

roteiros geológicos

Rochas geradoras e rochas-reservatório da Bacia do Paraná, faixa oriental de afloramentos, Estado do Paraná

Source rocks and reservoir rocks of the Paraná Basin, eastern belt of outcrops, Paraná State

Edison José Milani | Almério Barros França | Rodi Ávila Medeiros (*in memoriam*)

introdução

Em 1998, por ocasião da Conferência Internacional da American Association of Petroleum Geologists (AAPG) no Rio de Janeiro, os autores deste roteiro foram convidados pela organização a contribuir com a programação do evento, preparando o presente texto e conduzindo uma excursão geológica na Bacia do Paraná. O foco do presente roteiro de campo está nos sistemas petrolíferos da bacia: Ponta Grossa – Itararé e Irati – Rio Bonito. Uma vez que a quase totalidade dos participantes da excursão compunha-se de geólogos estrangeiros, sem nenhum contato anterior com a geologia da Bacia do Paraná, selecionou-se afloramentos característicos de cada uma das unidades estratigráficas importantes para a Geologia do Petróleo da bacia, visando um contato inicial com as rochas geradoras e as rochas-reservatório lá existentes. A título de informação, uma introdução sobre a geologia regional da bacia foi também incluída.

Palavras-chave: Bacia do Paraná | rocha-reservatório | rocha geradora | excursão geológica

introduction

In 1998, as part of the AAPG International Conference and Exhibition (AAPG Rio-98), the organizing committee invited us to contribute with the meeting by preparing this text and by conducting a geological field trip to the Paraná Basin. Considering that most of the participants were petroleum geologists from abroad, with no previous contact with the geology of the basin, some typical outcrops of Ponta Grossa – Itararé and Irati – Rio Bonito petroleum systems were selected to give them the opportunity of a first look in the reservoir and source rocks that occur in the basin. A summary on the regional geology of the Paraná Basin was included as well.

Keywords: Paraná Basin | reservoir rock | source rock | geological field trip

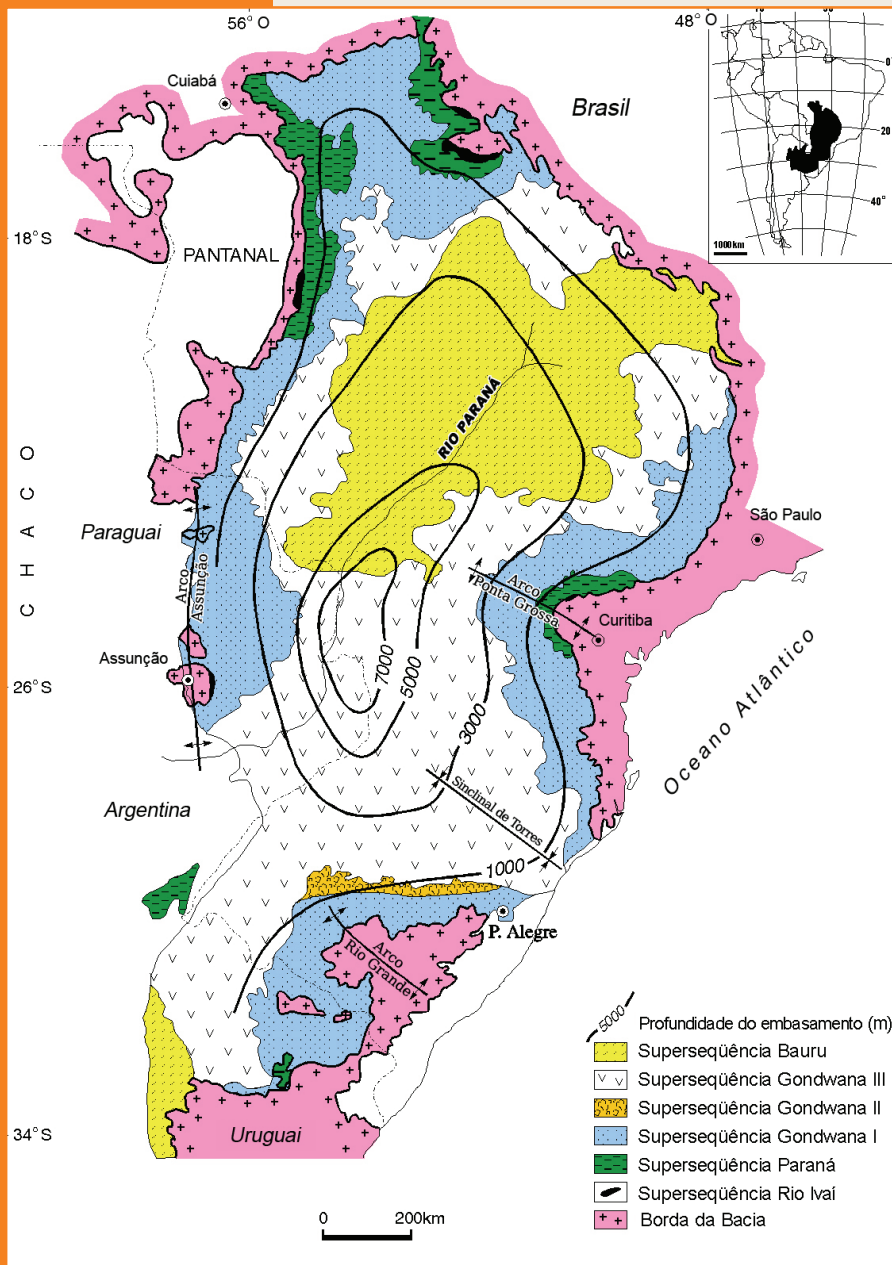
a Bacia do Paraná

arcabouço regional e evolução tectônica

A Bacia do Paraná (fig. 1) é uma vasta província sedimentar no centro-leste da América do Sul, incluindo parte dos territórios do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai, alcançando uma área de aproximadamente 1.500.000 km². Esta bacia se desenvolveu durante parte das eras Paleozóica e Mesozóica

Figura 1
A Bacia do Paraná.

Figure 1
The Paraná Basin.



e aloja um registro estratigráfico que compreende do Ordoviciano Superior ao Cretáceo Superior, com uma espessura máxima cumulativa que ultrapassa os 7.000 m na sua porção central, onde corre o rio que lhe empresta seu nome.

A Bacia do Paraná é uma típica bacia intra-cratônica no interior da América do Sul, mas o isolamento completo não foi uma condição permanente desde a sua implantação; na verdade, a bacia originou-se como um golfo aberto para o Panthalassa. A evolução fanerozóica da margem sudeste do Gondwana, um sítio de movimento convergente entre o paleocontinente e o assoalho oceânico de Panthalassa, contribuiu para o fechamento progressivo da Bacia do Paraná até sua continentalização completa.

A bacia desenvolveu-se sobre um arcabouço proterozóico de blocos cratônicos circundados por cinturões de dobramentos e empurrões com orientação predominantemente SW-NE. A subsidência e acúmulo de sedimentos na Bacia do Paraná começou durante o Neo-Ordoviciano, e o provável mecanismo propulsor da subsidência inicial foi a reativação transtensional de lineamentos intraplaca sob o campo de tensões compressional relacionado com a orogenia Oclóica, causada pela interação colisional entre Gondwana e o terreno da Precordillera (Milani, 1997a). Repetidamente durante a evolução da Bacia do Paraná, ciclos orogênicos deixaram sua assinatura como períodos de subsidência acelerada, e isso foi um fator importante no controle de seu registro estratigráfico.

arcabouço estratigráfico

Seis unidades alostratigráficas de segunda ordem ou superseqüências (no senso de Vail *et al.* 1977), cada uma delas incluindo um registro geológico com algumas dezenas de milhões de anos de duração, definem o arcabouço estratigráfico da Bacia do Paraná (fig. 2). O registro total abrange o intervalo 450-65 Ma, mas uma significativa parcela desse tempo está implícito nas lacunas que separam as várias superseqüências. Rio Ivaí (O-S), Paraná (D) e Gondwana I (Neo-C – Eo-Tr) documentam grandes ciclos transgressivos-regressivos paleozóicos de variação do nível de base, enquanto Gondwana II, Gondwana III e Bauru são representados por sucessões sedimentares continentais mesozóicas e rochas ígneas associadas.

A Formação Vila Maria é um pacote argiloso, micáceo e fossilífero com a espessura de algumas dezenas de metros, que serve como *datum* cronoestratigráfico. Seu conteúdo abundante de graptólitos, trilobitas, braquiópodes e quitinozoários documentam uma associação do Llandovery (Melo, 1993). Estes pelitos registram o maior evento de inundação da Superseqüência Rio Ivaí; no total, a superseqüência alcança mais de 1.000 m de espessura, com depocentro situado na porção paraguaia da bacia.

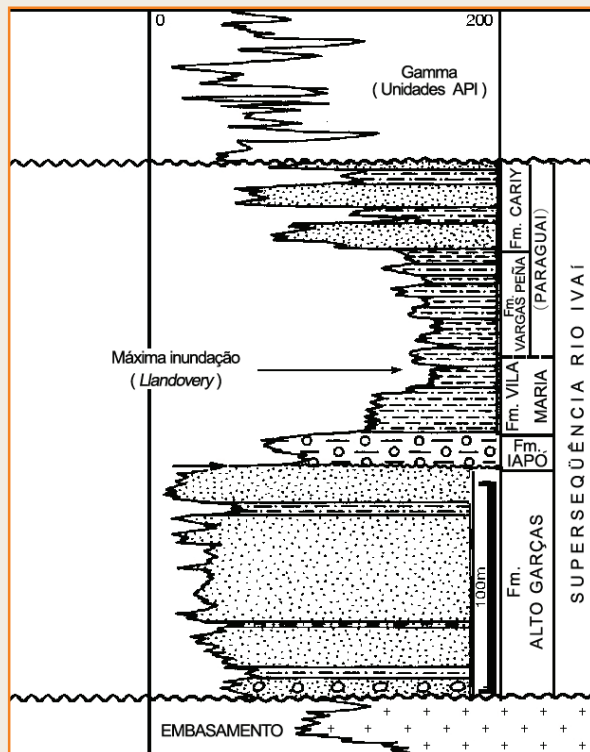


Figura 3
Seção de referência de sub-superfície para a Superseqüência Rio Ivaí (Milani et al. 1998).

Figure 3
Subsurface reference section for the Rio Ivaí Supersequence (Milani et al. 1998).

Superseqüência Paraná (Devoniano)

Esta unidade alcança até 800 m de espessura (figs. 5 e 6), compreendendo duas formações: Furnas e Ponta Grossa. A primeira é representada por um pacote com geometria de *blanket*, constituído de arenitos quartzosos de cor branca com grãos de médios a grossos. A caulinita é abundante; os aspectos sedimentológicos do "arenito Furnas" lhe empres-

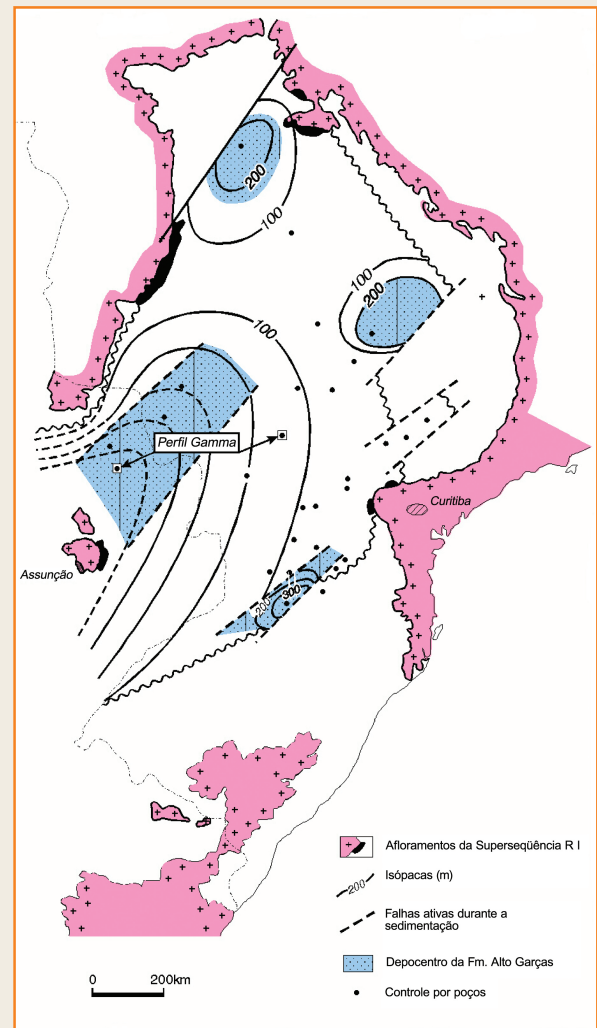


Figura 4
Mapa de isópacos da Superseqüência Rio Ivaí (Milani, 1997b).

Figure 4
Isopach map of the Rio Ivaí Supersequence (Milani, 1997b).

tam um aspecto inconfundível, tanto em seções de afloramento como de sub-superfície. Estratificações cruzadas de várias naturezas estão sempre presentes e conglomerados basais ocorrem localmente. Traços fósseis de trilobitas (Assine, 1996) dão base à interpretação de que esta unidade foi acumulada numa plataforma marinha rasa. Mais para cima, a Formação Furnas mostra arenitos de granulometria fina, com estratificação cruzada truncada por ondas, que se intercalam aos estratos basais da Formação Ponta Grossa. Palinomorfos coletados em fácies heterolíticas do Furnas superior revelaram uma idade pragiana (Dino e Rodrigues, 1993).

A Formação Ponta Grossa é uma seção predominantemente argilosa, alcançando uma espessura de quase 600 m e dividida em três porções ou membros. A porção mais inferior, de idade emsiana, é interpretada como representando o evento máximo de inundação para todo o ciclo de sedimentação do Devoniano na bacia. A porção média da Formação Ponta Grossa, de idade eifeliana, é uma seção regressiva de complexos deltaicos arenosos que prograram a partir da borda nordeste da bacia. A unidade é completada por um segundo pacote de folhelhos, de idade givetiana-frasniana. Além de palinomorfos, que serviram para estabelecer o

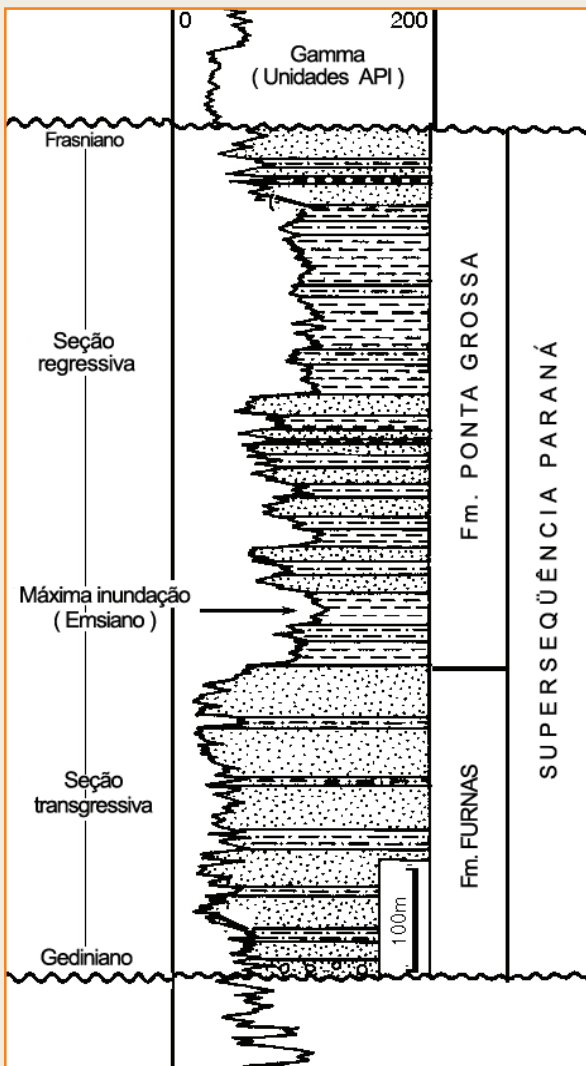


Figura 5
Seção de referência de sub-superfície para a Superseqüência Paraná (Milani et al. 1998).

