

# O GRUPO CAACUPÉ E SUA IMPORTÂNCIA NA PALEOGEOGRAFIA DO SILURIANO SUL-AMERICANO (\*)

Por

JOÃO JOSÉ BIGARELLA (1), DOMINIQUE COMTE (2)

## ABSTRACT

In the present paper is discussed the problem of the former connections between the pericratonic Gran Chaco Basin and the intercratonic Paraná Basin.

Paleocurrents were determined from the Caacupé Sandstone belonging to the lower 700-800 m sequence of the Caacupé Group. The paleocurrents were rather constant indicating an average transport to WNW. The Apá River-San Juan Bautista arch did not exist at the silurian-devonian time. It came into existence after the Devonian, as proved with certainty by paleocurrent analysis from Upper Carboniferous Sandstone.

## INTRODUÇÃO

O presente estudo constitui parte de um projeto de pesquisas visando a obtenção de novos dados paleogeográficos para a reformulação de vários problemas da geologia sul-americana.

Nêste trabalho analisamos os sedimentos silurianos do Grupo Caacupé constituídos predominantemente por depósitos arenáceos com nítida estratificação cruzada, especialmente apropriados para análise das paleocorrentes. A seqüência em questão é formada predominantemente por arenitos. Na sua base ocorrem depósitos rudáceos e em vários níveis estratigráficos, principalmente em sua porção superior são encontradas camadas de folhelhos. Estas, com vários horizontes fossilíferos permitiram a datação paleontológica da seqüência.

A posição estratigráfica e tectônica do Grupo Caacupé no flanco oriental do núcleo cristalino paraguaio (arco Rio Apá - San Juan Bautista), sempre representou importante papel na paleogeografia regional. Ao abordarmos o estudo dêste conjunto sedimentar tivemos em

mente a elucidação: a) do problema das ligações entre as bacias do Paraná e do Gran Chaco; b) a determinação das paleocorrentes e; c) o aspecto paleogeográfico do Siluriano Sul-Americano.

## AREA ESTUDADA

Os afloramentos silurianos encontram-se a leste e a sudeste de Asunción. Duas áreas distintas de ocorrência do Grupo Caacupé foram assinaladas cartograficamente por vários autores. A área setentrional compreende os afloramentos de Emboscada, San Bernardino, Caacupé, Piribebuy, Eusebio Ayala e Valenzuela. A área meridional inclui vários núcleos. O mais extenso dêles abrange as localidades de Carapeguá, Acahay, Quiindy e Ybicui. Os nossos estudos restringiram-se à área norte. Nesta área Wolfart menciona várias localidades fossilíferas que permitiram a elucidação da idade Siluriana do Grupo Caacupé. Nos afloramentos meridionais do Grupo em questão não são conhecidas ocorrências fossilíferas.

Os estratos cruzados foram medidos em três áreas ao longo da estrada de Ypacarai a Eusebio Ayala e na descida da escarpa de Che-ló-ló a NE de Paraguari na estrada para Piribebuy.

(\*) Trabalho realizado sob os auspícios do Proyecto de Desarrollo Forestal y de Industrias Forestales — F.A.O. — Naciones Unidas — Asunción, Paraguay e do Instituto de Ciencias da Universidad Nacional de Asunción.

(1) Instituto de Geologia, Universidade Federal do Paraná (Curitiba, Brasil) e Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas.

(2) Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de Asunción (Paraguay).

## GEOLOGIA GERAL

O Grupo Caacupé (= Série Caacupé) foi considerado pela maioria dos autores como Siluriano Inferior. Wolfart (1961, p. 37) incluiu no Grupo Caacupé as camadas da «Série Itacurubi» descritas por Harrington como pertencentes ao Devoniano. As rochas deste grupo são conhecidas desde 1918 (Beder e Winhausen), tendo sido estudadas principalmente por Harrington (1950) e mais recentemente por Eckel e Wolfart.

