

Arcabouço cronoestratigráfico da Formação Mafra (intervalo médio) na região de Rio Negro/PR - Mafra/SC, borda leste da bacia do Paraná

Luiz Carlos Weinschütz

Doutorando em Geologia Regional. UNESP-IGCE, Rio Claro/SP - E-mail: luizcwei@ibest.com.br

Joel Carneiro de Castro

UNESP-IGCE, Rio Claro/SP - E-mail: jocastro@rc.unesp.br

Resumo

Esse trabalho investiga a porção média da Formação Mafra (Grupo Itararé) na região de Mafra(SC)-Rio Negro(PR). Uma sondagem com 40m testemunhados (PM-6), adjacente a uma grande pedreira com 70m de altura, fornece, em conjunto, quase 100m de seção, dominada por varvitos e diamictitos, representativa do Mafra-Médio. Recobrimo erosivamente esse intervalo, a mesma pedreira expõe 20m de arenitos sigmoidais, já caracterizando a unidade Mafra-Superior. A Formação Mafra-Médio consiste de ciclos de granocrescência ascendente (varvito a diamictito), recobertos por um complexo ciclo granodecrescente (arenito-diamictito-varvito), atribuído a eventos de deglaciação; esse evento culmina com a deposição de siltito fossilífero marinho, que, ao contrário das demais fácies, não tem clastos caídos (*dropstones*).

As complexas relações laterais que marcam o ciclo/evento de deglaciação podem ser documentadas em uma seção estratigráfica com cinco afloramentos. A base do evento é erosiva, fornecendo calhas que acomodam localmente grandes espessuras; tal sucessão transgressiva, desenvolvida com a deglaciação, deve-se ao recuo progressivo das geleiras. O intervalo médio da Formação Mafra representa um trato de sistemas transgressivo/de nível de base alto de uma seqüência deposicional de 3ª ordem, junto com os arenitos e siltitos do Mafra-Inferior, estes constituindo o trato de sistemas de nível baixo.

Palavras-chave: Sedimentação Glacial, Estratigrafia de Seqüências, Grupo Itararé, Bacia do Paraná, Permocarbonífero.

Abstract

The middle interval of Mafra Formation (Itararé Group) has been investigated in the Mafra-Rio Negro area, eastern margin of Paraná basin. The 40m-cored section of well PM-6, drilled at the foot of the 70m-high Motocross Quarry, provide a 90m-composite column representative of middle-Mafra Formation. This interval is unconformably overlain by sigmoidal sandstones of the upper part of Mafra Formation, as displayed in the same quarry. Two types of cycles are found in middle Mafra. Several coarsening-upward cycles composed of varvites, massive sandstones/siltstones (local) and diamictites, are followed by a major fining-upward cycle, formed by sandstone, diamictite and varvite. Pebble to boulder-size dropstones occur in all facies.

The upper FU-cycle, designated as deglaciation facies/cycle, has a complex distribution of thickness and constituent lithofacies. Local depocenters of the cycle are related to lows excavated by glaciers; they were filled by sediments derived from the receding ice, in a classical, transgressive setting related to deglaciation. The middle-Mafra Formation forms the upper, transgressive-highstand system tracts of a depositional sequence, together with sandstones and diamictites of the lower, lowstand system tracts of lower Mafra Formation.

Keywords: *Glacial Sedimentation, Sequence Stratigraphy, Itararé Group, Paraná Basin, Permocarboniferous.*

1. Introdução

O Grupo Itararé guarda o mais importante registro de glaciação da história da Terra, desenvolvido em todo o Gondwana no Permocarbonífero. Na carta estratigráfica de Schneider et al. (1974), o Grupo Itararé foi dividido, na faixa aflorante sul-paranaense e catarinense, nas formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul.

Por outro lado, o Grupo Itararé, para França e Potter (1988), consiste de três formações, que representam três ciclos de argilosidade crescente para cima: Lagoa Azul, cuja parte superior corresponde à Formação Campo do Tenente; Campo Mourão, correspondente à Formação Mafra; e Taciba, correspondente à Formação Rio do Sul.

