



**A Camada Laje Azul, Formação Irati
(Bacia do Paraná, Permiano): Observações Paleontológicas e Paleoambientais**
The Laje Azul Bed, Irati Formation
(Paraná Basin, Permian): Paleontological and Paleoenvironmental Observations

Artur Chahud & Setembrino Petri

Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental.

Rua do Lago 562, Cidade Universitária 05508900 - São Paulo, SP – Brasil

E-mails: arturchahud@yahoo.com; spetri@usp.br

Recebido em: 10/06/2019 Aprovado em: 18/09/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_4_410_416

Resumo

A Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil, é dividida nos membros Taquaral, basal e Assistência. Este membro, por conter depósitos betuminosos e carbonáticos, se destaca pela sua importância econômica. A Camada Laje Azul, unidade litoestratigráfica formal do Membro Assistência, é definida por folhelhos sílticos, predominantemente não betuminosos. Só agora, na presente contribuição, sua importância científica é estabelecida pela diversificação dos seus fósseis, foraminíferos aglutinantes, ostracodes, braquiópodes inarticulados e escamas, dentes e fragmentos de peixes paleoniscoides. Com exceção dos peixes e ostracodes, os outros não são registrados em nenhuma outra unidade litoestratigráfica da Formação Irati. Ocorrências escassas de glauconita são fortemente sugestivas de ambientes costeiros transicionais, lagunas ou estuários.

Palavras-chave: Formação Irati; Membro Assistência; Permiano

Abstract

The Irati Formation, Permian of the Paraná Basin, Brazil, is divided in two members, the earlier Taquaral and Assistência. This member is well known for bituminous beds and carbonates exploitations. The Laje Azul Bed, part of the Assistência Member is a formal lithostratigraphic units, which is characterized by mostly non bituminous silty shale. The scientific importance of Laje Azul Bed only here is enhanced, due to its fossil contents, agglutinated foraminifera, ostracods, disarticulated brachiopods and scales, teeth and fragmented paleoniscoids fishes. Except these fishes and ostracods, all other fossils are not registered in other lithologic units of the Irati Formation. Scarce glauconite is present in Laje Azul Bed, suggesting transitional coast, lagoon or estuarine environments.

Keywords: Irati Formation; Assistência Member; Permian

1 Introdução

O termo Irati foi proposto inicialmente por White (1908) como “schisto” preto, rico em óleo, registrados nos estados de São Paulo e Paraná (Figura 1). A proposta de White resultou em muitas pesquisas estratigráficas, até se chegar a de Barbosa & Gomes (1958) que subdividiram o Irati em dois membros: Taquaral (basal) e Assistência.

Hachiro *et al.* (1993) e Hachiro (1996) sugeriram a promoção da Formação Irati à condição de subgrupo e de seus membros à condição de formação, sendo que o Assistência foi subdividido em dois membros: Morro do Alto e Ipeúna. Esta divisão, apesar de ter sido usada em alguns trabalhos recentes (Calça & Fairchild, 2012), não foi formalizada e não teve aceitação da maioria dos pesquisadores (Holz *et al.* 2010; Chahud *et al.* 2010; 2012).

O Membro Taquaral se constitui em uma sucessão de folhelhos siltico-argilosos não betuminosos, com fácies subordinadas de arenitos mal selecionados na base (Chahud & Petri, 2010; 2013a; 2013b) e, ocasionalmente, como camadas carbonáticas restritas (Lages, 2004; Matos *et al.*, 2017).

O Membro Assistência é constituído principalmente de folhelhos pretos betuminosos, intercalados por camadas carbonáticas (dolomitos) ou como grandes pacotes carbonáticos.

Estes depósitos sempre foram alvos de pesquisas científicas e para exploração mineral em pedreiras. O termo “Laje Azul” era o nome utilizado informalmente na Pedreira Maluf em Assistência, no município de Rio Claro, Estado de São Paulo, para designar os folhelhos siltícos azulados não betuminosos do Membro Assistência sem importância econômica (Mendes *et al.*, 1966). Hachiro *et al.* (1993) o utilizaram para a camada superior do “Membro Morro do Alto” da “Formação Assistência”, criando o termo Camada Laje Azul.

