

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Instituto de Biologia
Ciências Biológicas – Bacharelado



Trabalho Acadêmico

**Crustáceos Pygocephalomorpha do
afloramento Passo do São Borja,
Formação Irati, Permiano da Bacia do
Paraná, Brasil**

Paula Giovana Pazinato

Pelotas, 2013

PAULA GIOVANA PAZINATO

**CRUSTÁCEOS PYGOCEPHALOMORPHA DO AFLORAMENTO PASSO DO SÃO
BORJA, FORMAÇÃO IRATI, PERMIANO DA BACIA DO PARANÁ, BRASIL**

Trabalho Acadêmico apresentado ao
Curso de Ciências Biológicas da
Universidade Federal de Pelotas, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Karen Adami-Rodrigues

Pelotas, 2013

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P348c Pazinato, Paula Giovana

Crustáceos pygocephalomorpha do afloramento passo do são borja, formação irati, permiano da bacia do paraná, brasil / Paula Giovana Pazinato ; Karen Adami-Rodrigues, orientadora. — Pelotas, 2013.

47 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) — Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, 2013.

1. Eumalacostraca. 2. Taxonomia. 3. Permocarbonífero. 4. Gondwana. I. Adami-Rodrigues, Karen, orient. II. Título.

CDD : 595.3

Resumo

PAZINATO, Paula Giovana. **Crustáceos Pygocephalomorpha do afloramento Passo do São Borja, Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil**. 2013. 47f. Trabalho Acadêmico - Curso de Ciências Biológicas – Bacharelado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A ordem Pygocephalomorpha Beurlen, 1930 é composta por crustáceos fósseis Eumalacostraca. O grupo tem seus primeiros registros no Carbonífero Superior, em terrenos que compunham o supercontinente Laurásia e desaparece no Permiano Inferior, em áreas correspondentes ao supercontinente Gondwana. O registro cronologicamente marcado e a distribuição cosmopolita fazem do grupo um potencial fóssil guia para correlações bioestratigráficas e biozonas. No Brasil, diversos morfotipos de pigocefalomorfos são registrados na Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná, entretanto há apenas sete espécies descritas, alocadas em três gêneros: *Paulocaris* Clarke, 1920, *Liocaris* Beurlen, 1931 e *Pygaspis* Beurlen, 1934. No Rio Grande do Sul estes crustáceos são registrados no afloramento Passo do São Borja, município de São Gabriel, sem determinação de espécies. Este trabalho objetiva identificação taxonômica de crustáceos Pygocephalomorpha do Passo do São Borja, visando ampliar o conhecimento da paleocarcinofauna brasileira. O afloramento apresenta litologia atribuída ao Membro Assistência da Formação Irati, sucessão de siltitos e folhelhos negros, betuminosos e não-betuminosos, intercalados por níveis de calcários creme de granodecrescência ascendente, com marcas onduladas e estratificação cruzada *hummocky*. A assembleia fossilífera é composta por mesossaurídeos, crustáceos, escamas de peixe, insetos e lenhos. Após coletas, as amostras foram triadas e identificadas em laboratório com o auxílio de estereomicroscópio, desenhadas em câmara clara e fotografadas de modo a ressaltar caracteres diagnósticos. Os resultados obtidos foram comparados a amostras depositadas em museus e à tabela diagnóstica produzida de acordo com as descrições das espécies existentes na literatura. Das 149 amostras analisadas, 73 contém crustáceos pigocefalomorfos, dentre as quais foi possível identificar quatro morfotipos: 1) espécimes com carapaça subarredondada mais larga que longa, presença de espinhos ântero-laterais, espinhos laterais, rostro pouco pronunciado; 2) com carapaça subretangular, mais longa que larga, ausência de espinhos, rostro subtriangular alongado; 3) carapaça ovóide, mais longa que larga, presença de espinhos ântero-laterais, rostro pouco pronunciado; 4) carapaça subtriangular, ausência de espinhos e rostro alongado. No afloramento há crustáceos preservados por impressão nos folhelhos e tridimensionais por silicificação, nos calcários e folhelhos. Encontram-se preservados articulados, desarticulados e fragmentados, compactados formando coquinas. Os morfotipos 1, 3 e 4 são inéditos, enquanto o morfotipo 2 corresponde à *Liocaris angusta* Beurlen, 1931. A diversidade encontrada no afloramento pode estar relacionada à especiação local. O estudo tafonômico aliado à litologia, e suas estruturas sedimentares, permite inferir que no afloramento Passo do São Borja estão registrados eventos episódicos como tempestades de grande magnitude que atingiam o mar Irati-Whitehill.

Palavras-chave: Eumalacostraca. Taxonomia. Permocarbonífero. Gondwana.

Abstract

PAZINATO, Paula Giovana. **Crustáceos Pygocephalomorpha do afloramento Passo do São Borja, Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil.** 2013. 47f. Trabalho Acadêmico - Curso de Ciências Biológicas – Bacharelado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The order Pygocephalomorpha Beurlen, 1930 comprises fossil crustaceans Eumalacostraca. The group has its first records in the Upper Carboniferous, on land that formed the Laurasia land and disappears in the Lower Permian, in areas corresponding to the Gondwana land. The chronologically marked record and the dispersal on several continents make the group a potential Index fossil for chronostratigraphic correlations and establishing biozones. In Brazil, many morphotypes of pygocephalomorphs are recorded on sedimentary rocks from Irati Formation, Permian of the Paraná Basin; however there are only seven species described, in three genera: *Paulocaris* Clarke, 1920, *Liocaris* Beurlen, 1931 and *Pygaspis* Beurlen, 1934. In Rio Grande do Sul state, these crustaceans are recorded at the Passo do São Borja outcrop, in the São Gabriel city, but have no species determination. This study pretends to identify taxonomically Pygocephalomorpha crustaceans from Passo do São Borja outcrop, aiming to expand the knowledge of brazilian paleocarcinofauna. The outcrop's lithology is assigned to Assistência Member, a succession of siltstones and bituminous and non-bituminous shales, with intercalation of limestones with ripple marks and hummocky cross stratification. The fossil assemblage has mesosauridians, crustaceans, fish scales, insects and logs. After sampling, the samples were screened and identified at the laboratory using stereomicroscope, drowned on drawing tube, and photographed to highlight diagnostic characters. The results were compared to museums samples and to the specified literature. From the 149 analyzed samples, 73 have pygocephalomorphs crustaceans, being four different morphotypes: 1) specimens with rounded carapace, presence of anterior-lateral and lateral spines, small rostrum; 2) rectangular carapace, longer than wider, lacking spines, small rostrum; 3) oval carapace, longer than wider, presence of anterior-lateral spines, small rostrum; 4) triangular carapace, lacking spines e long rostrum. The specimens are preserved by impression on shales and tridimensional by silicification on shales and limestones. They're registered articulate, disarticulate and fragmented, being these ones highly compacted. Morphotypes 1, 3 and 4 are inedited, while the morphotype 2 is correspondent to *Liocaris angusta* Beurlen, 1931. The outcrop diversity of crustaceans implies on local speciation. The taphonomy allied to lithology and its sedimentary structures tell us that at Passo do São Borja outcrop is registered episodic events as storms of great magnitude, occurring in the Irati-Whitehill sea.

Keywords: Eumalacostraca. Taxonomy. Permocarboniferous. Gondwana.

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Karen Adami-Rodrigues.

Prof. Dr. José Eduardo Figueiredo Dornelles.

Prof^a. M. Sc. Camile Urban.

Prof. Dr. Edison Zefa (suplente).

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Odilon Tarcísio Pazinato e Juraci Maria Lunardi Pazinato, pelos ensinamentos e pela oportunidade de recomeçar. E ao meu amor, Samuel Imparato, cujo apoio e carinho foram fundamentais nesta jornada.

Agradecimentos

Agradeço à minha querida orientadora, Prof^a. Karen Adami-Rodrigues, pelo carinho, confiança e oportunidades, a quem devo os ensinamentos obtidos e as paixões compartilhadas. A você, minha eterna admiração e gratidão.

À Prof^a. Camile Urban, por me apresentar o universo da sedimentologia, pelas críticas e pela, sempre carinhosa, atenção.

Ao Prof. José Eduardo Figueiredo Dornelles, por compartilhar sua sabedoria, alegria e pelos ensinamentos em ilustração científica.

Ao Prof. Irajá Damiani Pinto, por me receber carinhosamente em seu laboratório e pelos conselhos, empréstimo de bibliografias e amostras. Sinto-me honrada em abraçar uma de suas linhas de pesquisa.

À Prof^a. Marina Bento Soares e ao Prof. César Leandro Schultz, por me receberem gentilmente e pelo empréstimo de amostras do PPGGeo/UFRGS.

À Prof^a. Ana Maria Ribeiro, pelo caloroso acolhimento e atenção durante a minha passagem pela coleção do Museu de Ciências Naturais da FZB/RS.

À M. Sc. Suzana Aparecida Matos e ao M. Sc. Flávio Pretto, pela pronta resposta e generosidade em ceder conselhos, bibliografias e amostras fundamentais para este estudo.

Aos meus queridos colegas de laboratório, Alan Gregory Jenisch, Bruno de Almeida Goetze, Emanuele Ambrosi, Fernanda Luft de Souza, Otávio Pereira de Lima, Rafael Fernandes da Silva, Raquel Silva Wetzel, Robson Crepes Côrrea, Rômulo Cenci, Rui Sérgio Saraiva Duarte Jr. e Yuri Von Ameln Coelho, a quem admiro e estimo, pelas risadas, críticas, debates, conselhos e ajuda.

À Bianca Mattiello, prima e companheira na paixão pela biologia e paleontologia, pela calorosa acolhida durante minhas viagens a Porto Alegre.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela bolsa de auxílio técnico.

*“A ausência da evidência não significa
evidência da ausência.”*
- Carl Sagan

Lista de Figuras

Figura 1	Localização da Bacia do Paraná e da Supersequência Gondwana I, onde está situada a Formação Irati.....	20
Figura 2	Áreas de afloramento da Formação Irati, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, no RS.....	21
Figura 3	Perfil estratigráfico do afloramento Passo do São Borja, município de São Gabriel/RS.....	22
Figura 4	Calcarenito, em planta, com Pygocephalomorpha preservados tridimensionalmente localizados <i>in situ</i> no afloramento.....	23
Figura 5	Representação da carapaça de um Pygocephalomorpha hipotético, em vista dorsal, indicando as principais características diagnósticas para definição de diferentes espécies.....	25
Figura 6	Representação da carapaça de um Pygocephalomorpha hipotético, em vista dorsal, indicando os eixos corporais utilizados para determinar as dimensões da carapaça.....	27
Figura 7	Fotografia e desenho em câmara clara, em vista dorsal, da carapaça morfotipo 1 (E-56).....	30
Figura 8	Fotografia e desenho em câmara clara, em vista dorsal, da carapaça morfotipo 2 (NEP_I025).....	31
Figura 9	Fotografia e desenho em câmara clara, em vista dorsal, da carapaça morfotipo 3 (NEP_I031).....	32
Figura 10	Fotografia e desenho em câmara clara, em vista dorsal, da carapaça morfotipo 4 (NEP_I026).....	33
Figura 11	Tipos de preservação de Pygocephalomorpha no afloramento: tipo 1: exoesqueletos articulados, tipo II: exoesqueletos desarticulados, tipo III: exoesqueletos fragmentados, o grau de fragmentação é variável, bem empacotados, formando coquinas.....	35
Figura 12	Distribuição de Pygocephalomorpha em calcários da Formação Irati, Bacia do Paraná.....	39
Figura 13	Reconstrução paleogeográfica do mar Irati-Whitehill.....	40

Lista de Tabelas

Tabela 1	Definição dos eixos de medidas estimadas das carapaças de Pygocephalomorpha.....	26
Tabela 2	Localização e caracteres diagnósticos de carapaças das espécies de Pygocephalomorpha da Bacia do Paraná.....	34

Sumário

1 Introdução.....	11
1.1 Objetivo geral.....	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
2 Revisão de literatura.....	14
2.1 Crustáceos Pygocephalomorpha.....	14
2.2 Afloramento Passo do São Borja.....	18
3 Metodologia.....	20
3.1 Área de estudo.....	20
3.2 Coleta e análise das amostras.....	24
3.3 Preparo das amostras e levantamento dos dados.....	24
4 Resultados	29
4.1 Análise do repositório.....	29
4.2 Considerações taxonômicas.....	29
4.3 Levantamento das espécies da Bacia do Paraná.....	33
4.4 Considerações tafonômicas.....	35
5 Discussão.....	37
5.1 Aspectos taxonômicos.....	37
5.2 Aspectos tafonômicos e implicações paleoambientais.....	38
6 Conclusões.....	42
Referências.....	43

1 Introdução

O subfilo Crustacea possui mais de 60 mil espécies atuais descritas, distribuídas em 6 classes que comportam 42 ordens (MARTIN; DAVIS, 2001). A grande variedade morfológica e ecológica do grupo, mais do que qualquer outro artrópode, evidencia que os crustáceos beneficiaram-se ao longo do tempo geológico da especialização de um grande número de apêndices (SCHRAM, 1981).