O Grupo Caacupé é formado segundo Eckel por uma seqüência de mais de 700 m. De acôrdo com Putzer (1962) a espessura dos depósitos silurianos é de cêrca de 1.200 m. Os afloramentos pertencem à borda ocidental da Bacia do Paraná. Para oeste do rio Paraguai eles parecem continuar em sub-superfície na Bacia do Gran Chaco, para aflorar novamen-

Wolfart (1961, p. 38) apresenta a seguinte subdivisão para a seqüência do Grupo Caacupé:

Mais recentemente (1966) o «Plan de Prospección Geológica y Mineral» do «Ministério de Obras Públicas y Comunicaciones» (Quadriculas do Coronel Oviedo) classifica as formações silurianas da seguinte forma:

SÉRIE CORDILLERA	Formação Acosta Nú
	Formação Ypacarai
	Formação Eusebio Ayala
	Formação Caacupé

Na descrição da Quadricula de Itá publicada pela mesma Instituição encontramos a designação de Formação Itacurubi em vez de Formação Acosta Nú.

<b>Gotlandiano</b> (Llandovery inferior)	E. — Arenito Cerro Perro ..... ca. 100 m D. — Argilito Vargas Peña ..... ca. 10-20 m C. — Arenito Eusebio Ayala ..... ca. 200-250 m
<b>Ordoviciano</b> ou <b>Gotlandiano (?)</b>	B. — Arenito Caacupé ..... 700-800 m A. — Conglomerado basal ..... 0- 15 m

te na sua periferia. Em direção a leste eles tendem a acunhar a desaparecer, não tendo sido encontrados nas perfurações realizadas pela Petrobrás S. A. na Bacia do Paraná. Aliás, o pequeno número de perfurações na área crítica não permite elucidar a extensão de ocorrência do Grupo Caacupé em sub-superfície, em direção ao centro da Bacia do Paraná. Os poços de Campo do Mourão e Laranjeiras do Sul não revelaram qualquer indício de sedimentos silurianos.

Eckel (1959, p. 53) divide o Grupo Caacupé em quatro unidades litológicas distintas:

- 4 — Arenito, vermelho a castanho, maciço, fossilífero, em parte altamente micáceo. Na base folhelhos ou argila clara com finos leitos de arenito ..... ca. 200 m
- 3 — Arenito, branco, sacaróide ... ca. 100 m
- 2 — Arenito, castanho a vermelho castanho, granulação fina a grosseira, arcossiano, vários horizontes fossilíferos próximo à base ..... ca. 400 m
- 1 — Conglomerado Paraguari .... 1 a 50 m

A seqüência acima referida por Wolfart como siluriana, foi anteriormente considerada por Harrington (1950), e por Eckel (1959) como siluriana e devoniana. Estes autores, enquadraram-na nas séries Caacupé e Itacurubi. Wolfart baseando-se numa revisão paleontológica, refere entretanto que no Paraguai oriental não ocorrem rochas devonianas, considerando portanto, a «Série Itacurubi» como siluriana.

As perfurações realizadas pela Union Oil Co. of California indicam uma mudança de facies entre a parte aflorante no Paraguai oriental e aquela encontrada em sub-superfície no Chaco Boreal.

A porção superior do Grupo Caacupé, constituída dos arenitos Eusebio Ayala e Cerro Perro, bem como do argilito intermediário Vargas Peña, é caracterizada por fósseis marinhos. Na opinião de Eckel a idade seria siluriano-devoniana. Entretanto, segundo Wolfart sua idade corresponde ao Llandovery Inferior (Gotlandiano). Putzer (1962) cita a presença de graptólite como fóssil guia da seqüência.

### CONGLOMERADO PARAGUARI

A porção basal do Grupo Caacupé foi designada por Harrington como Conglomerado Paraguari. A nordeste da homônima os depósitos rudáceos atingem de acôrdo com Eckel espessuras de 40 a 50 m. Os afloramentos visitados e estudados têm pouco mais de 10 m de espessura. Nesta localidade, os conglomerados jazem discordantemente sôbre o embasamento. Os sedimentos são aí constituídos predominantemente por arenitos conglomeráticos, que incluem localmente camadas e lentes pouco espessas de conglomerados. As camadas conglomeráticas apresentam estratificação cruzada incipiente.

Durante a sedimentação da camada basal predominou o transporte em massa de areias arcósianas de granulação variada, predominantemente grosseira, na qual eram arrastados seixos de tamanhas variados. Estes foram encontrados em camadas através da remoção das areias. Um dos histogramas da figura 3 ilustra a composição granulométrica de uma amostra de areia arcósiana procedente da matriz do arenito conglomerático.

