated elements; and 30 isolated parts. After almost one century since the discovery of the syncarid *Clarkecaris brasiliensis* (Clarke, 1920), this revision confirms that the first thoracic somite is fused to the cephalon, which implies that this species must be replaced into Anaspidacea. It was believed that this abundant Malacostraca was the only crustacean species of the Taquaral Member, but recent studies revealed that some fossils belong to another Malacostraca taxon, referred provisionally as “morphotype 1”, with soft parts preserved, as portions of the digestive tract and muscular tissue. Four pairs of quelate thoracopods and a telson with a high-developed median spine confirms that this new crustacean is hoplocarid stomatopod. A phylogenetic analysis suggests it belongs to a new family of Archaeostomatopodea. An association of Syncarida and Hoplocarida is recorded for the first time and raises interesting insights. The oldest syncarids were found in Carboniferous estuarine deposits from Laurasia; the Anaspidacea syncarids were known in strictly continental Gondwana deposits from Triassic to Recent. *Clarkecaris brasiliensis* extends the range of Anaspidacea to the Permian and to a probably not continental paleoenvironment. In contrast, stomatopods had high diversity in Carboniferous marine and estuarine deposits of Laurasia. Therefore, the Taquaral Member records the first stomatopod from the Permian, the oldest for Gondwana, and the first one recorded in beds from a very restricted sea. *Clarkecaris* was a detritivore and morphotype 1 a carnivore, possibly a potential predator of the first one. Both were endemic to Paraná Basin, suggesting speciation within the basin. In addition, both were benthic and thus they should have not lived close to the probably anoxic bottom of the paleoenvironment inferred for the Taquaral Member. The fossils figure allochthonous carcasses of crustaceans that lived in aerobic bottoms of shallow coastal paleoenvironments.

KEY-WORDS: *Clarkecaris*, Syncarida, Hoplocarida, Stomatopoda, Cisuralian, Passa Dois Group, paleocarcinology.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	I
LISTA DE TABELAS.....	II
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
3 GEOLOGIA REGIONAL.....	16
3.1 Bacia do Paraná.....	16
3.2 Formação Irati.....	18
3.3 Formações correlatas.....	22
3.4 Contexto deposicional e interpretações paleoambientais.....	23
4 CRUSTACEA.....	27
4.1 Malacostraca: Morfologia e sistemática.....	27
4.2 Syncarida.....	29
4.3 Hoplocarida.....	32
4.4 Malacostráceos do Membro Taquaral.....	36
4.4.1 <i>Clarkecaris brasiliicus</i>	36
4.4.2 Outro Malacostraca.....	41
5 MATERIAS E MÉTODOS.....	43
5.1 Área de estudo.....	43
5.2 Materiais.....	43
5.3 Métodos.....	44
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
6.1 Litologia.....	45
6.2 Paleontologia sistemática.....	47
6.2.1 <i>Clarkecaris brasiliicus</i> (Clarke, 1920).....	47
6.2.1.1 Discussão.....	55
6.2.2 Morfotipo 1.....	58
6.2.2.1 Análise filogenética do morfotipo 1.....	66
6.3 Tafonomia e Paleoecologia.....	69
7 CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS.....	76
ANEXOS.....	86

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – (A) Carta estratigráfica simplificada da Bacia do Paraná, indicando as Supersequências designadas por Milani, 1997 (adaptada de HOLZ *et al.*, 2010). (B) Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná, mostrando a distribuição do registro das Supersequências (adaptado de MILANI, 1997)..... 17
- Figura 2 – Unidades estratigráficas e interpretações da supersequência Gondwana I, segundo MILANI *et al.*, 2007 Destacado, em vermelho, a Formação Irati..... 18
- Figura 3 – Mapas do Gondwana mostrando as hipóteses da posição aproximada do “mar” onde ocorreu a deposição das formações Irati (Bacia do Paraná), Whitehill (Bacia Karoo), Huab (Bacia Huab) e Port Sussex, do Membro Black Rock (Ilhas Falklands). Segundo Lavina (1991) a comunicação do “mar” com o oceano Pantalassa seria mais aberta (A), através de regiões hoje pertencentes à Argentina e Chile. Já para Araújo (2001), o “mar” teria comunicação bem mais restrita com o oceano Pantalassa (B), apenas no extremo sul da América do Sul, em área hoje correspondente à Terra do Fogo [(A) modificado de SOARES, 2003 e de (B) ROHN *et al.*, 2015, baseados em FAURE & COLE, 1999]..... 25
- Figura 4 – Morfologia externa de um camarão generalizado mostrando as principais divisões em tagmas de Crustacea. A cabeça consiste em uma porção inicial que contém o ácron, os olhos e cinco segmentos e seus respectivos pares apêndices cefálicos: ântenulas, antenas, maxílulas, maxila e mandíbula. Neste exemplo o tórax (ou péreon) possui oito segmentos portando três maxilípodos e cinco toracópodos. O pléon possui seis segmentos e uma porção final, o télson (modificado de RUPPERT *et al.*, 2005)..... 27
- Figura 5 – Classificação taxonômica da Classe Malacostraca até a hierarquia de ordem (modificada de MARTIN & DAVIS, 2001 e SCHRAM *et al.*, 2013)..... 28
- Figura 6 – Morfologia externa de um (A) Anaspidacea e um (B) Palaeocaridacea generalizados. Em Anaspidacea um sulco cervical (sc) delimita o local onde o primeiro segmento torácico foi fusionado ao céfalo (c), já em Palaeocaridacea há oito segmentos torácicos livres. C: céfalo; sc: sulco cervical; ol: olhos; a1: antênula; a2: antena; ea: escama antenal; t: télson; ur: urópodos (modificado de CAMACHO & VALDECASAS, 2008)..... 29
- Figura 7 – Classificação taxonômica dos grandes táxons de Hoplocarida (modificado de Martin & Davis, 2001 e Schram *et al.*, 2013)..... 32
- Figura 8 – Morfologia externa de um Stomatopoda moderno (modificado de RUPPERT *et al.*, 2005)..... 33
- Figura 9 – Reconstrução de Aeschronectida *Kallidechtes richardsoni* (SCHRAM *et al.*, 2013)..... 33
- Figura 10 – Exemplos de Palaeostomatopodea. (A) Vista lateral de *Archaeocaris vermiformis* Meek, 1862. (B) Vista dorsal de *Perimecturus rapax* Schram & Horner, 1978. (C) Detalhe, em vista dorsal, do leque caudal de *Perimecturus parki* (Peach, 1882) em vista dorsal. Escala: 10 mm (adaptado de SCHRAM *et al.*, 2013)..... 35