Figure 5
Subsurface reference section for the Paraná Supersequence (Milani et al. 1998).

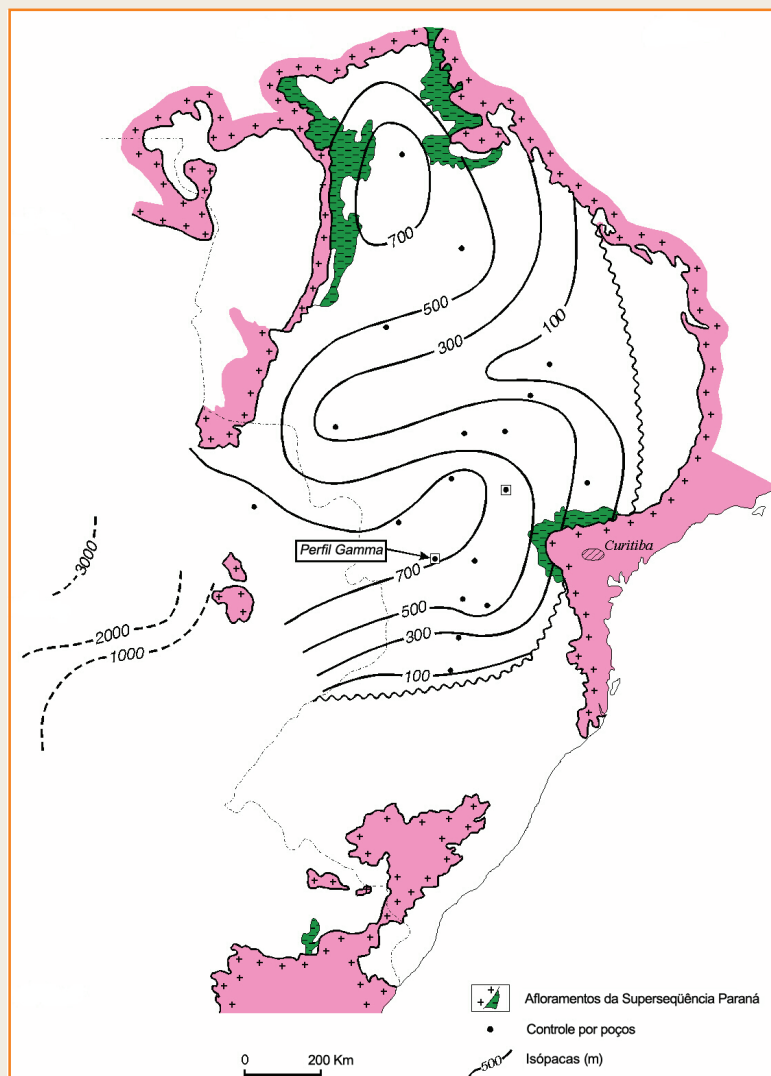


Figura 6
Mapa de isópacos da Superseqüência Paraná (Milani, 1997b).

Figure 6
Isopach map of the Paraná Supersequence (Milani, 1997b).

padrão regional de distribuição de idades para a Formação Ponta Grossa (Lange, 1967; Daemon et al. 1967), esta unidade tem um conteúdo rico de microfósseis que atestam sua idade devoniana.

Superseqüência Gondwana I (Pensilvaniano-Scythiano)

A presença e movimentação de calotas de gelo relacionadas com a grande glaciação gondwânica, que atingiu seu pico durante o Mississippiano, foram fato-

res decisivos para dificultar a acumulação de sedimentos na Bacia do Paraná durante o Eocarbonífero. Esta condição é documentada pela extensa lacuna de até 55 Ma de duração existente entre os pacotes devoniano e carbonífero superior. A sedimentação na Bacia do Paraná foi retomada com a deglaciação, no Westfaliano.

A Superseqüência Gondwana I (figs. 7 e 8) é um pacote complexo e espesso de rochas sedimentares que inicia com estratos glaciogênicos de natureza tanto marinha como continental, incluídos no Grupo Itararé. Esta unidade é representada por uma associação de arenitos, diamictitos, conglomerados e pelitos que alcançam 1.400 m de espessura total máxima. Fácies rítmicas são comuns, assim como deformações sinsedimentares. Os processos de sedimentação incluem fortes componentes de mecanismos gravitacionais, ativados pelo influxo volumoso de clásticos provenientes das áreas expostas pela deglaciação. França e Potter (1988), usando dados

de poços, reconheceram três grandes ciclos no pacote glaciogênico, provavelmente refletindo oscilações climáticas de ordem mais elevada ocorridas durante o tempo total da glaciação eocarbonífera. O pacote Itararé define um padrão de *onlapping* para o sul, relacionado com uma expansão progressiva da bacia naquele sentido. A Palinologia posiciona os sedimentos do Grupo Itararé no intervalo Westfaliano-Sakmario (Daemon e Quadros, 1970; Daemon e França, 1993).

O declínio das condições glaciais na história permocarbonífera da Bacia do Paraná, marcado pelo aparecimento da flora *Glossopteris* – um fóssil-guia mundial para as seqüências gondwânicas – foi seguido por uma tendência geral de elevação do nível do mar durante o intervalo Artinskiano-Kunguriano até o Eokazaniano. Essa tendência ficou registrada como um ciclo de sedimentação transgressiva conhecido como Grupo Guatá (Medeiros, 1995). Esta unidade inclui a Formação Rio Bonito, um clássico *front* deltaico

Figura 7
Seção de referência de sub-superfície para a Superseqüência Gondwana I (Milani et al. 1998).

Figure 7
Subsurface reference section for the Gondwana I Supersequence (Milani et al. 1998).

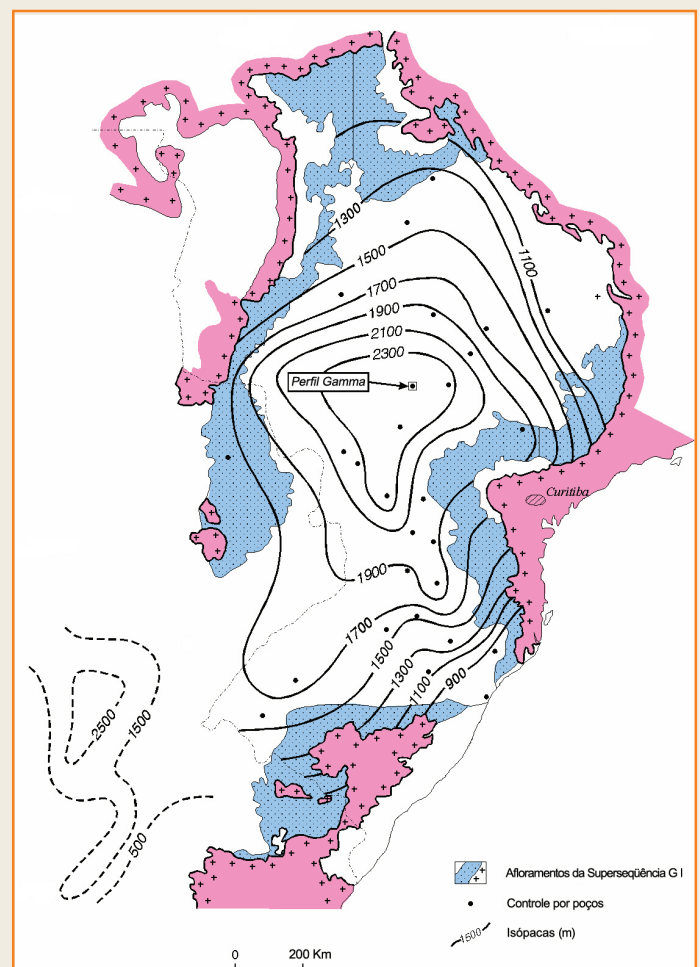
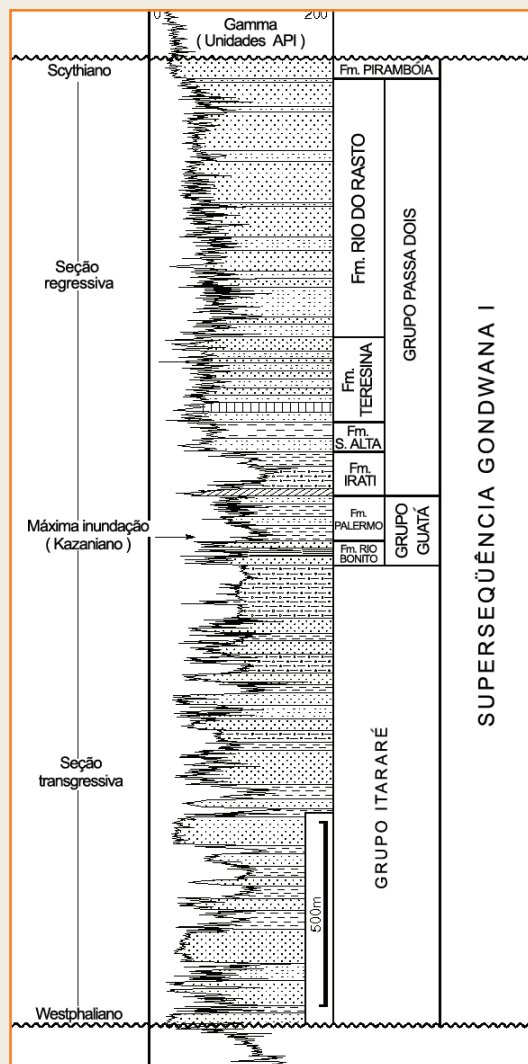


Figura 8
Mapa de isópachas da Superseqüência Gondwana I (Milani, 1997b).

Figure 8
Isopach map of the Gondwana I Supersequence (Milani, 1997b).

arenoso que invadiu a sinéclise por ambos os flancos, leste e oeste; e a Formação Palermo, síltico-pelítica, representando a inundação máxima para a Superseq ncia Gondwana I como um todo. Depois deste nível de inundação máxima, a sedimenta o do Permiano Superior para o Triássico Inferior assumiu uma bem marcada tendência regressiva, porém varia es de ordem mais alta do nível de base estão registradas nesses depósitos.

A Forma o Rio Bonito   constituída por pacotes arenosos e pelíticos alternados. Essa ciclicidade foi originada da intera o entre corpos de areia em prograda o e a varia o do nível do mar, de forma que o retrabalhamento dos lobos deltaicos pela a o de correntes de maré   uma característica comum nestes depósitos. O pacote deltaico   também pontuado por níveis marinhos, indicando períodos de submersão completa do sistema costeiro. O Membro Siderópolis cont m os carvões da Forma o Rio Bonito. A transi o para a Forma o Palermo   feita pelo desaparecimento dos corpos arenosos, completando o ciclo transgressivo do Permiano.

Acima da Forma o Palermo aparece a Forma o Irati, de idade kazaniana e representada por pelitos, margas e folhelhos betuminosos na metade sul da Bacia do Paraná, e por ritmitos calcário-pelíticos e subordinadamente evaporitos na porão norte. Um ambiente deposicional marinho restrito   interpretado para esta unidade (Santos Neto, 1992). Seu conteúdo singular de microfósseis, incluindo a fauna reptiliana de *Mesosaurus brasiliensis* e *Stereosternum tumidum*, permitiu que Du Toit (1927) correlacionasse a Forma o Irati com a Forma o Whitehill da África do Sul, suportando assim a hipótese da deriva continental. O material vitrocl stico derivado da queda de cinzas encontrado na Forma o Irati (Coutinho *et al.* 1991), e também no Grupo Guatá, permitem a assertiva de que essas unidades intracratônicas se depositaram concomitantemente ao desenvolvimento do arco magmático Choiyoi (275-250 Ma, Kay *et al.* 1989) ao longo da margem ativa sudoeste do Gondwana (Milani, 1997b).

O golfo raso do Irati foi inundado durante a acumula o dos pelitos da Forma o Serra Alta, e esta unidade representa a última incursão marinha na Bacia do Paraná. A partir dos depósitos neríticos e costeiros da Forma o Teresina, uma severa continentaliza o da bacia teve lugar, e o registro sedimentar da Superseq ncia Gondwana I encerra com um possante pacote de corpos arenosos. A Forma o Rio do Rasto   constituída por arenitos e

folhelhos fl vio-lacustres e foi acomodada na região central da bacia remanescente, sendo tal área bordada por depósitos fluviais e eólicos da Forma o Sanga do Cabral no sul e Forma o Pirambóia no norte, depositados já no início do Mesozóico.

Superseq ncia Gondwana II (Anisiano-Noriano)

Esta   uma unidade de ocorrência restrita (figs. 9 e 10), presente somente na região sul da Bacia do Paraná, no Estado do Rio Grande do Sul e na porão norte do Uruguai.   caracterizada por depósitos fl vio-lacustres incluindo conglomerados, arenitos e folhelhos, com camadas subordinadas de calcretes e gipsita, exibindo uma fauna abundante de r pteis e mamíferos do Triássico Médio e Neotriássico (Forma o Santa Maria, Barberena *et al.* 1985). Esta fauna de tetrápodes   um importante elemento de correla o com seq ncias análogas na Argentina e na África do Sul.

Superseq ncia Gondwana III (Jurássico-Neocretáceo)

A porão inferior desta superseq ncia   constituída pelo pacote de arenitos fino a médios da Forma o Botucatu. A Forma o Botucatu da Bacia do Paraná registra a ampla desertifica o do Gondwana, antecedendo a ruptura mesozóica do paleocontinente. No sentido do topo da unidade, os arenitos começam a se intercalar com os primeiros fluxos de lava que marcaram os estágios iniciais do *breakup*. Juntos, os arenitos eólicos e as lavas constituem a Superseq ncia Gondwana III (figs. 11 e 12).

O evento ígneo do Eocretáceo resultou na extrusão de uma gigantesca pilha de lavas conhecidas como Forma o Serra Geral. Um pacote de rochas vulcânicas e vulcanoclast ticas associadas, com espessura de mais de 1.500 m, sobrepõe-se aos sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná, e uma rede intrincada de diques e soleiras colocou-se intercalada aos pacotes sedimentares. As idades Ar-Ar destes basaltos (Turner *et al.* 1994) indicam o intervalo 138-127 Ma.

