

ARQUITETURA ESTRATIGRÁFICA, TRATOS DEPOSIIONAIS E PALEOGEOGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ (BRASIL) NO NEO-ORDOVICIANO / EO-SILURIANO

MARIO LUIS ASSINE*, JOSÉ ALEXANDRE J. PERINOTTO*,
CARLOS J. S. ALVARENGA** & SETEMBRINO PETRI***

ABSTRACT STRATIGRAPHIC ARCHITECTURE, DEPOSITIONAL TRACTS AND PALEOGEOGRAPHY OF THE PARANA BASIN (BRAZIL) IN THE LATE ORDOVICIAN / EARLY SILURIAN The Late Ordovician / Early Silurian Rio Ivaí Group is the lowermost stratigraphic cycle at the Brazilian side of the Paraná basin and is made up of three formations: Alto Garças (base), Iapó and Vila Maria. A regional stratigraphic analysis was carried out and new stratigraphic sections were described along the north and northwestern margin of the basin, where the Ordovician / Silurian rocks crops out discontinuously with variable thicknesses. The Rio Ivaí Group displays an asymmetrical geometry and its thickness increases westward. The transgressive nature, from coastal to marine in the Alto Garças Formation, was interrupted by a short but widespread glacial event in the Ordovician / Silurian boundary, which caused the deposition of diamictites (Iapó Formation). The stratigraphic architecture reveals an onlap from west to east, toward the original borders of the basin. The Iapó Formation overlaps the eastern limits of the Alto Garças Formation, resting right on the crystalline basement. After the end of glacial times, a widespread Early Llandoverian marine transgression led to shelf shale deposition (Vila Maria Formation). Westward paleocurrents in the Alto Garças Formation suggest that the Asuncion Arch had not yet attained a geomorphic expression in Ordovician / Silurian times, when Paraná and Chaco basins were geographically continuous. This range of events resulted in a similar stratigraphic succession in several basins bordering the Gondwana continent. As a result, coastal to shelf sandstones are covered by diamictites of glaciogenic origin, which were succeeded by marine transgressive shales and finally by shallow sea sandstones.

Keywords: Ordovician, Silurian, Paraná basin, Stratigraphy

RESUMO O Neo-Ordoviciano / Eo-Siluriano na porção brasileira da Bacia do Paraná é representado pelo Grupo Rio Ivaí, que compreende as formações Alto Garças (base), Iapó e Vila Maria (topo). O Grupo Rio Ivaí ocorre em grande parte da bacia e apresenta geometria assimétrica, com maiores espessuras a oeste. Novas seções foram descritas nas áreas de afloramento dos flancos norte e noroeste da bacia, delineando faixas de ocorrência descontínua e de espessura variável. A Formação Alto Garças acunha-se para leste e é caracterizada por empilhamento transgressivo, interrompido por evento glacial generalizado e de curta duração (Formação Iapó). A arquitetura estratigráfica evidencia *onlap* de oeste para leste em direção às bordas originais da bacia. Nos estados do Paraná e de Goiás, a Formação Iapó assenta diretamente sobre rochas do embasamento cristalino pré-cambriano, representando uma ampliação da bacia para leste, para além da área de ocorrência da Formação Alto Garças. Com a deglaciação, toda a margem continental gondwanica foi palco de grande transgressão marinha no Eollandoveriano, quando depositaram-se folhelhos plataformais da Formação Vila Maria. Paleocorrentes dirigidas para oeste indicam que os limites ocidentais da Bacia do Paraná são erosivos e que, no Neo-Ordoviciano / Eo-Siluriano, o Arco de Assunção ainda não tinha expressão geomorfológica, tendo a Bacia do Paraná continuidade física com as bacias Chaco-Paranense e do Chaco-Boreal. Desta sucessão de eventos resultou empilhamento estratigráfico muito similar em várias bacias da margem do continente de Gondwana, em que arenitos marinhos costeiros e plataformais são recobertos por diamictites glaciogênicos, folhelhos marinhos transgressivos e, finalmente, arenitos marinhos com empilhamento regressivo.

Palavras-chaves: Ordoviciano, Siluriano, Bacia do Paraná, Estratigrafia

INTRODUÇÃO A existência de estratos pré-devonianos sotopostos à Formação Furnas é conhecida desde a descoberta dos diamictites da Formação Iapó no Estado do Paraná (Maack 1947). Entretanto, poucos trabalhos versando sobre a geologia pré-devoniana foram realizados até a descoberta de folhelhos marinhos sotopostos à Formação Furnas no flanco norte da bacia (Faria & Reis Neto 1978), posteriormente formalizados como Formação Vila Maria (Faria 1982) e posicionados no Llandoveriano Inferior com base em palinomorfos (Gray *et al.* 1985). Tal descoberta deu início a uma série de trabalhos que permitiram avanço significativo no conhecimento estratigráfico da seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná, destacando-se os de Andrade & Camarço (1980, 1982), Zalán *et al.* (1987), Assine & Soares (1989), Pereira (1992), Assine *et al.* (1994), Milani *et al.* (1995) e Assine (1996).

As unidades pré-devonianas compõem o Grupo Rio Ivaí (Assine *et al.* 1994), que compreende, da base para o topo, as formações Alto Garças, Iapó e Vila Maria (Fig. 1). Em conjunto com os grupos Caacupé e Itacurubi (Paraguai) constituem a seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná (Fig. 2), cujo mapa de isópicas apresenta incremento das espessuras para oeste (Fig. 3).

São objetivos deste trabalho a caracterização da arquitetura estratigráfica, dos tratos deposicionais e da paleogeografia da seqüência ordovício-siluriana na porção brasileira da bacia. Tais elementos são importantes para a compreensão da origem e implantação da bacia no Ordoviciano, em parte sobre terrenos recém cratonizados, antes submetidos aos eventos do Ciclo Orogênico Brasiliense.

IDADES E RELAÇÕES DE CONTATO O Grupo Rio Ivaí assenta diretamente em discordância litológica sobre rochas magmáticas e/ou metamórficas do embasamento cristalino pré-cambriano/eopaleozóico. Quando recobre unidades sedimentares cambro-ordovicianas de bacias geradas no fim do Ciclo Brasiliense, o faz freqüentemente em discordância angular. Esta relação pode ser observada no flanco sudeste (sobre o Grupo Castro, a oeste das cidades de Castro e Piraí do Sul, Estado do Paraná), no flanco norte (sobre a Formão Piranhas, a sul da cidade de Bom Jardim de Goiás, Estado de Goiás) e também em subsuperfície (Fig. 4A).

O contato superior com a Formação Furnas é discordante. Contatos abruptos e erosivos foram constatados em vários pontos da bacia, a exemplo do observado por Pereira (1992) na faixa aflorante do flanco norte entre as cidades de Bom

* Unesp / IGCE / Departamento de Geologia Sedimentar, Av. 24-A / 1515, CP 178, CEP 13506-900, Rio Claro-SP, Brasil, e-mail: assine@caviar.igce.unesp.br

** UnB / IG / Departamento de Geologia Geral e Aplicada, Campus Universitário, CP 4465, CEP 70910-900, Brasília-DF, Brasil, e-mail: alval@guarany.cpd.unb.br

*** USP / IG / Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Rua do Lago / 562, Cidade Universitária, CEP 05508-900, São Paulo-SP, Brasil

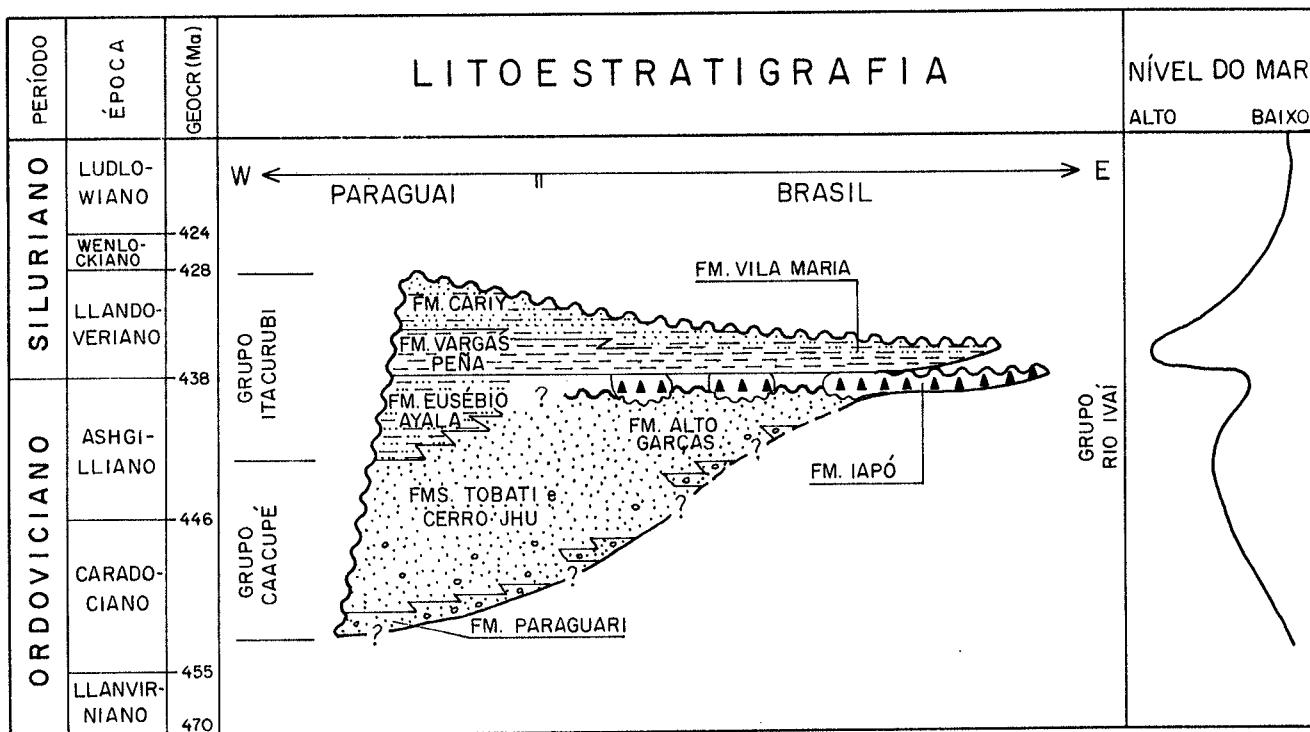


Figura 1 - Carta cronoestratigráfica da seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná (modif. de Assine et al. 1994)
Figure 1 - Chronostratigraphic chart for the Ordovician-Silurian sequence of the Paraná basin (modif. from Assine et al. 1994)

Jardim de Goiás e Amorinópolis. A ausência da Formação Vila Maria em muitos poços no interior da bacia é outro indicativo de um contato discordante entre o Grupo Rio Ivaí e a Formação Furnas. Localmente, algumas evidências de campo e de poços indicam, inclusive, contato discordante com baixa angularidade (Fig. 4B).

É notável o contraste entre as cores avermelhadas da Formação Vila Maria e a cor branca da Formação Furnas, constituindo critério de campo muito útil para o reconhecimento de estratos silurianos na bacia. As cores avermelhadas da Formação Vila Maria são cores de alteração, como já destacaram Gray et al. (1985). Como também ocorrem no registro dos poços e não afetam as camadas sobrepostas, é sugestivo que sejam produto de condições ambientais e intemperismo anterior à deposição da Formação Furnas, constituindo um argumento a mais na interpretação de uma discordância entre as duas unidades.

Das três unidades que compõem o Grupo Rio Ivaí, a Formação Vila Maria é a única que foi até o momento datada, tendo sido posicionada no Eollando-Veriano com base no fitoplâncton e em tetradas de esporos de plantas terrestres, recuperados de folhelhos coletados na seção-tipo no sul do Estado de Goiás (Gray et al. 1985). Para Grahn (1992), a deposição prolongou-se até o Mesollando-Veriano. A unidade é lito- e cronocorrelata à Formação Vargas Peña, definida no Paraguai.

