

## Novas estruturas atectônicas do Subgrupo Itararé em Campinas (SP)

C. Dal Ré Carneiro<sup>1</sup> & F.G.D. da Costa<sup>2</sup>

1 Departamento de Geociências Aplicadas ao Ensino, Instituto de Geociências Unicamp. Cx. Postal 6152, CEP 13083-970, Campinas, SP, Brasil. E-mail: cedrec@ige.unicamp.br

2 Graduando em Geologia, Instituto de Geociências Unicamp. E-mail: felipe.domingues@ige.unicamp.br

**Abstract** Between 2000-2001, new outcrops exhibiting folds – from gentle aperture folds to tight convolute folds – have been discovered during the workmanships of modernization of the SP-65, Highway D. Pedro I, in the clover of interconnection of this highway with the SP-340 (Gov. A.P. de Barros Highway) which joins Campinas to Moji-Mirim and Moji-Guaçu. The features are typical atectonic structures belonging to sedimentary rocks of the Itararé Sub-Group (Tubarão Group), at the border of the Paraná Basin. The highway cuts have displayed ample folds in sandstones and siltites, but soon later they were destroyed. The amplitude is of about 5-10 m and the wavelength 30 m. In a well-preserved triangular-shaped block of weathered rocks, a level of about 9 m length and 2 m thick shows laminated siltites exhibiting tight to isoclinal or even elastic disharmonic folds. A few available papers describe occurrences of atectonic structures between the States of Santa Catarina and Sao Paulo; there are two hypotheses for the origin of the penecontemporaneous deformations: part of them may have been directly caused by ice movements but another part was probably related to local dislocations of unconfined unconsolidated layers. From the integration of data it is here indicated that the Campinas occurrences result of both processes, but the later mechanism explains better the described convolute folds. Small-scale layer deformations can be associated to ice movement, while, in certain points, as the one this article describes, unconfined conditions may have allowed displacements of the sediments, under plastic conditions in water environment.

**Palavras-chave:** Deformações penecontemporâneas, Dobras convolutas, Subgrupo Itararé, Bacia do Paraná.

**Keywords:** Penecontemporaneous deformations, Convolute Folds, Itararé Subgroup, Paraná Basin.

**INTRODUÇÃO** Afloramentos de rochas sedimentares dobradas, que variam desde ondulações abertas até dobras contorcidas, foram expostos entre 2000-2001 pelas obras de modernização da SP-65, Rodovia D. Pedro I, no trecho em que essa estrada estadual contorna a cidade de Campinas (SP). As feições, caracterizadas como típicas *estruturas atectônicas*, são notáveis particularmente no trevo da SP-340, rod. Gov. Dr. Adhemar P. de Barros, que une Campinas às cidades de Moji-Mirim e Moji-Guaçu. Parte das exposições foi destruída pelas obras de modificação do trevo, enquanto outras ainda são visíveis (Fig. 1).

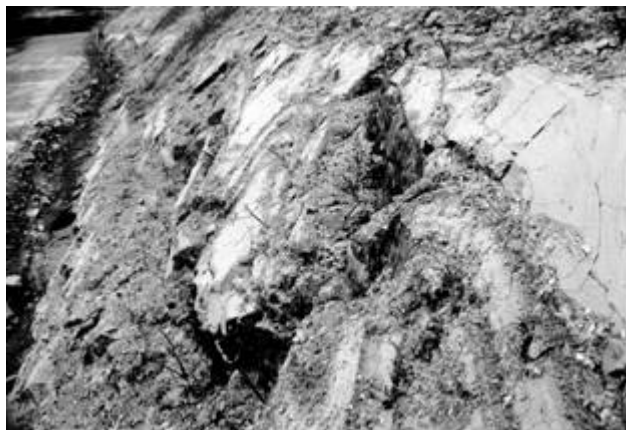


Figura 1. Sucessão de estruturas dobradas no trevo da Rodovia Dom Pedro I, em Campinas (SP)

As camadas dobradas da Fig. 1, pertencentes ao Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão), na borda da Bacia Sedimentar do Paraná, com espessuras centimétricas a decimétricas, intercalam-se em camadas indeformadas. Costa & Carneiro (2005a, b) admitem origem vinculada a deslizamento subaquioso, mas reconhecem a falta de estudos pormenorizados de estruturas comparáveis a essas.