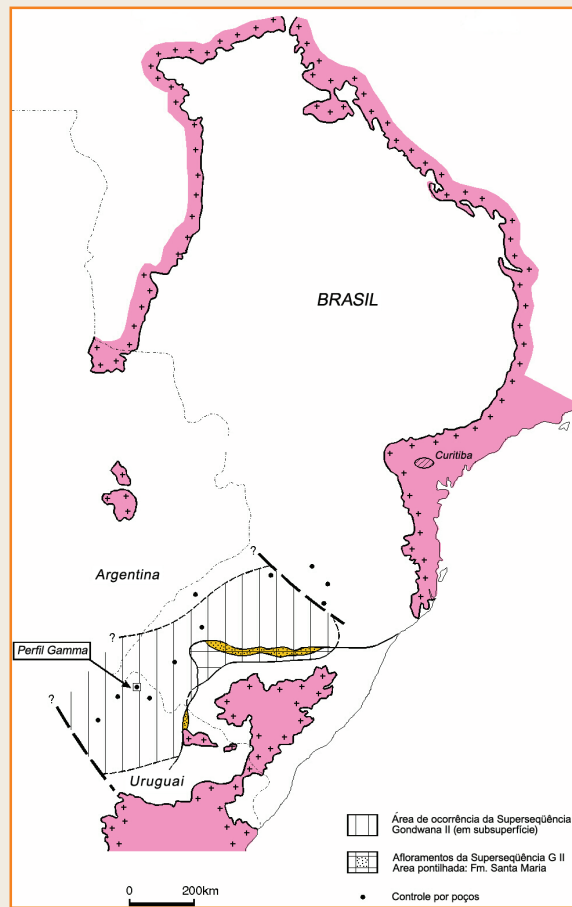
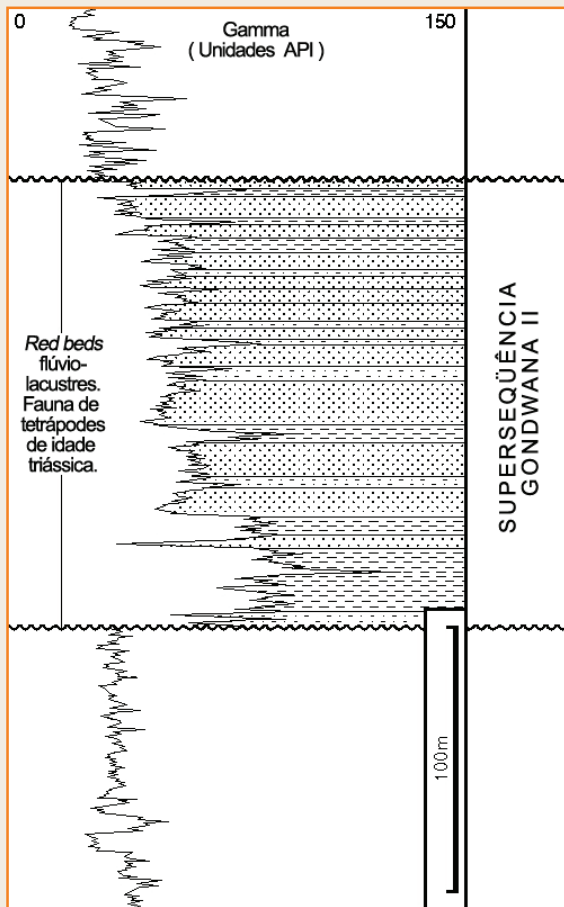


Figura 9
Seção de referência de sub-superfície para a Supersequência Gondwana II (Milani et al. 1998).

Figure 9
Subsurface reference section for the Gondwana II Supersequence (Milani et al. 1998).

Figura 10
Mapa de isópachas da Supersequência Gondwana II (Milani, 1997b).

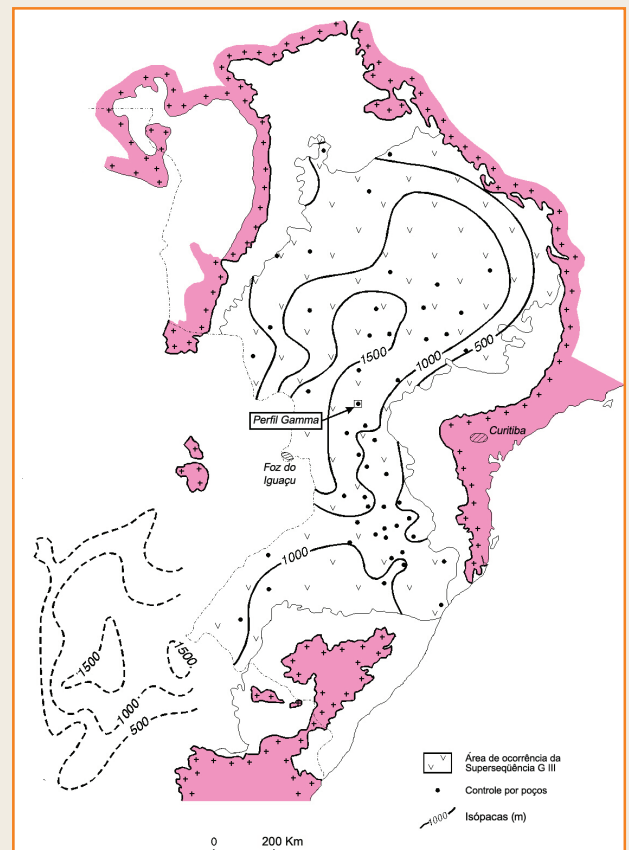
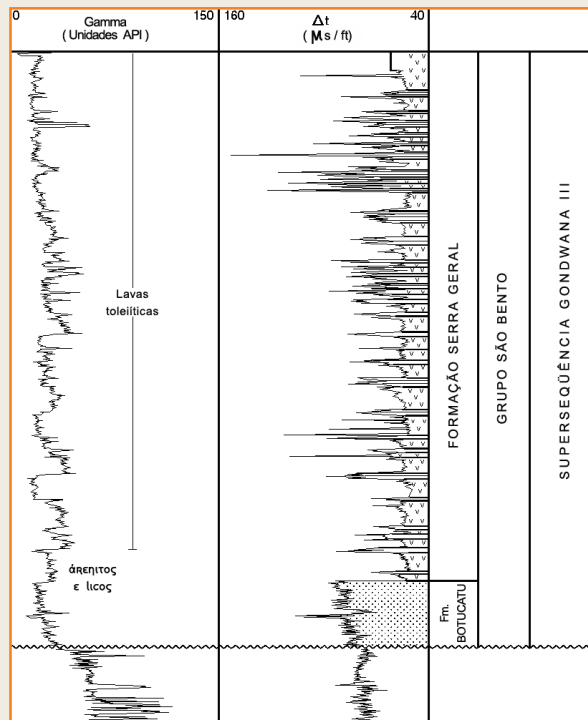
Figure 10
Isopach map of the Gondwana II Supersequence (Milani, 1997b).

Figura 11
Seção de referência de sub-superfície para a Supersequência Gondwana III (Milani et al. 1998).

Figure 11
Subsurface reference section for the Gondwana III Supersequence (Milani et al. 1998).

Figura 12
Mapa de isópachas da Supersequência Gondwana III (Milani, 1997b).

Figure 12
Isopach map of the Gondwana III Supersequence (Milani, 1997b).



Superseqüência Bauru (Aptiano-Maastrichtiano)

Esta unidade (figs. 13 e 14) corresponde a depósitos conglomerático-arenosos de até 250 m de espessura total, os primeiros incluindo clastos de várias litologias (vulcânicas, arenitos, folhelhos e

rochas cristalinas do embasamento. Há também depósitos subordinados, síltico-argilosos, carbonatos de caliche e algumas ocorrências de rochas magmáticas alcalinas associadas (Fernandes e Coimbra, 1996). O espaço para a acumulação da Superseqüência Bauru foi função dos reajustes flexurais negativos da crosta que se seguiram à extrusão do pacote basáltico Serra Geral.

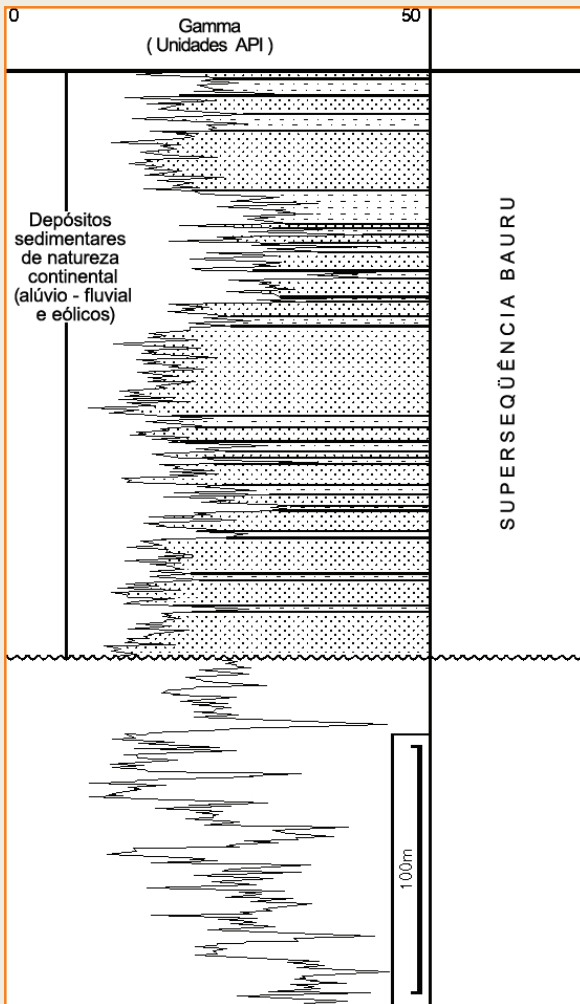


Figura 13
Seção de referência de subsuperfície para a Superseqüência Bauru (Milani et al. 1998).

Figure 13
Subsurface reference section for the Bauru Supersequence (Milani et al. 1998).

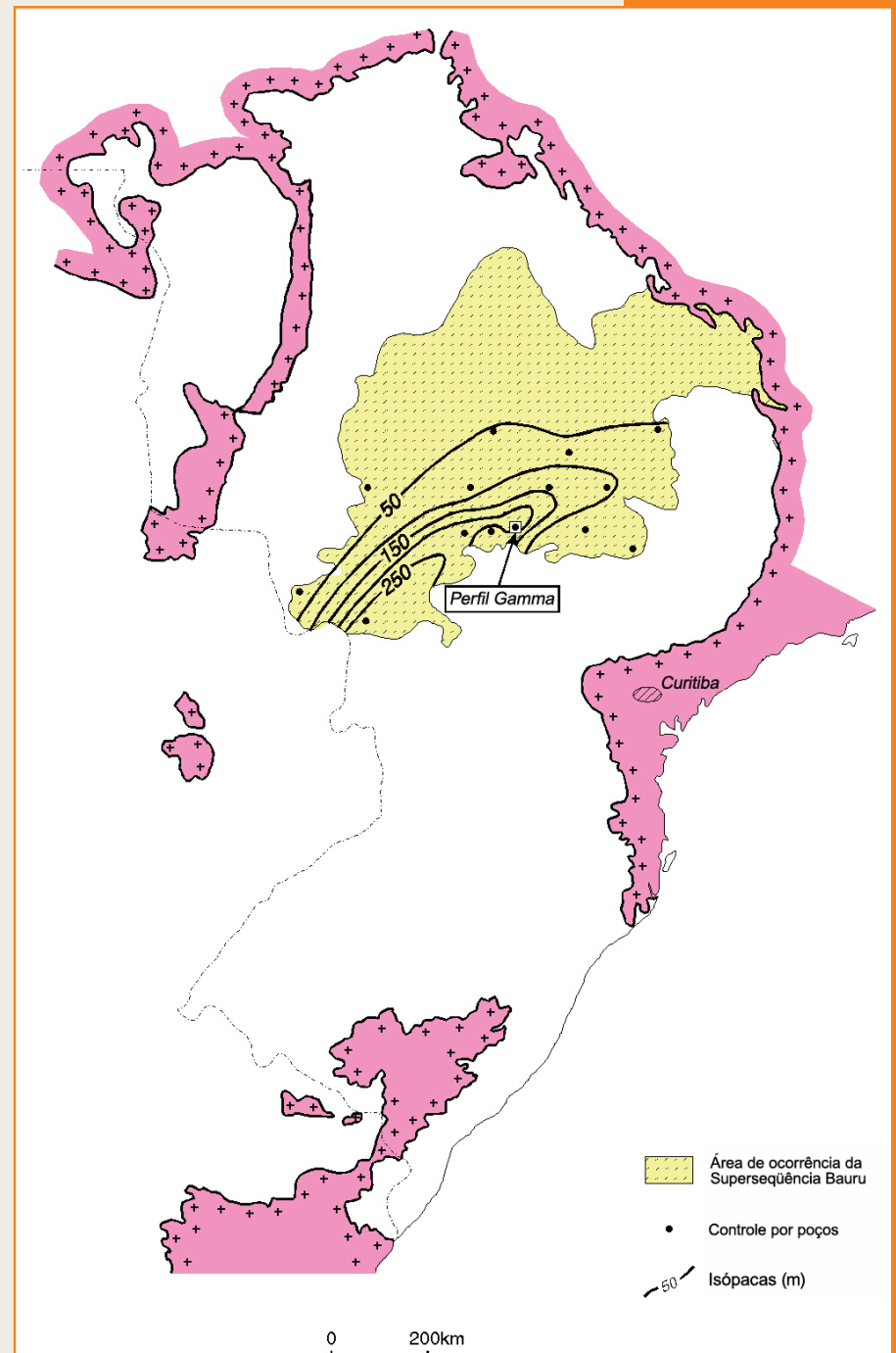


Figura 14
Mapa de isópacas da Superseqüência Bauru (Milani, 1997b).

Figure 14
Isopach map of the Bauru Supersequence (Milani, 1997b).

sistemas petrolíferos da Bacia do Paraná

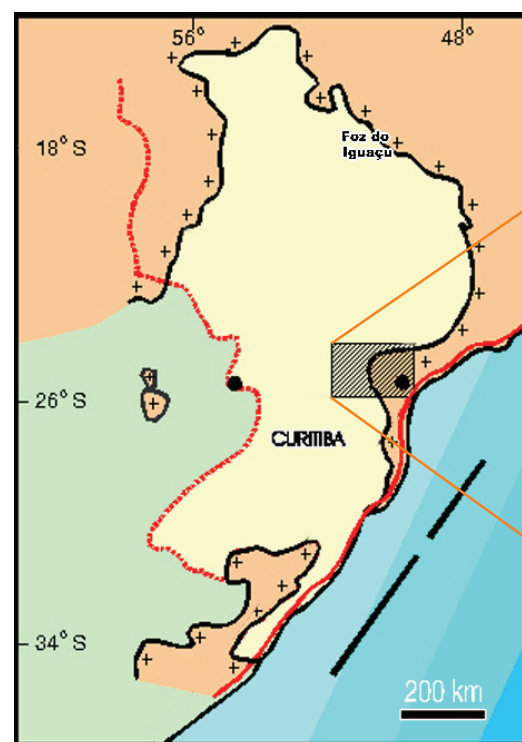
Estudos geoquímicos (Zalán *et al.* 1991) reconheceram que rochas geradoras na sucessão sedimentar da Bacia do Paraná ocorrem em duas unidades estratigráficas: a Formação Ponta Grossa (Emsiano a Frasniano) e a Formação Irati (Kazaniano) (fig. 2). Porcentagens de 1% a 4% de COT (carbono orgânico total) podem também ser encontradas em rochas do Grupo Itararé e das formações Rio Bonito e Palermo, porém correspondem a camadas delgadas e, conseqüentemente, a um limitado volume potencial.

Os folhelhos devonianos da Bacia do Paraná são rochas geradoras de qualidade média a razoável. Elas têm um teor de carbono orgânico total máximo de cerca de 4% e um valor médio abaixo de 1%. Os índices de hidrogênio são geralmente baixos, provavelmente devido aos níveis avançados de maturação ou a intemperização de sua matéria orgânica predominantemente lenhosa (França *et al.* 1994). Os folhelhos devonianos estão em elevado estágio de maturação em quase todos os domínios da bacia, devido ao *stress* térmico proporcionado pelos corpos intrusivos do Mesozóico.

Um grande número de indícios de gás e condensado foram encontrados nos arenitos do Grupo Itararé em poços perfurados na região central da bacia, alguns poucos também na Formação Furnas, e as frações mais pesadas destes condensados mostraram correlação geoquímica com extratos orgânicos dos folhelhos da Formação Ponta Grossa. Em 1996, a Petrobras descobriu a primeira acumulação de gás comercial na bacia, o Campo de Barra Bonita, que se ajusta às premissas do sistema petrolífero Ponta Grossa – Itararé.