Figura 11 – Representantes das famílias de Archaeostomatopodea. (A) Vista lateral de um Tyrannophontidae, (B) Vista lateral de um Gorgonophontidae, (C) Detalhe, em vista dorsal, do leque caudal de um Daidalidae. Escala: 10 mm (adaptado de SCHRAM, <i>et al.</i> , 2013).....	36
Figura 12 – Ilustrações originais de Clarke (1920) na proposta de <i>Gampsonix brasiliicus</i> , que mais tarde Mezzalira (1946) reclassificou como <i>Uronectes brasiliicus</i> e posteriormente (MEZZALIRA, 1952) como <i>Clarkecaris brasiliicus</i>	37
Figura 13 – Ilustrações de <i>Clarkecaris brasiliicus</i> por Mezzalira (1952). (A) Detalhe em vista dorsal do cefalotórax composto pelo céfalo e pelo primeiro segmento torácico. (B) Vista dorsal do tórax e abdome mostrando os sete segmentos torácicos livres, seis segmentos abdominais e urópodos. (C) Detalhe em vista dorsal do leque caudal, mostrando o último segmento abdominal, o télson com furca dupla e os urópodos estiliformes.....	38
Figura 14 - Representação da coluna estratigráfica de Mezzalira (1954), mostrando a posição relativa dos crustáceos no poço de Saltinho, SP.....	39
Figura 15 – Fotografia (acima) e ilustração em câmara clara (abaixo) de <i>Clarkecaris brasiliicus</i> feitas por Pinto (1985) a partir da amostra descrita por Brito & Quadros (1978) coletada no Paraná. Escala: 10 mm.....	41
Figura 16 – Amostras descritas por Foehringer (2004). O télson portando um espinho mediano e o par de urópodos birremes foram equivocadamente descritos como a porção frontal de um Decapoda. Escala: 5 mm.....	42
Figura 17 – Télson e urópodos descritos por Chahud & Petri (2013a). Escala: 5 mm.....	42
Figura 18 – Mapa do estado de São Paulo indicando (em preto) as áreas onde ocorrem afloramentos da Formação Irati. Em detalhe, a posição geográfica do afloramento, entre os municípios de Rio Claro e Ipeúna (fonte: Google Maps, 2016).....	43
Figura 19 - (A) Vista geral do afloramento em uma das margens da estrada de terra e (B) detalhe da litologia fossilífera (em vista oblíqua), <i>a priori</i> um pelito róseo, mas que deve ter sido um pelito acinzentado antes da provável alteração causada por intrusão básica nas proximidades. Escala: 30 cm.....	45
Figura 20 – Fotografia em microscópio petrográfico da rocha do afloramento, com nicóis paralelos (A) e com nicóis cruzados (B). As flechas amarelas apontam grãos de quartzo em meio ao argilito maciço. Escala: 100µm.....	46
Figura 21 – <i>Clarkecaris brasiliicus</i> (Clarke, 1920). (A) Fotografia e (B) desenho em câmara clara do espécime URC.AC.195.1 em vista dorsal; (B) a1: antena 1; a2: antena 2; ea: escama antenal; c: céfalo; sc: sutura cefálica; t: télson; u: urópodos.....	51

Figura 22 –	Fotografias de <i>Clarkecaris brasiliacus</i> . (A) Espécime URC.AC.195.8, preservado lateralmente. No pléon é possível notar as pleuras arredondadas e os pleópodos estiliformes. (B) Espécime URC.AC.195.2, preservado em vista dorsal, sem télson e urópodos preservados. Escala: 4 mm.....	51
Figura 23 –	Fotografia, em vista dorsal, do cefalotórax e toracômeros 1 a 3 de <i>Clarkecaris brasiliacus</i> , amostra IG-UFRJ-445 I. As flechas indicam os espinhos; eso: espinho supraorbital. Fotografia do Prof. Dr. Irajá Damiani Pinto. Escala: 2 mm.....	52
Figura 24 –	(A) Três artículos compõem as ântenulas de <i>C. brasiliacus</i> , notam-se pequenos espinhos na margem do segundo artículo. (B) Detalhe dos artículos 2 e 3, com restos do flagelo duplo. A: 1 mm, B: 500 μ m.....	52
Figura 25 –	<i>Clarkecaris brasiliacus</i> (Clarke, 1920). (A) Fotografia e (B) desenho em câmara clara do espécime URC.AC.195.3b preservado lateralmente, expondo o cefalotórax, tórax e parte do pléon, com uma das antenas e escafocerito preservados.....	53
Figura 26 –	Amostra IGG 731-I, um espécime de <i>Clarkecaris brasiliacus</i> preservado lateralmente, onde é possível observar cefalotórax, tórax e pléon. No pléon, destacam-se as pleuras com margens arredondadas e os pleópodos estiliformes; pl1: pleura do pleômero 1, pl2: pleura do pleômero 2, pl3: pleura do pleômero 3, pl4: pleura do pleômero 4, pds: pleópodos. Fotografia do Prof. Dr. Irajá Damiani Pinto.....	53
Figura 27 –	Detalhes de <i>Clarkecaris brasiliacus</i> . (A) Fotografia da pleura do segundo toracômero. (B) Fotografia e (C) ilustração em câmara clara de um dos pleópodos. Escalas: A: 500 μ m, B: 2 mm.....	54
Figura 28 –	(A) Fotografia dos pleômeros 1 e 2 de <i>C. brasiliacus</i> , as fechas indicam as cicatrizes dos espinhos, o quadrado preto evidencia a fileira de pequenos espinhos que ornamenta os pleômeros (URC.AC.195.3a). (B) Imagem obtida em MEV da fileira transversal de espinhos no meio de um dos pleômeros (URC.AC.195.8). Escalas: A: 2 mm, B: 200 μ m.....	54
Figura 29 –	(A) Fotografia do pléon de <i>C. brasiliacus</i> , preservado lateralmente, sem o leque caudal, p1: pleômero 1, pleômero 2, pleômero 3, pleômero 4, pleômero 5, pleômero 6, pd3: pleópodo 3, pd4: pleópodo 4, pd5: pleópodo 5 (URC.AC.195.15). (B) Detalhe do quinto e sexto pleômero com pleópodos, as flechas indicam os espinhos que ornamentam o sexto pleômero (URC.AC.195.13). Escalas: A: 2 mm, B: 2 mm.....	54
Figura 30 –	(A) Fotografia e (B) desenho em câmara clara do espécime URC.AC.195.11, um leque caudal de <i>Clarkecaris brasiliacus</i> (Clarke, 1920) em vista dorsal. Neste é possível observar o sexto pleômero, télson com furca terminal e urópodos; pl 6: pleômero 6; u: urópodo; ex: exópodo; end: endópodo; t: télson; f: furca.....	55
Figura 31 –	(A) Ilustração de <i>Anaspides tasmaniae</i> (Thompson, 1904), espécie moderna restrita à Oceania, e (B) fotografia de <i>Anaspidites antiquus</i> (Chilton, 1929), fóssil do Triássico da Austrália. Fonte: (A) BROOKS, 1962b; (B) CHILTON, 1929.....	57