Os diamictitos da Formação Iapó revelaram-se estéreis em todas as amostras analisadas palinologicamente. Como esta unidade ocorre sotoposta aos folhelhos eollando-Verianos da Formação Vila Maria e seus diamictitos são de origem glacial, a Formação Iapó é considerada produto da glaciação gondwanica no limite Ordoviciano / Siluriano.

A Formação Alto Garças também não foi ainda datada por métodos diretos. A unidade é entretanto mais jovem que bacias eo-ordovicianas do fim do Ciclo Brasiliano, sobre as quais jaz em discordância angular. Datação em riólitos da Bacia de Castro (PR) revelou idade de 488 ± 8 Ma (Moro et al. 1994), ou seja, limite Tremadociano/Arenítico (Eo-

doviciano). Assim, pela posição estratigráfica, considera-se que a Formação Alto Garças depositou-se no intervalo Caradociano / Ashgilliano, idade também atribuída ao Grupo Caacupé do Paraguai (Ciguel 1988).

PERFIS ESTRATIGRÁFICOS VERTICais Assine et al. (1994) caracterizaram o Grupo Rio Ivaí tendo por base perfis geofísicos de poços. Para que os objetivos deste trabalho fossem atingidos, foram levantadas as áreas de afloramento da unidade e descritos perfis estratigráficos verticais representativos, buscando-se estabelecer o empilhamento estratigráfico.

Na faixa de afloramentos do flanco sudeste verificou-se que ocorre somente a Formação Iapó. No Estado do Paraná a unidade assenta diretamente sobre o embasamento pré-cambriano/epaleozóico e é sobreposta em discordância pela Formação Furnas. A Formação Iapó ocorre de forma descontínua e com pequena espessura, por isso não devidamente representada nos mapas geológicos.

No flanco norte da bacia, o Grupo Rio Ivaí apresenta boas exposições numa faixa contínua de afloramentos. Várias seções levantadas a oeste da cidade de Amorinópolis (GO) atestaram a continuidade lateral do empilhamento estratigráfico estabelecido originalmente por Faria (1982) e detalhado por Pereira (1992).

Para oeste, a sucessão estratigráfica é mais completa. Na bacia hidrográfica do ribeirão das Perdizes, a sudeste de Baliza, já se acham presentes os arenitos inferiores da Formação Alto Garças, embora com espessura reduzida. Em três perfis levantados na área (Fig. 5), verificou-se que a Formação Alto Garças é descontínua e que localmente não ocorre, como na seção da cachoeira do ribeirão das Perdizes, onde os diamictitos da Formação Iapó assentam diretamente sobre o embasamento pré-cambriano/epaleozóico. O contato entre o Grupo Rio Ivaí e a Formação Furnas é litologicamente nítido na área e marcado por radical mudança de coloração, da

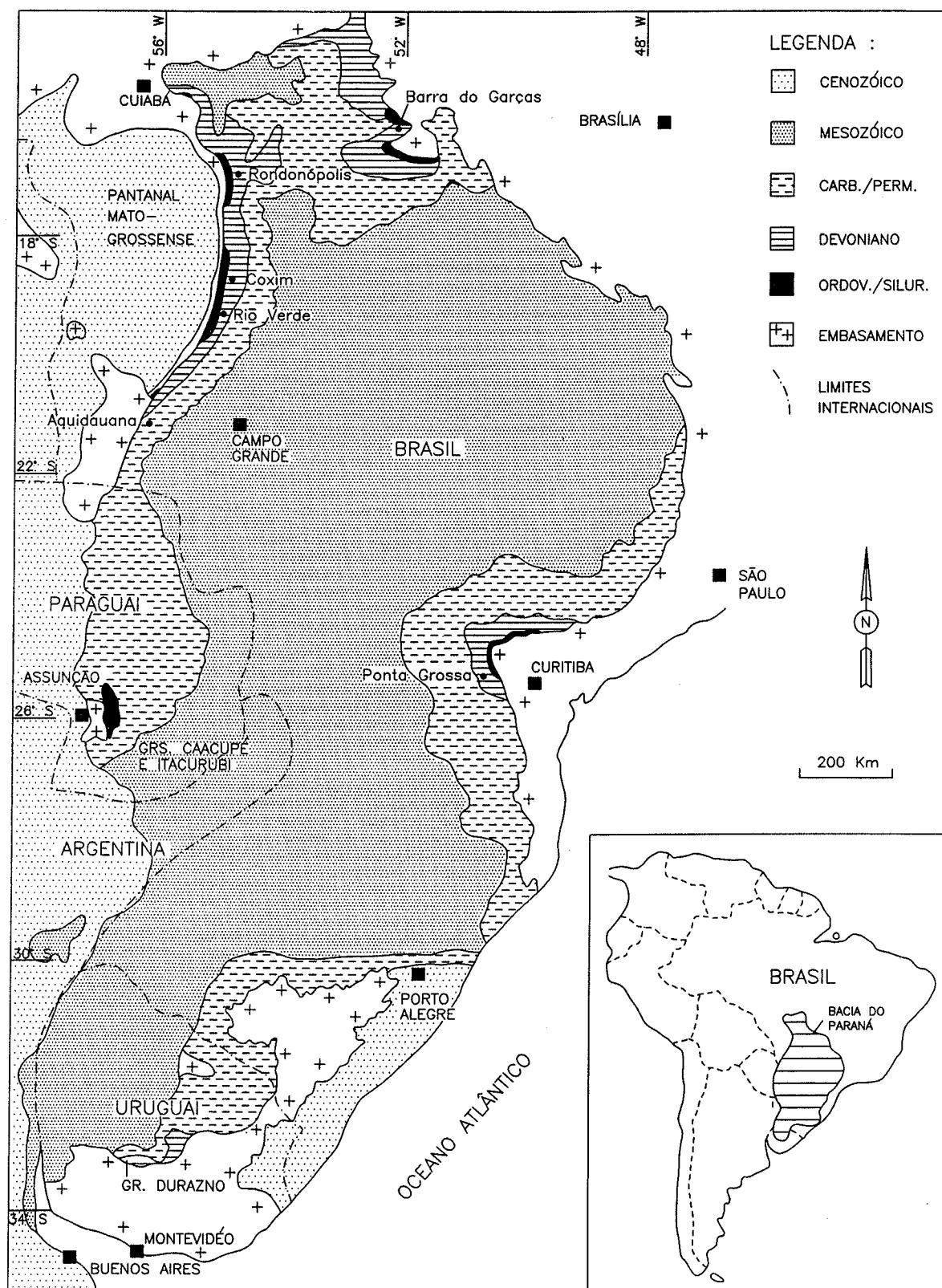


Figura 2 - Mapa geológico da Bacia do Paraná
Figure 2 - Geological map of the Paraná basin

característica cor vermelha da Formação Vila Maria para a invariável cor branca dos arenitos da Formação Furnas.

Seções representativas do grupo ocorrem também a norte, na região de Barra do Garças (MT), uma área muito afetada por intensa tectônica modificadora responsável pela compar-

timentação em blocos limitados por falhas de direção predominante NE (N30-60E), cujos rejeitos podem ser superiores a 200 m (Fig. 6). As três formações estão presentes e os arenitos da Formação Alto Garças apresentam espessuras da ordem de duas dezenas de metros. Na figura 6 verifica-se que,

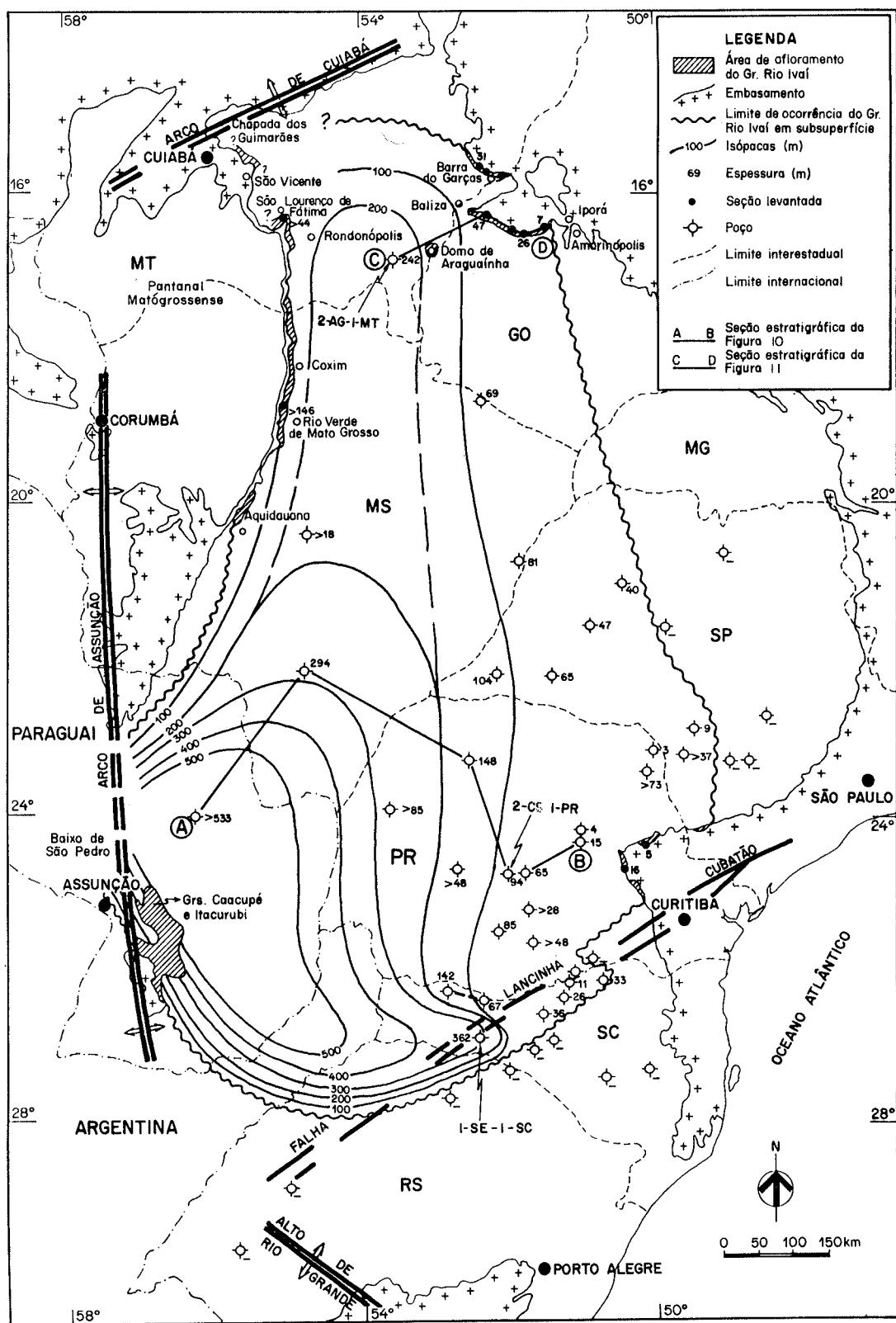


Figura 3 - Mapa de isópicas do Grupo Rio Ivaí (Assine 1996)
Figure 3 - Isopach map of the Rio Ivaí Group (Assine 1996)

ao contrário do que consideraram Milani *et al.* (1995), a Formação Furnas aflora desde a parte inferior da escarpa na seção do mirante do Cristo, estando o contato com a Formação Vila Maria encoberto pela área urbanizada da cidade de Barra do Garças. Para o topo, os arenitos brancos, grossos e com

estratificação cruzada, dão lugar a arenitos avermelhados, finos e com estratificação cruzada *hummocky*, pertencentes à Formação Ponta Grossa. Além disso, os pelitos cinza esbranquiçados e fossilíferos (trilobitas e braquiópodes), que afloram na área do Cindacta II e que Sundaram (1994) con-

