



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



Trabalho de Formatura
Curso de Graduação em Geologia

Análise de Fácies Sedimentares e de Paleocorrentes das Sequências Inferiores do Grupo
Itararé, Centro-Leste do Estado de São Paulo

Amanda Santa Catharina

Prof. Dr. Mario Luis Assine

Rio Claro (SP)

2012

551.7 Santa Catharina, Amanda
S231a Análise de fácies sedimentares e de paleocorrentes das
sequências inferiores do Grupo Itararé, Centro-Leste do
Estado de São Paulo / Amanda Santa Catharina. - Rio Claro :
[s.n.], 2012
42 f. : il., figs.

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Mario Luis Assine

1. Geologia estratigráfica. 2. Bacia do Paraná. 3.
Ambientes glaciais. 4. Fluxos gravitacionais. I. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

AMANDA SANTA CATHARINA

ANÁLISE DE FÁCIES SEDIMENTARES E DE
PALEOCORRENTES DAS SEQUÊNCIAS INFERIORES DO
GRUPO ITARARÉ, CENTRO-LESTE DO ESTADO DE SÃO
PAULO

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto
de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de
Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau
de Geóloga.

Rio Claro - SP

2012

AMANDA SANTA CATHARINA

ANÁLISE DE FÁCIES SEDIMENTARES E DE
PALEOCORRENTES DAS SEQUÊNCIAS INFERIORES DO
GRUPO ITARARÉ, CENTRO-LESTE DO ESTADO DE SÃO
PAULO

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto
de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de
Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau
de Geólogo.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Mario Luis Assine

Prof. Dr. José Alexandre de Jesus Perinotto

Prof. Dr. Antonio Roberto Saad

Rio Claro, 10 de Dezembro de 2012.

Assinatura da aluna

assinatura do orientador

À minha família.

AGRADECIMENTOS

À minha família, Pedro, Lúcia e Paula. Sem vocês eu não chegaria até aqui.

Ao meu orientador, Mario, pela paciência, dedicação e amizade todos esses anos.

A todos os professores que me ajudaram nessa longa jornada, estimulando minha paixão pela pesquisa.

Aos meus colegas de turma e agregados. Só nós sabemos como foi essa graduação. Geovárzea!!

Aos meus amigos, Camila Amélia, Camila Massaro, Mariana Diniz e Bruno Baptistella, companheiros para todas as horas. Vocês são minha força!

Aos meus amigos que estão longe, Marina, LÍlian, Tayrine, Matheus, Danilo, e tantos outros que estão por aí, crescendo e vivendo, mas que fazem parte de mim.

Ao Danilo e à Danielle, pela parceria no trabalho de Campo II. Vocês são os melhores!

Aos parceiros do projeto, Filipe, Patricia, Michele, Bruno, e ao grupo do Pantanal, todos vocês têm parte deste trabalho.

Aos coordenadores da disciplina TCC, pela ajuda e compreensão.

MUITÍSSIMO OBRIGADA!

Do or do not. There is no try.

Master Yoda

RESUMO

O Grupo Itararé é o registro de um dos mais importantes eventos de glaciação do Gondwana. De idade neocarbonífera-eopermiana, essa unidade possui associações faciológicas interpretadas como resultado de depósitos marinhos rasos com influência glacial e de águas de degelo. O papel das geleiras nos processos tectono-sedimentares do Grupo Itararé é bastante evidente, sendo que são geradas fácies típicas como diamictitos, tilitos, folhelhos e ritmitos com clastos caídos (*dropstones*), além de superfícies estriadas e polidas. O presente trabalho teve como objetivo principal contribuir para o conhecimento geológico do Grupo Itararé na região centro-leste do Estado de São Paulo, e utilizou por base afloramentos nos municípios de Itu, Salto e Porto Feliz, além de dados bibliográficos pertinentes e perfis resumidos de poços efetuados na região. Sobre o arcabouço estratigráfico dessa unidade, associações genéticas e paleogeografia desses depósitos, esse trabalho conclui que a região estudada perfaz a seção basal do Grupo Itararé. O empilhamento das fácies reconhecidas em campo inicia-se com as superfícies estriadas e polidas do embasamento, em Salto, sobrepostas por tilitos e diamictitos com feições de avanço do gelo. Sobre estes, ocorrem os turbiditos vistos em Itu, associados ao recuo da geleira. Os afloramentos de Porto Feliz apresentam o topo desse levantamento, com depósitos gerados por diversas transformações laterais e verticais de fluxo, que ora são predominantemente trativos, ora possuem elevada quantidade de carga em suspensão. Medidas de paleocorrentes mostram direção geral de fluxo para NW, o mesmo quadrante apontado pelas estrias glaciais, fator que sugere influência de águas de degelo no retrabalhamento dos sedimentos depositados durante o período de degelo.

Palavras-chave: Grupo Itararé, Bacia do Paraná, Ambientes Glaciais, Fluxos Gravitacionais

ABSTRACT

The Itararé Group is the record of one of the most significant glaciation events of the Gondwana. Of neocarboniferous-eopermian age, this unit has facies associations interpreted as resulted from shallow marine settings with glacial and deglacial water influence. The role of glaciers on the tectonic-sedimentary processes of the Itararé Group is striking, as typical facies such as diamictites, tilites, shales and rhythmites with dropstones are generated, besides the existence of glacially striated and polished surfaces. This work had as main goal to contribute to the geological knowledge of the Itararé Group in the central eastern portion of São Paulo State, using as basis outcrops from Itu, Salto and Porto Feliz, and also pertinent bibliographic data and well profiles located in the surrounding areas. About the stratigraphic framework, genetic association and paleogeography of these deposits, this work concludes that the area studied comprises the basal section of the Itararé Group. The stacking of the facies recognized during the field work begins with the striated and polished surfaces of the basement, described in Salto, superposed by tilites and diamictites with glacial movement features. Over these are the turbidites from Itu, associated with the glacier retreat. The outcrops of Porto Feliz are at the top of this succession, with deposits generated by flows with lateral and vertical variations, sometimes with prevalence of tractive conditions, and sometimes with sediments transported largely by suspension. Paleocurrent measurements show main flow directions towards NW, the same as glacial striae, suggesting the influence of reworking of sediments by the meltwater during deglacial periods.

Keywords: Itararé Group, Paraná Basin, Glacial Environments, Gravitational Flows

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da Bacia do Paraná.....	10
Figura 2: Faixa aflorante do Grupo Itararé no Estado de São Paulo.....	14
Figura 3: Carta estratigráfica da Bacia do Paraná.....	15
Figura 4: Perfis resumidos de Itu e Araçoiaba da Serra.....	18
Figura 5: Seção do Grupo Itararé no Estado do Paraná.....	19
Figura 6: Mapa com a localização dos pontos visitados durante a etapa de campo.....	21
Figura 7: Rocha Moutonnée (Salto –SP), com tilitos de alojamento.....	22
Figura 8: Superfície de granito polida por ação glacial.....	22
Figura 9: Vista geral do afloramento na Cerâmica Guaraú.....	23
Figura 10: Diamictitos com <i>grooves</i> e <i>ridges</i>	23
Figura 11: Estratificações cruzadas tabulares em arenitos grossos.....	24
Figura 12: Canal preenchido por arenitos grossos com estratificações cruzadas.....	25
Figura 13: Rosetas de medidas de paleocorrentes efetuadas em arenitos com estratificações cruzadas.....	25
Figura 14: Estratificações cruzadas do tipo <i>climbing ripples</i>	27
Figura 15: Estratificações cruzadas do tipo <i>climbing ripples</i>	27
Figura 16: <i>Climbing ripples</i> com feições rúpteis de compressão.....	28
Figura 17: Transformação de fluxo, com passagem de estratificação cruzada a <i>climbing</i>	28
Figura 18: Rosetas com medidas de paleocorrentes em arenitos com <i>climbing ripples</i>	29
Figura 19: Vista geral do afloramento do Parque do Varvito, em Itu, SP.....	30
Figura 20: Sets de turbiditos com diferentes espessuras.....	31
Figura 21: Sets de turbiditos com níveis de Bouma B, C, D e E bem caracterizados.....	31
Figura 22: Clasto caído em turbiditos do afloramento do Parque do Varvito, em Itu.....	32
Figura 23: Icnofósseis encontrados nas superfícies dos sets turbidíticos no Parque do Varvito, Itu.....	32
Figura 24: Roseta de medidas de paleocorrentes feitas nos níveis com laminações cruzadas e <i>climbing ripples</i>	33
Figura 25: Turbiditos proximais, com níveis B e C de Bouma.....	34
Figura 26: Feições de sobrecarga, como estruturas em chama, nos sets turbidíticos.....	34
Figura 27: Mapa de paleocorrentes do Grupo Itararé no centro-leste da faixa aflorante no Estado de São Paulo.....	35
Figura 28: Mapa de estrias glaciais, com direção de fluxo glacial.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS.....	12
3 MÉTODOS E MEIOS.....	12
4 SÍNTESE DO ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO DO GRUPO ITARARÉ.....	13
5 FÁCIES SEDIMENTARES.....	20
5.1 Diamictitos.....	21
5.2 Arenitos com Estratificação Cruzada.....	24
5.3 Arenitos com <i>Climbing Ripples</i>	26
5.4 Turbiditos.....	30
6 PALEOCORRENTES E PALEOGEOGRAFIA.....	35
7 CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

O Grupo Itararé, aflora em toda a borda leste da Bacia do Paraná, desde o Estado do Rio Grande do Sul até Minas Gerais e toda a borda norte e oeste da Bacia (Figura 1). A partir do vale do rio Mogi-Guaçu, norte do Estado de São Paulo, o Grupo Itararé passa a ser identificado como Formação Aquidauana, que segundo Schneider *et al.* (1974) é parte do Grupo Itararé.

Com espessuras atingindo até 1300m na região sudoeste do Estado de São Paulo (SANTOS, 1987) e adelgaçando-se em direção às bordas, o Grupo Itararé possui um complexo arcabouço estratigráfico.

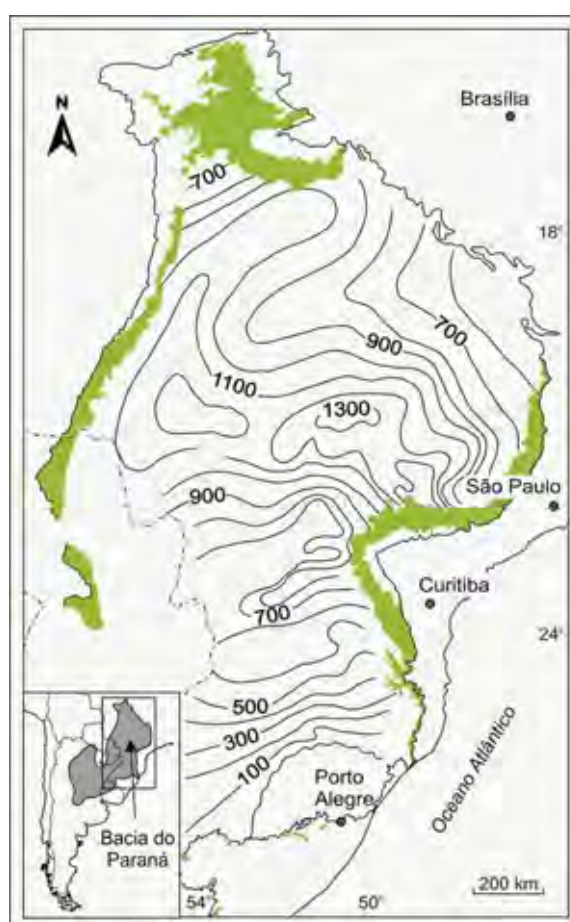


Figura 1: Mapa da Bacia do Paraná, com o Grupo Itararé representado em verde na sua faixa aflorante, sobreposto ao mapa de isópacas dessa unidade (modificado de França & Potter, 1988 e Vesely & Assine, 2006).