Uma pequena mas importante diferença entre as duas cartas pode ser notada na unidade superior do Grupo Itararé. Enquanto Schneider et al. (1974) incluem o "Membro Lontras", uma unidade de folhelhos e argilitos várvidos, na base de sua Fm. Rio do Sul, França e Potter (1988) posicionam o "Folhelho Lontras" no topo da Fm. Campo Mourão, representando a culminância fina/argilosa de seu segundo ciclo (Campo Mourão). Ainda, esses autores chamam de Fm. Taciba ao ciclo superior do Grupo Itararé, nele destacando um nível arenoso basal (Mb. Rio Segredo) e dois membros principais, Chapéu do Sol (diamictito) e Rio do Sul (folhelho e ritmito fino).

Na região de Rio Negro (PR) - Mafra (SC), ocorre uma das mais importan-

tes e clássicas seções aflorantes do Grupo Itararé, que inclui os estratotipos das formações Campo do Tenente e Mafra (Schneider et al., 1974). Em sua dissertação de mestrado, Weinschütz (2001) identifica três divisões em cada uma das formações Mafra e Rio do Sul, divisões estas que o autor interpreta como pertencentes a três seqüências deposicionais (Tabela 1).

Vale dizer que tais seqüências aproximam-se dos ciclos/Formações Campo Mourão e Taciba de França e Potter (1988), exceto quanto à subdivisão do ciclo/Formação Campo Mourão em duas seqüências.

Em 2003, a região de Rio Negro e Mafra teve seu acervo científico enriquecido com a perfuração de seis poços, tendo profundidade média de 60m, executados pela Geosol e sob a iniciativa da Fundação Victor Dequech. Esses poços foram adequadamente locados, objetivando amostrar significativamente as formações Mafra e Rio do Sul e procurando compor os poços com seções de superfície. Assim, a sondagem denominada PM-6, com 40m de testemunhagem, foi locada no piso da maior pedra da região, com 70m de altura (ponto 6, Figura 1); isto possibilitou amostrar um total de 90m, representativos do intervalo médio da Formação Mafra (os demais 20m, do topo da pedra, pertencem ao intervalo superior da Formação Mafra).

Esse é o primeiro de três artigos, que apresentarão os resultados das son-

dagens e das respectivas seções contíguas de superfície; esse artigo trata do intervalo médio da Formação Mafra, bem como de sua interpretação no contexto da segunda seqüência deposicional do Grupo Itararé na área (Mafra-Médio/Inferior, sucedendo a seqüência da Formação Campo do Tenente).

Outro desafio da presente pesquisa é a definição de um arcabouço de Estratigrafia de Seqüências em contexto glacial, tema ainda pouco desenvolvido (Castro, 1995).

2. Materiais e métodos

Seis sondagens testemunhadas foram executadas na área, sendo que a última delas abrangeu o intervalo médio da Formação Mafra e é objeto do presente estudo. Tal sondagem, PM-6 (Pedreira "Motocross", sondagem 6), testemunhou de 6 a 46m de profundidade, tendo início no piso basal da grande pedra homônima; nessa estão expostos quase 55m do restante da Formação Mafra-Médio e também pelo menos 20m de arenitos sigmoidais da Formação Mafra-Superior (ponto 6, Figura 1).

Outros quatro grandes afloramentos do Mafra-Médio, pontos 7 a 10, são correlacionados à Pedreira Motocross e proporcionam um entendimento das complexas relações faciológicas daquela unidade.

Na sondagem PM-6 e nos cinco pontos aflorantes foram confeccionados

Tabela 1 - Correlação litoestratigráfica do Grupo Itararé com seqüências deposicionais definidas nesse trabalho.

