UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DO GRUPO MARICÁ, NEOPROTEROZÓICO PRÉ-600 Ma DO RIO GRANDE DO SUL

Ana Paula de Meireles Reis Pelosi

Orientador: Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

São Paulo
2005

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DO GRUPO MARICÁ, NEOPROTEROZÓICO PRÉ-600 Ma DO RIO GRANDE DO SUL

ANA PAULA DE MEIRELES REIS PELOSI

Orientador: Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar

TESE DE DOUTORAMENTO

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
T4222
U. S. P.

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Dr. Antonio Romalino S. Fragoso Cesar	Romalino Fragoso Cesar
Examinadores:	Prof. Dr. Claudio Riccomini	
	Prof. Dr. Ricardo da Cunha Lopes	
	Prof. Dr. Setembrino Petri	
	Prof. Dr. Vicente José Fulfaro	Vicente José Fulfaro

SÃO PAULO
2005

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC
30900016051

EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DO GRUPO MARICÁ, NEOPROTEROZÓICO PRÉ - 600Ma DO RIO GRANDE DO SUL

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
T4222
U. S. P.

Ana Paula de Meireles Reis Pelosi

Orientador: Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

São Paulo
2005

À memória de meu Pai,

Ronaldo Pelosi....

Resumo

O Grupo Maricá corresponde à primeira unidade de cobertura do Rio Grande do Sul isenta de metamorfismo regional. Seus depósitos ocorrem por toda a borda ocidental de sua bacia —Bacia do Camaquã— estando no geral em contato por falha e, localmente, por discordância litológica com as unidades do Terreno Rio Vacacaí. De acordo com dados geocronológicos deste terreno pode-se inferir que a idade do Grupo Maricá é inferior a 620Ma—idade mínima do embasamento— e anterior a 600Ma— idade máxima de unidades posteriores.

O objetivo da presente Tese de Doutoramento foi o estudo da evolução paleogeográfica desta sucessão basal da Bacia do Camaquã através do mapeamento 1:100. 000 de todas suas áreas de ocorrência no Rio Grande do Sul, da descrição de suas assembléias litofaciológicas, da interpretação de seus sistemas e seqüências deposicionais, além do reconhecimento de suas áreas fontes através de análises de proveniência, paleocorrentes e estudos geocronológicos das principais áreas fontes.

O mapeamento geológico do Grupo Maricá permitiu a separação de três unidades litoestratigráficas: (i) Formação Passo da Promessa, (ii) Formação São Rafael e (iii) Formação Arroio América. Estas formações foram reconhecidas em todas as áreas de ocorrência do Grupo Maricá e representam o desenvolvimento de duas seqüências deposicionais (Seqüência Maricá Inferior e Seqüência Maricá Superior), que possivelmente representam dois ciclos de elevação e rebaixamento do nível do relativo do mar.

A Formação Passo da Promessa compreende depósitos de arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada, localmente contendo níveis de conglomerados, interpretados como formados por um sistema de planície fluvial de canais entrelaçados (Associação de Fácies Passo da Promessa). Estes depósitos fluviais apresentam um elevado grau de maturidade textural de sua carga clástica e paleocorrentes que apontam um transporte sedimentar predominantemente de S para N.

As fácies encontradas na Formação São Rafael foram reunidas em três associações que representam distintos sub-ambientes de uma plataforma marinha. A Associação de Fácies Passo do Salsinho compreende depósitos de ritmitos arenosos tabulares, interpretados como formados por correntes de turbidez em ambientes de costa afora. A Associação de Fácies Lavras do Sul caracteriza-se por ritmitos arenosos e heterolíticos interpretados como formados em ambientes de face litorânea, devido à presença de diversas estruturas sugestivas da atuação de ondas normais e, até mesmo, de tempestade. A Associação de Fácies Três Estradas, que diferentemente das demais associações, ocorre de forma muito restrita, é composta por depósitos de ritmitos arenosos e pelíticos interpretados como formados em ambientes de águas rasas (antepraia), com alguns indícios de atuação de correntes de maré.

A unidade de topo, Formação Arroio América, quase que essencialmente formada por arenitos, arenitos conglomeráticos e conglomerados, com exceção de dois níveis de ritmitos arenosos e pelíticos, é interpretada como formada por um sistema de planície fluvial de canais entrelaçados. As paleocorrentes apontam sentido de transporte para NE e NW. Seus fragmentos, assim como na unidade basal, também são caracterizados por apresentarem um elevado grau de maturidade textural.

Os estudos de proveniência, paleocorrentes, petrográficos e geocronológicos dos fragmentos da fração calhau revelaram que as principais áreas fontes do Grupo Maricá eram compostas por álcalis feldspato granitos, tonalitos e milonitos graníticos com idades do Arqueano e Paleoproterozóico, além de uma contribuição pouco significativa de quartzo de veio, quartzitos e rochas vulcânicas ácidas e intermediárias. De acordo com estes dados, e com as paleocorrentes que vêm de sul, acredita-se que o Cráton Rio de La Plata e, possivelmente, o embasamento do Cinturão Dom Feliciano no Uruguai foram as entidades tectônicas que serviram de fonte para os depósitos aluviais desta unidade.

As características litofaciológicas, o padrão de empilhamento dos sistemas deposicionais, a maturidade textural e a área fonte cratônica revelaram que a Bacia do Camaquã, durante o desenvolvimento do Grupo Maricá, era ampla e se desenvolveu em uma ambiente tectonicamente estável, sem evidência de atividade orogênica contemporânea. Estes elementos reafirmam a independência tectônica desta bacia frente às atividades tectônicas relacionadas à Orogenia Brasiliana na região. Conseqüentemente, permitem interpretara a Bacia do Camaquã durante a deposição do Grupo Maricá como uma bacia intracratônica.

Abstract

The Maricá group contains the first unmetamorphosed sedimentary successions of Rio Grande do Sul state. These deposits are exposed in western margins of Camaquã basin, where a basal contact with Rio Vacacaí terrane is characterized by faults, in some areas by a lithological unconformity. According to geochronological data of basements units and intrusive plutonic and sub-volcanic bodies, the Maricá group was developed between 620 and 600Ma.

The aim of this work is to propose a paleogeographical evolution of Maricá group. Five methods of paleogeographical reconstruction were done: (i) geological mapping (1:100.000 scale), (ii) description of lithofacies assemblies, (iii) interpretation of deposicional systems and sequences, (iv) provenance and paleocurrents analyses and (v) geochronological analyses of cobble and pebble to discover the ages of source areas.

The Maricá group was divided in three lithostratigraphic units: (i) Passo da Promessa formation, (ii) São Rafael formation and (iii) Arroio América formation. These units were mapped in all exposed areas of Maricá group and were grouped into two sequences (Lower Maricá Sequence and Upper Maricá Sequence).

The basal unit (Passo da Promessa formation) comprises sandstones and conglomeratic sandstones with trough cross-stratifications; massive conglomerates and conglomerates with cross-stratifications are in minor proportion. These deposits were interpreted as a large braided fluvial plain, characterized by high textural maturity. Paleocurrents show that the transport was towards the North during the evolution of this unit.

Lithofacies of intermediate unit (São Rafael formation) were grouped into three facies associations that were developed in a marine epicontinental platform. Passo do Salsinho Facies Association consists of monotonous tabular sandstones and rhythmites formed by turbidite currents in an offshore environment. Lavras do Sul Facies Association is composed of rhythmites and sandstones with lenticular bedding, wavy bedding, hummocky cross-stratification and others structures that indicate deposition in shoreface environments. Três Estradas Facies Association is restrict, cropping out only in Passo do Salsinho and Três Estradas regions. This association comprises sandstones, siltstones and mudstones, which yours deposits are characterized by several structures (lenticular bedding, wavy bedding, herring-bone cross-stratifications etc.) showing deposition in foreshore environments.

Arroio América formation includes sandstones and conglomeratic sandstones with trough cross-stratifications, in minor proportion conglomerates and rhythmites, which are grouped into Arroio América Facies Association. This facies association indicates deposition in a braided fluvial plain system. Paleocurrents show that the transport was towards the Northwest and Northeast during the evolution of this unit. These deposits are characterized by high textural maturity, which yours fragments are rounded, well rounded and well sorted.

Paleocurrents and provenance analyses show that source areas of Maricá group were composed of granites rocks (alkalis feldspar granite and granite with garnet) and tonalities; quartzite, quartz vein and volcanic rocks are in minor proportion. According to geochronological analyses of cobble samples, these source areas were developed in Archean and Paleoproterozoic ages. The provenance and paleocurrents analyses suggest that Rio de La Plata Craton and some archean and paleoproterozoic basement units of Dom Feliciano Belt in Uruguay were the most important source area and the Rio Vacacaí terrane was the basement unit of the Camaquã basin during the Maricá group evolution.

The facies associations, the deposicional systems successions, the high textural maturity and the cratonic source areas show that Maricá group was developed in a wide steady basin, probably in an intracratonic environment. There are no evidences of tectonics events during the Maricá group deposition. These elements prove that the Camaquã basin was not related to the Brasiliano Orogeny.

Agradecimentos

Durante a realização deste trabalho contei com a colaboração de diversas pessoas e entidades às quais sou imensamente grata.

Em primeiro lugar, eu gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar, por todos estes longos anos de convívio, pela amizade, confiança e respeito. Gostaria de expressar a grande admiração que tenho por você. Além de conduzir o meu estudo em diversas áreas de conhecimento da geologia, você também foi um grande amigo, do qual nunca jamais vou me esquecer.

Ao colega de grupo Prof. Dr. Gelson Luís Fambrini (UFPE), pelo incentivo, amizade e companheirismo durante estes anos de trabalho, e pelas valiosas e agradáveis discussões sobre a geologia da Bacia do Camaquã. Aos colegas de grupo Prof. MSc. Renato Paes de Almeida (USP) e Dra. Liliane Janikian pelas diversas contribuições e discussões sobre a área de estudo.

Às estagiárias, e agora geólogas, Alessandra Gonzaga de Oliveira, Ana Paula Justo e Chahrazéd Layaun Morenghi pela amizade e agradável colaboração nos trabalhos de campo. Ao aluno de graduação Marcelo Januário de Souza, pela participação em uma das atividades de campo e pela ajuda na preparação do material utilizado para análises laboratoriais.

Ao Prof. Dr. Claudio Riccomini (USP), que desde a graduação sempre acompanhou o meu trabalho acadêmico e contribuiu com sugestões e criticas nas minhas bancas examinadoras de Monografia de Graduação, Dissertação de Mestrado e Exame de Qualificação. À Prof. Dra. Lucy Gomes Sant'Anna (USP) pela amizade e incentivo.

Ao Prof. Dr. Afonso Cesar Rodrigues Nogueira (UFAM), sou grata por tudo que me ensinou desde a época de meu mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo suporte financeiro (projeto de pesquisa nº 00/07510-4) e pelas bolsas de mestrado e doutorado (processos nº 99/00552-4 e 01/01112-0).

Aos professores do IGc/USP: Prof. Dr. Benjamim Bley de Brito Neves, Prof. Dr. Setembrino Petri, Prof. Dr. Thomas R. Fairchild, Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini, Prof. Dr. Hans D. Schorcher, Prof. Dr Jorge Hachiro e Prof. Dr. Umberto G. Cordani.

À CPRM de Porto Alegre pela disposição de material cartográfico, em especial ao geólogo Dr. Ricardo Cunha Lopes.

Ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc/USP), pela infraestrutura de seus departamentos e laboratórios. À Comissão de Pós-graduação do IGc/USP, a coordenadoria do Programa de Geologia Sedimentar e as secretárias da Pós-graduação, Ana Paula e Magali.

Ao Prof. Dr. Elton Dantas (UNB) que viabilizou a utilização do Laboratório de Geogronologia da Universidade de Brasília.

Ao Prof. Dr. Miguel Ângelo Stipp Basei (USP) e aos funcionários do Centro de Pesquisas Geocronológicas do IGc/USP, Vasco, Samuca e Walter.

Aos moradores da cidade de Lavras do Sul, Rio Grande do Sul, pelas longas e prazerosas estadias, em especial a toda família de Antonio Freitas, que me serviu o melhor churrasco da região da campanha. Recomendo a todos que passarem pela cidade uma refeição na Churrascaria do Freitas!

A todos meus amigos e colegas de pós-graduação, os quais não posso enumera-los aqui, pois demandaria muito tempo e espaço. Por outro lado, não poderia deixar de citas as inseparáveis amigas Marina Pacheco Siqueira Brito, Alessandra Gonzaga de Oliveira, Luciana Callegari, Daniela G.G. de Oliveira, Juliana Keiko e Érica Bolzaquini, além dos amigos Marcelo Bárbara, Marcos Ferrari, Marcos Cestari e André Stern.