Figura 32 – Morfotipo 1. (A) Fotografia e (B) desenho em câmara clara do holótipo URC.AC.196.1a, em vista lateral. (B) a1: antena 1; a2: antena 2; o: olhos; c: céfalo; tp: toracópodos; pp: pleópodos; t: télson; u: urópodos.....	61
Figura 33 – Morfotipo 1. Fotografia do parátipo URC. AC. 196.2, preservado dorsalmente, sem o céfalo e com apenas um apêndice ambulatorial inteiramente preservado.....	61
Figura 34 – (A) Fotografia e (B) desenho em câmara clara do parátipo URC.AC.196.3a, em vista lateral, com parte do tórax e pléon preservados. No pléon é possível notar os pleópodos ovais e com cerdas em suas margens. (B): tp: toracópodos, t: toracômeros 6 a 8; pp: pleópodos; p: pleômeros 1 a 6; u: urópodo.....	62
Figura 35 – (A) Fotografia e (B) desenho em câmara clara do parátipo URC.AC.196.5b, em vista lateral, com céfalo e parte do tórax preservados; a1: antena 1.....	62
Figura 36 – Morfotipo 1, holótipo URC.AC.196,1a em vista lateral. (A) Imagem obtida em MEV da porção anterior do céfalo, as flechas amarelas indicam o espinho ântero-lateral e espinhos laterais. (B) Fotografia do molde da carapaça, evidenciando a ornamentação. (C) Imagem obtida em MEV de um dos olhos; p: pedúnculo ocular; go: glóbulo ocular. (D) Fotografia do primeiro toracópodo; m: mero; c: carpo; p: própodo. Escala: A,C,D: 500 µm.....	63
Figura 37 – Imagem obtida em MEV do primeiro toracômero do morfotipo 1, espécime URC.AC.196,1a em vista lateral. As porções proximais e distais são mais elevadas que a central.....	63
Figura 38 – Morfotipo 1, holótipo URC.AC.196.1a. (A) Detalhe da ornamentação na porção central dos toracômeros. A flecha vermelha indica a cicatriz do espinho mediano e as flechas amarelas, as pontuações em série, cicatrizes de pequenos espinhos ou cerdas. (B) Detalhe da ornamentação das porções elevadas dos toracômeros. Escala: 50 µm.....	64
Figura 39 – (A) Fotografia e (B) ilustração em câmara clara do morfotipo 1, parátipo URC.AC.196.4a em vista lateral, evidenciando os toracópodos raptorais. (B) i: ísquio; m: mero; c: carpo; p: própodo; d: dáctilo; id: ísquio direito; ie: ísquio esquerdo; md: mero direito; me: mero esquerdo; cd: carpo direito; c: carpo esquerdo; pd: própodo direito.....	64
Figura 40 – (A) Pléon do espécime LPRP/USP 0003 A, em vista lateral; pl: pleuras; td: tubo digestivo; u: urópodo; emt: espinho mediano terminal. (B) Imagem obtida em MEV dos pleômeros 1 e 2, onde as flechas vermelhas indicam as pleuras angulares e as flechas amarelas, a série de pontuações que ornamenta os pleômeros. Escala: A: 2 mm, B: 500 µm.....	64
Figura 41 – (A) Fotografia e (B) desenho em câmara clara do leque caudal do parátipo URC.AC.196.2 em vista dorsal. Nota-se o longo espinho mediano terminal. p: pleômeros 5 e 6; t: télson; emt: espinho mediano terminal; u: urópodos; end: endópodo; ex: exópodo, pb: processo basipodal.....	65

- Figura 42 – Imagens obtidas em MEV de detalhes da preservação em molde de tecidos internos do Morfotipo 1, holótipo URC.AC.196.1a. (A) Molde da porção final do tubo digestivo, entre pleômeros 4 e 5; td: tubo digestivo. (B) Molde de fibras musculares expostas entre pleômeros 2 e 3. Escala: A: 500 µm, B: 50 µm..... 65
- Figura 43 – Árvores filogenéticas 1 e 2, resultantes da análise realizada no software TNT (GOLOBOFF & CATALANO, 2016). O posicionamento do morfotipo 1 está destacado em amarelo..... 67
- Figura 44 – Árvores filogenéticas 3 e 4, resultantes da análise realizada no software TNT (GOLOBOFF & CATALANO, 2016). A árvore 4 é a mais parcimoniosa. O posicionamento do morfotipo 1 está destacado em amarelo..... 68
- Figura 45 – EDS de um contramolde do cefalotórax de *Clarkecaris brasílicus*. Os picos de oxigênio e ferro indicam que o molde se encontra recoberto por óxido de ferro. Os picos de alumínio e sílica correspondem aos silicatos que compõem a rocha..... 69
- Figura 46 – Parte e contra parte de um molde do cefalotórax de *Clarkecaris brasílicus*, IG 727-a,b em vista dorsal. Os fósseis encontram-se circulados..... 70
- Figura 47 – Os fósseis de crustáceos deste estudo estão preservados de três maneiras: quase totalmente articulados, onde faltam apenas alguns apêndices (A-B), parcialmente articulados (C-D) e peças isoladas, como artículos (E,G) e urópodos..... 71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Lista taxonômica de sincarídeos fósseis (modificado de CAMACHO & VALDECASAS, 2008 e SCHRAM <i>et al.</i> , 2013).....	31
Tabela 2 –	Lista taxonômica de hoplocarídeos fósseis do Paleozoico, ordem Aeschronectida e ordem Stomatopoda, subordens Palaeostomatopodea e Archaeostomatopodea.....	34
Tabela 3 –	Classificações sistemáticas adotadas na literatura para o gênero <i>Clarkecaris</i>	41
Tabela 4 –	Tabela 4 – Medidas dos tagmas e télson de <i>Clarkecaris brasiliicus</i> (Clarke, 1920), em mm.....	55

1 INTRODUÇÃO

Crustáceos estão entre os invertebrados predominantemente aquáticos mais diversos e abundantes, havendo aproximadamente 62 mil táxons atuais (MARTIN & DAVIS, 2001). Com uma longa e bem-sucedida história evolutiva, com representantes fósseis registrados do Cambriano ao Recente, a variedade morfológica e ecológica dos crustáceos deve-se em grande parte à especialização de um grande número de apêndices, permitindo-os colonizar ambientes marinhos, salobros, de água doce e terrestres (THIEL & DUFFY, 2007). Ainda antes do final do Cambriano surgiu a classe Malacostraca, porém o auge da radiação adaptativa das subclasses Hoplocarida e Eumalacostraca ocorreu no Carbonífero, marcada por inúmeros e abundantes representantes fósseis das superordens Palaeostomatopodea (Hoplocarida); Syncarida, Peracarida e Eucarida (Eumalacostraca) (SCHRAM, 1982). Muitos não passaram do limite Permo-Triássico; os sobreviventes deram origem a novas radiações, especialmente dentre os Decapoda (Eucarida), originando os padrões de distribuição e diversidade encontrados no Recente (FÖRSTER, 1985).