O registro fóssil aponta o surgimento dos crustáceos no Pré-Cambriano, há aproximadamente 570 milhões de anos (Ma) em um oceano raso, a partir de um ancestral pequeno, próximo aos Phyllocarida, com sete segmentos no abdome e apêndices homogêneos (SIVETER; WILLIAMS; WALOSZEK, 2001). Contudo, é a partir do Carbonífero Inferior (Mississipiense – $358.9\text{Ma} \pm 0.4\text{Ma}^1$) que o registro fóssil torna-se marcado pela diversificação da paleocarcinofauna, onde são estabelecidas as formas basais que originaram as linhagens atuais de Eumalacostraca (SCHRAM, 1981), sendo de grande importância para o entendimento da evolução do grupo.

Dentre as linhagens surgidas no Carbonífero estão os Pygocephalomorpha, uma ordem de crustáceos fósseis dotada de características morfológicas primitivas dos Eumalacostraca apresentando corpo tagmatizado em cefalotórax e abdome, apêndices torácicos birremes com inserção única no protopodito e carapaça recobrimdo o cefalotórax (BROOKS et al., 1969). O grupo destaca-se pela curta duração de seu registro paleontológico, tendo seus primeiros registros no Carbonífero Superior (Pennsylvaniano – $323.2\text{Ma} \pm 0.4\text{Ma}^1$) e desaparecendo no Permiano Inferior (Cisuraliano - $272.3\text{Ma} \pm 0.5\text{Ma}^1$), além de uma distribuição cosmopolita, que registra espécies descritas na Europa, China, Estados Unidos da América (EUA), Brasil, África (ADAMI-RODRIGUES; PINTO, 2000) e mais recentemente, Uruguai (PIÑEIRO et al., 2012). Por possuírem ampla distribuição geográfica e marcarem o

¹ Épocas e idades absolutas segundo o International Chronostratigraphic Chart, v.2013/01 (IUGS, 2013).

limite Permocarbonífero², os Pygocephalomorpha podem se constituir fósseis guias, permitindo o estabelecimento de correlações bioestratigráficas e biozonas. Entretanto para alcançar esta finalidade é necessário situar taxonomicamente os espécimes, pois enquanto as espécies carboníferas registradas no hemisfério norte são bem conhecidas, os registros permianos do hemisfério sul são esparsos e incompletos, dificultando a conexão filogenética e paleogeográfica entre as espécies gondwânicas e laurasianas (ADAMI-RODRIGUES; PINTO, 2000).

No Brasil, os Pygocephalomorpha são registrados na Formação Irati (Grupo Passa Dois), cronoestratigraficamente situada no Permiano (Artinskiano³), Bacia do Paraná. Apesar de diversos morfotipos serem registrados no país, há apenas três gêneros descritos, nos quais estão alocadas sete espécies, *Paulocaris pachecoi* Clarke, 1920; *P. clarkei* Beurlen, 1953; *P. marionoi* Beurlen, 1953; *Liocaris angusta* Beurlen, 1931; *L. huenei* Beurlen, 1931; *Pygaspis brasiliensis* Beurlen, 1934 e *P. quadrata* Beurlen, 1934 (PINTO; ADAMI-RODRIGUES, 1996). A distribuição heterogênea das espécies brasileiras, ocorrendo espécies distintas em diferentes tafofácies da Bacia do Paraná (ADAMI-RODRIGUES; PINTO, 2000; MEZZALIRA, 1954; PINTO, 1971; VIEIRA; MEZZALIRA; FERREIRA, 1991), indica que estes crustáceos ocupavam habitats distintos, sendo seu estudo de grande importância para a reconstituição paleoambiental e para a compreensão da biogeografia do grupo no supercontinente Gondwana.

No Rio Grande do Sul, a ocorrência da ordem é descrita em afloramentos nos Municípios de Pantano Grande, Minas do Leão (ADAMI-RODRIGUES, 1998 e ADAMI-RODRIGUES; PINTO, 2000) e São Gabriel, no afloramento Passo do São Borja (ADAMI-RODRIGUES; IANNUZZI; PINTO, 2004; LAVINA; ARAÚJO-BARBERENA; AZEVEDO, 1991; MATOS; PRETTO; SIMÕES, 2013; SOARES, 2003) para o qual não existem estudos taxonômicos. A identificação dos morfotipos de Pygocephalomorpha presentes neste afloramento se faz necessária para o refino da reconstituição paleoambiental, assim como permitir a elucidação quanto à posição taxonômica e o mapeamento da distribuição das espécies na Bacia do Paraná. Desta forma será possível a identificação de rotas de migração e do grau de endemismo das espécies gondwânicas.

² Intervalo de tempo que abrange os períodos Carbonífero Superior e Permiano Inferior, cuja transição é, geralmente, gradual. A duração estimada do registro de Pygocephalomorpha é de ~50.9Ma

³ Idade da época Cisuraliano do Período Permiano, iniciando em 290.1 ± 0.26 Ma e terminando em 283.5 ± 0.6 Ma, segundo o International Chronostratigraphic Chart, v.2013/01 (IUGS, 2013).

1.1 Objetivo geral

Determinação de morfotipos de crustáceos Pygocephalomorpha registrados no Afloramento Passo do São Borja, Formação Irati, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, RS, Brasil.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar a paleocarcinofauna, de acordo com as condições tafonômicas.
- Realizar um levantamento de Pygocephalomorpha depositados nas coleções do Museu Irajá Damiani Pinto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), do Laboratório de Paleoinvertebrados do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS (PPGGeo/UFRGS) e do Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB/RS).
- Interpretar as rochas sedimentares e o ambiente de sedimentação do afloramento que contém a carcinofauna.
- Compreender os processos tafonômicos sob o olhar da sedimentologia e o acúmulo e distribuição da paleocarcinofauna do afloramento.
- Interpretar o possível paleoambiente do afloramento em estudo, através de análise bibliográfica e das condições tafonômicas dos morfotipos registrados.

2 Revisão de literatura

2.1 Crustáceos Pygocephalomorpha

A fim de demonstrar a problemática envolvendo a taxonomia e a sistemática dos pigocefalomorfos ao longo de décadas, as principais publicações são apresentadas de forma sumarizada, em ordem cronológica na sua maioria.

A ordem Pygocephalomorpha foi criada no século XX (BEURLEN, 1930 apud PINTO, 1971), porém o estudo destes crustáceos teve início ainda no século XIX. Prestwich (1840) registra carapaças no British Coal Measures, sistema de depósitos flúvio-deltaicos na Inglaterra, datadas do Carbonífero Superior (CS), atribuindo-as à nova espécie *Apius dubius*. Huxley (1857), em estudo de amostras provenientes da mesma localidade, descreve *Pygocephalus cooperi* a partir de impressões da porção ventral de crustáceos, entretanto o autor não relaciona sua espécie com o trabalho de Prestwich (1840). As discrepâncias taxonômicas iniciam-se quando Salter (1861) descreve *Anthrapalaemon* a partir de impressões da porção dorsal de crustáceos provenientes do British Coal Measures, ignorando o fato de possivelmente serem espécimes de *P. cooperi* preservados dorsalmente. Além da questão tafonômica não ser devidamente considerada nos primeiros registros, diagnoses baseadas em fragmentos de crustáceos superestimaram o número de espécies registradas no British Coal Measures. Salter (1863) descreve *Diplostylus* utilizando para diagnose do gênero apenas leques caudais isolados e Woodward (1879) *Necroscilla*, a partir de abdômes isolados. Peach (1883) segue a tendência e designa *Pseudogalathea* para uma série de carapaças ornamentadas coletadas na Escócia (CS), e cria o gênero *Teallicaris* para outros exemplares da mesma localidade baseado em carapaças sem o mesmo padrão de ornamentação, desconsiderando as condições tafonômicas.

O início do século XX foi marcado por uma série de registros de Pygocephalomorpha em terrenos gondwânicos. Rogers e Du Toit (1909), em trabalho sobre a geologia da Bacia do Karoo na África do Sul, mencionam a presença de crustáceos fósseis, atribuindo-os à *Anthrapalaemon* Salter, 1861 nos folhelhos do Grupo Upper Dwyka (CS). Houghton (1919) registra *Anthrapalaemon* no Dwyka White

Band, atualmente definido como Formação Whitehill (Grupo Ecça), rochas datadas do Permiano Inferior (PI), correlata à Formação Irati (Grupo Passa Dois) da Bacia do Paraná. Woods (1923) registra ocorrência de *Pygocephalus* Huxley, 1857 na Formação Whitehill (PI), mas não atribui epíteto específico a suas amostras. Desta mesma Formação, Broom (1931) descreve *Notocaris tapscottii*, porém o autor não chegou a designar ou tomar um holótipo, contribuindo para uma série de problemas de ordem taxonômica e sistemática.

Na Bacia do Paraná, em coletas de rochas da Formação Irati (PI) em São Paulo, Clarke (1920) descreve *Paulocaris pachecoi*, baseado em somitos, placas pleurais esparsas, carapaças fragmentadas e unidas, formalizando a primeira espécie brasileira. A década seguinte seria marcada por um avanço no estudo dos crustáceos paleozóicos brasileiros, graças ao pesquisador alemão Karl Beurlen. Em 1931 o autor descreve *Liocaris angusta* e *L. huenei*, registradas em calcário junto ao Rio Assistência, SP (PI), e ressalta características diagnósticas que as diferenciam de *Paulocaris*, como o formato da carapaça e ausência de espinhos ântero-laterais. O autor expressa dúvida ao alocar ambas as espécies no gênero *Liocaris*, devido ao formato distinto da carapaça e do sulco cervical, mas acaba por mantê-las no mesmo gênero (BEURLEN, 1931), tal posição sistemática não foi revisada. Beurlen (1934) cria a Ordem Pygaspida e a Família Pygaspidae para alocar o novo gênero *Pygaspis*, descrito a partir de rochas coletadas no município de Lages (PI), SC. Desta coleta o autor designa duas espécies *Pygaspis brasiliensis* e *P. quadrata*, diferenciadas pelo formato dos somitos, hexagonais na primeira e retangulares na segunda. Beurlen (1953) ainda descreve duas novas espécies, *Paulocaris clarkei*, registrados em folhelhos da Estação Ferroviária de Engenheiro Gutierrez (PI), município de Irati, PR, e *P. marianoi*, de camadas calcárias de Dom Pedrito (PI), RS, ambos a partir de impressões da porção dorsal. Mezzalana (1954) registra a porção ventral de *Paulocaris* a partir de amostras providas de Anhembi, SP (PI), descrevendo os somitos, apêndices e parte do abdome.

Pinto (1960 apud PINTO, 1971) revisa o histórico dos Pygocephalomorpha gondwânicos, reposiciona *Pygaspis* dentre os Pygocephalomorpha invalidando a ordem Pygaspida Beurlen, 1934, e demonstra a necessidade de revisão taxonômica de *Pygaspis* Beurlen, 1934 e *Notocaris* Broom, 1931.

Uma revisão taxonômica seria concretizada por Brooks (1962), onde o autor revisa amplamente os crustáceos fósseis paleozóicos, enfatizando as espécies do

hemisfério norte. O autor aponta a posição sistemática dos Pygocephalomorpha, localizando-os na Superordem Eocarida, onde reúne todas as espécies fósseis do Paleozóico. Sinonimiza *Pygocephalus* Huxley, 1857 e *Anthrapalaemon* Salter, 1861, permanecendo como válido *Pygocephalus*, pelas regras de nomenclatura zoológica. O mesmo autor invalida *Pseudogalathea* Peach, 1883 e *Tealliocaris* Peach, 1883, alocando-os em *Pseudotealliocaris* Brooks, 1962, cuja diagnose inclui crustáceos com a carapaça distintamente ornamentada. Ainda, valida a espécie norte-americana *Anthracaris gracilis* (CS) e cria o gênero *Mamayocaris*, espécie *Mamayocaris jepseni* (PI), a partir de amostras coletadas no Texas, EUA. Brooks (1962) discorre sobre as formas gondwânicas, sinonimizando *Liocaris* e *Pygaspis* com *Paulocaris*, e cria as famílias Pygocephalidae, alocando *Pygocephalus*, *Anthracaris*, *Mamayocaris*, *Pseudotealliocaris* e Notocardiidae, com *Notocaris* e *Paulocaris*.

A revisão de Brooks (1962) trouxe contribuições importantes para o entendimento dos crustáceos permocarboníferos, em especial ao que diz respeito às espécies carboníferas laurasianas, porém estabelece conflitos ao revisar as espécies permianas do Gondwana. Pinto (1971) é responsável pelo resgate do estudo dos pigocefalomorfos permianos, o autor reconstitui *Pygaspis* Beurlen, 1934 a partir dos holótipos de *P. brasiliensis*, *P. quadrata* e mais uma centena de espécimes coletados em Lages, SC (PI), concluindo que os três gêneros brasileiros de Pygocephalomorpha - *Pygaspis*, *Paulocaris* e *Liocaris* - devem ser mantidos como válidos. Ressalta novamente a necessidade de um estudo comparativo detalhado entre *Pygaspis* e *Notocaris*, pois estes podem ser sinônimos. Afirma serem errôneas as famílias levantadas por Brooks (1962) visto que possuem caracteres dúbios, sugerindo uma revisão da sinonímia *Anthrapalaemon* e *Pygocephalus*, que para o autor não procede como válida. O mesmo autor também indica a necessidade de revisão das espécies sul-africanas.