O segundo sistema petrolífero da Bacia do Paraná tem como rochas geradoras os folhelhos betuminosos da Formação Irati e como reservatórios os arenitos da Formação Rio Bonito. Para viabilizar-se em sub-superfície uma relação espacial adequada entre geradora e reservatório que permita a migração, falhamentos com rejeitos verticais de duas centenas de metros são necessários. Óleo com densidade API de 22° a 33° foi recuperado da Formação Rio Bonito em poços perfurados no domínio sul da bacia. Estes óleos revelaram uma correlação geoquímica positiva com os extratos orgânicos da Formação Irati. Os folhelhos betuminosos da Forma-

ção Irati estão presentes na porção sul da Bacia do Paraná e exibem um COT de até 23%. A matéria orgânica é predominantemente de origem algal, com rica composição lipídica e com tendência a gerar óleo. Esta unidade apresenta-se imatura em todos os domínios da Bacia do Paraná, se forem considerados apenas critérios de soterramento. Os óleos relacionados com os folhelhos do Irati foram gerados certamente por um mecanismo de aquecimento fortemente influenciado pelo calor de corpos intrusivos (Araújo e Trigüis, 1996).



roteiro geológico

itinerário e descrição dos pontos visitados

O objetivo desta excursão geológica é oferecer aos participantes um resumo da geologia

da porção sudeste da Bacia do Paraná, enfatizando aspectos relacionados com sua geologia do petróleo (rochas-reservatórios e rochas geradoras). A viagem por estrada ocorre dentro dos limites geográficos do Estado do Paraná, na região Sudeste do Brasil (fig. 15), em torno da latitude 25°S.

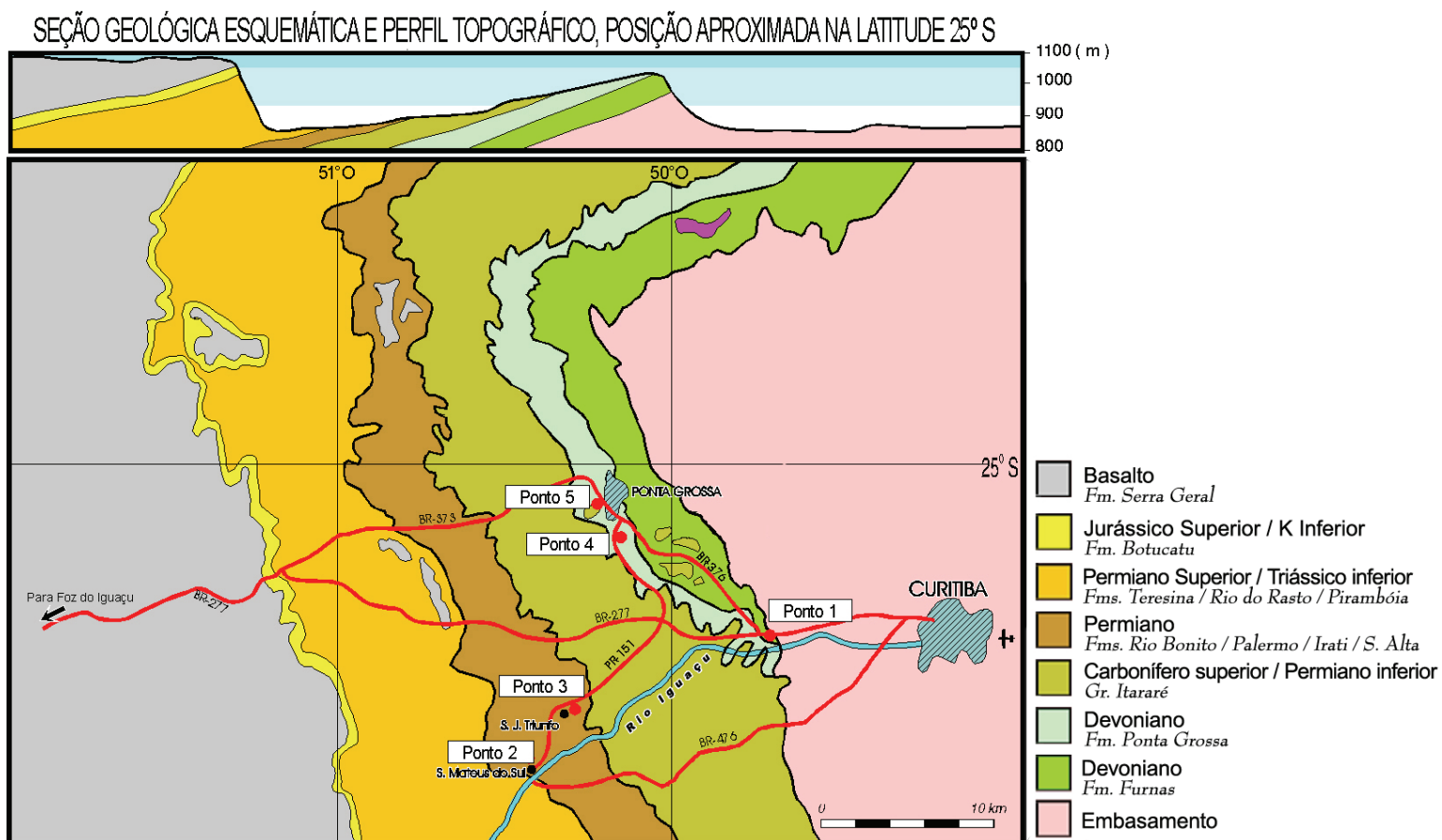


Figura 15

Mapa geológico esquemático da área a ser visitada, com localização das paradas programadas.

Figure 15

Schematic geological map of the area to be visited, with the location of the programmed stops.

trajeto Curitiba-São Mateus do Sul-Ponta Grossa

PONTO 1 – Arenitos fluviais a transicionais da Formação Furnas (Devoniano Inferior), estrada BR-277, km 139, município de São Luiz do Purunã.

Lat.: 25° 28' 14" S; Long.: 49° 20' 58" W; cota = 920 m.

ATENÇÃO: tráfego intenso!

Esta é uma grande exposição em corte de rodovia mostrando as camadas basais da Formação Furnas

(fig. 16), que ali se sobrepõem a metassedimentos da Formação Camarinha, de idade neo-proterozóica.

Delgados leitos de conglomerado jazem em contato com o embasamento, exibindo estratificações lenticulares com até 1 m de espessura. Sucedem-se arenitos quartzosos com estratificações cruzadas, granulometria grossa e abundante matriz caulínica, arenitos com estratificação sigmoidal (fig. 17) e camadas de argila subordinadas da base do afloramento para o topo. Na porção mais superior desta seção aflorante, dominam arenitos de granulometria média a fina com estratificações cruzadas tabulares e abun-

Figura 16

Vista panorâmica da Ponto 1, local em que os arenitos e conglomerados basais da Formação Furnas assentam sobre o embasamento metassedimentar.

Figure 16

Panoramic view of the Stop 1, where the basal sandstones and conglomerates of the Furnas Formation overlie the metasedimentary basement.

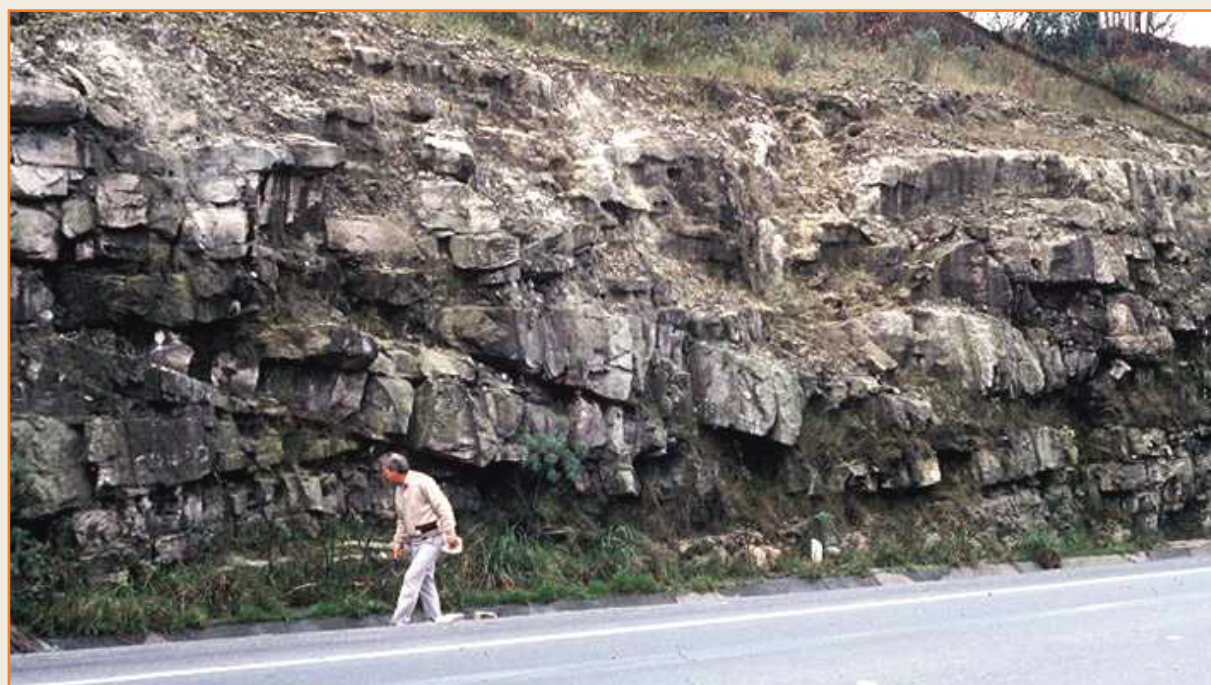


Figura 17

Estratificação sigmoidal em grande escala, porção basal da Formação Furnas.

Figure 17

Large size, sigmoidal stratification in the basal Furnas Formation.



dantes pavimentos com icnofósseis do gênero *Cruziana* (fig. 18). Um paleoambiente de deposição flúvio-estuarino (Castro, 1994) ou, alternativamente, de barras costeiras de maré (Borghi, 1993), foram interpretados para esta seção (fig. 19).

Apesar de exibir valores baixos de porosidade e permeabilidade, os arenitos da Formação Furnas constituem um potencial reservatório na Bacia do Paraná. Alguns poços perfurados na porção central da bacia revelaram indícios de gás nesse intervalo estratigráfico. No noroeste da Argentina e na Bolívia, unidades correlatas à Formação Furnas constituem intervalos produtores de gás.

Feições de destaque:

- discordância pré-devoniana;
- conglomerados basais;
- estratificação cruzada sigmoidal de grande porte;
- icnofósseis.



Figura 18
Espécimes representativos da assembléia icnofaciológica *Cruziana*, comumente presente na Formação Furnas.

Figura 18
Ichnofossil assemblage of Cruziana, commonly present in the Furnas Formation.

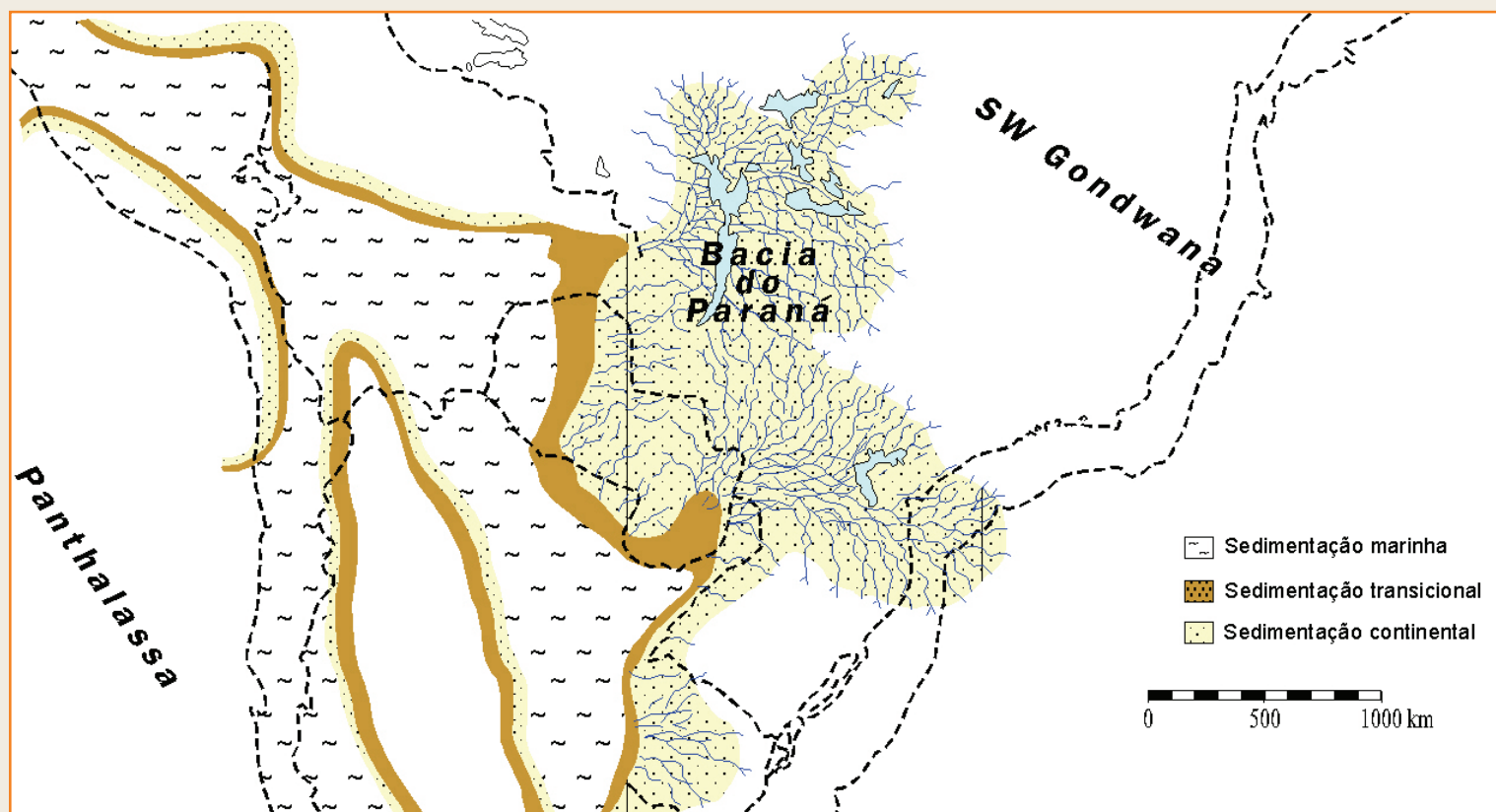


Figura 19
Modelo paleogeográfico para o Eodevoniano durante a sedimentação Furnas (modificado de Melo, 1988).

Figure 19
Early Devonian paleogeographic model, at a time during the Furnas sedimentation (adapted from Melo, 1988).

PONTO 2 – Folhelhos betuminosos (“xistos”) da Formação Irati (Permiano Superior) na pedreira Petrobras/SIX (Unidade de Negócio da Industrialização do Xisto), no município de São Mateus do Sul. Lat.: 25° 50' 52"S; Long.: 50° 25' 29"W; cota = 846 m. ATENÇÃO: afloramento instável, queda de rochas!

Desde 1972, a Petrobras opera uma planta industrial para extrair hidrocarbonetos dos folhelhos betuminosos da Formação Irati. Esta planta funcionava como uma planta-piloto até 1991, quando sua configuração foi implementada para a situação atual. O processo 'PETROSIX', uma patente da Petrobras, foi inteiramente desenvolvido pela companhia e inclui procedimentos de mineração, trituração, processamento termo-químico do folhelho com obtenção dos produtos (petróleo, gás) e subprodutos

(enxofre) e uma completa recuperação da área afetada pela mineração, com cuidado especial quanto à preservação da fauna e flora nativas. Atualmente, esta planta processa 7.800 t/dia de folhelho betuminoso, o que resulta em 3.870 barris de óleo, 120 t de gás combustível, 45 t de gás líquido e 75 t de enxofre.

Nesta área, a Formação Irati é recoberta por alguns metros de folhelhos e arenitos muito finos da Formação Serra Alta (fig. 20). O folhelho rico em óleo (Membro Assistência) ocorre em duas camadas (fig. 21). O folhelho betuminoso inferior possui 9,1% de teor de óleo, e o superior tem 6,4%; os dois folhelhos são misturados para assegurar um processamento contínuo pela planta PETROSIX.