De idade neocarbonífera-eopermiana, o Grupo Itararé registra um dos mais importantes eventos de glaciação no tempo geológico, e um fenômeno climático de grande

impacto no continente Gondwana (FRAKES & CROWELL, 1969). Sua associação faciológica, essencialmente siliciclástica, compreende desde depósitos marinhos a glaciais rasos e fácies relacionadas a degelo, cujas intercalações indicam oscilações do nível de base.

O papel das geleiras nos processos tectono-sedimentares do Grupo Itararé é bastante evidente, sendo que são geradas fácies típicas como diamictitos, tilitos, folhelhos e ritmitos com clastos caídos (*dropstones*), além de superfícies estriadas e polidas.

O trabalho de Santos *et al.* (1996) interpreta flutuações complexas nas margens lobadas de massas de gelo afetando a Bacia do Paraná, provavelmente resultantes da interação de diversos fatores como topografia, tectonismo e natureza do substrato. Vários avanços foram reconhecidos por esses autores devido a presença de tilitos subglaciais sobre substratos cristalinos ou sedimentares deformados glacialmente, e pela presença de pavimentos de clastos estriados em níveis estratigráficos diferentes no Grupo Itararé.

A ocorrência de corpos areníticos espessos nessa unidade permitiu a acumulação de gás gerado pelos folhelhos marinhos devonianos (Sistema Petrolífero Ponta Grossa-Itararé), tornando-os potenciais reservatórios de hidrocarbonetos da Bacia do Paraná. Outras ocorrências relevantes de bens minerais incluem: carvão; argila para cerâmica; água mineral; diamante e ouro, estes dois últimos geralmente associados, e que, segundo Perdoncini *et al.* (1995), ocorrem devido à ação repetitiva de ciclos glaciais alternados por transporte fluvial.

Diversos trabalhos propõem a divisão do Grupo Itararé em unidades formais (BARBOSA & ALMEIDA, 1949; SCHNEIDER *et al.*, 1974; SOARES *et al.*, 1977; FRANÇA & POTTER, 1988; entre outros), entretanto ainda há controvérsias, especialmente na subdivisão dessa unidade em sua porção norte e sudeste, onde sua heterogeneidade faciológica lateral e vertical dificulta correlações estratigráficas mais abrangentes.

A faixa aflorante do Grupo Itararé no centro-leste do Estado de São Paulo oferece oportunidades para avanço no conhecimento de fácies sedimentares e indicadores de paleocorrentes, necessários para a reconstrução de sentidos de proveniência sedimentar e posicionamento de áreas-fonte da bacia.

Desta forma, o presente trabalho de conclusão de curso (TCC), desenvolvido na UNESP / Rio Claro, tem por meta contribuir para o conhecimento de processos e produtos sedimentares glacialmente influenciados do Grupo Itararé, bem como para a reconstrução paleogeográfica da Bacia do Paraná durante o Permocarbonífero.

2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

Frente aos estudos já realizados, este trabalho teve por objetivos principais investigar o Grupo Itararé nos afloramentos da região dos municípios de Itu, Salto e Porto Feliz. Envolveu a identificação e descrição das fácies sedimentares observadas em campo e que apresentaram indicadores de paleofluxo, suas associações genéticas, seu posicionamento no arcabouço estratigráfico do Grupo Itararé e as interpretações paleoambientais mais adequadas a essas associações, com a localização de prováveis áreas-fonte e depocentros.

A análise de fácies sedimentares e de paleocorrentes permitiu a obtenção de elementos para interpretações paleogeográficas em diferentes intervalos de tempo, possibilitando interpretações de proveniência de sedimentos. A correlação com dados de subsuperfície obtidos pelos perfis de poços da região oferece também a possibilidade de interpretações mais abrangentes e detalhadas de continuidade lateral e vertical de unidades reconhecidas em campo e com pouca exposição.

Além do avanço no conhecimento científico do Grupo Itararé, a realização do presente projeto justificou-se também pelos subsídios que traz aos programas de exploração de recursos energéticos, hidrogeológicos e minerais na bacia. Campos de gás como o de Barra Bonita (PR) foram descobertos em arenitos canalizados, devido ao estabelecimento de modelos sedimentares baseados em dados de paleocorrentes.

Depósitos minerais em bacias sedimentares, como a jazida de urânio da Formação Rio Bonito, no Estado do Paraná, e de diamantes em pláceres no Grupo Itararé em Tibagi (PERDONCINI *et al.*, 1995 e PERDONCINI, 1997), possuem controle paleogeográfico, demonstrando a importância do estudo de paleocorrentes, que auxiliam no reconhecimento da geometria e direções de proveniência, para a prospecção de minérios.

3 MÉTODOS E MEIOS

Pesquisa bibliográfica Essa etapa, realizada durante todo o trabalho, teve como objetivo a reunião de material disponível na literatura sobre o Grupo Itararé, especialmente na área de interesse (centro-leste do Estado de São Paulo), incluindo dados de estratigrafia, paleogeografia, modelos deposicionais e dados de subsuperfície. Trabalhos que discutem fácies foram utilizados para o reconhecimento destas em campo, e para auxiliar na interpretação dos processos envolvidos na geração destas.

Dados de paleocorrentes e de avanço e recuo glacial também foram coletados, a fim de serem comparados com os dados coletados em campo e contribuírem para interpretações de possíveis relações entre a dinâmica glacial e o paleofluxo responsável pela geração dos depósitos do Grupo Itararé.

Campanhas de campo Os trabalhos de campo, concentrados na região dos municípios de Itu, Porto Feliz e Salto, visaram a coleta de dados relevantes para identificar fácies sedimentares do Grupo Itararé, especialmente aquelas que fornecem dados de paleofluxo, e relações laterais e verticais entre associações de fácies, para a construção de modelos deposicionais e interpretações paleogeográficas, incluindo inferência de proveniência e depocentros.

Análise e interpretação de dados A análise conjunta de dados de superfície obtidos em etapa de campo e descritos na literatura foi desenvolvida especialmente para permitir a construção de modelos deposicionais, baseados nas associações de fácies, relações verticais e laterais entre elas, dados de paleofluxo e de direção de avanço e recuo do gelo.

A correlação desses dados com os de subsuperfície reunidos na etapa de pesquisa bibliográfica foi o passo seguinte, visando o posicionamento estratigráfico das associações de fácies encontradas e consequentemente seu empilhamento, para o reconhecimento de padrões descritos em outras localidades, onde dados de subsuperfície são mais abundantes e trabalhos de correlação entre estes e de superfície já foram realizados.

4 SÍNTESE DO ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO DO GRUPO ITARARÉ

Diferentemente de seus registros nos estados do Paraná e Santa Catarina, na região centro-leste de São Paulo o Grupo Itararé se encontra indiviso, devido à sua heterogeneidade de fácies e à pouca continuidade lateral de seus depósitos.

Sua faixa aflorante nesse estado é contínua, inserida na província geomorfológica denominada Depressão Periférica e alongada na direção NNE, com largura inicialmente entre 70 a 80km, adelgaçando-se para nordeste (Figura 2).

No vale do rio Mogi-Guaçu convencionou-se o limite entre o Grupo Itararé e a Formação Aquidauana, em contato interdigitado ainda pouco caracterizado. Como mencionado anteriormente, segundo Schneider *et al.* (1974) a Formação Aquidauana é parte

do Grupo Itararé, e portanto a passagem lateral entre essa Formação e as unidades descritas nas porções a sul (Formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul) ocorreria no Estado de São Paulo, onde mapeamentos realizados até o momento não permitem a divisão do Grupo Itararé.



Figura 2: Faixa aflorante do Grupo Itararé no Estado de São Paulo, com delimitação da área estudada (retângulo vermelho).

A Figura 3 apresenta a carta estratigráfica da Bacia do Paraná proposta por Milani *et al.* (2007), com destaque para a posição estratigráfica do Grupo Itararé. Pela carta é possível notar a grande heterogeneidade faciológica do Grupo Itararé, lateral e verticalmente. Também é possível notar que depósitos da base do Grupo são mais antigos na sua porção norte, indicando um *onlap* para sul, em preenchimento retrogradacional da bacia.

Daemon & Quadros (1970) foram os primeiros autores a apresentar um zoneamento bioestratigráfico para o Grupo Itararé, dividindo-o em três intervalos, nomeados G, H e I, baseando-se em dados de grãos de pólen apenas.

Dados paleontológicos reunidos em trabalho de Petri & Souza (1993) posicionam o início da deposição do Grupo Itararé durante o Westphaliano (Carbonífero Superior) e o fim no Kunguriano (Permiano Médio). O mesmo trabalho cita a transição gradual entre a parte superior do Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito, de acordo com dados litoestratigráficos.

O poço A – I.G. / 86 foi utilizado para análises palinológicas por Souza (1996) e Souza & Petri (1998), que identificaram formas de esporomorfos do Westphaliano.

Dados mais recentes entretanto vêm posicionando o Grupo Itararé em idades mais antigas. Holz *et al.* (2010), através de dados de palinomorfos, atribuem o início da sedimentação glaciônica durante o Carbonífero Superior (Moskoviano/Bashkiriano), e Souza (2006) posiciona o seu topo durante o Sakmario (Permiano Inferior).

Perfis geofísicos e litológicos de poços profundos são escassos na Bacia do Paraná como um todo, entretanto possuem a vantagem de um registro ininterrupto vertical da sequência sedimentar. A correlação destes dados com os de afloramento permitiu maior compreensão da sucessão temporal dos sedimentos e dos processos de transporte e deposição responsáveis por eles.

Vesely (2001) analisou conjuntamente afloramentos do nordeste do Paraná e poços a oeste, montando uma seção estratigráfica paralela ao *strike* deposicional da unidade. Os dados obtidos em ambas as análises apresentaram boa correlação, e permitiram a construção de um modelo para a área, utilizando-se da Estratigrafia de Sequências (VESELY & ASSINE, 2004). Entretanto, o mesmo trabalho não foi feito para o restante da bacia, uma vez que levantamentos desse tipo são escassos em outras localidades.

O contato inferior do Grupo Itararé é discordante sobre os sedimentos do Grupo Paraná (no sul do estado) ou sobre o embasamento cristalino. A área estudada está indicada na Figura 2, e se limita aos municípios de Salto, Itu e Porto Feliz.