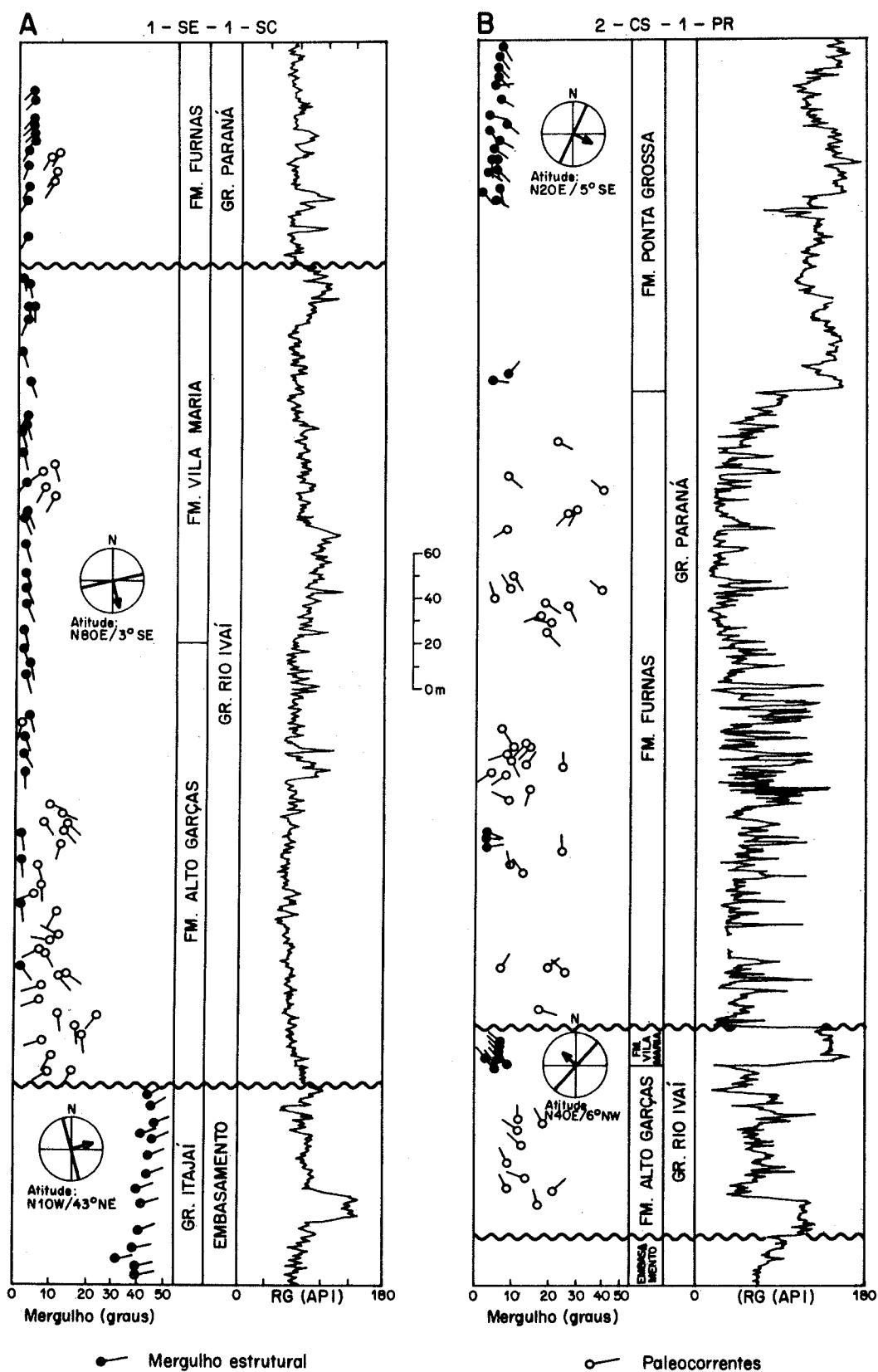


Figura 4 - Diferentes atitudes no perfil de mergulho (dipmeter) de poços, evidenciando: A) Discordância angular entre o Grupo Rio Ivaí (Ordoviciano Superior / Siluriano Inferior) e o Grupo Itajaí (Pré-Cambriano Superior/Cambriano) no poço 2-SE-1-SC (localização na figura 3); B) Discordância de baixo ângulo entre os grupos Rio Ivaí (Ordoviciano Superior / Siluriano Inferior) e Paraná (Siluriano Superior / Devoniano) no poço 2-CS-1-PR (localização na figura 3)

Figure 4 - Dipmeter logs showing: A) Angular unconformity between Rio Ivaí (Upper Ordovician / Lower Silurian) and Itajaí (Cambrian/Precambrian) groups in the well 2-SE-1-SC (location on figure 3); B) Low angle unconformity between Rio Ivaí (Upper Ordovician / Lower Silurian) and Paraná (Upper Silurian/Devonian) groups in the well 2-CS-1-PR (location on figure 3)

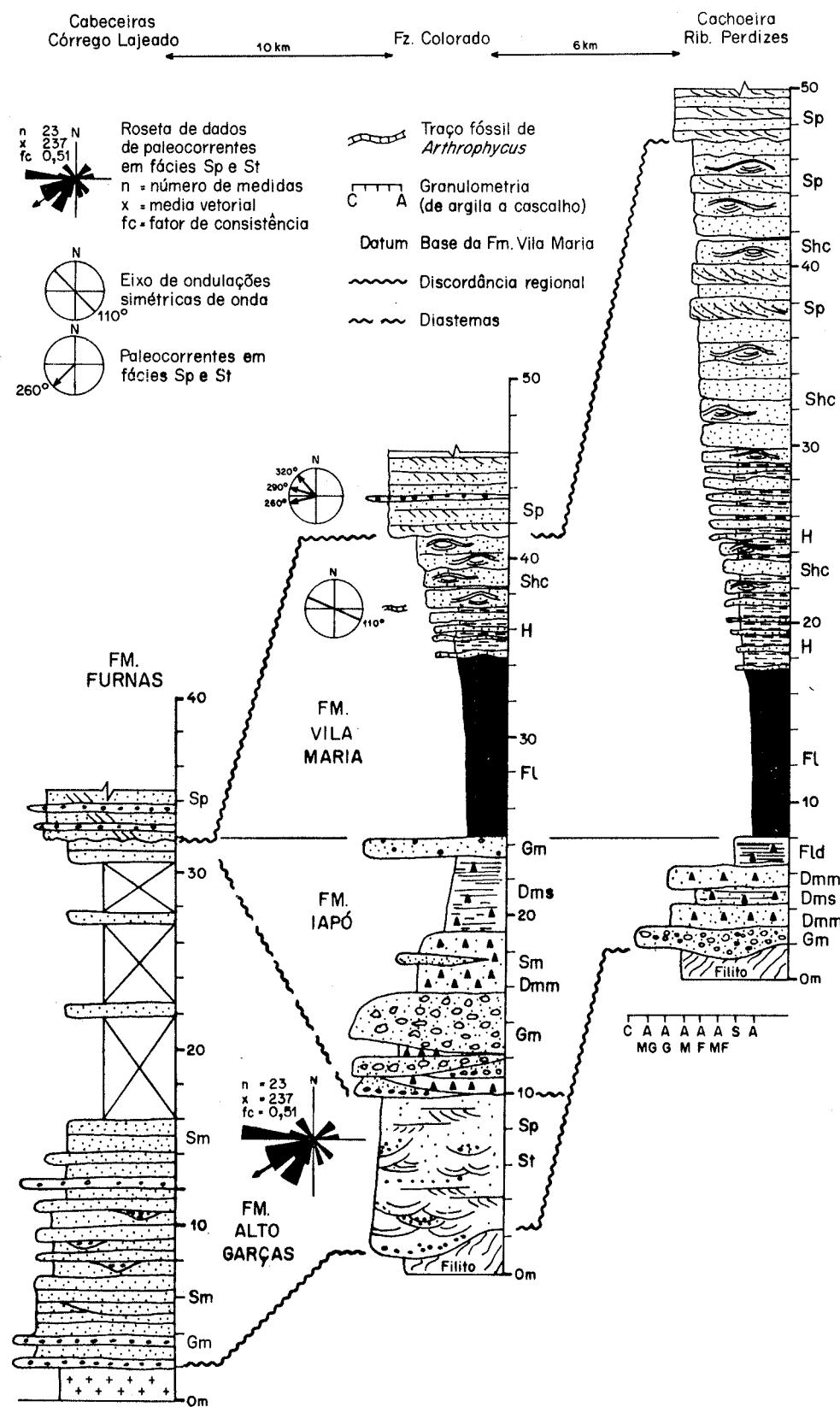


Figura 5 - Perfis verticais do Grupo Rio Ivaí no ribeirão das Perdizes, a sudeste de Baliza (GO; localização na figura 3). Código de fácies (modificado de Eyles et al. 1983): Dmm= diamictito maciço; Dms= diamictito estratificado; Sm= arenito maciço; St= arenito com estratificação cruzada acanalada; Sp= arenito com estratificação cruzada planar; Shc= arenito com estratificação cruzada hummocky; Gm= conglomerado maciço; H= fácies heterolíticas: camadas de arenitos finos interestratificadas com camadas de folhelhos e siltitos; Fl= folhelhos e siltitos laminados; Fld= folhelhos e siltitos laminados com seixos caídos

Figure 5 - Vertical profiles of the Rio Ivaí Group in the Ribeirão das Perdizes, southeast of Baliza (Goiás State; location on figure 3). Facies code (modified from Eyles et al. 1983)