A pedreira SIX, como toda área exposta por mineração, fornece afloramentos magníficos da Formação Irati (fig. 22). A unidade é uma sucessão rítmica de siltitos, margas, e folhelhos betuminosos (figs. 23 e 24). Os siltitos são laminados, exibindo estratificação ondulada *wavy* e *linsen* e uma intensidade variável de bioturbação. Seu COT é baixo (<1%), assim como o índice de hidrogênio, e a matéria orgânica é composta principalmente por fitoclastos. A presença de estratificação cruzada truncada por ondas sugere uma plataforma oxigenada e rasa como o paleoambiente de deposição. As margas variam de maças a laminadas, com bioturbação pouco expressiva. A média de teor orgânico é de 4%, com uma composição dominante de matéria orgânica amorfa. O índice de hidrogênio pode alcançar 600mgHC/gCOT.

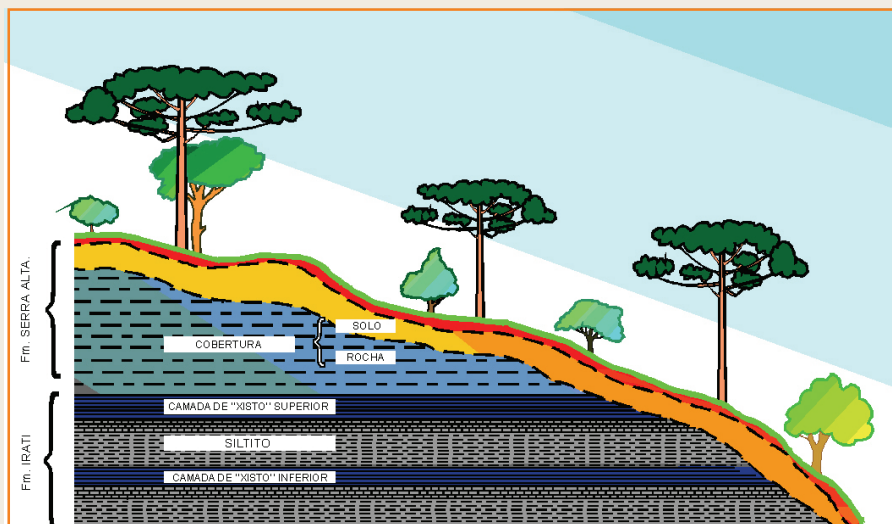


Figura 20
Sucessão estratigráfica na área da SIX
(Porto Alegre, 1995).

Figure 20
Stratigraphic succession in the SIX area
(Porto Alegre, 1995).



Figura 22
Vista panorâmica da pedreira da Unidade de Negócio da Industrialização do Xisto-SIX, em São Mateus do Sul-PR.

Figure 22
Panoramic view of the SIX quarry.

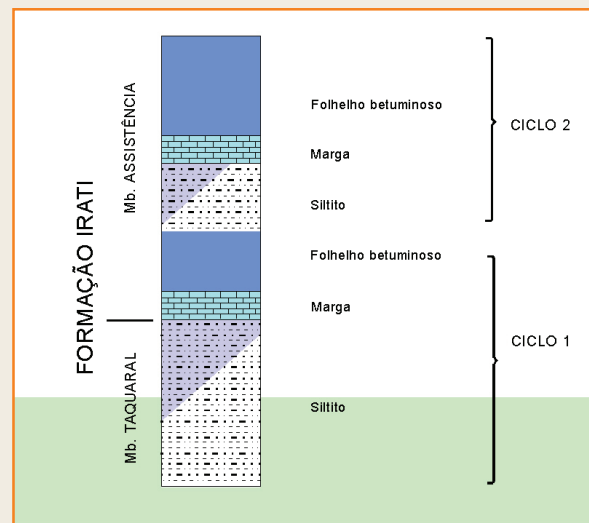


Figura 21
Ciclos sedimentares da Formação Irati (Porto Alegre, 1995).

Figure 21
Major sedimentary cycles of the Irati Formation (Porto Alegre, 1995).

As condições plenas de anoxia foram alcançadas durante a acumulação dos folhelhos betuminosos. Eles exibem COT médio de 10% e índice de hidrogênio alto (até 800 mgHC/gCOT). Fragmentos de crustáceos e da fauna típica de *Mesosaurus brasiliensis* são abundantes nos leitos de folhelhos betuminosos. Ocorrem alguns níveis de rochas vulcanoclásticas (cinzas) nessa seção. O pacote de folhelhos pretos não apresenta bioturbação e suas características geoquímicas (Araújo e Trigüis, 1996;

Santos Neto, 1992) indicam um ambiente de deposição marinho restrito, hipersalino (fig. 25).

Feições de destaque:

- folhelhos betuminosos;
- sedimentação rítmica siltito-marga-folhelho;
- retrabalhamento por ondas;
- restos fósseis de répteis aquáticos (*Mesosaurus*).



Figura 23

Vista mais próxima. Observar o contraste de cores, com destaque em preto para as duas camadas de folhelho ricas em óleo, separadas por uma seção de margas de cor cinza. Alguns dos níveis brancos correspondem a delgados depósitos de material tufáceo, de origem vulcânica.

Figure 23

A closer view. Notice the contrasting black color of the two oil-rich packages of shale, separated by a gray section of marlstones and siltstones. Some of the white bands correspond to volcanic ash layers.



Figura 24

Detalhe dos ritmos com camadas alternadas de folhelhos pretos e margas.

Figure 24

Detail of the rhythmites with alternating black shales and marlstones.

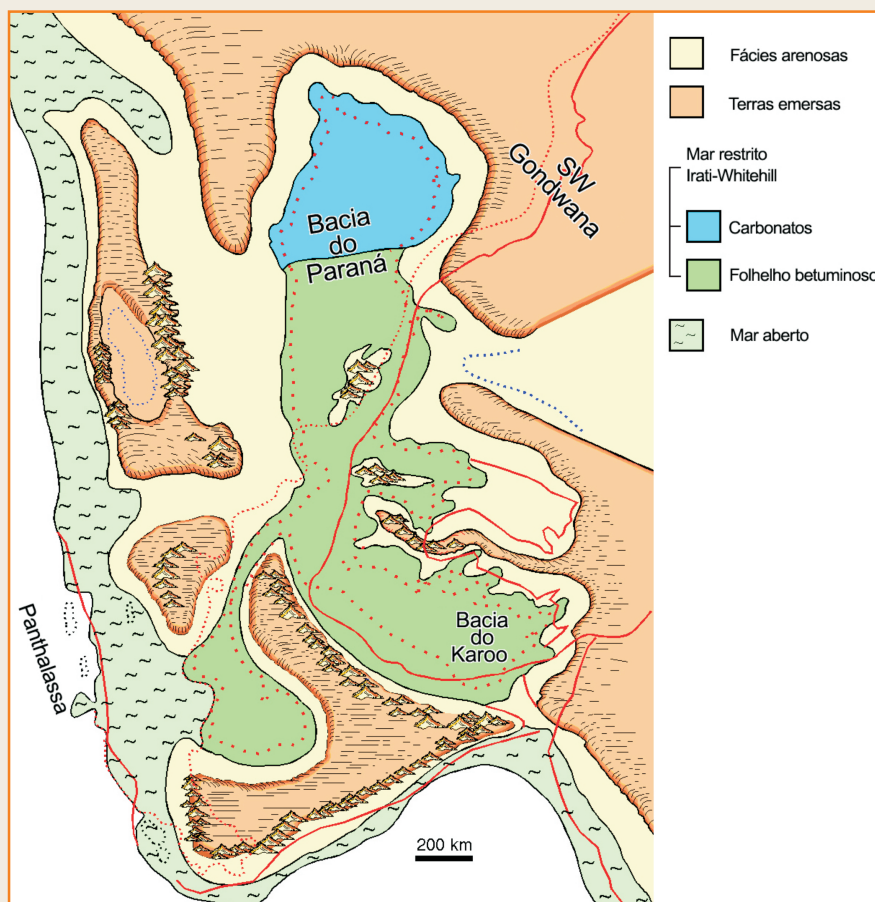


Figura 25

Configuração paleogeográfica do mar restrito de Irati-Whitehill (Neopermiano) (modificado de Lavina, 1991).

Figure 25

Paleogeographic configuration of the Irati-Whitehill (Late Permian) restricted sea (adapted from Lavina, 1991).

PONTO 3 – Arenitos deltaicos da Formação Rio Bonito (Permiano Inferior), estrada PR-151, município de São João do Triunfo.
Lat.: 25° 39' 28"S; Long.: 50° 14' 39"W; cota = 831 m.

A Formação Rio Bonito (com os membros Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis) constitui a porção basal do Grupo Guatá, no seu todo constituindo um ciclo de sedimentação transgressivo pós-glacial do Permiano da Bacia do Paraná. Os afloramentos da Formação Rio Bonito no município de São João do Triunfo são seções de referência para seu membro basal. Este pacote de sedimentos transicionais inclui corpos prográdantes de arenitos deltaicos e folhelhos lagunares com leitos de carvão associados (fig. 26). Áreas-fonte para os arenitos estavam situadas a nordeste, no interior do Gondwana ocidental. Os areni-

tos têm grãos de médios a grossos, com estratificação cruzada planar e, em menor escala, estratificação sigmoidal (fig. 27). Camadas influenciadas por marés são comuns na unidade, indicando um ambiente de acumulação costeiro, transicional (fig. 28).

Os arenitos do Membro Triunfo exibem boa porosidade e permeabilidade (fig. 29) e constituem um reservatório natural para acumular hidrocarbonetos gerados pela Formação Irati. Esta é uma relação freqüentemente testada pelos poços perfurados na Bacia do Paraná.

Feições de destaque:

- boa qualidade da rocha-reservatório;
- folhelhos carbonosos;
- estratificações cruzadas (planar e sigmoidal).

Figura 26

Seção inferior da Formação Rio Bonito, exibindo arenitos e leitos de carvão.

Figure 26

Lower Rio Bonito section, exhibiting sandstones and coal beds.



Figura 27

Detalhe dos arenitos com estratificações cruzadas.

Figure 27

Detail of the cross-bedded sandstones.



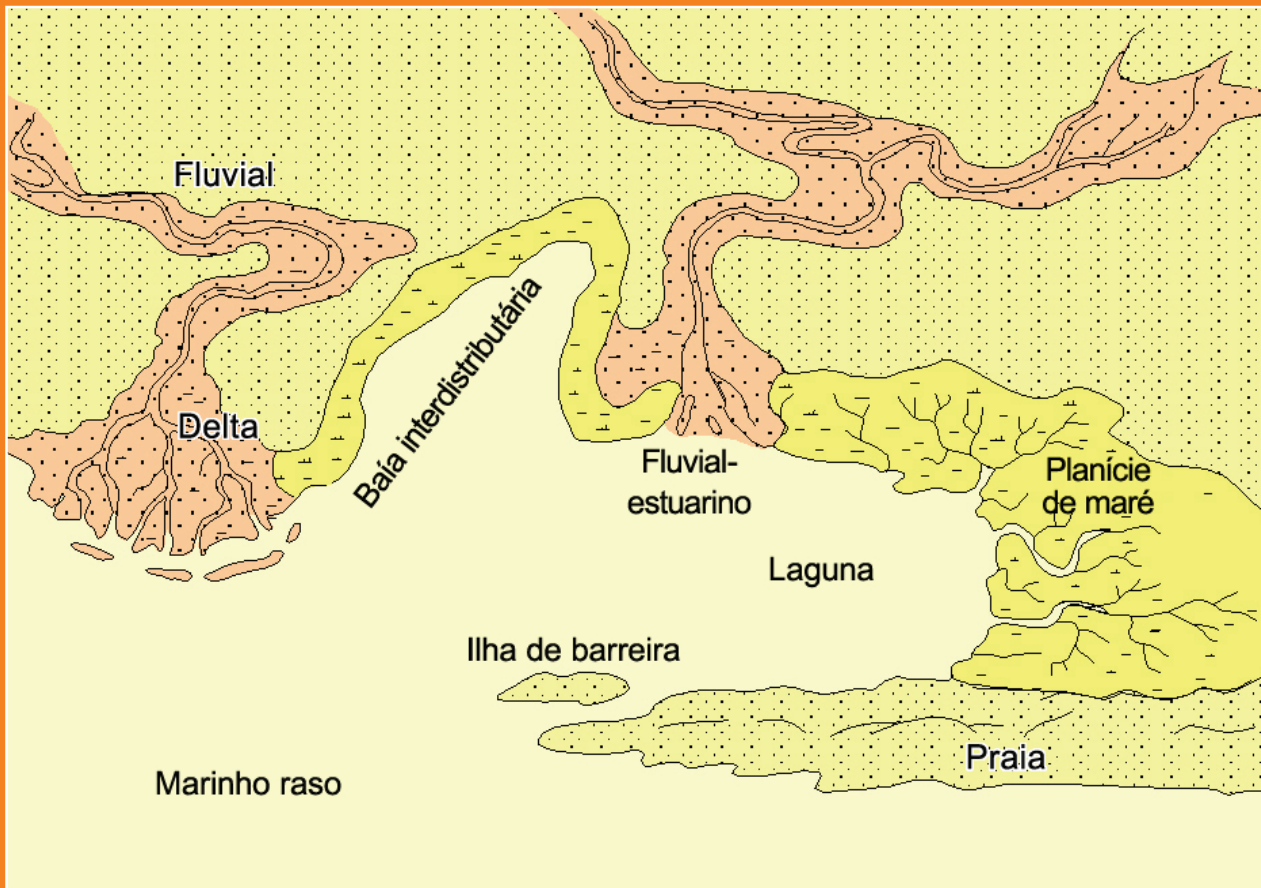


Figura 28
Configuração paleogeográfica durante a acumulação da Formação Rio Bonito (modificado de Winter, 1996).

Figure 28
Paleogeographic configuration during the accumulation of the Rio Bonito Formation (adapted from Winter, 1996).

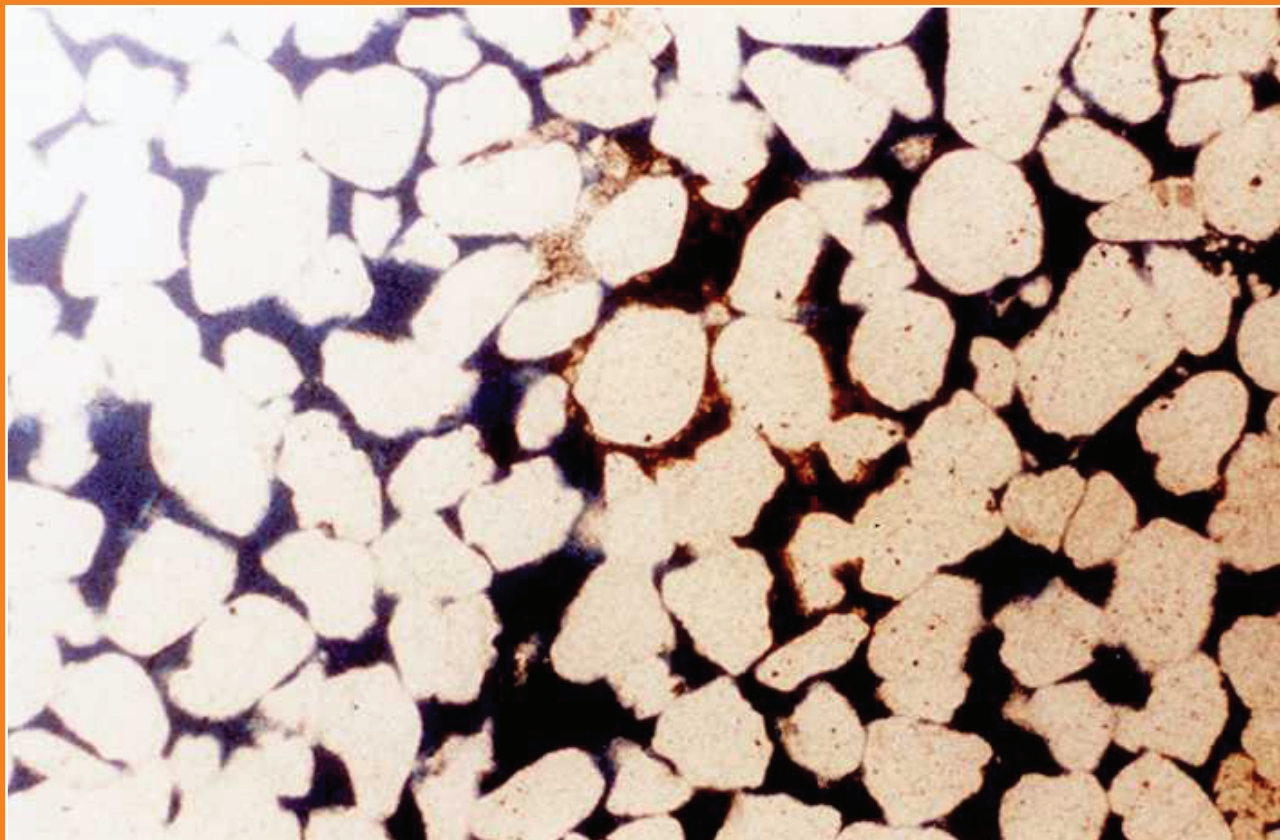


Figura 29
Fotografia de lâmina delgada representativa dos arenitos quartzosos, de grãos bem arredondados, da Formação Rio Bonito. Estas rochas podem exibir porosidades de até 25% mesmo em sua região de maior soterramento, na calha central da Bacia do Paraná.