As camadas de conglomerados constituem propriamente depósitos residuais. Nos locais onde não se verificou a concentração dos seixos encontram-se as camadas de arenito conglomerático com seixos esparsos. Quando as condições hidrodinâmicas eram propícias originava-se a estratificação cruzada ou paralela.

Na base da escarpa de Cho-ló-ló (Cordillera de los Altos) a NE de Paraguari medimos a atitude de alguns estratos cruzados de tipo acanalado, bem como, a orientação do eixo longo dos seixos. Os resultados são apresentados a seguir:

a) A direção média obtida com apenas 13 medidas (N 83°W) está de acôrdo com o resultado apresentado pelos estratos cruzados medidos nas camadas sobrejacentes da formação (N 63°W).

b) A orientação do eixo longo seixos é grosseiramente perpendicular à direção do transporte. Foi medida a orientação de 34 seixos com uma resultante de N 12°W-S 12°E e um fator de consistência de 0,46.

Os seixos são constituídos predominantemente de quartzo e quartzito encontrando-se intercalados numa matriz areno-arcósiana grosseira. Os seixos são comumente sub-arredondados a arredondados. Seu tamanho mais freqüente encontra-se entre 3 e 10 cm, podendo mesmo

atingir até 30 cm de acôrdo com Eckel (1959, p. 53).

A situação das camadas basais do Grupo Caacupé lembra até certo ponto as camadas basais da Formação Furnas. Em ambas nota-se a presença de seixos com um grau de arredondamento elevado denotando um transporte e retrabalhamento apreciável com eliminação dos fragmentos menos resistentes à decomposição química, o que indica uma relativa maturidade textural. Por outro lado os constituintes da matriz arcósiana são altamente imaturos indicando um grau de arredondamento baixo.

No caso da Formação Furnas interpretamos que o mar devoniano transgrediu sôbre um pediplano elaborado sob condições semi-áridas, porém, submetido a um período de intensiva decomposição química anterior a transgressão. No caso do Grupo Caacupé não temos informações suficientes sôbre a natureza da superfície pré-siluriana. Talvez se trate também de uma superfície bem aplainada. Entretanto, maiores observações de campo se fazem necessárias. Entretanto as condições de intemperismo existentes na superfície pré-siluriana foram ao que parece muito semelhantes àquelas da superfície pré-devoniana, melhor conhecida na borda leste da Bacia do Paraná.

A superfície pré-siluriana corta rochas de natureza variada. A irregularidade atual verificada nas altitudes dos contatos entre o embasamento pré-siluriano e o Grupo Caacupé deve-se a falhamentos pós-silurianos.

### ARENITO ARCOSIANO

Este arenito constitui mais da metade da seqüência siluriana, atingindo de 700 a 800 m de espessura segundo Wolfart (1961). Os arenitos arcósianos foram designados por Harrington como Arenito Peribebuy e por Wolfart de Arenito Caacupé. A designação dada por Harrington têm prioridade na subdivisão estratigráfica.

O contato inferior do arenito arcósiano com a seqüência rudácea parece ser gradacional. O contato superior com o Arenito Eusebio Ayala se faz aparentemente sem graduação.

O arenito arcósiano apresenta-se bastante friável, de coloração predominantemente branca tendendo para o rosado ou mesmo castanho. Na maioria das vezes a granulação varia de fina a média. Os histogramas da figura 3 ilustram a composição granulométrica deste arenito.