O estudo dos pigocefalomorfos sul-africanos seria retomado por Fabre e Huard (1967), que descrevem a nova espécie *Pygaspis ginsburgi*, da Formação Whitehill (PI). McLachlan e Anderson (1973) revisam os fósseis e atribuem condição marinha ao Dwyka Group (CS), apontando que durante a deposição da Formação Whitehill (PI) as condições provavelmente não eram marinhas, visto a existência de assembleias fossilíferas contendo crustáceos, répteis *Mesossaurus* e peixes paleoniscídeos. Ainda afirmam que *Anthrapalaemon*, *Pygaspis ginsburgi* e *Notocaris tapscotti* provavelmente se

referem à mesma espécie. Kensley (1975) conclui que os registros de *Notocaris* e *Pygaspis* da Formação Whitehill na África do Sul, tratam-se da mesma espécie.

A discussão taxonômica e sistemática do grupo continuou a ser abordada por Schram (1974a, 1974b e 1979) que impôs alguma ordem no que diz respeito à paleocarcinofauna paleozóica britânica, apontando relações filogenéticas entre os pigocefalomorfos. Ao contrário de Brooks (1962) que classifica o grupo na superordem fóssil Eocarida, o autor localiza-o como ancestral dos atuais Peracarida, definindo como características diagnósticas destes crustáceos a presença de seis pares de toracópodes ambulatoriais, presença de exopoditos, oostegitos (atualmente presentes apenas nos Peracarida), urópodos bem desenvolvidos e ausência de pleópodos. O autor descreve *Jerometichenoria grandis* n. gen., n. sp. (PI), a partir de amostras coletadas na Rússia (SCHRAM, 1978). Yan-Bin (1983) descreve uma nova espécie para o Permiano Inferior, *Chaocaris chinensis*, sendo esta a primeira ocorrência de Pygocephalomorpha na China (YAN-BIN, 1983).

Vieira, Mezzalira, e Ferreira (1991) registram *Liocaris huenei* Beurlen, 1931 em calcários da Formação Irati (Membro Assistência), no município de Montevidiu, GO, associados à mesossaurídeos. Pouco depois, Pinto e Adami-Rodrigues (1996) retomam os estudos das espécies brasileiras, com uma revisão de *Pygaspis brasiliensis* Beurlen, 1934, redefinindo sua diagnose pela percepção de que este possuía abdome reflexo ao invés de estendido, como descrito originalmente. Elaboram uma revisão histórica das espécies mundiais, evidenciando a problemática taxonômica e filogenética que envolve o grupo, atentando para que os futuros estudos taxonômicos fossem baseados em exemplares inteiros, evitando diagnoses errôneas. Validam *Anthrapaelemon* Salter, 1883 e retomam a discussão das famílias elencadas por Brooks (1962), demonstrando as disparidades dentre Pygocephalidae, Teallicarididae e Notocarididae.

O final do século XX e início do século XXI foram marcados por descobertas dentro do grupo. Adami-Rodrigues (1998) discorre sobre novos morfotipos de Pygocephalomorpha registrados na Formação Palermo (CS) em Pantano Grande, RS, e na Formação Irati (PI) em Pantano Grande e Minas do Leão, RS. Em trabalho posterior, aponta as características diagnósticas relevantes de um Pygocephalomorpha, quanto ao formato e à distribuição dos espinhos e linhas suturais da carapaça, além do formato dos somitos, abdome e apêndices, quando preservados (ADAMI-RODRIGUES; PINTO, 2000). Taylor, Yan-Bin e Schram (1998) propõem novos

gêneros e espécies registradas na China, *Tylocaris asiaticus* e *Fujinocaris bifurcatus* (PI), e Hotton et al. (2002) descrevem duas novas espécies registradas no Permiano do Texas (EUA), *Paulocaris schramii* e *Mamayocaris serendipitous*. Piñeiro et al. (2012), registra crustáceos Pygocephalomorpha na Formação Mangrullo (PI, correlata à Formação Irati) no Uruguai. Entretanto os autores baseiam-se em fragmentos de diversos espécimes para descreverem *Hoplita ginsburgi*, a partir de uma combinação com *Pygaspis ginsburgi* Fabre & Huard, 1967.

2.2 Afloramento Passo do São Borja

Embora não haja trabalhos abordando a taxonomia de crustáceos Pygocephalomorpha no afloramento Passo do São Borja, o grupo é citado como abundante em seus registros na área. O conjunto dos trabalhos desenvolvidos no afloramento expõe a diversidade da paleofauna e paleoflora registradas, os principais abaixo citados.

Lavina, Araújo-Barberena e Azevedo (1991) relatam grande ocorrência de fósseis de répteis mesossaurídeos no Passo do São Borja, representados pelos três gêneros descritos, *Mesosaurus*, *Stereosternum* e *Brazilosaurus*. Segundo os autores, o afloramento corresponde ao registro de um mar interior raso, sujeito a ações de costa, a exemplo, ondas de tempestades, fator responsável pela alta mortandade de mesossaurídeos registrada em alguns níveis, onde os esqueletos encontram-se fragmentados e retrabalhados. Soares (2003) analisa a tafonomia destes répteis e descreve a ocorrência de densas compactações de carapaças de crustáceos e restos de troncos silicificados nos níveis de tempestitos.

Adami-Rodrigues, Iannuzzi e Pinto (2004) registram a ocorrência de impressões de insetos fósseis, restos de vegetais, dentre estes folhas e lenhos fossilizados, e crustáceos Pygocephalomorpha. Goetze et al. (2011a), descrevem escamas de peixes paleoniscídeos e identificam a ocorrência de moluscos bivalves (GOETZE et al. 2011b), aumentando a diversidade faunística do afloramento. Matos, Pretto e Simões (2013) em análise da tafonomia dos pigocefalomorfos identificam no registro espécimes totalmente articulados, com apêndices preservados; parcialmente articulados, com junção de cefalotórax e abdome; e coquinas formadas pelo acúmulo de crustáceos desarticulados. Além dos modelos tafonômicos apresentados pelos autores, Corrêa et al. (2012) acrescentam para o registro do Passo do São Borja diferentes tipos de preservação de Pygocephalomorpha: crustáceos

preservados em modo de impressão, indicando a ação de bactérias decompositoras; tridimensionalmente, indicando soterramento rápido ou deposição em fundo anóxico. Segundo os autores a identificação de processos tafonômicos, aliada ao estudo taxonômico, fornece valiosas inferências paleoambientais para o afloramento.

3 Metodologia

3.1 Área de estudo

A Bacia do Paraná corresponde a uma ampla região sedimentar cujo preenchimento é consequência de ciclos tectôno-eustáticos relacionados à evolução da porção oeste do Gondwana durante o Paleozóico e Mesozóico (MILANI et al., 2007). Milani et al. (2007) dividem a Bacia do Paraná em seis supersequências, que abrangem intervalos temporais com dezenas de milhões de anos, onde a supersequência Gondwana I abriga estratos sedimentares do Período Carbonífero ao Eotriássico (Fig.1).

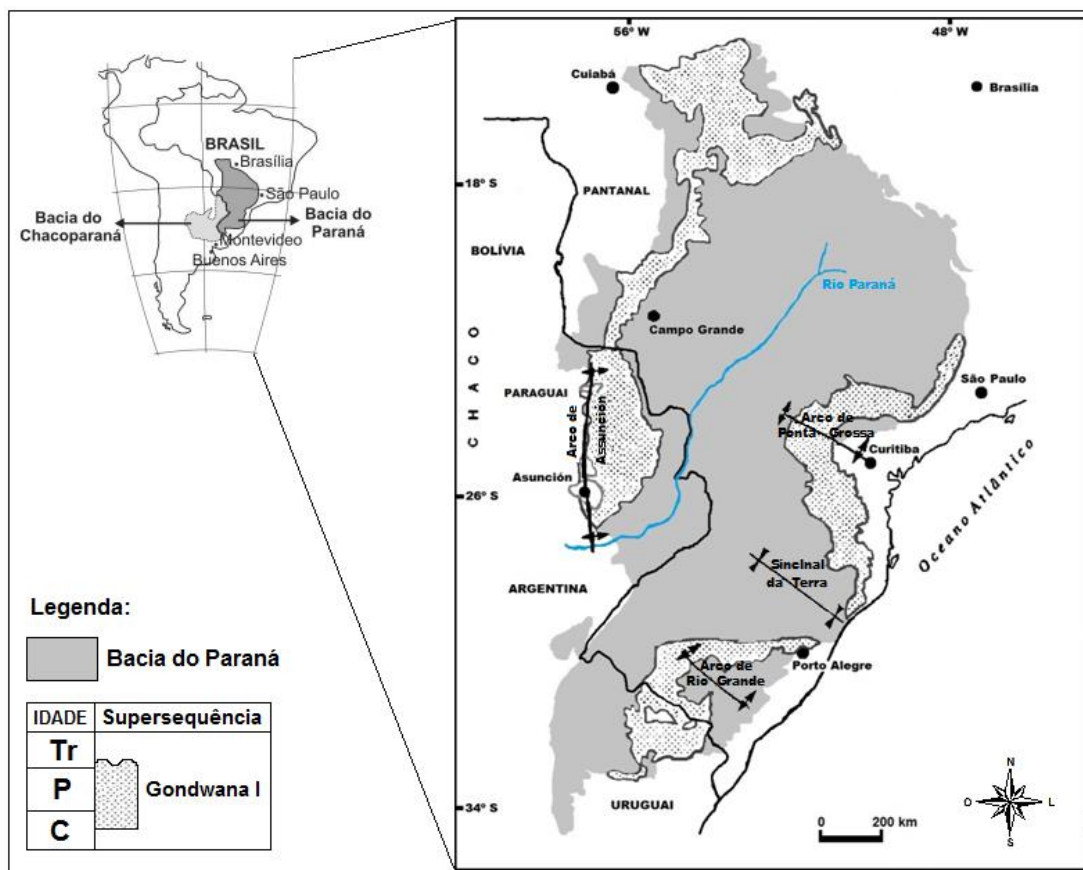


Figura 1 – Localização da Bacia do Paraná e da Supersequência Gondwana I, onde está situada a Formação Irati.

Fonte: Modificado de MILANI; RAMOS, 1998, p. 476.

Na supersequência Gondwana I está localizada a Formação Irati, cuja característica de sobreposição de folhelhos é considerada o máximo transgressivo em um período de relativa estabilidade tectônica da Bacia (LAVINA, ARAÚJO-BARBERENA; AZEVEDO, 1991), correspondendo a um período de restrição na circulação das águas (MILANI et al., 2007) do mar epicontinental Irati-Whitehill (OELOFSEN, 1987).

O afloramento Passo do São Borja (Fig. 2), localizado nas coordenadas GMS 54W 43' 01", 30S 27' 34", situa-se a oeste do município de São Gabriel, RS, às margens do Rio Santa Maria, e apresenta faciologia associada à Formação Irati, porção basal do Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná (LAVINA; ARAÚJO-BARBERENA; AZEVEDO, 1991).

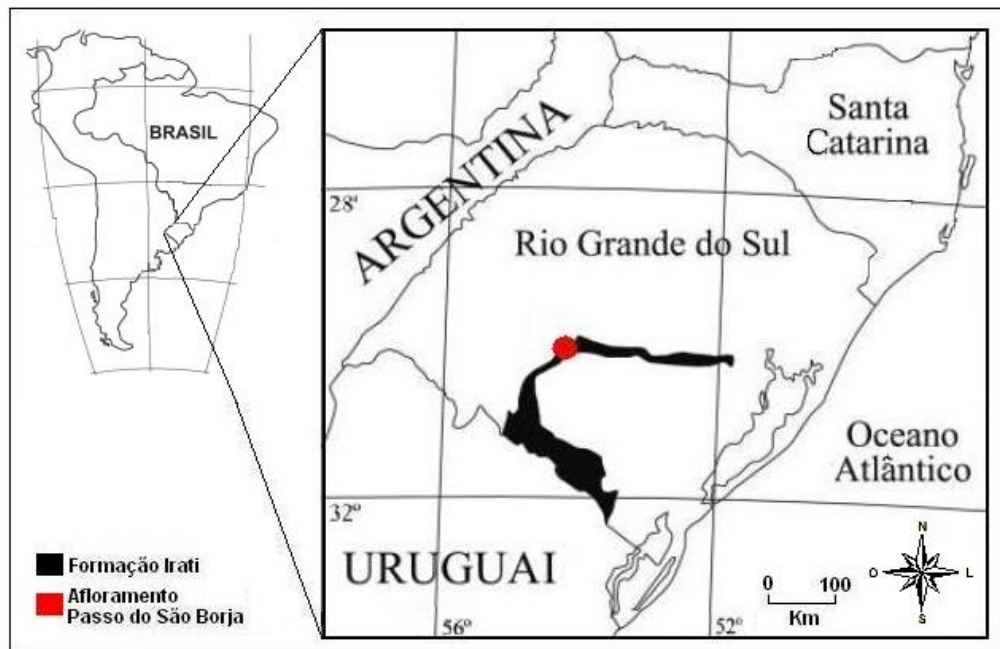


Figura 2 - Áreas de afloramento da Formação Irati, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, no RS.