Figure 29
Thin section of a typical well-sorted, quartzose sandstone of the Rio Bonito Formation. They may exhibit porosities as high as 25%, even in their deepest area of occurrence, in the central portion of the Paraná Basin.

trajeto nas vizinhanças de Ponta Grossa

PONTO 4 – Folhelhos marinhos da Formação Ponta Grossa (Devoniano Inferior), estrada PR-151, zona suburbana do município de Ponta Grossa. Lat.: 25° 10' 50"S; Long.: 50° 08' 48"W; cota = 752 m.

Devido às condições climáticas tropicais da região e ao intenso intemperismo, os folhelhos da Formação Ponta Grossa não mantêm afloramentos em boas condições. Este é o caso no Ponto 4, uma exposição da porção basal da unidade pelítica devoniana (fig. 30). Os folhelhos emsianos, neste ponto visitado, apresentam feições de retrabalhamento por ondas e são intensamente bioturbados (fig. 31). Esta seção é bastante fóssilífera – flora e fauna (Melo, 1988). De particular interesse é a fauna endêmica austral que define o Reino Malvinocáfrico, que ocorre em amplas áreas de Devoniano do Brasil, Argentina, Bolívia, sul do Peru, Paraguai, Uruguai, Ilhas Malvinas e sul da África.

Em uma escala de bacia, o pacote emsiano inclui um intervalo de folhelhos pretos laminados (fig. 32) que exhibe as melhores características de rocha fonte do ciclo Devoniano da Bacia do Paraná. Tal intervalo, com espessura máxima de cerca de 50 m, está relacionado ao evento de máxima inundação do Devoniano da bacia (fig. 33), e seu conteúdo de COT alcança até 4%.

Feições de destaque:

- folhelhos bioturbados;
- restos fósseis.

Figura 30

Afloramento de folhelhos bioturbados da Formação Ponta Grossa.

Figure 30

Aspect of the wave-reworked and bioturbated sediments of the Ponta Grossa Formation.



Figura 31

Seção litológica similar à do afloramento da figura 30, amostrada por poço. Observar a intensa bioturbação que afeta este pacote de rochas marinhas.

Figure 31

Similar section sampled by a well. Notice the intense bioturbation that affected these shallow marine strata.



Figura 32 – A seção inferior da Formação Ponta Grossa inclui um intervalo de folhelhos pretos laminados, mostrado aqui em pedaço de testemunho. Observar que, quando intrudido nas proximidades por diabásios, estes folhelhos (pedaço da esquerda) perdem completamente seu conteúdo orgânico.

Figure 32 – The lower section of the Ponta Grossa Formation also includes an interval of laminated black shales. Notice that, when intruded by a diabase body (left), these shales become completely depleted in their organic content.

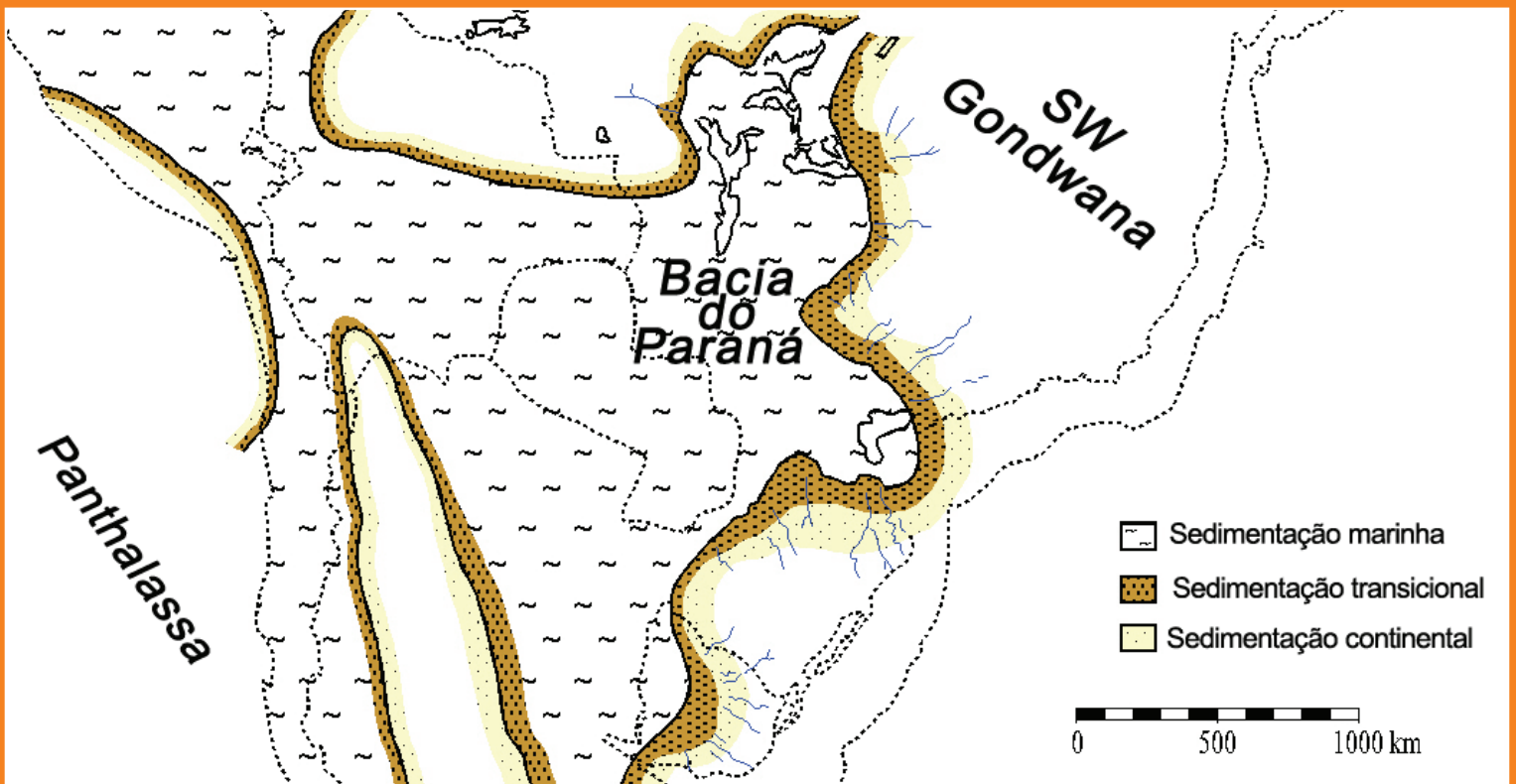


Figura 33 – Modelo paleogeográfico para o Devoniano, durante a sedimentação marinha Ponta Grossa (modificado de Melo, 1988).

Figure 33 – Devonian paleogeographic model, sometime during the Ponta Grossa marine sedimentation (adapted from Melo, 1988).

PONTO 5 – Arenitos marinhos do Grupo Itararé (Pensilvaniano – Permiano Inferior) no Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa.
Lat.: 25° 15' 12"S; Long.: 49° 59' 51"W; cota = 1.009 m.

O Parque Estadual de Vila Velha é uma região com um apelo místico, desde a época em que índios habitavam o local, em tempos ancestrais. "Itacuaretaba", seu nome original na língua Tupi-Guarani, significa 'A Extinta Cidade Feita de Pedra'. A magia desta área pode ser sentida facilmente quando se percorre a área e se observa a paisagem fantástica, pacientemente esculpida pela água e pelo vento nos arenitos vermelhos (figs. 34 a 36).

Os arenitos Vila Velha consistem de uma sucessão empilhada de lobos subaquosos, cada um com algumas dezenas de metros de espessura e isolados dos outros por uma camada fina de folhelho. Os lobos são corpos lenticulares com base planar e cada um deles, individualmente, pode ultrapassar 1.000 m em extensão lateral. O conjunto de lobos coalescentes na porção basal do Grupo Itararé, juntamente com seus alimentadores – um sistema arenoso canalizado (arenito Lapa) – constituem feições de ampla ocor-

rência na borda leste da Bacia do Paraná, sendo reconhecidos em uma área de aproximadamente 7.500 km² (figs. 37 e 38). As feições canalizadas também têm expressão em dados sísmicos (fig. 39).

O complexo de canais e lobos do Grupo Itararé (figs. 40 a 43) são de significado e interesse especiais para a exploração de petróleo na Bacia do Paraná. Em 1996, a primeira descoberta comercial de hidrocarboneto na bacia foi feita exatamente nestes corpos arenosos. Esta seqüência, de idade neocarbonífera, pode ser correlacionada a partir da faixa oriental de afloramentos até o depocentro da bacia, muitas centenas de quilômetros para o oeste (fig. 44). A acumulação do pacote relacionou-se a processos deposicionais particulares que foram ativos durante a grande glaciação do Gondwana, com grandes fluxos arenosos promovidos pela água de degelo (fig. 45).

Feições de destaque:

- geo-paisagem;
- geometria em ampla escala dos corpos arenosos;
- camadas e conjuntos de camadas arenosas;
- qualidade das rochas-reservatório.

Figura 34
Corpos arenosos do Grupo Itararé nas proximidades do Parque Estadual de Vila Velha.

Figure 34
Sandy bodies of the Itararé Group near Vila Velha State Park.



Figura 35
Uma vista mais próxima dos corpos arenosos.

Figure 35
A closer view of the red beds at Vila Velha.



Figura 36
A "Taça", monumento geológico no Parque Estadual de Vila Velha. Notar camadas adelgaçando para o topo.

Figure 36
The "Cup" at Vila Velha State Park, Ponta Grossa county.

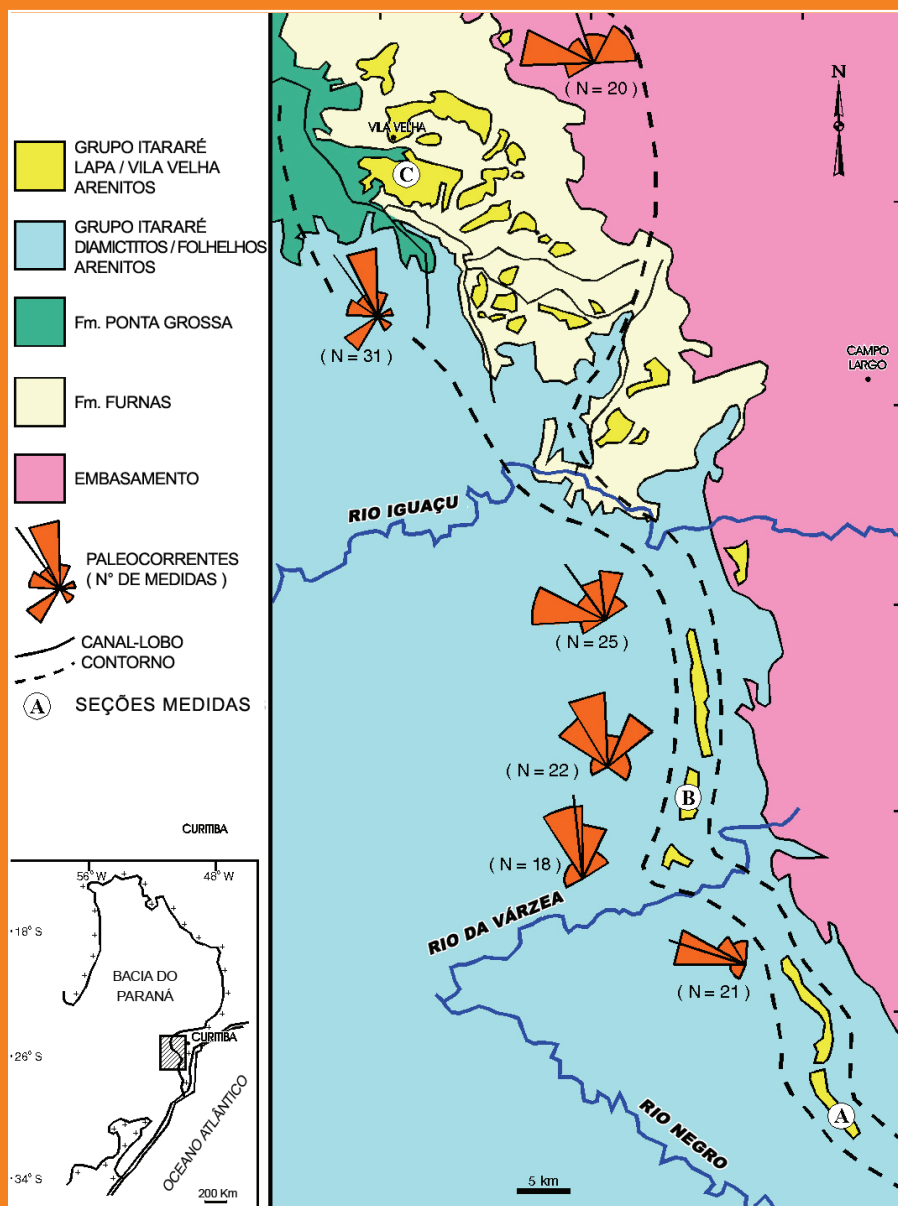
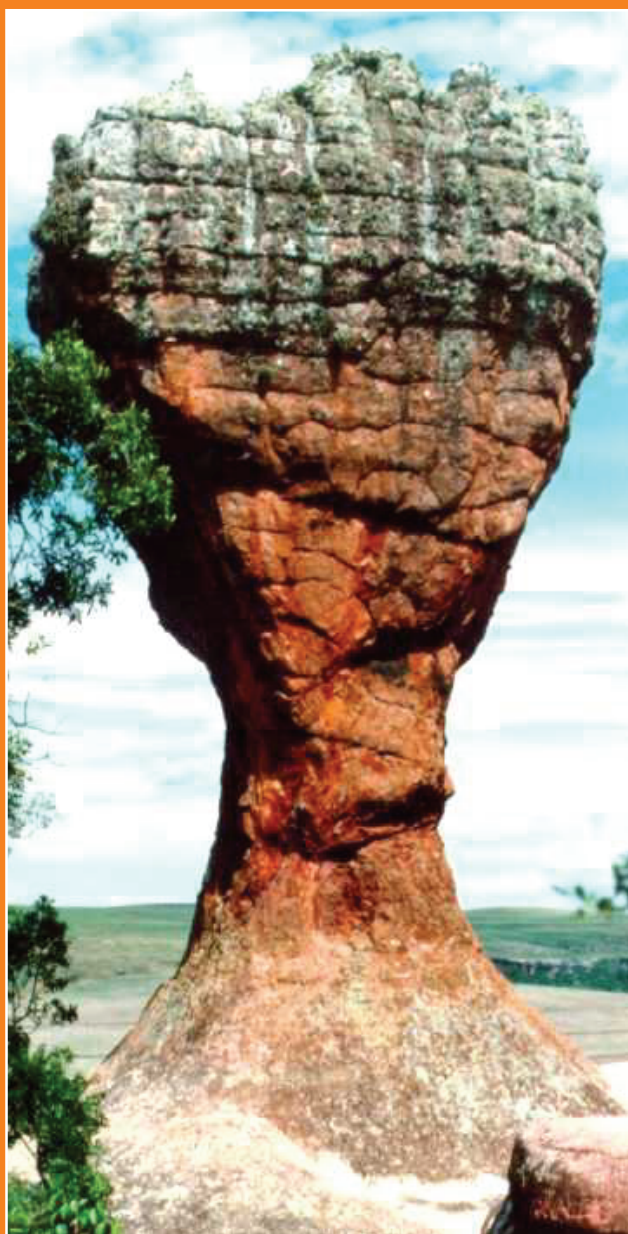


Figura 37
Ocorrência regional do sistema arenoso Lapa-Vila Velha ao longo da borda sudeste da Bacia do Paraná (modificado de França et al. 1996).