A toda minha família, pelo carinho e admiração ao meu trabalho. Em especial, aos meus irmãos Ana Carolina, Juliana, Maurício e Ronaldo, pelo companheirismo e união. À Selma Pelosi, pela alegria e amizade de todos os momentos de convívio. À Leda Isola, a qual admiro pela garra e força que tem tido nos momentos de dificuldades dos últimos anos. À minha mãe, Ana Beatriz, e a Cláudio Isola, que sempre encheram minha vida com muito amor, carinho e atenção. E por último, ao meu pai, Ronaldo Pelosi (*in memoriam*), a quem dedico este trabalho.

Sumário

Pg.

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E ETAPAS DE TRABALHO 1

1.1 INTRODUÇÃO 1
1.2 OBJETIVOS 2
1.3 MEIOS 4
1.4 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO 4
1.5 ETAPAS DE TRABALHO 6
1.5.1- Trabalhos prévios de gabinete 6
1.5.2- Trabalhos de campo 6
1.5.3- Análises Laboratoriais 7
1.5.3.1 Analise petrográfica 7
1.5.3.2 Análise geocronológica da área fonte do Grupo Maricá 7
1.5.4 Tratamento dos dados obtidos em campo 8

CAPÍTULO 2- SÍNTESE GEOLÓGICA REGIONAL E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 9

2.1 EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS SOBRE O GRUPO MARICÁ 9
2.2 GEOLOGIA DA PORÇÃO CENTRO-SUL DO RIO GRANDE DO SUL 13
2.2.1 Rochas do Embasamento Pré-Cambriano do Rio Grande do Sul 13
2.2.2 Supergrupo Camaquã 17
2.2.2.1 Grupo Maricá 18
2.2.2.2 Grupo Bom Jardim 19
2.2.2.3 Formação Acampamento Velho 20
2.2.2.4 Grupo Santa Bárbara 21
2.2.2.5 Grupo Guaritas e Suíte Intrusiva Rodeio Velho 22

CAPÍTULO 3- LITOESTRATIGRAFIA E ASPECTOS GERAIS DO GRUPO MARICÁ 24

3.1 GRUPO MARICÁ 24
3.2 IDADE 26
3.3 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS 26
3.3.1 Formação Passo da Promessa 30
3.3.2 Formação São Rafael 32
3.3.3 Formação Arroio América 34
3.4 GEOLOGIA ESTRUTURAL 36

CAPÍTULO 4- ANÁLISE DE FÁCIES, ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS 38

4.1 CONCEITUAÇÃO E METODOLOGIA ADOTADA PARA A ANÁLISE DE FÁCIES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS 38
4.2 ANÁLISE DE FÁCIES, ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS DO GRUPO MARICÁ 40
4.2.1 Formação Passo da Promessa 41
4.2.1.1 Análise de fácies 41
4.2.1.2 Interpretação de Fácies e Sistema Deposicionais 48
4.2.1.3 Interpretação Paleoambiental da Formação Passo da Promessa 50

4.2.2 Formação São Rafael 51
4.2.2.1 Análise de fácies 51
4.2.2.2 Interpretação de Fácies e Sistemas Deposicionais 70
4.2.2.3 Interpretação Paleoambiental da Formação São Rafael 74
4.2.3 Formação Arroio América 77
4.2.3.1 Análise de fácies 77
4.2.3.2 Interpretação de Fácies e Sistemas Deposicionais 82
4.2.3.3 Interpretação Paleoambiental da Formação Arroio América 83
4.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS FÁCIES, ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES E AMBIENTES DEPOSICIONAIS DO GRUPO MARICÁ 85

CAPÍTULO 5- ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS 86

5.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES SOBRE ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS UTILIZADOS NO PRESENTE TRABALHO 86
5.2 ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS DO GRUPO MARICÁ 91
5.2.1 Seqüência Maricá Inferior 91
5.2.2 Seqüência Maricá Superior 94
5.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS SEQÜÊNCIAS DO GRUPO MARICÁ 96

CAPÍTULO 6 – ANÁLISE DE PROVENIÊNCIA, PALEOCORRENTES E IDADES U/Pb DAS PRINCIPAIS ÁREAS FONTES 98

6.1 INTRODUÇÃO 98
6.2 ANÁLISE DE PROVENIÊNCIA 99
6.2.1 Resultados da análise de proveniência realizada em campo 101
6.2.2 Petrografia dos seixos e calhaus 103
6.2.2.1 Rochas graníticas foliadas 103
6.2.2.2 Rochas graníticas maciças 104
6.2.2.3 Rochas miloníticas graníticas 106
6.2.2.4 Quartzitos 106
6.2.2.5 Rochas vulcânicas 108
6.2.3 Petrografia dos arenitos 108
6.3 ANÁLISE DE PALEOCORRENTES 109
6.4 ANÁLISE DA MATURIDADE TEXTURAL DOS FRAGMENTOS MAIORES QUE TRÊS CENTÍMETROS 112
6.5 ANÁLISE GEOCRONOLÓGICA 114
6.6 SÍNTESE SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS DURANTE AS ANÁLISES DE PROVENIÊNCIA, PALEOCORRENTES E DE IDADES U/Pb DAS PRINCIPAIS ÁREAS FONTES DO GRUPO MARICÁ 117

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES PALEOAMBIENTAIS, TECTÔNICAS E PALEOGEOGRÁFICAS 118

7.1 CONSIDERAÇÕES PALEOAMBIENTAIS 118
7.1.1 Clima 118
7.1.2 Áreas Fontes 119
7.1.3 Variações do nível relativo do mar e das taxas de subsidência 121
7.2 PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO TECTÔNICA 122
7.2.1 Modelo atual de classificação tectônica do Grupo Maricá 124
7.2.2 Significado tectônico da discordância basal do Grupo Maricá 126
7.3 EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA 127

CAPÍTULO 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS 132

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 134

Índice de Figuras

Figura 1- Mapa de localização da área de estudo, destacando as cidades próximas e as rodovias federais e estaduais que dão acesso às áreas de ocorrência do Grupo Maricá..... 5

Figura 2 – Fotos, perfil e coluna litofaciológica do Grupo Itararé na localidade de Budó (rodovia Lavras do Sul - Bagé ~km35). Nas fotos do afloramento Budó observamos claramente a discordância angular entre os grupos Itararé e Maricá. O perfil apresenta a estruturação do Grupo Itararé na região, cujas camadas encontram-se dobradas na forma de um sinclinal..... 11

Figura 3- A- Mapa geológico da porção centro-sul do Rio Grande do Sul, destacando em colorido as unidades do Supergrupo Camaquã. **B** - Mapa de distribuição do embasamento pré-cambriano do rio Grande do Sul e Uruguai, destacando a localização do mapa geológico da porção centro-sul do RS..... 16

Figura 4- Mapa geológico das ocorrências do Grupo Maricá (*vide* localização na Fig. 3A), simplificado do mapa geológico em anexo..... 25

Figura 5- Seções compostas do Grupo Maricá em suas principais áreas de ocorrência, destacando suas unidades litoestratigráficas..... 27

Figura 6- Perfis geológicos do Grupo Maricá na região do Passo do Salsinho (ver localização na Fig. 4)..... 28

Figura 7- Perfis geológicos do Grupo Maricá nas regiões de Vila Nova (DD' e EE'), Serra do Maricá (FF'), Cordilheiras (GG') e Lavras do Sul (HH' e II').(ver localização na Fig. 4)... 29

Figura 8- Classificação de arenitos da Formação Passo da Promessa segundo diagrama de Folk (1968). A a F: fotos de lâminas destacando suas principais características petrográficas. 31

Figura 9- Classificação de arenitos da Formação São Rafael segundo diagrama de Folk (1968). **A** a **G:** fotos de lâminas destacando suas principais características petrográficas..... 33

Figura 10- Classificação de arenitos da Formação Arroio América segundo diagrama de Folk (1968). **A** a **G:** fotos de lâminas destacando suas principais características petrográficas..... 35

Figura 11- Procedimento adotado para análise de fácies, destacando a relação entre fácies, sistemas e ambiente deposicional e trato de sistema (modificado de Walker 1992[a])..... 40

Figura 12- Seções compostas da Formação Passo da Promessa nas localidades de Lavras do Sul, Cordilheiras/Serra do Maricá, Vila Nova e Passo do Salsinho, destacando o comportamento lateral e vertical das fácies encontradas (*vide* Fig. 5 para localização estratigráfica)..... 42

Figura 13- Seções colunares de detalhe das fácies típicas da Formação Passo da Promessa, onde predominam arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada.. 44

Figura 14- Seções representativas da Formação Passo da Promessa nas regiões de Serra do Maricá e Vila Nova. Acima croqui de um afloramento na região de Lavras do Sul, destacando a geometria das fácies..... 45

Figura 15- Fotos dos arenitos e conglomerados da Formação Passo da Promessa. De **A** a **C** temos exemplos de arenitos com estratificação cruzada acanalada, de **D** a **F** das fácies conglomeráticas..... 46

Figura 16- Fotomontagem de um afloramento da Formação Passo da Promessa na região de Lavras do Sul, com destaque para a geometria e a dimensão das fácies de arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada de médio porte..... 47

Figura 17- Figuras extraídas de Miall (1985, 1996) e Harms *et al.* (1982), ilustrando os depósitos típicos das principais fácies fluviais encontradas no Grupo Maricá. Em **A**, um bloco diagrama apresentando o desenvolvimento de dunas sinuosas 3D. Em **B**, **C** e **D**, figuras de elementos arquiteturais de depósito fluviais propostos por Miall (1985)..... 49

Figura 18 – Bloco diagrama ilustrando a planície fluvial de canais entrelaçados da formação Passo da Promessa, com múltiplos canais perenes separados por barras arenosas e conglomeráticas (adaptado de Collinson 1996)..... 50

Figura 19- Seções compostas da Formação São Rafael nas localidades de Lavras do Sul, Cordilheiras/Serra do Maricá, Vila Nova e Passo do Salsinho, destacando o comportamento lateral e vertical das associações de fácies encontradas (ver localização estratigráfica na Fig. 5)..... 52

Figura 20- seções colunares da Associação de Fácies Passo do Salsinho da Formação São Rafael, em sua localidade tipo (Seção A) e na localidade de Cordilheiras (Seção B)..... 54

Figura 21- Seção colunar da Associação de Fácies Passo do Salsinho da Formação São Rafael na localidade do Passo do Salsinho, destacando as intercalações monótonas das fácies de arenitos maciços (**Am**) com arenitos laminados (**Al**) e pelitos laminados (**Pl**), localmente com fácies de arenitos com laminações cruzadas cavalgante (**Ac**)..... 55

Figura 22- Seção colunar das fácies da Associação de Fácies Passo do Salsinho na localidade de Três Estradas (coordenadas UTM- 772366/6576488)..... 56

Figura 23- Seções colunares da associação de Fácies Passo do Salsinho na região do Cerro da Pedra (Seção A) e de Lavras do Sul (Seção B)..... 57

Figura 24- Fotos das fácies da Associação de Fácies Passo do Salsinho da Formação São Rafael..... 58

Figura 25- Fotomontagens e croquis de cortes em estradas onde afloram os depósitos da Associação de Fácies Passo do Salsinho. Em **A**, corte ao longo da via férrea na localidade de Três Estradas (ver seção da Fig 22). Em **B**, corte na BR 392 ao lado do Arroio São Rafael, próximo à cidade de São Sepé (ver seção na Fig. 20). Em ambos os cortes podemos observar a geometria tabular das fácies desta associação..... 59

Figura 26 – Seções representativas da Associação de Fácies Lavras do Sul da Formação São Rafael nas regiões de Vila Nova (Seção A) e Lavras do Sul (Seção B)..... 62

Figura 27- Seções representativas da Associação de Fácies Lavras do Sul na região do Passo do Salsinho..... 63

Figura 28- Fotos das fácies da Associação de Fácies Lavras do Sul (Formação São Rafael)... 64

Figura 29- Seção colunar da Associação de Fácies Três Estradas da Formação São Rafael (Localidade de Três Estradas, coordenada UTM 772923/6574438)..... 67

Figura 30- Seção colunar da Associação de Fácies Três Estradas da Formação São Rafael na localidade de Três Estradas (coordenada UTM 772931/6574442), destacando fotos das fácies heterolíticas..... 68