Schneider et al. (1974)	França & Potter (1988)	Weinschütz (2001)	Seqüências
Fm. Rio do Sul (RS)	Ciclo/Fm. Taciba	Sup. (s): Siltito e folhelho	Seqüência Rio do Sul s/m
		Méd. (m): diamictito, arenito e siltito	
Fm. Mafra (M)	Ciclo/Fm. Campo Mourão	Inf. (l): folhelho "Lontras"	Seqüência Rio do Sul i/Mafra s
		Sup. (s): arenito e diamictito	
		Méd. (m): varvito, diamictito e arenito Inf. (l): arenito e diamictito	Seqüência Mafra m/i
Fm. Campo do Tenente (CT)	Ciclo/Fm. Lagoa Azul	Folhelho, varvito e diamictito marron-avermelhado	Seqüência Campo do Tenente

perfis sedimentológicos verticais, com a identificação sequencial de litologias, texturas e estruturas. Isso possibilita a caracterização de fácies/associações faciologicas e, através da análise de sucessões verticais de fácies, chega-se a padrões relacionados a tratos de sistemas e daí a seqüências deposicionais.

3. Sondagem PM-6

A sondagem PM-6, locada no piso basal da Pedreira Motocross, testemunhou 40m da Formação Mafra - intervalo médio. Esse intervalo se completa com a coluna presente na grande pedreira, adjacente à sondagem (ver adiante).

Três associações faciologicas ocorrem no poço PM-6: varvito (Vv), arenito-siltito (AS) e diamictito (D) (Figura 2).

Os **varvitos (Vv)** ocorrem em três posições da sondagem, com 8m de espessura na base (Figura 3), 2m no meio e 6m para o topo, onde se intercalam com diamictitos. Têm cor predominantemente marrom e exibem freqüentes clastos caídos com até 5mm (*dropstones*); a descrição dessa fácies será completada na pedreira adjacente, onde a mesma atinge 40m de espessura.

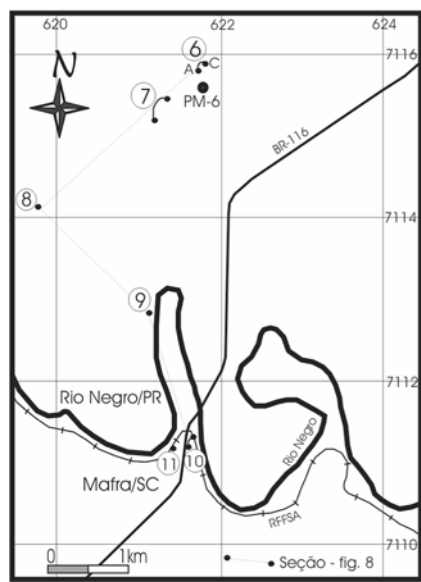


Figura 1 - Mapa de localização da área estudada, com a sondagem PM-6 e os afloramentos estudados.

A associação **arenito-siltito (AS)** sucede aos varvitos basais do PM-6, em contato aparentemente gradacional (Figura 3). Aquelas litologias apresentam-se maciças, ou exibem feições de escorregamento e microfalhas; alguns arenitos formam estratos amalgamados, com espessura individual de 6,5cm (Figura 4). No topo do intervalo, destaca-se um corpo métrico de arenito fino/médio, maciço (Figura 2). O principal processo parece ser o de liquefação (*slurry*), responsável pelas estruturas presentes; seixos caídos de até 2,5cm revelam a contribuição de geleiras flutuantes.

A fácies **diamictito (D)** ocorre como dois corpos espessos, respectivamente com 8m e 5m, sobreposto à associação anterior (Figura 2). Tem aspecto maciço e cores acastanhada (corpo inferior, Figura 5) e cinza (corpo superior); seixos caídos são freqüentes alcançando até

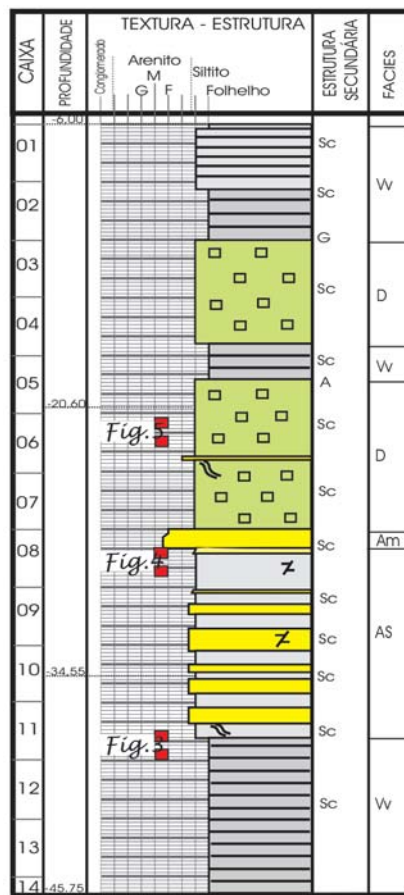


Figura 2 - Perfil sedimentológico do poço PM-6; ver símbolos na Figura 8.

