



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TIAGO ROSSONI MATTOS

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TURBIDITOS DAS BACIAS DO PARANÁ E
ITAJAÍ NA REGIÃO DE APIÚNA–DONA EMMA (SC): IMPLICAÇÕES PARA
MODELOS DE FÁCIES TURBIDÍTICAS EM DISTINTOS CONTEXTOS
TECTÔNICOS

CURITIBA
2015

TIAGO ROSSONI MATTOS

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TURBIDITOS DAS BACIAS DO PARANÁ E
ITAJAÍ NA REGIÃO DE APIÚNA–DONA EMMA (SC): IMPLICAÇÕES PARA
MODELOS DE FÁCIES TURBIDÍTICAS EM DISTINTOS CONTEXTOS
TECTÔNICOS

Trabalho de Conclusão de Curso da disciplina TCC-II (GC-132) do Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a conclusão do Curso de Graduação em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Farias Vesely
Co-orientadora: Profa. Ms. Danielle Cristine Buzatto
Schemiko Pereira

CURITIBA
2015

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à todos aqueles que contribuíram e me apoiaram de alguma forma com este trabalho e com a minha graduação.

Agradeço especialmente à minha mãe, Rosângela Rossoni Mattos, e ao meu pai, Amilton Vitória Mattos, por toda a confiança e carinho recebido nos momentos bons e também nos momentos de dificuldade.

Agradeço também à todos os professores do Departamento de Geologia que de alguma forma me ensinaram algo. Em especial os professores Dr. Fernando Farias Vesely, orientador deste trabalho, e Dr. Rodolfo José Angulo pela inspiração profissional e apoio.

Gostaria de agradecer também a Veleda Astarte de Paiva Müller pela grande ajuda durante todo o período de graduação. Agradeço aos amigos da geologia Eduardo Luiz Menozzo da Rosa e Lara de Lima Lange, pelo aprendizado proporcionado durante um ano e meio de muita convivência e trabalho. Aos colegas geólogos Fábio Berton, Matheus Henrique Eler, e à co-orientadora Profa. Ms. Danielle Cristine Buzatto Schemiko Pereira, pela grande ajuda nos trabalhos de campo.

Jamais vou esquecer do apoio e do companheirismo dos amigos Ricardo Jonathan Prado, Smailey Alexandre Behm, Felipe Bonetti, Rhenan Tezzzone Júnior, Anderson Mathias, Anderson Pieta e Mario Sérgio de Andrade durante o meu período de graduação.

Por fim, agradeço à Universidade Federal do Paraná e ao Departamento de Geologia pela qualidade do ensino recebido e pelo suporte aos seus alunos. Ao LABAP e ao CNPQ que tornaram possível a realização dos trabalhos de campo e o desenvolvimento deste trabalho.

“O ser humano é uma forma para o Universo conhecer à si mesmo”

Carl Sagan

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma análise comparativa entre turbiditos gerados em bacias sedimentares com contextos tectônicos diferentes. Os depósitos de turbiditos abordados neste trabalho pertencem a Bacia do Itajaí (antepaís periférica) e ao Grupo Itararé, da Bacia do Paraná (intracratônica). Através de uma análise de fácies detalhada, a partir do levantamento de dois perfis estratigráficos na escala 1:100 e 1:50, ambos os depósitos tiveram sua gênese associada ao modelo de canyon submarino. Os dados obtidos mostram muitas semelhanças entre os dois depósitos sendo que a única diferença encontrada que pode ser associada ao contexto tectônico diz respeito a espessura das sucessões, que é mais espessa na Bacia do Itajaí e pode ser relacionada à taxas mais elevadas de subsidência nas bacias de antepaís. Por outro lado, a determinação do modelo de canyon submarino para os turbiditos do Grupo Itararé, demonstra uma configuração de talude-planície bacinal para a Bacia do Paraná durante a deposição da unidade de turbiditos. Estudos futuros, buscando este mesmo objetivo devem se concentrar num reconhecimento mais regional das unidades estudadas e seus limites do que o realizado aqui, buscando assim uma análise mais profunda sobre o contexto deposicional em relação às unidades adjacentes.

Palavras-chave: Turbidito, Bacia do Paraná, Bacia do Itajaí, contexto tectônico, fácies turbidíticas, associação de fácies.

ABSTRACT

This paper presents a comparative analysis of turbidites generated in sedimentary basins with different tectonic settings. The turbidite deposits discussed in this work belong to the Itajaí Basin (peripheral-foreland) and Itararé Group of the Paraná Basin (intracratonic). Through a detailed facies analysis from two stratigraphic profiles in 1:100 and 1:50 scale, both deposits had their genesis associated with the submarine canyon model. The data show many similarities between the two deposits and the only difference that can be associated with the tectonic context concerns the thickness of succession. The Itajaí Basin succession is thicker and it can be related to the higher rates of subsidence in the foreland basins. On the other hand, the determination of the submarine canyon model for turbidites of the Itararé Group, show a slope – basin plain setting for the Paraná Basin during the deposition of the turbidite unit. Future studies, seeking the same objective, must focus on a more regional recognition of the studied units and its limits than held here, seeking for a deeper analysis of the depositional environment in relation to the adjacent units.

Key-words: Turbidite, Itajaí Basin, Paraná Basin, tectonic context, turbidity facies, facies association

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	10
1.2 LOCALIZAÇÃO	10
2 OBJETIVO	12
3 MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO	12
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
4.1 TURBIDITOS	13
4.2 AMBIENTE MARINHO PROFUNDO E SISTEMAS TURBIDÍDICOS	18
5 CONTEXTO GEOLÓGICO	20
5.1 TURBIDITOS DA BACIA DO PARANÁ (GRUPO ITARARÉ).....	20
5.2 TURBIDITOS DA BACIA DO ITAJAÍ.....	24
6 RESULTADOS	26
6.1 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE FÁCIES.....	27
6.1.1 Arenitos maciços (Sm e Sm-i).....	28
6.1.2 Arenitos com gradação normal (Sg)	30
6.1.3 Arenitos com laminação cruzada cavalgante (Sr).....	31
6.1.4 Arenitos com laminação plano-paralela (Sh)	33
6.1.5 Lamitos maciços (Fm).....	34
6.1.6 Lamitos e arenitos caóticos (Fc)	35
6.1.7 Conglomerados maciços (Gm e Gm-i).....	37
6.1.8 Conglomerados com gradação normal (Gg)	38
6.1.8 Ritmito com gradação normal (Rg)	38
6.2 ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS	39
6.2.1 Associação de Fácies A.....	40
6.2.2 Associação de fácies B.....	41

6.2.3 Associação de Fácies C.....	43
6.2.4 Associação de fácies D.....	44
7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	45
8 CONCLUSÕES.....	47
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXO I - Perfis estratigráficos dos depósitos de turbiditos da Bacia do Itajaí	
ANEXO II - Perfil estratigráfico dp depósito de turbiditos da Bacia do Paraná	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da área de estudo e localização dos afloramentos onde foram elaborados os perfis estratigráficos.....	11
Figura 2 – Modelo de turbiditos clássicos, mostrando a sucessão de fácies características geradas por correntes turbidíticas de baixa densidade..	14
Figura 3 – Perfil longitudinal de uma corrente de turbidez mostrando seu caráter bipartido e suas partes principais.....	15
Figura 4 – Sucessão de fácies sedimentares geradas por correntes de turbidez de alta densidade.....	16
Figura 5 – Tipos de fácies e espessuras esperadas na evolução de uma corrente de turbidez em relação à distância da área fonte.....	17
Figura 6 –Modelo de sistema turbidítico de canyon submarino e modelo de rampa submarina alimentada por deltas	19
Figura 7 – Proposta de divisão estratigráfica para o Grupo Itararé	22
Figura 8 –Cinco sequências descritas para o Grupo Itararé	23
Figura 9 – Bloco esquemático do contexto tectônico da Bacia do Itajaí.....	25
Figura 10 – Divisão estratigráfica da Bacia do Itajaí	26
Figura 11 – Fácies Sm e Sm-i encontradas na Bacia do Itajaí.....	29
Figura 12 - Fácies Sg em camada de turbiditos da Bacia do Itajaí.	31
Figura 13 – Laminações cruzadas cavalgantes (fácies Sr) da Bacia do Itajaí e da Bacia do Paraná.....	32
Figura 14 – Arenito com laminação plano-paralela da Bacia do Itajaí.....	33
Figura 15 –Feição de sobrecarga na fácies Fm da Bacia do Itajaí e Icnofósseis <i>nerites</i> na fácies Fm do Grupo Itararé.....	34
Figura 16 –Estruturas de <i>slump</i> que caracterizam a fácies Fc.....	36
Figura 17 – Aspecto característico da fácies Sm em afloramento de turbiditos da Bacia do Itajaí.	37
Figura 18 – Aspecto geral da fácies ritmito (Rg) em afloramento da Bacia do Paraná.....	39
Figura 19 – Aspecto geral da associação de fácies A e geometria lenticular presente em algumas porções desta mesma associação.....	40

Figura 20 – Aspecto geral associação de fácies B e alternância de camadas arenosas amalgamadas e camadas com melhor desenvolvimento da corrente de turbidez (Bacia do Itajaí).	42
Figura 21 – Aspecto geral da associação de fácies C e foto desta associação na Bacia do Itajaí	44
Figura 22 – Aspecto geral da associação de fácies D.....	45

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Depósitos turbidíticos foram o objeto de muitos estudos e de grande debate na estratigrafia desde o desenvolvimento do conceito de turbidito na década de 50. Grande parte dos estudos realizados deve-se a sua importância econômica, pois constituem reservatórios de hidrocarbonetos em várias bacias sedimentares, com diferentes contextos tectônicos, ao redor do planeta. A tectônica é um dos principais fatores controladores da sedimentação em uma bacia sedimentar, principalmente numa bacia de antepaís (*foreland*), como é o caso da Bacia do Itajaí (ROSTIROLLA et al., 1992; GRESSE et al., 1996), desenvolvida adjacientemente à uma região de convergência de placas e com subsidências e soerguimentos muito influenciados pelo tectonismo. Apesar do caráter intracratônico a Bacia do Paraná também apresenta influência de ciclos tectônicos, desenvolvidos nas margens do cráton, no seu registro estratigráfico (MILANI & RAMOS, 1998).

Turbiditos de bacias de antepaís, tais como a Bacia do Itajaí, são comumente utilizados como análogos aflorantes de reservatórios presentes nas bacias da margem continental, embora o contexto tectônico seja distinto. Mutti (2009), em trabalho de síntese sobre a evolução do conceito de turbiditos, questiona a utilização de afloramentos de turbiditos formados em contextos tectônicos distintos como análogos, principalmente na comparação entre turbiditos de bacias de antepaís, onde o principal controle para os ciclos de variação do nível relativo do mar é tectônico, e bacias de margem continental, onde a eustasia é o principal controlador das variações no nível do mar.

Portanto, uma análise de fácies detalhada foi realizada a fim de se determinar diferenças e semelhanças entre os depósitos turbidíticos formados na Bacia do Itajaí e na Bacia do Paraná e relacioná-las aos seus contextos tectônicos distintos.

1.2 LOCALIZAÇÃO

A área de estudos (Figura 1) localiza-se na região do vale do rio Itajaí no estado de Santa Catarina, entre as cidades de Apiúna e Dona Emma, abrangendo também os municípios de Ibirama, Presidente Getúlio e José Boiteux. Cruzam a área

a rodovia estadual SC-340, e a rodovia federal BR-470, as quais expõem afloramentos de turbiditos com boa continuidade, tanto da Bacia do Paraná (SC-340) quanto da Bacia do Itajaí (BR-470). Para chegar na área de estudos, partindo de Curitiba, é possível seguir pela BR-376 até a divisa com o estado de Santa Catarina, onde a rodovia passa a se chamar BR-101, continuando em direção ao sul até a junção com a BR-470 na altura do município de Itajaí. O outro caminho é feito tomando a BR-116 até a entrada da do município de Itaiópolis, entre os municípios de Mafra e Papanduva, ali é necessário seguir pela avenida Alexandre Ricardo Worel, rumo a saída da cidade, até a BR-477, está rodovia termina ao encontrar a BR-470 na cidade de Indaial.

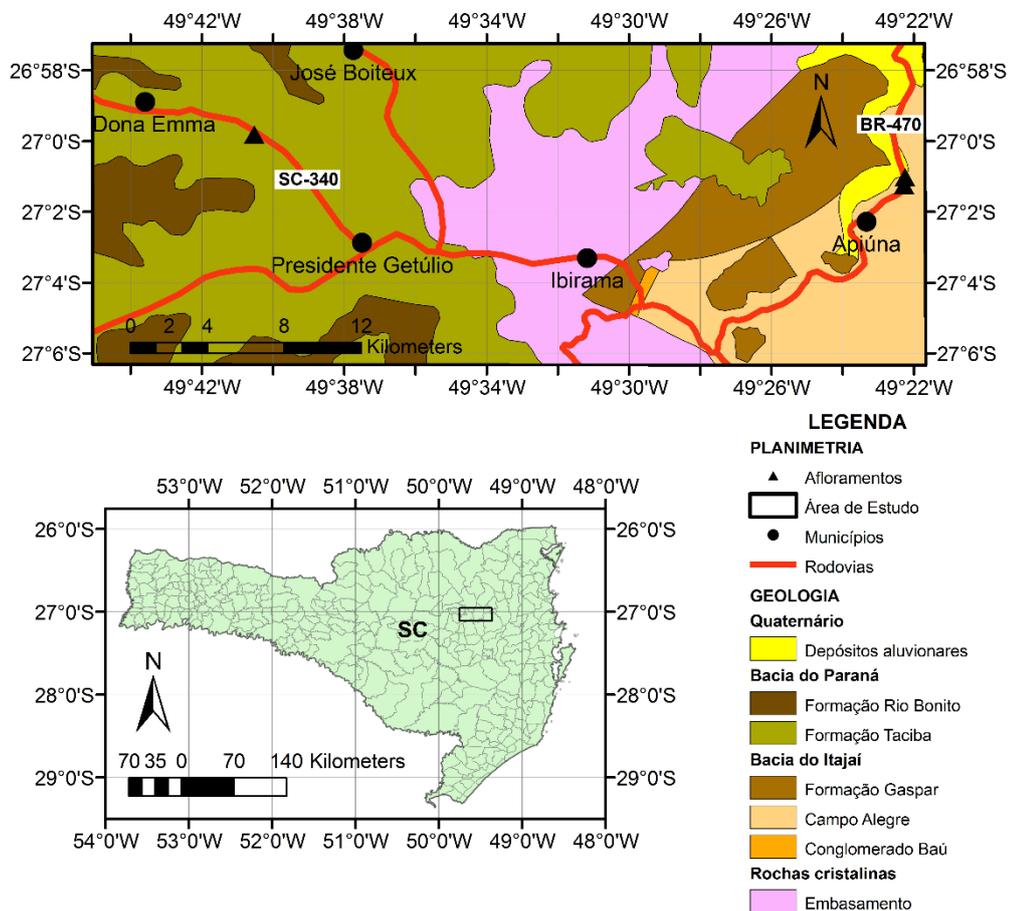


Figura 1: Mapa da área de estudo e localização dos afloramentos onde foram elaborados os perfis estratigráficos (acima) e a localização no estado de Santa Catarina (abaixo).