Figura 31- Fotos da fácies de arenito com estratificação cruzada tangencial descrita na Associação de Fácies Três Estradas, destacando nos desenhos ao lado das fotos as superfícies de reativação e os intraclastos de argila orientados nos planos das estratificações..... 69

Figura 32- **A**- Classificação e tipos de depósitos de fluxo gravitacionais de sedimentos propostos por Lowe (1982). **B** - Características gerais de estruturas formadas pela atuação de ondas (De Raff *et al.*1977). **C** - Estruturas produzidas durante um ciclo de maré [modificado de Visser (1980), a partir de Dalrymple (1992)]..... 72

Figura 33- Perfil da plataforma marinha rasa e seus sub-ambientes (vertido de Walker & Plint 1992 e Reading & Collinson 1996)..... 73

Figura 34- Seções compostas da Formação São Rafael nas regiões de Lavras do Sul, Cordilheiras/Serra do Maricá, Vila Nova e Passo do Salsinho, destacando empilhamento das sucessões de fácies que variam de retrogradacionais, agradacionais e progradacionais..... 75

Figura 35- Bloco diagrama ilustrando os depósitos de plataforma marinha da Formação São Rafael, separando os sub-ambientes de costa afora, face litorânea e de antepraia..... 76

Figura 36- Seções compostas da Formação Arroio América nas localidades de Lavras do Sul, Cordilheiras/Serra do Maricá, Vila Nova e Passo do Salsinho, onde podemos observar o comportamento lateral das fácies encontradas..... 78
Figura 37- Seções colunares obtidas na Formação Arroio América nas regiões do Passo do Salsinho e Cordilheiras..... 79
Figura 38- Fotomontagem de afloramento de arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada da Formação Arroio América em sua localidade tipo na região de Cordilheiras, destacando a geometria dos depósitos e a dimensão dos *sets*..... 80
Figura 39- Fotos das fácies da Formação Arroio América..... 81
Figura 40- Seção colunar da Formação Arroio América ao longo da BR 290, destacando a intercalação de fácies de arenitos laminados com fácies de arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada..... 83
Figura 41- Bloco diagrama ilustrando a planície fluvial de canais entrelaçados da Formação Arroio América, incluindo seus depósitos da barras arenosas e conglomeráticas separadas por canais de baixa sinuosidade..... 84
Figura 42- Arquitetura de sucessões de fácies em função da taxa de acomodação (A) e de aporte sedimentar (S) (modificado de Galloway 1989; a partir de Myers & Milton 1996)..... 88
Figura 43- Modelos de estratigrafia de seqüências de Van Waguner *et al.* (1988)..... 90
Figura 44- Correlação estratigráfica das sucessões de fácies do Grupo Maricá nas principais áreas de ocorrência do Grupo Maricá, destacando as seqüências deposicionais e seus tratos de sistemas..... 92
Figura 45- Mapa geológico do Grupo Maricá, localizando os principais pontos de amostragem das análises de proveniência e os diagramas de paleocorrentes obtidos..... 100
Figura 46-Gráficos de proveniência obtidos nas formações Passo da Promessa e Arroio América (ver localização dos pontos de amostragem na Fig. 45)..... 102
Figura 47- Prancha de fotomicrografias de lâminas de seixos e calhaus das formações Passo da Promessa e Arroio América..... 105
Figura 48- Prancha de fotomicrografias de lâminas de seixos e calhaus das formações Passo da Promessa e Arroio América..... 107
Figura 49- Prancha de fotomicrografias de lâminas de arenitos das formações Passo da Promessa e Arroio América..... 110
Figura 50- Seções compostas do Grupo Maricá em suas principais áreas de ocorrência, destacando os diagramas de paleocorrentes obtidos nas formações Passo da Promessa e Arroio América..... 111
Figura 51- Gráficos de grau de arredondamento, esfericidade e seleção granulométrica do arcabouço de conglomerados e de lentes conglomeráticas das formações Passo da Promessa e Arroio América (ver pontos de amostragem na Fig. 45)..... 113
Figura 52- Fotos de seixos e calhaus do Grupo Maricá, destacando o elevado grau de arredondamento dos fragmentos..... 114
Figura 53- Diagramas de concórdia $^{207}Pb/^{235}U$ x $^{206}Pb/^{238}U$ em zircão e monazita. **A** e **B** – Diagramas da amostra de calhau de álcalis feldspato granito foliado (LV 45A); **C** – Diagrama da amostra de tonalito maciço (LV 45B); **D** – Diagrama com todos os pontos analisados nas amostras de álcalis feldspato granito e tonalito (LV 45 A e B); **E** – Gráfico de concórdia da amostra de granito com granada milonitizado (SF 1A)..... 116
Figura 54- Modelo evolutivo em blocos diagramas da Seqüência Maricá Inferior idealizando os sistemas deposicionais no tempo e no espaço..... 129
Figura 55- Modelo evolutivo em blocos diagramas da Seqüência Maricá Superior idealizando os sistemas deposicionais no tempo e no espaço..... 130

Índice de Tabelas

Tabela 1- Principais propostas litoestratigráficas para as unidades neoproterozóicas e eocambrianas do RS (modificado de Paim *et al.*1995, 2000 e Fambrini 1998)..... 14

Tabela 2- Modelo de tabela utilizada para descrição de fácies..... 39

Tabela 3- Descrição e interpretação das fácies encontradas na Associação de Fácies Passo da Promessa..... 41

Tabela 4- Descrição e interpretação das fácies encontradas na Associação de Fácies Passo do Salsinho..... 53

Tabela 5- Descrição e interpretação das fácies encontradas na Associação de Lavras do Sul.. 61

Tabela 6- Descrição e interpretação das fácies encontradas na Associação de Fácies Três Estradas..... 66

Tabela 7- Descrição e interpretação das fácies encontradas na Associação de Fácies Arroio América..... 77

Tabela 8- Conceitos e definições utilizados no presente trabalho para a análise de seqüências 87

Este trabalho teve auxílio financeiro da
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
(processos n° 00/07510-4 e n° 01/01112-0)

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E ETAPAS DE TRABALHO

1.1 INTRODUÇÃO

O Neoproterozóico compreende o intervalo de tempo situado entre 1.0Ga e o limite Pré-Cambriano/Cambriano (540Ma), marcado por importantes mudanças ambientais globais, incluindo pelo menos dois períodos de glaciações que possivelmente se estenderam até o equador (Hoffman *et al.* 1998). Esta Era também foi palco de importantes atividades tectônicas responsáveis pela abertura e fechamento de oceanos e, conseqüentemente, pela quebra e conjuntura de diversos blocos continentais, incluindo os supercontinentes Rodinia e Gondwana (Dalziel 1997).

Na Plataforma Sul-americana são encontradas diversas unidades que tiveram sua origem e evolução associadas a eventos neoproterozóicos, destacando as unidades de cobertura e as faixas marginais dos crátons do Amazonas e São Francisco. O fechamento de um oceano situado entre estes crátons configurou a porção ocidental do Gondwana durante o Neoproterozóico III, evento este conhecido como Orogênese Brasiliana.

Sobre as unidades brasilianas, principalmente no sudeste da Plataforma Sul-americana, ocorrem estreitas e espessas sucessões sedimentares e vulcanogênicas do Neoproterozóico III e inicio do Cambriano, alojadas em diversas bacias que ocorrem deste o sul de Minas Gerais até o sul do Uruguai. A importância do entendimento da evolução destas bacias vem sendo destacada desde Almeida (1969), devido ao intervalo de tempo em que estas se desenvolveram e as condições paleoambientais registradas em seus depósitos. Segundo Almeida (1969), estas bacias pertenceriam ao "Estádio de Transição" entre as fases pós-orogênicas neoproterozóicas e a instalação das sinéclises paleozóicas, destacando que *"(...) possivelmente em nenhum outro local da plataforma Brasileira os depósitos de estádio de transição acham-se tão claramente exposto como na região central do Rio Grande do Sul"* (pg. 30). Estes depósitos citados encontram-se alojados na Bacia do Camaquã, que contém o objeto de estudo do presente trabalho.

Desde os anos 80, a Bacia do Camaquã vem sendo estudada por grupos de pesquisa liderados pelo Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar. Ao longo destes anos, foram propostas diversas classificações litoestratigráficas e tectônicas para esta bacia. O avanço nos últimos anos, devido à realização de diversos trabalhos realizados por nossa equipe de pesquisa (Fragoso-Cesar *et al.* 2000, 2001, 2003, Almeida *et al.* 2001, Fambrini *et al.* 1998, 2001, 2003, Pelosi & Fragoso-Cesar 2003, Janikian *et al.* 2003), permitiram a elaboração de propostas litoestratigráficas e tectônicas mais refinadas.

Segundo estas novas propostas, a Bacia do Camaquã compreende um sistema de *rift* intracontinental alongado segundo a direção NNE-SSW que se instalou sobre as unidades de embasamento do pré–cambriano do Rio Grande do Sul após o encerramento das atividades tectônicas brasilianas na região (Fragoso-Cesar *et al.* 2000, 2001, 2003). Os depósitos que preenchem esta bacia são reunidos no Supergrupo Camaquã (*sensu* Fragoso-Cesar *et al.* 2003, Fambrini 2003, Pelosi & Fragoso-Cesar 2003, Janikian *et al.* 2003), dividido, da base para o topo, em: (i) Grupo Maricá, (ii) Grupo Bom Jardim, (iii) Formação Acampamento Velho, (iv) Grupo Santa Bárbara, (v) Grupo Guaritas e (vi) Suíte Rodeio Velho.

Dentre as unidades acima mencionadas, o Grupo Maricá foi escolhido como objeto de estudo para a realização da presente Tese de Doutoramento. As análises estratigráficas e litofaciológicas desta unidade, ainda inéditas, são de grande importância para a caracterização paleogeográfica e tectônica dos estágios iniciais de desenvolvimento de sua bacia, e conseqüentemente para a evolução do conhecimento das condições paleoambientais da porção sul-sudoeste do Gondwana Ocidental após 620Ma e antes de 600Ma, intervalo este escasso em registros sedimentares nesta região do Gondwana.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo central da tese de doutoramento é o estudo da evolução paleogeográfica do Grupo Maricá em todas suas ocorrências no Rio Grande do Sul, através da realização de:

-(1) Mapeamento litofaciológico na escala 1: 100.000 de todas suas ocorrências na Bacia do Camaquã, incluindo as regiões de Vila Nova, Serra do Maricá, Cordilheiras e Lavras do Sul.

No acervo cartográfico do Rio Grande do Sul, o Grupo Maricá ainda não foi adequadamente mapeado, estando registrado apenas de forma indivisa em mapas de escala 1:250.000 (Ribeiro *et al.* 1966, Tessari & Giffoni, 1970). A região do Passo do Salsinho é a única ocorrência desta unidade que já foi mapeada em escala 1: 50.000, destacando-se o Mapa Geológico da Folha Passo do Salsinho da CPRM (Porcher *et al.* 1995). Com este detalhe e objetivando a cartografia paleogeográfica do Grupo Maricá, foi levantado pela autora o Mapa Geológico do Grupo Camaquã na porção Norte da Sub-Bacia Camaquã Ocidental (Pelosi 2001). Estes mapeamentos demonstram que o Grupo Maricá é uma unidade internamente complexa, sendo composta por três unidades litoestratigráficas que podem ser agrupadas em pelo menos duas seqüências separadas por discordâncias erosivas. As demais ocorrências, incluindo as regiões de Vila Nova, Serra do Maricá, Cordilheiras e Lavras do Sul, ainda não haviam, antes do presente estudo, sido detalhadamente mapeadas.

-(2) Realização de perfis geológicos em todas as ocorrências acima descritas.

Devido a inclinação das camadas do Grupo Maricá (de 10^0 até 70^0), o levantamento de perfis geológicos perpendiculares às estruturas permite avaliar toda a coluna estratigráfica da unidade, sendo possível observar as variações laterais e verticais das fácies encontradas, a geometria dos depósitos e a relação estratigráfica entre as unidades. Esta etapa de trabalho, além de auxiliar nos trabalhos de mapeamento, serviu para selecionar os cortes favoráveis para a obtenção dos dados de detalhe, conforme descritos abaixo.

-(3) Estudos de detalhe de fácies, incluindo o levantamento de seções colunares e seções do tipo fotomosaicos em cortes propícios.

As principais ferramentas para estudos de bacias sedimentares em superfície são as análises de fácies, de proveniência e paleocorrentes. O levantamento de seções colunares de detalhe permite uma visualização do comportamento das fácies, incluindo variações de espessuras, sucessões de fácies e agrupamento de fácies geneticamente correlacionadas (associações de fácies). A metodologia utilizada para as análises de fácies e sistemas deposicionais encontra-se descrita no Capítulo 4.