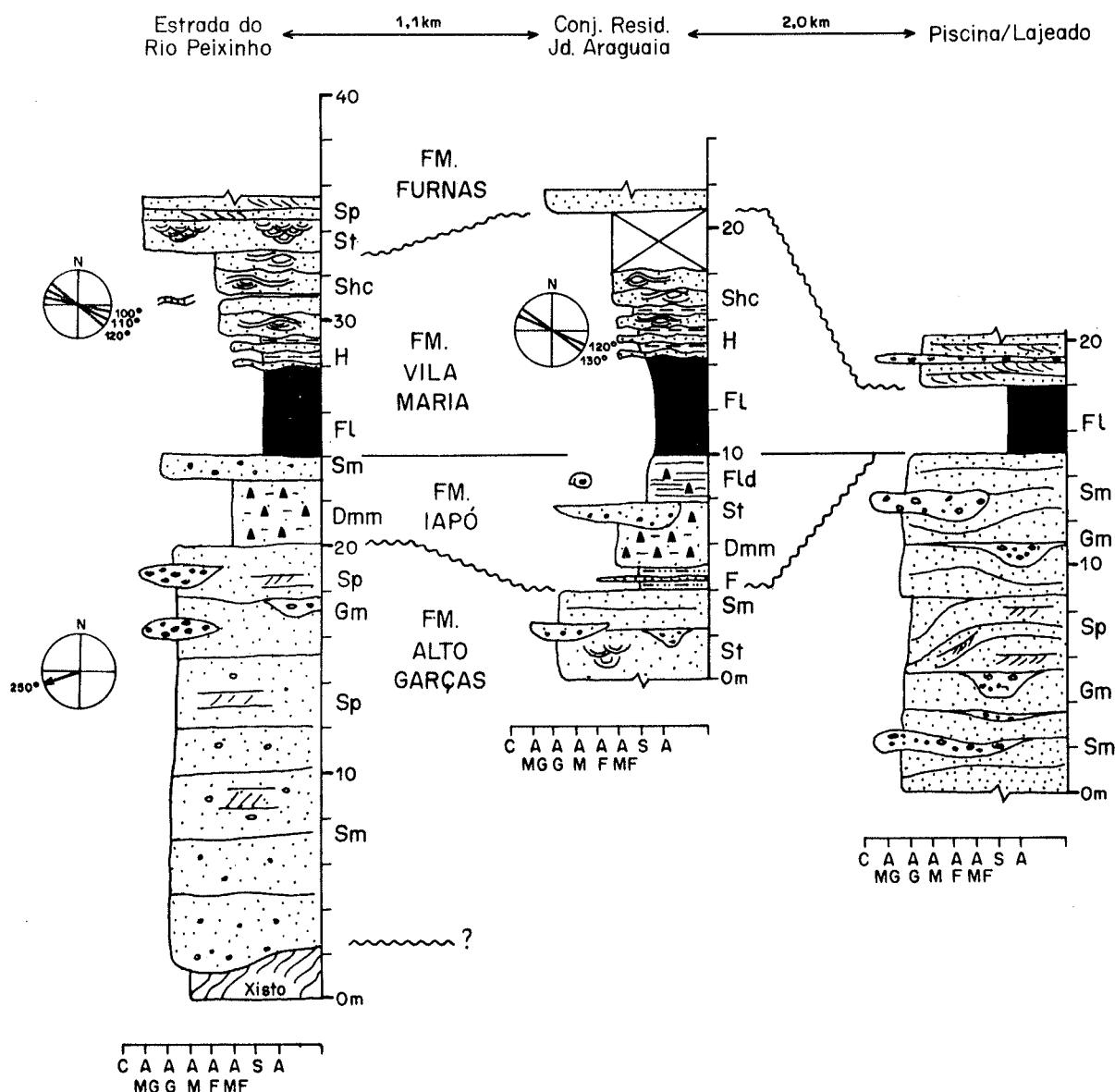
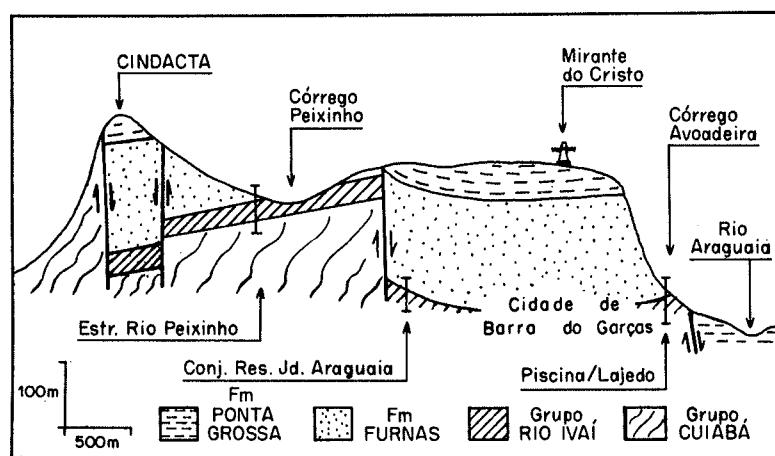


Figura 6 - Perfis verticais do Grupo Rio Ivaí em Barra do Garças (MT; localização na figura 3). Legenda e código de fácies: figura 5

Figure 6 - Vertical profiles of the Rio Ivaí Group in Barra do Garças (Mato Grosso State; location on figure 3). Legend and facies code: figure 5

siderou como Formação Vila Maria, pertencem, na verdade, à Formação Ponta Grossa.

Na faixa de afloramentos do flanco noroeste da bacia ainda não se dispõe de mapas geológicos em que o Grupo Rio Ivaí tenha sido individualizado, mas a constatação de sua presença nas escarpas que bordejam o Pantanal Mato-Grossense, permitiu a inferência de uma faixa de ocorrência descontínua e com espessura variável, desde Aquidauana (MS) até a região de Rondonópolis (MT) (Fig. 2).

Na região de Rio Verde de Mato Grosso, o Grupo Rio Ivaí foi constatado nas poucas estradas que descem para o Pantanal Mato-Grossense: 1) Na estrada que passa por Sete Quedas em direção à fazenda Rincão, a partir de 32 km da cidade de Rio Verde e 400 m antes do ribeirão Anhumas, ocorre uma seção sotoposta à Formação Furnas com aproximadamente 150 m de espessura, formando a escarpa da bacia voltada para o Pantanal; a seção é predominantemente psamítica (Formação Alto Garças), sendo capeada por 20 m de pelitos muito ferruginosos (Formação Vila Maria); 2) Na estrada para a fazenda Sucuri, cujo acesso se dá no km 682 da BR-163, foi levantada uma seção de 146 m, sobretudo constituída por arenitos da Formação Alto Garças (Fig. 7). Diamictitos e folhelhos vermelhos capeiam a seção, tendo sido considerados respectivamente como pertencentes às formações Iapó e Vila Maria; 3) Na estrada de Rio Negro para o Pantanal, já ao nível da planície do Pantanal, podem ser observadas fácies heterolíticas de folhelhos cinza claros interestratificados com arenitos finos retrabalhados por onda, pertencentes à Formação Vila Maria.

A faixa aflorante a sul de Rio Verde não foi objeto de investigação, a não ser uma ocorrência de estratos ordovícios-silurianos descoberta pelos colegas Cláudio Riccomini e Ana Lúcia Gesicki na região de Aquidauana, mais precisamente a oeste da localidade de Cipolândia. Assentando diretamente sobre filitos do Grupo Cuiabá, ocorrem arenitos maciços que no topo se apresentam com clastos dispersos, angulosos e facetados, denotando influência glacial. Esta seção inferior tem espessura de aproximadamente 60 m e é recoberta por fácies heterolíticas, caracterizadas por folhelhos cinza interestratificados com arenitos finos. O contato com arenitos conglomeráticos da Formação Furnas pode ser observado na fazenda da Concremix (Fig. 8).

Para norte de Rio Verde, algumas ocorrências são fundamentais para montar um quadro preliminar da distribuição regional do Grupo Rio Ivaí. Na estrada de acesso ao Pantanal a partir da cidade de Coxim, pela margem direita do rio Taquari, a 3,5 km da cidade, pode ser observada uma seção de arenitos róseos tendo no topo delgada camada de lamitos avermelhados (Grupo Rio Ivaí), sobreposta discordantemente por arenitos conglomeráticos brancos da Formação Furnas. Mais adiante, afloramentos da Formação Alto Garças existem nas escarpas que limitam a planície do Pantanal, mas o levantamento de um perfil representativo requer trabalho de mapeamento de detalhe, uma vez que a área é cortada por inúmeras falhas.

Na localidade de São Lourenço de Fátima, a cerca de 30 km a noroeste de Rondonópolis (MT), Pereira *et al.* (1995) descreveram sedimentos da Formação Vila Maria, com ocorrência de níveis portadores de *Arthrophycus*. Uma outra seção, nesta mesma localidade, levantada na cachoeira do Bispo, permitiu verificar a ocorrência da Formação Alto Garças, imediatamente sotoposta à Formação Vila Maria (Fig. 9). A espessura total da Formação Alto Garças na área é maior que 60 m, espessura mínima estimada nas escarpas ao longo do vale do Rio São Lourenço, onde ocorrem arenitos brancos laminados ou maciços, com traços fósseis do iconogênero *Skolithos*.

É provável que a faixa de afloramentos do Grupo Rio Ivaí se estenda mais para norte, mas não foram levantadas seções

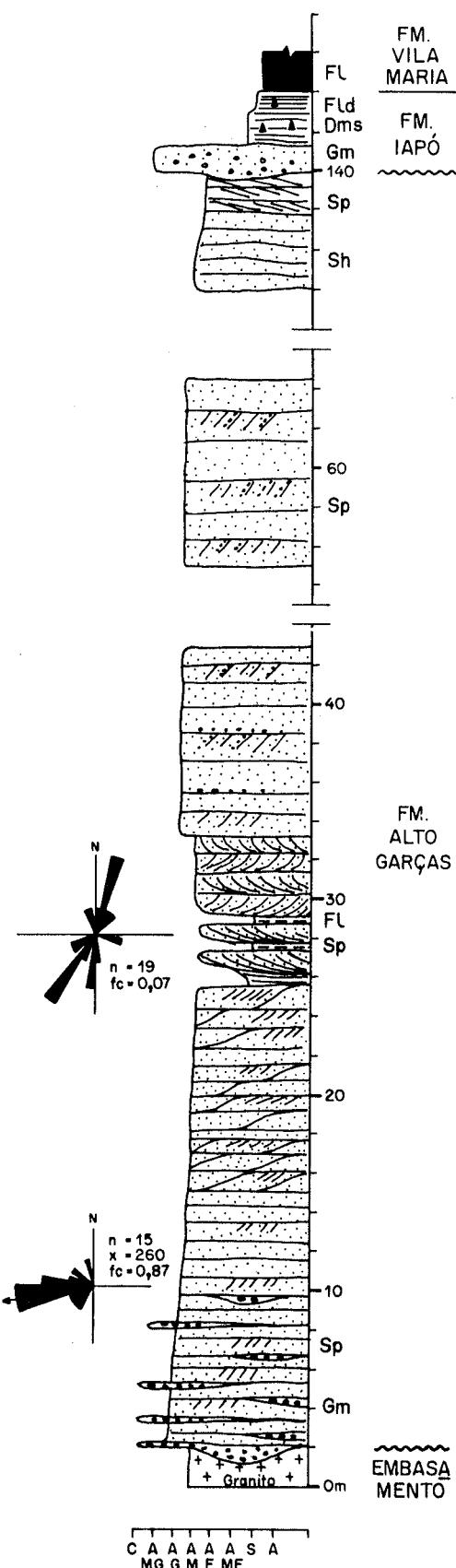


Figura 7 - Perfil vertical do Grupo Rio Ivaí a oeste de Rio Verde (MS; localização na figura 3). Legenda e código de fácies: figura 5

Figure 7 - Vertical profile of the Rio Ivaí Group, west of Rio Verde (Mato Grosso do Sul State; location on figure 3). Legend and facies code: figure 5