As litofácies predominantes no Estado de São Paulo são siliciclásticas, de grande variação granulométrica, desde muito finas a conglomeráticas. Estas ocorrem em intercalações cíclicas relacionadas aos períodos de degelo e glaciação, e a progradações deltaicas. Gama Jr. *et al.* (1992) reconheceram dois tratos de fácies de ressedimentação na porção centro-leste do Estado de São Paulo. O trato confinado, representado por fácies de diamictitos organizados e desorganizados e arenitos estratificados e maciços, é identificado por feições erosivas na base dos depósitos. O trato não confinado, composto por diamictitos desorganizados, ritmitos gradados, várvidos e equivalentes deformados, possui hidrodinâmica de natureza essencialmente gravitacional.

Santos *et al.* (1996) descreveram a ocorrência de vários ciclos de avanço e recuo de geleiras, marcados por tilitos depositados sobre pavimentos e superfícies estriadas e pavimentos de clastos estriados em diversos níveis estratigráficos do Grupo Itararé.

Várias tentativas foram feitas para subdividir o Grupo Itararé no Estado de São Paulo. Barbosa & Almeida (1949) utilizaram por base perfis estratigráficos em rodovias e do poço de Araquá, no município de Águas de São Pedro, e o subdividiram, da base para o topo, nas formações Itu (“tilitos” Salto e Elias Fausto), Capivari, Gramadinho (“tilitos” Rafard e Mombuca), Tietê (“tilito” Jurumirim) (de origem glacial) e Itapetininga (sequência pós-glacial).

Soares *et al.* (1977) propuseram uma nova divisão, separando o Grupo Itararé em pacotes inferior, médio e superior. Entretanto, os referidos autores concluíram em seu trabalho que o reconhecimento destes em campo é dificultado pela repetição das litologias em todos os pacotes. Definiram, então, modelos a partir das associações genéticas de fácies, interpretando condições lacustres e flúvio-glaciais para a região sul do Estado de São Paulo e marinhas e deltaicas na porção centro-leste, interpretações estas corroboradas por Saad (1977) e Landim & Soares (1979).

Saad (1977) também propôs uma subdivisão informal para o Grupo Tubarão (Grupo Itararé e Formação Tatuí), na região centro-sul do Estado de São Paulo, em conjuntos: A) clásticos finos a grossos e diamictitos na base; B) predomínio de finos; C) clásticos finos associados a diamictitos e D) idêntico ao conjunto B, com predomínio de clásticos grossos nas porções a NE. O conjunto E equivale à Formação Tatuí e é composto por siltitos e arenitos finos.

Souza Filho *et al.* (1990) definiram seis sistemas deposicionais em três episódios. O primeiro episódio, subglacial, corresponde à glaciação que escultou o embasamento e depositou as sequências glaciais e periglaciais, mal preservadas na base do Grupo. O segundo, transgressivo, gerou leques subaquosos nas depressões do paleorrelevo, devido ao recuo das geleiras. O terceiro e final é representado por uma progradação deltaica rápida, gerando os depósitos mais importantes e expressivos no leste do Estado de São Paulo.

Medidas de paleocorrente feitas por Fuck (1966) indicam direção NW, corroborada por Arab (2008) em estudos de afloramentos e dados de subsuperfície da região de Limeira e Piracicaba.

Na área de interesse deste trabalho, os dados do poço perfurado em Itu (IT - I.G./85) e em Araçoiaba da Serra (A - I.G./86) (SALLUN FILHO *et al.*, 2009) (Figura 4) foram analisados. A seção estratigráfica atravessada pelo poço de Itu pode ser dividida em três sequências deposicionais principais, cujos limites são marcados por pelitos sobrepostos a materiais mais grossos. A primeira sequência inicia-se no contato com o embasamento. Seu

limite com a sequência seguinte está marcado pelo limite identificado pela subsequência 3 na figura. O limite entre as sequências 2 e 3 se encontra em torno de 115m de profundidade.

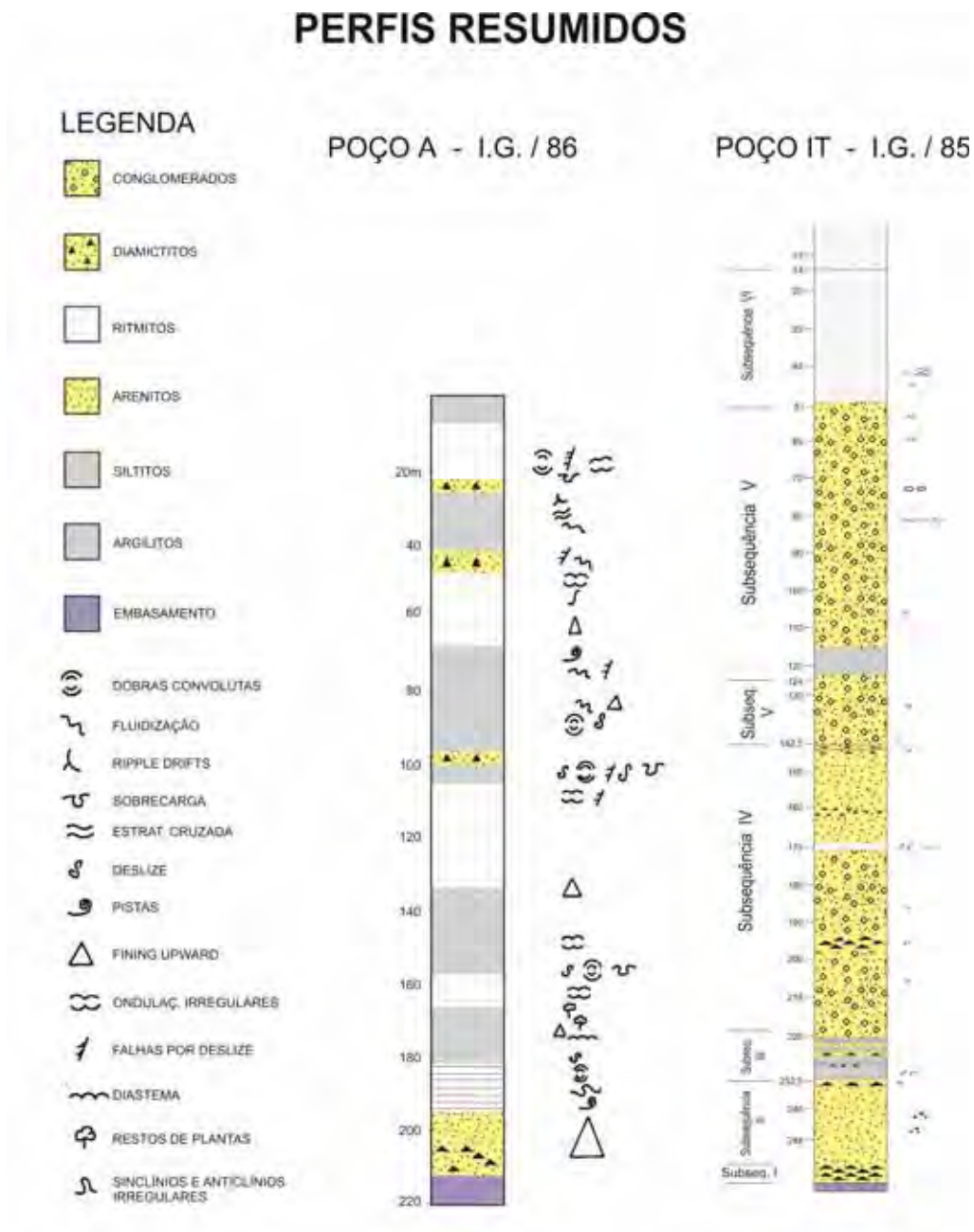


Figura 4: Perfis resumidos de Itu e Araçoiaba da Serra (Modificado de Sallun Filho et al., 2009).

A comparação com seções e perfis interpretados por França & Potter (1988) e Vesely & Assine (2006) indica que essas três sequências estão inseridas na Fm. Lagoa Azul e base da Formação Campo Mourão (unidades 1 e 2), como pode ser visto na Figura 5, por conta do

empilhamento. Esta correlação é corroborada por datações com palinomorfos (FRANÇA *et al.*, 1996; SOUZA *et al.*, 1999; SOUZA *et al.*, 2003).

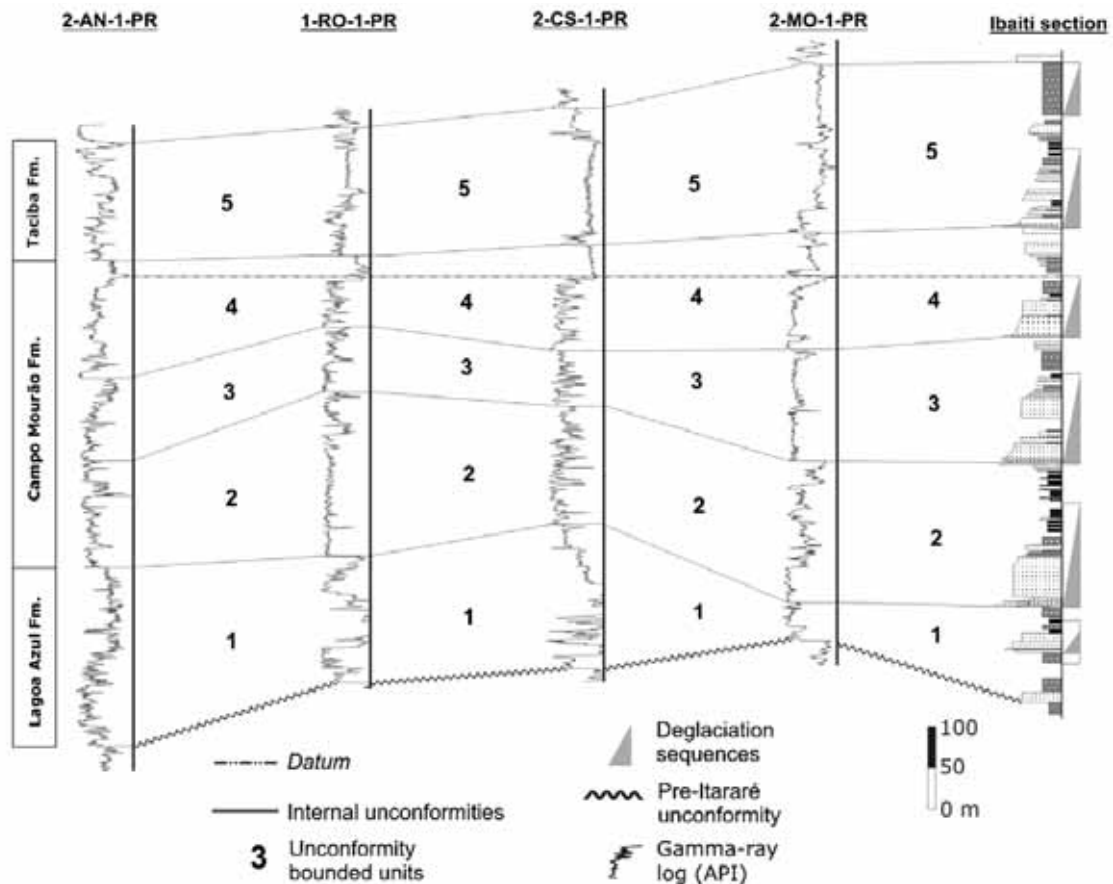


Figura 5: Seção do Grupo Itararé no Estado do Paraná (Vesely & Assine, 2006)

Os turbiditos/ritmitos de Itu podem ser correlacionados com o topo da unidade 2 ou da unidade 1, como visto na seção de Ibaiti, apresentada na mesma figura. Isso mostra que, apesar da heterogeneidade lateral de fácies e depósitos, é possível reconhecer ciclos deposicionais, com padrões reconhecíveis de empilhamento.