- (4) Análise de paleocorrentes.

A análise de paleocorrentes fornece, junto com a análise de proveniência, a localização da área fonte, além de determinar as direções preferenciais do transporte sedimentar. Durante a realização da dissertação de mestrado da autora na região do Passo do Salsinho foram encontradas duas unidades de origem fluvial, onde as técnicas de análise de paleocorrentes foram aplicadas com facilidade devido ao grande número de estruturas com boa indicação de paleofluxo. Na presente tese, foram coletados dados para análises de proveniência e paleocorrentes nas demais ocorrências do Grupo Maricá, para verificar como estas características se comportam ao longo de toda a unidade e por se tratarem de técnicas que vêm demonstrando bons resultados. A metodologia utilizada nesta análise encontra-se exposta no Capítulo 6.

- (5) Reconhecimento da área fonte do Grupo Maricá, através de análises de proveniência em campo, estudo petrográfico da composição dos arenitos, seixos e calhaus e análises geocronológicas para verificar a idade da fonte.

A análise de proveniência tem sido uma ferramenta de grande auxílio na interpretação da evolução do Grupo Maricá. Além de fornecer informações a respeito da composição, localização, distância e origem das áreas fontes, a proveniência vem possibilitando interpretações quanto ao contexto geológico e tectônico no qual o Grupo Maricá se desenvolveu. Para o estudo de proveniência foram realizadas as seguintes etapas de trabalho: análise de proveniência em campo, através da contagem de seixos e calhaus conforme metodologia apresentada no Capítulo 6; estudo petrográfico dos arenitos e de seixos e calhaus; análise geocronológica de seixos e calhaus, com objetivo de reconhecer a idade da área fonte.

-(6) Aplicação do modelo de estratigrafia de seqüência.

A aplicação dos modelos de estratigrafia de seqüências desenvolvida por pesquisadores da Exxon (Van Wagoner *et al.* 1988, Posamentier *et al.* 1988, Jervey 1988) foi utilizada no Grupo Maricá em todas suas áreas de ocorrência, permitindo a separação de superfícies cronologicamente correlacionáveis (limites de seqüências, superfícies transgressivas e de máxima inundação), e possibilitando a amarração das colunas estratigráficas obtidas em cada região investigada. Outros elementos fornecidos pela análise de seqüências são as variações das taxas de aporte sedimentar, subsidência e do nível de base, que são parâmetros de grande importância para a interpretação dos fatores tectônicos e paleoambientais atuantes durante o preenchimento sedimentar da bacia.

-(7) Análise petrográfica.

Durante cada etapa de campo foram amostrados os principais litotipos do Grupo Maricá para analise petrográfica, a fim de reconhecer a composição e a granulometria em escala microscópica, e de estabelecer parâmetros sedimentológicos como grau de seleção, maturidade mineralógica e textural, grau de diagênese e de compactação. Foram amostrados também os seixos e calhaus que ocorrem com freqüência nas unidades de origem fluvial, para investigar a composição das áreas fontes.

-(8) Reunião de todos os elementos acima citados para o estabelecimento do quadro evolutivo da região.

1.3 MEIOS

Para a realização desta pesquisa foram utilizados recursos concedidos pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), incluindo o projeto "Estratigrafia de seqüências em rifts do fim do Neoproterozóico e início do Paleozóico no Rio Grande do Sul" coordenado pelo Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar (proc. nº 00/07510-4), e pela bolsa de doutorado concedida a autora, cujo projeto inicial era intitulado "Estratigrafia de Seqüências da Formação Maricá, Neoproterozóico III do Rio Grande do Sul" (proc. nº 01/01112-0).

1.4 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo localiza-se na porção centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul, mais precisamente no polígono situado entre os municípios de Caçapava do Sul, Lavras do Sul, Bagé, Vila Nova do Sul, Santa Margarida do Sul e São Sepé (Fig. 1). Nesta região foram percorridas as localidades de ocorrência do Grupo Maricá denominadas de Vila Nova, Passo do Salsinho,

Cordilheiras/Serra do Maricá, Cerro da Pedra, Lavras do Sul e Três Estradas/Budó. Estas áreas ocorrem próximas a três rodovias federais (BR-290, BR-392 e BR-293) e três estaduais: a RS-357, que liga Caçapava do Sul a Lavras do Sul; e as estradas que ligam São Gabriel a Lavras do Sul e de Lavras do Sul até Bagé. A partir destas rodovias e das cidades, o acesso às áreas pode ser feito por diversas vias locais. A localização das áreas estudadas encontram-se destacadas na Fig.1. Nestas realizaram-se os trabalhos de mapeamento e de detalhe, conforme mencionado no item 1.2 (Objetivos).

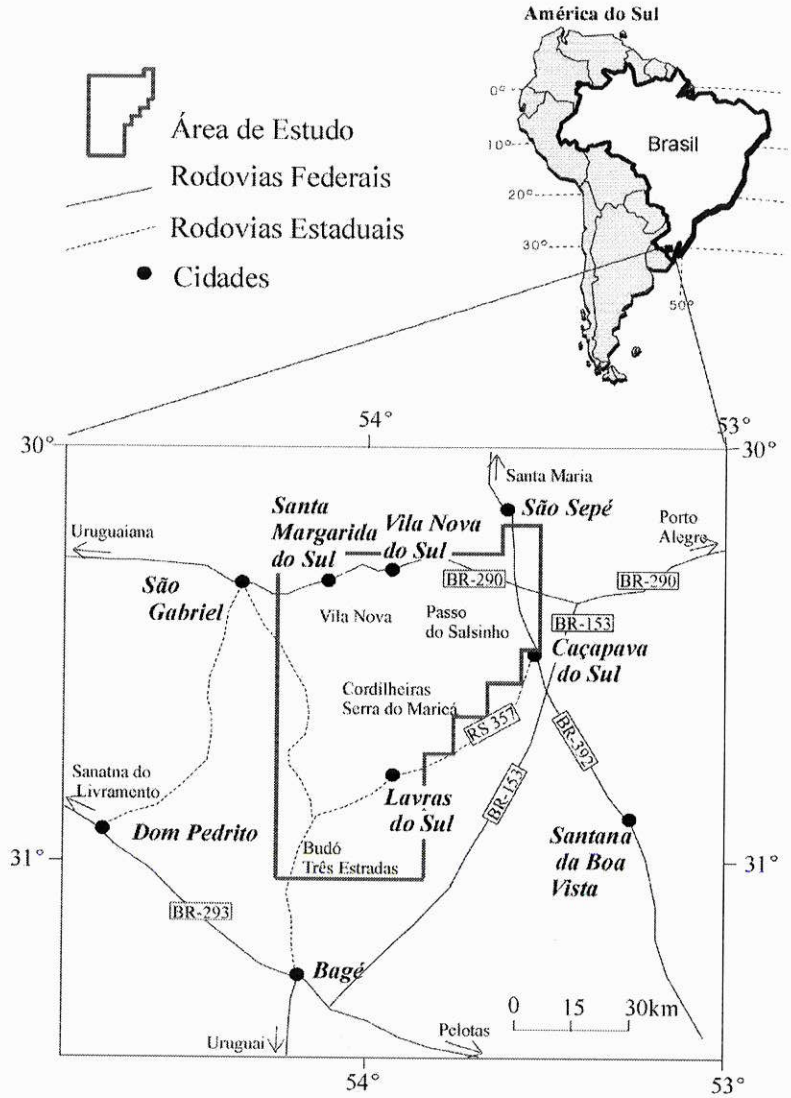


Figura 1- Mapa de localização da área de estudo, destacando as cidades próximas e as rodovias federais e estaduais que dão acesso às áreas de ocorrência do Grupo Maricá.

1.5 ETAPAS DE TRABALHO

Durante o desenvolvimento desta pesquisa foram realizadas as seguintes etapas de trabalho: (1) trabalhos prévios de gabinete, incluindo etapas de revisão bibliográfica e cartográfica e o tratamento inicial de fotos aéreas; (2) trabalhos de campo, principal ferramenta de trabalho e fundamentais para a elaboração da tese, incluindo mapas geológicos, perfis, seções colunares, dados de paleocorrentes, proveniência e amostragem para estudos laboratoriais; (3) estudos laboratoriais, incluindo análises petrográficas e análise geocronológica; e (4) tratamento dos dados obtidos em campo, que inclui a etapa de compilação, cartografia e preparação do material gráfico. Segue abaixo uma breve descrição destas etapas de trabalho.

1.5.1 Trabalhos prévios de gabinete:

Esta etapa inicial de trabalho incluiu a realização da revisão dos trabalhos referentes à evolução geotectônica das rochas pré-cambrianas do RS e de suas coberturas sedimentares e vulcânicas, bem como daqueles que se referem aos principais métodos de trabalhos aplicados.

Também foi realizado o levantamento do material cartográfico já existente da região estudada, incluindo mapas geológicos, topográficos e fotos aéreas. Este material foi adquirido na CPRM-RS e na Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército, em Porto Alegre.

As fotos aéreas utilizadas foram analisadas anteriormente ao início dos trabalhos de mapeamento. Nesta etapa foi possível delimitar as principais feições geológicas da região como falhas, possíveis contatos, diferentes texturas de relevo e drenagens. Após cada etapa de campo, os dados obtidos foram lançados nas fotos e reinterpretados. Os produtos finais foram compilados e testados em campo, sendo fundamentais para a realização do mapa geológico da área na escala 1: 100.000. Cabe ressaltar que, graças à vegetação rala e a fina cobertura de solo da região, as fotos aéreas revelaram importantes feições geológicas e facilitaram muito o mapeamento geológico.

1.5.2 Trabalhos de campo:

Os trabalhos de campo foram realizados em treze etapas, totalizando cento e setenta e três dias de campo. Durante estas etapas realizou-se o mapeamento geológico básico das áreas de ocorrência do Grupo Maricá em escala 1:100.000, utilizando como referência oito folhas topográficas na escala 1:50. 000. Esta área mapeada atinge cerca de 600km^2 onde foram realizados 705 pontos, incluindo pontos de controle de mapeamento e pontos onde foram coletados dados de detalhe (ver mapa geológico e de pontos em anexo).

A ênfase dos trabalhos de campo foi dada no estudo das relações estratigráficas entre as unidades do Grupo Maricá, no reconhecimento de fácies e sistemas deposicionais das mesmas, delimitação de superfícies que separam distintas seqüências estratigráficas, obtenção de medidas estruturais e de paleocorrentes e análise das áreas fontes (proveniência). As metodologias adotadas durante os trabalhos de detalhe realizados em campo (análise de fácies, de seqüências, de proveniência e paleocorrentes) encontram-se discriminadas nos respectivos capítulos que delas tratam (capítulos 4, 5 e 6).

1.5.3 Análises Laboratoriais

15.3.1 Analise petrográfica

Foi realizado o estudo petrográfico dos arenitos do Grupo Maricá com objetivo de classificar petrograficamente esta unidade, além de fornecer elementos auxiliares na análise de proveniência. A análise microscópica dos sedimentos foi realizada através da identificação e caracterização da mineralogia, relação entre arcabouço, matriz e cimento, presença de minerais instáveis, maturidade mineral e textural; a classificação dos litotipos seguiu a propostas de Folk (1968).

Além do estudo petrográfico em arenitos, realizou-se a análise petrográfica microscópica dos seixos e calhaus encontrados nos depósitos fluviais do Grupo Maricá, com o objetivo de descrever a composição das áreas fontes e de selecionar amostras para análises geocronológicas. Nas unidades ígneas e metamórficas foram determinadas as seguintes características: textura, granulometria, mineralogia essencial e acessória, tipo de alteração, eventual presença de minerais metamórficos e classificação. Na descrição petrográfica utilizou-se de técnicas convencionais em microscopia ótica, tais como: birrefringência, sinal ótico, caráter ótico, ângulo 2V, ângulo de extinção, pleocroísmo, relevo, cor e outros.

1.5.3.2 Análise geocronológica da área fonte do Grupo Maricá

As amostras de calhaus submetidas a análises geocronológicas foram selecionadas após o estudo petrográfico. No total foram separados zircões de 5 amostras. Este procedimento foi realizado no laboratório de preparação de amostras do Centro de Pesquisa Geocronológica (CPGEO) do IGc/USP, e encaminhadas para o procedimento de análise neste centro de pesquisa, e no Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Os resultados, discutidos no Capítulo 6, forneceram as idades das principais áreas fontes do Grupo Maricá.