O levantamento de dados de estruturas similares, ao longo da borda da Bacia do Paraná entre São Paulo e Santa Catarina (Costa & Carneiro 2006), possibilitou que diversos afloramentos fossem visitados em campo, para comparação com as feições típicas identificadas em Campinas. Os resultados da investigação mais abrangente acham-se em Carneiro & Costa (2006).

O registro da ocorrência ajuda a preservar a memória geológica do Permo-Carbonífero da borda da Bacia do Paraná, pois as observações foram feitas na época da abertura dos cortes, ou seja, *precedem* o processo de revegetação artificial, que atualmente dificulta a observação.

Os dados disponíveis, contudo, referem-se a apenas parte das ocorrências, já que outras feições notáveis foram expostas – mas a seguir eliminadas – pelas obras de duplicação da rod. D. Pedro I. Um dos autores (CDRC) pôde visitar os cortes em vários momentos, durante as obras de remodelação do trevo de Moji-Mirim/Moji-Guaçu. Notáveis estruturas

foram expostas, tais como anticlinais e sinclinais abertos, arqueamentos suaves e interdigitações entre arenitos, siltitos e argilitos. Exposições de diamictitos à margem da antiga pista foram eliminadas.

A presente nota visa a descrever e caracterizar as feições presentes no trevo da rod. D. Pedro I com a rod. Campinas-Moji-Mirim/Moji-Guaçu, como contribuição para entendimento da origem das estruturas atectônicas presentes do Subgrupo Itararé. Um nível de camadas dobradas centimétricas, intercaladas em camadas indeformadas, do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) ficou preservado em pequena elevação de formato aproximadamente triangular, entre as alças de acesso da rod. D. Pedro I (SP-65, pista Jacaré-Campinas), para a rod. SP-340 (pista Campinas-Moji-Mirim) (Fig. 2). Um banco de dados construído a partir de extenso levantamento bibliográfico possibilitou visita e descrição de feições similares, encontradas em outros locais da bacia.

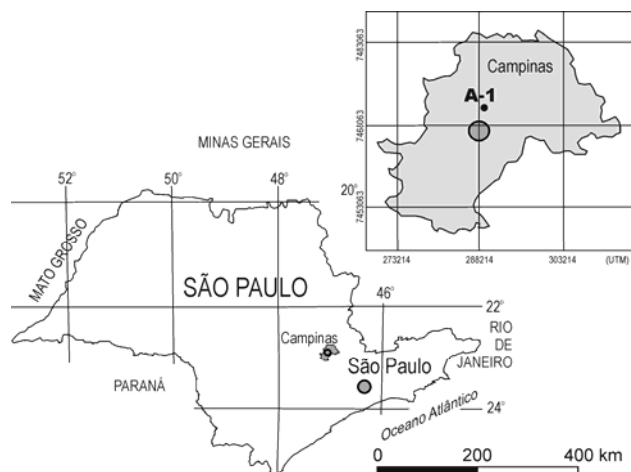


Figura 2. Localização do corte estudado (A-1) no estado de São Paulo e em Campinas (box)

**MATERIAIS E MÉTODOS** O levantamento bibliográfico buscou localizar descrições similares para interpretar os processos formadores das estruturas atectônicas encontradas; foram estabelecidas divisões hierárquicas segundo o tema do artigo e afinidade com o enfoque da pesquisa.

Para identificar descrições de interesse ao tema na bibliografia sobre tais estruturas, realizou-se ampla varredura de trabalhos publicados em periódicos brasileiros: no total, mais de 900 novos periódicos de variadas publicações foram analisados. Dentre 1297 volumes, encontrou-se menos de uma centena de trabalhos que fazem referência a estruturas atectônicas.

As referências bibliográficas foram dispostas em planilha contendo dados para facilitar recuperação dos artigos. O banco de dados resultante reúne 121 artigos

relevantes para o tema, classificados em seis níveis de conteúdo e importância.

**ESTUDOS ANTERIORES** A bibliografia sobre evolução e caracterização da Bacia do Paraná é vasta; muitos estudos fazem referência específica à presença de estruturas atectônicas nas unidades permo-carboníferas. Contudo, são relativamente poucas as descrições detalhadas de estruturas penecontemporâneas, como deslizamento subaquoso, laminação convoluta e deformação por carga. Diversos artigos fornecem dados precisos de localização.