As evidências encontradas em campo e em subsuperfície por Vesely (2006), associadas à fauna marinha reconhecida em estudos paleontológicos da região reforçam modelos de deposição glácio-marinha para a área de estudo (EYLES *et al.*, 1985; POWELL & MOLNIA, 1989; MILLER, 1996), com lâmina d'água pequena e influência indireta do gelo e das águas de degelo.

Depósitos típicos de fluxos gravitacionais, folhelhos, ritmitos e fácies heterolíticas com clastos caídos e diamictitos retrabalhados são as evidências mais conclusivas de

sedimentação subaquosa (VESELY, 2006). Depósitos litorâneos também foram interpretados por esse autor, a partir de fácies com estratificação hummocky e marcas de onda.

Os processos sedimentares interpretados foram baseados em modelos deposicionais glaciais (RUST & ROMANELLI, 1975; BOULTON & DEYNOUX, 1981; EYLES *et al.*, 1985; MILLER, 1996), deltaicos/costeiros (como exemplo NEMEC, 1990; READING & COLLINSON, 1996; MUTTI *et al.*, 2003) e turbidíticos (por exemplo LOWE, 1979; MULDER & SYVITSKI, 1995).

Apesar dos modelos turbidíticos serem baseados em margens continentais com plataforma e talude, seus conceitos podem ser aplicados aos sistemas deposicionais do Grupo Itararé, levando-se em consideração os mecanismos de fluxo e reologia apenas, uma vez que os fluxos gravitacionais responsáveis pela geração desses depósitos podem ser resultados tanto pelo gradiente tectônico dos modelos de plataforma e talude quanto por fluxos hiperpicnais gerados por correntes de degelo ou por cheias (MULDER & SYVITSKI, 1995; RUSSELL & KNUDSEN, 1999; MUTTI *et al.*, 2003), deslizamentos de frente deltaica (HELLER & DICKINSON, 1985; PRIOR & BORNHOLD, 1989; NEMEC, 1990) e desestabilização em taludes deposicionais íngremes de leques subaquosos de *outwash* (LONNE, 1995).

A primeira síntese dos dados de proveniência foi apresentada por Rocha-Campos (1967). Frakes & Crowell (1969) propuseram a existência de quatro lobos glaciais durante a glaciação permocarbonífera: Kaokoveld, Paraná, Uruguai e Assunção. Santos *et al.* (1996) também sugerem a presença de três calotas polares com terminações lobadas atuando na Bacia do Paraná a partir do Carbonífero Médio. As estrias glaciais entretanto apresentam forte persistência para a direção NNW, o que não corrobora a existência de diversos lobos.

5 FÁCIES SEDIMENTARES

Os afloramentos visitados em etapa de campo estão indicados no mapa apresentado na Figura 6. O grande número de fácies presentes no Grupo Itararé é resultado das grandes variações nos processos de transporte e deposição relativos aos ambientes sedimentares envolvidos. A ação glacial é também responsável por grande influência nas fácies geradas nesses ambientes, afetando os processos deposicionais.

Os litotipos predominantes na área de estudos são arenitos, folhelhos/lamitos, ritmitos e diamictitos, com diversas estruturas internas. As fácies se repetem em padrões cíclicos,

observados em campo e nos perfis de poços, como também descrito na literatura. As fácies reconhecidas em campo e que apresentam estruturas indicativas de paleofluxo ou de avanço e recuo da geleira são descritas e discutidas a seguir, e relacionadas aos dados bibliográficos reunidos.

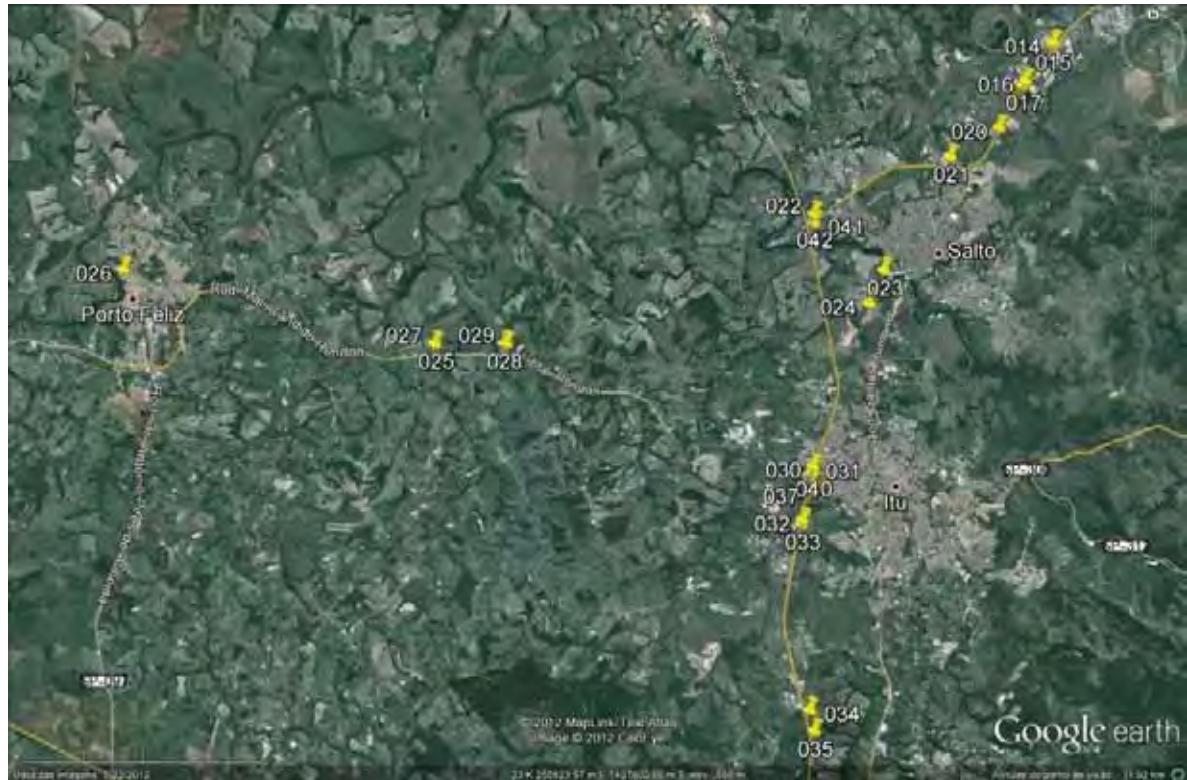


Figura 6: Localização dos pontos visitados durante a etapa de campo (Imagem do Google Earth).

5.1 DIAMICTITOS

Estas fácies ocorrem intercaladas com as demais, em corpos tabulares ou irregulares de material mal selecionado, matriz pelítica sustentando seus clastos e geralmente sem estrutura interna. Alguns desses diamictitos podem ser classificados como tilitos, devido sua provável origem glacial, especialmente no caso de tilitos de alojamento, como no Parque da Rocha Moutonnée, em Salto, SP (Figura 7). Clastos facetados são comuns, e podem estar estriados.

Além disso, essa unidade apresenta por vezes deformações plásticas sin-sedimentares, que podem caracterizar depósitos típicos de MTD (*Mass Transport Deposits*), como *slumps* e *slides*. Em alguns casos porém, como o afloramento localizado na Cerâmica Guaraú, em Salto (Ponto 24, Figura 8 e 9), também descrito por Pérez-Aguilar *et al.* (2009), as deformações podem ser resultado do avanço do gelo sobre os sedimentos, uma vez que sulcos, *grooves* e *ridges* podem ser observados em diferente níveis dos diamictitos. (Figura 10). Segundo Gama

Jr. et al. (1992), sua ocorrência marca o início do trato deposicional confinado, originados a partir de fluxos de detritos coesivos.



Figura 7: Rocha Moutonnée (Salto –SP), com tilitos de alojamento (à esquerda) em contato com a superfície estriada do granito.



Figura 8: Superfície de granito polida por ação glacial (Cerâmica Guaraú, Salto- SP).



Figura 9: Vista geral do afloramento na Cerâmica Guaraú, onde pode ser identificados o granito com a superfície polida (lado esquerdo da foto) e diamictitos posicionados imediatamente acima.



Figura 10: Diamictitos do mesmo afloramento da Figura 9, com *grooves* e *ridges* com direções concordantes com as medidas de estrias e sulcos na superfície da rocha Moutonnée.

5.2 ARENITOS COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA

Arenitos com estratificações cruzadas planares (Sp) ou acanaladas (St) ocorrem comumente associados a arenitos com *climbing ripples* (Sr) nos afloramentos visitados. A granulometria varia entre areia fina a grossa, e as laminações e estratos cruzados possuem espessuras geralmente entre poucos milímetros a até cerca de 5cm (Figura 11).

O contato basal dessas fácies é erosivo, em alguns casos criando canais nos sedimentos inferiores, como ilustrado na Figura 12. Essas fácies são produtos característicos de fluxos essencialmente trativos, com o transporte sedimentar quase totalmente como carga de fundo. Gama Jr. *et al.* (1992) citam sua origem como decorrente do decréscimo de velocidade dos fluxos coesivos de detritos responsáveis pela formação de diamictitos, em trato confinado.

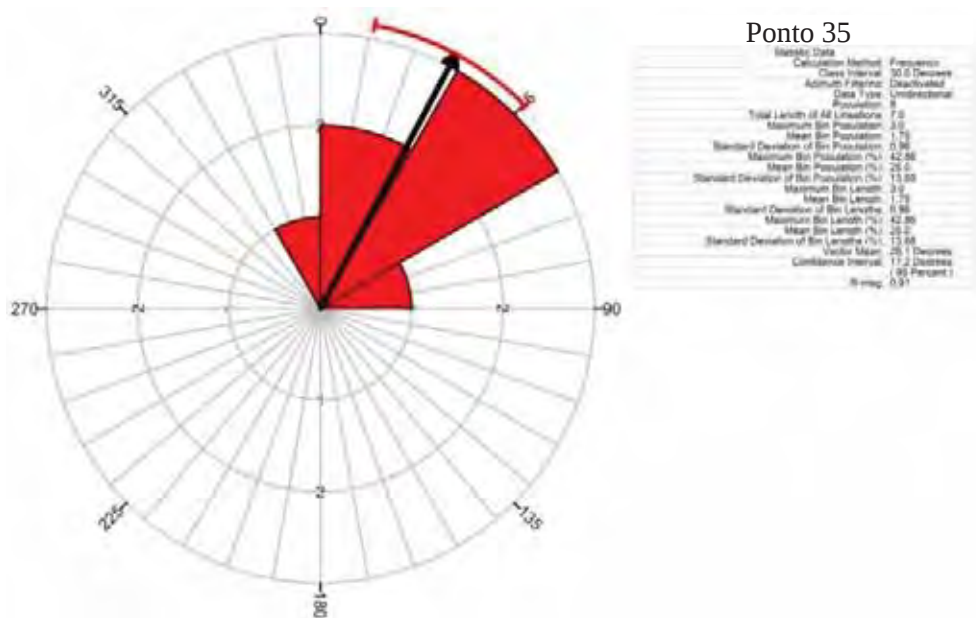
As paleocorrentes medidas nessa fácies, apresentadas nas rosetas da Figura 13 mostram direção geral de paleofluxo para NW (com ocorrências também para NE), consistente com dados presentes na literatura.