Uma das principais características da formação constitui a presença de estratificação



TABELA 1

RESULTADO DAS MEDIÇÕES DE ESTRATOS CRUZADOS NO ARENITO CAACUPÉ (SILURIANO DO PARAGUAI)

Localidade	Nº de medidas	Sentido da Inclinação	Fator de consistência	Inclinação média	Inclinação máxima
1	135	N 63° W	0,70	16,2°	32°
2	63	N 52° W	0,79	18,1°	32°
3	71	N 73° W	0,72	16,7°	24°
4	55	N 68° W	0,40	15,4°	24°
Geral	321	N 63° W	0,66	16,5°	32°

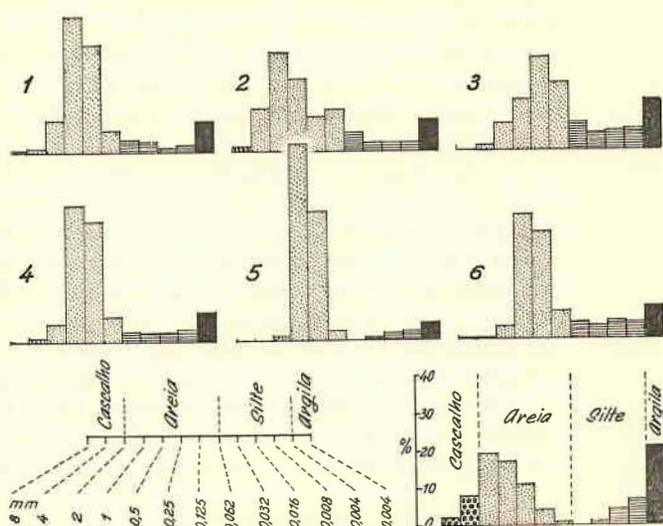
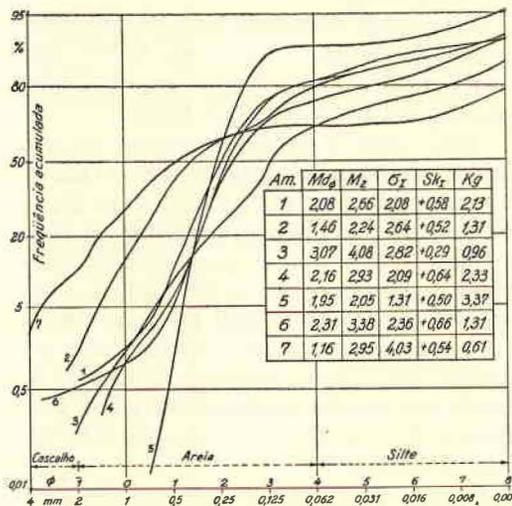


Fig. 2 — Curvas de frequência acumulada da distribuição granulométrica desenhadas em papel aritmético de probabilidade. O quadro interno apresenta os principais parâmetros deduzidos a partir das curvas.

Fig. 3 — Histogramas representativos da composição granulométrica relativos às sete amostras do arenito Caacupé analisadas.

AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO

A natureza do ambiente de deposição do Arenito Caacupé é difícil de ser compreendida e interpretada. Nada similar encontra-se na sedimentação atual que pudesse servir de termo de comparação.

O padrão dos estratos cruzados mostra estruturas tipicamente fluviais, mas as relações estratigráficas e paleontológicas não concordam com a origem fluvial, mas sim marinha. Admitimos como provável, um ambiente marinho nerítico, próximo a linha costeira, e com fortes correntes.

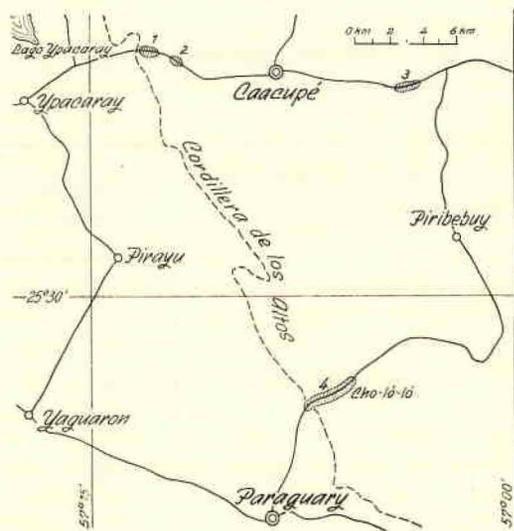


Fig. 4 — Mapa de situação dos afloramentos do Arenito Caacupé estudados nesta contribuição.

O grau de arredondamento dos fenoclastos do conglomerado basal, indica que os mesmos sofreram mais de um ciclo deposicional quando comparados com a angularidade dos grãos de areia constituintes do arenito.