Referências pioneiras à origem glacial das camadas Itararé são atribuídas a Derby (1878 *apud* Gama Jr. *et al.* 1992a), tendo sido reportada a ocorrência de folhelhos várvidos no sul do Brasil por Oliveira (1929). Pacheco (1927 *apud* Mezzalira 1981) utilizara a designação “Glacial” para rochas da glaciação permo-carbonífera reunidas por Washburne (1930) como Série Itararé. Sucedem-se várias contribuições sobre a unidade, no sul do país e em São Paulo (Barbosa & Almeida 1949, Almeida & Barbosa 1953). Mendes (1962 *apud* Mezzalira 1981) adotou o termo Grupo Tubarão e considerou as unidades Itararé e Guatá como subgrupos.

O Subgrupo Itararé é um registro do terceiro episódio de ingressões marinhas (Almeida & Carneiro 2004) na Bacia Vulcano-Sedimentar do Paraná. Almeida (1953) e Gama Jr. *et al.* (1992a), dentre outros, propõem hipóteses para a formação de estruturas atectônicas como as aqui descritas. Mezzalira *et al.* (1981) apresentam descrições de estruturas relacionadas à ação do gelo. Rocha-Campos *et al.* (1969) analisam a evolução e dinâmica do Subgrupo Itararé e, em 1971, por ocasião do XXV Congresso Brasileiro de Geologia, como parte de Simpósio sobre Geologia do Petróleo, duas excursões percorreram vários pontos ao longo da Bacia do Paraná (Medeiros 1971, Fulfaro *et al.* 1971).

Gama Jr. *et al.* (1992a) destacam a importância de fácies de ressedimentação como componentes abundantes dos ambientes peri-glaciais, nos quais, a partir de retrabalhamento de tilitos, a sedimentação é gerada por fluxos gravitacionais subaquosos. As geleiras atuavam no suprimento de terrígenos, enquanto os fluxos gravitacionais seriam os verdadeiros agentes deposicionais.

Soares *et al.* (1977) realizam revisão das diferentes propostas de subdivisão estratigráfica do Subgrupo Itararé, desde aquela apresentada por Barbosa & Almeida (1949), concluindo pela dificuldade de se estabelecer com clareza limites entre as formações, devido à falta de continuidade lateral dos pacotes rochosos e ausência de camadas-guia. Em área



geograficamente limitada, propõem a identificação de quatro associações litológicas nas quais são comuns as estruturas de laminação convoluta, camadas contorcidas e marcas de sobrecarga simétricas. Soares *et al.* (1994) referem-se a dobras de escorregamento e planos de escorregamento como feições comuns em duas das associações litológicas que descrevem.

Vesely *et al.* (2005) analisaram a geometria, natureza dos depósitos associados e regime de deformação de estruturas encontradas em diversas exposições do Subgrupo Itararé. A partir desses elementos, definem quatro estilos deformacionais predominantes, dois de natureza distensiva e dois de caráter compressivo. As estruturas formadas sob regimes distensivos compreendem: (a) falhas normais e basculamento de camadas; (b) superfícies de deslizamento intraestratais e dobras. As estruturas formadas sob regimes compressivos compreendem: (c) sobrecarga, diapirismo e dobras; (d) dobras e falhas de empurrão. Vesely *et al.* (2005) assinalam que a ausência de tilitos autênticos e superfícies de abrasão glacial associados às estruturas prejudica a interpretação de “origem glácio-tectônica para as feições compressivas”. A carência de exposições contínuas, segundo esses autores, também dificulta estabelecer relações espaciais entre os tipos.

**O CORTE DA ROD. D. PEDRO I** Até a duplicação da rod. Dom Pedro I, os cortes ao lado da pista Campinas-Jacareí, entre os antigos viadutos posteriormente demolidos do trevo de Moji Mirim, expunham três níveis irregulares de rochas relacionadas ao Subgrupo Itararé; um deles continha diamictitos (marco quilométrico 134,5 km). As pequenas dimensões da área exposta dificultavam a distinção entre os horizontes e até mesmo a determinação de atitudes de camadas.

Durante as obras de terraplenagem foram expostos níveis subhorizontais de arenitos cobertos por argilitos. Nesses níveis foram identificadas ondulações amplas, suaves, com amplitudes da ordem de 5-10 m e comprimentos de onda da ordem de 30 m. Nenhuma dessas feições pode ser reconhecida hoje.