Figura 11: Estratificações cruzadas tabulares em arenitos grossos, com topo escavado por subsequentes fluxos erosivos (Ponto 26 - Parque das Monções, Porto Feliz).



Figura 12: Canal preenchido por arenitos grossos com estratificações cruzadas (ponto 26 - Parque das Monções, Porto Feliz – SP).



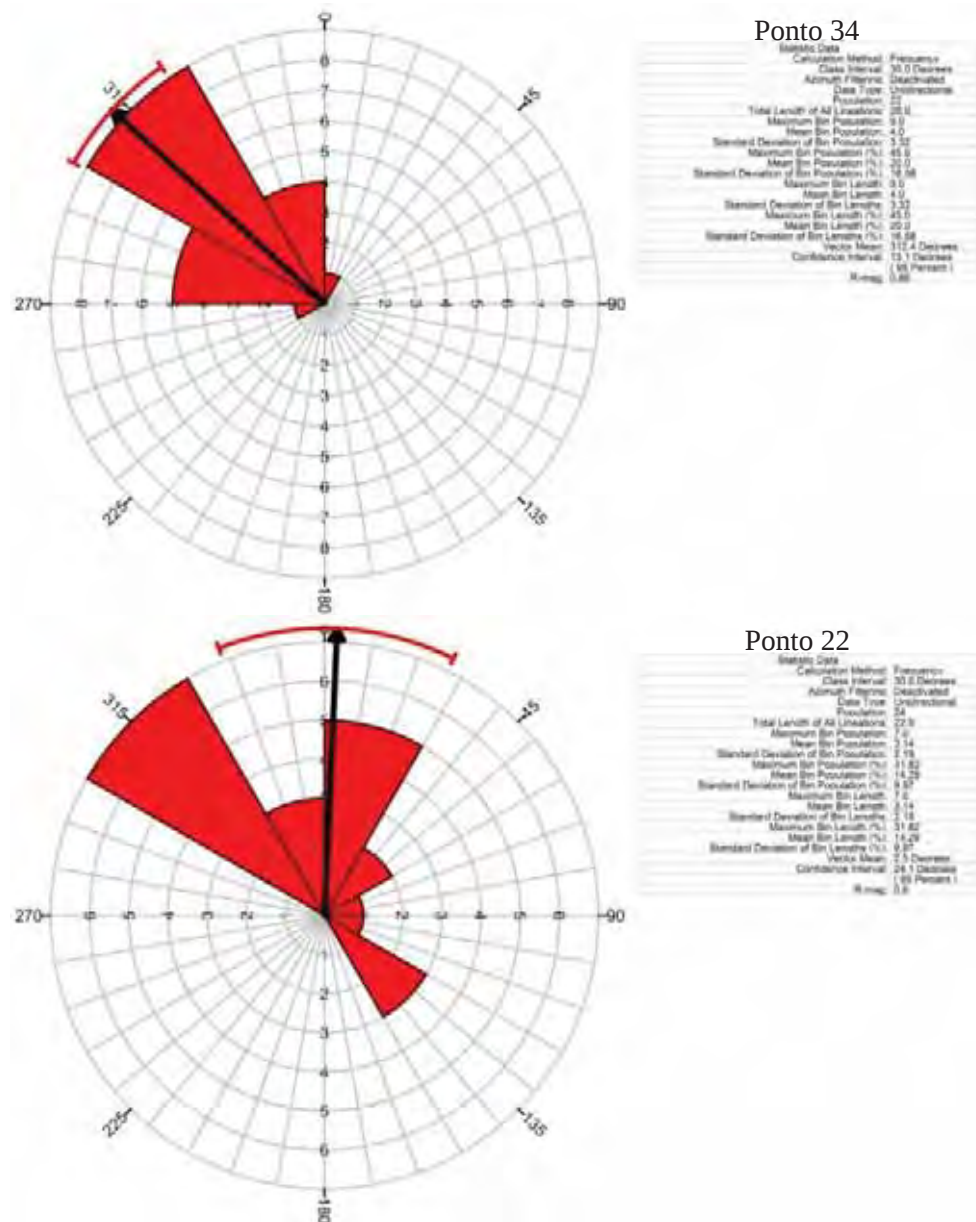


Figura 13: Rosetas de medidas de paleocorrentes efetuadas em arenitos com estratificações cruzadas.

5.3 ARENITOS COM CLIMBING RIPPLES

Os arenitos com *climbing ripples* (Sr), como os verificados em afloramentos em Itu (SP 075) e Porto Feliz (Pontos 26 e 35), são arenitos de granulometria fina a muito fina, com laminações cruzadas do tipo *climbing*, geralmente críticas a supercríticas (ângulo de *climbing* igual ou superior ao de inclinação do *stoss side* respectivamente) (Figura 14 e 15). Essas estruturas possuem amplitudes variando entre poucos milímetros a até 40cm. Clastos de lamitos (*rip-up clasts*) são frequentes na porção inferior, indicando caráter essencialmente erosivo da base dessa fácies. Podem ser observadas também feições rúpteis de compressão

(Figura 16). Além disso, transformações de fluxo são frequentes, com passagem de estratificações cruzadas a *climbings* (Figura 17).



Figura 14: Estratificações cruzadas do tipo *climbing ripples* (Parque das Monções, Porto Feliz).



Figura 15: Estratificações cruzadas do tipo *climbing ripples* (Parque das Monções, Porto Feliz).

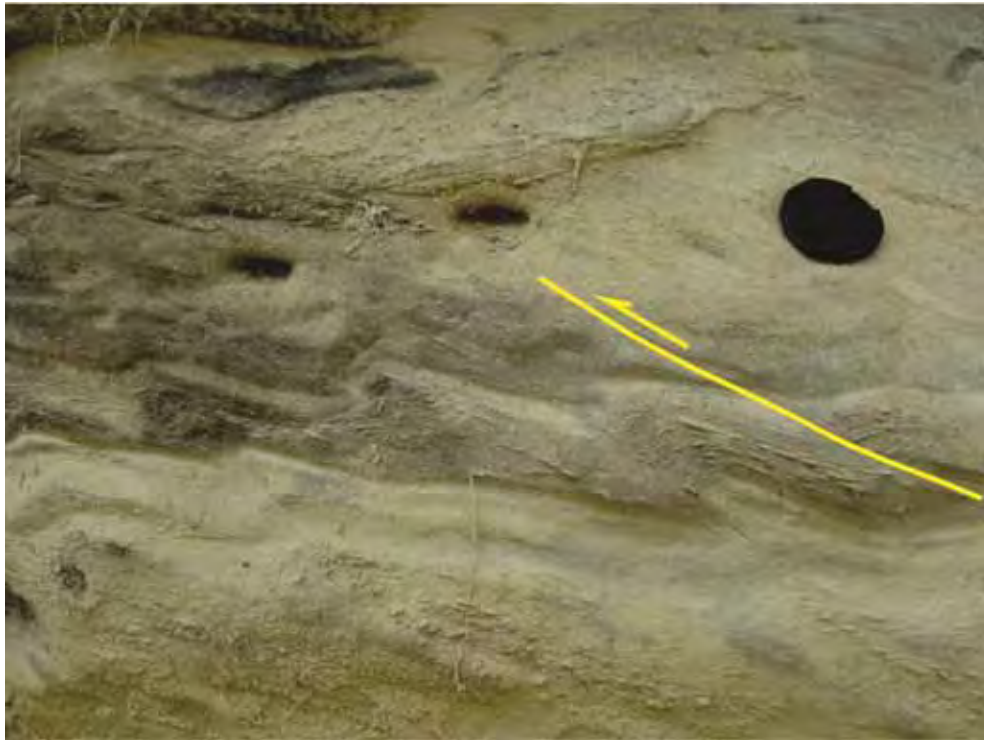


Figura 16: *Climbing ripples* com feições rúpteis de compressão (Parque das Monções, Porto Feliz).



Figura 17: Transformação de fluxo, com passagem de estratificações cruzadas a *climbings* (Parque das Monções, Porto Feliz).

Esse tipo de estrutura de corrente indica fluxo de densidade elevada, capaz de transportar carga de granulometria areia fina em suspensão, que é depositada durante a perda de velocidade do fluxo, em trajetória balística sobre os sedimentos de fundo. Isso cria lâminas que formam um padrão de sobreposição com elementos de crescimento vertical e horizontal.

Medidas de paleocorrentes coletadas nessa fácies indicam paleofluxo com vetores médios para NW e WNW, como indicado pelas rosetas da Figura 18.