A área delimitada foi escolhida pela qualidade dos afloramentos reconhecida na literatura, e também pela proximidade entre a Bacia do Itajaí e a Bacia do Paraná, permitindo que em uma mesma viagem se pudesse estudar afloramentos de ambas as bacias.

2 OBJETIVO

Comparar turbiditos presentes na Bacia do Paraná (intracratônica) e na Bacia do Itajaí (antepaís) a fim de determinar quais as diferenças e semelhanças faciológicas entre ambos que podem ser resultado dos seus contextos tectônicos distintos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO

A pesquisa bibliográfica estendeu-se por toda a duração deste trabalho, desde a preparação para os levantamentos de campo até as discussões finais, buscando informações sobre o estado atual do conhecimento acerca dos turbiditos e os processos associados à sua formação, a influência do contexto tectônico na formação dos sistemas turbidíticos, a caracterização dos turbiditos e do contexto tectônico da Bacia do Paraná e da Bacia do Itajaí, e sobre os trabalhos anteriores realizados na área de estudo. A aquisição e consulta das fontes foi realizada no acervo da biblioteca da Universidade Federal do Paraná e através da *internet* em *sites* como *ScienceDirect*, *Researchgate*, portal de periódicos da CAPES, e do Boletim de Geociências da Petrobras.

Foram realizadas duas etapas de campo visando a coleta de dados. A primeira ocorreu entre os dias vinte e nove de junho e sete de julho, dos quais três dias foram utilizados para levantamento dos perfis estratigráficos e o restante para reconhecimento da geologia da área e descrição de afloramentos relacionados aos turbiditos. A segunda etapa ocorreu entre os dias vinte e quatro e vinte e oito de agosto, onde foram revisitados os afloramentos da primeira etapa para refinamento das descrições dos perfis.

Na primeira etapa foram construídos três perfis estratigráficos, dois perfis de turbiditos da Bacia do Itajaí e outro de turbiditos da Bacia do Paraná. Para a construção das seções utilizou-se régua métrica de madeira, trena e o método de visadas. Optou-se pela utilização da régua de madeira e da trena devido a facilidade em se corrigir o mergulho das camadas dos turbiditos da Bacia do Itajaí, posicionando-as de maneira perpendicular ao mergulho. No campo os perfis foram desenhados em

papel milimetrado, posteriormente foram redesenhados utilizando-se de uma mesa de luz, digitalizados com *scanner* e preparados para a versão final com o *software Adobe Illustrator*.

Após a coleta de dados e construção dos perfis estratigráficos as fácies sedimentares foram definidas e analisadas segundo seus processos formadores e, posteriormente, organizadas em uma tabela. Na sequência, foram realizadas a análise de sucessões e associações de fácies para a caracterização dos depósitos. Para a classificação das fácies foi utilizada como base a nomenclatura de Miall (1978; 1992), de ampla aceitação dentro da comunidade geológica, com pequenas variações necessárias para uma boa classificação das fácies descritas.

O método para comparação foi balizado por uma tabela com características pertinentes aos depósitos de turbiditos e a presença ou ausência dessas nos turbiditos da Bacia do Itajaí e da Bacia do Paraná. Dessa forma, as diferenças e semelhanças puderam ser ressaltadas e analisadas segundo o contexto deposicional de cada um.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 TURBIDITOS

Os turbiditos são caracterizados por camadas com gradação normal, que apresentam uma transição gradual no tamanho dos clastos, de mais grossos na base a mais finos no topo, além de um número restrito de estruturas características a quase todas as camadas (Figura 2).

Em trabalho publicado por Kuenen & Migliorini (1950), o primeiro estudando no laboratório com correntes turbidíticas de alta densidade artificiais, e o segundo investigando camadas gradadas nos Apeninos, os autores interpretaram as camadas gradadas como resultado da ação de correntes de turbidez de alta densidade no assoalho marinho.

Bouma (1962), buscando confirmar e ampliar a hipótese de Keunen & Migliorini (1950) coleta mais detalhes sobre os turbiditos em depósitos de “flysch” (termo descritivo utilizado para a intercalação de camadas de arenito e folhelho) dos

Alpes Maritimes na França. Nestes depósitos as camadas arenosas eram anteriormente consideradas como sendo depositadas em águas rasas enquanto as camadas de folhelho seriam depositadas em águas profundas, o resultado era uma hipótese de difícil aceitação onde uma bacia teria repetidas e sucessivas variações na profundidade. Bouma (1962) descreve o que seria a sequência completa de fácies numa camada de turbidito e divide esta sequência em cinco intervalos caracterizados pela predominância de uma estrutura sedimentar em cada um (Figura 2), da base para o topo: Ta, Tb, Tc, Td e Te.

Segundo Bouma (1962) o intervalo Ta consiste de arenitos com gradação normal, por vezes contendo grânulos e seixos. No intervalo Tb predomina uma laminação plano-paralela com a alternância de níveis arenosos mais e menos argilosos e o contato com o intervalo Ta é geralmente gradual. O intervalo Tc é caracterizado por arenitos médios a finos com ondulações de corrente e, por vezes, pode apresentar laminações convolutas. O contato entre os intervalos Tc e Tb é geralmente gradacional. Após o intervalo Tc ocorre outro intervalo com laminação plano-paralela (Td), porém o material deste intervalo é mais fino que do intervalo Tb, consistindo de areia muito fina à silte. O contato entre o intervalo Td e o intervalo com ondulações (Tc) é geralmente bem marcado. O intervalo superior (Te) é um intervalo pelítico sem estruturas sedimentares visíveis.

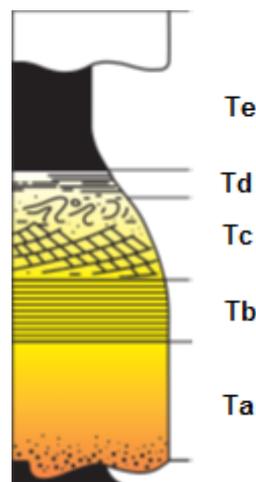


Figura 2 – Modelo de turbiditos idealizado por Bouma (1962), mostrando a sucessão de fácies características geradas por correntes turbidíticas de baixa densidade. Modificado de D'ÁVILA et al. (2008).

A sequência clássica de Bouma (1962) representa um depósito ideal de corrente de turbidez de baixa densidade e foi muito útil na descrição de turbiditos, mas foi substituída por modelos que incorporam a complexidade dos processos que governam as sequências sedimentares produzidas por correntes de turbidez, inclusive as correntes de turbidez de alta densidade (FRITZ & MOORE, 1988).

O conceito atualmente mais aceito define a corrente de turbidez como um tipo de fluxo gravitacional bipartido (Figura 3), com uma camada basal granular, que flui devido a sobrepressão de poros e a condições inerciais, e uma camada superior mais diluída e turbulenta, que eventualmente retrabalha e ultrapassa o depósito final da camada basal (D'ÁVILA et al., 2008). Estes fluxos podem ser classificados em correntes de turbidez de alta densidade e de baixa densidade a depender da presença e proporção de diferentes classes granulométricas.

Uma corrente de turbidez pode ser subdividida em três partes (Figura 3): a cabeça, porção frontal onde são transportados os grãos maiores e onde ocorre intensa turbulência e erosão do substrato; o corpo, a região central da corrente onde o fluxo é aproximadamente uniforme; e a cauda da corrente, uma região de rápido adelgaçamento do fluxo, onde dominam os tamanhos de grão menores (D'ÁVILA et al., 2008).

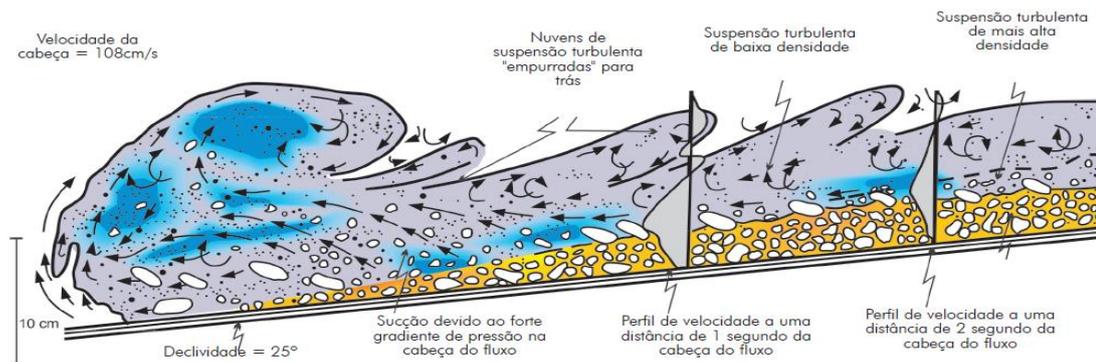


Figura 3 – Perfil longitudinal de uma corrente de turbidez mostrando seu caráter bipartido e suas partes principais: cabeça, corpo e cauda (POSTMA et al., 1988 apud D'ÁVILA et al., 2008).

Os sedimentos finos são importantes pois dão densidade ao fluxo, aumentando sua capacidade de transporte. Somente as correntes de turbidez de alta densidade (Figura 4) possuem energia suficiente para transportar sedimentos maiores que areia, como grânulos e seixos. Quando se inicia uma corrente de turbidez de alta densidade as partículas são suportadas pela turbulência e os sedimentos não se

depositam devido à alta concentração de finos, conforme o fluxo se desacelera são geradas estratificações plano-paralelas e cruzadas acanaladas devido à alta velocidade do fluxo (FRITZ & MOORE, 1988). Com a contínua desaceleração da corrente de turbidez os sedimentos vão se acumulando na base formando um carpete de tração. Quando este nível se torna muito denso ocorre o congelamento friccional das partículas e a formação de uma camada ou lâmina que pode apresentar gradação inversa, se a deposição do carpete de tração for muito rápida podem formar-se intervalos maciços ou com estruturas de escape de fluido sobre a porção com gradação inversa (FRITZ & MOORE, 1988). Com a deposição dos sedimentos mais grossos da corrente de turbidez de alta densidade, as partículas mais finas em suspensão fluem numa corrente de turbidez de baixa densidade (D'ÁVILA et al., 2008).

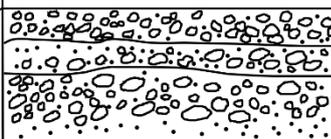
		GRANULAÇÃO	ESTRUTURA	PROCESSO
2 ¹ / ₂ m		Grânulos e Areia	Gradação inversa ou maciça	Carpete de tração
S3				
---		Areia	Maciça e estruturas de escape de água	Suspensão Liquidização
S2				
---		Grânulos e Areia	Gradação inversa	Carpete de tração
S3				
-1 m		Areia	Maciça e estruturas de escape de água	Suspensão Liquidização
S2				
---		Grânulos e Areia	Gradação inversa	Carpete de tração
S1				
		Seixos e Areia muito grossa	Maciça, laminação cruzada	Deposição por tração

Figura 4 – Sucessão de fácies geradas por correntes de turbidez de alta densidade proposta por Lowe (1982). Modificado de Fritz & Moore (1988).

As correntes de turbidez de baixa densidade são constituídas predominantemente por grãos do tamanho argila até areia média, que são suspensos como grãos individuais pela turbulência do fluxo (D'ÁVILA et al., 2008). Estas correntes transportam sedimentos em suspensão e como carga de fundo. Ao se desacelerarem, primeiro formam estratificações plano-paralelas, em regime de fluxo superior, e depois laminações cruzadas e *climbing ripples*, em regime de fluxo inferior (FRITZ & MOORE, 1988). Quando o fluxo desacelera ainda mais, ocorre a deposição do silte com feições de tração e suspensão (D'ÁVILA et al., 2008). Por fim, ao cessar a corrente de turbidez, ocorre a deposição de sedimentos hemipelágicos, compostos por uma mistura de argila e sedimentos pelágicos orgânicos, por suspensão (FRITZ & MOORE, 1988). O resultado é uma sequência gradada como a descrita por Bouma (1962).

O conceito de regime de fluxo é muito importante para compreender o espectro de estruturas formadas por correntes de turbidez, pois é comum que estes fluxos evoluam desde uma corrente de turbidez de alta densidade cascalhosa até uma corrente de turbidez de baixa densidade que, quando cessada, culmina com uma sedimentação hemipelágica (FRITZ & MOORE, 1988). Como os sedimentos mais grossos são os primeiros a serem depositados, é possível prever a predominância de processos e fácies associadas em função da distância do ponto de início da corrente de turbidez (Figura 5). Nas porções mais proximais predominam as fácies mais grossas, formadas por correntes de turbidez de alta densidade, enquanto que nas porções mais distais predominam as fácies geradas por correntes de turbidez de baixa densidade

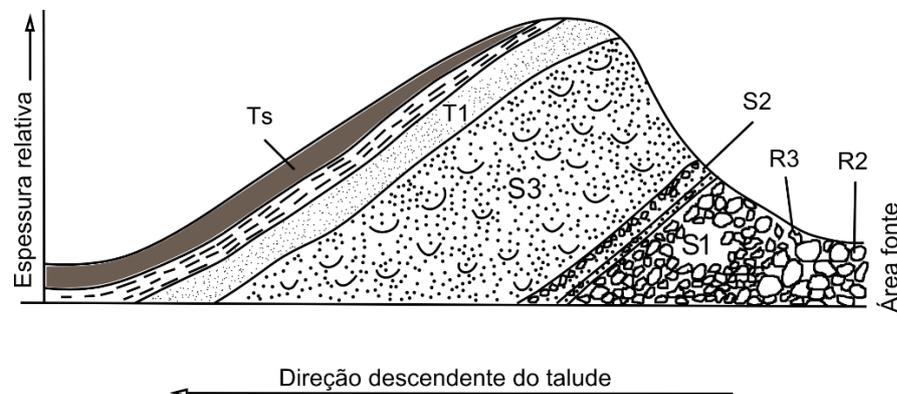


Figura 5 – Tipos de fácies e espessuras esperadas na evolução de uma corrente de turbidez em relação à distância da área fonte (modificado de Fritz & Moore, 1988).