1.5.4 Tratamento dos dados obtidos em campo

Com o objetivo de organizar e de se obter maiores informações dos dados levantados em campo, foram efetuados trabalhos de gabinete e de laboratório, incluindo a realização de:

- Preparação do mapa em escala 1:100.000 do Grupo Maricá;
- Disposição em mapas e em perfis para análises de variações laterais e verticais de fácies;
- Confecção das seções colunares de detalhe e fotomosaico de afloramentos;
- Elaboração de tabelas de proveniência de cada afloramento amostrado e de cada região para visualização global da variação de área fonte, e tratamento estatístico destes dados;
- Elaboração de tabelas de fácies;
- Organização dos dados petrográficos em tabelas e fichas de descrição;
- Confecção de diagramas de roseta (*rose diagrams*) para indicação de vetores de paleocorrentes por afloramento e por áreas selecionadas;
- Reunião de todos os elementos acima citados para a elaboração de artigos e relatórios científicos e do texto final da tese.

CAPÍTULO 2- SÍNTESE GEOLÓGICA REGIONAL E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresentamos uma breve discussão sobre a evolução dos conhecimentos sobre o Grupo Maricá, seguida por uma síntese geológica regional sobre as unidades de embasamento e de cobertura que afloram da porção centro-sul do RS.

2.1 EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS SOBRE O GRUPO MARICÁ

Mapeando a região de Caçapava do Sul e Lavras do Sul, Leinz *et al.* (1941) definem a Formação Maricá. Esta unidade foi reconhecida pelos autores na Serra do Maricá, onde "*(...) a bacia de acumulação contorna irregularmente o planalto antigo da Ramada*"(Pg. 17). Os autores compararam os sedimentos rítmicos desta unidade com ardósias fossilíferas de Anitápolis (SC), postulando uma idade siluriana para esta formação.

No afloramento conhecido como Budó, que se localiza no quilometro 48 da rodovia Lavras do Sul-Bagé (RS 357), Dolianiti (1945) descreve fósseis em rochas sedimentares então correlacionadas à Formação Maricá. Posteriormente, Martins (1948) reconhece os fósseis do afloramento Budó como de origem marinha, formado por braquiópodes.

Martins & Sena Sobrinho (1950) retomam os estudos fossilíferos no afloramento Budó e nas regiões do Cerro Formoso e Acampamento Velho. Neste trabalho, os autores dividem a Formação Maricá em unidade inferior e superior. A unidade inferior, não fossilífera, corresponderia ao Maricá *sensu stricto*, composto por arenitos conglomeráticos e ardósias afetadas pelas intrusões de quartzo-pórfiros. A unidade superior (Maricá *sensu lato*) seria composta por conglomerados e arenitos fossilíferos. Os estudos paleontológicos realizados pelos autores colocam a Formação Maricá no Permocarbonífero, correlacionando seus fósseis com os da "Série Itararé".

Martins (1951, 1952), Martins & Sena Sobrinho (1952), Dolianiti (1954) e Martins *et al.* (1955) reconhecem fósseis de pelecípodos (*Aviculopecten cambahyensis*) na Formação Maricá. Afirmam, no entanto, a existência de camadas inferiores, afossilíferas, afetadas pelas intrusões de quartzo-pórfiros e utilizam a terminologia de Maricá *sensu stricto* e Maricá *sensu lato* de Martins & Sena Sobrinho (1950).

Beurlen & Martins (1953, 1956) colocam a "Série Camaquã" no Permocarbonífero, levando em conta as idades apontadas pelos fósseis descritos como pertencentes à Formação Maricá (Dolianiti 1945, Martins 1948, 1951, 1952, Martins & Sena Sobrinho 1950, 1952) e suas relações estratigráficas com as intrusões de quartzo-pórfiros e os andesitos, já apontadas por Leinz *et al.* (1941).

Pinto (1955) descreve uma discordância entre a porção fossilífera e a afossilífera, designando a unidade superior fossilífera de Formação Teixeira Soares e a porção inferior de "Série Maricá".

Barbosa (1957), através de suas observações de campo, forneceu dados importantíssimos para o esclarecimento da existência do Maricá fossilífero, observando, assim como Pinto (1955), uma clara discordância entre as rochas que constituem o afloramento Budó, onde a porção de topo (fossilífera) estaria assentada em discordância angular sobre as rochas mais antigas, sendo estas da Formação Maricá e aquelas da Série Itararé (*vide* Fig. 2). Desta forma se encerrou a discussão que colocava a Formação Maricá dentro da Série Itararé de idade permocarbonífera.

Melcher & Mau (1960), trabalhando na região de Lavras do Sul e Caçapava do Sul, propuseram modificações na estratigrafia passando a denominar de Série Maricá a Formação Maricá de Leinz *et al.* (1941). Incluíram nesta série conglomerados com seixos bem arredondados, grauvacas, siltitos arcoseanos, folhelhos e vulcânicas subordinadas.

Goñi *et al.* (1962) redefinem a Formação Maricá como Grupo Maricá, sendo este composto por duas sucessões. A "seqüência" basal, formada por rochas de origem sedimentar correlatas à Formação Maricá de Leinz *et al.* (1941), e a "seqüência" superior, compreendendo os depósitos de origem vulcânica que ocorrem em discordância erosiva sobre a "seqüência" inferior.

Robertson (1966), seguido por Ribeiro *et al.* (1966), retoma a Formação Maricá de Leinz *et al.* (1941), atribuindo-lhe, porém, idade pré-cambriana. Segundo este autor, a área de ocorrência desta unidade é a oeste do grande falhamento de Santa Bárbara, sendo composta por arenitos arcoseanos intercalados com ritmitos e localmente com níveis conglomeráticos.

Santos *et al.* (1978) dividem o Grupo Maricá (*sensu* Goñi *et al.* 1962) em duas unidades, onde a Formação Pessegueiro (Formação Maricá de Leinz *et al.* 1941) corresponde à inferior, sedimentar, e a Formação Cerro dos Martins (Grupo Bom Jardim *sensu* Ribeiro *et al.* 1966), à superior, vulcano-sedimentar.

Ribeiro (1983) apresenta uma discussão extensa sobre a designação de Formação Maricá *sensu* Leinz *et al.* (1941), condenando a utilização dos termos de Série Maricá (Pinto 1949, Martins 1948, Pinto 1955, Barbosa 1957, Melcher & Mau 1960) e de Grupo Maricá (Goñi *et al.* 1962) que não respeitavam o Código de Nomenclatura Estratigráfica, enfatizando que a designação estratigráfica formal de Formação Maricá consagrou-se com os trabalhos de reconhecimento geológico regional realizados por Robertson (1966) e Ribeiro *et al.* (1966).

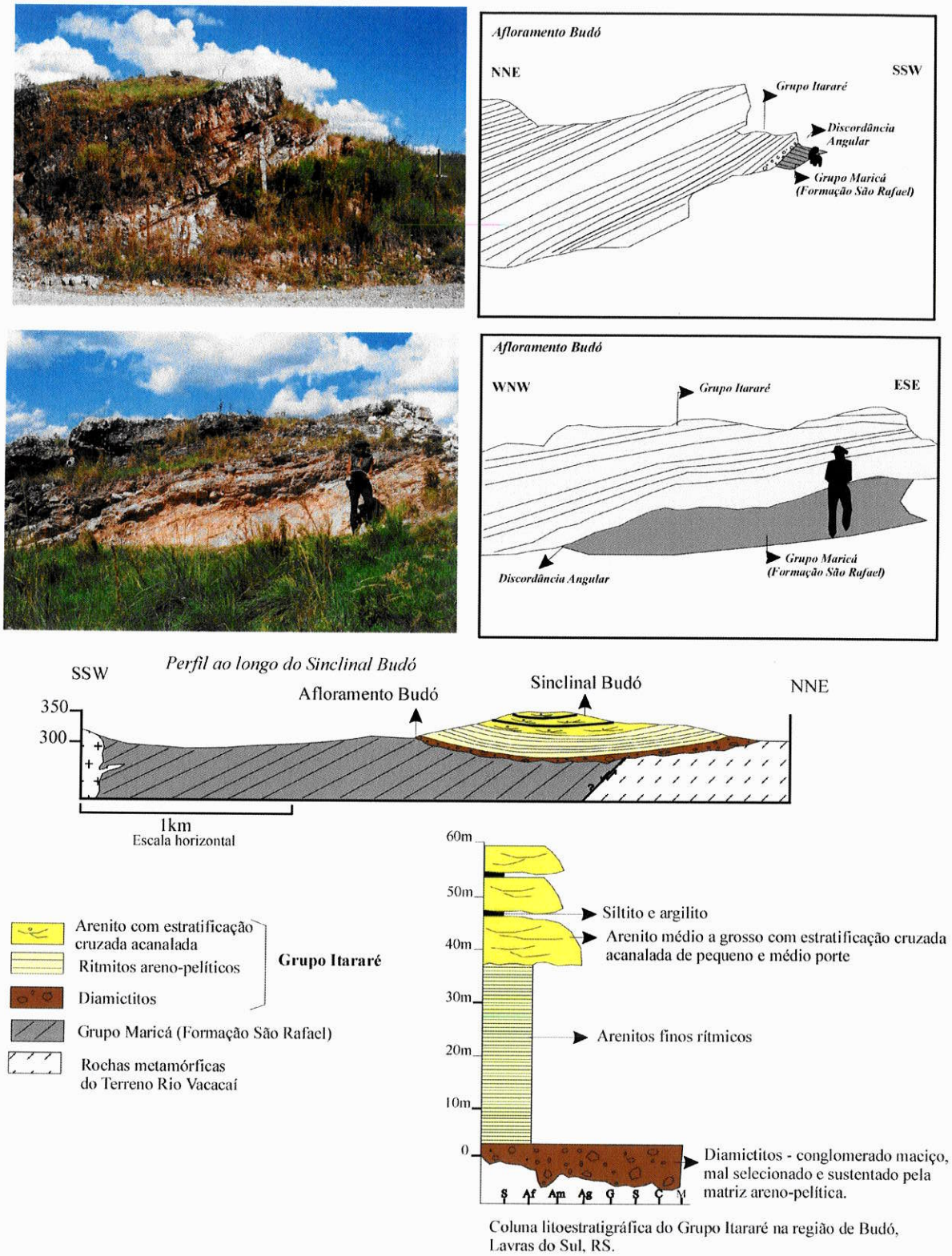


Figura 2 – Fotos, perfil e coluna litofaciológica do Grupo Itararé na localidade de Budó (rodovia Lavras do Sul - Bagé ~km35). Nas fotos do afloramento Budó observamos claramente a discordância angular entre os grupos Itararé e Maricá. O perfil apresenta a estruturação do Grupo Itararé na região, cujas camadas encontram-se dobradas na forma de um sinclinal.

Fragoso-Cesar *et al.* (1985) incluem as unidades do Grupo Maricá (*sensu* Santos *et al.* 1978) em um expandido e redefinido Grupo Camaquã, composto pelas formações Maricá e Guaritas, que, respectivamente, corresponderiam às "molassa precoce" e "molassa tardia" de Fragoso-Cesar *et al.* (1984).

Lavina *et al.* (1985) separam a Bacia do Camaquã em duas grandes seqüências, inferior e superior. A Seqüência Inferior (Formação Maricá *sensu* Fragoso-Cesar *et al.* 1985) apresentando em sua borda leste ruditos que propagam para oeste para depósitos marinhos, tempestitos e turbiditos, relacionados à evolução de leques costeiros. A Seqüência Superior (Formação Guaritas *sensu* Fragoso-Cesar *et al.* 1985) envolveria depósitos continentais incluindo fácies de planícies aluviais de canais entrelaçados, deltas lacustres e planícies eólicas.

Leites *et al.* (1990) e Porcher *et al.* (1995), mapeando a Folha Passo do Salsinho, denominam as unidades da Formação Maricá *sensu* Leinz *et al.* (1941) de Seqüência Vulcano-Sedimentar 1. Para os autores esta unidade estaria relacionada à evolução de um sistema marinho-deltaico com atividade vulcânica intercalada.

Paim (1994), utilizando o conceito de aloestratigrafia, denominou a Formação Maricá de Aloformação Maricá. Descreve pelo menos duas disconformidade no interior da seqüência marinha, representadas por fácies aluviais de sistemas deltaicos com paleocorrentes dirigidas para SSE e NE. Posteriormente Paim *et al.* (1995, 2000) elevam a Aloformação Maricá para a categoria de alogrupo, caracterizado por sucessões aluviais na base e marinhas no topo.