Fonte: Modificado de SOARES, 2003, p. 350.

O perfil estratigráfico do afloramento (Fig. 3) apresenta a sucessão de folhelhos e siltitos negros betuminosos e não-betuminosos, com intercalações de calcários creme (amarelo-palha quando intemperizados), atribuídos ao Membro Assistência da Formação Irati (LAVINA; ARAÚJO-BARBERENA; AZEVEDO, 1991).

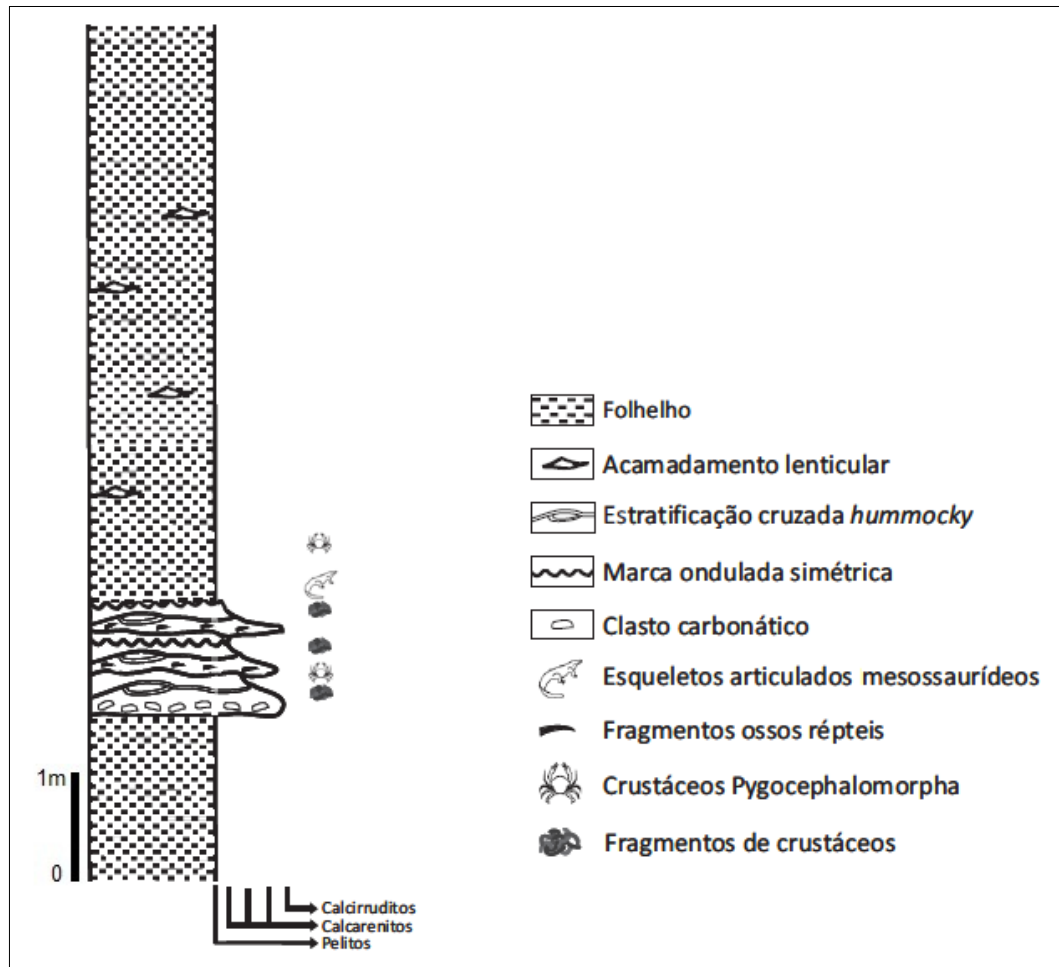


Figura 3 - Perfil estratigráfico do afloramento Passo do São Borja, município de São Gabriel/RS.

Fonte: Adaptado de LAVINA; ARAÚJO-BARBERENA; AZEVEDO, 1991, p. 66 e MATOS; PRETTO; SIMÕES, 2013, p. 103.

Lavina, Araújo-Barberena e Azevedo (1991) descrevem a composição do afloramento com quatro metros basais em sucessões de siltitos e folhelhos betuminosos, alterados por intemperismo, afossilíferas. Acima ocorre um nível de calcirrudito com aproximadamente 20cm de espessura, composto por clastos com cerca de 10cm de diâmetro, angulosos a sub-arredondados, com granodecrescência ascendente. O contato basal com os folhelhos é erosivo e o calcirrudito grada para um calcarenito fino, com 20 a 30cm de espessura, havendo como estruturas primárias laminação ondulada e estratificação cruzada *hummocky*, com até 8m de comprimento de onda e ângulos de truncamento muito baixos. O porte das estratificações cruzadas diminui em direção ao topo, sendo os últimos 5cm de calcarenitos finos com laminação truncada por ondas e a superfície da camada apresenta marcas de ondulações simétricas, com direção das calhas para 340°.

Acima deste calcarenito ocorre uma camada de 10cm de siltitos cinza escuro com acamadamento lenticular e *wavy*, ocorrendo a seguir uma nova camada de calcarenito fino com laminação ondulada na base migrando para estratificação cruzada *hummocky*. Nos níveis de calcarenito há abundância de ossos e fragmentos de ossos de mesossaurídeos, totalmente desarticulados ou com partes articuladas do esqueleto axial (LAVINA; ARAÚJO-BARBERENA; AZEVEDO, 1991).

Os crustáceos utilizados neste estudo estão registrados nos níveis carbonáticos de granulação muito fina (Fig. 4) com laminação plano-paralela. Os crustáceos encontram-se orientados e preservados tridimensionalmente, com cefalotórax e abdome articulados ou não.

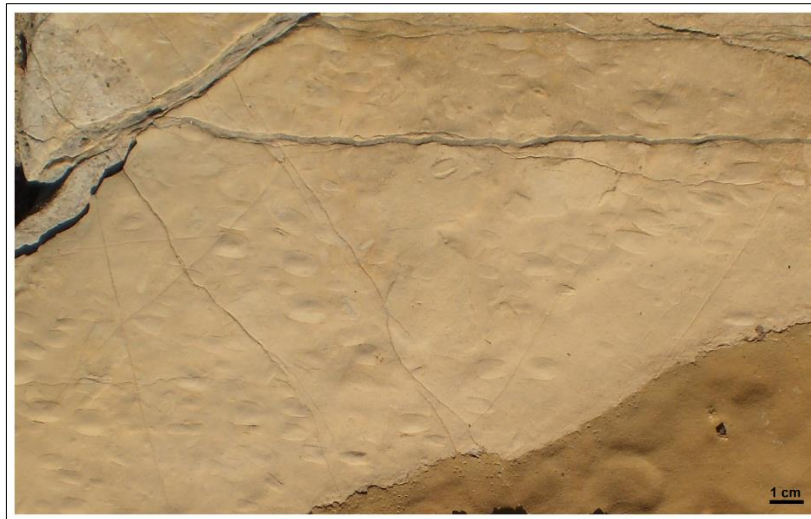


Figura 4 – Calcarenito, em planta, com *Pygocephalomorpha* preservados tridimensionalmente localizados *in situ* no afloramento.

Nos calcários também ocorrem expressivas concentrações de fragmentos de carapaças, densamente empacotadas, formando coquinas, associadas às estratificações cruzadas *hummocky* (MATOS; PRETTO; SIMÕES, 2013). Além dos répteis e crustáceos, nos níveis carbonáticos estão registrados restos vegetais, impressões de insetos (ADAMI-RODRIGUES; IANNUZZI; PINTO, 2004), escamas de peixes paleoniscídeos e bivalves (GOETZE et al. 2011a; 2011b). Acima ocorre uma camada de folhelhos betuminosos negros de 5 a 10cm, onde estão registrados esqueletos articulados de mesossaurídeos com certa orientação. Os 10m superiores do afloramento são compostos por siltitos e folhelhos maciços, com cores de alteração amareladas e avermelhadas, sem qualquer vestígio de répteis (LAVINA;

ARAÚJO-BARBERENA; AZEVEDO, 1991), mas apresentam impressões de Pygocephalomorpha.

3.2 Coleta e identificação das amostras

Foram realizadas duas saídas de campo ao afloramento. As amostras coletadas com auxílio de martelo geológico foram pré-identificadas em campo, embaladas em plástico-bolha e transportadas ao laboratório do Núcleo de Estudos em Paleontologia e Estratigrafia (NEPALE) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Em laboratório as amostras foram triadas com o auxílio de estereomicroscópio, para identificar a presença de crustáceos e outros invertebrados. As amostras contendo pigocefamolorfos foram registradas no livro tombo de Paleoinvertebrados, sob sigla e número NEP_I020 a NEP_I093. As amostras excedentes foram encaminhadas para o acervo didático dos Cursos de Engenharia Geológica e Engenharia do Petróleo da UFPel.

3.3 Preparo das amostras e levantamento dos dados

As amostras com crustáceos foram analisadas em estereomicroscópio MEIJI Techno EMZ-13, onde foram identificados os melhores exemplares para a análise taxonômica e determinadas as condições tafonômicas. As amostras selecionadas para a diagnose foram preparadas, quando necessário, utilizando minibroca ortodôntica e motor de suspensão Beltec, para a retirada do excesso de sedimento nas carapaças silicificadas. Estas foram analisadas em estereomicroscópio com câmara clara MEIJI Techno RZ, onde foi desenvolvido desenho em papel sulfite com lápis grafite, sob aumento de 15x, identificando os principais caracteres diagnósticos segundo a literatura (Fig. 4). As características observadas foram: o formato da carapaça, excluindo o rostro; o formato do rostro, a presença ou ausência de espinhos ântero-laterais, espinhos laterais, espinhos gástricos, espinhos hepáticos; presença ou ausência e formato do sulco cervical, sulco gástrico; presença ou ausência de carena.

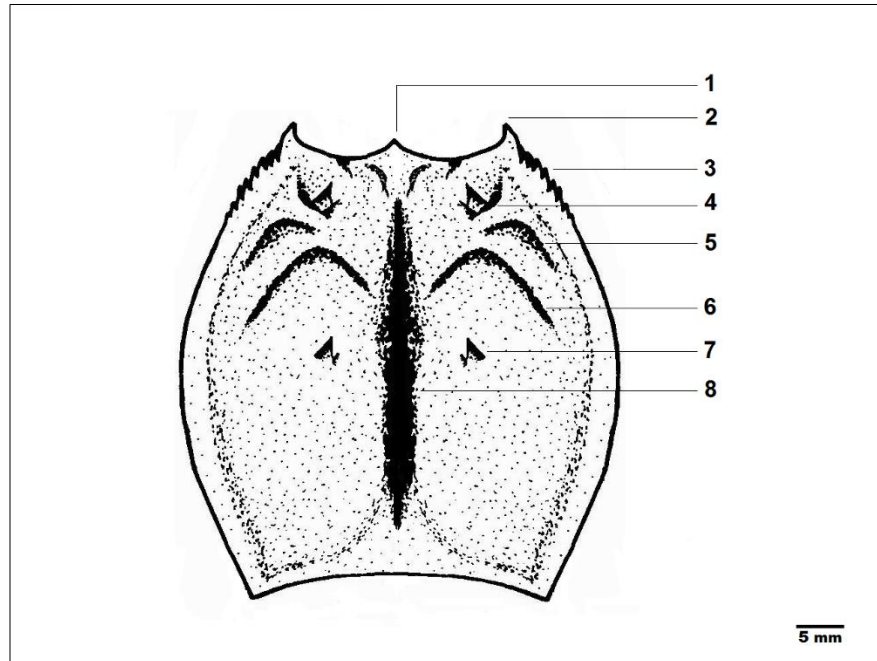


Figura 5 – Representação da carapaça de um Pygocephalomorpha hipotético, em vista dorsal, indicando as principais características diagnósticas para definição de diferentes espécies. Legenda: 1) Rostro, 2) Espinhos ântero-laterais, 3) Espinhos laterais, 4) Espinhos gástricos, 5) Sulco cervical, 6) Sulco gástrico, 7) Espinhos hepáticos, 8) Carena.

Os eixos de medição da carapaça foram definidos (Tab. 1) respeitando a nomenclatura e as linhas suturais descritas na literatura especializada (BROOKS et al., 1969; PINTO, 1971) e foram nomeados de acordo com a estrutura a ser medida (Fig. 5). As medidas levantadas foram lineares, a curvatura das carapaças não foi considerada.

As medições dos eixos foram realizadas com régua milimétrica e para maior precisão diagnóstica as amostras foram fotografadas com câmera Mshot MD90 acoplada ao estereomicroscópio, analisadas no software Mshot Digital Imaging System®, onde os eixos corporais foram medidos digitalmente.

Tabela 1 – Definição dos eixos de medidas estimadas das carapaças de Pygocephalomorpha.