4.2 AMBIENTE MARINHO PROFUNDO E SISTEMAS TURBIDÍDICOS

Sistemas deposicionais correspondem ao produto sedimentar dos ambientes deposicionais associados e seus processos característicos (Catuneanu, 2006). Os sistemas turbidíticos são típicos de ambientes marinhos profundos, que em sedimentologia são entendidos como aqueles situados abaixo do nível de base das ondas de tempestade (D'ÁVILA et al., 2008).

Nestes ambientes os principais tipos de sedimentos presentes são os bioquímicos (autóctones) e terrígenos (alóctones). Os sedimentos terrígenos são transportados até o ambiente marinho pela ação do vento, dos rios, ou do gelo e os sedimentos mais grossos são os primeiros a serem depositados, ficando retidos nas regiões costeiras. Posteriormente, estes sedimentos podem ser transportados até o ambiente marinho profundo por fluxos gravitacionais como as correntes de turbidez, cujos fluxos podem percorrer dezenas ou até centenas de quilômetros (D'ÁVILA et al., 2008).

Dois modelos de sistemas turbidíticos são encontrados na literatura (Figura 6), o modelo clássico de leques submarinos alimentados por canyons de Mutti & Ricci Lucchi (1972) e o modelo de rampa submarina alimentada por delta de Heller & Dickinson (1985). No primeiro modelo, os autores reconhecem cinco fácies turbidíticas (A-E) mais duas fácies associadas (F e G) e arranjam estas fácies em três associações: talude; leques submarinos, subdividida em leque interno, intermediário e externo; e planície bacinal. No segundo, as fácies são organizadas em associações de fácies de delta/plataforma, talude, rampa proximal, rampa distal, e franjas de rampa (*ramp fringes*).

A principal diferença entre estes dois modelos em termos de fácies e associação de fácies, é a ausência de ambientes de leque interno e leque intermediário no modelo de rampa submarina (Figura 6). No modelo de *canyon* os turbiditos são formados pela ressedimentação canalizada, em um grande e único canal (*canyon*) que corta o talude e liga a plataforma continental a planície bacinal, de depósitos presentes nas bordas da plataforma continental, e da sedimentação, também canalizada, de correntes hiperpicnais geradas por descargas fluviais. Ao alcançar a planície bacinal o fluxo é desconfinado e se deposita em leques (D'ÁVILA et al., 2008). O modelo de rampa ocorre em situações nas quais o delta prograda até

o talude, e os turbiditos são gerados diretamente pela descarga do delta através de múltiplos pontos ao longo da frente deltaica (HELLER & DICKINSON, 1985), não havendo, portanto, no modelo de rampa submarina uma diferenciação pronunciada entre áreas de canal, intercanal, e de inundação da margem (*overbank*).

Reconhecer estes dois diferentes tipos de sistemas turbidíticos nem sempre é fácil e requer um bom entendimento do contexto tectônico da bacia e do papel de sistemas deltaicos marginais dos quais os turbiditos podem ter sido gerados (MUTTI, 2009).

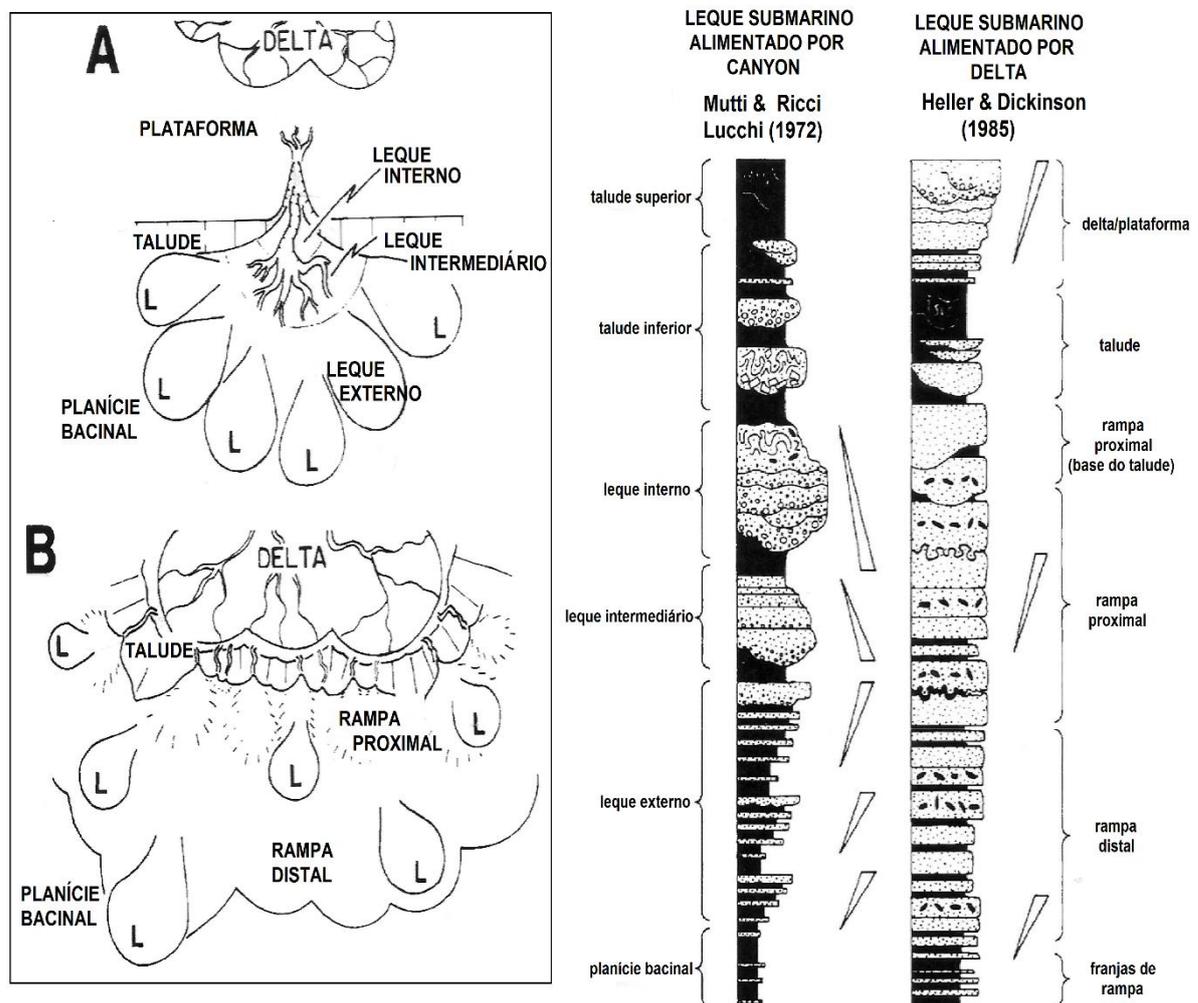


Figura 6 – Dois modelos de sistemas turbidíticos em planta e em perfil, (A) o modelo de canyon submarino de Mutti & Ricci Lucchi (1972) e (B) o modelo de rampa submarina alimentada por deltas (Modificado de Heller & Dickinson, 1985).

5 CONTEXTO GEOLÓGICO

5.1 TURBIDITOS DA BACIA DO PARANÁ (GRUPO ITARARÉ)

A Bacia do Paraná é uma vasta bacia intracratônica sul-americana, desenvolvida completamente sobre crosta continental (ZALÁN et al., 1990) do Ordoviciano até o Cretáceo Inferior. Com quase 1.500.000 km² de área (MILANI et al., 2007), a bacia possui formato alongado na direção NNE/SSW, com 1.750 km de comprimento e 900 km de largura média, e abrange porções do norte do Uruguai, nordeste da Argentina, leste do Paraguai e uma ampla porção do Brasil meridional, onde totaliza 1.100.000 km² (ZALÁN et al., 1990) distribuídos nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

As rochas da Bacia do Paraná foram depositadas sobre núcleos cratônicos e faixas móveis do, na época, recém formado Supercontinente Gondwana. Para Zalán et al. (1990), a origem da Bacia do Paraná está relacionada ao fim dos eventos tectono-magmáticos do Ciclo Brasileiro (Proterozóico Superior à Ordoviciano) que levaram a formação deste Supercontinente, quando a diminuição dos esforços e o consequente resfriamento da crosta, ocorrido no período de 500-450 Ma, teriam causado a subsidência térmica da região.

Milani (1997) reconhece importante relação entre episódios orogênicos ocorridos durante todo o Fanerozóico, na Faixa Móvel Gondwanides, na margem sudoeste do Gondwana, e a criação de espaço para sedimentação na Bacia do Paraná. Para o autor, a deposição da primeira sequência da Bacia do Paraná está relacionada a resposta transtensiva em zonas de fraqueza do interior cratônico reativadas na Orogenia Oclógica. Além disso, o principal mecanismo de criação de espaço para a sedimentação durante a evolução da bacia foi a flexura litosférica por sobrecarga tectônica, propagada continente adentro a partir da calha de antepaís.

A Bacia do Paraná compreende um registro sedimentar e magmático com espessura máxima próxima dos 7 mil metros no depocentro estrutural da sinéclise (MILANI et al., 2007). Milani (1997) reconheceu na Bacia do Paraná seis unidades de ampla escala ou Supersequências (VAIL et al. 1977), na forma de depósitos com algumas dezenas de milhões de anos separadas por superfícies de discordância de caráter interregional: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana

I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo) (Milani et al., 2007). Segundo Fernandes (1998) a Supersequência Bauru insere-se em outra bacia sedimentar, a Bacia Bauru, que foi formada no Cretáceo Superior por subsidência termomecânica após os eventos magmáticos que marcaram a fragmentação do Supercontinente Gondwana.

O Grupo Itararé, ao qual pertencem os turbiditos estudados neste trabalho, está na base da Supersequência Gondwana I. Esta supersequência foi depositada após um hiato de aproximadamente 70 Ma no registro estratigráfico da bacia. A causa deste hiato está relacionada a fatores tectônicos, ao desenvolvimento intermitente de calotas de gelo em áreas próximas e também sobre parte da Bacia do Paraná, devido a posição em altas latitudes da placa gondwânica durante o período, e do grande rebaixamento do nível do mar que deve ter acompanhado o ápice dessas glaciações (MILANI et al., 2007). No Westfaliano, após um período de alterações tectônicas e climáticas, como a migração do Gondwana para o norte, a sedimentação é retomada resultando em depósitos formados por fluxos de massa e processos de ressedimentação relacionados diretamente ao degelo (MILANI et al., 2007). Neste contexto, o Grupo Itararé, depositado entre o Neocarbonífero e o Eopermiano, apresenta um arcabouço complexo, resultado do controle glacial na sedimentação, da tectônica sinsedimentar e das oscilações no nível de base (VESELY, 2006).

A organização estratigráfica do intervalo permocarbonífero da Bacia do Paraná teve grande contribuição com o trabalho de Schneider et al. (1974), que reuniu dados de mapeamentos e de subsuperfície obtidos pela Petrobras e propôs a subdivisão do Grupo Itararé, nos estados do Paraná e Santa Catarina, em formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul (Figura7). A Formação Campo do Tenente corresponde a base do Grupo Itararé e compreende, primariamente, depósitos lamíticos e secundariamente diamictitos de matriz arenosa e ritmitos. A porção intermediária corresponde a Formação Mafra que engloba depósitos essencialmente arenosos, desde arenitos finos até médios e grossos com estruturas de tração, e secundariamente diamictitos, conglomerados, ritmitos e argilitos. Os depósitos essencialmente argilosos que ocorrem no topo do Grupo Itararé incluindo o folhelho Lontras foram denominados de Formação Rio do Sul. Segundo Schneider et al. (1974), as formações Mafra e Campo do Tentente não ocorrem na porção sul-sudeste

do estado de Santa Catarina, onde a Formação Rio do Sul se assenta diretamente sobre o embasamento.

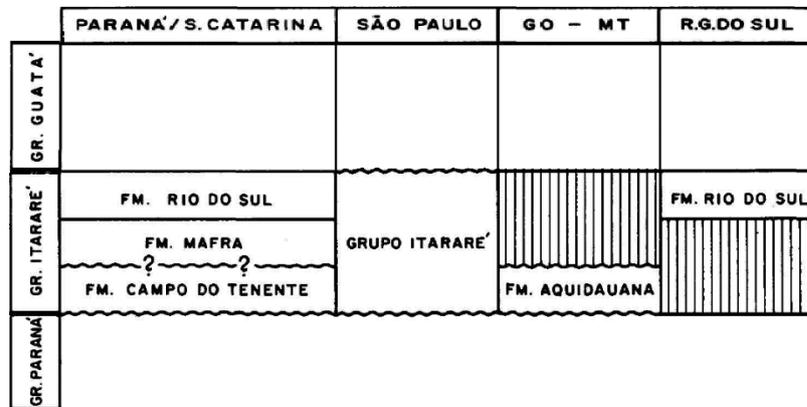


Figura 7 – Proposta de divisão estratigráfica para o Grupo Itararé de Schneider et al. (1974). Modificado de Schneider et al. (1974).

Devido a boa continuidade da sedimentação na parte central da bacia, França & Potter (1988) reconhecem três ciclos deposicionais, associados a mudanças climáticas e variações no nível do mar, e propõem uma nova subdivisão, em subsuperfície, para o Grupo Itararé (Figura 8). Foram propostas três formações, que correspondem aos ciclos deposicionais identificados pelos autores, da base para o topo, Formação Lagoa Azul (ciclo inferior), Formação Campo Mourão (ciclo intermediário) e Formação Taciba (ciclo superior). A Formação Lagoa Azul ocorre principalmente nos estados do Paraná e São Paulo, sendo subdividida em Membro Cuiabá Paulista e Membro Tarabaí, que contém a camada de folhelho anormalmente radioativo conhecido como Folhelho Roncador. A Formação Campo Mourão ocorre em praticamente toda a bacia, com exceção de algumas porções do Rio Grande do Sul e é subdividida no Membro Lontras, que ocorre no sudeste de Santa Catarina. A Formação Taciba só não ocorre no escudo rio-grandense, e é subdividida, da base para o topo, em Membro Rio Segredo, formado em ambiente marinho profundo e portador de depósitos turbidíticos, Membro Chapéu do Sol e Membro Rio do Sul, também interpretado como tendo sido depositado em ambiente profundo. Posteriormente, o Membro Rio Segredo foi deslocado para a Formação Campo Mourão por Milani et al. (1994)

A Formação Rio do Sul de Schneider et al. (1974) corresponde ao Membro Rio do Sul de França & Potter (1988), enquanto as formações Mafra e Campo do

Tenente são correlacionadas à Formação Campo Mourão devido as mudanças repentinas de fácies características do ciclo intermediário (FRANÇA & POTTER, 1988; MILANI et al., 1994; VESELY & ASSINE, 2004).