Esta camada é fossilífera, com espécimes não observados em qualquer outra unidade da Formação Irati. O objetivo deste trabalho é focalizar, pioneiramente, a sua importância estratigráfica, paleontológica e paleoambiental.

2 Contexto Geológico

A Formação Irati faz parte da Supersequência Gondwana I, de cerca de 2.550m de espessura e distribuída do Pensilvaniano ao Lopingiano (Milani *et al.*, 2007). A parte que abrange a Formação Irati tem idade kunguriana (Santos *et al.*, 2006) e espessura que varia de 40m a 70 m. O Membro Assistência da Formação Irati possui exposições nos estados da região Sul do Brasil, estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, estendendo-se para o Uruguai e com ocorrências importantes ao norte, nos estados de São Paulo, Mato Grosso e Goiás (Figura 1). Devido à grande importância econômica na exploração de carbonatos e dos depósitos oleígenos, além de fósseis em ótimo estado de conservação (palinóforos vertebrados, artrópodes e vegetais) o Membro Assistência foi objeto de grande volume de pesquisas sob diversos enfoques.

Depósitos sem betume ou carbonatos presentes não foram atrativos, não foram atrativos economicamente e por isso foram tratadas como litologias de pouco interesse. Mendes *et al.* (1966) pesquisaram estas litologias e definiram duas fácies litologicamente semelhantes de folhelhos acinzentados não betuminosos, Fácies São Mateus no Estado do Paraná e Fácies Ribeirão Grande no Estado de São Paulo. Hachiro *et al.* (1993) e Hachiro (1996) reconheceram suas similaridades e as colocaram na mesma unidade que denominaram de Camada Laje Azul. Esta camada é caracterizada por siltitos argilosos azul-acinzentados, verde acinzentados ou por arenitos muito finos acinzentados, não betuminosos de 3 m a 4 m de espessura.

A distribuição geográfica é irregular, embora presente do norte ao sul da Bacia do Paraná, mas está ausente em várias localidades. Litologicamente é comumente confundida com camadas do Membro Taquaral (Hachiro, 1996). A posição estratigráfica da Camada Laje Azul é definida por estar imediatamente abaixo de grandes e espessas camadas de calcário dolomítico e acima de folhelhos betuminosos ou ritmitos de camadas carbonáticas e folhelhos (Figura 2). Ocasionalmente podem haver níveis restritos de siltitos betuminosos separando os depósitos da Camada Laje Azul (Rohn, *et al.*, 2003; Lages, 2004;

Rohn, 2007). Hachiro (1996) citou a existência de pelotilhas de glauconita e que representaria, no máximo, 10% da composição da rocha. Tendo em vista que a Camada Laje Azul, pela pouca ou em muitos locais sem a presença de camadas de betumes ou de calcários, não foi objeto de exploração pelas empresas de mineração, há poucas exposições disponíveis, a maioria proveniente de antigos testemunhos de sondagens.