No Brasil, o melhor registro de malacostráceos paleozoicos é encontrado na Formação Irati (Artinskiano e/ou Kunguriano) da Bacia do Paraná, unidade conhecida pelo folhelho betuminoso, pelo calcário dolomítico, pelos fósseis de mesosauros e por constituir um excelente *datum* na bacia, devido à grande extensão lateral e fácil reconhecimento de suas fácies. Os fósseis de mesossaurídeos – que também estão registrados em duas bacias da África – constituíram importante evidência da teoria da deriva continental de Alfred Wegener, 1912. Formalmente é subdivida em dois membros, Taquaral e Assistência. O Membro Taquaral é composto por siltitos e pelitos cinza-claros e azulados. O Membro Assistência é constituído principalmente por folhelhos cinza-escuros, folhelhos pretos pirobetuminosos e intercalações de calcários dolomíticos (HOLZ *et al.*, 2010). Este membro apresenta maior proporção de carbonatos na porção norte da bacia e folhelhos betuminosos na porção sul, com evidências de evaporitos principalmente perto da base (HOLZ *et al.*, 2010).

Em ambos os membros há representantes de diferentes grupos de Malacostraca, havendo uma substituição abrupta das assembleias de crustáceos, provavelmente condicionada por significativas mudanças ambientais no decorrer da deposição. No Membro Taquaral há atualmente apenas uma espécie de crustáceo descrita, *Clarkecaris brasiliicus* (Clarke, 1920), um Syncarida relativamente abundante, preservado como molde, totalmente ou parcialmente articulado. Entretanto, há registro

de um táxon inédito (FOEHRINGER & LANGER, 2003; CHAHUD & PETRI, 2013a), objeto de estudo deste trabalho. No Membro Assistência ocorre apenas espécimes da ordem fóssil Pygocephalomorpha (Eumalacostraca, Peracarida), havendo nove espécies descritas alocadas em seis gêneros, *Paulocaris* Clarke, 1920, *Liocaris* Beurlen, 1931, *Pygaspis* Beurlen, 1934 (ADAMI-RODRIGUES & PINTO, 2000), *Iraticaris*, *Permocaris* e *Pittinucaris* Adami-Rodrigues *et al.*, 2016 (ADAMI-RODRIGUES, PAZINATO & PINTO, 2016).

7 CONCLUSÕES

O Membro Taquaral, unidade basal da Formação Irati (Cisuraliano da Bacia do Paraná) apresenta duas espécies de Malacostraca: *Clarkecaris brasiliicus* (Clarke, 1920) e o morfotipo 1.

Clarkecaris brasiliicus é o mais antigo Anaspidacea (Syncarida) registrado até o momento, trazendo a origem evolutiva da ordem para o Cisuraliano do Gondwana, ao invés do Triássico, como previamente determinado pelo fóssil australiano *Anaspidites antiquus* (Chilton, 1929).

O morfotipo 1 é um Stomatopoda do clado parafilético Archaeostomatopodea, o primeiro representante do Permiano e para o Paleozoico do Gondwana.

Um dos exemplares do morfotipo 1 apresentou moldes de fibras musculares preservadas e mais de um dos exemplares inteiros apresentaram preservação de moldes do trato digestivo.

Os crustáceos são preservados através de moldes recobertos por óxido de ferro e há três padrões bioestratinômicos: quase totalmente articulados, parcialmente articulados e peças isoladas. O segundo tipo, parcialmente articulados, é o modo mais comum de preservação.

Apesar dos Stomatopoda serem mais resistentes à degradação, restos de *C. brasiliicus* são muito mais abundantes que do morfotipo 1, possivelmente reflexo de populações maiores do primeiro. Essa resposta na dinâmica populacional deve-se ao fato de *C. brasiliicus* ser detritívoro e o segundo carnívoro, ocupando um lugar mais alto na cadeia trófica.

Tendo em vista o paleoambiente aquático com fundo provavelmente redutor do Membro Taquaral, e a morfologia dos crustáceos indicativa de hábito bentônico, interpreta-se que suas carcaças foram alóctonos, portanto transportadas, em suspensão, do seu local de vida, um fundo óxico, para porções mais internas da bacia. As condições redutoras de fundo evitavam sua destruição por necrófagos e facultavam a preservação com segmentos frequentemente articulados, apesar do sepultamento relativamente lento.

REFERÊNCIAS

- ADAMI-RODRIGUES, K.; PAZINATO, P. G.; PINTO, I. D. 2016. New species of Pygocephalomorpha (Crustacea) from the Irati Formation, Paraná Basin, RS, Southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, n. 19, v. 4, p. 389-400.
- ADAMI-RODRIGUES, K. & PINTO, I. D. 2000. Os Crustáceos - Ordem Pygocephalomorpha. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (Eds.) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, p. 141-147.
- ALLISON, P. A. 1988. The role of anoxia in the decay and mineralization of proteinaceous macro-fossils. **Paleobiology**, v. 14, n. 2, p. 139-154.
- ALVES, L. S. R. 2001. Lenhos fósseis das formações Irati e Serra Alta (Permiano Superior), São Paulo e Rio Grande do Sul: Considerações estratigráficas e inferências paleoclimáticas. **Ciência-Técnica-Petróleo, Seção: Exploração de Petróleo**, v. 20, p. 203-208.
- AMARAL, S. E. 1971. Geologia e Petrologia da Formação Irati (Permiano) no Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Geociências e Astronomia**, v.2, p. 5-81.
- ARAI, M. 1980. Contribuição dos pólenes estriados na bioestratigrafia neopaleozóica da parte NE da Bacia do Paraná. **Boletim IG - USP São Paulo**, v. 11, p. 125-135.
- ARAÚJO, L. M. 2001. **Análise da expressão estratigráfica dos parâmetros de geoquímica orgânica e inorgânica nas seqüências Irati**. 2v. 301f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS, Porto Alegre, 2001.
- ARAÚJO, L. M., RODRIGUES, R.; SCHERER, C. M. S. 2001. Seqüências deposicionais Irati: Arcabouço químico-estratigráfico e inferências paleoambientais. **Ciência-Técnica-Petróleo, Seção Exploração de Petróleo**, n. 20, p.193-202.
- ASSINE, M. L.; ZACHARIAS, A.A.; PERINOTTO, J.A. 2003. Paleocorrentes, paleogeografia e seqüências deposicionais da Formação Tatuí, Centro-Leste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 1, p. 33-40.
- AHYONG, S. T. The Tasmanian Mountain Shrimps, *Anaspides* Thomson, 1894 (Crustacea, Syncarida, Anaspididae). **Records of the Australian Museum**, v. 68, n. 7 p. 313–364.
- BARBOSA, O. & ALMEIDA, F. F. M. 1949. A série Tubarão na Bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo. **Notas Preliminares e Estudos. DNPM/DGM**, n. 48, p. 1-16.
- BRIGGS, D. E. G. & KEAR, A. J. 1994. Decay and mineralization of shrimps. **Palaios**, v. 9, n. 5, p. 431-456.
- BRITO, I. M. & QUADROS, L. P. 1978. Ocorrência inédita de *Clarkecaris brasilicus* (Crustacea – Malacostraca) no Permiano do estado do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 50, n. 3, p. 417-421.