8cm de diâmetro (calhau, *cobble*). Feições de escorregamento e ocasional presença de arenito maciço (Figura 5) sugerem parentesco com a associação (AS); no entanto, os diamictitos exibem maior influência glacial em sua deposição.

4. Pedreira Motocross - ponto 6

A “Pedreira Motocross” tem aproximadamente 70m de altura e é bastante complexa, principalmente no que se refere à associação de deglaciação (Dg)



Figura 3 - Varvitos, Vv (raia esquerda), sobrepostos gradacionalmente por Siltitos e Arenitos, AS (raia direita); clastos caídos são comuns nas duas fácies. Largura dos testemunhos é sempre 3”(7,5cm); ver Figura 2 para localização.

presente em sua parte superior (Figura 6). A pedraira consta de duas bancadas, referidas como sudoeste (ponto A) e nordeste (pontos B e C); a extensão entre A e C atinge aproximadamente 250m (Figuras 1, 6). Quatro associações faciológicas ocorrem na pedraira (base ao topo): varvito, siltito/folhelho, deglaciação e arenito sigmoidal. Esse último, (As), recobre erosivamente a associação de deglaciação (Dg) e já pertence ao intervalo superior da Formação Mafra.

Varvito (Vv). Nessa pedraira está a maior possança dessa fácies encontrada na área com quase 40m (Figura 7A). A grande maioria desses ritmitos regulares arenito-folhelho mostra: (a) pares delgados de espessura variando entre 1,5mm, 3mm (Figura 7B) e 9mm; (b) base abrupta da fração arenosa (clara) e passagem abrupta dessa para a fração pelítica (escura); (c) numerosos clastos caídos, geralmente contidos nas camadas claras.

Destaca-se ainda, no terço inferior da pedraira, um intervalo=marco contendo três estratos com aleitamento gradacional (Figura 7A): o estrato basal tem 0,6m e os demais têm 0,25m cada. Nota-se, em cada um, incipiente laminação, na fração arenosa, e que se torna mais marcante no siltito, bem como clastos caídos de variados tamanhos, incluindo matações. Os três estratos constituem eventos turbulentos de grande intensidade, interrompendo a sedimentação glaciolacustre normal dos varvitos.

Siltito/folhelho (S). Essa fácies pelítica está bem representada na extremidade direita da bancada sudoeste, sobrepondo-se aos varvitos (perfil A, Figura 6): são siltitos argilosos, esverdeados, finamente laminados. Na extremidade da bancada NE (perfil C) já ocorrem clastos caídos nos siltitos. Tal fácies também ocorre no perfil vizinho (ponto 7, ver adiante).

Deglaciação (Dg). Essa complexa associação é formada por uma sucessão de arenitos com estruturas tracionais (estratificação e laminação cruzadas), que passam acima a arenitos lamíticos seixosos e a diamictitos (perfil A); essas mesmas litologias, encimadas por varvitos,

formam dois ciclos de afinamento ascendente (perfil B), resultado de processo de deglaciação. Na seção entre os perfis B e C, é expressivo o truncamento lateral de litofácies do perfil B, bem como o contato abrupto do arenito basal com o siltito subjacente (X, Figura 6) de algumas das litofácies constituintes.

Arenito sigmoidal (As). Truncando erosivamente a associação faciológica anterior (Y, Figura 6), observa-se uma espessa seção de arenitos finos/médios com estratificação sigmoidal, já representando o intervalo superior da Formação Mafra; tal seção tem origem fluvial ou flúvio-deltaica, e constitui a parte basal da seqüência Mafra-Superior-Folhelho Lontras (Tabela 1).



Figura 4 - Siltitos (raia esquerda) recobertos por arenitos maciços (parte superior da raia direita; fácies AS).