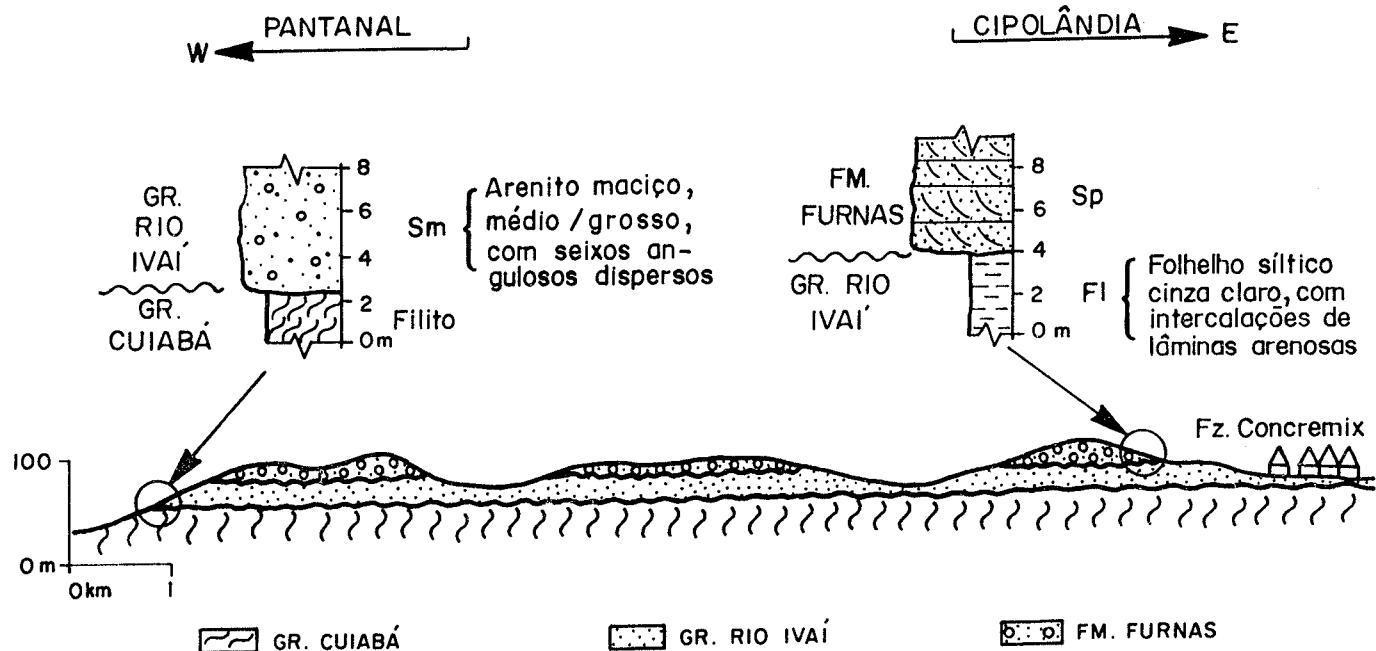


Figura 8 - Ocorrência do Grupo Rio Ivaí na localidade de Cipolândia, norte de Aquidauana (MS; localização na figura 3).
Figure 8 - Rio Ivaí Group in the locality of Cipolândia, north of Aquidauana (Mato Grosso do Sul State; location on figure 3)

entre São Lourenço de Fátima e chapada dos Guimarães. Uma evidência a favor desta suposição é o relato de Oliveira & Mühlmann (1965, págs. 13-14): "Ao norte de S. Vicente, ocorre localmente uma seção sedimentar constituída de baixo para cima: 1- Arenitos marrons a vermelho arroxeados, médios a grossos, regularmente selecionados, pouco argilosos, pouco ferruginosos, friáveis, grãos subangulares/subarredondados, estratificação paralela espessa, intercalados por leitos de conglomerado, com matriz arenítica e seixos arredondados (até 10cm) de quartzo; 2- Arenito marrom arroxeados, fino a médio, argiloso, mal classificado, muito ferruginoso, micáceo, pouco friável, com estratificação paralela espessa. Esta seção está estratigráficamente abaixo dos arenitos brancos, finos, angulosos, regularmente classificados, limpos, friáveis, intercalados em camadas de conglomerados de seixos de quartzo bem rolados, que, nesta área, constituem a parte basal da Formação Furnas, em sua expressão típica". Infelizmente os referidos autores não relataram a espessura desta seção sotoposta à Formação Furnas.

Borghi & Moreira (1996), em estudo sobre a geologia da chapada dos Guimarães, relataram a existência de uma seção inédita, que consideraram pertencente à Formação Alto Garças. Subdividiram-na em três intervalos, sendo o basal constituído por ortoconglomerado maciço e pouco espesso. O intervalo intermediário é o mais espesso, constituindo-se de arenitos finos, maciços ou laminados, portadores de traços fósseis verticais classificados como *Skolithos lineares*. O intervalo de topo caracteriza-se pela interestratificação de arenitos médios a grossos, portadores de extensos pavimentos com traços horizontais de *Arthropycus alleghaniensis*, com arenitos finos que apresentam laminação plano-paralela ou estratificação cruzada *hummocky*. Segundo os referidos autores, a seção é de idade ordovíciana, sendo sobreposta por diamictitos da Formação Iapó e folhelhos da Formação Vila Maria. Nos arenitos encontraram bivalves fósseis classificados como *Tancrediopsis sp.* por Machado *et al.* (1996), que relataram tratarse de forma típica do Ordovíciano Médio da América do Norte.

A descoberta de estratos ordovício-silurianos na chapada dos Guimarães evidencia que a extensão de ocorrência do Grupo Rio Ivaí é maior do que o inicialmente considerado por Assine *et al.* (1994) e Milani *et al.* (1995). Mais que isso,

reforça a necessidade de remapear toda a faixa de afloramentos do flanco noroeste da bacia, o que traria muitos subsídios para o entendimento de sua evolução geológica no intervalo Ordovíciano / Devoniano.

ARQUITETURA O Grupo Rio Ivaí ocorre em grande parte da bacia, delineando uma geometria assimétrica (Fig. 3), consequência do acunhamento para leste da Formação Alto Garças (Fig. 1). As maiores espessuras foram constatadas nos poços 2-DO-1-MS (Dourados = 272 m) e 2-AG-1-MT (Alto Garças = 214m). No poço ASU-1 (Assunção) no Paraguai foram perfurados 391 m de unidades correlatas (grupos Caacupé e Itacurubi) sem que o embasamento tivesse sido atingido (Fig. 10).

As formações Iapó e Vila Maria são pouco espessas, raramente ultrapassando no conjunto mais de 50 m, mas têm ampla distribuição em área, recobrindo em *onlap* o limite oriental de ocorrência da Formação Alto Garças.

Nos estados do Paraná e de Goiás, a Formação Iapó freqüentemente assenta diretamente em discordância litológica sobre rochas do embasamento cristalino pré-cambriano / eopaleozóico. A ocorrência da Formação Iapó em um grande número de poços nos estados do Paraná, Santa Catarina, São Paulo e Mato Grosso do Sul (Assine *et al.* 1998) sustenta a correlação entre os diamictitos aflorantes no Paraná com os da faixa de afloramentos de Goiás, originalmente incluídos na base da Formação Vila Maria (Faria 1982). Os diamictitos e fácies associadas formam um horizonte estratigráfico único, razão pela qual Assine *et al.* (1994) propuseram que sejam classificados em conjunto como Formação Iapó. Um aspecto que merece destaque, já que a unidade tem ocorrência geográfica ampla, é sua pequena espessura, normalmente menor que 20 m.

A assimetria do Grupo Rio Ivaí é nitidamente observada em seções E-W construídas a partir de perfis de poços na porção sul da bacia, onde se verifica acunhamento para leste dos arenitos da Formação Alto Garças. Para oeste, há espessamento da Formação Alto Garças, que se correlaciona com o Grupo Caacupé aflorante no flanco sudoeste da bacia (Paraguai), havendo continuidade física em subsuperfície entre as duas unidades (Fig. 10).

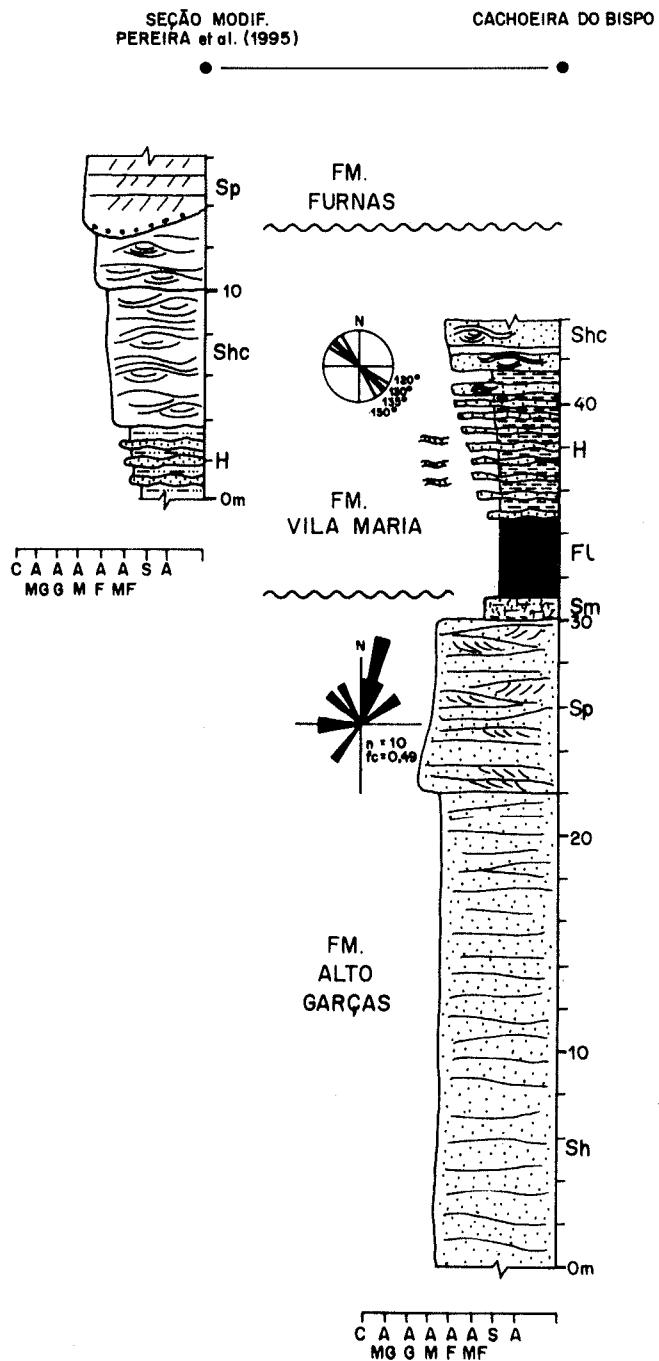


Figura 9 - Grupo Rio Ivaí em São Lourenço de Fátima, Rondonópolis (MT; localização na figura 3). Legenda e código de fácies: figura 5

Figure 9 - Rio Ivaí Group in the locality of São Lourenço de Fátima, Rondonópolis (Mato Grosso do Sul State; location on figure 3). Legend and facies code: figure 5

A assimetria observada nos mapas de isópicas é evidente também no flanco norte da bacia, inclusive na faixa de afloramentos. Os arenitos da Formação Alto Garças se acunham e desaparecem a leste de Baliza (GO), o que se reflete em redução progressiva da espessura do Grupo Rio Ivaí no rumo leste (Fig. 11). Na altura da cidade de Amorinópolis (GO) não mais ocorrem unidades ordovício-silurianas e a Formação Furnas assenta-se diretamente sobre o embasamento pré-cambriano/eopaleozóico (Alvarenga & Guimarães 1994). Em contraposição, a seqüência adquire maior possa na rumo sudoeste, sobretudo devido ao espessamento da Formação Alto Garças que alcança 214 m no poço 2-AG-1-MT (Alto Garças), situado a cerca de 170 km a sudoeste de Barra do Garças.

Com base na figura 11, é de se esperar que o Grupo Rio Ivaí aflore no Domo de Araguaína, com espessura da ordem de aproximadamente 100 m. Trabalhos de reconhecimento permitiram verificar que arenitos mapeados como Formação Furnas apresentam espessuras muito maiores do que as registradas no poço 2-AG-1-MT, sugerindo a presença da Formação Alto Garças no Domo de Araguaína. Rochas semelhantes aos diamictitos da Formação Iapó também foram observadas, mas o grau de deformação é muito acentuado, de forma que a comprovação da ocorrência de unidades ordovício-silurianas depende da realização de futuros estudos de detalhe.

TRATOS DEPOSIONAIS A Formação Alto Garças inicia com delgados e descontínuos níveis de conglomerados basais (fácies Gm), compostos por clastos arredondados de quartzo e quartzito de até 20 cm de diâmetro, semelhantes aos da Formação Paraguari, unidade basal do Grupo Caacupé no Paraguai. Grada na vertical para arenitos brancos com tonalidades róseas, finos a grossos, pouco feldspáticos, com estratificação cruzada planar, dispostos em *sets* de geometria cuneiforme a tabular (fácies Sp), aos quais se interestratificam delgados níveis (poucos centímetros a alguns decímetros) de conglomerados finos constituídos de seixos subarredondados de quartzo. Esta seção, que foi interpretada como fácies deltaicas de rios entrelaçados (*braided deltas*), apresenta paleocorrentes unimodais com fluxo para oeste-sudoeste. O empilhamento é transgressivo e sucedem-se arenitos finos de origem marinha plataforma que apresentam ocasionalmente padrão bipolar de paleocorrentes, sugestivo de retrabalhamento por marés. O perfil apresentado na figura 7 é representativo desta sucessão estratigráfica.