Os fenoclastos originaram-se em ambiente continental, possivelmente por ação fluvial, tendo sido posteriormente retrabalhados pela ação marinha.

A área fonte era constituída possivelmente por um pediplano com grande quantidade de detritos. Com a sua subsidência o mar transgrediu sobre ela, submetendo o regolito à ação das ondas e fortes correntes, as quais concentraram o material mais grosseiro e removeram, em grande parte, o material mais fino. A estratificação cruzada do tipo plano-tabular desenvolveu-se por correntes fluindo em lençol, enquanto que a do tipo acanalado originava-se por correntes concentradas em canais.

### PALEOGEOGRAFIA

O aspecto principal dos resultados obtidos através da análise dos estratos cruzados reside no esclarecimento das ligações pretéritas entre as regiões compreendidas entre as bacias sedimentares do Paraná e Gran Chaco.

A presente organização das bacias intercratônicas hodiernas é em grande parte herança de eventos ocorridos após o Cretáceo. O problema principal reside em reconhecer no tempo geológico as etapas que antecederam a formação da estrutura atual de ambas as re-

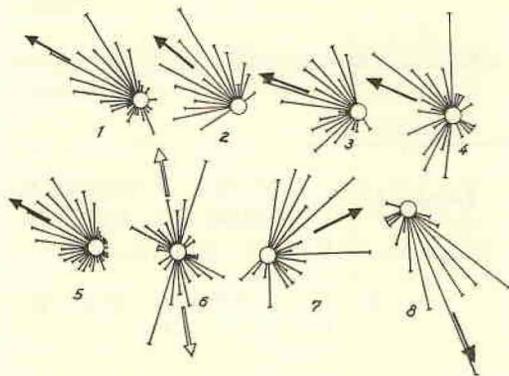


Fig. 5 — Rosa-diagramas representativos da atitude dos estratos cruzados e da sua resultante. Os números de 1 a 4 referem-se às localidades assinaladas no mapa da figura 4; 5 — Resultado geral para o Grupo Caacupé; 6 — Orientação dos seixos na base do Grupo Caacupé na escarpa Chóló-ló; 7 — Formação Rio Bonito; 8 — Formação Rio do Rasto.

giões. Baseamos nossa análise paleogeográfica principalmente na determinação da direção do transporte e no reconhecimento das áreas fontes e de sedimentação.

O transporte durante a época da deposição do Arenito Caacupé se fazia para WNW, isto é, em direção à área ocupada presentemente pela bacia sedimentar do Gran Chaco.

Assim sendo, a inclinação original das seqüências silurianas era para WNW. Com o levantamento do arco Rio Apa-San Juan Bautista, as camadas passaram a inclinar em sentido quase oposto, isto é, para o oriente em direção ao centro da Bacia do Paraná. Em virtude da inclinação original ser para WNW, o Grupo Caacupé diminui naturalmente de espessura para leste, explicando-se, assim, a ausência dos estratos silurianos nos poços profundos perfurados pela Petrobrás no interior da Bacia do Paraná.

Durante o siluriano, o mar transgrediu para leste deixando espessos depósitos tanto na Bacia pericratônica do Gran Chaco, como na porção ocidental da Bacia intercratônica do Paraná. Naquela época, aparentemente não existia o arco Rio Apá-San Juan Bautista separando ambas as bacias. A bacia de sedimentação do Grupo Caacupé constituía-se num todo abrangendo áreas que vieram posteriormente formar as bacias individualizadas do Gran Chaco e do Paraná. Aparentemente, o mar continuou sua transgressão para leste durante o Devoniano Inferior. Explica-se, assim, a ausência de sedimentos equivalentes ao Arenito

Furnas na região centro-sul do Paraguai, que na época de deposição deste arenito encontrava-se muito afastada da linha de costa, em pleno ambiente marinho.

No Gran Chaco, tanto no Siluriano como no Devoniano predominou a deposição de folhelhos e arenitos marinhos, fossilíferos e indicadores de águas mais profundas. O desenvolvimento da bacia de sedimentação siluriano-devoniana paraguaio-brasileira nas bacias do Gran Chaco e Paraná parece ter tido origem após o Devoniano Inferior, formando-se então o arco Rio Apá-San Juan Bautista. Aliás, deformação importante causada por dobramento de fundo, teve lugar na porção central da Bacia do Paraná, a qual sofreu forte subsidência durante a transgressão do mar devoniano para leste, permitindo maior acumulação de sedimentos nesta região, com afinamento progressivo para leste e para oeste.