- BROOKS, H. K. 1962a. On the fossil Anaspidacea, a revision of the classification of the Syncarida. **Crustaceana**, v. 4, 229–242.
- BROOKS, H. K. 1962b. The Paleozoic Eumalacostraca of North America. **Bulletins of American Paleontology**, v. 44, n. 202, p. 163-335.
- BROOKS, H. K. 1969a. Syncarida In: MOORE, R. C. (Ed.) **Treatise on Invertebrate Paleontology. Part R, Arthropoda 4, Volume 1**. New York: Russel Rutter Company, p. 345-359.
- BROOKS, H. K. 1969b. Hoplocarida In: MOORE, R. C. (Ed.) **Treatise on Invertebrate Paleontology. Part R, Arthropoda 4, Volume 2**. New York: Russel Rutter Company, p. 533-551.
- BRUSCA, R. & BRUSCA, G.J. 2007. Crustacea. In: BRUSCA, R. & BRUSCA, G.J. (Eds.) **Invertebrados**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 531-608.
- CALÇA, C. P. **Abordagem micropaleontológica e geoquímica da Formação Assistência (Subgrupo Irati, Permiano, Bacia do Paraná, Brasil)**. Versão revisada. 133f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2014.
- CALÇA, C. P. & FAIRCHILD, T. 2012. Petrographic approach to the study of organic microfossils from the Irati Subgroup (Permian, Parana Basin, Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 35, p. 51-61.
- CALDWELL, R. L. & DINGLE, H. 1976. Stomatopods. **Scientific American**. v. 234, p. 80-89.
- CALMAN, W. T. 1904. On the Classification of the Crustacea Malacostraca. **The Annals and Magazine of Natural History, including Zoology, Botany, and Geology**, v. 13, n. 74, p. 144-158.
- CAMACHO, A. I. & VALDECASAS, A. G. 2008 Global diversity of syncarids (Syncarida; Crustacea) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p.257–266.
- CHAHUD, A. 2008. **Geologia e paleontologia das Formações Tatuí e Irati no Centro-Leste do estado de São Paulo**. 298f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2008.
- CHAHUD, A.; PETRI, S. 2010. Anfíbio e Paleonisciformes da porção basal do Membro Taquaral, Formação Irati (Permiano), Estado de São Paulo, Brasil. **Geologia USP. Série Científica**, v. 10, p. 29-37.
- CHAHUD, A. & PETRI, S. 2013a. Paleontology of Taquaral Member silty shale in the State of São Paulo. **Brazilian Journal of Geology**, V. 43, n. 1, p. 117-123.

CHAHUD, A. & PETRI, S. 2013b. The silty shale Taquaral Member of the early Permian Irati Formation (Paraná Basin, Brazil). *Paleontology and paleoenvironments. Swiss Journal of Palaeontology*, v. 132, n. 2, p. 119-128.

CHILTON, C. 1929. Notes on a fossil shrimp from Hawkesbury sandstone. *Journal of the Royal Society of New South Wales*, v. 62, p. 366-368.

CISNEROS, J. C.; ABDALA, F.; MALABARBA, M. C. 2005. Pareiasaurids from the Rio do Rasto Formation, southern Brazil: Biostratigraphic implications for Permian faunas of the Paraná Basin. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 8, n. 1, p.13-24.

CLARKE, J. M. 1920. New Paleozoic crustaceans II. Crustacea from the Permian of São Paulo, Brazil. *New York State Museum Bulletin*, v. 219/220, n.15, p. 135-137.

COHEN, K.M.; FINNEY, S.C.; GIBBARD, P.L.; FAN, J. X. 2013 (atualizado). The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, v. 36, p. 199-204. Disponível em <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2016-04.pdf>, acesso em 02 de julho de 2016.

DAEMON, R. F. 1966. Ensaio sobre a distribuição e zoneamento dos esporomorfos do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da PETROBRAS*, v. 9, n. 2, p. 211-218.

DAEMON, R. F. & QUADROS, L. P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: XXIV Congresso Brasileiro de Geologia, 1970. Brasília, *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 359-412.

DELANEY, P. J.; GONI, J. 1963. Correlação preliminar entre as Formações Gondwânicas do Uruguai e Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim Paranaense de Geografia*, v. 8, p. 3-20.

DE SANTA ANA, H.; GOSO, C.; DANERS, G. 2006. Cuenca Norte: estratigrafia del Carbonífero y Pérmico. In: VEROSLAVSKY, G.; UBILLA, M.; MARTÍNEZ, S. (Eds.). *Cuencas Sedimentarias de Uruguay: Geología, Paleontología y Recursos Minerales, Paleozoico*. Montevideo: Dirac-Facultad de Ciencias, p. 147-208.

FAIRCHILD, T. R.; COIMBRA, A. M.; BOGGIANI, P. C. 1985. Ocorrência de estromatólitos silicificados na Formação Irati (Permiano) na borda setentrional da Bacia do Paraná (MT, GO). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 57, p. 117.

FAURE, K. & COLE, D. 1999. Geochemical evidence for lacustrine microbial blooms in the vast Permian Main Karoo, Paraná, Falkland Islands and Huab basins of southwestern Gondwana. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, v. 152, p.189-213.