Fragoso-Cesar *et al.* (2000) propõem uma nova divisão litoestratigráfica para as unidades do Neoproterozóico III e Eopaleozóico no Rio Grande do Sul. A unidade inferior corresponderia aos depósitos da Bacia do Camaquã que seria preenchida por um então redefinido Grupo Camaquã, composto pelas formações Maricá, Crespos e Santa Bárbara. A análise de fácies, proveniência e paleocorrentes, bem como as espessuras dos depósitos (> 6km), sugere uma origem extensional para esta bacia que teria se desenvolvido entre o Neoproterozóico III e o Cambriano. Sobrepostas ao Grupo Camaquã, estariam às seqüências eopaleozóicas da Bacia do Paraná, composta pela Formação Pedra Pintada, Suíte Intrusiva Rodeio Velho e Formação Guaritas.

Estudando as sucessões da Formação Maricá na região do Passo do Salsinho, Pelosi (2001) reconhece unidades litoestratigráficas que representariam o desenvolvimento de distintos sistemas deposicionais, caracterizados na base por depósitos fluviais que passam para depósitos marinhos recobertos por sucessões fluviais e deltaicas.

Pelosi & Fragoso-Cesar (2003) propõem utilização do termo Grupo Maricá para estas sucessões, levando em consideração a reclassificação do Grupo Camaquã *sensu* Fragoso-Cesar *et al.* (2000) à categoria de supergrupo por Fragoso-Cesar *et al.* (2003), Fambrini (2003) e Janikian *et al.* (2003). Esta proposta litoestratigráfica para o Grupo Maricá, adotada no presente

trabalho, foi baseada nos estudos regionais e de detalhe em todas suas áreas de ocorrência no Rio Grande do Sul. Segundo os autores, esta unidade é composta da base para o topo pelas formações Passo da Promessa, São Rafael e Arroio América.

As diversas propostas de classificação para o Grupo Maricá e as demais unidades da Bacia do Camaquã encontram-se expostas na Tabela 1.

2.2 GEOLOGIA DA PORÇÃO CENTRO-SUL DO RIO GRANDE DO SUL

O Grupo Maricá (*sensu* Pelosi & Fragoso-Cesar 2003) aflora na porção centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul, e constituí a unidade basal do Supergrupo Camaquã (Fragoso-Cesar *et al.* 2003, *vide* Tabela 1). Estratigraficamente situa-se entre as rochas de embasamento pré-cambriano e as demais unidades que constituem a Bacia do Camaquã.

Com o objetivo de esclarecer as relações entre o Grupo Maricá e as demais unidades da região, segue abaixo uma breve explanação sobre a geologia da porção centro-sul do RS, iniciando-se pela descrição de suas unidades de embasamento pré-cambriano seguida pela litoestratigrafia das unidades de cobertura (Supergrupo Camaquã).

2.2.1 Rochas do Embasamento Pré-Cambriano do Rio Grande do Sul

As rochas pré-cambrianas do sul do Brasil e Uruguai vêm sendo citadas em modelos de evolução geológica do continente sul-americano desde os trabalhos regionais de Almeida (1967) e Cordani *et al.* (1968), sendo que as primeiras propostas de compartimentação tectônica do embasamento ígneo e metamórfico do RS surgiram com Picada (1971) e Ribeiro & Fantinel (1978). Almeida *et al.* (1973) definem o Cráton Rio de La Plata e o Cinturão Ribeira na região, que posteriormente foram analisados e subdivididos internamente desde o Uruguai até Santa Catarina por Hasui *et al.* (1975).

Fragoso-Cesar (1980) reinterpretou as estruturações anteriormente propostas, criando o conceito de Cinturão Dom Feliciano como faixa marginal do Cráton Rio de La Plata, incluindo nesta área cratônica regiões do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A porção deste cráton no RS e Uruguai foi dividida em dois terrenos *granito-greenstone* (terrenos Rio Vacacaí e Uruguai) e um cinturão granulítico. No entanto, estudos geocronológicos posteriores evidenciaram que o Terreno Rio Vacacaí teve sua origem e evolução durante o Neoproterozóico (Soliani Jr. 1986, Machado *et al.* 1988, 1990, Chemale Jr. *et al.* 1994, Babinski *et al.* 1995, 1996, Leite 1997).

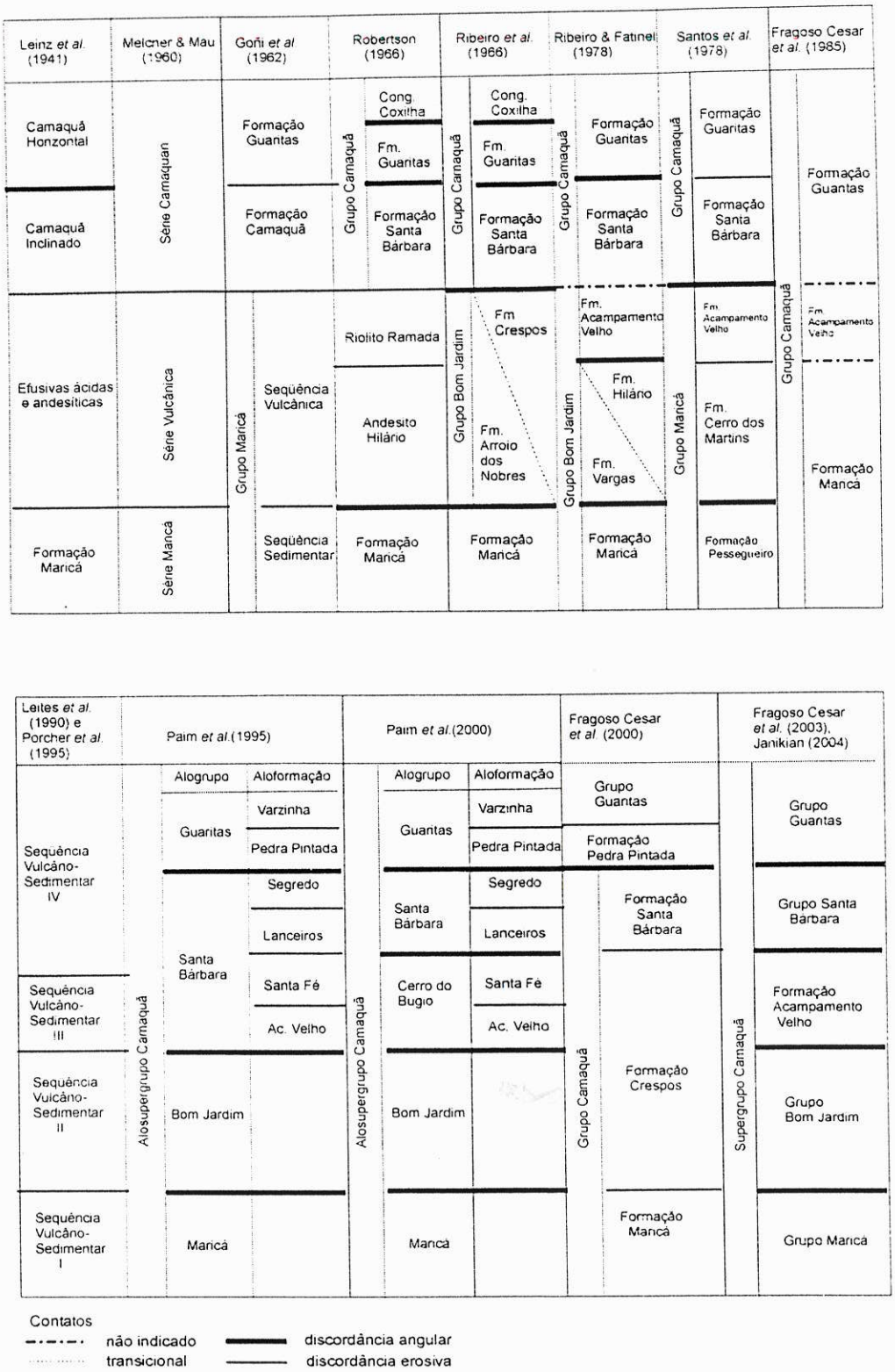


Tabela 1- Principais propostas litoestratigráficas para as unidades neoproterozóicas e eocambrianas do RS (modificado de Paim *et al.*1995, 2000 e Fambrini 1998).

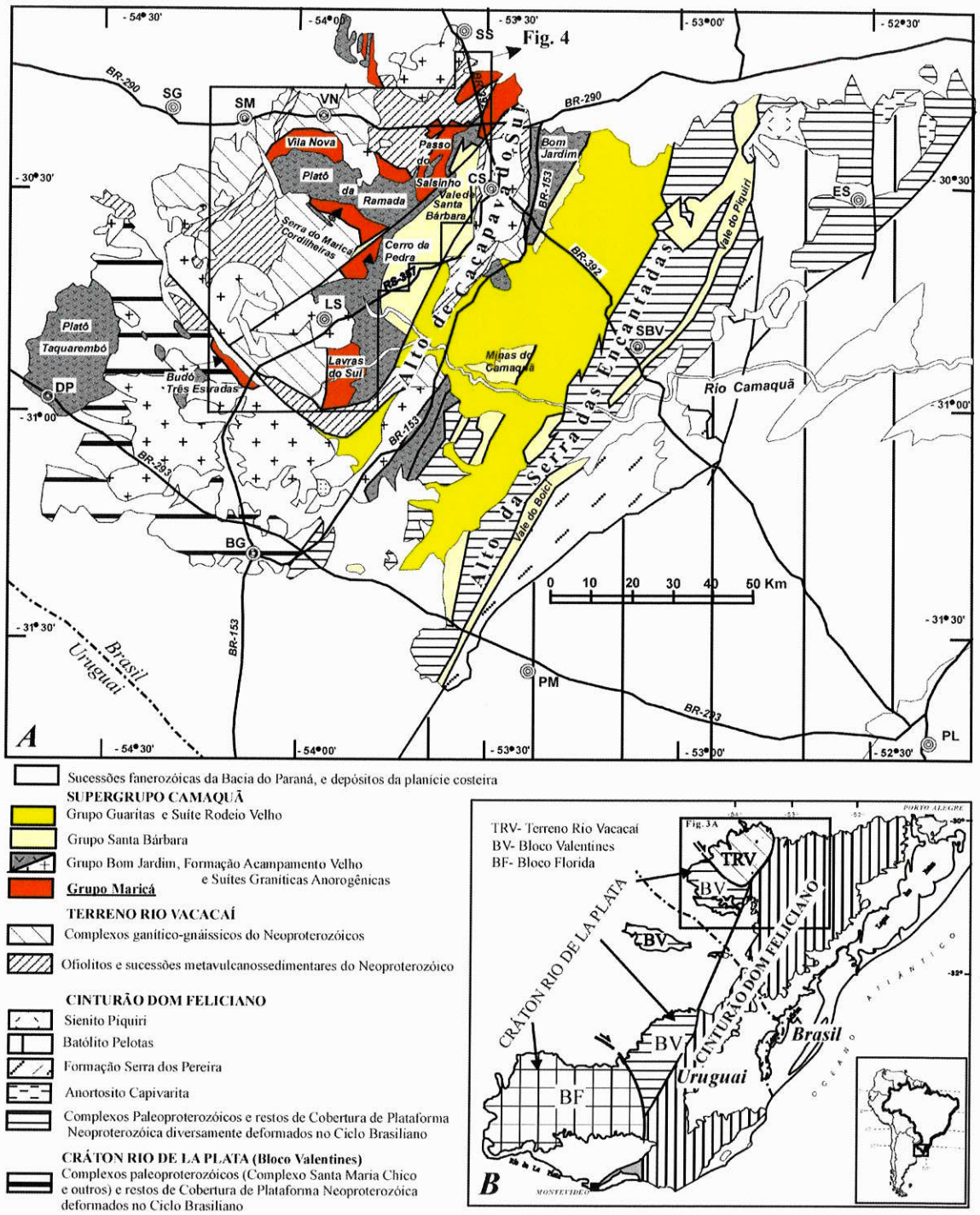
Em consideração aos trabalhos acima citados e as propostas de Fragoso-Cesar (1990, 1991), admitimos neste trabalho que as rochas pré-cambrianas do RS são divididas em três unidades tectônicas, denominadas de Cráton Rio de La Plata, Terreno Rio Vacacaí e Cinturão Dom Feliciano (Fig. 3B). Estas unidades tiveram suas justaposições associadas aos eventos tectônicos neoproterozóicos da Orogênese Brasiliana na região.