Vesely (2001) apresenta um perfil composto para o Grupo Itararé baseado em dados de superfície na faixa aflorante do grupo no norte do Paraná e relaciona com os dados de poços utilizados por França & Potter (1988). O autor reconhece 5 seqüências deposicionais de 3ª ordem (VAIL et al., 1977) com padrão geral de granodecrescência ascendente, com fácies areno-conglomeráticas transicionando para fácies lamítico-arenosas, limitadas por superfícies erosivas que são sucedidas pela entrada de clásticos grossos no sítio deposicional como tilitos subglaciais, conglomerados e/ou arenitos conglomeráticos (VESELY & ASSINE, 2004). Na comparação com os dados de subsuperfície, as cinco seqüências se mostraram rastreáveis no interior da bacia (Figura 8), apresentando o padrão de argilidade crescente para o topo e limitadas por mudanças abruptas nas curvas dos perfis de raio-gama (VESELY & ASSINE, 2004). As cinco seqüências representam fácies glacio-marinhas depositadas durante ciclos de avanço e recuo de geleiras sendo que os turbiditos ocorrem relacionados ao trato de deglaciação, quando a subida glacio-eustática e depressão glacio-isostática causada pelo recuo das margens das geleiras aumenta o nível relativo do mar e promove o recobrimento de leques de *outwash* por turbiditos e lamitos distais (VESELY & ASSINE, 2004).

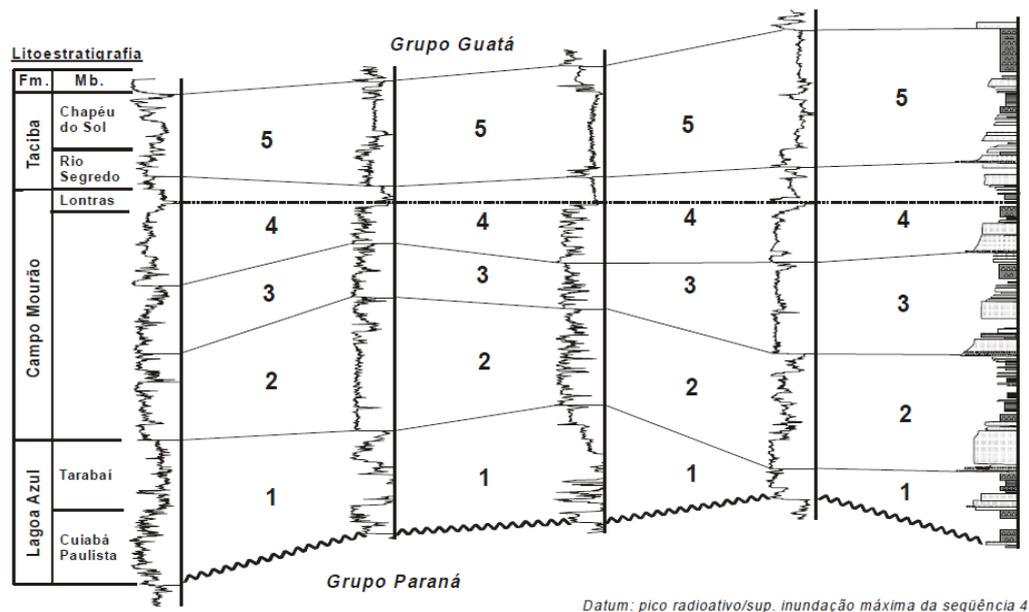


Figura 8 – As cinco seqüências descritas por Vesely (2006), a direita, e sua relação com a divisão estratigráfica do Grupo Itararé proposta por França & Potter (1988), a esquerda.

5.2 TURBIDITOS DA BACIA DO ITAJAÍ

A Bacia do Itajaí localiza-se na porção centro-leste do estado de Santa Catarina, abrange uma área de aproximadamente 1.800 km². Os sedimentos da bacia foram depositados durante o Ciclo Brasileiro (580±40 Ma) e a sua evolução geológica está diretamente relacionada ao orógeno Dom Feliciano (BASEI, 1985).

Situada entre o Cráton Luís Alves e o Cinturão Dom Feliciano, a Bacia do Itajaí faz contato normal (sedimentos depositados diretamente sobre o embasamento) e tectônico (por falhas) com o Complexo Granulítico Santa Catarina (BASEI, 1985), a norte, e contato tectônico (Falha do Perimbó) com as rochas do Grupo Brusque, a sul (ROSTIROLLA et al., 1992; BASEI et al., 2011).

O contexto tectônico da Bacia do Itajaí já foi muito discutido sendo os modelos de antepaís periférica de Rostirolla et al. (1992) e de antepaís retroarco de Gresse et al. (1996), os mais adequados à Bacia do Itajaí (ROSTIROLLA et al., 1999). Estes modelos diferem principalmente pelo sentido da subducção, Gresse et al. (1996) consideram que a subducção teria ocorrido para NW e SW, segundo direções obtidas nos Cinturões Damara e Gariep, no sudoeste do continente africano, enquanto Rostirolla et al. (1992) consideram a subducção como tendo ocorrido para SE, segundo a interpretação de Basei (1985).

O modelo de bacia de antepaís periférica para a Bacia do Itajaí é apresentado na Figura (9) e mais detalhes sobre os aspectos que corroboram a hipótese de uma bacia antepaís periférica para a Bacia do Itajaí encontram-se publicados no trabalho de Rostirolla et al. (1999).

Basei (1985) reconhece quatro fases de deformação (D1-D4) nas rochas do Cinturão Dom Feliciano e posiciona a formação da Bacia do Itajaí após a fase D2 (650±50), que constituiu o pico metamórfico na região, e antes da fase D3 (560±40), caracterizada pela reativação dos principais lineamentos e com vulcanismo fissural e explosivo associado (suítes Subida e Pedras Grandes), sendo a bacia, portanto, afetada pelas duas últimas fases de deformação (D3 e D4).

Assim como Basei (1985), Rostirolla et al. (1992) reconhecem duas fases de deformação na bacia, ambas pós-deposicionais. A primeira foi a mais penetrativa e estruturou a área de maneira mais significativa, gerando dobras reversas de direção

N60-70E e falhas transcorrentes associadas de direção N10-20E e N80-90W. A segunda fase de deformação é menos penetrativa e ocasionou a reativação distensiva das estruturas formadas previamente através da inversão na cinemática das falhas transcorrentes.

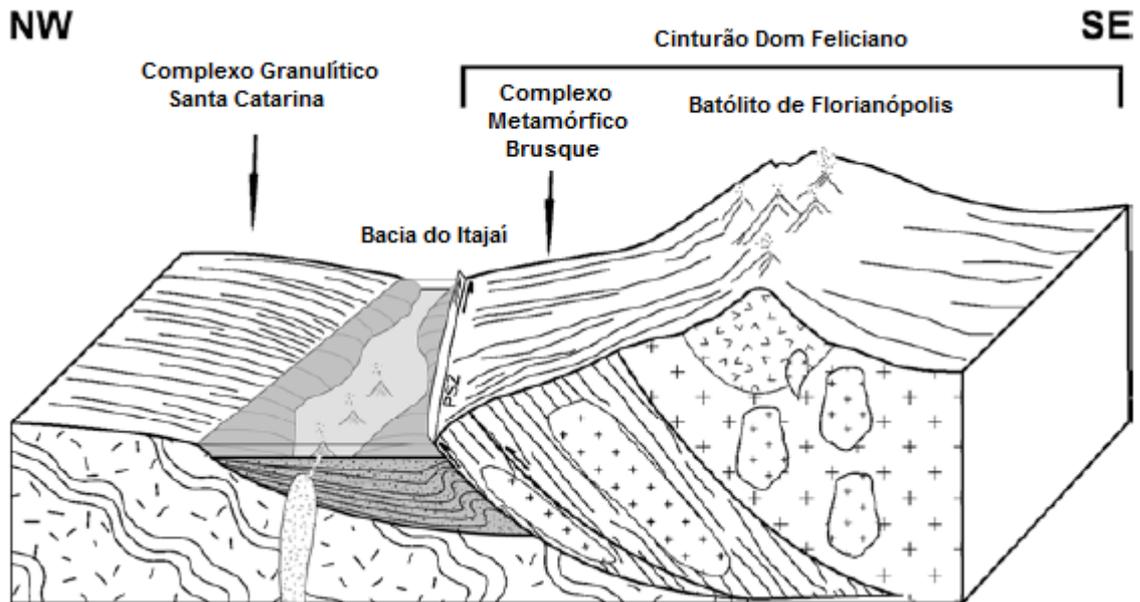


Figura 9 – Bloco esquemático do contexto tectônico da Bacia do Itajaí (Modificado de Guadgnin et al., 2010).

Rostirolla et al. (1992) dividem o registro estratigráfico da Bacia do Itajaí em quatro associações de fácies (Figura 10) nomeadas, da base para o topo, de associações A, B, C e D. Estas associações foram interpretadas segundo o conceito de trato de sistemas e caracterizam um megaciclo transgressivo-regressivo de sedimentação. A associação A representa dois tratos de sistemas, o inferior foi desenvolvido em ambiente continental e é caracterizado por leques aluviais e deltaicos retrogradantes, enquanto o superior corresponde a depósitos plataformais transgressivos em condições transicionais a subaquosas. Turbiditos ocorrem na associação faciológica B, que corresponde a um trato de leques subaquosos profundos com desenvolvimento de um perfil geral retrogradacional. A associação C é constituída por pelitos bacinais transgressivos que sobrepõem-se aos depósitos turbidíticos. Por fim, a associação D, desenvolvida sob condições continentais a

transicionais, consiste de sistemas de leques deltaicos com suprimento sedimentar da margem orogênica que progradam sobre a associação C.

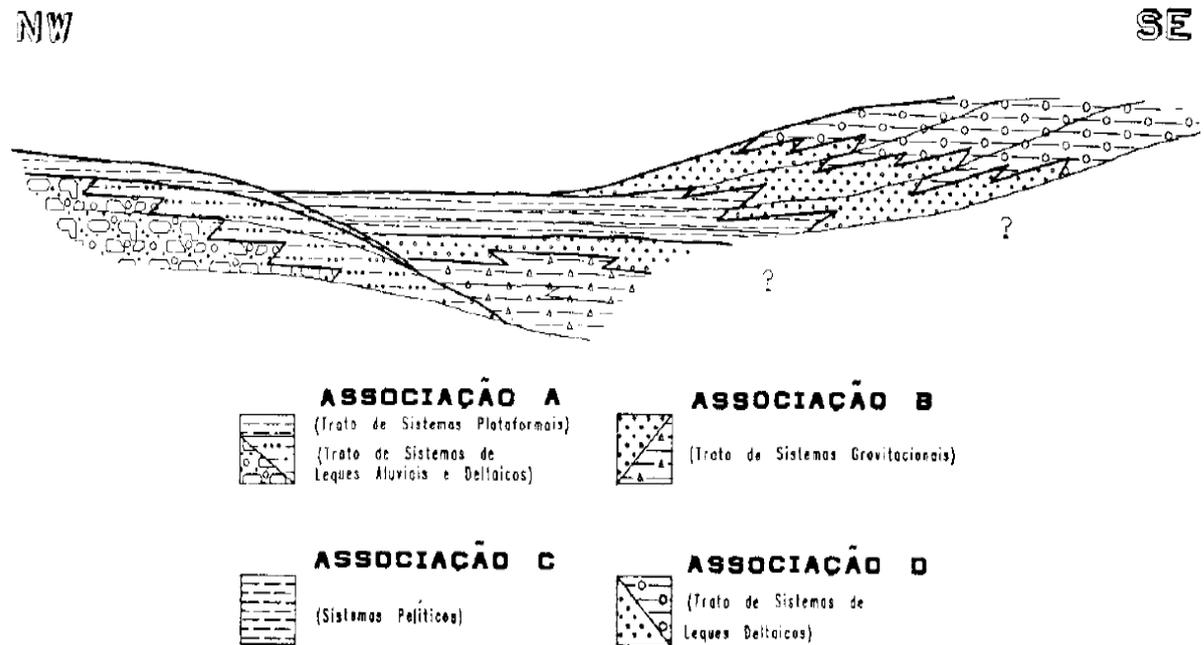


Figura 10 – Divisão estratigráfica da Bacia do Itajaí com as quatro associações definidas por Rostirolla et al. (1992).

6 RESULTADOS

Buscando compreender melhor a influência do contexto tectônico nas fácies e associações de fácies dos depósitos turbidíticos, foram construídos dois perfis estratigráficos de sucessões turbidíticas geradas em bacias com contexto tectônico diferente. Para a Bacia do Paraná (intracratônica) foi construído um perfil na escala 1:50 com 22m de espessura correspondente a turbiditos do Membro Rio Segredo, da Formação Taciba, do Grupo Itararé (segundo a classificação de França & Potter, 1988). Na Bacia do Itajaí (antepaís) o perfil foi construído na escala 1:100 e totalizou 125m de espessura de sucessões turbidíticas. Estes perfis foram caracterizados e interpretados utilizando-se da análise de fácies e posteriormente comparados. Os resultados deste trabalho serão apresentados neste capítulo.

6.1 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE FÁCIES

O conceito de fácies é utilizado modernamente no sentido de um corpo rochoso caracterizado por uma combinação particular de aspectos litológicos, físicos e biológicos que permitem sua individualização das rochas adjacentes (WALKER, 1992). As fácies baseadas nos aspectos litológicos são definidas como litofácies (MIALL, 1999) e sua descrição deve apresentar as características internas às fácies (estruturas sedimentares, granulação) bem como seus limites (forma externa).

A principal característica da subdivisão do registro estratigráfico em fácies é permitir ao estratígrafo entender as relações entre as fácies e os processos envolvidos em sua formação, e numa análise mais ampla, relacioná-las à diferentes porções de um sistema deposicional (CATUNEANU, 2006). Portanto, sob um olhar hierárquico, pode entender-se as fácies como os blocos fundamentais da estratigrafia moderna, pois a partir da análise de fácies surgem as associações de fácies, sucessões de fácies, e os elementos arquitetônicos, que levam a um modelo de fácies e a sua associação com sistemas deposicionais, e em última instância, os sistemas deposicionais são organizados em tratos de sistemas (WALKER & JAMES, 1992).