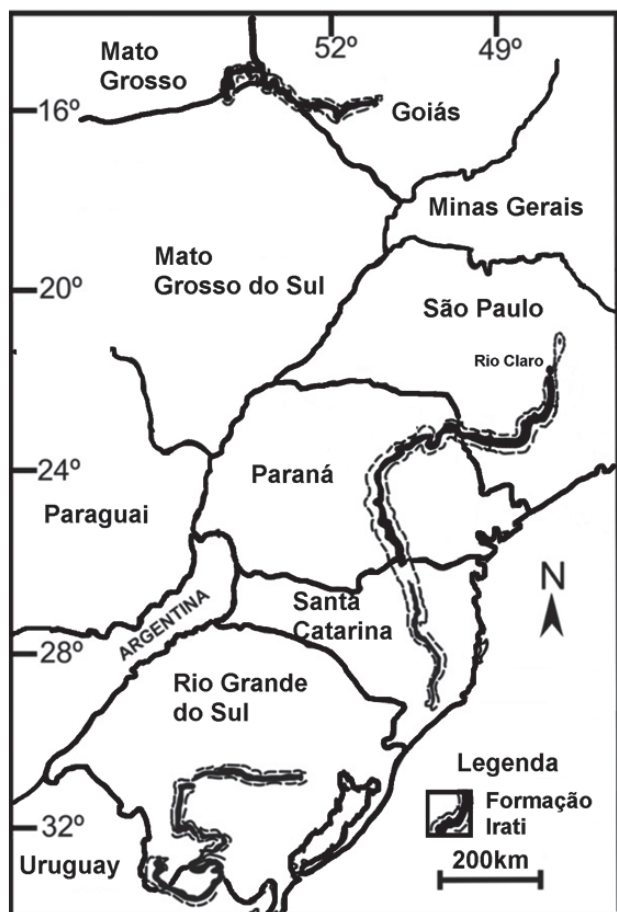


Figura 1 Faixa de afloramentos da Formação Irati (adaptado de Hachiro, 1996 e Calça & Fairchild, 2012).

As menções a depósitos equivalentes à Camada Laje Azul, nem sempre a denominando como tal, foram feitas por Mezzalana (1971), Araújo *et al.* (2001), Lages (2004), Rohn (2007) e Holz *et al.* (2010). Estes pesquisadores são unânimes em destacar a presença de uma faixa de siltitos não betuminosos entre as camadas maciças carbonáticas (Camada Bairrinho) e folhelhos betuminosos ou ritmitos de

camadas betuminosas e carbonáticas, além da presença de escamas e restos desarticulados de peixes, semelhantes aos descritos por Chahud & Petri (2008; 2013a; 2013b; 2015; 2016) no Membro Taquaral.

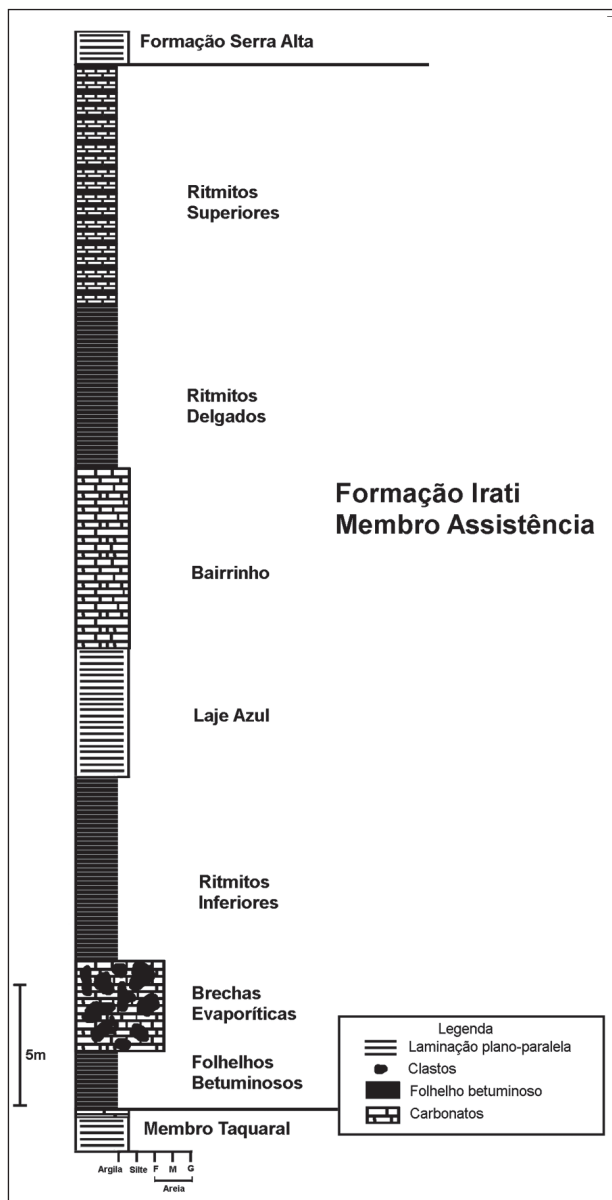


Figura 2 Coluna esquematizada do Membro Assistência destacando as espessuras sugeridas por Hachiro *et al.* (1993). Baseado em Hachiro (1996) e Lages (2004).