Na margem oposta da rod. Dom Pedro I, contudo, ao longo de extensão horizontal da ordem de 10 m, um maciço rochoso aproximadamente triangular, situado entre alças de interligação rodoviária, exhibe dobras desarmônicas em siltitos em nível estreito, espesso de no máximo 2 m. 291044/7472333, *datum* Córrego Alegre; em coordenadas geográficas, 22° 50' 37,6" S e 47° 02' 10,8" W.

No horizonte dobrado, as camadas de siltito mais espessas apresentam coloração cinza-claro, são tipicamente empastilhadas e ocasionalmente contêm seixos arredondados, de tamanho pequeno, compostos

de quartzo ou quartzito. A esfericidade dos seixos é baixa, sendo possível encontrar formas facetadas em formato de “ferro de engomar”. As camadas laminadas de siltito variam de cinza-escuro a cinza-amarelado e possuem espessuras milimétricas a submilimétricas. Em alguns pontos a rocha assemelha-se a um ritmito várvido cinza-amarelo muito fino.

Em outra ocorrência da mesma rodovia, em corte situado defronte ao Shopping Galleria (km 132), seixos facetados e estriados são comuns, com formas irregulares e cantos arredondados. Pelo menos três níveis de conglomerados ocorrem nesse corte, intercalados com camadas de siltito argiloso e arenitos rosados. Há grande quantidade de seixos arredondados de argilitos, muitas vezes de forma aproximadamente discóide, reveladores de predomínio, na época de deposição, de condições frias e secas, compatíveis com ambiente periglacial. São seixos que se desintegram facilmente, quando pressionados com as mãos, em virtude do adiantado estado de decomposição. Seixos, calhaus e blocos de granitos e gnaisses são numerosos e possuem tamanho maior do que aqueles encontrados no afloramento do trevo de Moji Mirim.

**DISCUSSÃO** Trabalho clássico de Almeida (1953), “Deformações causadas pelos gelos na Série Tubarão em São Paulo”, acompanhando as idéias de Washburne (1930), formula hipótese para a origem das dobras plásticas no Subgrupo Itararé:

[...] desde seus primeiros cortes já se fazem notar camadas alternadas de arenitos, folhelhos, siltitos e varvitos pronunciadamente perturbadas. [...] Constituem um sistema de deformações plásticas, com predomínio de sucessão de sinclinais e anticlinais assimétricos, revirados ou localmente recumbentes, numa associação desarmônica. [...] A natureza das deformações, sua intercalação em camadas não dobradas e a presença da cobertura de tilito, provam que elas foram causadas pelas pressões transmitidas quando do avanço de grande massa de gelo sobre depósitos lacustres (Almeida 1953).

O avanço das massas de gelo deve ter sido a causa de algumas feições que afetam grandes volumes de rocha, como no caso dos diamictitos siltosos e bancos deformados de turbiditos da pedreira Vila Rutz, em Mafra, SC (Carneiro & Costa 2006). Da mesma forma, as dobras abertas destruídas pelo avanço das escavações no trevo da rod. D. Pedro I, cujos comprimentos de onda excedem 30 m, podem ser explicadas por movimentação do gelo. A área situa-se, ademais, adjacente à zona de *outwash* de grandes





massas de gelo, conforme esboço paleogeográfico apresentado por Soares *et al.* (1994).

Gama Jr. *et al.* (1992a) explicam os deslizamentos subaquiosos no Subgrupo Itararé como fácies de ressedimentação derivadas de processos gravitacionais atuantes em condições abertas e não-confinadas:

[...] um dos aspectos notáveis das fácies do trato não-confinado é a abundância de convoluções e deformações [...] essas deformações são atribuídas a deslizamentos em condições não-confinadas de depósitos ainda não completamente consolidados. Nos depósitos com deslizamentos foi possível reconhecer as feições sindeposicionais. Esses deslizamentos representam, em última análise, uma ressedimentação local de fácies de ressedimentação, posto que processos gravitacionais são reconhecidos em ambas as fases (Gama Jr. *et al.* 1992a).

Soares *et al.* (1994) assinalam que dobras em pacotes espessos de até 1 m já depositados e “*que sofrem escorregamento, sem haver regeneração de sedimentos*”, constituem deformações posteriores, porém contemporâneas à sedimentação. As feições indicam “*deposição subaquática em uma superfície de deposição com forte declive*”. Para Gama Jr. *et al.* (1992b), a hipótese do deslizamento subaquioso é mais plausível onde não se observam camadas de diamictito e as formas possuem tamanho relativamente pequeno.