As fácies podem ser definidas em diferentes escalas a depender, principalmente, do objetivo do trabalho e do grau de detalhe esperado, além do tempo disponível em campo, do grau de preservação do registro geológico e da variedade de estruturas físicas e biológicas encontradas (WALKER & JAMES, 1992).

Neste trabalho foram definidas onze fácies, sendo algumas restritas a apenas um dos perfis levantados e outras comuns aos dois depósitos. A descrição detalhada das fácies e dos processos interpretados é apresentada a seguir, e uma síntese é apresentada na Tabela 1.

A classificação das fácies seguiu a nomenclatura de Miall (1978), onde as primeiras letras, maiúsculas, indicam a granulação da fácies, e a segunda, minúscula, refere-se as estruturas sedimentares. Assim, as letras “S”, “F”, “G” e “R” representam arenitos, pelitos, conglomerados e ritmitos, enquanto as letras “g”, “r” e “h”, por exemplo, representam gradação normal, laminações onduladas cavalgantes (*climbing ripples*) e laminações plano-parallelas, respectivamente. Sempre que possível, as fácies descritas foram relacionadas às fácies turbidíticas descritas por Mutti & Ricci Lucchi (1972) e Lowe (1982), pois tratam-se de modelos consagrados e bastante

utilizados na Geologia para a análise de depósitos turbidíticos. As fácies turbidíticas de Mutti & Ricci Lucchi (1972) e Lowe (1982) possuem conotação interpretativa na sua descrição e pode levar a ajustes forçados dos dados de campo para se adaptarem ao modelo, desta forma, optou-se pela nomenclatura de Miall (1992) pois ela individualiza porções menores da rocha e permite um estudo mais detalhado dos processos, mantendo o caráter interpretativo da análise para o estudo da sucessão e associação de fácies.

Tabela 1 – Síntese das fácies descritas utilizando como base a nomenclatura de Miall (1978, 1992).

Fácies	Características
Conglomerados (G)	
Gm	Maciço
Gm-i	Maciço com intraclastos de argila
Gg	Gradação normal
Arenitos (S)	
Sm	Maciço
Sm-i	Maciço com intraclastos de argila
Sg	Gradação normal
Sr	Laminação cruzada cavalgante e/ou marca ondulada
Sh	Laminação plano-paralela
Finos (F) e ritmitos (R)	
Fm	Finos maciços
Fc	Lamitos e arenitos caóticos
Rg	Ritmito argila/silte e areia fina com gradação normal

6.1.1 Arenitos maciços (Sm e Sm-i)

Compreendem arenitos maciços (Sm) e arenitos maciços com intraclastos de argila (Sm-i) (Figura 11), de granulação média a grossa, moderadamente selecionados compostos por quartzo, feldspato e muscovita nos turbiditos da Bacia do Itajaí e por quartzo nos turbiditos da Bacia do Paraná. Definem corpos tabulares com dezenas de metros de continuidade lateral e espessuras que variam entre 10 cm até 1,5 m. O limite inferior é geralmente irregular, quando apresenta feições erosivas

ou de sobrecarga, e por vezes plano, já o limite superior dessa fácies é ondulado e pode ser marcado por uma transição gradual para as fácies Sh, Sr e Fm.



Figura 11 – Fácies Sm e Sm-i encontradas na Bacia do Itajaí. A) Arenito maciço. B) Arenito maciço com intraclastos de argila. C) Turboglifos na base de camada de arenito maciço.

Corpos sedimentares sem estruturação interna (maciços) podem ser formados tanto em condições subaéreas ou subaquosas e em ambos os casos são resultado da deposição por fluxos densos, com alta concentração de sedimentos. Estes fluxos podem ser classificados a partir de suas condições reológicas em fluxos de grãos,

fluxos liquefeitos, correntes de turbidez, fluxos de detritos e fluxos lamosos (FRITZ & MOORE, 1988). Neste trabalho as fácies Sm e Sm-i foram interpretadas como resultado da deposição por correntes de turbidez de alta densidade e representam a parte inferior do fluxo, com alto poder erosivo, onde as partículas são sustentadas principalmente pela pressão dispersiva entre os grãos e se depositam quando o fluxo desacelera e o atrito entre as partículas se torna mais intenso, causando o “congelamento friccional” das partículas (FRITZ & MOORE, 1988; D’ÁVILA et al., 2008, PICKERING et al. 1986). A presença de turboglifos e marcas de objetos são comuns na base dos arenitos maciços e ajudam a suportar essa hipótese pois estas estruturas são tipicamente formadas na região frontal das correntes turbidez (D’ÁVILA et al., 2008).

Estas fácies podem ser relacionadas com a fácies B de Mutti & Ricci Lucchi (1972), S₃ de Lowe (1982) e com a fácies Ta de Bouma (1962).

6.1.2 Arenitos com gradação normal (Sg)

Arenitos de granulação fina a grossa, mal selecionados, compostos por quartzo, feldspato e muscovita nos turbiditos da Bacia do Itajaí e por quartzo nos turbiditos da Bacia do Paraná. Apresentam gradação normal (Figura 12) e formam corpos tabulares de base plana ou irregular, topos ondulados com dezenas de metros de continuidade lateral e espessuras que variam entre 10 cm até 2 m

Ocorrem em sucessões cíclicas de granulodecrescência ascendente, associados às fácies Gg, Sh, Sr, e Fm. O contato inferior da fácies Sg é geralmente transicional com a fácies Gg ou abrupto e erosivo quando em contato com a fácies Fm, enquanto o contato superior pode ser transicional com as fácies Sh, Sr, ou abrupto com a fácies Fm.

A fácies Sg é formada tanto por depósitos de fluxos turbidíticos de alta densidade quanto de baixa densidade, onde os grãos, mantidos em suspensão pela turbulência, são rapidamente depositados, grão-por-grão, e soterrados sem o retrabalhamento por correntes trativas (BOUMA, 1962; PICKERING et al., 1986). Além do processo, a sucessão de fácies associadas a estes arenitos permitem relacioná-las a fácies Ta de Bouma (1962).



Figura 12 - Fácies Sg em camada de turbiditos da Bacia do Itajaí.

6.1.3 Arenitos com laminação cruzada cavalgante (Sr)

Compreende arenitos de granulação fina a média, com baixa maturidade mineralógica nos turbiditos da Bacia do Itajaí e alta maturidade mineralógica nos turbiditos da Bacia do Paraná. Compõem estratos tabulares de base reta e topo ondulado configurando sets de aproximadamente 5 cm de espessura. É caracterizada por laminação cruzada cavalgante (Figura 13) e marcas onduladas assimétricas, que indicam o sentido da paleocorrente. O contato inferior na maioria das vezes é feito com a fácies Sm, ou sobrepondo a fácies Sh, enquanto que o contato superior é feito com a fácies Fm.

A laminação cruzada cavalgante é uma forma de leito ondulada desenvolvida sobre um regime de fluxo inferior que é influenciado pela profundidade, tamanho dos grãos e velocidade do fluxo. Formas de leito onduladas migram conforme os sedimentos movem-se da parte traseira e se depositam na frente da mesma formando os *foresets* dessas estruturas. Para a formação de laminações cruzadas cavalgantes é necessário que haja um aporte de sedimentos considerável, assim as formas

onduladas não serão totalmente erodidas, mas migrarão umas sobre as outras em determinado ângulo, sendo a inclinação dessas formas controlada pelo quantidade de material acumulado (FRITZ & MOORE, 1988).

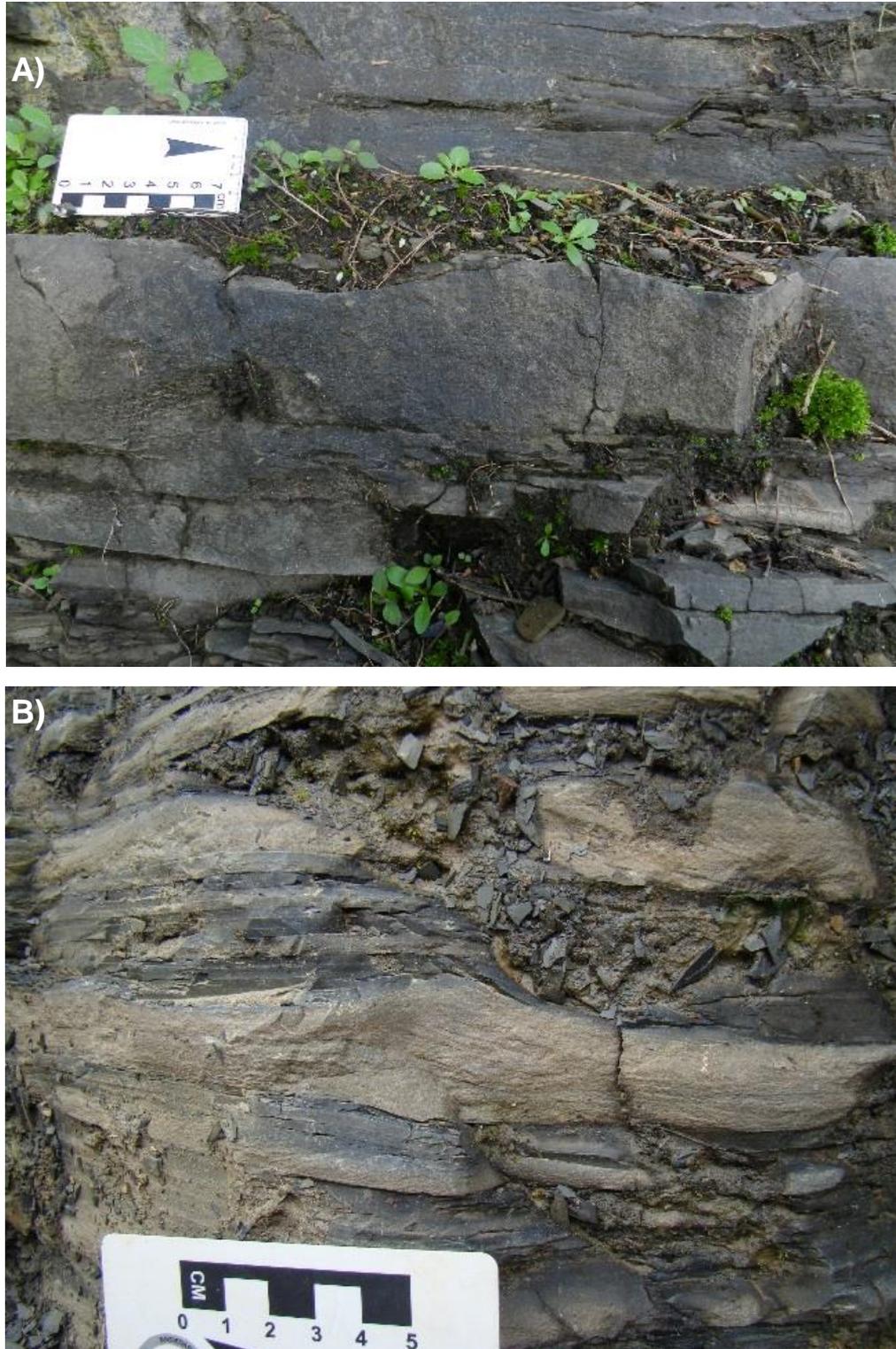


Figura 13 – Laminações cruzadas cavalgantes. A) Bacia do Itajaí. B) Bacia do Paraná.

6.1.4 Arenitos com laminação plano-paralela (Sh)

Arenitos de granulação fina a média, mal selecionados, que apresentam laminação plano-paralela (Figura 14) caracterizada pela alternância de pequenos níveis com granulação levemente diferente. Constituem estratos tabulares de base e topo plano com espessura aproximada de 30 cm. Os contatos basal e superior da fácies Sh são marcados por contatos transicionais (graduais), sendo o inferior com a fácies Sm e o superior com a fácies Sr.



Figura 14 – Arenito com laminação plano-paralela da Bacia do Itajaí.

Arenitos com laminação plano-paralela são de ocorrência restrita e foram descritos somente em alguns estratos dos turbiditos da Bacia do Itajaí que apresentavam bom desenvolvimento das fácies turbidíticas como as idealizadas por Bouma (1962).

Laminações plano-paralelas são formas de leito geradas por fluxos de regime superior, nos quais as partículas se movem continuamente ao longo da base do fluxo não permitindo que se formem ondulações no substrato (FRITZ & MOORE, 1988).

Devido a sua associação com as fácies Sm e Sr, a fácies Sh é aqui interpretada como formada por correntes de turbidez de baixa densidade mas ainda

em regime de fluxo superior, sendo sucedido pela fácies Sr formada em regime de fluxo inferior. Pode-se, portanto relacioná-la à fácies Tc de Bouma (1962) e à facies B de Mutti & Ricci Lucchi (1972).

6.1.5 Lamitos maciços (Fm)

Esta fácies é constituída por argilitos e siltitos, sem nenhuma organização interna, formando desde estratos delgados até camadas com 7 m de espessura. O limite inferior pode ser gradual com a fácies Sr ou retilíneo e abrupto com a fácies Sm. A fácies Fm (Figura 15) é sobreposta por arenitos que causam feições erosivas e de carga no seu limite superior, que pode ser, também, plano.