Eixos	Definição
Largura da Margem Anterior (\overline{LMA})	Medida tomada entre as extremidades apicais da margem anterior da carapaça, ou das extremidades apicais dos espinhos ântero-laterais direito e esquerdo, quando houverem.
Largura da Margem Posterior (\overline{LMP})	Medida tomada entre as extremidades apicais da margem posterior da carapaça.
Largura do Sulco Cervical (\overline{LSC})	Medida tomada entre os pontos onde o sulco cervical toca os dois bordos laterais da carapaça.
Largura do Sulco Gástrico (\overline{LSG})	Medida tomada entre os pontos onde o sulco gástrico toca os dois bordos laterais da carapaça.
Largura da Carapaça (\overline{LC})	Medida tomada entre os dois bordos laterais da carapaça, paralelamente ao plano transversal ⁴ da carapaça.
Comprimento do Rostro (\overline{CR})	Medida tomada entre a extremidade apical do rostro e a extremidade basal do rostro ⁵ .
Comprimento do Sulco Cervical (\overline{CSC})	Medida tomada entre a extremidade basal do rostro e o sulco cervical, paralelamente ao plano sagital ⁶ .
Comprimento do Sulco Gástrico (\overline{CSG})	Medida tomada entre a extremidade basal do rostro e o sulco gástrico, paralelamente ao plano sagital.
Comprimento da Carapaça (\overline{CC})	Medida tomada entre a extremidade basal do rostro e a margem posterior da carapaça, paralelamente ao plano sagital.

⁴ Uma linha imaginária que divide o organismo ao meio no sentido horizontal, separando-o em duas metades, superior e inferior.

⁵ A base do rostro corresponde ao ponto em que este toca a margem anterior da carapaça quando traçada uma linha imaginária perpendicular ao rostro.

⁶ Uma linha imaginária no sentido vertical que divide o organismo ao meio, separando-o em duas metades, esquerda e direita.

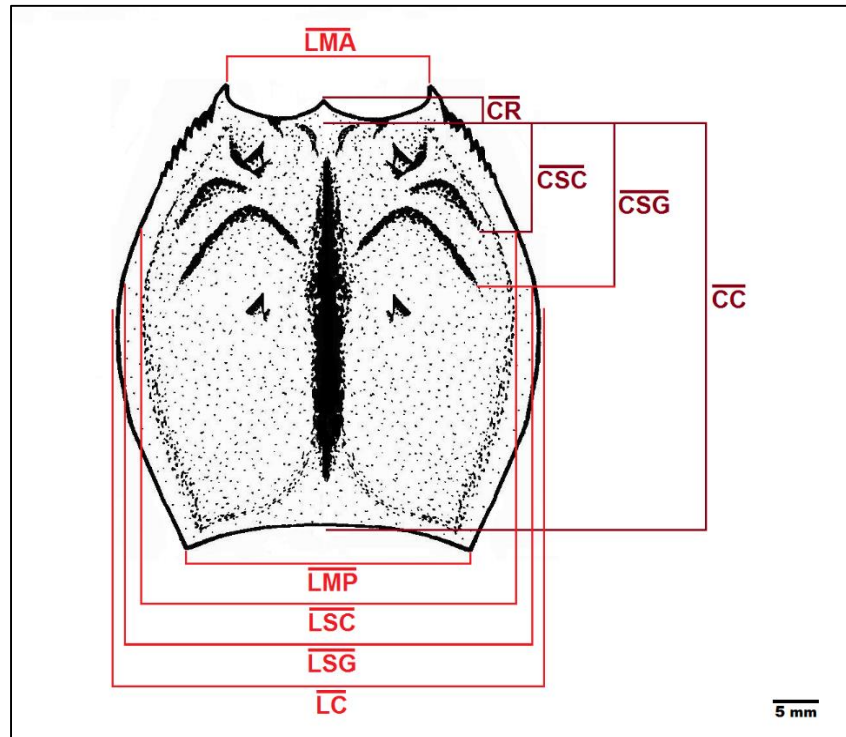


Figura 6 – Representação da carapaça de um Pygocephalomorpha hipotético, em vista dorsal, indicando os eixos corporais utilizados para determinar as dimensões da carapaça. Legenda: Largura da Margem Anterior (\overline{LMA}), Largura da Margem Posterior (\overline{LMP}), Largura do Sulco Cervical (\overline{LSC}), Largura do Sulco Gástrico (\overline{LSG}), Largura da Carapaça (\overline{LC}), Comprimento do Rostro (\overline{CR}), Comprimento do Sulco Cervical (\overline{CSC}), Comprimento do Sulco Gástrico (\overline{CSG}), Comprimento da Carapaça (\overline{CC}).

A título de comparação com os dados obtidos foi criada uma tabela em Excel® com a totalidade de caracteres diagnósticos da carapaça passíveis de serem utilizados para a definição e identificação de Pygocephalomorpha, contemplando as espécies da Bacia do Paraná já descritas na literatura.

As amostras do NEPALE foram comparadas com espécimes depositados nos acervos de invertebrados fósseis do Museu Irajá Damiani Pinto/UFRGS, do Laboratório de Paleoinvertebrados PPGGeo/UFRGS e do Museu de Ciências Naturais da FZB/RS, todos na cidade de Porto Alegre, RS. As amostras das coleções visitadas foram identificadas de acordo com seu número de tombo, localização no perfil estratigráfico e características importantes para a diagnose taxonômica, além de observadas as condições tafonômicas.

Na coleção do Museu Irajá Damiani Pinto/UFRGS, as amostras analisadas estão tombadas sob sigla e número PV0446a/b, PV0447, MP7202 à MP7219a/b; no Laboratório de Paleoinvertebrados PPGGeo/UFRGS, E-16, E-56; e no Museu de Ciências Naturais da FZB/RS, MCN_PV522 a 528, MCN_PV 645 a 654, MCN_PV 798, MCN_PV 968 e 969, MCN_PV 2304 a 2341, MCN_PV 2441, MCN_PV 2856, MCN_PV 3253.

4 Resultados

4.1 Análise do repositório

Das 149 amostras analisadas no acervo do NEPALE, 73 contém crustáceos pigocefalomorfos preservados tridimensionalmente em calcarenitos, dentre as quais foi possível identificar três morfotipos distintos (morfotipo 2, 3 e 4), associados a espécies diferentes. Na coleção do Laboratório de Paleoinvertebrados PPGGeo/UFRGS há 2 amostras de calcarenito com a preservação em três dimensões de carapaças. A amostra E-56, de preservação excepcional, foi utilizada na descrição do morfotipo 1. Na coleção do Museu Irajá Damiani Pinto (UFRGS) há 19 amostras de calcarenito contendo pigocefalomorfos preservados tridimensionalmente por silicificação. A amostra MP7217-UFRGS corresponde ao morfotipo 3. Das 116 amostras do afloramento Passo do São Borja tombadas na FZB/RS, em 57 foi observado registro de fragmentos de crustáceos e carapaças mal preservadas. Apenas as amostras de calcarenito MCN_PV528 e MCN_PV968 foram passíveis de serem identificadas taxonomicamente, correspondendo ao morfotipo 3, dispostas em agregações de espécimes sem ordem aparente.

4.2 Considerações taxonômicas

Para a determinação deste estudo foram selecionadas carapaças preservadas tridimensionalmente em calcarenitos. As medidas e descrições foram realizadas a partir dos espécimes com excelente estado de preservação de caracteres diagnósticos, os quais foram determinados como holótipos dos morfotipos

De acordo com as regras de nomenclatura zoológica, neste trabalho os espécimes serão tratados apenas quanto morfotipos.

Morfotipo1

Material: E-56.

Localidade e horizonte: Afloramento Passo do São Borja, São Gabriel/RS; Formação Irati/Permiano Inferior.

Diagnose: carapaça subarredondada mais larga que longa, presença de espinhos ântero-laterais, espinhos laterais, rostro pouco pronunciado.

Descrição: carapaça subarredondada, mais larga que longa, apresentando 8mm de comprimento no plano sagital (\overline{CC}), a margem anterior é reta com 6mm (\overline{LMA}). A carapaça é mais larga no plano transversal, possuindo 9mm (\overline{LC}). A margem posterior é côncava com 6mm (\overline{LMP}). Apresenta um (1) par de espinhos ântero-laterais curvados em direção ao rostro e um (1) par de três (3) espinhos laterais na margem anterior. O rostro é subtriangular e pouco pronunciado com 0,5mm de comprimento (\overline{CR}). A linha do sulco cervical é pouco acentuada, iniciando na base dos espinhos ântero-laterais e convergindo ao centro da carapaça, com 3mm (\overline{CSC}) (Fig. 6).

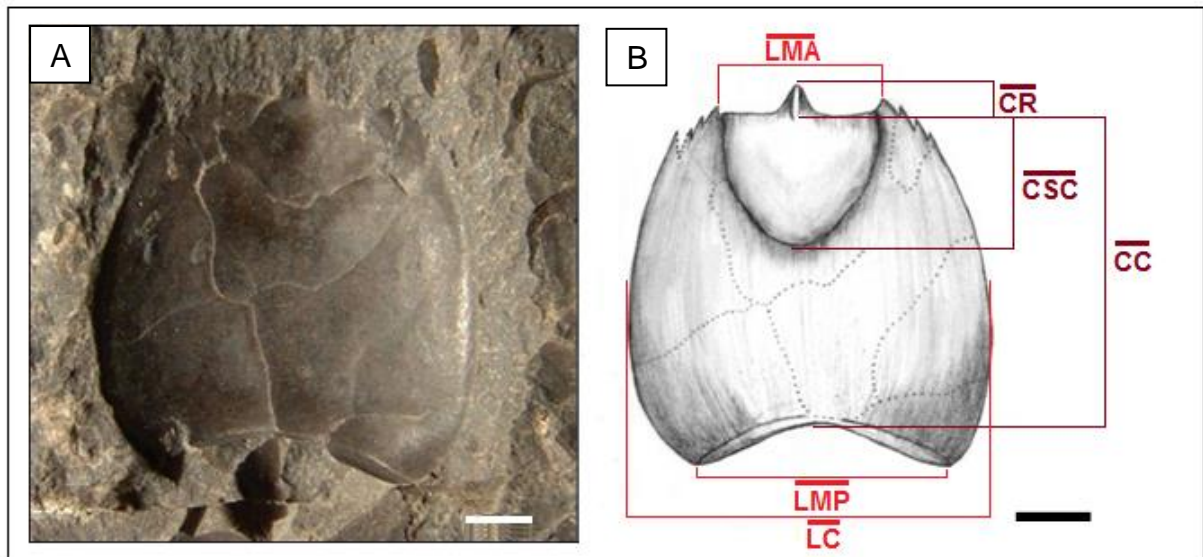


Figura 7 – (A) Fotografia e (B) desenho em câmara clara, em vista dorsal, da carapaça morfotipo 1 (E-56). Escala: 2mm. Legenda: \overline{LMA} = Largura Margem Anterior, \overline{LMP} = Largura Margem Posterior, \overline{LC} = Largura da Carapaça, \overline{CR} = Comprimento do Rostro, \overline{CSC} = Comprimento do Sulco Cervical, \overline{CC} = Comprimento da Carapaça. As linhas pontilhadas indicam zonas de fratura.

Morfotipo 2

Material: NEP_I025.

Localidade e horizonte: Afloramento Passo do São Borja, São Gabriel/RS; Formação Irati/Permiano Inferior.

Diagnose: carapaça sub-retangular, mais longa que larga, ausência de espinhos, rostro subtriangular alongado.

Descrição: carapaça sub-retangular, mais longa que larga, apresentando 10mm de comprimento (\overline{CC}). O rostro subtriangular é alongado com 1,5mm (\overline{CR}) contínuo à margem anterior estreita, com 2mm (\overline{LMA}). A carapaça possui 5mm de largura (\overline{LC}) e a margem posterior levemente côncava com 4mm (\overline{LMP}). O sulco cervical é marcado e converge em concavidade pouco acentuada ao centro da carapaça, medindo 1mm de comprimento (\overline{CSC}) e 4mm de largura (\overline{LSC}). O sulco gástrico em formato de “U” possui linhas duplas e acentuadas, iniciando no mesmo ponto das margens da carapaça que o sulco cervical (\overline{LSG}), com 3mm de comprimento (\overline{CSG}). Ausência de espinhos (Fig. 7).