3 Paleontologia

Os fósseis mais controversos citados na Formação Irati são os microfósseis e invertebrados

identificados por Campanha (1985). Os grupos de fósseis citados, a partir de testemunhos de sondagens na região de Marília (onde a Formação Irati não aflora), Estado de São Paulo, são foraminíferos aglutinantes, *Ammodiscus* e *Sorosphaera* e diversos moldes de braquiópodes do gênero *Lingula*. Estes fósseis não foram relatados em quaisquer outros locais ou testemunhos e seus exemplares estão perdidos (Vilma Campanha 2007, comunicação pessoal). Contudo a descrição do testemunho por Campanha (1985) gerou dúvidas a que unidades estes fósseis pertenceriam, pois foram encontrados em folhelho acinzentado, que poderiam ser tanto do Membro Taquaral como da Camada Laje Azul.

A possibilidade dos fósseis pertencerem ao Membro Taquaral foi aventada por Chahud & Petri (2013a) a partir da descoberta de camadas ricas em conchas de bivalves (Kazubek & Simões, 2003a; 2003b; Lages, 2004; Matos *et al.*, 2017), porém as coquinas de bivalves provêm das finas camadas de calcário que ocorrem na metade superior do Membro Taquaral do Estado do Paraná (Lages, 2004; Matos *et al.*, 2017) e por isso não poderiam estar associados aos folhelhos silticos da Camada Laje Azul.

Os folhelhos silticos do Membro Taquaral não possuem grande diversidade fossilífera, contendo apenas restos de peixes, crustáceos e acritarcos indeterminados (Lages, 2004; Chahud & Petri, 2013a, 2013b; Chahud, 2017)

4 Considerações Paleoambientais

Os depósitos do Membro Assistência são descritos na literatura científica como formados em depósitos de águas rasas (< 50 m), que poderia estar restrito e isolado ou com ligação esporádica com o oceano aberto, mas com grande influência continental. Os níveis de salinidade poderiam ser maiores, hipersalinos, ou menores dependendo da localidade dentro da bacia (Lavina *et al.*, 1991; Hachiro, 1996; Araújo *et al.*, 2001; Holz *et al.*, 2010).

O Membro Assistência não contém fósseis exclusivamente oceânicos e a maior parte das espécies identificadas são de origem aquática de salinidade variável ou indefinida, acritarcos, ostracodes, crustá-

ceos e vertebrados (mesossauros e peixes), ou continental como; pólenes, esporos, lenhos, folhas, caules, insetos e a alga *Botryococcus*.

Além dos fósseis citados na Camada Laje Azul, os acritarcos são os únicos típicos de ambientes com salinidade, no Membro Assistência (Lages, 2004; Calça & Fairchild, 2012). Este grupo poderia ter sobrevivido em condições variáveis de salinidade e em ambientes restritos, como ocorrem em mares internos ou epicontinentais, como Báltico, Cáspio e Aral (Zenkevich, 1957; Brenner, 2005), quando a Bacia do Paraná teve contatos marinhos no Grupo Itararé (Lima *et al.*, 1976), formações Palermo (Perinotto, 1992) e Tatuí (Assine *et al.*, 2003) ou na Base arenosa do Membro Taquaral (Chahud & Petri, 2010; 2012; 2014; Chahud, 2018).