FERREIRA-OLIVEIRA, L. G. & ROHN, R. 2010. Leaiid conchostracans from the uppermost Permian strata of the Paraná Basin, Brazil: Chronostratigraphic and paleobiogeographic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, n. 2, p. 371-380.

FOEHRINGER, K. J. A. & LANGER, M. C. 2003. A descoberta de um decápodo reptântio (Crustacea, Malacostraca) na Formação Irati (Permiano da Bacia do Paraná) In: XVIII Congresso Brasileiro de Paleontologia, 2003. Brasília. **Boletim de Resumos**, v. 1, p.132-133.

FOEHRINGER, K. J. A. 2004. **Um decápodo reptântio (Crustacea, Malacostraca) da Formação Irati (Permiano da Bacia do Paraná)**. 45f. Monografia (Graduação) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto, 2004.

FÖRSTER, R. 1985. Evolutionary trends and ecology of Mesozoic Decapod crustaceans. **Transactions of the Royal Society of Edinburgh**, v. 76, p. 299-304.

FRANÇA, A. B.; MILANI, E. J.; SCHNEIDER, R. L.; LOPEZ P. O.; LOPEZ M. J.; SUAREZ S. R.; SANTA ANA, H.; WIENS, F.; FERREIRO, O.; ROSSELLO, E. A.; BIANUCCI, H. A.; FLORES, R. F. A.; VISTALLI, M. C.; FERNANDEZ-SEVESO, F.; FUENZALIDA, R. P.; MUNOZ, N. 1995. Phanerozoic correlation in southern South America. In: TANKARD, A. J.; SUAREZ-SORUCO, R.; WELSINK, H. J. (Eds.): **Petroleum basins of South America**, p. 129-161. American Association of Petroleum Geologists: Tulsa, Memoir 62.

GROBEN, K. 1892. Zur Kenntnis des Stammbaumes und des Systems der Crustaceen. **Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien (Mathematik-naturwissenschaft)**, v. 101, p. 237-274.

HACHIRO, J. 1991. **Litotipos, associações faciológicas e sistemas deposicionais da formação Irati no Estado de São Paulo**. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1991.

HACHIRO, J. 1996. **O Subgrupo Irati (Neopermiano) da Bacia do Paraná**. 196 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1996.

HASSANIN, A. 2006. Phylogeny of Arthropoda inferred from mitochondrial sequences: Strategies for limiting the misleading effects of multiple changes in pattern and rates of substitution. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 38, n. 1, p. 100–116.

HAUG, C.; SALLAM, W. S.; MAAS, A.; WALOSZECK, D.; KUTSCHERA, V.; HAUG, J. T. 2012. Tagmatization in Stomatopoda – reconsidering functional units of modern-day mantis shrimps (Verunipeltata, Hoplocarida) and implications for the interpretation of fossils. **Frontiers in Zoology**, v. 9, n. 31, p. 1-14.

HOF, C. H. J & BRIGGS, D. E. G. 1997. Decay and mineralization of mantis shrimps (Stomatopoda, Crustacea) – A key to their fossil record. **Palaios**, v.12, p. 420-438.

HOLZ, M.; FRANÇA, A.B.; SOUZA, P.A.; IANUZZI, R.; ROHN, R. 2010. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, p. 381-399.

HYZNY, M.; HOCH, I.; SCHRAM, F. R.; RYBÁR, S. 2014. *Crangopsis* Salter, 1863 from the Lower Carboniferous (Mississippian) of the Ostrava Formation – the first record for Aeschronectida (Malacostraca: Hoplocarida) from continental Europe. **Bulletin of Geosciences**, v. 89, n. 4, p. 707-717.

JENNER, R. A., HOF, C. F., SCHRAM, F. R. 2008. Palaeo and archaeostomatopods (Hoplocarida: Crustacea) from the Bear Gulch Limestone, Mississippian (Namurian), of central Montana. **Contributions to Zoology**, v. 67, n. 3, p. 155-186.

JOHNSON, M. R.; VAN VUUREN, C. J.; VISSER, J. N. J.; COLE, D. I.; WICKENS, H. V.; CHRISTIE, A. D. M.; ROBERTS, D. L.; BRANDL, G. 2006. Sedimentary Rocks of the Faroo Supergroup. In: JOHNSON, M. R., ANHAEUSSER, C. R., THOMAS, R. J. (Eds.): **Geology of South Africa**, p. 461-500. Geological Society of South Africa and the Council for Geoscience, 2006.

LAGES, L. C. A. **Formação Irati (Grupo Passa Dois, Permiano, Bacia do Paraná) no furo de sondagem FP-01-PR (Sapopema, PR)**. 2004. 117f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 2004.

LANGER, M. C.; ELTINK, E.; BITTENCOURT, J. S.; ROHN, R. 2008. Serra do Cadeado, PR - Uma janela paleobiológica para o Permiano continental Sul-americano. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E. T. (Eds.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Disponível em <http://sigep.cprm.gov.br/sitio007/sitio007.pdf>, acesso em 02 de julho de 2016.

LATREILLE, P.A. 1817. Les crustacés, les arachnides et les insectes, In: CUVIER, G. (Ed.) **Le Règne animal distribué d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée**, 1^{ère} édition: Paris, France, Déterville, v. 31, p. 653.

LAVINA, E. L., 1991. **Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopermiano e Eotriássico (Intervalo Kazaniano-Scythiano) da Bacia do Paraná**. 333f. 2v. Porto Alegre, Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 1991.

LAVINA, E. L.; ARAÚJO-BARBERENA, D. C.; AZEVEDO, S. A. K. 1991. Tempestades de inverno e altas taxas de mortalidade de répteis *Mesossaurus*. Um exemplo a partir do afloramento Passo do São Borja, RS. **Pesquisas**, v. 18, n. 1, p. 64-70.

MARQUES-TOIGO, M. 1991. Palynobiostratigraphy of the Southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana sequence. In: VII International Gondwana Symposium, 1988, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: IG-USP, p. 503-515.

MARTIN, J. W. & DAVIS, G. E. 2001. An updated classification of the recent Crustacea. **Natural History Museum of Los Angeles County - Science Series**, v. 93, n. 1, p. 1-124.

MATOS, S. A., PRETTO, F. A.; SIMÕES, M. G. 2013. Tafonomia dos Pygocephalomorpha (Crustacea, Peracarida), Permiano, Bacia do Paraná, Brasil, e

seu significado paleoambiental. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 16, n. 1, p. 97-114.

MATOS, S. A.; WARREN, L. V.; VAREJÃO, F. G.; ASSINE, M. L.; SIMÕES, M. G. 2017. Permian endemic bivalves of the “Irati anoxic event”, Paraná Basin, Brazil: Taphonomical, paleogeographical and evolutionary implications. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 469, p. 18-33.