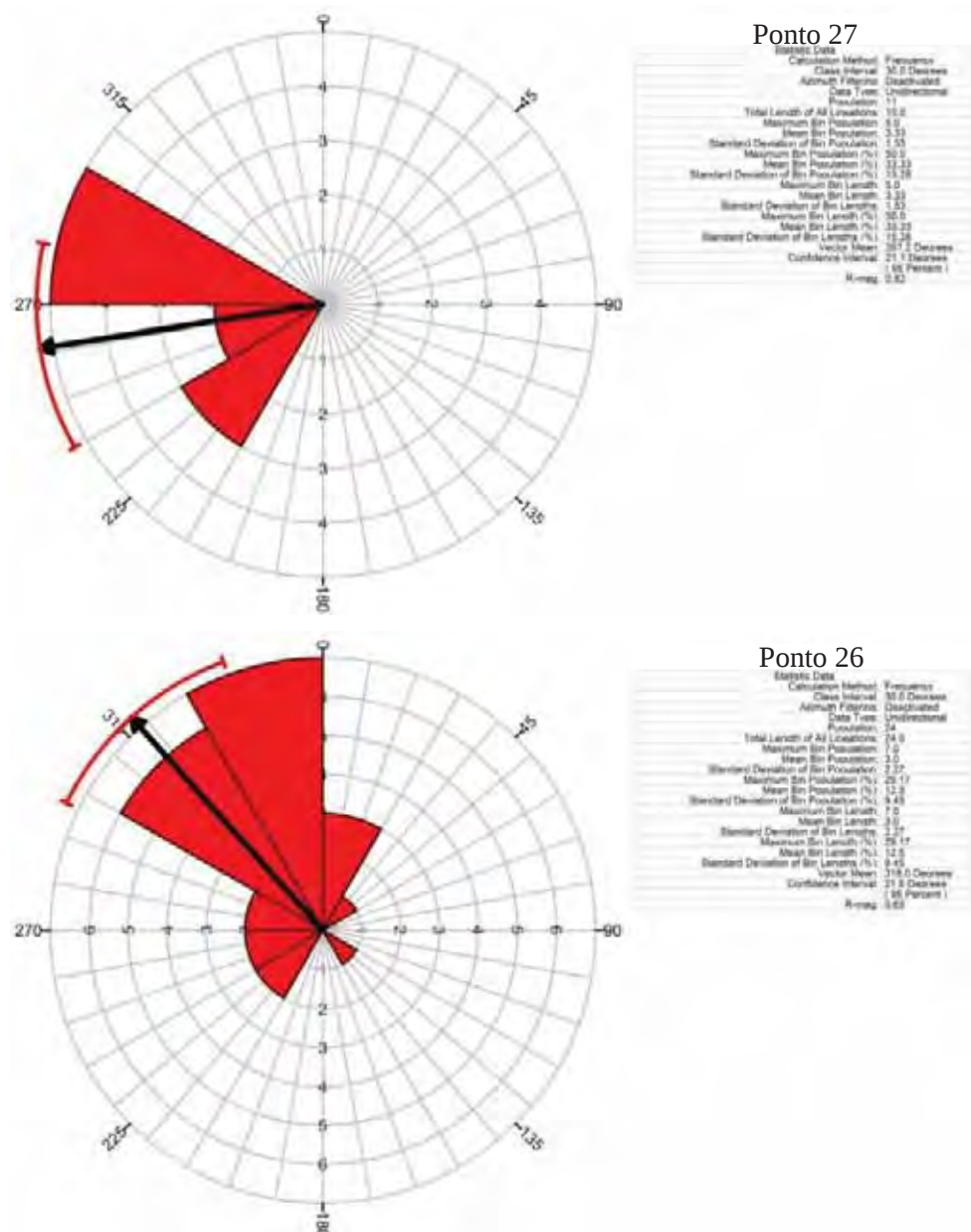


Figura 18: Rosetas com medidas de paleocorrentes em arenitos com *climbing ripples*.

5.4 TURBIDITOS

Os turbiditos descritos nos afloramentos visitados incluem aqueles denominados ‘várvidos’, no afloramento do Parque do Varvito, em Itu (Figura 19), devido à presença de marcas de corrente nos seus níveis arenosos.

Os turbiditos reconhecidos em afloramentos na região de Itu seguem o modelo de turbiditos de Bouma, com todos os níveis, exceto o A, quase sempre bem desenvolvidos (Figura 20 e 21).

Essas fácies são marcadas pela granodescrescência ascendente de corpos tabulares gradando de areias para pelitos, com grandes extensões laterais e espessuras variando geralmente desde 2cm até cerca de 50cm. Essa variação segue padrões rítmicos de espessamento e subsequente adelgaçamento para o topo, e denotam fases progradacionais e retrogradacionais de lobos turbidíticos.

Gama Jr. *et al.* (1992) descrevem essa fácies como o topo do trato não-confinado, gerada a partir de fluxos de detritos, correntes de turbidez de baixa concentração, decantação e deslizamentos.

Os ritmitos sem indicadores de corrente são raros na sequência, e trabalhos de datação de Franco *et al.* (2012) indicam que os ritmos não possuem intervalos anuais de repetição, derrubando a teoria de origem lacustre e condicionada por mudança de estações frias e quentes.



Figura 19: Vista geral do afloramento do Parque do Varvito, em Itu, SP.



Figura 20: Sets de turbiditos com diferentes espessuras (Parque do Varvito, Itu).



Figura 21: Sets de turbiditos com níveis de Bouma B, C, D e E bem caracterizados (Parque do Varvito, Itu).

A influência glacial é reconhecida devido à ocorrência de clastos caídos dispersos pelos afloramentos (Figura 22). Também são encontrados com certa frequência icnofósseis de invertebrados aquáticos bentônicos (Figura 23). Dois icnogêneros foram identificados por Fernandes *et al.* (1987) *Isopodichnos* e *Diplichnites*, possivelmente representando diferentes tipos de impressões do corpo do mesmo animal.



Figura 22: Clasto caído em turbiditos do afloramento do Parque do Varvito, em Itu.

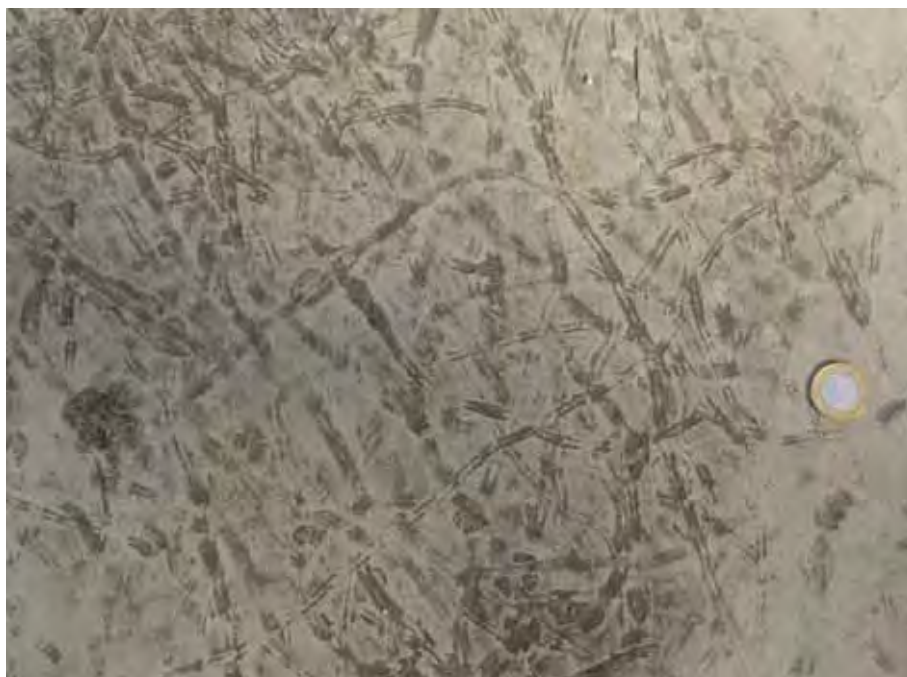


Figura 23: Icnofósseis encontrados nas superfícies dos sets turbidíticos no Parque do Varvito, Itu.

Medidas de paleocorrentes foram feitas nas laminações cruzadas e *climbing ripples* encontradas nesses turbiditos, e apresentam direção geral semelhante às demais, para NW, como pode ser observado na Figura 24.

Turbiditos proximais foram encontrados no ponto 35 (mapa de pontos, Figura 6). Estes são compostos apenas pelos níveis B e C de Bouma (raramente D), e possuem estratificações cruzadas tabulares, *climbing ripples* e feições de sobrecarga (Figuras 25 e 26). Os sets possuem espessuras variando desde 4cm até 15-20cm, com grandes extensões laterais.

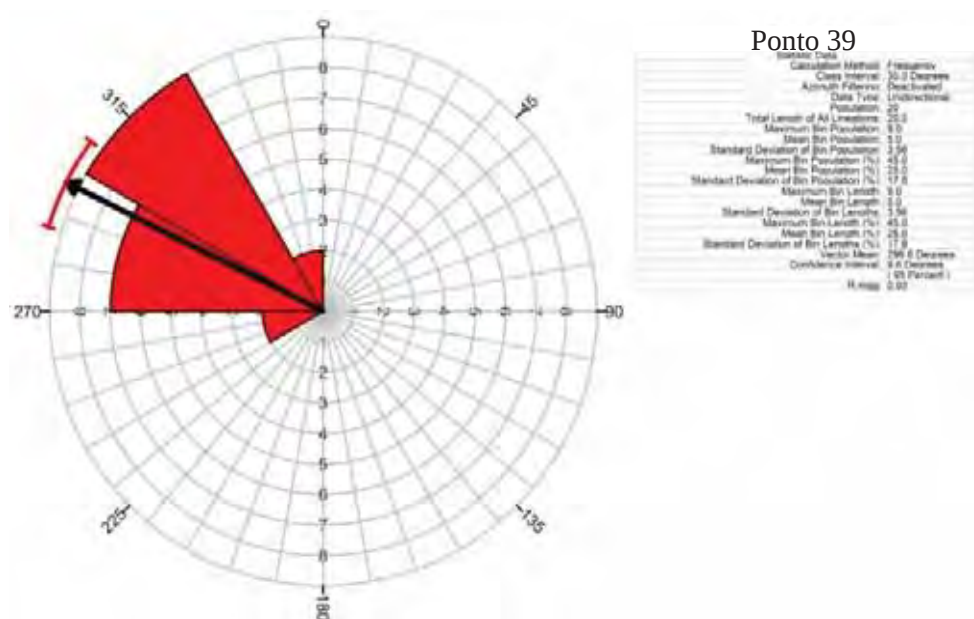


Figura 24: Roseta de medidas de paleocorrentes feitas nos níveis com laminações cruzadas e climbing ripples dos turbiditos no Parque do Varvito, Itu.



Figura 25: Turbiditos proximais, com níveis B e C de Bouma (Rodovia SP - 075, ponto 35, a sul do município de Itu).



Figura 26: Feições de sobrecarga, como estruturas em chama, nos sets turbidíticos. Rodovia SP-075, ponto 35 (a sul do município de Itu).

6 PALEOCORRENTES E PALEOGEOGRAFIA

No Estado de São Paulo os trabalhos de campo na faixa de afloramentos entre as cidades de Campinas e Sorocaba mostraram a predominância de vetores médios para o quadrante NW, tanto em fácies Sp/St quanto em fácies Sr. Fácies subaquosas como turbiditos e de acamamento lenticular com ondulações também fornecem dados de paleocorrentes com vetores nessa direção.

Estes dados são condizentes com as reconstruções de Souza Filho *et al.* (1990) para as partes inferior e média do Grupo Itararé na região de Campinas, que consideraram sentidos de fluxos subaquosos para NW e de progradação deltaica para W, respectivamente. O mapa da Figura 27 apresenta os diagramas em rosa das paleocorrentes medidas.