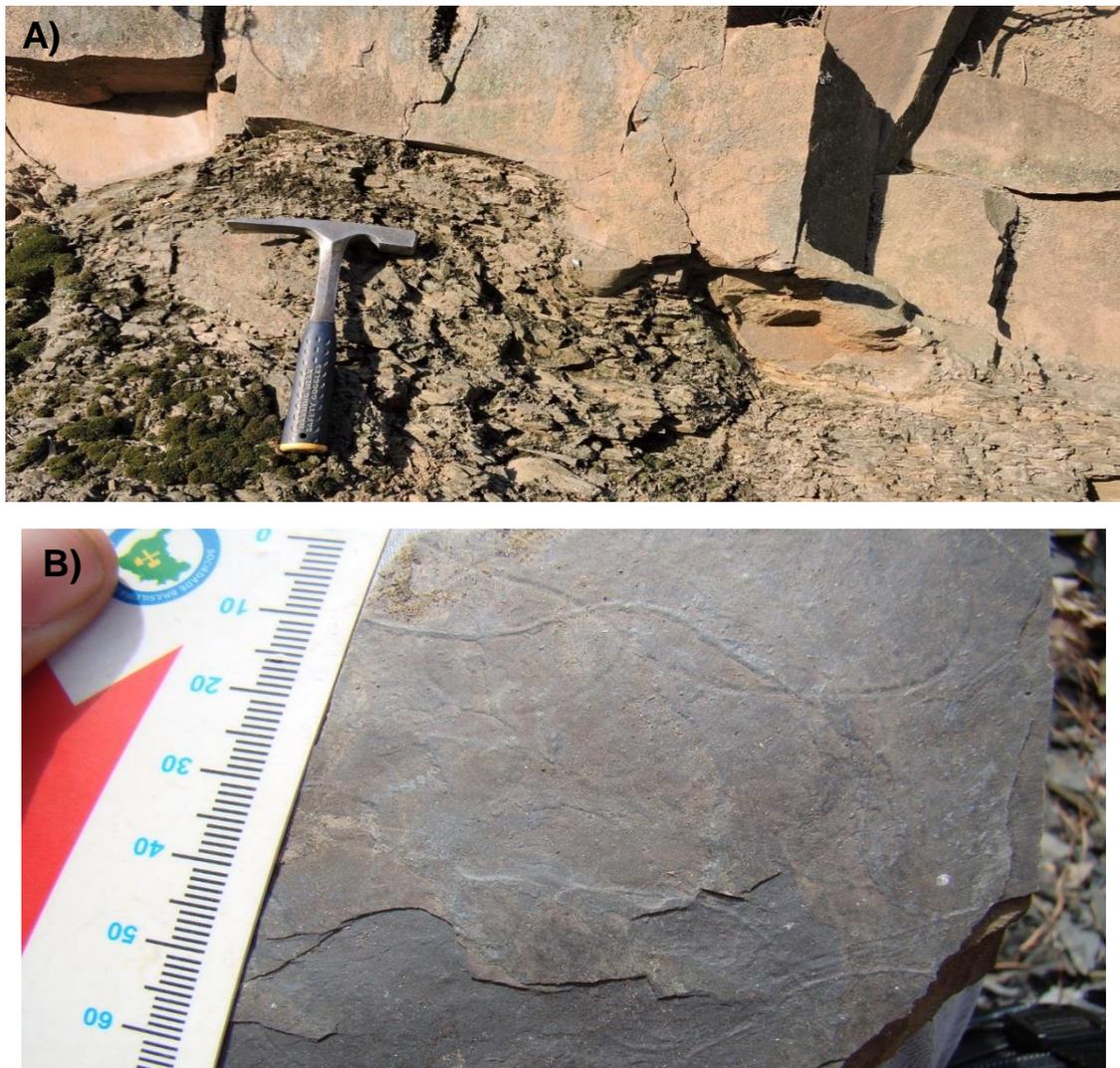


Figura 15 – (A) Feição de sobrecarga na fácies Fm causada pela camada arenosa sobreposta em afloramento da Bacia do Itajaí. (B) Icnofósseis *nereites* na fácies Fm (Grupo Itararé).

Em porções do depósito, onde há a intensa amalgamação de camadas arenosas, a fácies Fm ocorre como estratos muito delgados ou não ocorre.

A fácies Fm é depositada por decantação em ambientes de baixa energia, sendo interpretada aqui como formada na última fase de evolução de uma corrente de turbidez, quando os grãos maiores já foram depositados e o fluxo perde energia gerando uma sedimentação hemipelágica (D'ÁVILA et al., 2008). Pode ser relacionada à fácies Td-Te de Bouma (1962). Iconofósseis *nereites* ocorrem associados a esta fácies nos turbiditos da Bacia do Paraná. Segundo Pemberton et al. (1992) estes iconofósseis são típicos de planícies abissais distais e muito comum em sucessões turbidíticas.

6.1.6 Lamitos e arenitos caóticos (Fc)

Trata-se de uma fácies que ocorre tanto nos turbiditos da Bacia do Itajaí quanto nos turbiditos do Grupo Itararé, caracterizada por camadas de lamitos deformados arranjados de maneira caótica com arenitos também deformados (Figura 16). A forma externa desses corpos é completamente irregular, tanto na base quanto no topo.

Camadas de arenito dobradas, ou formando bolsões, com sinais de deformação, ocorrem em meio aos lamitos e demonstram um caráter plástico no momento da deformação desses arenitos e indicam processo de ressedimentação.

O processo formador dessa fácies relaciona-se a fluxos gravitacionais de massa ocorridos em ambientes com alto gradiente onde sedimentos já depositados, e mais ou menos consolidados, tornam-se passíveis de desestabilização pela gravidade. Os depósitos gravitacionais de massa dividem-se segundo o grau de deformação interna em deslizamentos (*slides*) e escorregamentos (*slumps*), sendo os segundos mais deformados (D'ÁVILA et al., 2008).

O ambiente de alta declividade onde se iniciam os fluxos gravitacionais de massa é o talude continental, e o ambiente de deposição dessas fácies é o ambiente marinho profundo, sendo portanto, fácies relacionadas com os depósitos turbidíticos bem como a fácies F descrita por Mutti & Ricci Lucchi (1972).



Figura 16 –Estruturas de *slump* que caracterizam a fácies Fc. A) Bacia do Itajaí. B) Bacia do Paraná.

6.1.7 Conglomerados maciços (Gm e Gm-i)

Conglomerados oligomíticos maciços, suportados por matriz, com arcabouço constituído principalmente por grânulos e seixos (Figura 17). A matriz é de areia grossa composta por quartzo, feldspato alcalino e muscovita, enquanto os grânulos e seixos são representados por quartzo leitoso. Compõem corpos tabulares a lenticulares, com espessura entre 10 e 20 cm sem qualquer tipo de organização interna dos sedimentos caracterizando, assim, uma estrutura maciça. Os limites superior e inferior são irregulares, sendo marcados por superfícies erosivas e estruturas de sobrecarga. É comum a concentração de intraclastos de argila (*rip-up clasts*) na base.

Os conglomerados maciços ocorrem em sucessões com intensa amalgamação de camadas arenosas e conglomeráticas e na base de sucessões cíclicas de granulodecrescência ascendente, passando gradativamente para a fácies Gg e Sg.

Da mesma forma que os arenitos maciços, a fácies Gm foi interpretada como depositada por correntes de turbidez de alta densidade onde os sedimentos foram depositados assim que o atrito entre as partículas superou a capacidade de transporte do fluxo. Os conglomerados maciços podem ser relacionados a fácies A de Mutti & Ricci Lucchi (1972).



Figura 17 – Aspecto característico da fácies Sm em afloramento de turbiditos da Bacia do Itajaí.

6.1.8 Conglomerados com gradação normal (Gg)

Conglomerados polimíticos, matriz-suportados, com arcabouço constituído por grânulos e seixos e matriz arenosa. Apresentam baixa maturidade mineralógica (quartzo, feldspato e muscovita) e baixo grau de seleção. A espessura desta fácies varia entre 50cm e 1m, onde a principal estrutura encontrada é a gradação normal. Constituem corpos de forma tabular e lenticular limitados na base por superfícies irregulares erosivas ou por contato gradacional com a fácies Gm. No topo o contato é feito de maneira gradual com a fácies Sg. Assim como os conglomerados maciços, a fácies Gg também foi interpretada como gerada por fluxos turbidíticos de alta densidade e representam uma parte do espectro de processos desenvolvidos ao longo da evolução das correntes de turbidez registrando a perda de velocidade do fluxo e a deposição rápida das partículas mantidas em suspensão (FRITZ & MOORE, 1988).

É possível relacionar estes conglomerados com a fácies A de Mutti & Ricci Lucchi (1972) e com a fácies R₃ de Lowe (1982).

6.1.8 Ritmito com gradação normal (Rg)

Esta fácies é restrita ao depósito turbidítico da Bacia do Paraná e é caracterizada por lâminas delgadas de argila intercaladas ritmicamente com lâminas compostas predominantemente por silte e areia muito fina (Figura 18). A espessura das lâminas varia desde submilimétricas até no máximo 1cm. Ocorre associada a fácies Fm em uma sucessão com 3 metros de espessura, destaca-se a presença de um horizonte carbonático com estruturas cone-em-cone dentro desta sucessão.

A fácies Rg foi interpretada como formada por correntes de turbidez de baixa densidade em porções distantes do início do fluxo, cada intercalação argila/silte e areia representa um evento de corrente de turbidez, relacionando-se as fácies Td-Te de Bouma (1962) ou à fácies G de Mutti & Ricci Lucchi (1972). A espessura milimétrica dessas intercalações, bem como a granulação muito fina dos sedimentos é explicada pela quantidade e pelo tamanho dos sedimentos que alcançam as porções distais de um sistema turbidítico. Da mesma forma, o horizonte carbonático pode representar

um intervalo de tempo sem ocorrência de correntes turbidíticas, ou que estas não alcançaram as porções distais, sendo o sistema dominado por sedimentação pelágica.



Figura 18 – Aspecto geral da fácies ritmito (Rg) descrita em afloramento da Bacia do Paraná.

6.2 ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS

A análise de detalhe das fácies sedimentares dos turbiditos formados nas duas bacias sedimentares estudadas, aliada a dados paleontológicos (icnofósseis) obtidos em campo, permitiram o reconhecimento de quatro associações de fácies depositadas em contexto marinho profundo. Processos de deposição por correntes de turbidez foram identificados em todas as fácies, com exceção da fácies Fc (*slumps*), sendo reconhecidas sucessões geradas por correntes de turbidez de alta densidade em variados graus de preservação e sucessões geradas por correntes de turbidez de baixa densidade, geralmente bem preservadas.

As associações de fácies foram nomeadas de A a D sendo que nos turbiditos da Bacia do Itajaí ocorrem somente as associações A, B e C enquanto nos turbiditos da Bacia do Paraná ocorrem as associações B, C e D.

Os perfis estratigráficos, da Bacia do Paraná e da Bacia do Itajaí, construídos neste trabalho e com as associações de fácies encontram-se em anexo.

6.2.1 Associação de Fácies A

Compreende as fácies Gm-i, Gg, Sg, Sh e Fm dispostas nesta sequência, da base para o topo, configurando ciclos de ganulodecrescência ascendente, por vezes incompletos possivelmente devido a amalgamação de camadas e processos erosivos desenvolvidos durante a deposição das camadas sobrepostas (Figura 19a). Ocorrem subordinadamente ciclos iniciados por arenitos maciços com intraclastos (Sm-i) ao invés das fácies conglomeráticas. Estes ciclos são limitados por superfícies côncavas, que representam superfícies erosivas, tanto no topo quanto na base e em alguns casos apresenta geometria lenticular com base côncava e topo reto (Figura 19b). A espessura desta associação é de 17 metros e ocorre somente nos turbiditos da Bacia do Itajaí onde faz contato, na base, com a associação B. Esta associação encontra-se no topo do perfil descrito por isso não pôde-se observar o contato superior.

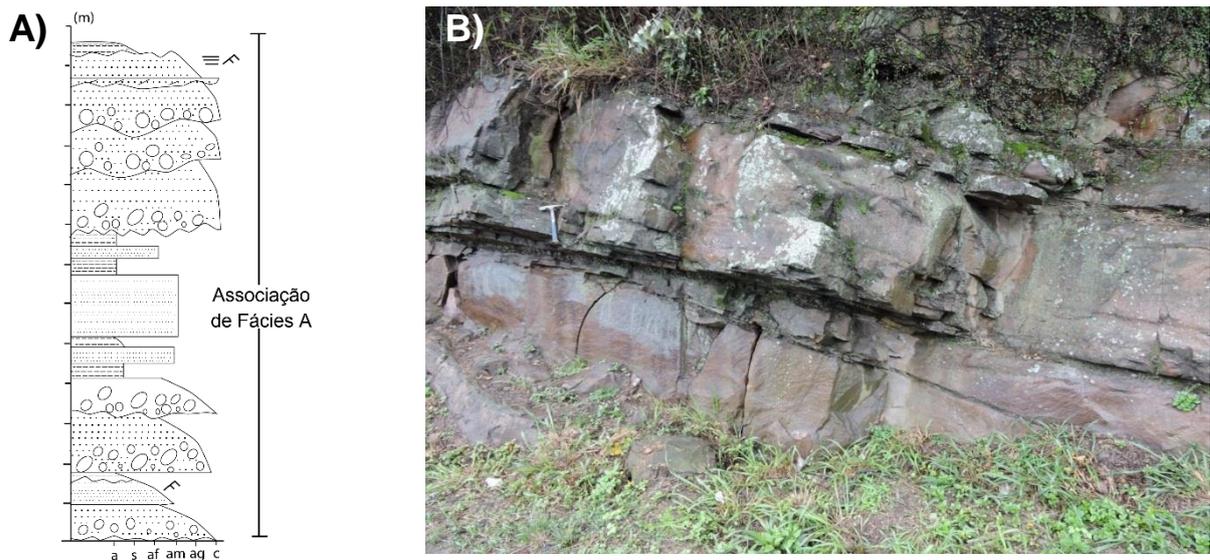


Figura 19 – A) Aspecto geral da associação de fácies A. B) Geometria lenticular presente em algumas porções da associação de fácies A.

Os dados disponíveis permitem interpretar essa associação como depósitos confinados associados ao preenchimento de canais submarinos gerados por correntes de turbidez em ambientes de canal submarino. Segundo Catuneanu (2006), estes canais podem se desenvolver em ambientes de talude continental e na planície bacinal e apresentar características semelhantes aos sistemas fluviais, como morfologia meandrante e associação com depósitos de rompimento de dique marginal e lóbulos de derrame (*crevasse splay*). O preenchimento desses canais é caracterizado por sucessões com granulodecrescência ascendente em que conglomerados passam gradativamente para arenitos com gradação normal ou maciços e estes para turbiditos clássicos (WALKER, 1992).

A passagem entre a associação de fácies B para a associação A corresponde a um ciclo maior de espessamento das camadas em direção ao topo, o que, segundo Mutti & Ricci Lucchi (1972), representa a progradação de leques submarinos. Desta forma interpretou-se esta associação como pertencente ao ambiente de leque superior descrito por Mutti & Ricci Lucchi (1972), onde ocorrem porções canalizadas em meio aos lobos deposicionais turbidífticos.

6.2.2 Associação de fácies B

A associação de fácies B engloba as fácies Gm, Gm-i, Sm, Sm-i, Sg, Sr, Sh e Fm, todas relacionadas diretamente à correntes de turbidez que se depositaram em ambientes desconfiados, além da fácies Fc gerada por processos de fluxo gravitacional subaquoso em ambientes relacionados aos turbiditos (Figura 20a). Estas fácies se associam de diversas maneiras, mas sempre mantendo uma ordem de granulodecrescência ascendente e de estruturas previstas para depósitos gerados por correntes de turbidez como aquelas descritas por Bouma (1962). As sucessões mais comuns são caracterizadas pelas fácies Sm/Sm-i sobrepostas pelas fácies Sr e Fm, nesta ordem, ou diretamente pela fácies Fm, enquanto a fácies Gm e Gm-i são raras. Camadas com até dois metros de espessura da fácies Fc ocorrem subordinadamente em meio a esta associação.