O Cráton Rio de La Plata reúne as rochas paleoproterozóicas e arqueanas (Soliani Jr. 1986, Hartmann *et al.* 1998, 2001) que se estendem por toda porção ocidental das áreas de exposição das rochas pré-cambrianas do RS e Uruguai. Internamente é dividido nos blocos Florida e Valentines (Fig. 3B). O Bloco Florida, restrito ao Uruguai, compreende um terreno *granito-greenstone* intrudido por um enxame de diques máficos do Estateriano, entre 1.7-1.8Ga (Bossi *et al.* 1993). O Bloco Valentines faz limite com o Bloco Florida pela Zona de Cisalhamento Sarandi Del Yi, sendo representado no RS por gnaisses granulíticos do Complexo Santa Maria Chico (Hartmann *et al.* 1998, 2000).

O Terreno Rio Vacacaí (Fragoso-Cesar 1990, 1991) localiza-se no extremo noroeste da área de exposição das rochas pré-cambrianas do Rio Grande do Sul (Fig. 3B), sendo composto por escamas tectônicas de rochas metamáfica-ultramáficas (ofiolitos), metapelíticas, metavulcanogênicas, ortognáissicas e metacalcáreas imbricadas predominantemente segundo a direção NE-SW e vergentes para leste. Este conjunto registra várias paleogeografias de um sistema de um arco de ilha intraoceânico do Neoproterozóico (Fragoso-Cesar 1991).

Este terreno era interpretado como um *greenstone belt* de idade paleoproterozóica ou arqueana (Fragoso-Cesar 1980) até a obtenção de idades geocronológicas Rb/Sr (Soliani Jr.1986) e Pb/Pb (Machado *et al.* 1988, 1990), evidenciando sua geração durante o Neoproterozóico, sendo então reinterpretado como um terreno exótico intraoceânico (Fragoso-Cesar 1990, 1991), corroborado por estudos radiométricos posteriores (*e.g.* Chemale Jr. *et al.* 1994, Babinski *et al.* 1996, Leite 1997) que registram a evolução de suas unidades entre 900-700 Ma.

O Cinturão Dom Feliciano, de estruturação neoproterozóica, é caracterizado por grandes zonas de cisalhamento de direção NE-SW, por complexos paleoproterozóicos e arqueanos, e restos de cobertura de plataforma neoproterozóica diversamente deformados no Ciclo Brasiliano, e intrudidos por rochas graníticas (Batólito Pelotas).



Cidades: **BG**-Bagé, CS- Caçapava do Sul, **DP**- Dom Pedrito, **ES**- Encruzilhada do Sul, **LS**-Lavras do Sul, **PL**-Pelotas, **PM**- Pinheiro Machado, **SBV**- Santana da Boa Vista, **SG**- São Gabriel, **SM**-Santa Margarida do Sul, **SS**- São Sepé e **VN**- Vila Nova

Figura 3- A- Mapa geológico da porção centro-sul do Rio Grande do Sul, destacando em colorido as unidades do Supergrupo Camaquã. **B** - Mapa de distribuição do embasamento pré-cambriano do rio Grande do Sul e Uruguai, destacando a localização do mapa geológico da porção centro-sul do RS.

2.2.2 Supergrupo Camaquã

As espessas sucessões sedimentares e vulcanogênicas do final do Neoproterozóico III e início do Cambriano que afloram por toda porção centro-sul do RS, sobre as unidades de embasamento pré-cambriano e sob os depósitos paleozóicos da Bacia do Paraná, são historicamente reunidas na Bacia do Camaquã (Fig. 3A). Desde o trabalho clássico de Almeida (1969), esta bacia foi interpretada como molassa relacionada às fases tardias do Ciclo Brasiliano. Fragoso-Cesar *et al.* (1982, 1984, 1985) interpretaram a Bacia Camaquã como uma antefossa molássica, modelo adotado em outras publicações (*e.g.* Lavina *et al.* 1985, Faccini *et al.* 1987 Paim *et al.* 1992, 1995). Posteriormente, outros autores postularam uma origem transcorrente para esta bacia (Oliveira & Fernandes 1991, 1992, Oliveira 1992), modelo também aplicado em outros trabalhos (*e.g.* Sayeg *et al.* 1992, Sayeg 1993, Fambrini 1998, Pelosi 1998).

Estudos realizados por nosso grupo de pesquisa em todas as áreas de exposição desta bacia têm descartado tanto o modelo de antefossa como de bacia transcorrente, reconhecendo o caráter extensional da evolução desta bacia (Fragoso-Cesar *et al.* 2000, 2001, 2003, Fambrini *et al.* 2001, Almeida *et al.* 2001, Almeida 2001, Janikian 2001, Janikian *et al.* 2003, Pelosi & Fragoso-Cesar 2003, Fambrini 2003, Janikian 2004). Desta forma, tem sido aplicado um modelo de bacias tipo *rift* para suas espessas (> 6.000 m) seqüências.

Este modelo de bacia foi baseado no: (i) mapeamento e estudo conjugado de análise de fácies e sistemas deposicionais, que permitiram a reconstrução paleogeográfica, ilustrando o desenvolvimento de sistemas deposicionais típicos de bacias do tipo *rift*; (ii) análises de paleocorrentes e proveniência, que demonstram que os altos que alimentaram os depósitos encontram-se ao lado dos sítios deposicionais, e não sofreram importantes deslocamentos laterais, descartando, desta forma, o modelo de bacia transcorrente; e (iii) análise de estruturas sin e pós-deposicionais que evidenciam a atuação de regimes de esforços extensionais, e a ausência de estruturas compressionais típicas de bacias de antepaís.

Devido ao tectonismo distensivo contemporâneo à sedimentação, esta bacia ocorre subdividida em três sub-bacias alongadas e compartimentadas pela reativação de falhas do embasamento de direção NNE-SSW e separadas pelos altos internos de Caçapava do Sul e da Serra das Encantadas, denominadas de sub-bacias Camaquã Ocidental, Camaquã Central e Camaquã Oriental (Fig. 3A).

Os depósitos aflorantes nestas sub-bacias são reunidos no Supergrupo Camaquã (*sensu* Fragoso-Cesar *et al.* 2003, *vide* Tabela 1), subdividido em seis unidades litoestratigráficas. A unidade basal, Grupo Maricá, ocorre apenas na Sub-Bacia Camaquã Ocidental (Fig. 3A), sendo composta essencialmente por depósitos areníticos, localmente conglomeráticos, muito

subordinadamente pelíticos, conforme adiante descritos. O Grupo Bom Jardim (*sensu* Janikian *et al.* 2003) apresenta suas exposições nas sub-bacias Camaquã Ocidental e Camaquã Central (Fig. 3A), e compreende o registro basal de atividade sedimentar, vulcânica e vulcanoclástica durante a evolução da bacia. A Formação Acampamento Velho é caracterizada pelo magmatismo ácido posterior ao vulcanismo predominantemente intermediário do Grupo Bom Jardim, associado ao desenvolvimento de rochas vulcanoclásticas de composição ácida. A quarta unidade, posterior aos eventos vulcânicos e aflorante em todas as sub-bacias do Supergrupo Camaquã (Fig. 3A), corresponde ao Grupo Santa Bárbara (*sensu* Fambrini 2003), constituída por depósitos gerados durante a contínua reestruturação tectônica da bacia. As unidades de topo, o Grupo Guaritas (*sensu* Almeida em prep.) e a Suíte Rodeio Velho registram os eventos finais de desenvolvimento da Bacia do Camaquã.

A atividade tectônica sin-sedimentar (Fragoso-Cesar *et al.* 2001) e as fases de deformação posteriores à evolução destas unidades foram responsáveis pelo basculamento de suas camadas, onde as inclinações variam desde sub-verticais, nas regiões próximas aos grandes falhamentos, a sub-horizontais nos locais menos deformados. Segue abaixo uma breve descrição das unidades do Supergrupo Camaquã.

2.2.2.1 Grupo Maricá

O Grupo Maricá compreende a primeira unidade de cobertura do Rio Grande do Sul isenta de metamorfismo regional. Foi definido originalmente como Formação Maricá por Leinz *et al.* (1941) na Serra do Maricá, Município de Lavras do Sul. Conforme vimos no item 2.1, a semelhança desta unidade com os sedimentos glaciais permo-carboníferos da Bacia do Paraná gerou controvérsias na descrição litológica e na determinação de sua idade durante cerca de 12 anos, mais precisamente entre os anos de 1945 a 1957 (Dolianiti 1945, Pinto 1947 1955, Martins 1948, Pinto 1949, Martins & Sena Sobrinho 1950, Martins 1951, Martins & Sena Sobrinho 1952, Dolianiti 1954, Beurlen *et al.* 1955, Martins *et al.* 1955, Beurlen & Martins 1956, Barbosa 1957).

O Grupo Maricá, de acordo com os trabalhos de nossa equipe (Fragoso-Cesar *et al.* 2000, 2001, 2003, Pelosi 2001, Pelosi & Fragoso-Cesar 2003), é considerado como a sucessão de rochas siliciclásticas anteriores às fases de vulcanismo intenso na região, como inicialmente definida por Leinz *et al.* (1941) e detalhada e discutida por Ribeiro (1983). Seus depósitos são restritos à Sub-Bacia Camaquã Ocidental (Fig. 3A) e ocorrem em contato por falha normal e por discordância litológica com unidades de embasamento do Terreno Rio Vacacaí.

Conforme veremos no próximo capítulo (item 3.2), o Grupo Maricá desenvolveu-se durante o final do Neoproterozóico III, possivelmente entre 620Ma e 600Ma. Segundo Pelosi & Fragoso-Cesar (2003), seus depósitos são reunidos nas formações Passo da Promessa, São

Rafael e Arroio América, que representam o desenvolvimento de sistemas fluviais e marinhos. A espessura estimada para esta unidade é da ordem de 2000m podendo atingir mais de 2500m na região de Lavras do Sul.

2.2.2.2 Grupo Bom Jardim

O Grupo Bom Jardim foi definido originalmente por Ribeiro *et al.* (1966) na região homônima situada a leste do Alto da Caçapava do Sul (Sub-Bacia Camaquã Central *vide* Fig. 3A), sendo composto pelas formações Arroio dos Nobres e Crespos. Esta última representada pelos membros Hilário e Acampamento Velho, onde o Membro Hilário corresponde às intrusões e lavas andesíticas, tufos, brechas e conglomerados ricos em detritos vulcânicos, e o Membro Acampamento Velho inclui os riolitos, dacitos e piroclásticas ácidas associadas. Posteriormente estes membros foram elevados à categoria de formação por Ribeiro & Fantinel (1978). Após o trabalho de Ribeiro *et al.* (1966), vários estudos foram realizados nestas unidades, muitos deles de caracterização geoquímica (*e.g* Roisenberg *et al.* 1983, Nardi & Lima 1985, Wildner & Lima 1992, Almeida *et al.* 1993, 1996, Wildner *et al.* 1994, Zerfass *et al.* 1999, 2000).

A proposta litoestratigráfica recentemente sugerida por Janikian *et al.* (2003), e adotada no presente trabalho, reúne no Grupo Bom Jardim as rochas sedimentares, vulcanoclásticas, vulcânicas e sub-vulcânicas que ocorrem nas regiões de Bom Jardim, Casa de Pedra (Sub-Bacia Camaquã Central) e Lavras do Sul (Sub-Bacia Camaquã Ocidental). Segundo esta proposta, o Grupo Bom Jardim é composto pelas formações Cerro da Angélica, Hilário e Picada das Graças, que juntas ultrapassam 4000m de espessura.

As formações Cerro da Angélica e Picada das Graças são compostas por espessas sucessões de rochas siliciclásticas e vulcanoclásticas que caracterizam a deposição em ambientes lacustres, aluviais e deltaicos, cuja presença de piroclastos texturalmente não modificados e de rochas piroclásticas associadas, evidencia a atividade vulcânica contemporânea. Segundo estudos geoquímicos e petrográficos realizados por Roisenberg *et al.* (1983), Nardi & Lima (1985), Wildner & Lima (1992) e Almeida *et al.* (1993), a Formação Hilário é composta na base por depósitos vulcano-sedimentares que são recobertos por derrames de andesitos e, subordinadamente, de andesi-basaltos e basaltos, que, em direção ao topo, intercalam-se com materiais piroclásticos de natureza intermediária a ácida, podendo conter diques de riolito e *necks* de composição monzonítica cortando a seqüência vulcânica.

As idades do Granito Lavras do Sul, considerado comagmático a estas manifestações vulcânicas (Nardi & Lima 1985, Soliani Jr. 1986, Lima & Nardi 1998, Soliani Jr. *et al.* 2000), obtidas pelo método U/Pb SHRIMP por Leite (1995), Remus *et al.* (1997), Leite *et al.* (1998), variam de 610± 10Ma a 580± 7Ma. Dados geocronológicos obtidos por Remus *et al.* (1999) em

rochas vulcânicas intermediárias apontam idades aproximadas de 580Ma. As análises Ar/Ar em andesitos apresentadas por Janikian (2004) registram uma idade de 590±10Ma.