A seção inferior da Formação Alto Garças é faciologicamente similar à da Formação Cerro Jhu do Grupo Caacupé (Paraguai), caracterizada por arenitos de coloração branca com tonalidades róseas e castanhas, granulometria fina a média e estratificação cruzada predominantemente planar, interpretados por diferentes autores como de origem marinha (Bigarella & Comte 1969, Harrington 1972).

Os arenitos da porção superior são finos a grossos, friáveis e apresentam estratificação plano-paralela pouco distinta ou, ainda, aspecto maciço. Ao longo do vale do rio São Lourenço, a noroeste de Rondonópolis, formam relevos com aspecto ruíniforme. Na parte superior da unidade, em Coxim (MS), apresentam-se em barras sigmoides com sentido de transporte para NE, contrário ao da base da unidade e sugestivo da atuação de marés.

O acunhamento para leste e o padrão de paleocorrentes do conjunto representado pela Formação Alto Garças (seção inferior) e Grupo Caacupé, dirigido quase que invariavelmente para oeste (Fig. 12), refletem *onlap* costeiro de oeste para leste em direção às bordas originais da bacia (Fig. 1). Decorre deste fato a conclusão de que o adelgaçamento delineado no mapa de isópicas (Fig. 3) reflete a geometria original da seqüência. As seções estratigráficas das figuras 10

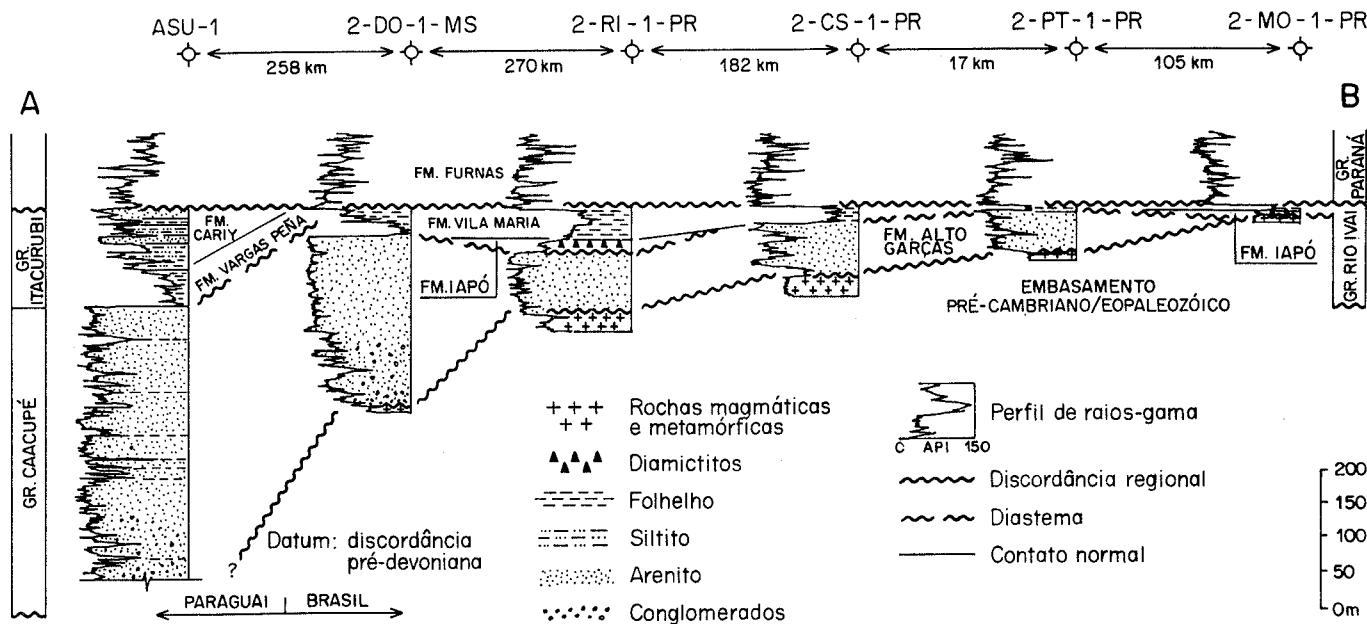


Figura 10 - Seção estratigráfica A-B mostrando o acunhamento para leste da Formação Alto Garças (localização na figura 3)
Figure 10 - A-B stratigraphic cross-section based on gamma-ray logs and subsurface lithologic data showing the eastern wedging up of the Alto Garças Formation (location on figure 3)

e 11 têm, por consequência, a direção aproximada do mergulho deposicional.

Na região de Rio Verde de Mato Grosso foram observados, próximo ao topo da unidade, conglomerados quartzosos intercalados nos arenitos. Os conglomerados formam níveis paralelos ao acamamento ou apresentam-se sob a forma de bolsões de geometria lenticular ou caótica, com espessura de até 20 cm. A presença destes termos conglomeráticos na parte superior da Formação Alto Garças foi consequência do avanço de fácies costeiras para posições mais distais na plataforma e retrabalhamento por processos marinhos rasos.

Este caráter regressivo no topo da unidade foi provavelmente resultado de queda do nível de base regional com o advento da glaciação no Neo-Ordoviciano. O contato entre os depósitos glaciogênicos da Formação Iapó e os arenitos da Formação Alto Garças é nestes casos marcado por descontinuidade deposicional.

Em contextos mais proximais, como na faixa de afloramentos no flanco norte da bacia (sudoeste de Goiás e sudeste de Mato Grosso), predominam arenitos grossos a conglomeráticos. Apresentam-se muitas vezes maciços, com clastos angulosos, evidências de fluidização e deformação penecontemporânea. Foram considerados fácies de leques de *outwash*, portanto geneticamente relacionados com os diamictitos da Formação Iapó.

Como em alguns perfis as fácies de topo da Formação Alto Garças evidenciam empilhamento regressivo ou são glacialmente influenciadas, a descontinuidade litológica entre diamictitos e fácies arenos-conglomeráticas não representa necessariamente lacuna significativa no registro sedimentar, razão pela qual o contato foi considerado de natureza diastêmica.

Os diamictitos basais da Formação Iapó são maciços, cinza arroxeados a marrom avermelhados, apresentam matriz siltico-arenosa, sendo texturalmente heterogêneos (grânulos a matacões) e litologicamente polimíticos. Os clastos apresentam evidências de abrasão glacial, sendo subangulosos a subarredondados, facetados, muitos com forma de bala (*bullet-shaped clasts*) e alguns estriados. Por estas características

faciológicas, pela pequena espessura e ocorrência descontínua, por assentarem-se diretamente sobre o embasamento e serem sobrepostos por fácies subaquosas glacialmente influenciadas, são interpretados como depósitos subglaciais, como já o fizeram anteriormente Pereira (1992) e Assine & Soares (1993).

A Formação Vila Maria (Fig. 5 e 6), conforme redefinida por Assine *et al.* (1994), inicia-se com uma seção de folhelhos (fácies Fl), que apresentam colorações geralmente vermelhas. Cor cinza escura primária foi observada em algumas locais, especialmente na seção-tipo no córrego da Aldeia (Faria 1982). Sua natureza marinha é atestada pela presença de variados tipos de invertebrados (pelecípodos, gastrópodos e braquiópodos inarticulados), descritos por Popp *et al.* (1981), e acritarcas (Gray *et al.* 1985).

Em direção ao topo, intercalações de arenitos muito finos dão origem a fácies heterolíticas (fácies H), caracterizadas pela interestratificação de delgadas camadas de arenitos muito finos retrabalhados por ondas e de siltitos argilosos com abundantes marcas de onda simétricas. Na parte superior predominam arenitos muito finos a finos, com estratificação cruzada *hummocky* (fácies Shc), ocorrendo subordinadamente arenitos com estratificação cruzada planar (fácies Sp).

O empilhamento de fácies mostra progressiva diminuição da lâmina d'água no sentido do topo da unidade, de folhelhos de plataforma externa (costa afora = *offshore*), depositados abaixo do nível das ondas de tempestade, até arenitos de plataforma interna rasa dominada por ondas. Neste contexto, as fácies heterolíticas representam os depósitos da zona de transição para costa afora, caracterizando-se pela alternância de lamitos, produtos da decantação em períodos de tempo bom, e arenitos depositados em eventos episódicos, associados a tempestades. A existência de arenitos com estratificação cruzada indica retrabalhamento por agentes marinhos rasos que operam continuamente nos períodos de tempo bom.

Durante os períodos de tempo bom, com taxa de sedimentação baixa em condições de submaré, diversos organismos transitaram pelo fundo lamoso, produzindo pistas horizontais de deslocamento e/ou alimentação da icnofácie *Cruziana*. Os

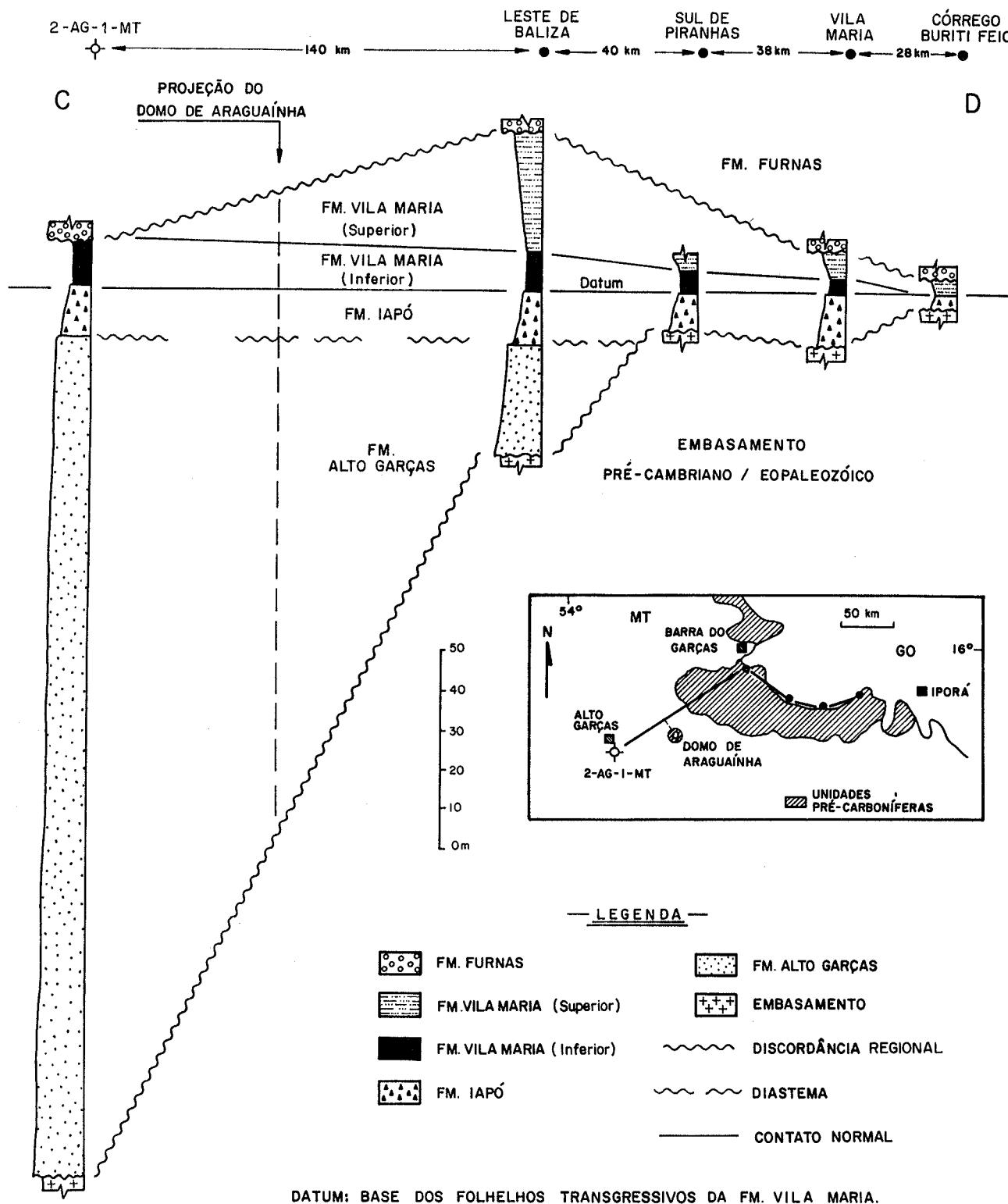


Figura 11 - Acunhamento da seqüência ordovício-siluriana para leste, porção norte da bacia (localização na figura 3)
Figure 11 - Eastern wedging up of the Ordovician-Silurian sequence in the northern portion of the basin (location on figure 3)

níveis onde se encontram as pistas são planares e muito bem definidos, no contato do topo dos lamitos com a base dos barras arenosas. Dentre os icnogêneros presentes, predominam amplamente as pistas articuladas do icnogênero *Arthropodus*, que segundo Burjack & Popp (1981) apresentam padrão linear levemente sinuoso e diâmetros entre 1,5 e 6,0cm.