Os foraminíferos aglutinantes de Campanha (1985) correm em águas oceânicas, salobras e de variação no teor de salinidade, mas sempre superior a oligohalinas. Apesar de ser um braquiópode, grupo tipicamente marinho, as espécies da Ordem Lingulida (incluem *Lingula* e *Orbiculoidea*) podem tolerar salinidades mais baixas que as oceânicas ou de mar aberto, sendo encontradas em ambientes estuarinos, lagunares, deltaicos ou de transição (Ferguson, 1963; Dodd & Stanton, 1981; Mendes, 1984; Mitra & Pattanayak, 2013), sendo que o mesmo pode se aplicar aos peixes paleoniscoides.

Os fósseis da Camada Laje Azul podem ser considerados como de salinidade variável e devido à característica geralmente não betuminosa do depósito, as águas seriam indicativas de serem mais oxigenadas em comparação com os folhelhos betuminosos do Irati e que teriam influência de bacias externas ou mesmo do oceano Pantalassa, como sugerido por Holz *et al.* (2010).

A presença de pelotilhas de glauconitas ocupando 10% da rocha, como indicado por Hachiro (1996), não é obrigatoriamente indicativo de ambiente marinho oceânico e pode representar ambiente lagunar, de baixa energia deposicional, como constatados em depósitos do Eoceno do Reino Unido de concentração similar, estudados por Amorosi & Centineo (1997). Contudo, a origem da glauconita pode ser inorgânica, a partir da alteração diagenéti-

ca de minerais micáceos ou biogênica, degradação orgânica e depósitos fecais de foraminíferos, como em situações observadas por Obasi *et al.* (2011) e Banerjee *et al.* (2012a; 2012b) com concentrações inferiores a 10% da composição total. Em todos os casos a salinidade é presente, indicando uma fase transgressiva; porém, a pequena quantidade sugere que a conexão de laguna ou estuário com o mar aberto foi de curta duração, e o corpo de água voltou a ficar restrito durante a deposição de fácies e camadas superiores.

Admitindo-se um paleoambiente lagunar durante a deposição das Camadas Laje Azul, deve-se levar em conta a extensão geográfica da deposição destas camadas. É difícil imaginar uma imensa laguna que se estendesse por toda a Bacia do Paraná sendo possível que se trate de uma série de lagunas ou que a época em que foi depositada a Camada Laje Azul a Bacia do Paraná se comportasse como o atual Mar Negro, um corpo de água de baixa salinidade, grande área geográfica, com áreas marginais com depósitos de glauconita em contato com um mar de salinidade oceânica (Dodonov *et al.*, 2000; Suttill, 2009)

A glauconita é depositada apenas em ambientes redutores e devido à presença de grande quantidade de fósseis diferenciados de outras partes do Membro Assistência é possível que a glauconita esteja restrita a partes mais profundas da bacia, que explicaria também a raridade de sua ocorrência.

Poder-se-ia sugerir que os poucos níveis restritos de folhelhos betuminosos como formados em águas pouco profundas e energia muito baixa, que poderia resultar em um fundo anóxico ou uma restrição temporária da bacia durante esta deposição.

Uma fase de trato transgressivo para o Membro Assistência foi observada por Araújo *et al.* (2001) após uma fase de deposição de folhelhos betuminosos e que antecedeu os depósitos de folhelhos não carbonosos (descritos como “folhelhos normais” pelos autores) que estariam imediatamente abaixo de depósitos carbonáticos, na posição sugerida para a Camada Laje Azul (Hachiro *et al.*; 1993; Hachiro, 1996).

Araújo *et al.* (2001) comentaram que nessa época os valores de salinidade eram próximos do nível oceânico médio (35‰) por um curto espaço de tempo deposicional e que voltariam a aumentar. Esta informação reforça a presença de uma incursão marinha que diminuiu o caráter de hipersalinidade e também sugere a possível presença de diversas formas de vida que tolerariam salinidade durante esse período.

5 Conclusões

A Camada Laje Azul pode ser definida como um pacote de folhelhos silticos argilosos ou arenitos finos acinzentados, situadas entre as principais sucessões carbonáticas e de folhelhos betuminosos do Membro Assistência.