No afloramento preservado da rod. D. Pedro I inexistem tilitos, e apenas um pacote de camadas do Subgrupo Itararé apresenta dobramento; as demais, acima e abaixo dessa, estão indeformadas. As camadas apresentam inclinação suave para NNW. Ali, o deslizamento subaquioso parece explicar mais adequadamente a feição. Na classificação de Vesely *et al.* (2005), as estruturas teriam sido formadas sob regime distensivo envolvendo superfícies de deslizamento intraestratais e conseqüente formação do dobramento. Deslizamento restrito poderia gerar dobras localizadas, diferentemente das massas de gelo que predominavam na época Itararé e que poderiam ter provocado muitas deformações, em diversos níveis do afloramento. A componente gravitacional, atuando sobre pilha relativamente espessa de sedimentos inconsolidados, poderia ter superado a resistência de

atrito da superfície de uma camada, tendo provocado o deslizamento.

**CONCLUSÕES** Ocorrências de estruturas atectônicas são notáveis na borda oriental da Bacia do Paraná. A compreensão da origem dessas feições que, em diferentes locais, afetam as unidades paleozóicas da bacia requer coleta e correlação de dados de estruturas similares em vários locais. São referências particularmente importantes para o entendimento e descrição das feições particulares encontradas nos cortes do trevo de Moji-Mirim, na região de Campinas.

Os cortes, à medida que foram abertos, expuseram sucessivos afloramentos de rocha. Hoje, as obras de revegetação dos taludes do trevo rodoviário prejudicam a visualização dessas estruturas. As informações obtidas, fotografias, relatórios e descrições dos registros permitem, entretanto, ajudar a preservá-los.

Algumas hipóteses sobre formação dessas estruturas na literatura especializada foram analisadas e ponderadas. Duas são as hipóteses principais: deformações causadas por movimentação dos gelos e deslizamento subaquioso. Ambas são aplicáveis aos dados recolhidos no local descrito nessa nota, com base nas observações realizadas e na correlação com os resultados expostos por Vesely *et al.* (2005). Por um lado as feições que envolvem grandes volumes de rocha deformadas do Subgrupo Itararé devem ter sido formadas devido ao avanço das massas de gelo. O mecanismo explica as amplas estruturas compressivas em arenitos, diamictitos e siltitos. Esses cortes, no trevo estudado, foram mais tarde eliminados. Por outro lado, a incidência local de deslizamentos subaquiosos causados por processos gravitacionais sob condições abertas e não-confinadas deve ter provocado as dobras convolutas tão bem preservadas no corte ora descrito.

**Agradecimentos** Os autores agradecem o apoio do FAEPEX-Unicamp, Fundo de Apoio ao Ensino, à Pesquisa e Extensão, que proporcionou recursos indispensáveis para as viagens de campo do pesquisa, e ao Programa PIBIC-CNPq, que concedeu bolsa de iniciação científica ao aluno de graduação em Geologia.

## Referências

- ALMEIDA F.F.M. de 1953. *Deformações causadas pelos gelos na Série Tubarão em S. Paulo*. Rio de Janeiro, DNPM-DGM. 5 p. (Notas Prel. e Estudos 64).
- ALMEIDA F.F.M. de, BARBOSA O. 1953. *Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de S. Paulo*. Rio de Janeiro, DNPM-DGM. 96 p. (Bol. 143).
- ALMEIDA F.F.M. de & CARNEIRO C.D.R. 2004. Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. In: MANTESSO NETO V., BARTORELLI A., CARNEIRO C.D.R., BRITO-NEVES B.B. de. (orgs.) 2004. *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio*