5. Arcabouço da Formação Mafra - Intervalo Médio

A seção da Figura 8, tendo como *datum* o contato entre os intervalos superior e médio da Formação Mafra, revela a grande complexibilidade estratigráfica do intervalo médio, que inclui uma fácies de siltito fossilífero no topo do intervalo (Sf), entre os pontos 8 e 10 da Figura 8. O perfil do ponto 6 foi acrescido com o perfil da sondagem PM-6, notando-se, entre os dois, um pequeno intervalo não recuperado pela sondagem.

Tal coluna do intervalo médio da Formação Mafra (quase 100m) é forma-



Figura 5 - Escorregamento (base da raia esquerda) e lente arenosa (meio da raia esquerda) dentro da fácies Diamictito, D (raia direita).

da de dois ciclos principais (base ao topo): um de granocrescência ascendente, com varvito seguido de diamictito, e outro de granodecrescência ascendente (deglaciação), com a sucessão arenito-diamictito-varvito. Esse último pode ser encerrado por um corpo de siltitoossilífero (fácies Sf), que culmina o ciclo de deglaciação, de natureza transgressiva (Machado, 1989; Castro, 1991). Pelo menos três sucessões de granocrescência ocorrem no poço PM-6: a basal é mais completa, pois inclui a associação arenito - siltito (AS) entre o varvito (Vv) e o diamictito (D).

Nos afloramentos dos pontos 8 a 10, nota-se o grande desenvolvimento desse tipo de ciclo, estratigraficamente acima da seção do poço PM-6: trata-se da espessa seção de varvito (quase 40m no ponto 6), recoberta por corpo de diamictito igualmente espesso (quase 30m no ponto 8). Este último provavelmente tem uma base erosiva, que é provavelmente responsável pela depressão necessária para acomodar o diamictito (eixo no ponto 8, Figura 8). A sucessão dessas fácies revela uma evolução de processos glaciais distintos, de varves sazonais (varvito) para suspensão - chuva de detritos (diamictito *rain-out*), talvez refletindo uma crescente proximidade das frentes de geleiras (Canuto, 1985; Weinschütz, 2001).

É notável o evento de deglaciação representativo do fim do ciclo glacial Mafra-Médio. Sua maior possança é notada no ponto 7, localizado a apenas 700m a sudoeste do ponto 6; na correlação entre os dois pontos, reconhecem-se duas sucessões granodecrescentes, onde a maior espessura no ponto 7 revela o maior espaço de acomodação disponível nesse local (originado pelo maior efeito erosivo do substrato pelas geleiras em recuo).

Tal efeito erosivo da fase de deglaciação é ainda mais dramático ao longo da ferrovia RFFSA (Figura 1), onde os varvitos expostos sob o viaduto da BR116, ponto 10, encontram-se erodidos uma centena de metros adiante, no ponto 11 da mesma ferrovia. Aqui aflora um