A glauconita, exclusiva da Camada Laje Azul, indicaria ambiente salino, os fósseis encontrados (braquiópodes inarticulados e foraminíferos aglutinantes), exclusivos até o momento na Formação Irati, são de ambiente salino variável e a ausência de fósseis exclusivamente marinhos até o momento (crinóides, braquiópodes articulados, corais e cefalópodes) representaria um curto período de contato oceânico e de uma época de maior oxigenação, em ambientes mais rasos.

Pelo menos duas incursões marinhas chegaram aos locais de deposição na Formação Irati, a primeira durante a deposição das camadas arenosas, ricas em Chondrichthyes da base do Membro Taquaral, e após isso houve o isolamento durante a deposição de folhelhos betuminosos da base do Membro Assistência, até o início da deposição da Camada Laje Azul quando se iniciou novo ciclo que também começou com influência marinha e evoluiu para isolamento com o retorno dos depósitos rítmicos de folhelhos betuminosos e carbonatos.

Devido raridade de exposições da Camada Laje Azul o seu conhecimento é muito parco, porém marca uma clara mudança ambiental durante os depósitos do Membro Assistência, influenciando na fauna de depósitos superiores, com mesossaurídeos e crustáceos que aparecem no registro após os depósitos da Camada Laje Azul.

6 Agradecimentos

Os autores expressam seu agradecimento ao Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Coleção Científica do Laboratório de Paleontologia Sistemática do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo que permitiram que os trabalhos fossem realizados em suas dependências.