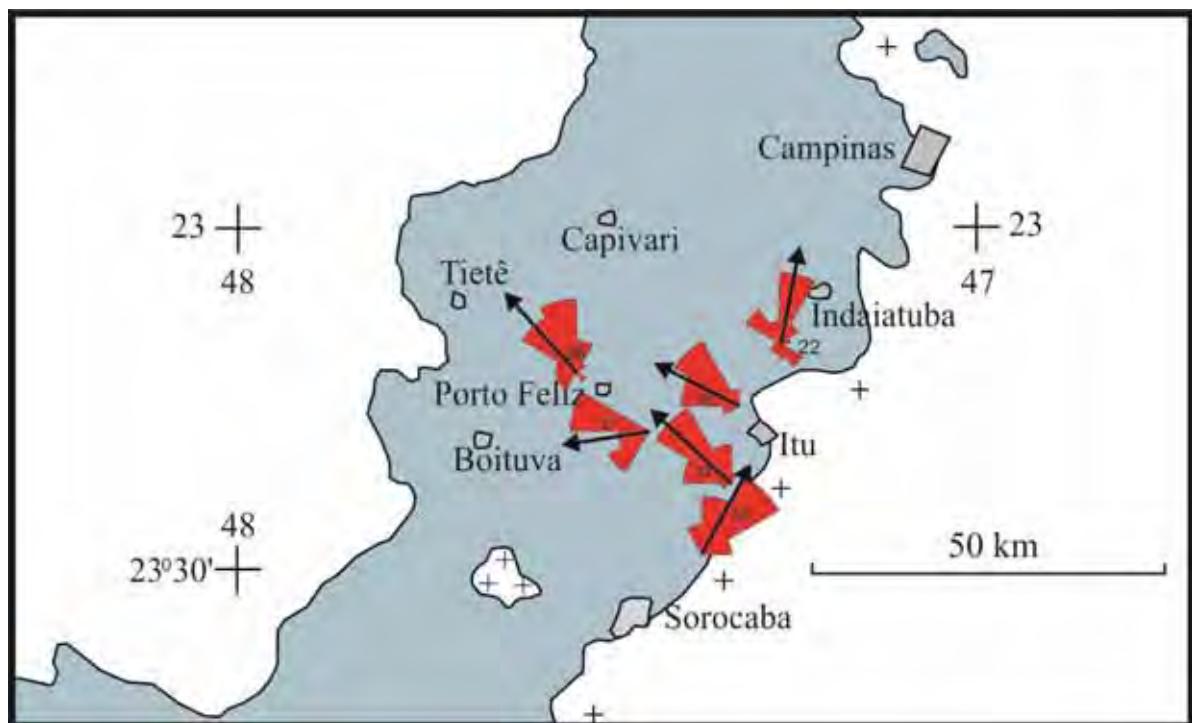


Figura 27: Mapa de paleocorrentes do Grupo Itararé no centro-leste da faixa aflorante no Estado de São Paulo.

As primeiras descrições de estrias glaciais associadas à glaciação permocarbonífera da Bacia do Paraná foram feitas por Barbosa (1940) e Carvalho (1940), identificando um pavimento estriado próximo a São Bento do Sul, Santa Catarina. O sentido do fluxo glacial proposto por Barbosa (1940) foi de sudeste para noroeste.

Em São Paulo, a rocha moutonneé granítica descoberta por Almeida (1948) em Salto possui estrias glaciais orientadas na direção NW. Superfícies estriadas dentro da sucessão glacial do Grupo Itararé são abundantes (BIGARELLA *et al.* (1967) no Estado do Paraná, Tomazelli & Soliani (1982) em duas localidades com estrias sobre diamictitos e arenitos no Rio Grande do Sul). O paleofluxo glacial interpretado para a área no Rio Grande do Sul foi para norte e para nordeste, segundo os azimutes 360° e 15° respectivamente.

Caetano-Chang *et al.* (1990) descreveram, no extremo sul do Estado de São Paulo, estrias sobre diamictitos da porção basal do Grupo Itararé. O reconhecimento de feições indicativas de movimento permitiu determinar paleofluxo para noroeste, segundo o azimute 330°.

Santos *et al.* (1992) também deduziram fluxo para noroeste de feições interpretadas como estruturas de arrasto de icebergs. Os sulcos foram observados sobre ritmitos da parte superior do Grupo Itararé na região de Trombudo Central, em Santa Catarina.

Gesicki (1996) relatou a existência de pavimentos estriados sobre arenitos da Formação Aquidauana, na borda noroeste da bacia. Os afloramentos descritos localizam-se na porção central do Estado de Mato Grosso do Sul e as estrias presentes indicam paleofluxo geral para noroeste (azimute médio 343).

O mapa da Figura 28 mostra as direções de fluxo interpretadas através de estrias glaciais no embasamento ou nos sedimentos do Grupo Itararé, e um quadro com uma lista indicando os autores de suas descobertas.

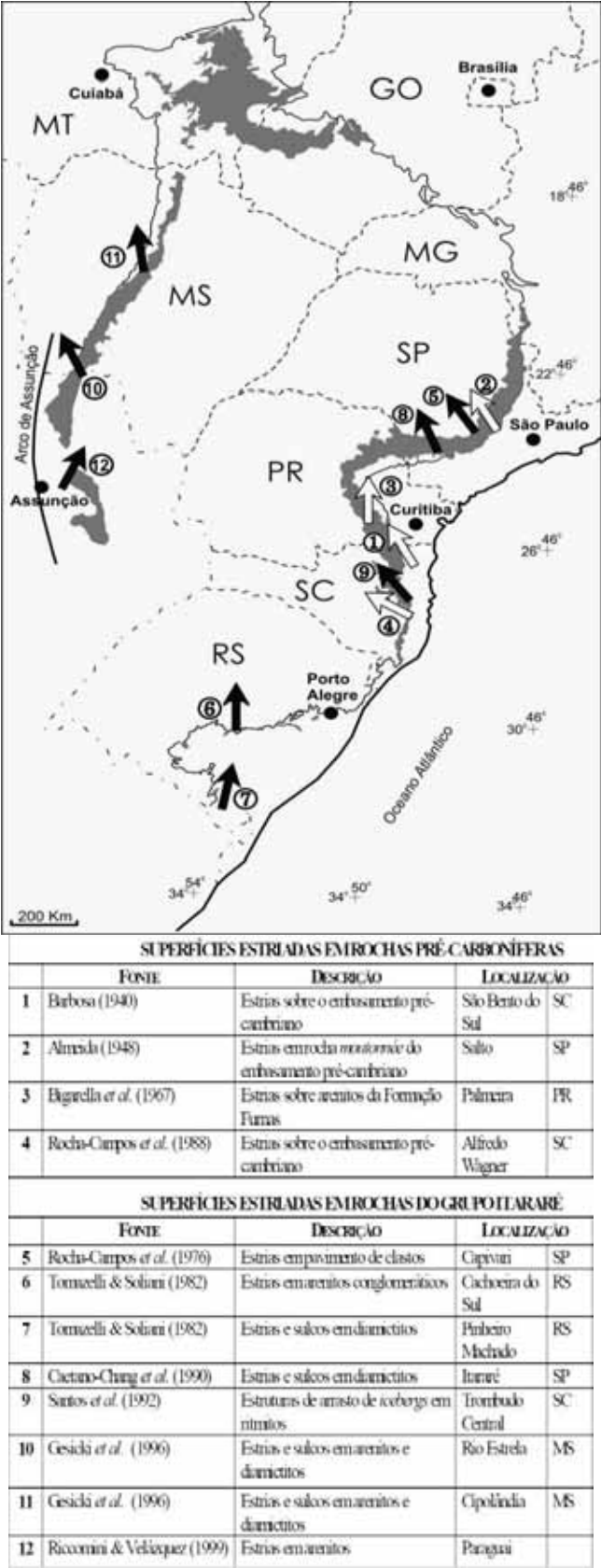


Figura 28: Mapa de estrias glaciais, com direção de fluxo glacial; setas pretas mostram estrias nos sedimentos do Grupo Itararé, setas brancas indicam estrias no embasamento. O quadro da figura mostra os autores que descobriram as feições. Extraído de Vesely & Assine, 2002

7 CONCLUSÕES

O trabalho realizado atingiu os objetivos propostos, contribuindo para o conhecimento geológico do Grupo Itararé no centro-leste do Estado de São Paulo, permitindo chegar às seguintes conclusões:

1) Os afloramentos estudados neste trabalho correspondem às sequências basais do Grupo Itararé (terço inferior) e pertencem à seção arenosa, que foi considerada Formação Itu por Petri *et al.* (1996), como pôde ser interpretado pela correspondência com dados de subsuperfície da região;

2) A região de Salto possui associações de fácies em contato com o embasamento estriado (Rocha Moutonnée) e polido (Cerâmica Guaraú), por vezes deformados e com marcas de avanço e recuo da geleira (*grooves* e *ridges*) (Cerâmica Guaraú);

3) O afloramento do Parque do Varvito (Itu) posiciona-se acima da sequência de Salto, representando o topo da Sequência 1 ou 2 de Vesely & Assine (2006), compondo seção de ritmitos com intercalações de camadas de turbiditos de Bouma. Esses turbiditos podem ser associados ao recuo da geleira;

4) Afloramentos em Porto Feliz, especificamente no Parque das Monções localizam-se estratigraficamente acima dos turbiditos de Itu, e apresentam diversas transformações laterais de fluxo, ora com predomínio de fluxos trativos, com estratificações cruzadas, ora com fluxos com elevada capacidade de transporte de carga em suspensão, gerando estruturas tipo *climbing*. O caráter trativo com feições erosivas na base desses fluxos corrobora a interpretação de Gama Jr. *et al.* (1992), que interpreta os afloramentos descritos em Porto Feliz como parte do trato deposicional confinado;

5) As paleocorrentes medidas apresentam direção média de paleofluxo consistente com as descrições na literatura, de direção para NW. Associando-se a esses dados a direção predominante de estrias glaciais e indicadores de movimentação da geleira para o mesmo quadrante sugerem relação entre a direção dos fluxos e os avanços e recuos glaciais. As fácies descritas são produtos do retrabalhamento por águas de degelo, contemporâneas aos recuos glaciais ou ao máximo avanço glacial/início do degelo, a partir do qual não existiriam subsequentes avanços capazes de remover esses sedimentos;

6) Os trabalhos de campo associados aos dados bibliográficos reunidos permitiram a descrição de fácies típicas de ambientes glacialmente influenciados, principalmente relacionadas ao degelo. Tilitos reconhecidos em campo se restringem a corpos de pequena

expressão, associados a superfícies estriadas e polidas do embasamento, como a Rocha Moutonnée, em Salto – SP.