Corresponde a maior parte do perfil levantado na Bacia do Itajaí, com espessura de 105m, e 7m na Bacia do Paraná. Estratos tabulares, amalgamados, com

grande continuidade lateral são comuns nesta associação mas também ocorrem camadas descontínuas geradas por estruturas de sobrecarga.

Outra característica importante desta associação é a alternância cíclica de camadas mais espessas e amalgamadas com camadas mais delgadas que apresentam um melhor desenvolvimento da sequência de fácies geradas por correntes de turbidez (Figura 20b).

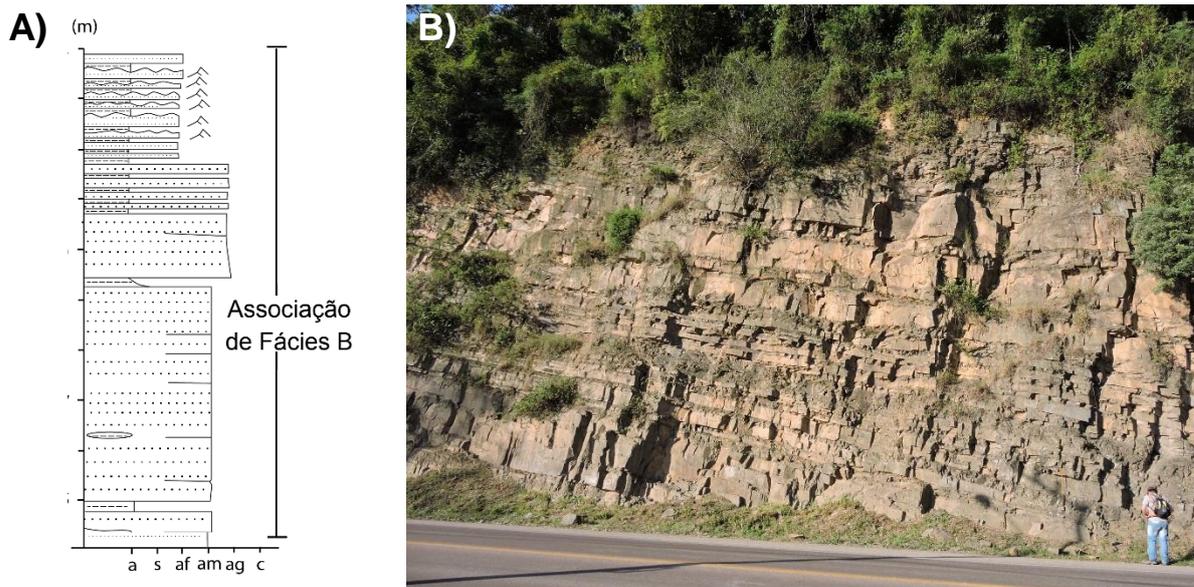


Figura 20 – A) Aspecto geral associação de fácies B. B) Alternância de camadas arenosas amalgamadas e camadas com melhor desenvolvimento da sequência de Bouma (1962) (Bacia do Itajaí).

A partir da análise da sucessão de fácies e da forma dos estratos, a formação desta associação pode ser relacionada a fluxos desconfiados que se depositaram em lobos. A presença de intraclastos de argila na base da camadas, amalgamação e estruturas de sobrecarga formadas principalmente sobre a fácies Fm remetem a fluxos de alta energia, com alto poder erosivo. Desta forma, interpretou-se esta associação como uma transição entre os depósitos canalizados (mais proximais) e os depósitos de lobo, formados em posições mais distantes do ponto de início do fluxo (D'ÁVILA et al., 2008).

6.2.3 Associação de Fácies C

Esta associação também ocorre em ambos os depósitos de turbiditos estudados e é caracterizada pela intercalação de sucessões delgadas com espessura entre 10 e 30 cm, nem sempre completas, das fácies Sm, Sh, Sr e Fm, nesta ordem, da base para o topo (Figura 21a). Constituem, portanto, turbiditos de baixa densidade do tipo Tb-e e Tc-e de Bouma (1962). No Grupo Itararé, estas sucessões possuem uma proporção maior da fácies Fm em relação às fácies arenosas do que na Bacia do Itajaí, onde são praticamente iguais.

Dos 22 metros de perfil descritos nos turbiditos do Grupo Itararé, 12 m correspondem a esta associação. O contato inferior é feito com a associação de fácies D, e o contato superior é feito com a associação de fácies B, ambos os limites são transicionais e caracterizam a porção intermediária de um ciclo de granulocrescência ascendente que começa com a associação de fácies D, passa pela associação C e termina com a associação de fácies B.

Na Bacia do Itajaí destaca-se um afloramento com boa exposição desta associação localizado no km 107 da BR-470 (Figura 21b). Neste afloramento não foi observado o contato da associação C com as outras associações, porém, ocorre de maneira subordinada em meio a associação de fácies B no perfil descrito.

Fácies turbidíticas formadas por correntes de turbidez de baixa densidade representam estágios mais evoluídos de uma corrente de turbidez de alta densidade, logo, foram formadas em porções mais distais do sistema turbidíticos. Além disso, a geometria tabular e a excelente continuidade lateral das fácies dessa associação indicam a deposição em leques (*sheet like deposits*). Segundo Walker (1992), este tipo de depósito é formado em locais com topografia suave como nos ambientes de leque inferior ou em locais onde ocorra o rompimento de diques marginais dos canais turbidíticos. Portanto, a associação de fácies C foi interpretada como formada em ambientes de leque inferior.

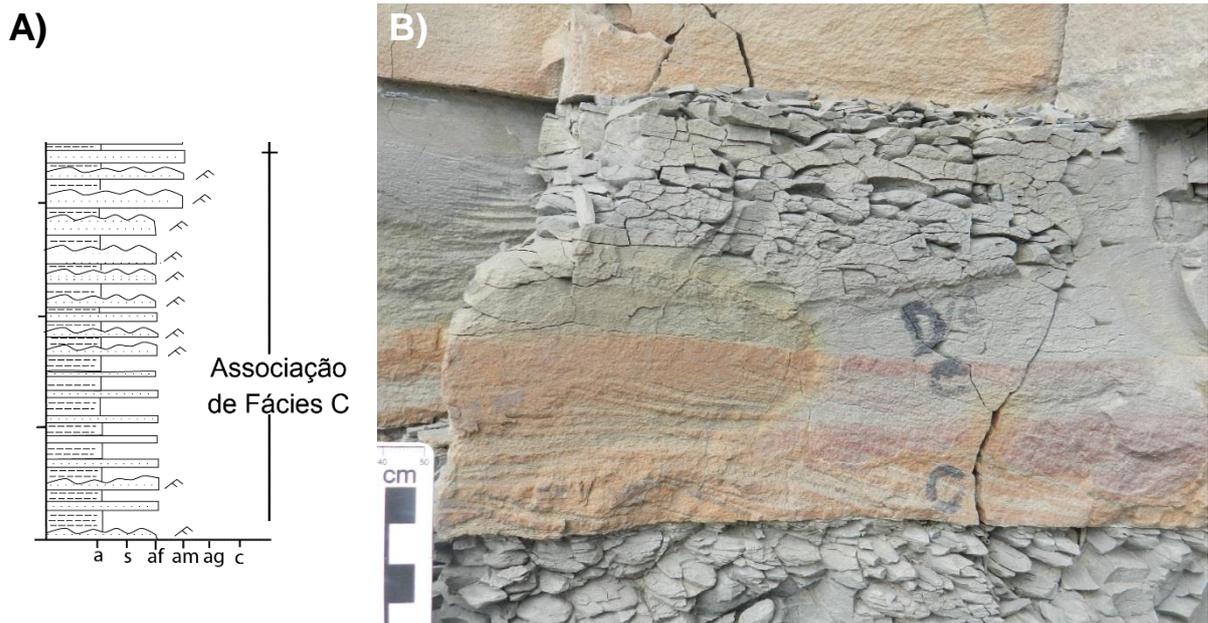


Figura 21 – A) Aspecto geral da associação de fácies C. B) Associação de fácies C, da Bacia do Itajaí, gerada por correntes de turbidez de baixa densidade, exibindo os horizontes Tc, Td e Te de Bouma (1962).

6.2.4 Associação de fácies D

A associação de fácies D possui espessura de 3m e é composta pelas fácies Rg e Fm dispostas em corpos tabulares de excelente continuidade lateral (Figura 22). O limite superior é gradacional com a associação de fácies C.

Esta associação constitui a parte inferior de um ciclo de espessamento de camadas e granulocrescência ascendente, observados nos turbiditos da Bacia do Paraná, que indicam uma progradação de lobos turbidíticos.

Analisando os dados disponíveis, interpretou-se esta associação como pertencente a ambientes posicionados além dos leques turbidíticos, onde as correntes de turbidez chegam muito diluídas e com pouca carga sedimentar ainda sendo transportada. A intercalação com camadas da fácies Fm bem como a presença de um intervalo carbonático nesta associação remetem à um ambiente nem sempre acessível aos fluxos turbidíticos, resultando em intervalos de tempo de calmaria que propiciaram a deposição de sedimentos pelágicos.

A deposição de frações tão finas é relacionada aqui as porções mais distais do sistema turbidíticos como o ambiente de planície bacinal de Mutti & Ricci Lucchi (1972) e de franja de lobos (D'ÁVILA et al., 2008).



Figura 22 – Aspecto geral da associação de fácies D.

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após realizada a análise de fácies dos turbiditos, percebe-se que duas das quatro associações de fácies descritas são comuns aos dois perfis levantados (associação B e C). O reconhecimento dessas associações ajuda na comparação, uma vez que comparar fácies formadas em posições distintas dentro de um sistema turbidítico obviamente levaria a interpretações erradas.

Visando organizar a discussão sobre as diferenças e semelhanças dos dois depósitos analisados neste trabalho foi construída uma tabela comparativa onde constam alguns aspectos importantes relacionados a turbiditos (Tabela 2).

A tabela 2, em conformidade com os dados levantados em campo e com o resultado da análise de fácies, indica que os turbiditos da Bacia do Paraná e da Bacia do Itajaí são muito semelhantes. As principais diferenças entre ambos residem na maturidade mineralógica e na espessura das sucessões.

Marcas de sola e marcas onduladas estão presentes nas duas seções e são inerentes ao processo de correntes de turbidez de alta densidade, as marcas de sola

são formadas na cabeça do fluxo e ocorrem até mesmo relacionadas à turbiditos de baixa densidade, enquanto as marcas onduladas são formadas pela desaceleração do fluxo ao passar de um regime superior para um regime inferior.

Deformação penecontemporânea como estruturas de sobrecarga, feições erosivas causadas por eventos turbidíticos posteriores, e depósitos de *slump* associados também ocorrem em ambos os depósitos. As feições erosivas e de sobrecarga indicam fluxos de alta energia e densidade, enquanto os depósitos de *slump* indicam o ambiente marinho profundo para as duas bacias e a presença de talude. Esta é uma informação interessante, segundo Holz (2012), bacias intracratônicas geralmente não possuem talude, o que não parece ser verdade para a Bacia do Paraná, levando em conta os depósitos turbidíticos e de *slump*.

Tabela 2 – Comparação entre os turbiditos da Bacia do Itajaí e do Grupo Itararé

TURBIDITOS	ITAJAÍ	ITARARÉ	OBS
Presença/Variedade de marcas de sola	Turboglifos e marcas de objetos	Turboglifos e marcas de objetos	Parece ser inerente ao processo de corrente de turbidez
Marcas onduladas (<i>Ripples</i>)	Presente	Presente	Inerente ao processo de corrente de turbidez
Continuidade vertical dos eventos (espessura da sucessão)	Grande, sucessão muito espessa, no mínimo 1000m segundo Rostirolla et al., (1992)	Sucessão bem menor com aproximadamente 360m na região de Vidal Ramos - SC (Puigdomenech et al., 2014)	Pode relacionar-se ao contexto tectônico, uma vez que bacias de antepaís possuem mais subsidência, espaço de acomodação e instabilidade tectônica que pode disparar mais eventos de correntes de turbidez
Maturidade mineralógica	Baixa	Alta	Podem ser resultado da proximidade com a fonte ou diferenças climáticas e bióticas (agentes intempéricos) entre o Proterozóico e o Fanerozóico
Deformação penecontemporânea	Presente	Presente	Estruturas erosivas, de carga, e depósitos marinhos profundos deformados associados

Cruzando-se os dados de Rostirolla et al., (1992) com os dados de Puigdomenech (2014) A espessura da sucessão turbidítica da Bacia do Itajaí é no mínimo três vezes maior que a sucessão do Grupo Itararé e pode estar relacionada ao contexto tectônico, já que bacias de antepaís possuem mais subsidência e podem acomodar mais sedimentos em um intervalo de tempo menor, por outro lado, bacias intracratônicas são mais estáveis e controle do espaço para sedimentação é mais climático e eustático do que tectônico.

A baixa maturidade mineralógica na Bacia do Itajaí, inclusive nos depósitos gerados por fluxos de baixa densidade (mais distais), implica numa maior proximidade com a área fonte, ou pode refletir diferenças climáticas e bióticas (agentes intempéricos) entre o Proterozóico e o Fanerozóico. O modelo proposto neste trabalho, respaldado pela bibliografia, é o de *canyons* submarinos, porém a imaturidade mineralógica pode indicar uma contribuição deltaica vinda do cráton.

8 CONCLUSÕES

As associações de fácies permitiram reconhecer sistemas turbidíticos marinhos gerados em ambiente profundo com fácies associáveis ao modelo de *canyon* submarino, nos turbiditos da Bacia do Paraná e na Bacia do Itajaí.

Dessa forma, fica caracterizada uma configuração de talude e planície bacinal para a Bacia do Paraná durante a deposição da unidade do Grupo Itararé abordada neste trabalho.

Se comparadas, as associações de fácies presentes nos dois sistemas turbidíticos estudados, é possível perceber uma grande semelhança em termos da geometria dos depósitos.