Figure 37
Regional occurrence of the Lapa-Vila Velha sandy system along the southeastern border of the Paraná Basin (adapted from França et al. 1996).

Figura 38

Algumas seções de referência para o sistema arenoso Lapa (canal)-Vila Velha (lobos) (modificado de França et al. 1996).

Figure 38

Some reference sections for the Lapa (channel)-Vila Velha (lobes) sandy system (adapted from França et al. 1996).

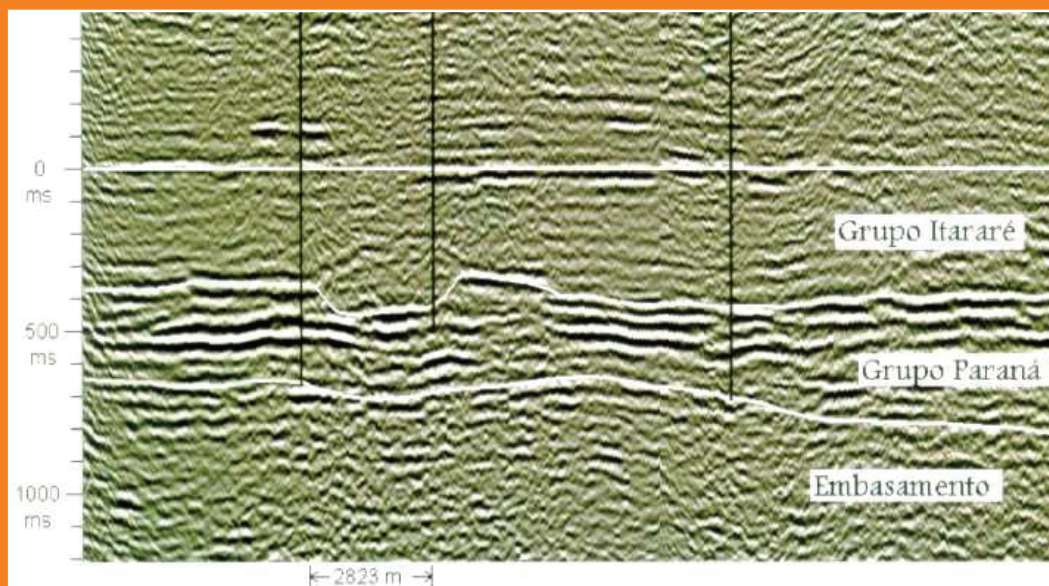
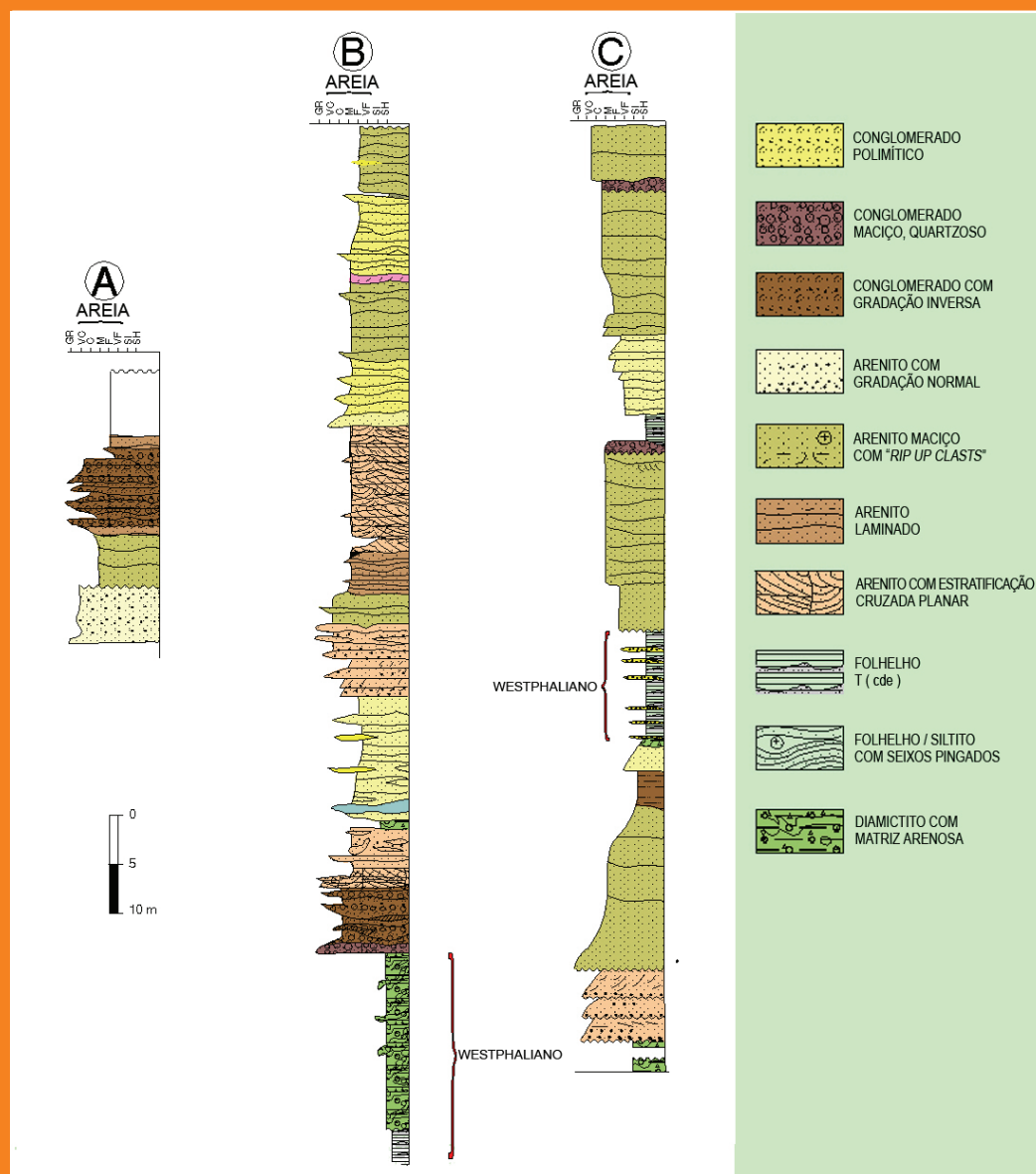


Figura 39

Os canais na seção inferior do Itararé estão bem representados nos dados sísmicos.

Figure 39

The channels in the lowermost Itararé section are well expressed on seismic data.

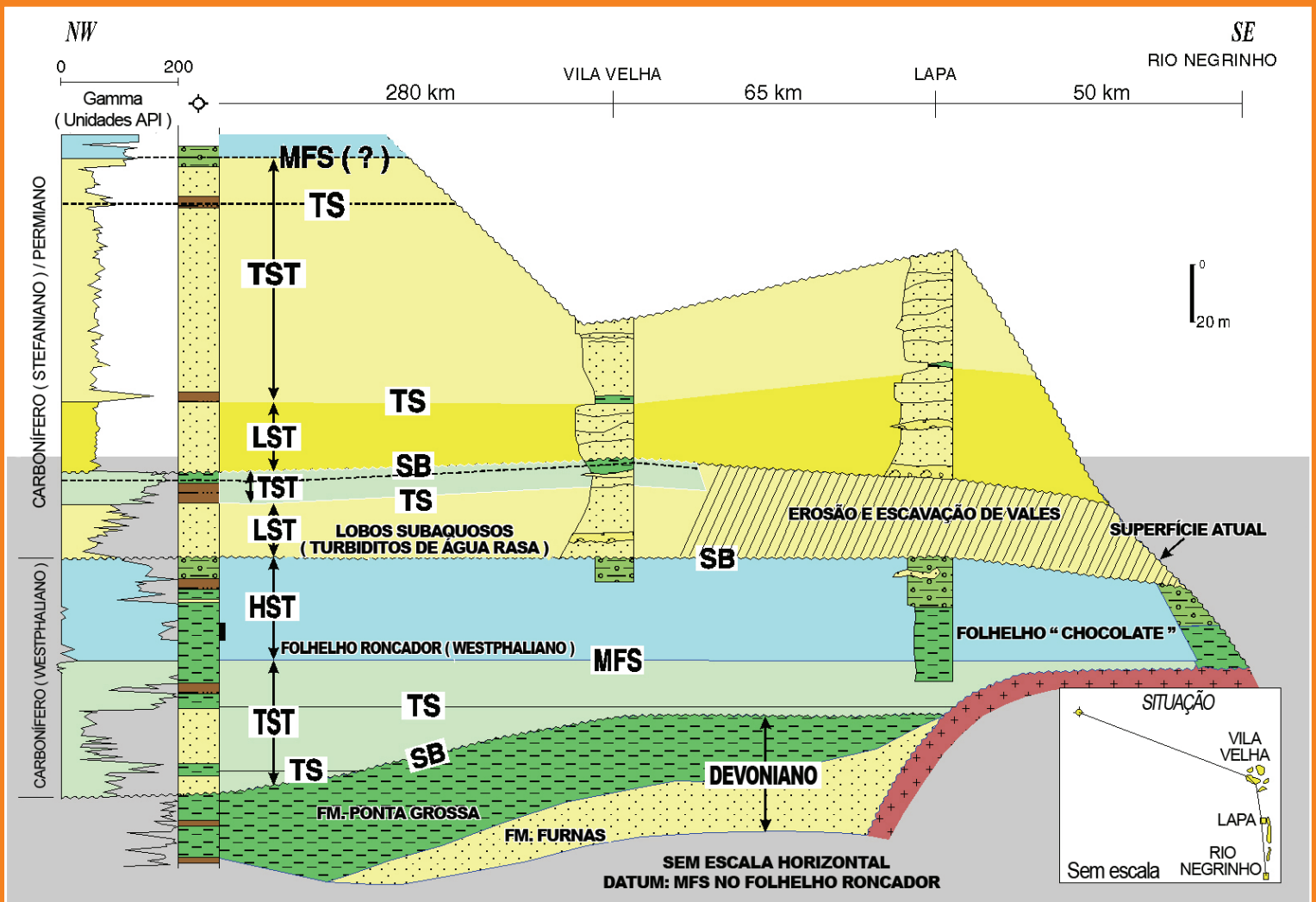


Figura 40
Correlação regional das unidades arenosas da porção inferior do Grupo Itararé, conectando afloramentos a informações de subsuperfície (modificado de França et al. 1996).

Figure 40
Regional correlation of the sandy units of the lower Itararé Group, linking outcrop to subsurface data (adapted from França et al. 1996).

Figura 41
Arenitos líticos pobremente selecionados do sistema canalizado de Lapa.

Figure 41
Poorly sorted, lithic-quartzose sandstone of the Lapa channel system.

Figura 42
Fotografia de
lamina delgada do
típico arenito
Lapa.

*Figure 42
Thin section of a
typical sandstone
from the Lapa
channel.*

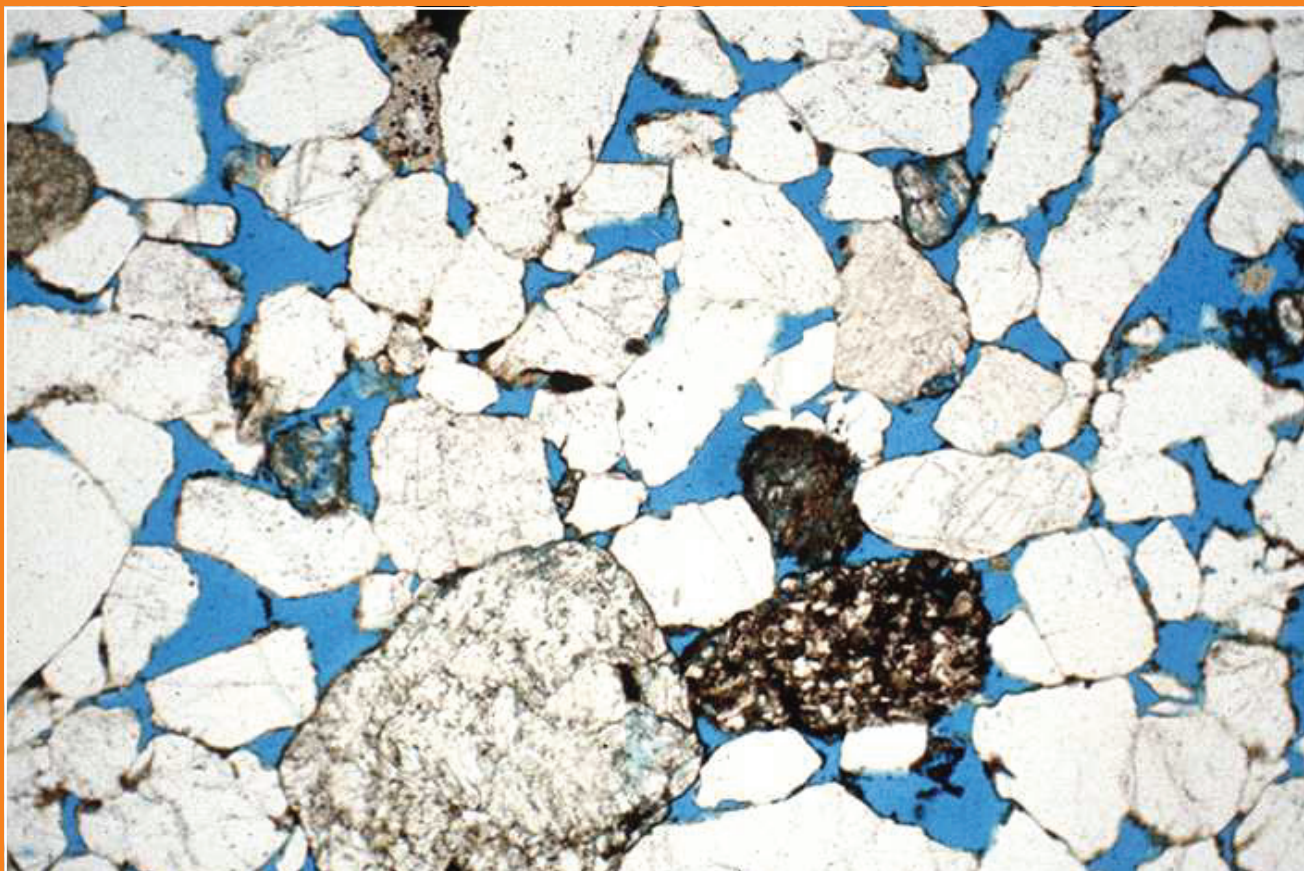


Figura 43
Arenitos
quartzosos, bem
selecionados, nos
lobos de Vila
Velha.