REFERÊNCIAS

- Almeida, F. F. M. 1948. A "Roche Moutonnée" de Salto, Estado de São Paulo. *Boletim Geologia e Metalurgia*, 5: 112-118.
- Arab, P.B. 2008. Contribuição ao estudo das litofácies do Grupo Itararé (P-C da Bacia do Paraná) nas regiões de Limeira e Piracicaba-SP. Trabalho de Graduação, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 68 p.
- Barbosa, O. 1940. Estrias produzidas por gelo permi-carbonífero. *Mineração e Metalurgia*, 4: 272-273.
- Barbosa, O.; Almeida, F. F. M. 1949. A Série Tubarão na bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo. *Boletim DNPM-DGM*, v. 48, 16p.
- Bigarella, J. J.; Salamuni, R.; Fuck, R. A. 1967. Striated surfaces and related features developed by Gondwana ice sheets (State of Paraná, Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 3: 265-276.
- Boulton, G.S. & Deynoux, M. 1981. Sedimentation in glacial environments and the identification of tills and tillites in ancient sedimentary sequences. *PRECAMBRIAN RESEARCH*, 15: 397-422.
- Caetano-Chang, M. R.; Oliveira, J. P.; Brighetti, J. M. P. 1990. Pavimento estriado em rochas do Subgrupo Itararé ao longo do Rio Piritubinha, sul do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 20: 333-335.
- Carvalho, P. F. 1940. Estrias glaciais em granodiorito sotoposto ao Gondwana de Santa Catarina. *Mineração e Metalurgia*, 4: 271-272.
- Daemon, R. F.; Quadros, L.P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE Geologia, 24, Anais, p. 359-412
- Eyles, C.H., Eyles, N., Miall, A.D. 1985. Models of glaciomarine sedimentation and their application to the interpretation of ancient glacial sequences. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 51, 15-84.
- Fernandes, A.C.S.; Carvalho, I.S.; Neto, R.G. 1987. Comentários sobre os traços fósseis do paleolago de Itu, São Paulo. In: Simpósio Regional de Geologia, 6, Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo São Paulo. Anais, 1:297-311.
- Franco, D. R.; Hinnov, L. A.; Ernesto, M. 2012. Millennial-scale climate cycles in Permian–Carboniferous rhythmites: Permanent feature throughout geologic time?. *Geology*, January, v. 40; n. 1, p. 19-22.
- França, A. B.; Potter, P. E. 1988. Estratigrafia, Ambiente Depositional e Análise de Reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1). *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 2 (2/4). Rio de Janeiro.
- França, A.B.; Winter, W.R.; Assine, M.L. 1996. Arenitos Lapa-Vila Velha: um modelo de trato de sistemas subaquosos canal-lobos sob influência glacial, Grupo Itararé (C-P), Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 26: 43-56.
- Frakes, L.A. & Crowell, J.C. 1969. Late Paleozoic Glaciation: I South America. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 80(6): 1007-1042.
- Fuck, R.A. 1966. Nota explicativa da folha geológica de Quero-Quero. *Boletim Da Universidade Federal Do Paraná (Geologia)*, 19: 1-21.

- Gama Jr., E.G.; Perinotto, J.A.J.; Ribeiro, H.I.P.S. & Padula, E.H. 1992. Contribuição ao estudo da ressedimentação no Subgrupo Itararé: tratos de fácies e hidrodinâmica deposicional. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(2): 228-236.
- Gesicki, A. L. D. 1996. Geologia da Formação Aquidauana (Neopaleozóico, Bacia do Paraná) na Porção Centro-Norte do Estado do Mato Grosso do Sul. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 126p.
- Heller, P.L. & Dickinson, W.R. 1985. Submarine ramp facies model for delta-fed, sand-rich turbidite systems. *American Association Of Petroleum Geologists Bulletin*, 69: 960-976.
- Holz, M., França, A. B., Souza, P. A., Iannuzzi, R., Rohn, R. 2010. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. *Journal of South American Earth Sciences*, 29. p. 381-399
- Landim, P.M.B. & Soares, P.C. 1979. Mapeamento Faciológico do Grupo Tubarão. São Paulo, Convênio DAEE-UNESP. (Rei. Final).
- Lonne, I. 1995. Sedimentary facies and depositional architecture of ice-contact glaciomarine systems. *Sedimentary Geology* 98, 13-43.
- Lowe, D. R. 1979. Sediment gravity flows: their classification and some problems of application to natural flows and deposits. In: Doyle, L. J. & Pilkey, O. H. (ed.) *Geology of Continental Slopes*. Tulsa, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 27, 75-82.
- Milani, E. J.; Melo, J. H. G., Souza, P. A.; Fernandes, L. A.; França, A. B. 2007. Bacia do Paraná. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287.
- Miller, J.M.G. 1996. Glacial Sediments. In: H.G. Reading (ed.) *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Oxford. Blackwell Science, p. 454-484.
- Mulder, T. & Syvitski, J.P.M. 1995. Turbidity currents generated at river mouths during exceptional discharges to the world oceans. *Journal Of Geology* 104, 509-523.
- Mutti, E., Tinterri, R., Benevelli, G., Di Biase, D., Cavanna, G. 2003. Deltaic, mixed and turbidite sedimentation of ancient foreland basins. *Marine And Petroleum Geology* 20, 733-755.
- Nemec, W. 1990. Aspects of sediments movements on steep delta slopes. In: Colella, A. & Prior, D. B. (ed.) *Coarse-Grained Deltas*. International Association Of Sedimentologists (Special Publication 10), 29-73.
- Perdoncini, L. C.; Soares, P. C. & Bizzi, L. A. 1995. Diamonds associated with the Permo-Carboniferous glacial deposits in the Paraná Basin. In: *International Kimberlite Conference 6*, Novosibirsk. Extended Abstract..p.436-438.
- Perdoncini L. C. 1997. Diamantes do rio Tibagi, Paraná: fonte no Grupo Itararé?. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Dissertação de Mestrado, 164 p.
- Pérez-Aguilar, A., Petri, S., Hypólito, R., Ezaki, S., Souza, P. A., Juliani, C., Monteiro, L.V.S.; Moschini, F. A. 2009. Superfícies estriadas no embasamento granítico e vestígio de pavimento de clastos neopaleozóicos na região de Salto, SP. *Revista Escola de Minas*, 62(1), 17-22.
- Petri, S., Souza, P.A. 1993. Síntese dos conhecimentos e novas concepções sobre a bioestratigrafia do Subgrupo Itararé, bacia do Paraná, Brasil. *Rev. Inst. Geol.*, v.14,n.2, p.7-18.
- Petri, S.; Vieira, P. C.; Oda, G. H.; Botelho, P. F. 1996. O Subgrupo Itararé, Permocarbonífero da Região do Médio Tietê, Estado de São Paulo: Estudos em Subsuperfície. *Ver. IG*, São Paulo, 17 (1/2), p. 63-78.

- Powell, R.D., Molnia, B.F. 1989. Glacimarine sedimentary processes, facies, and morphology of the south-southeast Alaska Shelf and fjords. *Marine Geology* 85, 359-390.
- Prior, D.B. & Bornhold, B.D. 1989. Submarine sedimentation on a developing Holocene fan delta. *Sedimentology*, 36: 1053-1076.
- Reading, H.G. & Collinson, J.D. 1996. Clastic Coasts. In: Reading, H.G. (ed.) *Sedimentary Environments: process, facies and stratigraphy*. Blackwells, UK, 154-231.
- Rocha-Campos, A.C. 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin. In: Bigarella, J.J.; Becker, R.R. Pinto, I.D. eds. *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba, IG/UFPR. p. 27-102.
- Russell, A.J. & Knudsen, O. 1999. An ice-contact rhythmite (turbidite) succession deposited during the November 1996 catastrophic outburst flood (jökulhlaup), Skeiðararjökull, Iceland. *Sedimentary Geology*, 127: 1-10.
- Rust, B.R. & Romanelli, R. 1975. Late Quaternary subaqueous outwash deposits near Ottawa, Canada. In: A.V. Jopling & B.C. McDonald (ed.). *Glaciofluvial And Glaciolacustrine Sedimentation*. Tulsa. SEPM, 177-192.
- Saad, A.R. 1977. Estratigrafia do Subgrupo Itararé no Centro e Sul do Estado de São Paulo. São Paulo. 107 p. (Dissertação de Mestrado, IG/USP).
- Sallun Filho, W.; Sallun, A. E. M.; Teixeira, A. L.; Negri, F.A.; Azevedo Sobrinho, J. M. 2009. Geologia de subsuperfície do Estado de São Paulo - 75 anos de levantamentos do Instituto Geológico (1932-2007). 1. ed. São Paulo: Instituto Geológico, v. 1. 2738p.
- Santos, P.R. dos, 1987. Fácies e evolução paleogeográfica do Subgrupo Itararé/Grupo Aquidauana (Neopaleozóico) na Bacia do Paraná, Brazil. Thesis. Inst. Geociências. Univ. São Paulo, 128 pp.
- Santos, P. R., Rocha-Campos, A. C., Canuto, J. R. 1996. Patterns of Late Palaeozoic Deglaciation in the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 125. p. 165-184.
- Santos, P. R.; Rocha-Campos, A. C.; Canuto, J. R. 1992. Estruturas de arrasto de ice-burges em ritmitos do Subgrupo Itararé (Neo-Paleozóico), Trombudo Central, SC. *Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (Série Científica)*, 23: 1-18.
- Schneider, R.L.; Muhlmann, H.; Tommasi, E.; Medeiros, R.A.; Daemon, R.A.; Nogueira, A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 28, 1974, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974, v. 1, p. 41-65.
- Soares, P.C.; Landim, P.M.B.; Sinelli, O.; Wernick, E.; Wu, F.T.; Fiori, A.P. 1977. Associações litofaciológicas do Subgrupo Itararé e sua interpretação ambiental. *Rev. Bras.Geoc.*, 7(2):131-149.
- Souza, P.A. 1996. Palinologia e bioestratigrafia do Subgrupo Itararé em Araçoiaba da Serra (Westphaliano, Bacia do Paraná), Estado de São Paulo, Brasil. São Paulo: 192p. 12 est., Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências/Universidade de São Paulo.
- Souza, P. A. 2006. Late Carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 138 (1). p. 9-29
- Souza, P. A., Vesely, F. F.; Assine, M. L. 1999. Contribuição Palinológica Ao conhecimento do Subgrupo Itararé na Serra dos Paes, sul do Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Geológico*, 20: 21-27.

- Souza, P.A.; Petri, S. 1998. Reworked palynomorphs in the Upper Carboniferous sediments at Araçoiaba da Serra (Itararé Subgroup, Paraná Basin), State of São Paulo, Brazil. *Ameghiniana*, Buenos Aires, 35(4):379-385.
- Souza, P. A.; Petri, S.; Dino, R. 2003. Late Carboniferous palynology, Itararé Subgroup (Paraná Basin) at Araçoiaba da Serra, São Paulo State, Brazil. *Palynology*, 27.
- Souza Filho, E.E.; Stevaux, J.C. & Landim, P.M.B. 1990. Estratigrafia genética do Subgrupo Itararé (PC) na região de Campinas (SP). In: Congresso Brasileiro De Geologia, 36, Natal, Anais... Natal- RN, SBG, v.1, p. 107- 123.
- Tomazelli, L. J. & Soliani, E. 1982. Evidências de atividade glacial no Paleozóico Superior do Rio Grande do Sul, Brasil. In: 32º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, v.4, p.1378-1391.
- Vesely, F. F. 2001. Análise de Sequências em Sucessões Glaciais: Estudo de Caso no Grupo Itararé (C-P), Nordeste do Estado do Paraná. Rio Claro. 119 p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista).
- Vesely, F. F. 2006. Dinâmica Sedimentar e Arquitetura Estratigráfica do Grupo Itararé (Carbonífero-Permiano) no Centro-Leste da Bacia do Paraná. 226 p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Paraná).
- Vesely, F. F.; Assine, M. L. 2004. Sequências e tratos de sistemas deposicionais do Grupo Itararé, norte do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 34, p. 219-230.
- Vesely, F. F.; Assine, M. L. 2006. Deglaciation sequences in the Permo-Carboniferous Itararé Group, Paraná Basin, southern Brazil *Journal of South American Earth Sciences*, Volume 22, Issues 3–4, Pages 156–168.