A principal diferença entre os dois casos estudados diz respeito a espessura das sucessões turbidíticas, muito maior na Bacia do Itajaí, do que na Bacia do Paraná. Esta diferença pode ser um reflexo do contexto tectônico em que se inserem, indicando mais subsidência e instabilidade do talude da Bacia do Itajaí do que na Bacia do Paraná.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASEI, M.A.S. **O cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina**. 193p. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.
- BASEI, M.A.S., DRUKAS, C.O., NUTMAN, A.P., WEMMER, K., DUNYI, L., SANTOS, P.R., PASSARELLI, C.R., CAMPOS NETO, M. C., SIGA Jr., O., OSAKO, L. **The Itajaí foreland basin: a tectono-sedimentary record of the Ediacaran period, Southern Brazil**. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* v.100, 543–569p, 2011.
- BOUMA, A.H. **Sedimentology of some flysch deposits, a graphic approach to facies interpretation**. Amsterdam: Elsevier: 168p, 1962.
- CATUNEANU, O. **Principles of sequence stratigraphy**. 1.ed. Edmonton: Elsevier, 375p, 2006.
- D'AVILA, R.S.F., PEDREIRA DA SILVA, A.J. de C.L., ARAGÃO, M.A.N., MAGALHÃES, A.J.C. Ambientes marinhos profundos: sistemas turbidíticos. In: **Ambientes de sedimentação siliciclástica do Brasil**, Editora Beca: 244–303p, 2008.
- FERNANDES, L.A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 216 p. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998
- 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*, v.2, n.2-4, 147-191p, 1988.
- FRITZ, W.J., MOORE, J.N. **Basics of physical stratigraphy and sedimentology**. 1.ed. New York: John Wiley & Sons, 371p, 1988
- GUADAGNIN, F., CHEMALE, Jr F., DUSSIN, I.A. **Depositional age and provenance of the Itajaí Basin, Santa Catarina State, Brazil: Implications for SW Gondwana correlation**. *Precambrian Research*, v.180, 156–182p, 2010.
- GRESSE, P.G., CHEMALE, Jr. F., da SILVA, L.C, WALRAVEN, F., HARTMANN, L.A. **Late- to post-orogenic basins of the Pan-African-Brasiliano collision orogen in southern Africa and Southern Brazil**. *Basin Research*, v.8, 157-171p, 1996.
- HELLER, P.L., DICKINSON W.R. **Submarine ramp facies model for delta-fed, sand rich, turbidite systems**. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v.69, 960–976 p, 1985.
- HOLZ, M. Conceitos básicos da estratigrafia de sequências. In: Holz, M. **Estratigrafia de Sequências: Histórico, Princípios e Aplicações**. Ed. Interciência, 83 – 137p, 2012.
- KUENEN, H., MIGLIORINI, C. I. **Turbidity Currents as a Cause of Graded Bedding**. *The Journal of Geology*, v. 58, n.2, p. 91-127, 1950
- LOWE, D.R. **Sediment gravity flows: II depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents**. *J. Sed. Petrol.*, v.52, 279–297p, 1982.

MIALL, A.D. Lithofacies types and vertical profile models in braided rivers deposits: a summary. In: MIALL, A. D. (Ed.) **Fluvial Sedimentology**. **Canadian Society of Petrology and Geology Memoir**, v.5, 597-604p, 1978.

MIALL, A. D. Alluvial deposits. In: WALKER, R.G., JAMES, N.P. **Facies models: response to sea-level changes**. Stittsville: Geological Association of Canadá, 454p, 1992.

MIALL, A.D. **Principles of sedimentary basin analysis**. New York, Springer-Verlag: 668 p, 1999.

MILANI, E.J. **Evolução Tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu Relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-ocidental**. Porto Alegre. 255 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

MILANI, E.J., RAMOS, V.A. **Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná**. Revista Brasileira de Geociências v.28, n.4, 473-484p, 1998.

MILANI EJ, MELO JHG, SOUZA PA, FERNANDES LA & FRANÇA AB. Bacia do Paraná. In: MILANI EJ, RANGEL HD, BUENO GV, STICA JM, WINTER WR, CAIXETA JM & PESSOA NETO OC (Eds.). **Bacias Sedimentares Brasileiras - Cartas Estratigráficas**. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, 15(2): 265-287p, 2007.

MILANI, E.J., FRANÇA, A.B., SCHNEIDER, R.L. **Bacia do Paraná**. Boletim de Geociências da Petrobras, v.8, 69-82p, 1994.

MUTTI, E., RICCI LUCCHI, F. **Turbidites of the northern Apennines: Introduction to facies analysis**. International Geology Review, v.20, 125-166p, 1972.

MUTTI, E., BERNOULLI, D., LUCCHI, .F.R., TINTERRI, R. **Turbidites and turbidity currents from Alpine 'flysch' to the exploration of continental margins**. Sedimentology. V.56, 267-318p, 2009.

PEMBERTON, S.G., MACEACHERN, J.A., FREY, R.W. Trace fossil facies models: environmental and allostratigraphic significance. In: WALKER, R.G., JAMES, N.P. **Facies models: response to sea-level changes**. Stittsville: Geological Association of Canadá, 47-72p, 1992.

PICKERING, K., STOW, D., WATSON, M., HISCOTT, R. **Deep water facies, processes and models**. A review and classification scheme for modern and ancient Sediments. Earth Sci. Rev., v.23, 75-174p, 1986.

PUIGDOMENECH, C.G., CARVALHO, B., PAIM, P.S.G., FACCINI, U.F. **Sistemas Turbidíticos e Deltaicos de Mar Baixo do Grupo Itararé na Região de Vidal Ramos (SC), Brasil**. Braz. J. Geol. v. 44, n.4, 529-544p, 2014.

ROSTIROLLA, S.P., ALKMIM, F.F., SOARES, P.C. **O Grupo Itajaí, Estado de Santa Catarina, Brasil: exemplo de sedimentação em uma bacia flexural de ante-país**. B. Geoci. PETROBRAS, v.6, n.3-4, 109-122p, 1992.

ROSTIROLLA, S.P., AHRENDT, A., SOARES, P.C., CARMIGNANI, L. **Basin analysis and mineral endowment of the Proterozoic Itajaí Basin, south-east Brazil**, Basin Research 11, 127-142p, 1999.

SCHNEIDER, R.L., MUHLMANN, H., TOMMASI, E., MEDEIROS, R.A., DAEMON, R.A., NOGUEIRA, A.A. **Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná**. SBG, 28 Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, v.1, 41-65p, 1974.

VAIL, P.R., MITCHUM, R.M.J., TODD, R.G., WIDMIER, J.M., THOMPSON, I.S., SANGREE, J.B., BUBB, J.N., HATLELID, W.G. **Seismic stratigraphy and global changes of sea level**. Seismic Stratigraphy: Applications to Hydrocarbon Exploration, Payton, C. (Ed.), AAPG, Tulsa, 49-212p, 1977.

VESELY, F.F. **Análise de Seqüências em Sucessões Glaciais: Estudo de Caso no Grupo Itararé (C-P), Nordeste do Estado do Paraná. Rio Claro**. São Paulo: Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. 119p, 2001.

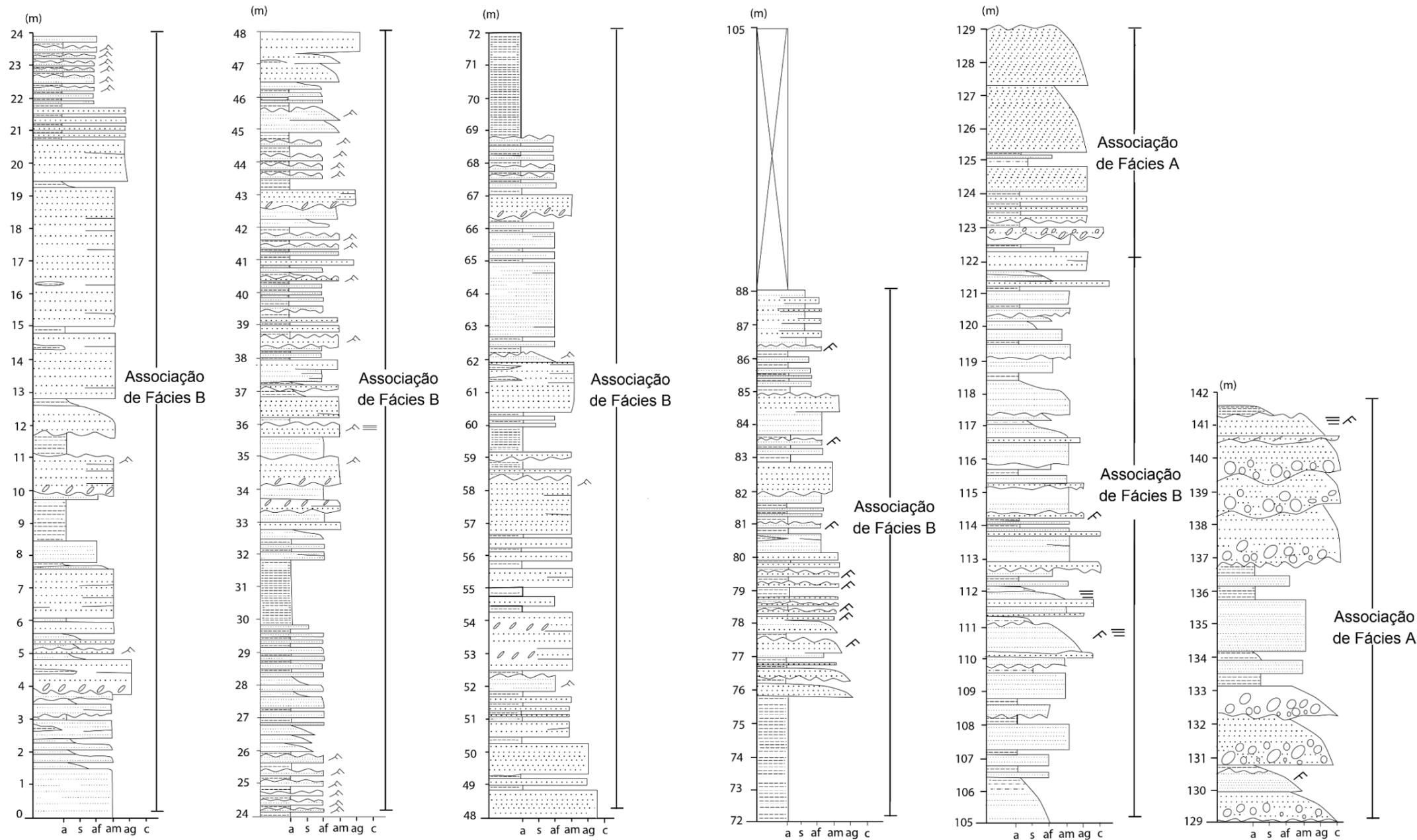
VESELY F.F. **Dinâmica sedimentar e arquitetura estratigráfica do Grupo Itararé (Carbonífero-Permiano) no centro-leste da Bacia do Paraná**. Curitiba: Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná: 226p, 2006.

VESELY, F.F., ASSINE, M.L. **Seqüências e tratos de sistemas deposicionais do Grupo Itararé, norte do Estado do Paraná**. Revista Brasileira de Geociências. v.34, 219-230p, 2004.

WALKER, R.G., JAMES, N.P. **Facies models: response to sea-level changes**. Stittsville: Geological Association of Canadá, 454p, 1992.

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: American Association of Petroleum Geologists (AAPG. Memoir, 51), 681-708p, 1990.

ANEXO I



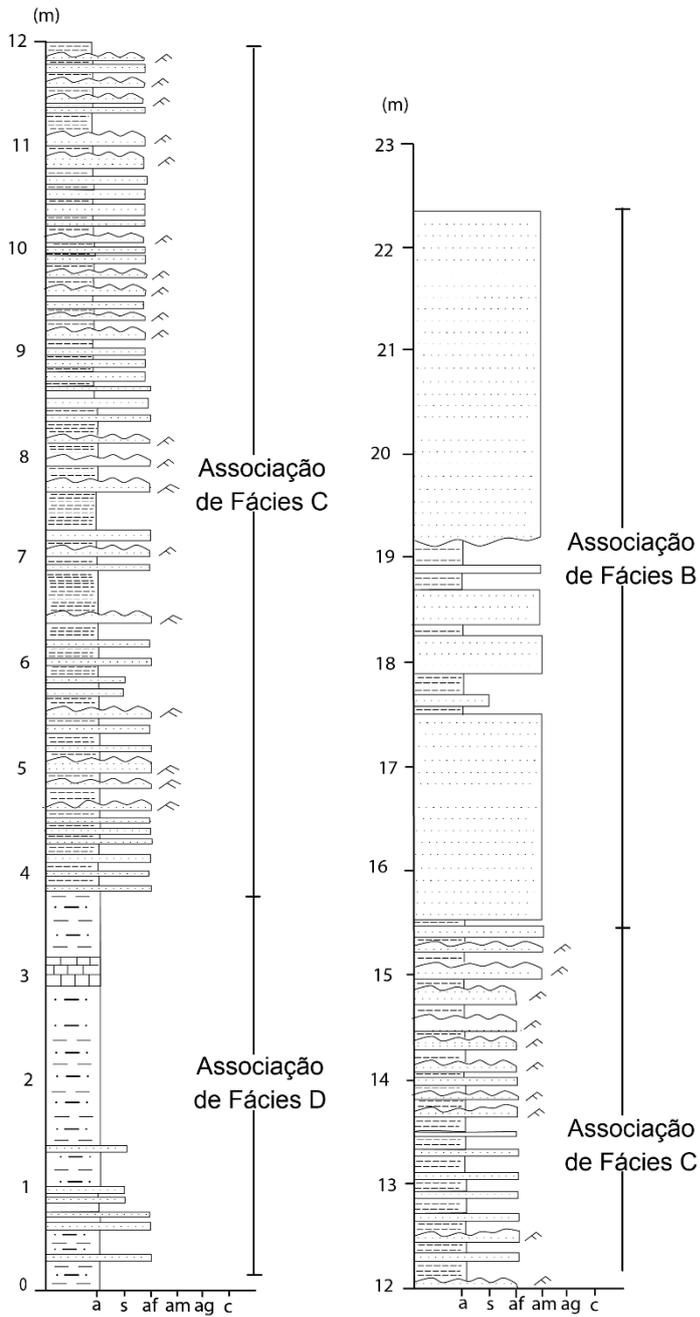
PERFIS ESTRATIGRÁFICOS DE DEPÓSITO DE TURBIDITOS DA BACIA DO ITAJAÍ

Legenda

- ^ ripples
- ≡ estratificação plano-paralela
- seixos e matacões
- areia grossa a conglomerática
- areia fina a média
- - - silte
- ▨ argila

Escala
1m

ANEXO II



PERFIL ESTRATIGRÁFICO DO DEPÓSITO DE TURBIDITOS DO GRUPO ITARARÉ - BACIA DO PARANÁ

Legenda

-  ripples
-  estratificação plano-paralela
-  seixos e matacões
-  areia grossa a conglomerática
-  areia fina a média
-  silte
-  argila

Escala

1m