O Grupo Rio Ivaí constitui, assim, um grande ciclo transgressivo-regressivo, com a interveniência de regressão no meio do ciclo causada por evento glacial generalizado e de curta duração. A seção regressiva do topo da Formação Vila Maria (fácies Shc e Sp) está desigualmente preservada, fato evidente nas seções levantadas a sudeste de Baliza (Fig. 5) e

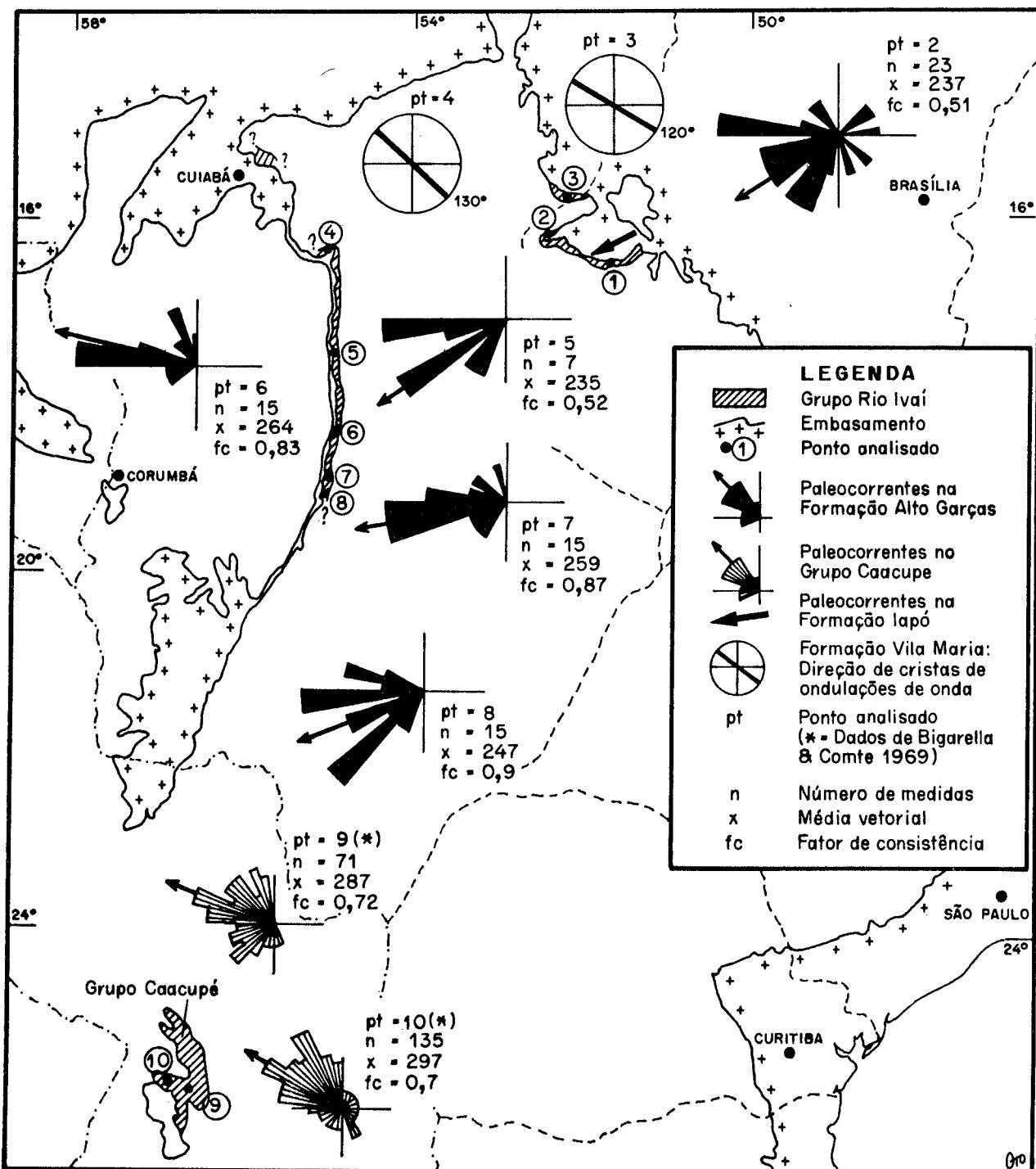


Figura 12 - Paleocorrentes na seqüência ordovício-siluriana
Figure 12 - Paleocurrents in the Ordovician-Silurian sequence

em Barra do Garças (Fig. 6). A relação com estratos sobrepostos da Formação Furnas é de discordância, evidenciando exposição e erosão durante o Neo-Siluriano Superior.

PALEOGEOGRAFIA INTEGRADA ÀS BACIAS DO CHACO O empilhamento estratigráfico, o sentido geral das paleocorrentes (Fig. 12) e o espessamento para oeste da seção psamítica que compõe o conjunto Formação Alto Garças / Grupo Caacupé, caracterizam um trato de sistemas transgressor no Ordoviciano Superior, com *onlap* de oeste para leste em direção às bordas originais da bacia. As formações Iapó e Vila Maria representam uma ampliação da

bacia para leste, além da área de ocorrência da Formação Alto Garças.

O sentido de fluxo das paleocorrentes para SW na Formação Alto Garças indica linha de costa NW/SE na porção norte da bacia, o que é atestado pela orientação dos eixos das cristas das ondulações de onda na Formação Vila Maria (Figs. 5, 6, 9 e 12). Na porção sul da bacia, paleocorrentes para NW no Grupo Caacupé indicam linha de costa com direção NE/SW. Como tais direções coincidem com a direção dos orógenos brasileiros marginais (Canastra/Araxá na porção norte e Ribeira na porção sul), é razoável inferir que os orógenos brasileiros constituíam terras altas, tendo condi-

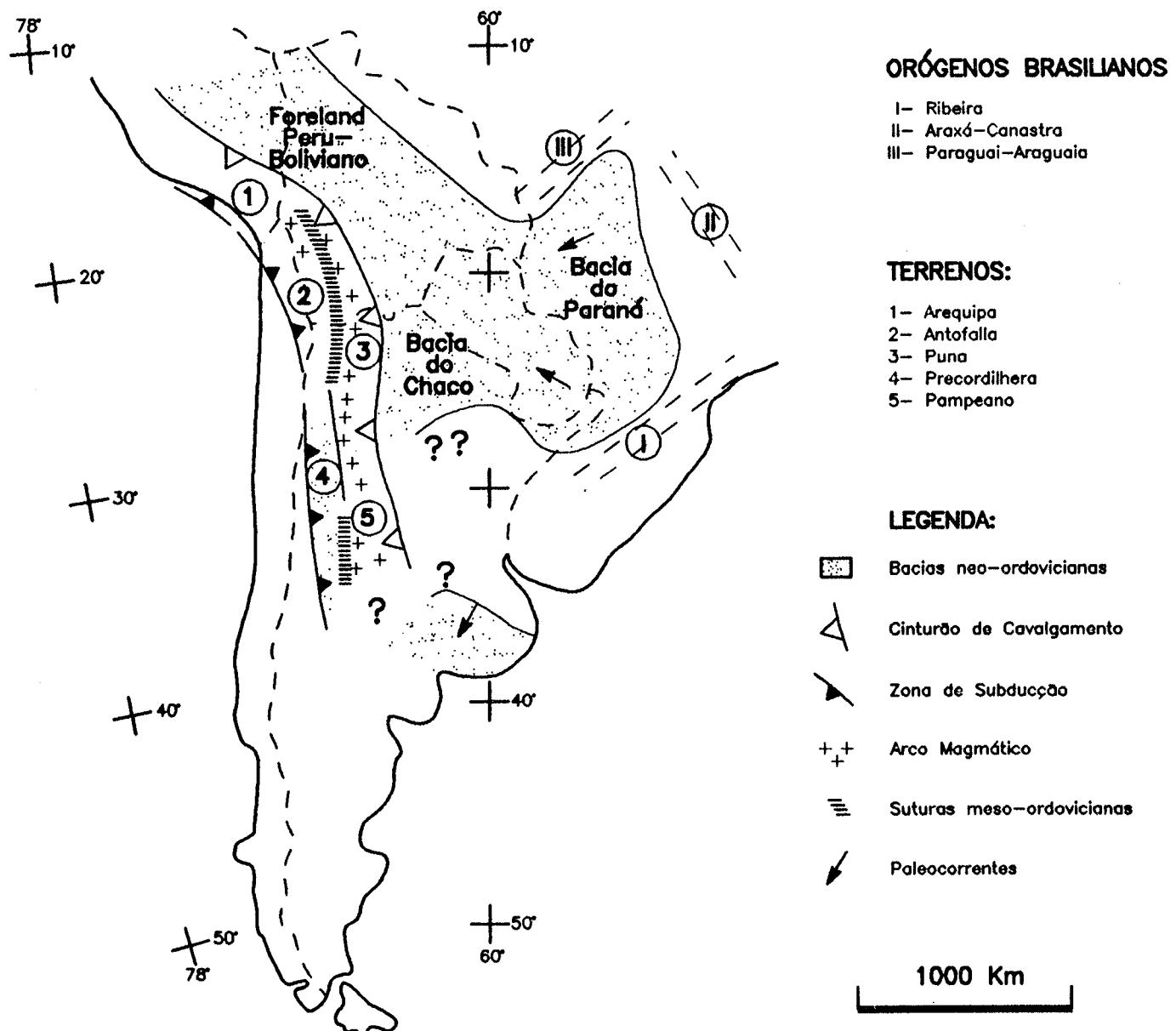


Figura 13 - Esboço paleotectônico para o Neo-Ordoviciano (síntese a partir de várias fontes: Ramos *et al.* 1986; Ramos 1988; Benedetto *et al.* 1992; Dalla Salda *et al.* 1992, Gohrbandt 1992)

Figure 13 - Paleotectonic sketch for the Late Ordovician time (synthesized from several sources: Ramos *et al.* 1986; Ramos 1988; Benedetto *et al.* 1992; Dalla Salda *et al.* 1992, Gohrbandt 1992)

cionado a orientação das linhas de costa e, consequentemente, os contornos orientais da bacia (Fig. 13).