A bacia pericratônica do Gran Chaco de natureza sub-móvel, sub-negativa e sub-deformável (Harrington, 1962), sofreu após o Devoniano importantes deformações tectônicas causadas principalmente por falhamentos e alguns dobramentos. Nela verifica-se um registro estratigráfico muito irregular do restante do Paleozóico e Mesozóico indicando perturbações tectônicas. Na Bacia do Paraná as perturbações tectônicas são discretas e menos perceptíveis, sendo originadas por dobramentos de fundo

causando subsidências e levantamentos diferenciais.

No Carbonífero Superior, o arco Rio Apá-San Juan Bautista já constituía-se em região elevada submetida à erosão. Esta assertiva é comprovada pela medição de estratos cruzados em arenito da parte superior do Grupo Tubarão a 18 km ao norte de Coronel Oviedo na estrada para Carayao. Nesta localidade foi medida a atitude de 55 estratos cruzados, obtendo-se como resultante para o transporte N 60° E e um fator de consistência igual a 0,58. Os estratos cruzados de origem fluvial são predominantemente plano-tabulares, localmente acanalados e de tamanho médio. De acordo com a resultante obtida, a área fonte deveria situar-se a WSW na região de Paraguari-Carapecuá, portanto, sobre o arco Rio Apá-San Juan Bautista, o qual nesta época já separava as duas grandes bacias de sedimentação (Gran Chaco e Paraná).

No Permiano superior continuava a separação entre as duas bacias. A cerca de 10,5 km ao sul de San Estanislau, na estrada para Coronel Oviedo, foi medida uma localidade de arenitos com estratificação cruzada na Formação Rio do Rasto. A resultante da atitude de 57 estratos cruzados, forneceu como sentido para o transporte o rumo S 27° E. A área de origem dos sedimentos situa-se a NNW de San Estanislau ainda sobre a região abrangida pelo arco Rio Apá-San Juan Bautista.

## BIBLIOGRAFIA

- BIGARELLA, J. J. & SALAMUNI, R. (1967) — Some Palaeogeographic features of the Brazilian Devonian. Bol. Par. de Geociências N°s 21-22, pp. 133-151.
- DEPTO. DE GEOLOGIA Y LABORATORIO (1966) — Plan de Prospección Geológica y Mineral. Cuadrícula 40 — Ita, Minist. de Obras Publicas y Comunicaciones. Dirección de Recursos Minerales. Paraguai.
- (1966) — Plan de Prospección Geológica y Mineral. Cuadrícula 41 — Coronel Oviedo. — Minist. de Obras Publicas y Comunicaciones. Dirección de Recursos Minerales. Paraguai.
- ECKEL, E. B. (1959) — Geology and Mineral Resources of Paraguay. — A Reconnaissance. Geol. Surv. Prof. Paper 327, 110 p.
- FOLK, R. L. & WARD, W. C. (1957) — Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. Journ. Sed. Petrology, Vol. 27, n° 1, pp. 3-26.
- FRIEDMAN, G. M. (1961) — Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. Jour. Sed. Petrology, Vol. 31, pp. 514-529.
- HARRINGTON, J. (1950) — Geologia del Paraguay Oriental. Contr. Cient. ser. E, Geologia, Univ. de Buenos Aires, tomo 1, 82 p.
- (1962) — Paleogeographic development of South America. Bull. Am. Assoc. Petroleum Geologists, Vol. 46, (10), pp. 1773-1814.
- MAACK, R. (1962) — Neue Forschungen in Paraguay und am Rio Paraná. Die Flussgebiete Monday und Acaray. Die Erde. v. 93 (1), pp. 4-48.
- PUTZER, H. (1962) — Geologie von Paraguay. 192 p. Gebr. Borntraeger, Berlin.
- WOLFART, R. (1961) — Stratigraphie un Fauna des alteren Palaeozoikums (Silur, Devon), in Paraguay. Geol. Jb. vol. 78, pp. 29-102.