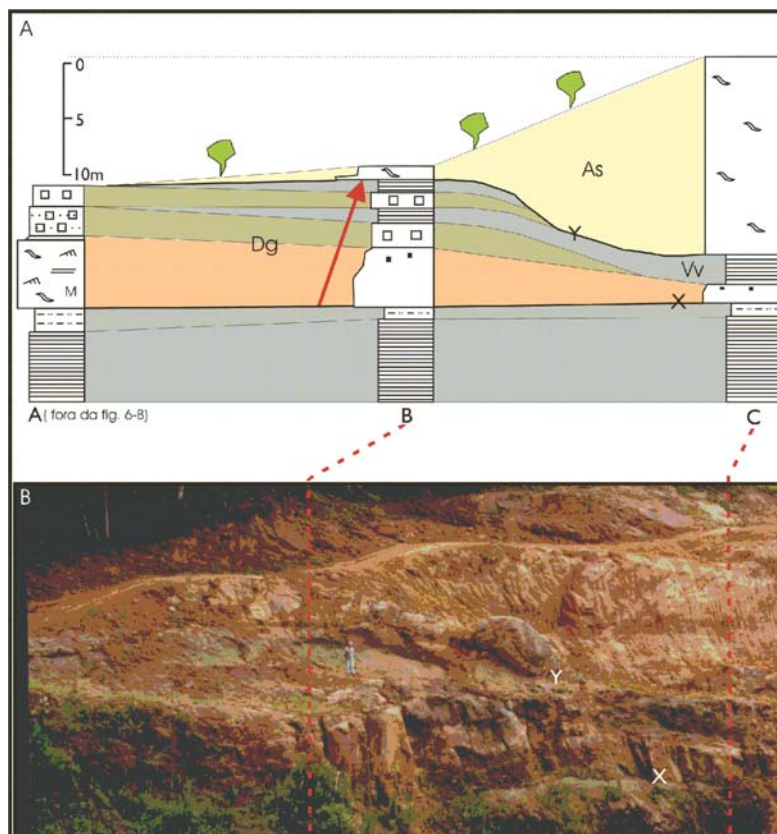


Figura 6 - A) Parte superior da pedreira Motocross, destacando as fácies de deglaciação, Dg, e arenito sigmoidal, As (quadrante superior esquerdo). **B)** Esquema da foto acima, destacando as superfícies erosivas X e Y que limitam as fácies Dg e As; ver símbolos na Figura 8.



Figura 7 - A) Vista geral da fácies Varvito, Vv, que forma a parte superior da Pedreira Motocross (figura humana como escala). Triângulos vermelhos indicam estratos com aleitamento gradacional, caracterizando eventos turbulentos em meio à sedimentação normal dos varvitos. **B)** Detalhe dos varvitos, com clastos caídos nas lâminas claras. Altura da amostra: 21 cm.

espesso intervalo de conglomerados/arenitos seixosos encimados por diamictitos, assim constituindo um eixo erosivo preferencial para a deglaciação.

Finalmente, o expressivo evento marinho de siltitoossilífero (Sf, Figura 8), portador de braquiópodes, gastrópodes, escamas de peixes e foraminíferos arenáceos, encerra o ciclo transgressivo da deglaciação, representativo da Formação Mafra - Intervalo Médio.

6. Conclusões

Seis fácies/associações faciológicas foram identificadas em sondagem (PM-6) e afloramentos da Formação Mafra - Intervalo Médio: varvito (Vv), arenito-siltito (AS), diamictito (D), siltito-folhelho (S), deglaciação (Dg) e siltitoossilífero (Sf).

As três primeiras, ou, mais comumente, as fácies (Vv) e (D), formam sucessões de granodecrescência ascendente, refletindo uma evolução de processos gravitacionais (suspensão, liquefação-slurry, e suspensão-chuva de detritos) e, provavelmente, indicando uma crescente proximidade dos gelos flutuantes (icebergs). A fácies (S), geralmente sobreposta aos varvitos, localmente lembra a fácies marinha (Sf), mas é portadora de clastos caídos como as demais.

A associação de deglaciação (Dg) é, sem dúvida, a mais complexa e constitui a parte superior da unidade estudada: é formada por um ciclo granodecrescente de arenito-diamictito-varvito, dentro de um contexto transgressivo de recuo de geleiras, que culmina com o siltitoossilífero (Sf) clássico na área. A associação (Dg) mostra uma base fortemente erosiva, propiciando a escavação de canais necessários para acomodar a respectiva sedimentação (por exemplo, nos pontos 7 e 11, este próximo ao ponto 10).

Toda a sedimentação do Mafra-Médio, dominada por varvitos e diamictitos, constitui um trato transgressivo/de nível de base alto de uma seqüência, que se completa com a seção arenosa e diamictica do Mafra-Inferior (trato de ní-