MEZZALIRA, S. 1946. Novos crustáceos Paleozóicos – Crustáceos do Permiano de São Paulo, Brasil. **OIGG, Revista do Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo**, v. 4, n. 1, p. 115-118.

MEZZALIRA, S. 1952. *Clarkecaris*, novo gênero de crustáceo Syncarida do Permiano. **Revista da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 1, n. 1, p. 46-51.

MEZZALIRA, S. 1954. Novas ocorrências de crustáceos fósseis da Formação Irati do sul do Brasil. In: LANGE, F. W. (Org) **Paleontologia do Paraná**. Curitiba: Comissão de Comemoração do Centenário do Paraná, p. 163-173.

MEZZALIRA, S. 1957. Ocorrências fossilíferas da Série Passa Dois na região de Limeira – Rio Claro – Piracicaba. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 6, n. 2, p. 37-58

MEZZALIRA, S. 1959. Nota preliminar sobre as recentes descobertas paleontológicas no Estado de São Paulo, no período 1958-1959. **Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo**, Notas prévias, n. 2, p. 1-7.

MEZZALIRA, S. 1971 - Contribuição ao Conhecimento da Geologia de Sub-Superfície e da Paleontologia da Formação Irati, no Estado de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, n. 43, Suplemento, p. 273-336.

MEZZALIRA, S. 1980. Bioestratigrafia do Grupo Passa Dois no Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico de São Paulo**, v. 1, n. 1, p. 15-34.

MILANI, E. J. 1997, **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. 1997. 225p. 2 v. Tese – (Doutorado) Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 1997.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G; SOUZA, P. A.; FERNANDES L. A.; FRANÇA, A. B. 2007. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências Petrobrás**, v. 2, p. 265-287.

MUSSA, D., CARVALHO, R.G.; SANTOS, P.R. 1980. Estudo estratigráfico em ocorrências fossilíferas da Formação Irati de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Geociências USP**, v. 11, p. 142–149.

NOODT, W. 1964. Estudios sobre Crustaceos de aguas subterranas, III. Crustacea Syncarida de Chile Central. **Investigaciones Zoológicas Chilenas**, v. 10, p. 151–167.

OELOFSEN, B. V. 1987. The biostratigraphy and fossils of the Whitehill and Irati shale Formations of the Karoo and Paraná Basins. In: **Gondwana Six: Stratigraphy, Sedimentology and Paleontology**. Washington: American Geophysical Union, p. 131-138.

PACKARD, A. S. 1885. The Syncarida, a group of Carboniferous Crustacea. **American Naturalist**, v. 19, p. 700-703.

PEACH, B. N. 1908. A monograph on the higher Crustacea of the carboniferous rocks of Scotland. **Monographs of the Geological Survey of Great Britain**, p. 82.

PERRIER, V.; VANNIER, J.; RACHEBOEUF, P. R.; CHARBONNIER, S.; CHABARD, D.; SOTTY, D. 2006. Syncarid crustaceans from the Monteceau Lagerstätte (Upper Carboniferous; France). **Palaeontology**, v. 49, n. 3, p. 647-672.

PETRI, S. & FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil (Fanerozóico)**. EDUSP: São Paulo, 633 p., 1983.

PIÑEIRO, G.; RAMOS, A.; GOSO, C.; SCARABINO, F.; LAURIN, M. 2012. Unusual environmental conditions preserve a Permian mesosaur-bearing Konservat-Lagerstätte from Uruguay. **Acta Palaeontologica Polonica**, v. 57, p. 299-318.

PINTO, I. D. 1971. Reconstituição de Pygaspis Beurlen, 1934 (Crustacea – Pygocephalomorpha). Sua posição sistemática, seu significado e de outros fósseis para o Gondwana. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 43, Suplemento, p. 387-401.

PINTO I.D. 1985. New data on the genus *Clarkecaris* Mezzalira, 1952 (Malacostraca) from Brazil. **DNPM, Série Geologia. Seção de Paleontologia e Estratigrafia**, v. 2, n. 27, p. 253-259.

PINTO, I. D. 1987. Permian Insects from Paraná Basin, South Brazil, IV Homoptera - 2 – Cicadidea. **Pesquisas em Geociências**, v. 19, p 13-22.

PLOTNICK, R. E. 1986. Taphonomy of a modern shrimp: implications for the arthropod fossil record. **Palaios**, v. 1, n. 3, p. 286-293.

PLOTNICK, R. E.; BAUMILLER, T.; WETMORE, K. L. 1988. Fossilization potential of mud crab, *Panopeus* (Brachyura: Xanthidae) and temporal variability in crustacean taphonomy. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 63, n. 1, p. 27-43.

PREMAOR, E.; FISCHER, T. V.; SOUZA, P. A. 2006. Palinologia da Formação Irati (Permiano Inferior da Bacia do Paraná), em Montevideu, Goiás, Brasil. **Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales**, v. 8, p. 221-230.

RICARDI-BRANCO, F.; CAIRES, E.; SILVA, A.M. 2008. Levantamento de ocorrências fósseis nas pedreiras de calcário do Subgrupo Irati no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, p. 80-88.

ROCHA-CAMPOS, A. C.; BASEI, M. A.; NUTMAN, A. P.; KLEIMAN, L. E.; VARELA, R. D.; AMBIAS, E.; CANILE, F. M.; ROSA, O. G. R. 2011. 30 million years of Permian volcanism recorded in the Choyoi igneous province (Argentina) and their source for younger ash fall deposits in the Paraná Basin. SHRIMP U-Pb zircon geochronology evidence. **Gondwana Research**, v. 19, p. 509-525.

ROHDENDORF, B. B. 1972. Devonian eopterids were not insects but Eumalacostraca (Crustacea) [English translation]. **Entomology Reviews**, v. 51, p. 96–97.

ROHN, R. 1998. O topo da Formação Irati (Bacia do Paraná, Permiano) na região de Rio Claro- SP. In: XL Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, 1998. **Anais...**, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, p.108.

ROHN, R. 2007. The Passa Dois Group (Paraná Basin, Permian): Investigations in progress. In: I Workshop - Problems in the western Gondwana geology, South America - Africa correlations: Du Toit revisited, Gramado, 2007. **Extended Abstracts...**, Porto Alegre: UFRGS, Petrobras, p. 151-157.

ROHN, R.; ASSINE, M. L.; MEGLHIORATTI, T. 2005. A new insight on the Late Permian environmental changes in the Paraná Basin, South Brazil. In: GONDWANA 12, Mendoza, 2005. **Abstracts ...**, Mendoza: Academia Nacional de Ciências, p. 316.