7 Referências

- Amorosi, A. & Centineo, M.C. 1997. Glaucony from the Eocene of the Isle of Wight (southern UK): implications for basin analysis and sequence-stratigraphic interpretation. *Journal of the Geological Society of London*, 154: 887-896.
- Araújo L.M.; Rodrigues R. & Scherer C.M.S. 2001. Seqüências Depositionais Irati: Arcabouço químico-estratigráfico e inferências paleoambientais. *Ciência-Técnica-Petróleo*, 20: 193-202.
- Assine, M.L.; Zacharias, A.A. & Perinotto, J.A.J. 2003. Paleocorrentes, paleogeografia e seqüências deposicionais da Formação Tatuí, centro-leste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(1): 33-40.
- Barbosa, O. & Gomes, F.A. 1958. Pesquisa de petróleo na bacia do rio Corumbataí. Rio de Janeiro, *Boletim do DNPM/DGM*, 171, 40p.
- Banerjee, S.; Chatteraj, S.L.; Saraswati, P.K.; Dasgupta, S. & Sarkar, U. 2012a. Substrate control on formation and maturation of glauconites in the Middle Eocene Harudi Formation, western Kutch, India. *Marine and Petroleum Geology*, 30: 144-160.
- Banerjee, S.; Chatteraj, S.L.; Saraswati, P.K.; Dasgupta, S.; Sarkar, U. & Bumby, A. 2012b. The origin and maturation of lagoonal glauconites: a case study from the Oligocene Maniyara Fort Formation, western Kutch, Índia. *Geological Journal*, 47: 357-371.
- Brenner W.W. 2005. Holocene environmental history of the Gotland Basin (Baltic Sea)—a micropalaeontological model. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 220: 227-241.
- Calça, C.P. & Fairchild, T.R. 2012. Petrographic approach to the study of organic microfossils from the Irati subgroup (Permian, Paraná Basin, Brazil). *Journal of South America Earth Science*, 35: 51-61.
- Campanha, V.A. 1985. Ocorrência de braquiópodos inarticulados na Formação Irati no Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências. Resumo de Comunicações*, 57(1): 115-116.
- Chahud, A. 2017. Additional contributions to the knowledge of the Taquaral Member, Irati Formation (Lower Permian, Paraná Basin): Taphonomy and paleoenvironmental implications. *Carnets de Geologie*. 17(13): 243-250.
- Chahud, A. 2018. Chondrichthyes Indeterminados do Membro Taquaral (Permiano, Formação Irati) no Estado de São Paulo (Brasil). *Acta Biológica Paranaense*, 47: 129-141.
- Chahud, A.; Fairchild, T.R. & Petri, S. 2010. Chondrichthyans from the base of the Irati Formation (Permian, Paraná Basin), São Paulo, Brazil. *Gondwana Research*, 18: 528-537.
- Chahud, A.; Pacheco, M.L.A.F.; Meira, F.E.; Romero, G.R. & Petri, S. 2012. Paleontology and depositional environments of the Tatuí and Irati formations (Permian) in the Ponte Nova Farm, Ipeúna, state of São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 42(1): 198-212.
- Chahud, A. & Petri, S. 2008. Registro de paleoniscóides na base do Membro Taquaral, Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná. *Revista do Instituto Geológico*, 29(1/2): 33-40.
- 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*, 10(1): 29-37.
- Chahud, A. & Petri, S. 2012. Levantamento dos cladodontes sul-americanos e novos espécimes do Membro Taquaral (Formação Irati, Permiano), Bacia do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, 66-67: 23-29.
- Chahud, A. & Petri, S. 2013a. Paleontology of Taquaral Member silty shale in the State of São Paulo. *Brazilian Journal of Geology*, 43: 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*, 132: 119-128.
- Chahud, A. & Petri, S. 2014. New chondrichthyans from the Irati Formation (Early Permian, Paraná Basin), Brazil: origin, palaeoenvironmental and palaeogeographical considerations. *Proceedings of the Geologists Association*, 125: 437-445.
- Chahud, A. & Petri, S. 2015. Geology and Taphonomy from the Base of the Taquaral Member, Irati Formation (Permian, Paraná Basin), Brazil. *Acta Geologica Polonica*, 65(3): 379-387.
- Chahud, A. & Petri, S. 2016. Paleontologia da fácies arenosa do membro Taquaral (Permiano) no Estado de São Paulo: estado da arte e contribuições adicionais. *Geologia USP. Série Científica*, 16(3): 105-115.
- Dodd, J.R. & Stanton, R.J. 1981. *Paleoecology, Concepts and Applications*. New York, John Wiley & Sons. 559p.
- Dodonov, A.E.; Tchepalyga, A.L.; Mihailescu, C.D.; Zhou, L.P.; Markova, A.K.; Trubikhin, V.M.; Simakova, A.N. & Konikov, E.G. 2000. Last-interglacial records from central Asia to the northern Black Sea shoreline: stratigraphy and correlation. *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences*, 79(2/3): 303-311