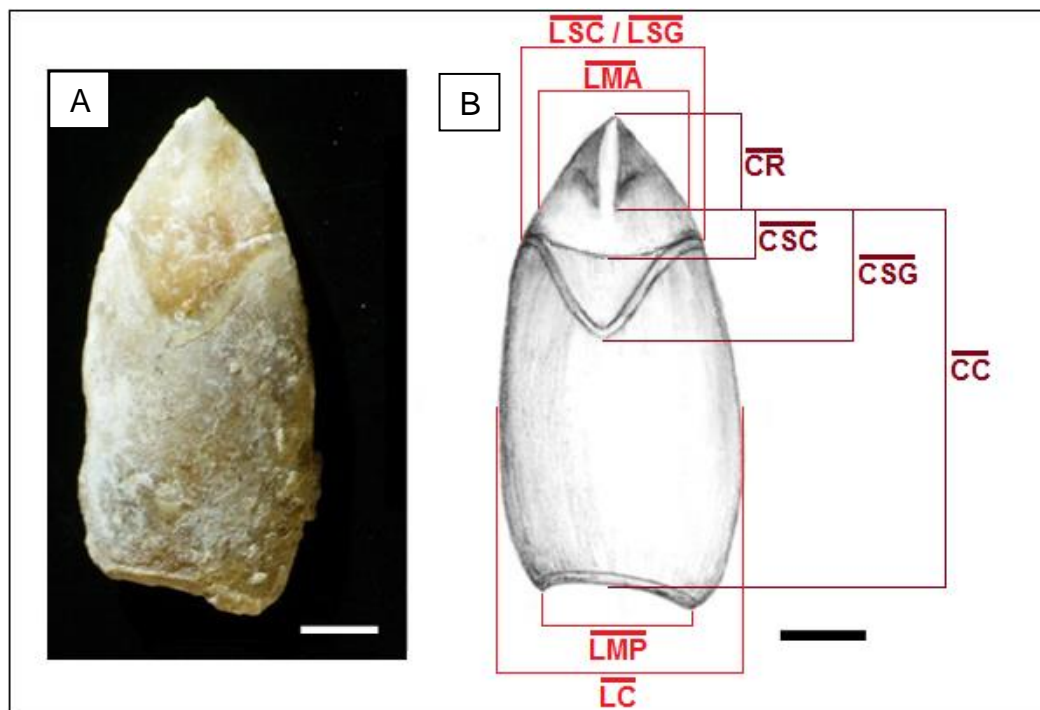


Figura 8 – (A) Fotografia e (B) desenho em câmara clara, em vista dorsal, da carapaça morfotipo 2 (NEP_I025). Barra de escala: 2mm. Legenda: \overline{LSC} = Largura do Sulco Cervical, \overline{LSG} = Largura do Sulco Gástrico, \overline{LMA} = Largura da Margem Anterior, \overline{LMP} = Largura da Margem Posterior, \overline{LC} = Largura da Carapaça, \overline{CR} = Comprimento do Rostro, \overline{CSC} = Comprimento do Sulco Cervical, \overline{CSG} = Comprimento do Sulco Gástrico, \overline{CC} = Comprimento da Carapaça.

Morfotipo 3

Material: NEP_I031.

Localidade e horizonte: Afloramento Passo do São Borja, São Gabriel/RS; Formação Irati/Permiano Inferior.

Diagnose: carapaça ovoide, mais longa que larga, presença de espinhos ântero-laterais, rostro pouco pronunciado.

Descrição: carapaça ovoide, mais longa que larga com 8,5mm de comprimento (\overline{CC}), margem anterior côncava com 2mm (\overline{LMA}). O plano transversal apresenta 6,5mm (\overline{LC}). A margem posterior é côncava e possui 3mm de largura (\overline{LMP}). Presença de um (1) par de espinhos ântero-laterais. O rostro subtriangular é pouco pronunciado com 0,5mm de comprimento (\overline{CR}). O sulco gástrico é marcado, inicia nas margens e converge ao centro da carapaça, medindo 3mm de comprimento (\overline{CSG}) e 2,5mm de largura (\overline{LSG}) (Fig. 8).

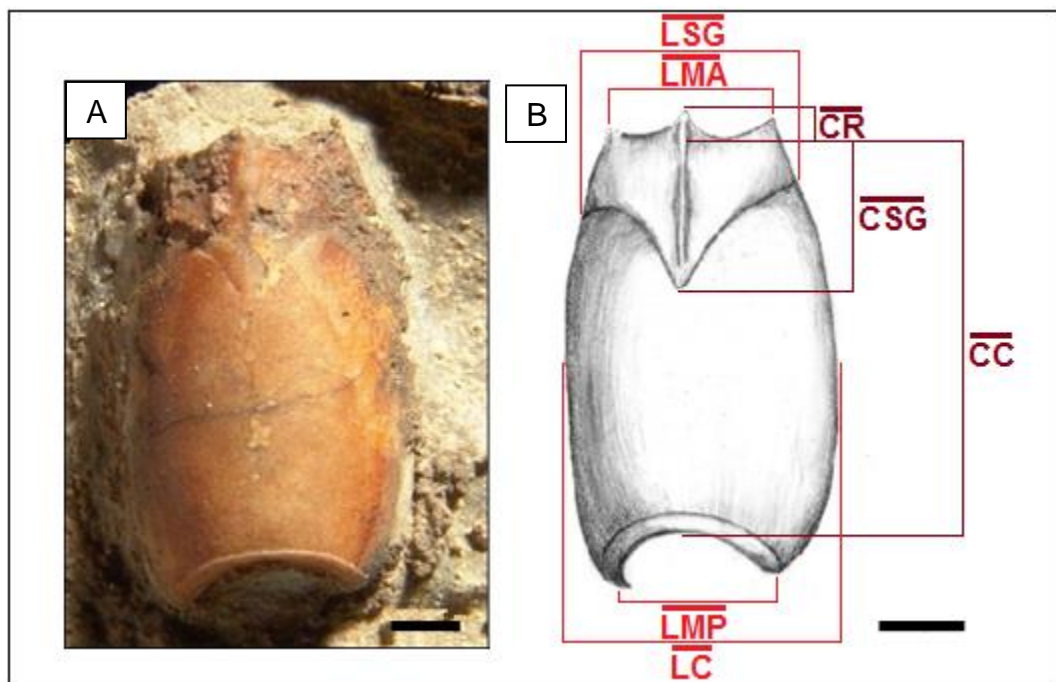


Figura 9 – (A) Fotografia e (B) desenho em câmara clara, em vista dorsal, da carapaça morfotipo 3 (NEP_I031). Barra de escala: 2mm. Legenda: \overline{LSG} = Largura do Sulco Gástrico, \overline{LMA} = Largura da Margem Anterior, \overline{LMP} = Largura da Margem Posterior, \overline{LC} = Largura da Carapaça, \overline{CR} = Comprimento do Rostro, \overline{CSG} = Comprimento do Sulco Gástrico, \overline{CC} = Comprimento da Carapaça.

Morfotipo 4

Material: NEP_I026.

Localidade e horizonte: Afloramento Passo do São Borja, São Gabriel/RS; Formação Irati/Permiano Inferior.

Diagnose: carapaça subtriangular, ausência de espinhos, rostro alongado.

Descrição: carapaça subtriangular, mais longa que larga, com 11mm de comprimento (\overline{CC}), e 9mm de largura (\overline{LC}). A metade posterior é mais alargada que a anterior, apresenta margem anterior reta com 3mm (\overline{LMA}), e margem posterior côncava com 5,5mm (\overline{LMP}). O rostro é subtriangular e alongado, com 0,8mm (\overline{CR}). O sulco cervical possui linhas pouco acentuadas, com 5mm de comprimento (\overline{CSC}) e 3,5mm de largura (\overline{LSC}). Não apresenta espinhos (Fig. 9).

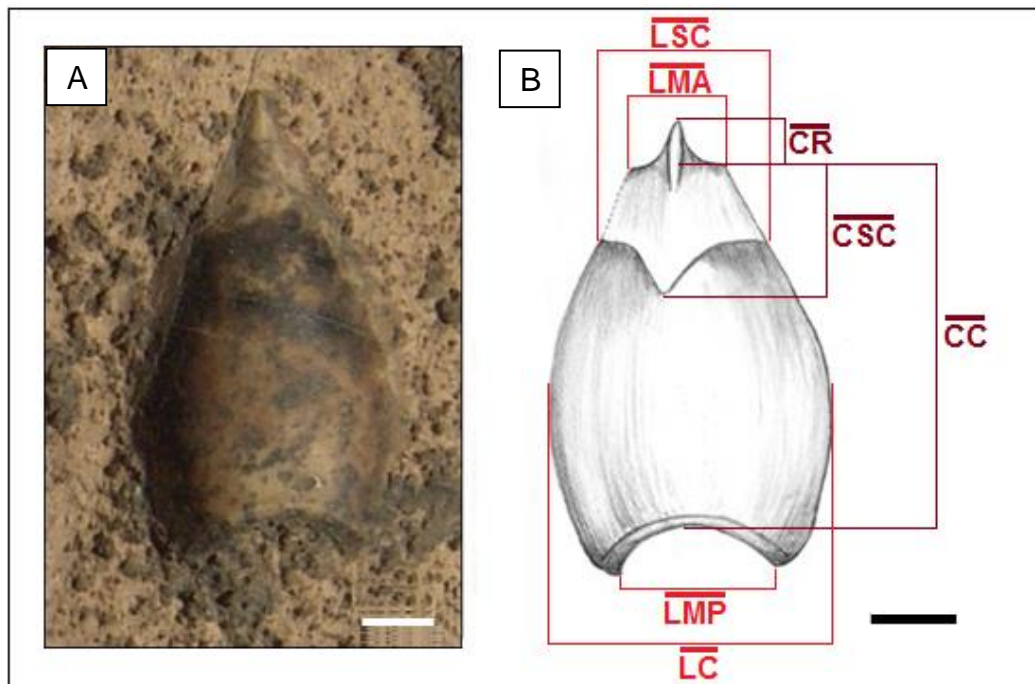


Figura 10 – (A) Fotografia e (B) desenho em câmara clara, em vista dorsal, da carapaça morfotipo 4 (NEP_I026). Barra de escala: 2mm. Legenda: \overline{LSC} = Largura do Sulco Cervical, \overline{LMA} = Largura da Margem Anterior, \overline{LMP} = Largura da Margem Posterior, \overline{LC} = Largura da Carapaça, \overline{CR} = Comprimento do Rostro, \overline{CSC} = Comprimento do Sulco Cervical, \overline{CC} = Comprimento da Carapaça.

4.3 Levantamento das espécies da Bacia do Paraná

No levantamento e análise bibliográfica, foram elencados caracteres fundamentais para a identificação de carapaças das sete espécies de Pygocephalomorpha descritos para a Bacia do Paraná, conforme Tab. 2.

Tabela 2 – Localização e caracteres diagnósticos das carapaças de espécies de Pygocephalomorpha da Bacia do Paraná.

	<i>Paulocaris pachecoi</i> Clarke, 1920	<i>P. clarkei</i> Beurlen, 1953	<i>P. marianoi</i> Beurlen, 1953	<i>Liocaris angusta</i> Beurlen, 1931	<i>L. huenei</i> Beurlen, 1931	<i>Pygaspis brasiliensis</i> Beurlen, 1934	<i>P. quadrata</i> Beurlen, 1934
Litologia	folhelho betuminoso	folhelho betuminoso	calcário	calcário	calcário	folhelho betuminoso	folhelho betuminoso
Localidade na Bacia	Guareí/SP	Irati/PR, Rio Claro/SP	Dom Pedrito, Bagé/RS	Rio Claro/SP	Rio Claro/SP	Lages/SC	Lages/SC
Comprimento	?	2,5mm	6 - 10mm	quase 2x maior que a largura	quase igual que a largura	7,4mm	?
Largura	15mm - 20mm	3mm	?	?	?	7,3mm	?
Formato	semicircular ou unguilar	arredondada	ovoide	retangular	trapeziforme arredondada	ovóide (terço anterior mais alargado)	ovóide (terço posterior mais alargado)
Rostro	acentuado e pronunciado	1,4mm	curto	acentuado	acentuado, pontiagudo	0,8mm	curto
Espinhas ântero-laterais	sim	não	não	não	não	não	não
Espinhas laterais	sim	não	não	não	não	não	não
Espinhas gástricas	sim	não	não	não	não	não	não
Espinhas hepáticas	não	não	não	não	não	não	não
Sulco cervical	não	sim	sim	sim	sim	não	não
Carena	sim	levemente marcada	não	não	não	não	não
Ornamentação	papilosa ou linear	tubérculos	não	pequenas depressões	pequenas depressões	papilosa	?
Doblure	sim	não	não	não	não	sim	sim

4.4 Considerações tafonômicas

No afloramento em estudo os Pygocephalomorpha estão registrados sob dois tipos de fossilização: tridimensional e impressão, com diferentes condições tafonômicas, conforme descritas abaixo.

I) Pigocefalomorfos com exoesqueletos completos, articulados e com preservação de apêndices. Os crustáceos com este tipo de preservação encontram-se nos folhelhos betuminosos acima dos níveis carbonáticos, na forma de impressão, onde estão registrados isolados e sem ordem específica. Também ocorrem preservados tridimensionalmente, substituídos por sílica (MATOS; PRETO; SIMÕES, 2013) nos níveis de calcarenito fino, e ocorrem isolados ou junto a indivíduos desarticulados, sem ordem ou direção aparente.

II) Pigocefalomorfos com exoesqueletos desarticulados, com carapaça e abdome inteiros. Este tipo de registro é verificado nos calcarenitos, onde os crustáceos fósseis estão preservados em três dimensões, substituídos por sílica (MATOS; PRETO; SIMÕES, 2013). Ocorrem agregados em ordem aparente, com indicação de corrente, ou ainda desordenados em meio a ossos articulados e desarticulados de mesossaurídeos.

III) Pigocefalomorfos com exoesqueleto totalmente desarticulado e fragmentado. Este tipo de preservação é comum no afloramento, ocorrendo em diferentes níveis da camada carbonática. O grau de fragmentação é variável, havendo acúmulo de carapaças e abdoes, de diferentes táxons, levemente até altamente fragmentadas. A característica comum é o alto grau de empacotamento, formando coquinas.