ROHN, R.; FAIRCHILD, T. R.; DIAS-BRITO, D. 2015. Microbialitos de Santa Rosa de Viterbo, Estado de São Paulo, Formação Irati, Permiano Inferior, Bacia do Paraná. In: FAIRCHILD, T. R.; ROHN, R.; DIAS-BRITO, D. (Eds.): **Microbialitos do Brasil do Pré-Cambriano ao Recente: um atlas**. Rio Claro: UNESP/IGCE/UNESPetro, Obra 2, p. 248-269, p. 270-317.

ROHN, R., LAGES, L. C., PENNATTI, J. R. R. 2003. Litofácies da Formação Irati no furo de sondagem FP-01-PR (Permiano, borda leste da Bacia do Paraná). In: II Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás, Rio de Janeiro, 2003. **CD-ROM (trabalho completo) e resumos**, p. 1-6.

RÖSLER, O.; ROHN, R.; ALBAMONTE, L. Libélula permiana do Estado de São Paulo, Brasil (Formação Irati): *Gondvanoptilon brasiliense* gen. et sp. nov. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 2, Porto Alegre, 1981. **Anais...**, p. 221-232.

RUPPERT, E. E.; FOX, R.; BARNES, R. D. 2005. Crustacea In: RUPPERT, E. E.; FOX, R. & BARNES, R. D **Zoologia dos Invertebrados**. São Paulo: Roca, p. 702-811.

SANTOS, R.V.; SOUZA, P.A.; OLIVEIRA, C.G.; DANTAS, E.L.; PIMENTEL, M.M.; ARAÚJO, L.M.; ALVARENGA, C.J.S. 2006. SHRIMP U-Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. **Gondwana Research**, v. 9, p. 456-463.

SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, SBG, v. 1, p. 41-66.

- SCHRAM, F. R. 1969. Some Middle Pennsylvanian Hoplocarida (Crustacea) and their Phylogenetic Significance. **Fieldiana**, v. 12, n. 14, p. 235-289.
- SCHRAM, F. R. & HORNER, J. 1978. Crustaceans of the Mississippian Bear Gulch Limestone of Central Montana. **Journal of Paleontology**, v. 52, n. 2, p. 394-406.
- SCHRAM, F. R. 1980. Miscellaneous Late Paleozoic Malacostraca of the Soviet Union. **Journal of Paleontology**, v. 54, n. 3, p. 542-547.
- SCHRAM, F. R. 1981. Late Paleozoic crustacean communities. **Journal of Paleontology**, v. 55, n.1, p. 126-137.
- SCHRAM, F. R. 1982. The fossil record and the evolution of Crustacea. In: SCHRAM, F. R. (Ed.) **The Biology of Crustacea**. New York: Academic Press Inc., p. 94-149.
- SCHRAM, F. R. 1984. Fossil Syncarida. **Transactions of the San Diego Society of Natural History**, v. 20, n. 13, p. 189-246.
- SCHRAM, F. R. 2007. Paleozoic proto-mantis shrimp revisited. **Journal of Paleontology**, v. 81, n. 5, p. 895-916.
- SCHRAM, F. R.; AHYONG, S. T.; PATEK, S. N.; GREEN, P. A.; ROSARIO, M. V.; BOK, M. J.; CRONIN, T. W.; VETTER, K. S. M.; CALDWELL, R. L.; SCHOLTZ, G.; FELLER, K. D.; ABELLÓ, P. 2013. Hoplocarida In: KLEIN, J. C. V.; CHARMANTIER-DAURES, M. & SCHRAM, F. R. (Eds.) **Treatise on Zoology - Anatomy, Taxonomy, Biology. The Crustacea, Volume 4, Part 1**, p. 179-355.
- SEPKOSKI, J. 2002. A compendium of fossil marine animal genera (Malacostraca). **Bulletins of American Paleontology**, v. 363, p. 1-560.
- SILVA, R. C.; FERNANDES, A. C. S.; SEDOR, F. A. 2003. Ocorrência de icnofósseis de invertebrados na Formação Irati (Permiano Superior da Bacia do Paraná, Brasil). **Arquivos do Museu Nacional**, v. 61, p. 261-266.
- SOARES, 1996. **Mesossaurídeos (Proganosauria) da Formação Irati, Bacia do Paraná, Brasil: implicações tafonômicas**. 203f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 1996.
- SOARES, M. B. 2003. A taphonomic model for the Mesosauridae assemblage of the Irati Formation (Paraná Basin, Brazil). **Geologica Acta**, v. 1, n. 4, p. 349-361.
- SOUZA, P. A. & MARQUES-TOIGO, M. 2001. Zona Vittatina: marco palinobioestratigráfico do Permiano Inferior da Bacia do Paraná. **Ciência-Técnica-Petróleo, Seção Exploração de Petróleo**, v. 20, p. 153-159.
- STEMPIEN, J. A. 2005. Brachyuran Taphonomy in a Modern Tidal-Flat Environment: Preservation Potential and Anatomical Bias. **Palaos**, v. 20, p.400–410.
- STOLLHOFEN, H.; STANISTREET, I. G.; ROHN, R.; HOLZFÖRSTER, F.; WANKE, A. 2000. The Gai-As lake system, northern Namibia and Brazil. In: GIERLOWSKI-

- KORDESCH, E. H. & KELTS, K. R. (Eds.) **Lake basins through space and time.** Tulsa: AAPG Studies in Geology, v. 46, p. 87-108.
- TAYLOR, J. R. A. & PATEK, S. N. 2010. Ritualized fighting and biological armor: the impact mechanics of the mantis shrimp's telson. **Journal of Experimental Biology** , v. 213, p. 3496-3504.
- THIEL, M. & DUFFY, J. E. 2007. The ecology behaviour of crustaceans: a primer in Taxonomy, Morphology, and Biology. In: DUFFY, J. E.; THIEL, M. (Eds.) **Evolutionary Ecology of Social and Sexual Systems, Crustaceans as Model Organisms.** New York: Oxford University Press, p. 3-28.
- VIEIRA, P. C.; MEZZALIRA, S.; FERREIRA, F. J. F. 1991. Mesossaurídeo (*Stereosternum tumidum*) e crustáceo (*Liocaris huenei*) no Membro Assistência da Formação Irati (P) nos municípios de Jataí e Montevidiu, Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, p. 224-235.
- WARREN, L. V.; ASSINE, M. L.; SIMÕES, M. G.; RICCOMINI, C.; ANELLI, L. E. 2015. A Formação Serra Alta, Permiano no centro-leste do Estado de São Paulo, Bacia do Paraná, Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 49, n. 1, p. 109-126.