- Marques de Almeida. São Paulo: Ed. Beca. p. 43-60. (Cap. 3).
- BARBOSA O. & ALMEIDA F.F.M. de. 1949. Nota sobre a estratigrafia da Série Tubarão em São Paulo. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, **21**(1):65-68.
- COSTA F.G.D.da & CARNEIRO C.D.R. 2005a. *Estudo e interpretação de dados sobre estruturas atectônicas do Subgrupo Itararé na região de Campinas (SP)*. Campinas: Instituto de Geociências, Unicamp. 17p. (Bolsa Inic. Cient., Rel. Parcial, 1, PIBIC-CNPq).
- COSTA F.G.D.da & CARNEIRO C.D.R. 2005b. *Estudo e interpretação de dados sobre estruturas atectônicas do Subgrupo Itararé na região de Campinas (SP)*. Campinas: Instituto de Geociências, Unicamp. 13p. (Bolsa Inic. Cient., Rel. Final, 2, PIBIC-CNPq).
- COSTA F.G.D.da & CARNEIRO C.D.R. 2006. *Integração de dados de estruturas atectônicas do Subgrupo Itararé nas adjacências de Campinas (SP)*. Campinas: Instituto de Geociências, Unicamp. 13p. (Bolsa Inic. Cient., Rel. Parcial, 1, PIBIC-CNPq).
- CARNEIRO C.D.R. & COSTA F.G.D.da. 2006. Estruturas atectônicas da Bacia do Paraná em Campinas (SP): deformação sin-sedimentar no Subgrupo Itararé. *Terra Didática*, **2**(1):34-53. Disponível em: <[http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v2n1/t\\_didatica\\_2006\\_v02n01\\_p034-053\\_carneiro.pdf](http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v2n1/t_didatica_2006_v02n01_p034-053_carneiro.pdf)>).
- DERBY O.A. 1878. *Geologia da região diamantífera da Província do Paraná no Brasil*. Arch. Mus. Nac., Rio de Janeiro, **3**:89-96.
- FULFARO V.J., SUGUIO K., LANDIM P.M.B., BÓRIO N.J. 1971. Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. *Roteiro das Excursões...* São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 29-48. (Exc. n°3).
- GAMA Jr. E.G., PERINOTTO J.A.J., RIBEIRO H.J.P.S., PADULA E.K. 1992a. Contribuição ao estudo da ressedimentação no Subgrupo Itararé: tratos de fácies e hidrodinâmica deposicional. *Rev. Bras. Geoc.*, **22**(2):228-236.
- GAMA Jr. E.G., PERINOTTO J.A.J., RIBEIRO H.J.P.S., PADULA E.K. 1992b. Contribuição ao estudo da ressedimentação no Subgrupo Itararé: um guia temático de campo. *Rev. Bras. Geoc.*, **22**(2):237-247.
- MEDEIROS R.A. 1971. Bacia do Paraná. Simpósio Geologia do Petróleo no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. *Roteiro das Excursões...* São Paulo, SBG. p. 15-25. (Exc. 2).
- MENDES J.C. 1962. Problemas paleogeográficos e estratigráficos do Grupo Tubarão; Carbonífero Superior. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, **11**(2):71-74.
- MEZZALIRA S. 1969. Geologia de Subsuperfície em Itu, SP - ocorrência de "Rocha Moutonnée" nos testemunhos de sondagem. *An. Acad. brasil. Ciênc.* **41**(1):83-89.
- MEZZALIRA S., AZEVEDO A.A.B., TOMINAGA L.K., PRESSINOTTI M.M.N., MASSOLI M. (orgs.) 1981. *Léxico estratigráfico do Estado de São Paulo*. São Paulo, Instituto Geológico. 161p. (Boletim 5).
- OLIVEIRA E.P. de. 1929. Ocorrências de folhelhos várvidos no sul do Brasil. *Annaes da Academia Brasileira de Sciencias*, Rio de Janeiro. **1**(3):142-144.
- PACHECO J. 1927. *Relatório elucidativo do esboço geológico da região compreendida entre o meridiano 4.º, rio Itararé e os paralelos 23º 34' e 24º 38'*. In: Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, Exploração da região compreendida pelas folhas topográficas Sorocaba... São Paulo, p. 9-12.
- ROCHA-CAMPOS A.C., FARJALLAT J.E.S., YOSHIDA R. 1969. Fácies e Paleogeografia do Subgrupo Itararé na Bacia do Paraná. *An. Acad. brasil. Ciênc.* **41**(2):211-213.
- SOARES P.C., LANDIM P.M.B., SINELLI O., WERNICK E., WU F.T., FIORI A.P. 1977. Associações Litológicas do Subgrupo Itararé e sua interpretação ambiental. *Rev. Bras. Geoc.*, **7**(2):131-149.
- VESELY F.F., ASSINE M.L., ROSTIROLLA S.P. 2005. Deformação penecontemporânea no Grupo Itararé, Bacia do Paraná: estilos estruturais, dinâmica sedimentar e implicações paleogeográficas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 10, Curitiba, 2005. *Anais...* . Curitiba: SBG núcleo PR. (CD-ROM).
- WASHBURNE C.W. 1930. *Petroleum geology of the state of São Paulo*. Com. Geogr. Geol. São Paulo, Brasil. p. 1-282. (Bol. 22).