Figura 11 – Tipos de preservação de Pygocephalomorpha nos níveis de calcarenito do afloramento: (A) tipo 1: exoesqueletos articulados, (B) tipo II: exoesqueletos desarticulados, (C) tipo III: exoesqueletos fragmentados, o grau de fragmentação é variável, bem empacotados, formando coquinas.

As amostras descritas neste estudo provêm dos níveis de calcarenito deste afloramento e correspondem ao tipo II de preservação: carapaças inteiras desarticuladas do abdome, preservadas em três dimensões, substituídas por sílica

5 Discussão

5.1 Aspectos taxonômicos

O registro expressivo de carapaças, em detrimento de abdomes e apêndices, encontrado no afloramento deve-se ao fato de que as carapaças de crustáceos, devido à maior densidade do exoesqueleto quitinoso e biomineralizado, são preservadas em melhores condições no registro fóssil (SCHRAM, 1982), sendo amplamente utilizadas para a diagnose taxonômica (BROOKS, 1962; ADAMI-RODRIGUES; PINTO, 2000). Motivo este que determinou a escolha de carapaças preservadas em três dimensões para a determinação dos morfotipos, os quais correspondem a espécies distintas que virão a ser descritas em publicação adequada.

A dificuldade encontrada em estabelecer comparações com as espécies descritas para a Bacia do Paraná está na falta de detalhamento das descrições originais. Conforme evidenciado pela tabela 2 (p. 34) a maioria das espécies descritas não apresenta dados ordinários, como as medições corporais que permitem estabelecer o tamanho da carapaça e de estruturas de importância taxonômica, como o rostro. A problemática envolvendo descrições taxonômicas de Pygocephalomorpha que geraram diagnoses errôneas no grupo é apontada por Pinto e Adami-Rodrigues (1996), onde os autores orientam para que descrições não sejam realizadas por meio de fragmentos justapostos, utilizando como critério estarem presentes na mesma amostra. Os acúmulos de carapaças de diferentes táxons e a diversidade de morfotipos encontrados no afloramento em estudo reforçam esta afirmação.

Dos quatro morfotipos registrados no afloramento, três deles são inéditos no registro fóssil. Apesar do morfotipo 1 assemelhar-se à *Paulocaris pachecoi* Clarke, 1920 no formato da carapaça semicircular e na presença de espinhos ântero-laterais e laterais, a descrição realizada por Clarke (1920) identifica a existência de espinhos gástricos e de uma carena mediana, caracteres não observadas nos espécimes analisados. Ainda, *Paulocaris pachecoi* têm sua ocorrência restrita, até o momento, aos

folhelhos betuminosos da Formação Irati (CLARKE, 1920; BEURLEN, 1953; MEZZALIRA, 1954), sendo assim assume-se que o morfotipo 1 pertença a um novo gênero. A comparação dos morfotipos 3 e 4 resultou no ineditismo dos espécimes, não havendo, até o momento, correspondentes na literatura.

Já o morfotipo 2 contém características determinadas para *Liocaris angusta* Beurlen, 1931, como o formato e tamanho da carapaça, rostro e ausência de espinhos. Devido ao fato desta espécie ter sido descrita originalmente a partir de carapaças tridimensionais isoladas, ou seja, desarticuladas do abdome (BEURLEN, 1931), o morfotipo 2 pode ser seguramente classificado como *L. angusta*. A ocorrência em níveis de calcarenitos no afloramento é compatível com a distribuição prévia conhecida desta espécie na Formação Irati, registrada em níveis de calcário nos municípios de Rio Claro/SP (BEURLEN, 1931), Tatuí/SP (MEZZALIRA, 1954). O registro desta espécie em pontos distintos e distantes na Formação Irati, Bacia do Paraná, contribui para futuras interpretações da distribuição paleobiogeográfica da paleocarcinofauna gondwânica.

Além de *Liocaris angusta*, as espécies *Liocaris huenei* e *Paulocaris mariano* estão registrados em calcários da Formação Irati, sendo que ambas as espécies de *Liocaris* foram registradas nos calcários de Rio Claro/SP (BEURLEN, 1931), enquanto *Paulocaris mariano* registra-se nos calcários de Dom Pedrito/RS (BEURLEN, 1953). Neste sentido a diversidade de morfotipos encontrados nos níveis de calcário do afloramento Passo do São Borja é marcante e inédita, podendo corresponder à preservação de uma comunidade com especiação local (Fig. 11). Estudos futuros são necessários para compreender a estrutura da comunidade, e segundo Schram (1981), a identificação de comunidades de invertebrados e o seu entendimento através do tempo, permite verificar os mecanismos evolutivos envolvidos no surgimento de novas espécies.

5.2 Implicações tafonômicas na leitura paleoambiental

Lavina, Araújo-Barberena e Azevedo (1991) propõem que a sobreposição de folhelhos e calcários registrada no afloramento, e as condições tafonômicas de sua paleofauna associada, corresponde a eventos episódicos fora da normalidade dos processos naturais do mar Irati-Whitehill.

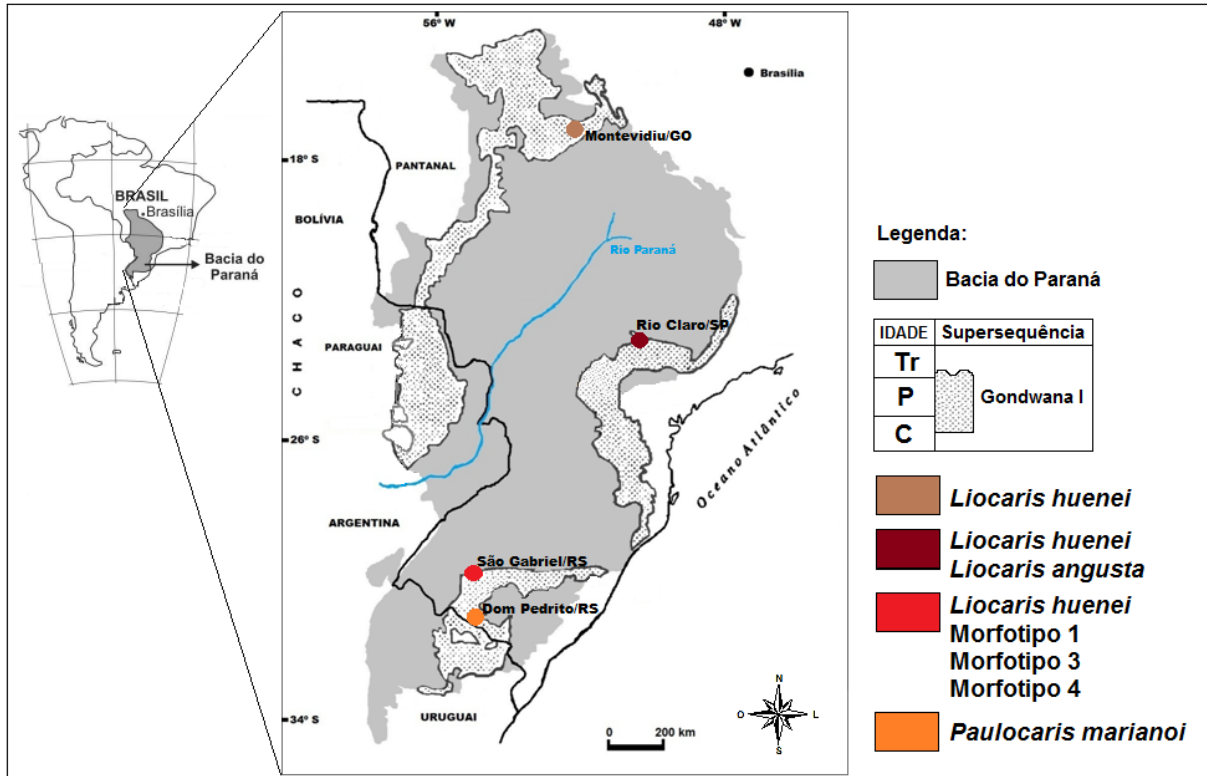


Figura 12 – Distribuição de Pygocephalomorpha em calcários da Formação Irati, Bacia do Paraná.

Fonte: modificado de MILANI; RAMOS, 1998, p. 476.

As condições normais daquele mar epicontinental eram de águas rasas (até 200m), calmas e de baixa salinidade. As águas eram estratificadas, havendo desenvolvimento de uma termo-oxiclina, com águas mais profundas frias, densas, de alta salinidade e baixo oxigênio; e águas superficiais mais quentes, com menor densidade, salinidade e bem oxigenadas (SOARES, 2003). As condições climáticas durante a deposição do Membro Assistência seriam cíclicas, alternando estações secas e chuvosas, ocorrendo pequenas alterações no nível do mar ao longo do tempo geológico, evidenciadas no nordeste da Bacia do Paraná pelos ritmitos de calcários dolomíticos e folhelhos betuminosos (HOLZ et al., 2010). Na porção sul da Bacia, os folhelhos betuminosos predominam, mas há intercalações de calcários com estratificação cruzada *hummocky* (tempestitos carbonáticos) (HOLZ et al., 2010), sendo esta a faciologia encontrada no afloramento Passo do São Borja, possivelmente gerada por tempestades de inverno no mar Irati-Whitehill (Fig. 12) (LAVINA; ARAÚJO-BARBERENA; AZEVEDO, 1991).

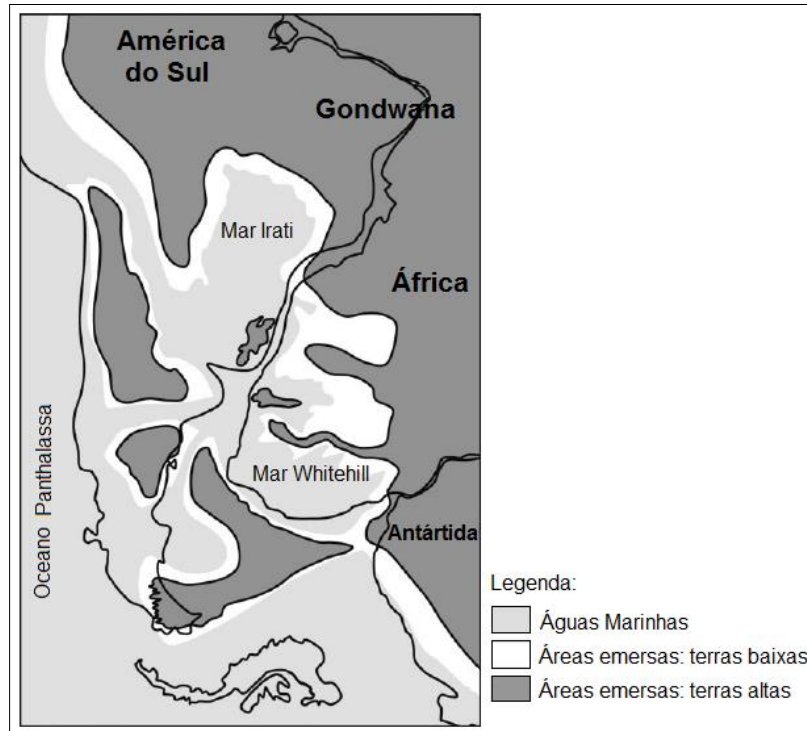


Figura 13 – Reconstrução paleogeográfica do mar Irati-Whitehill.

Fonte: modificado de SOARES, 2003, p. 350.

As ondas de tempestade que atingiam a plataforma causavam erosão nos depósitos costeiros, colocando o material em suspensão e redepositando em porções mais profundas. As camadas síltico-arenosas, com laminação ondulada e estratificação cruzada hummocky, entre os depósitos pelíticos seriam evidências deste cenário (LAVINA; ARAÚJO-BARBERENA; AZEVEDO, 1991).

Assim a preservação de crustáceos silicificados e totalmente articulados nos níveis de calcarenitos com estratificação cruzada *hummocky* (MATOS; PRETTO e SIMÕES, 2013) é significativa para interpretações tafonômicas. Segundo Matos; Pretto e Simões, 2013, a preservação de indivíduos completos corresponde a condições de soterramento rápido com mínimo distúrbio de fundo, onde súbitos aumentos no aporte de sedimentos recobriram organismos recém-mortos. Outra interpretação é dada por Távora et al., 2002, em que associa a preservação de decápodes tridimensionais e articulados à exumação, reorientação e rápido soterramento de animais ainda vivos, processos compatíveis com ações geradas por ondas de tempestade. Neste trabalho foi possível interpretar, pela ótima qualidade de preservação dos crustáceos e das estruturas sedimentares plano-paralelas observadas em campo (Fig. 4, pg. 23), que a presença de exoesqueletos articulados

depositados no topo das estratificações cruzadas *hummocky*, trata-se de crustáceos recém-mortos que decantavam após a passagem da tempestade, devido ao comportamento hidrodinâmico semelhante ao dos sedimentos muito finos. Sendo reorientados por uma corrente de água de baixa velocidade logo após a deposição.