*Figure 43
Well-sorted,
quartzose
sandstone of the
Vila Velha lobes.*



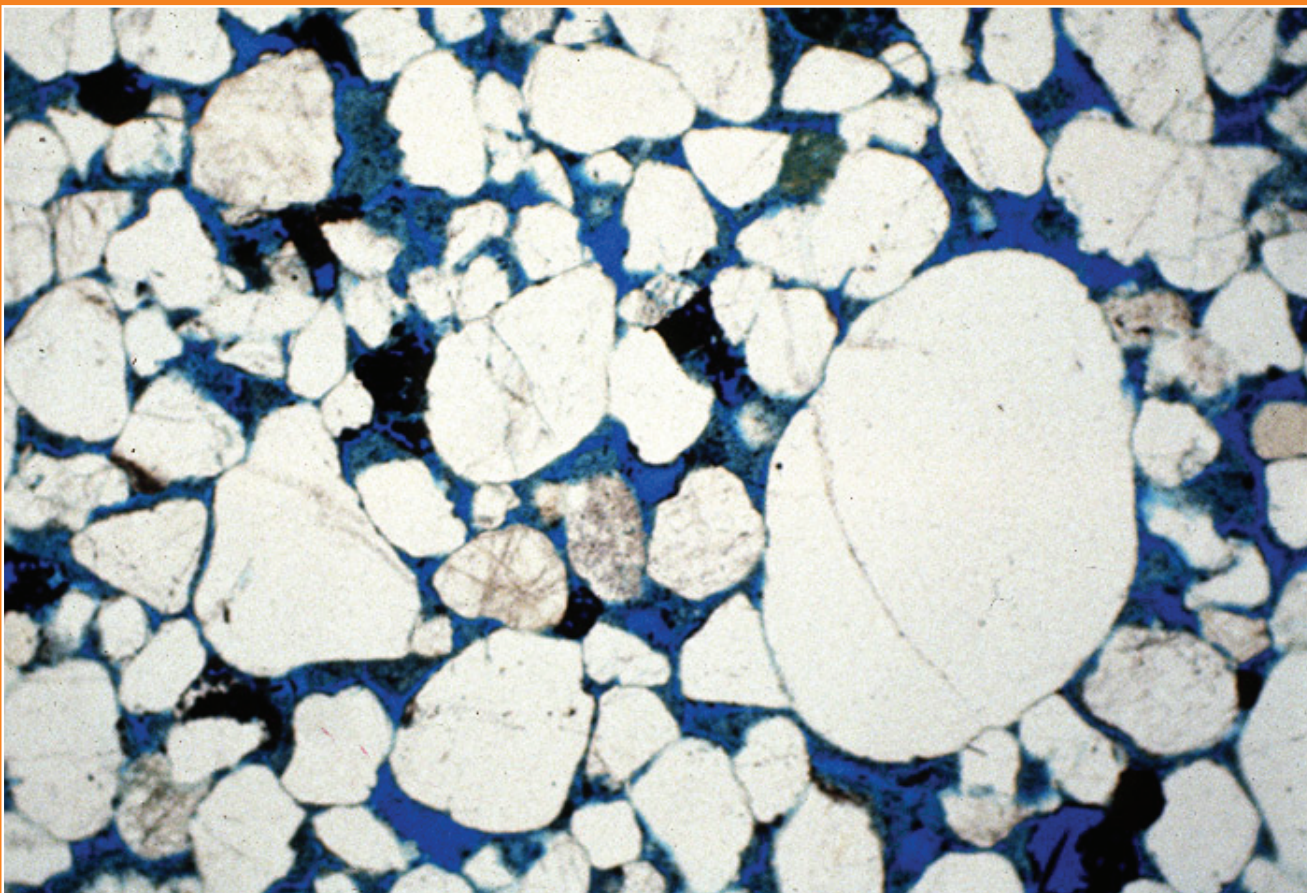


Figura 44
Lâmina delgada
de arenito da
área de Vila
Velha.

Figure 44
Thin section of a
sandstone from
the Vila Velha
area.

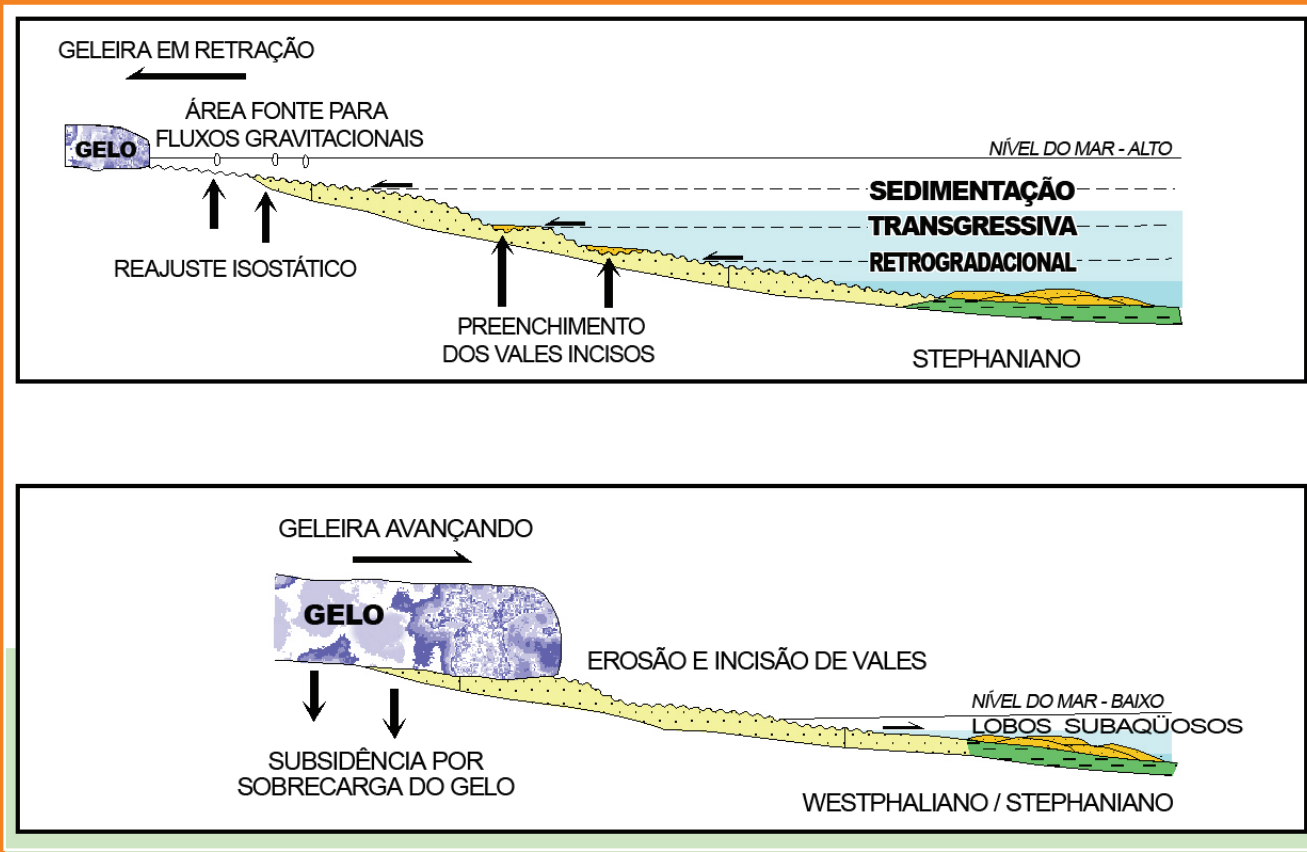


Figura 45
Modelo evolutivo
para a
sedimentação
glaciogênica do
Itararé
(modificado de
França et al.
1996).

Figure 45
Evolutionary model
for the glacial
Itararé
sedimentation
(adapted from
França et al.
1996).

In memoriam

Rodi Ávila Medeiros (1935/1998)

Algumas pessoas deixam legados preciosos apesar de terem tido uma passagem efêmera pela vida, e Rodi foi um deles. Um colega honesto, uma pessoa especial, um amigo. Sempre na vanguarda da geologia sedimentar, ele devotou sua existência ao entendimento das relações entre fácies em quase todas as bacias sedimentares do Brasil. Um professor incansável, ele compartilhou seu conhecimento com várias gerações de geólogos.

Rodi nos deixou em 5 de julho; mesmo seriamente doente, ele manteve-se ativamente envolvido com a elaboração deste guia de viagem de campo até suas últimas horas. Nós gostaríamos de expressar aqui o quanto sentimos sua falta e o quanto somos gratos pelo privilégio de ter compartilhado com ele essa tarefa.

referências

ARAÚJO, L. M.; TRIGÜIS, J. A. **Avaliação do efeito térmico das intrusivas ígneas nas rochas geradoras da Formação Irati/Membro Assistência**. Curitiba: Petrobras. E&P. NEXPAR.GEINT, 1996. 2 v. il. Relatório técnico.

ASSINE, M. L. **Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. 1996. 207 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

ASSINE, M. L.; SOARES, P. C.; MILANI, E. J. Sequências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-89, 1994.

BARBERENA, M. C.; ARAÚJO, D. C.; LAVINA, E. L.; AZEVEDO, S. A. K. O estado atual do conhecimento sobre os tetrápodos permianos e triássicos do Brasil Meridional. In: BRASIL. Departamento Nacional de produção Mineral. **Coletânea de trabalhos paleontológicos**. Brasília: DNPM, 1985. p. 21-28. (Série Geologia, 27. Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2). Apresentado no Congresso Brasileiro de Paleontologia, 8, 1983, Rio de Janeiro.

BORGHI, L. F. **Caracterização e análise faciológica**

da Formação Furnas (Pridoli-Devoniano Inferior) em afloramentos do bordo leste da Bacia Sedimentar do Paraná, Estado do Paraná, Brasil. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.

CASTRO, J. C. **Field trip guide to Paraná Basin**. Copenhagen : International Association of Sedimentologists, 1994. 42 p. il. Apresentado no International Sedimentological Congress, 14., 1994, Recife, PE.

COUTINHO, J. M. V.; HACHIRO, J.; COIMBRA, A. M.; SANTOS, P. R. Ash-fall derived vitroclastic tuffaceous sediments in the Permian of the Paraná Basin and their provenance. In: ULBRICH, H.; ROCHA-CAMPOS, A. C. (Ed.). **Gondwana Seven**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1991. p. 147-160.

DAEMON, R. F.; FRANÇA, A. B. Sedimentos do Westfaliano (carbonífero médio) na Formação Lagoa Azul, Grupo Itararé. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1, 1993, Rio Claro. **Resumos...** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1993. p. 36.

DAEMON, R. F.; QUADROS, L. P. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24, 1970, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Geologia, 1970. p. 359-412.

DAEMON, R. F.; QUADROS, L. P.; SILVA, L. C. Devonian palinology and biostratigraphy of the Paraná Basin. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 21/ 22, p. 99-132, 1967.

DINO, R.; RODRIGUES, M. A. C. Palinologia da Formação Furnas (Eodevoniano) na região de Jaguariaíva (PR). In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1, 1993, Rio Claro. **Resumos...** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1993. p. 24-25.

DU TOIT, A. L. **A geological comparison of South America with South Africa**. Washington: Carnegie Institution, 1927. 157 p. (Carnegie Institution of Washington publication, 381).

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro. 68, n. 2, p. 195-205, 1996.

FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1). **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2-4, p. 147-191. 1988.

FRANÇA, A. B.; TRIGÜIS, J. A.; ANJOS, S. M. C.; MILANI, E. J.; WOLFF, S. **Projeto Formação Ponta Grossa**. Curitiba, Petrobras. DEPEX. NEXPAR, 1994. 84 p. il. Relatório técnico.

FRANÇA, A. B.; WINTER, W. R.; ASSINE, M. L. Arenitos Lapa-Vila Velha: um modelo de trato de sistemas subaquosos canal-lobos sob influência glacial, Grupo Itararé (C-P), Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 43-56, 1996.

KAY, S. M.; RAMOS, V. A.; MPODOZIS, C.; SRUOGA, P. Late Paleozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwanaland margin: analogy to the Middle Proterozoic in North America? **Geology**, Boulder, v. 17, n. 4, p. 324-328, Apr. 1989.

LANGÉ, F. W. Biostratigraphic subdivision and correlation of the Devonian in the Paraná Basin. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 21/22, p. 63-98, 1967.

LAVINA, E. L. **Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopermiano e Eotriássico (intervalo Kazaniano-Scythiano) da Bacia do Paraná**. 1991. 2 v. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

MEDEIROS, R. A. Hierarquia e caráter cronoestratigráfico dos tratos de sistemas marinhos transgressivos associados às formações Rio do Sul, Rio Bonito e Palermo. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 2, 1995, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. p. 76-77.

MELO, J. H. G. The Malvinokaffric realm in the Devonian of Brazil. In: MCMILLAN, N. J.; EMBRY, A. F.; GLASS, D. J. (Ed.). **Devonian of the world**. Calgary: Canadian Society of Petroleum Geologists, 1988. v. 1, p. 669-704. (CSPG. Memoir, 14).

MELO, J. H. G. A paleontologia do Siluriano da Bacia do Paraná: estado-da-arte. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1, 1993, Rio Claro. **Resumos...** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1993. p. 6-7.

MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a**

geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. 1997. 2 v. il. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 1997a.

MILANI, E. J. **Bacia do Paraná: carta estratigráfica, com os principais eventos tectônicos e magmáticos relacionados à sua evolução**. Rio de Janeiro: Petrobras. E&P, 1997b. Relatório Interno.

MILANI, E. J.; FACCINI, U. F.; SCHERER, C. M. S.; ARAÚJO, L. M.; CUPERTINO, J. A. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. **Boletim IG-USP**. Série científica, São Paulo, v.29, p.125-173, nov.1998.

PORTO ALEGRE, H. K. **Aspectos hidrogeológicos em área reabilitada na mineração do xisto em São Mateus do Sul, Paraná, Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

SANTOS NETO, E. V. **Caracterização geoquímica e paleoambiente deposicional da seqüência carbonato-pelítica superior do Membro Assistência, Formação Irati no Estado de São Paulo, Bacia do Paraná**. 1993. 203 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.

TURNER, S.; REGELOUS, M.; KELLEY, S.; HAWKESWORTH, C.; MANTOVANI, M. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision Ar/Ar geochronology. **Earth and Planetary Science Letters**, Amsterdam, v. 121, n. 3-4, p. 333-348, 1994.

VAIL, P. R.; MITCHUM, R. M.; THOMPSON, S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 3: relative changes of sea level from coastal onlap. In: PAYTON, C. E. (Ed.). **Seismic stratigraphy: applications of hydrocarbon exploration**. Tulsa, Okla.: American Association of Petroleum Geologists, 1977. p. 205-212. (AAPG. Memoir, 26).

WINTER, W.R. Associações faciológicas da Fm. Rio Bonito, Bacia do Paraná. Curitiba: Petrobras. E&P. NEXPAR, 1996. 1 v. Relatório técnico.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; APPI, V. T.; SANTOS NETO, E. V.; CERQUEIRA, J. R.; MARQUES, A. The Paraná Basin, Brazil. In: LEIGHTON, M. W.; KOLATA, D. R.; OLTZ, D. F.; EIDEL, J. J. (Ed.). **Interior cratonic basins**. Tulsa, Okla.: American Association of Petroleum Geologists, 1991. p. 707-708. (AAPG. Memoir, 51).

autor principal



Edison José Milani

Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
Gerência de Geologia Estrutural e Geotectônica
e-mail: ejmilani@petrobras.com.br

Edison José Milani é geólogo graduado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1977) e pós-graduado pela Universidade Federal de Ouro Preto (Mestrado em Geologia Estrutural) e pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Doutorado em Estratigrafia). Ingressou na Petrobras em fevereiro de 1978. Foi geólogo de poço (1978/1981), geólogo de análise de bacias (1982/1987) e chefe do grupo de interpretação exploratória da Bacia do Paraná (1988/1993), em Curitiba. Retornando ao Rio de Janeiro em 1997 após cumprir programa de Doutorado, atuou como geólogo de interpretação na Bacia de Santos até 1999. Entre 2000 e 2005, foi Gerente da área de Modelagem de Sistemas Petrolíferos na Sede da Empresa. Atualmente no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello (Cenpes), gerencia a área de Geologia Estrutural e Geotectônica.