O espessamento e as paleocorrentes dirigidas para oeste, contra as bordas atuais da bacia, evidenciam que os limites ocidentais da Bacia do Paraná são erosivos. Disto se conclui que a inclinação atual para leste dos estratos da Formação Alto Garças, na borda oeste da bacia, foi resultado de levantamento posterior do Arco de Assunção, conclusão a que haviam chegado anteriormente Bigarella & Comte (1969) em estudo sobre o Grupo Caacupé. O Arco de Assunção é uma feição

tectônica de eixo aproximado norte-sul na altura do atual meridiano 58°W, coincidente com o limite ocidental da Bacia do Paraná.

Como o Arco de Assunção não existia, a Bacia do Paraná tinha continuidade física com as bacias Chaco-Paranense e do Chaco-Boreal, o que é atestado pela existência em subsuperfície de estratos ordovício-silurianos no norte da Argentina (Pezzi & Mozetic 1989), oeste do Paraguai (Wiens 1995) e leste da Bolívia (Formação El Carmen).

Extensas bacias pericratônicas, caracterizadas por extensas plataformas marinhas rasas, constituíram uma característica do eopaleozóico gondwânico. Gondwana era então um grande continente centrado no pólo sul, com uma calota polar reduzida em período de *greenhouse*. Paleogeograficamente, Milani *et al.* (1995) relacionaram os sedimentos da Formação Alto Garças às espessas seqüências clásticas que bordejavam a margem ocidental da Gondwana no Neo-Ordoviciano.

Este cenário foi interrompido apenas no final do Ordoviciano (Ashgillian), quando rápida e intensa glaciação foi responsável pelo avanço de geleiras por sobre as plataformas continentais onde ocorria a deposição de espessas seqüências psamíticas. Com a deglaciação, toda a margem continental gondwânica foi palco de grande transgressão marinha no Eollowoveriano, quando depositaram-se folhelhos plataformais, representados na Bacia do Paraná pelas formações Vila Maria (Brasil) e Vargas Peña (Paraguai).

Desta sucessão de eventos resultou empilhamento estratigráfico muito similar em várias bacias da margem do continente gondwânico, em que arenitos marinhos costeiros e plataformais são recobertos, muitas vezes em discordância

erosiva, por diamictitos glaciogênicos. O empilhamento sedimentar é muito bem exemplificado pelo Grupo Table Mountain da Bacia do Cabo (África do Sul), em que diamictitos da Formação Pakhuis assentam sobre arenitos da Formação Península (Rust 1981), esta considerada uma unidade de origem predominantemente marinha (Visser 1974). Também correlatas são as formações Autás Mirim (idade ashgilliana segundo Grahn 1992) e Nhamundá do Grupo Trombetas da Bacia do Amazonas.

Agradecimentos Aos relatores da RBG, pela revisão e sugestões apresentadas; ao colegas Dr. Cláudio Riccomini e Ana Lúcia Gesicki pela indicação da existência do Grupo Rio Ivaí no segmento meridional da faixa de afloramentos no Mato Grosso do Sul, a noroeste de Aquidauana; aos desenhistas Otto Laurentino Rosa e Antonio Cezário Porta Jr. pelas ilustrações; à Petrobrás pelo acesso a relatórios internos e autorização para publicação de perfis de poços; à FAPESP (proc. 1995/0770-0) e à FINEP/PADCT (proc. 006591030300) pelos auxílios à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Alvarenga, C.J.S. & Guimarães, E.M. 1994. Siluro-Devoniano no noroeste da Bacia do Paraná: região entre Diorama e Amorinópolis, GO. In: Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 4, 1994. *Atas...* Brasília, SBG, p. 53-56.
- Andrade, S.M. & Camarço, P.E.N. 1980. Estratigrafia dos sedimentos devonianos do flanco nordeste da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31. Camboriú, 1980. *Anais...* Camboriú, SBG, v. 5, p. 2828-2836.
- Andrade, S.M. & Camarço, P.E.N. 1982. Seqüências sedimentares pré-carboníferas dos flancos nordeste da Bacia do Paraná e sudoeste da Bacia do Parnaíba e suas possibilidades uraníferas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32. Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG, v. 5, p. 2132-2144.
- Assine, M. L. 1996. *Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil*. São Paulo, 207p. (Tese de Doutoramento, IGUSP).
- Assine, M. L. & Soares, P. C. 1989. Correlações nas seqüências mesopaleozóicas da Bacia do Paraná. *Acta Geológica Leopoldensia* 12(29):39-48.
- Assine, M. L. & Soares, P. C. 1993. Glaciação neo-ordoviciano na Bacia do Paraná. In: SIMP. CRONOESTRAT. BACIA DO PARANÁ, 1, Rio Claro, 1993. *Bol. Resumos...* Rio Claro, UNESP, p. 8-9.
- Assine, M.L.; Alvarenga, C.J.S.; Perinotto, J.A.J. 1998. Formação Iapó: Glaciação continental no limite Ordoviciano/Siluriano da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.* 28:25-36
- Assine, M. L.; Soares, P. C.; Milani, E. J. 1994. Seqüências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.* 24:77-89.
- Benedetto, J.L.; Sanchez, T.M.; Brussa, E.D. 1992. Las cuencas silúricas de América Latina. In: Gutierrez-Marco, J.C.; Saavedra, J.; Rabano, I. (eds.) *Paleozoico Inferior de Ibero-América*. Espanha, Universidade de Extremadura, p. 119-148.
- Bigarella, J.J. & Comte, D. 1969. O Grupo Caacupé e sua importância na paleogeografia do Siluriano sul-americano. *Bol. Soc. Bras. Geologia*, 18:31-37.
- Borghi, L. & Moreira, M.I.C. 1996. A ocorrência inédita do Sistema Ordoviciano na Bacia do Paraná, em afloramentos de seu bordo noroeste. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador, 1996. *Anais...* Salvador, v.1, p.145-147.
- Burjack, M.I.A. & Popp, M.T.B. 1981. A ocorrência do icnogênero *Arthrophycus* no Paleozóico da Bacia do Paraná. *Pesquisas* 14:163-167.
- Ciguel, J. H. G. 1988. *Tentaculites itacurubiensis* n. sp., dos depósitos regressivos do Paraguai Oriental, Siluriano inferior da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.*, 18: 86-92.
- Dalla Salda, L.; Cingolani, C.; Varela, R. 1992. Early Paleozoic orogenic belt of the Andes in southwestern South America: result of Laurentia-Gondwana collision? *Geology*, 20: 617-620.
- Eyles, N., Eyles, C.H., Miall, A.D. 1983. Lithofacies types and vertical profile models: an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictite sequences. *Sedimentology*, 30: 393-410.
- Faria, A. 1982. Formação Vila Maria - nova unidade litoestratigráfica siluriana da Bacia do Paraná. *Ciências da Terra* 3:12-15.
- Faria, A. & Reis Neto, J.M. 1978. Nova unidade litoestratigráfica pré-Furnas no sudoeste de Goiás. In Congresso Brasileiro de Geologia, 30. Recife, 1978. *Resumo das Comunicações...* Recife, SBG, p. 136-137.
- Gohrbandt, K.H.A. 1992. Paleozoic paleogeographic and depositional developments on the central proto-Pacific margin of Gondwana: their importance to hydrocarbon accumulation. *J. South American Earth Sci.*, 6:267-287.
- Grahn, Y. 1992. Revision of Silurian and Devonian strata of Brazil. *Palinology*, 16:35-61.
- Gray, J.; Colbath, G.K.; Faria, A.; Boucot, A.J.; Rohr, D.M. 1985. Silurian-age fossils from the Paleozoic Paraná Basin, Southern Brazil. *Geology* 13:521-525.
- Harrington, H.J. 1972. Silurian of Paraguay. In: Berry, W.B.N. & Boucot, A.J. (eds.) *Correlation of the South American Silurian rocks*. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, 133:41-50.
- Maack, R. 1947. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina. Curitiba, *Arquivos de Biologia e Tecnologia (IBPT)*, II:63-154.
- Machado, D.M.C.; Borghi, L.; Moreira, M.T.C. 1996. Primeira ocorrência do gênero *Tancrediopsis* Benshausen, 1985 (Bivalvia Ctenodontidae) na bacia do Paraná. *An. Acad. bras. Ci.*, 68:275-276.
- Milani, E.J.; Assine, M.L.; Soares, P.C.; Daemon, R.F. 1995. A seqüência ordovício-siluriana da Bacia do Paraná. *Bol. Geociênc. Petrobrás*, 9:301-320.
- Moro, R.X.; Bonacim, E.A.; Soares, P.C. 1994. Geologia da Bacia de Castro-PR. *Bol. Parana. Geoc.*, 42: 43-58.
- Oliveira, M.A.M. & Mühlmann, H. 1965. *Geologia de semi-detalhe da região de Mutum, Jaciara, São Vicente e Chapada dos Guimarães*. Ponta Grossa, Petrobrás/DEBSP, 63p. (Relatório 300).
- Pereira, E. 1992. *Análise estratigráfica do Paleozóico médio da Sub-Bacia do Alto Garças, no sudoeste de Goiás. Bacia do Paraná, Brasil*. Rio de Janeiro, 172p. (Dissertação de Mestrado, UFRJ).
- Pereira, E.; Bergamaschi, S.; Laranjeira, N.P.F.; Fernandes, A.C.S. 1995. Nova ocorrência de sedimentos eossilurianos (Formação Vila Maria), no bordo noroeste da Bacia do Paraná, região de Rondonópolis (MT). In: Simp. Cronoestrat. Bacia do Paraná, 2, Porto Alegre, 1995. *Bol. Resumos Expandidos...* Porto Alegre, ILEA-UFRGS, p.32-35.
- Pezzi, E.E. & Mozetic, M.E. 1989. Cuencas sedimentarias de la región chacoparanense. In: Chebli, G.A. & Spalletti, L.A. *Cuencas sedimentarias argentinas*. Tucuman, Univ. de Tucuman, p. 65-78 (Série Correlación Geológica 6).
- Popp, M.T.B.; Burjack, M.I.; Esteves, I.R. 1981. Estudo preliminar sobre o conteúdo paleontológico da Formação Vila Maria (pré-Devoniano) da Bacia do Paraná. *Pesquisas* 14:169-180.
- Ramos, V. A. 1988. Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America - a collisional history. *Episodes*, 11(3): 168-174.

- Ramos, V.A.; Jordan, T.; Allmendiger, R.; Mpodozis, C.; Kay, S.; Cortes, J.; Palma, M.; 1986. Paleozoic terranes of the central Argentine-Chilean Andes. *Tectonics*, 5:855-880.
- Rust, I.C. 1981. Early Palaeozoic tillite, South Africa. In: Hambrey, M.J. & Harland, W.B. (eds.). *Earth's pre-Pleistocene glacial record*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 113-117.
- Sundaram, D. 1994. Dados paleontológicos adicionais sobre a Formação Vila Maria (Siluriano) na borda norte da Bacia do Paraná. *Bol. Geoc. Centro-Oeste*, 17:20-24.
- Visser, J. N. J. 1974. The Table Mountain Group: A study in the deposition of quartz arenites on a stable shelf. *Trans. Geol. Soc. South Africa*, 77:229-237.
- Wiens, F. 1995. Phanerozoic tectonics and sedimentation in the Chaco basin of Paraguay, with comments on hydrocarbon potential. In: Tankard, A.J.; Suarez Soruco, R.; Welsink, H.J. *Petroleum basins of South America*. AAPG, p.185-205 (Memoir 62).
- Zalan, P.V.; Wolff, S.; Conceição, J.C.J.; Vieira, J.S.; Astolfi, M.A.M.; Appi, V.T.; Zanotto, O.A. 1987. A divisão tripartite do Siluriano da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.* 17:242-252.

MANUSCRITO A-945

Recebido em 21 de outubro de 1997

Revisão dos autores em 20 de janeiro de 1998

Revisão aceita em 02 de fevereiro de 1998