A desarticulação de crustáceos indica a exposição dos indivíduos na interface sedimento-água, havendo tempo para organismos decompositores consumirem os tecidos de conexão. Estudos com decápodes demonstram que a desarticulação da junção cefalotórax-abdome leva entre duas a seis semanas (ALLISON, 1988; BRIGGS; KEAR, 1994, PLOTNICK; 1986, 1988). O baixo nível de abrasão das carapaças é indicativo de pouco transporte, e pouco tempo de exposição.

Todavia o tipo de preservação mais comum dos crustáceos no afloramento é o denso acúmulo de exoesqueletos fragmentados formando coquinas. A fragmentação indica retrabalhamento e transporte de restos soterrados, em ambientes de alta energia, implicando em mistura temporal (*time-averaging*) (HOLZ; SIMÕES, 2002). Matos, Pretto e Simões, 2013 em análise dos tipos de concentrações de carapaças de Pygocephalomorpha identificaram que no afloramento as acumulações ocorrem associadas a estruturas sedimentares, como marcas onduladas e estratificação cruzada *hummocky*, representando deposição por tempestitos proximais.

6 Conclusões

Dos quatro morfotipos de Pygocephalomorpha descritos três são inéditos (morfotipos 1, 3 e 4).

O morfotipo 2 corresponde à *Liocaris angusta* Beurlen, 1931, previamente descrito para os calcários de Rio Claro/SP.

Nos níveis de calcário os restos de crustáceos estão fossilizados por silicificação, havendo três tipos de preservação. Tipo I: pigocefalomorfos com exoesqueletos completos, articulados e com preservação de apêndices; tipo II: com exoesqueletos desarticulados, com carapaça e abdome inteiros; tipo III: exoesqueleto totalmente desarticulado e fragmentado.

Os quatro morfotipos descritos pertencem à preservação tipo II, nos níveis de calcarenito do afloramento Passo do São Borja.

O tipo de preservação mais comum dos crustáceos no afloramento é o acúmulo de exoesqueletos fragmentados, formando coquinas (tipo III). A fragmentação indica retrabalhamento e transporte de restos soterrados, em ambientes de alta energia, implicando em mistura temporal.

No levantamento de espécimes das coleções do Museu Irajá Damiani Pinto (UFRGS), do Laboratório de Paleoinvertebrados (UFRGS), do Museu de Ciências Naturais FZB/RS, verificou-se que o tipo III de preservação predominou entre as amostras analisadas, porém em algumas amostras foi possível constatar o registro de carapaças do morfotipo 3.

Visto que a diversidade de morfotipos encontrados nos níveis de calcário do afloramento Passo do São Borja é marcante e inédita para a Bacia do Paraná, sugere-se que corresponda ao registro de uma comunidade com especiação local.

A intercalação de calcários nos folhelhos registrada no afloramento corresponde a períodos de eventos episódicos fora da normalidade dos processos naturais do mar Irati-Whitehill.

Referências

- ADAMI-RODRIGUES, K. **Crustáceos permianos da faixa Minas do Leão - Pantano Grande, RS e sua posição estratigráfica**. 1998. 61f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ADAMI-RODRIGUES, K.; IANNUZZI, R.; PINTO, I. D. Permian plant-insect interactions from a Gondwana flora of southern Brazil. **Fossils and Strata**, v. 51, n.1, p. 106-125, 2004.
- ADAMI-RODRIGUES, K.; PINTO, I. D. Os Crustáceos - Ordem Pygocephalomorpha. In: **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. p. 141-147.
- ALLISON, P. A. The role of anoxia in the decay and mineralization of proteinaceous macro-fossils. **Paleobiology**, v. 14, n. 2, p. 139-154, 1988.
- BEURLEN, K. Crustaceenrest der Mesosaurierschichten (Unterperm) von Brasilien (São Paulo). **Paläontologische Zeitschrift**, v. 13, n.1/2, p. 35-50, 1931.
- BEURLEN, K. Die Pygaspiden, eine neue Crustaceen-(Entomostraceen)-Gruppe aus den Mesosaurier führenden Iraty-Schichten Brasiliens. **Paläontologische Zeitschrift**, v. 19, n. 1, p. 122-138, 1934.
- BEURLEN, K. O gênero *Paulocaris* Clarke nas camadas do Brasil meridional. **Notas preliminares e estudos DNPM/DGM**, n. 65, p. 1-8, 1953.
- BRIGGS, D. E. G.; KEAR, A. J. Decay and mineralization of shrimps. **Palaios**, v. 9, n. 5, p. 431-456, 1994.
- BROOKS, H. K. The Paleozoic Eumalacostraca of North America. **Bulletins of American Paleontology**, v. 44, n. 202, p. 163-335, 1962.
- BROOKS, H. K.; CARPENTER, F. M.; GLAESSNER, M. F.; HAHN, G.; HESSLER, R. R.; HOFFMAN, R. L.; HOLTHUIS, L. B.; MANNING, R. B.; MANTON, S. M.; McCORMICK, L.; MOORE, R.C.; NEWMAN, W. A.; PALMER, A. R.; RLFE, W. D. I.; TASCH, P.; WITHERS, T. H.; ZULLO V. A. Crustacea (Except Ostracoda), Myriapoda – Hexapoda. In: **Treatise on Invertebrate Paleontology**. New York City: Russel Rutter Company, 1969. p. 332-345.

- BROOM, R. On the *Pygocephalus*-like Crustacean of the South African Dwyka. **Proceedings of the Zoological Society of London**, v. 101, n. 2, p. 571-573, 1931.
- CLARKE, J. M. 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, 1920.
- CORRÊA, R. C.; ADAMI-RODRIGUES, K.; URBAN, C.; PAZINATO, P. G.; GOETZE, B. Tafonomia de Pygocephalomorpha da Formação Irati, Bacia do Paraná, afloramento Passo do São Borja, RS. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEOINVERTEBRADOS, 2012, Bauru. **Anais do...**, Bauru: Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2012. p. 40.
- FABRE, J.; HUARD, D. Un arthropode nouveau des Upper Dwyka Shales *Pygaspis ginsburgi*, nov. sp. **Annales de Paleontologie. Invertebres**, v. 53, n. 2, p. 121-147, 1967.
- GOETZE, B. A.; ADAMI-RODRIGUES, K.; AMBROSI, E.; JENISCH, A.; SILVA, R. F. Registro inédito de Sarcopterygii no afloramento Passo do São Borja, Formação Irati, Rio Grande do Sul. In: XX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UFPEL, 2011, Pelotas. **Anais do ...**, Pelotas, 2011a.1 CD-ROM.
- GOETZE, B. A.; URBAN, C.; SCOMAZZON, A. K.; ADAMI-RODRIGUES, K.; SILVA, R. F. Primeira ocorrência bivalves na associação fossilífera do Passo do São Borja, Formação Irati, Rio Grande do Sul. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 2011, Natal. **Anais do...**, Natal: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2011b. p. 506-508.
- HAUGHTON, S. H. A review of the reptilian fauna of the Karroo System of South Africa. **Transactions of the Geological Society of South Africa**, v. 22, n. 1, p. 1-25, 1919.
- HOLZ, M.; SIMÕES, M.G. **Elementos Fundamentais de Tafonomia**. Porto Alegre: UFRGS, 2002, 231p.
- HOTTON, N.; FELDMANN, R. M.; HOOK, R. W.; DIMICHELE, W. A. Crustacean-bearing continental deposits in the Petrolia Formation (Leonardian Series, Lower Permian) of North-Central, Texas. **Journal of Paleontology**, v. 76, n. 3, p. 486-494, 2002.
- HUXLEY, T. H. Description of a new crustacean (*Pygocephalus cooperi*, Huxley) from the Coal Measures. **Quarterly Journal of Geological Society**, v. 13, n. 1, p. 363-369, 1857.
- INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES (IUGS). **International Chronostratigraphic Chart**. Carta desenvolvida pela Comissão Internacional de Estratigrafia, [Janeiro, 2013]. Disponível em: <<http://stratigraphy.org>> Acesso em: 05 dez 2013.

KENSLEY, B. Taxonomic status of the pygocephalomorphic Crustacea from the Dwyka 'White Band' (Permo-Carboniferous) of South Africa. **Annals of the South African Museum**, v. 67, n.3, p. 25-33, 1975.

LAVINA, E. L.; ARAÚJO-BARBERENA, D. C.; AZEVEDO, S. A. K. 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, 1991.

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

MATOS, S. A.; PRETTO, F. A.; SIMÕES, M. G. 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, 2013.

MCLACHLAN, R.; ANDERSON, A. A review of the evidence for marine conditions in southern Africa during Dwyka times. **Palaeontologica Africana**, v.15, n.1, p. 37-64, 1973.

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

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G; SOUZA, P. A.; FERNANDES L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências Petrobrás**, v. 2, n. 15, p. 265-287, 2007.

MILANI, E. J., RAMOS, V. Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, n. 4, p. 473-484, 1998.

OELOFSEN, B. V. 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, 1987. p. 131-138.

PEACH, B. N. Further researches among the Crustacea and Arachnida of the Carboniferous rocks of the Scottish Border. **Proceedings of the Royal Society of Edinburgh**, v. 30, n. 3, p. 511-529, 1883.

PIÑEIRO, G.; MOROSI, E.; RAMOS, A.; SCARABINO, F. Pygocephalomorph crustaceans from the Early Permian of Uruguay: Constraints on taxonomy. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 15, n. 1, p. 33-48, 2012.

PINTO, I. D. 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, 1971.

PINTO, I. D.; ADAMI-RODRIGUES, K. Pygocephalomorph Crustacea. New data and interpretations, with emphasis on Brazilian and South African forms. **Pesquisas**, v. 23, n. 1, p. 41-50, 1996.

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

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

PRESTWICH, J. On the geology of the Coalbrookdale. **Transactions of the Geological Society of London**, v. 5, n. 3, p. 413-495, 1840.

ROGERS, A. W.; DUTOIT, A. L. The Karoo System. In: **An introduction to the geology of Cape Colony**. London: Longmans Green, 1909. p. 166-233.

SALTER, J. W. On some fossil Crustacea from the Coal-measures and Devonian rocks of British North America. **Quarterly Journal of Geological Society**, v. 19, n. 2, p. 75-80, 1863.

SALTER, J. W. On some higher Crustacea of the British Coal Measures. **Quarterly Journal of Geological Society**, v. 17, n. 1, p. 528-533, 1861.

SCHRAM, F. R. British Carboniferous Malacostraca. **Fieldiana: Geology**, v. 40, n. 1, p. 1-129, 1979.

SCHRAM, F. R. Convergences between Late Paleozoic and modern caridoid Malacostraca. **Systematic Zoology**, v. 23, n. 3, p. 232-332, 1974a.

SCHRAM, F. R. *Jerometichenoria grandis* n. gen., n. sp. (Crustacea: Mysidacea) from the Lower Permian of the Soviet Union. **Journal of Paleontology**, v. 52, n. 3, p. 605-607, 1978.

SCHRAM, F. R. Late Paleozoic crustacean communities. **Journal of Paleontology**, v. 55, n.1, p. 126-137, 1981.

SCHRAM, F. R. Mazon Creek cardioid Crustacea. **Fieldiana: Geology**, v. 30, n. 2, p. 9-65, 1974b.

SCHRAM, F. R. On the classification of Eumalacostraca. **Journal of Crustacean Biology**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 1981.

SCHRAM, F. R. The fossil record and the evolution of Crustacea. In: **The Biology of Crustacea**. New York: Academic Press, Inc., 1982. p. 94-149.

SIVETER, D. J.; WILLIAMS, M.; WALOSZEK, D. A phosphatocopid crustacean with appendages from the Lower Cambrian. **Science**, v. 239, n. 5529, p. 479-481, 2001.

SOARES, M. B. A taphonomic model for the Mesosauridae assemblage of the Irati Formation (Paraná Basin, Brazil). **Geologica Acta**, v. 1, n. 4, p. 349-361, 2003.

TÁVORA, V. A.; MESQUITA, N.; SOUZA, S. R.; CACELA, A. S. A.; TEIXEIRA, S. G. Sistemática e tafonomia dos crustáceos decápodes da ecofácies Capanema da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), estado do Pará. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n. 2, p. 223-230, 2002.

TAYLOR, R. S.; YAN-BIN, S.; SCHRAM, F. R. New pygocephalomorph crustaceans from the Permian of China and their phylogenetic relationships. **Palaeontology**, v. 41, n. 5, p. 815-834, 1998.

VIEIRA, P. C.; MEZZALIRA, S.; FERREIRA, F. J. F. 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, n. 3, p. 224-235, 1991.

WOODS, H. Note on *Pygocephalus* from the Upper Dwyka shales of Kimberley. **Transactions of the Geological Society of South Africa**, v. 25, n.1, p. 41-42, 1923.

WOODWARD, H. On *Necroscilla wilsoni* a supposed stomatopod crustacean from the Middle Coal Measures, Cossall, near Ilkeston. **Quarterly Journal of Geological Society**, v. 35, n. 3, p. 551-552, 1879.

YAN-BIN, S. A new pygocephalomorph genus (Eumalacostraca) of Lower Carboniferous from Anhui. **Acta Palaeontologica Sinica**, v. 22, n. 6, p. 663-668, 1983.