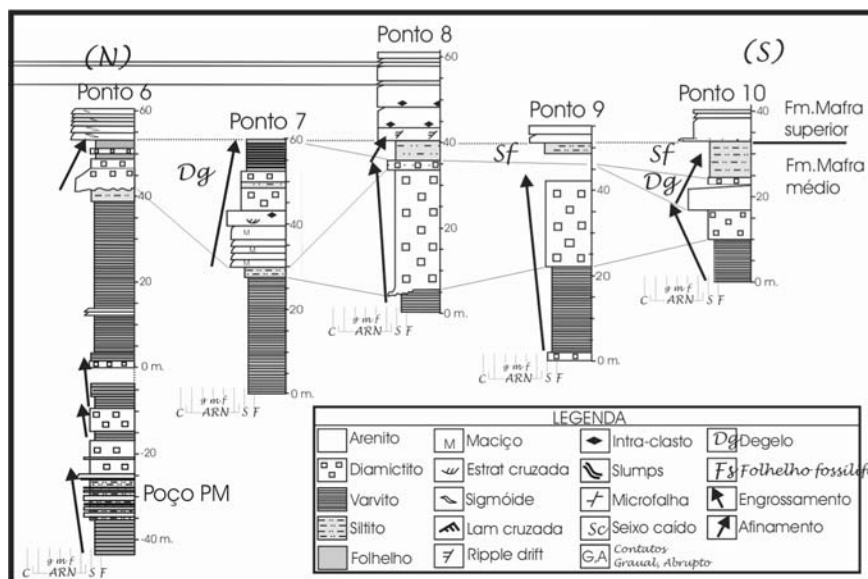


Figura 8 - Seção estratigráfica dos pontos 6 a 10, destacando a correlação dos ciclos granocrescente e granodecrescente da Mafra inferior. Notar o Datum no contato Arenito sigmoidal do Mafra Superior, com o varvito ou siltitoossilífero do Mafra Inferior. Ponto 6 composto com a sondagem PM-6.

vel de base baixo). Recobrimo erosivamente a seção anterior, ocorrem os arenitos sigmoidais (As) ou maciços/ritmicos da Formação Mafra-Superior, já caracterizando a base da terceira seqüência deposicional do Grupo Itararé na borda leste da bacia do Paraná.

7. Agradecimentos

Esse trabalho é parte da Tese de Doutorado que o primeiro autor desenvolve junto à UNESP e que está sendo financiado pelo CNPq, ao qual agradece. Especial agradecimento é devido ao Dr. Victor Dequech, e à Fundação Victor Dequech, cujas sondagens proporcionaram novos horizontes à pesquisa sobre deposição glacial e que irão enriquecer a presente tese.

8. Referências Bibliográficas

CANUTO, J.R. *Origem dos diamictitos e de rochas associadas do Sub-Grupo Itararé, no sul do Estado do Paraná e norte do Estado de Santa Catarina*. São Paulo: IG-USP, 1985. 187p. (Dissertação de Mestrado).
 CASTRO, J.C. *A evolução dos sistemas glacial, marinho e deltaico das formações Rio do*

Sul e Rio Bonito/Mb. Triunfo (Eopermiano), sudeste da Bacia do Paraná. Rio Claro: UNESP/IGCE, 1991. 146p. (Tese de Doutorado).

CASTRO, J.C. Ciclos ou seqüências no arcabouço cronoestratigráfico da sucessão Itararé (Formação Taciba)-Rio Bonito (Membro Triunfo), Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 2, 1995. Porto Alegre. *Boletim de Resumos Expandidos...* Porto Alegre: UFRGS, 1995. p. 66-70.

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 Petrobrás*. v.2, n.2/4, p. 147-191, 1988.

MACHADO, L.C. *Fácies e arcabouço estratigráfico do Grupo Itararé em Alfredo Wagner, SC: sedimentação periglacial*. Ouro Preto: UFOP, 1989. 163p. (Dissertação de Mestrado).

SCHNEIDER, R.L., MÜHLMANN, H., TOMMASI, E., MEDEIROS, R.A.A., DAEMON, R.F., NOGUEIRA, A.A. Revisão estratigráfica da bacia do Paraná. In: CONG. BRAS. GEOL., 28, 1974. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBG, 1974. v.1, p. 41-65.

WEINSCHÜTZ, L.C. *Análise estratigráfica e faciológica do Grupo Itararé na região de Mafra/SC e Rio Negro/PR, borda leste da Bacia do Paraná*. Rio Claro: UNESP/IGCE, 2001. 59p. (Tese de Mestrado).

Artigo recebido em 23/01/2004 e aprovado em 18/08/2004.