- Ferguson, I. 1963. The paleoecology of *Lingula squamiformis* Phillips during a Scottish Mississippian marine transgression. *Journal of Paleontology*, 37: 669-681.
- Hachiro, J. 1996. *O Subgrupo Irati (Neopermiano) da Bacia do Paraná*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar. IGC-USP, São Paulo, 196p.
- Hachiro, J.; Coimbra, A. & Matos, S.L.F. 1993. O caráter cronostratigráfico da unidade Irati. In: SIMPÓSIO DE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1. FUNDUNESP. Rio Claro 1993, *Boletim de Resumos*; Rio Claro. p. 62-63.
- Holz, M.; França, A.B.; Souza, P.A.; Iannuzzi, 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*, 29: 381-399.
- Kazubek, M.F. & Simoes, M.G. 2003a. Permian bivalves of the Irati Formation (Passa Dois Group, Paraná Basin) and their paleoecological significance. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18, Brasília. *Boletim de Resumos*, Brasília, 2003. p 161.
- Kazubek, M.F. & Simões, M.G. 2003b. Feições sedimentológicas, bioestratinômicas e estratigráficas das concentrações de bivalves do Membro Taquaral (Formação Irati, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná) e seus significados. In: PALEO-2003. PR-SC. *Paleontologia em Destaque*. Curitiba, 44: 29-29.
- Lages, L.C. 2004. *A Formação Irati (Grupo Passa Dois, Permiano, Bacia do Paraná) no furo de sondagem FP-01-PR (Sapopema, PR)*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geociências. Universidade Estadual Paulista/Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro. 117p.
- Lavina, E.; Barberena, D.A. & Azevedo, S.A. 1991. Temperaturas de inverno e altas taxas de mortalidade de répteis mesossauros. Um exemplo a partir do afloramento Passo São Borja, RS. *Pesquisas em Geociências*, 18(1): 64-70
- Lima, M.R.; Saad, A.R.; Carvalho, R.G. & Santos, P.R. (1976). Foraminíferos arenáceos e outros fósseis do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico), Bacia do Paraná, São Paulo, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Belo Horizonte, 29, 1976. *Anais...* Belo Horizonte, SBG. 49-63.
- 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*, 469: 18-33.
- Mendes, J.C. 1984. Sobre os paleoambientes deposicionais do Grupo Passa Dois. *Revista do Instituto Geológico*, 5(1/2): 15-24
- Mendes, J.C.; Fulfaro, V.J.; Amaral, S.E. & Landim, P.M.B. 1966. A Formação Irati (Permiano) e Fácies Associadas. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 15(3): 23-43.
- 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*, 43(suplemento): 273-336.
- Milani, E.J.; Melo, J.H.G.; Souza, P.A.; Fernandes, L.A. & França, A.B. 2007. Bacia do Paraná. In: *Cartas Estratigráficas: Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 265-287.
- Mitra, S. & Pattanayak, J.G. 2013. Studies on *Lingula anatina* (Brachiopoda: Inarticulata) in Subarnarekha Estuary, Odisha with Special Reference to Habitat and Population. *Zoological Survey of India*, 113 (Part-3): 49-53,
- Obasi, C.C.; Terry, D.O.; Jr., Myer, G.H. & Grandstaff, D.E. 2011. Glauconite composition and morphology, shocked quartz, and the origin of the Cretaceous(?) Main Fossiliferous Layer (MFL) in southern New Jersey, U.S.A.: *Journal of Sedimentary Research*, 81: 479-494.
- Perinotto, J.A. 1992. *Análise estratigráfica da Formação Palermo (P) na Bacia do Paraná, Brasil*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, Rio Claro/SP, 115p.
- Rohn, R. 2007. The Passa Dois Group (Paraná Basin, Permian): investigations in progress. In: WORKSHOP – PROBLEMS IN THE WESTERN GONDWANA GEOLOGY, SOUTH AMERICA–AFRICA CORRELATIONS: DU TOIT REVISITED. Gramado, 2007. Extended Abstracts, Porto Alegre, UFRGS, Petrobras, 1: 151-157.
- 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: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS, 2. UFRJ. Rio de Janeiro, 1: 1-6.
- Santos, R.V.; Souza, P.A.; Alvarenga, C.J.S.; Dantas, E.L.; Pimentel, E.L.; Oliveira, C.G. & Araújo, L.M. 2006. Shrimp U-Pb Zircon Dating and Palynology of Bentonitic Layers from the Permian Irati Formation Parana Basin, Brazil. *Gondwana Research*, 9: 456-463.
- Suttill, H.L. 2009. *Sedimentological evolution of the Emine & Kamchia Basins, Eastern Bulgaria*. Thesis submitted for the degree of Master of Philosophy. University of Edinburgh. 239p
- White, I.C. 1908. Relatório sobre as Coal Measures e rochas associadas do sul do Brasil. In: COMISSÃO ESTADUAL DAS MINAS DE CARVÃO DE PEDRA DO BRASIL. *Relatório Final*. 617p.
- Zenkevich, L. 1957. Caspian and Aral Seas. In: TREATISE ON MARINE ECOLOGY AND PALEOECOLOGY 1. Ed. J.W. Hedgpeth, *Memoir Geological Society of American*, 67: 891-916.