2.2.2.3 Formação Acampamento Velho

A Formação Acampamento Velho foi definida por Ribeiro & Fantinel (1978) em referência às rochas vulcânicas de composição ácida do Membro Acampamento Velho, anteriormente descrito por Ribeiro *et al.* (1966) em redefinição ao Riolito Ramada de Robertson (1966). Segundo Ribeiro & Fantinel (1978), esta unidade corresponde às rochas vulcânicas de composição riolítica até dacítica, tufos, lavas e arenitos e conglomerados derivados de detritos vulcânicos, e repousam discordantemente sobre as demais as unidades basais da Bacia do Camaquã e sobre as rochas de embasamento.

A Formação Acampamento Velho aflora predominantemente na Sub-Bacia Camaquã Ocidental, destacando-se as regiões do Cerro do Bugio, Cerro do Perau e Serra de Santa Bárbara, além das extensas ocorrências nos platôs da Ramada e Taquarembó (Fig. 3A). Diversos trabalhos sobre as características geoquímicas das rochas vulcânicas desta unidade encontram-se disponíveis na bibliografia, destacando-se Lima & Nardi, (1992), Wildner & Lima (1992), Wildner *et al.* (1994), Almeida *et al.* (1996), Zerfass *et al.* (1999, 2000) que descrevem o magmatismo predominantemente ácido, constituído por riolitos porfiríticos, riolitos fluidais e piroclásticas associadas, tais como brechas vulcânicas, tufos e tufos lapílicos, contendo em sua base, de acordo com Zerfass & Almeida (1997), um nível de basalto alcalino.

Os trabalhos que vêm sendo realizados por nossa equipe de pesquisa (Pelosi 2001, Corrêa 2002, Janikian 2004, Janikian *et al.* submetido), apontam a dificuldade de se dividir a Formação Acampamento Velho em sub-unidades de mapeamento (membros ou até mesmo formações), preferindo até o momento agrupar suas unidades em apenas uma formação, que com o avanço dos estudos poderá ser elevada à categoria de grupo.

Segundo Janikian *et al.* (submetido), a Formação Acampamento Velho é caracterizada por depósitos piroclásticos e por derrames de lavas subaéreos de composição ácida, ultrapassando 500m de espessura.

Os corpos graníticos Ramada, São Sepé, entre outros, são interpretados como comagmáticos a estas manifestações vulcânicas (*e.g.* Nardi & Lima 1985, 2000, Wildner *et al.* 1994, 1997, 1998, Porcher *et al.* 1995, Janikian *et al.* submetido).

A idade da Formação Acampamento Velho não está ainda claramente definida. Dados Rb-Sr extraidos de riolitos da unidade de riolitos e rochas piroclásticas superiores no Cerro do Perau apontam para 545.1±12.7Ma, 546.1±12.9Ma e 494.9±15.1Ma (Almeida *et al.* 1996), enquanto U/Pb em zircões indicam 573±18Ma (Chemale Jr. *et al.* em prep. *apud* Zerfas *et al.* 2000). Idades Rb-Sr similares a estas foram obtidas em granitos supostamente comagmáticos

com este vulcanismo, como de 552±4Ma no conjunto de facies do Granito Caçapava do Sul (Sartori & Kawashita 1985), 525±3Ma para o Granito Ramada (Cordani *et al.* 1974) e 527±7Ma para o Granito São Sepé (Sartori 1978 *apud* Soliani Jr *et al.* 2000). Também neste intervalo de idade situam-se as datações obtidas em zircões do Granito Caçapava do Sul pelo método SHRIMP por Leite (1995): 541±11Ma na borda e 561±6Ma no núcleo do cristal. Não considerando a isócrona Rb/Sr de 494.9±15.1Ma em riolitos (Almeida *et al.*1996), admite-se, até a obtenção de dados com maior precisão, que a idade da Formação Acampamento Velho situa-se em torno de 570Ma (Neoproterozóico III tardio). Este intervalo está de acordo com os dados U/Pb em zircões obtidos por Janikian (2004; 574±7Ma), que aponta uma idade de evolução desta unidade entre 574 e 560Ma.

2.2.2.4 Grupo Santa Bárbara

Em 1966, Robertson definiu a Formação Santa Bárbara como unidade inferior do então definido Grupo Camaquã —redefinição da "Série Camaquan" de Carvalho (1932)—, que conteria ainda a Formação Guaritas e o Conglomerado Coxilha. Este termo foi utilizado posteriormente por diversos autores em referência às rochas sedimentares dispostas sobre as rochas vulcanogências do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho (Ribeiro *et al.* 1966, Ribeiro & Fantinel 1978, Santos *et al.* 1978, Beckel 1990).

Estudos regionais realizados por nossa equipe de pesquisa (Fambrini 1998, Almeida 2001, Janikian 2001, Fambrini 2003, Fragoso-Cesar *et al.* 2003, Fambrini *et al.* submetido, Almeida *et al.* submetido) vêm separando, em mapa, diversas unidades internas na Formação Santa Bárbara, sugerindo a elevação desta à categoria de grupo. Segundo esta nova proposta o Grupo Santa Bárbara corresponde aos os espessos depósitos sedimentares posteriores às fases de vulcanismo da Formação Acampamento Velho, conforme já postulado por Robertson (1966). As análises de fácies e sistemas deposicionais realizadas nas sucessões do Grupo Santa Bárbara (Paim *et al.* 1995, 2000, Fambrini 1998, 2003, Almeida 2001, Almeida *et al.* submetido, Fambrini *et al.* submetido), vêm demostrando que esta unidade é composta por depósitos de origem aluvial, deltaica e marinha ou lacustre, com forte influência de atividades tectônicas sin-sedimentares (Fragoso-Cesar *et al.* 2001, Fambrini *et al.* 2001).

As sucessões que constituem o Grupo Santa Bárbara apresentam clastos de composição variável, indicando que as áreas fontes eram compostas por rochas do embasamento ígneo e metamórfico e por rochas vulcânicas e sedimentares das unidades inferiores do Supergrupo Camaquã. A espessura dos depósitos (~ 4km) e as análises de paleocorrentes e proveniência, aliadas a levantamentos estruturais, indicam que este grupo teve sua evolução associada a um sistema de bacia do tipo *rift* em ambientes de distensão crustal (Fragoso-Cesar *et al.* 2001, Almeida 2001, Fambrini *et al.* 2001, Fambrini 2003 e Almeida *et al.* submetido).

Seus depósitos encontram-se alojados em todas as sub-bacias do Supergrupo Camaquã (Fig. 3A). Na Sub-Bacia Camaquã Ocidental, ocorre por toda região do Vale de Santa Bárbara, área-tipo desta unidade conforme a definição de Robertson (1966), incluindo as localidades de Pedra do Segredo, vales e serras dos Lanceiros e do Seival, Serra de Santa Bárbara e Cerro da Pedra. Na Sub-Bacia Camaquã Central, seus depósitos encontram-se recobertos pelos depósitos do Grupo Guaritas, (*sensu* Fragoso-Cesar *et al.* 2003), destacando a ocorrência da região das Minas do Camaquã, que devido a sua importância econômica se tornou a localidade mais conhecida do Grupo Santa Bárbara. Ainda nesta sub-bacia, temos exposições, a norte do rio Camaquã, nas regiões de Bom Jardim e a sul, nas regiões de Rondinha e Apati. A Sub-Bacia Camaquã Oriental é a única composta essencialmente pelos depósitos do Grupo Santa Bárbara, que ocorrem em contato por falha normal com o embasamento ígneo e metamórfico do Cinturão Dom Feliciano, e preenchem as calhas sedimentares do Vale do Piquiri, a norte do Rio Camaquã, e Vale do Boici, a sul.

A proposta de divisão litoestratigráfica do Grupo Santa Bárbara ainda é bastante discutida. O tectonismo sin-sedimentar responsável pelo soerguimento dos altos internos de Caçapava do Sul e da Serra das Encantadas durante o desenvolvimento do Grupo Santa Bárbara (Fragoso-Cesar *et al.* 2000, 2001, Almeida 2001, Fambrini 2003, Almeida *et al.* submetido) foi responsável pela compartimentação de seus depósitos em sub-bacias, dificultando a correlação litoestratigráfica de suas unidades. Fambrini (2003) propôs a subdivisão do Grupo Santa Bárbara nas formações Estância Santa Fé, Passo da Capela, Seival, Rincão dos Mouras e João Dias. Segundo Fambrini (comunicação oral), esta divisão vem sendo reavaliada e será adequadamente descrita em um trabalho completo.

A idade do Grupo Santa Bárbara é considerada como do final do Neoproterozóico III. Dados radiométricos foram obtidos por Bonhomme & Ribeiro (1983) na região das Minas do Camaquã, indicando uma idade K/Ar na fração fina da ritmitos de 572 ± 17Ma e 535 ± 16Ma, e datações K/Ar em pelitos intercalados nos depósitos de topo do Grupo Santa Bárbara (então considerados como da Formação Guaritas) fornecendo idades de 529 ± 11Ma e 524 ± 16Ma.

2.2.2.5 Grupo Guaritas e Suíte Intrusiva Rodeio Velho

O Grupo Guaritas corresponde à unidade de topo do Supergrupo Camaquã que ocorre sobreposta por discordância angular aos demais depósitos da Bacia do Camaquã. Foi definida originalmente como Formação Guaritas por Robertosn (1966), nomenclatura utilizada posteriormente em diversos trabalhos (Ribeiro *et al.* 1966, Ribeiro & Fantinel 1978, Santos *et al.* 1978, Fragoso-Cesar *et al.* 1985). Nos últimos anos, os trabalhos liderados pelo Prof. Dr. Paulo Sérgio Gomes Paim (UNISINOS) vêm utilizando o conceito de Alogrupo Guaritas para

esta sucessão de topo da Bacia do Camaquã, dividido nas aloformações Pedra Pintada e Varzinha (Paim 1994, Paim *et al.* 1995, 2000, Paim & Scherer 2003).

Seus depósitos são, essencialmente, de origem continental (Paim 1994, Paim *et al.* 1995, 2000, Silva-Filho 1997, Paim & Scherer 2003), incluindo sucessões de dunas eólicas, de interdunas e de planícies de inundação na base, e depósitos aluviais e deltaicos no topo. O contato basal com o Grupo Santa Bárbara se dá por discordância erosiva e angular de caráter regional (Robertson 1966, Paim *et al.* 1995, Silva-Filho 1997, Fambrini 1998).

O Grupo Guaritas ocorre alojado na Sub-Bacia Camaquã Central na forma de um *rift* limitado a leste pelo Alto da Serra das Encantadas e, a oeste, pelo Alto da Caçapava do Sul (Fig. 3A). Os dados de paleocorrentes aluviais e eólicas existentes, aliados aos estudos de proveniência, sugerem que esta unidade se depositou entre estes dois altos estruturais, preenchendo uma estrutura do tipo gráben. Fragoso-Cesar *et al.* (1998, 1999) sugeriram que esta sucessão continental do Grupo Guaritas poderia representar os depósitos de *rift*s precursores da Bacia do Paraná, hipótese adotada em diversos outros trabalhos (*e.g* Lopes *et al.*1999, Chemale Jr. 2000).

A estratigrafia do Grupo Guaritas está sendo revisada pelo colega de grupo Renato Paes de Almeida, que publicará nova proposta litoestratigráfica em artigos e em sua Tese de Doutoramento (Almeida em prep.), que está em fase final de preparação.

Estas sucessões continentais são intrudidas na base por rochas andesíticas reunidas na Suíte Intrusiva Rodeio Velho (Membro Rodeio Velho de Ribeiro *et al.* 1966, redefinido por Fragoso-Cesar *et al.* 1999). Segundo Almeida *et al.* (1999), estas rochas vulcânicas apresentam composições variando de básica a intermediária e afinidade alcalina, sendo interpretadas como de ambientes intraplaca. Dados radiométricos U/Pb em zircão obtidos por Hartmann (2000 *apud* Paim & Scherer 2003) sugerem idade em torno de 470±19Ma para estas rochas. Análises Ar-Ar recentes (Almeida em prep.) apontam idade mais antiga, eocambriana (~535Ma).

CAPÍTULO 3- LITOESTRATIGRAFIA E ASPECTOS GERAIS DO GRUPO MARICÁ

Este capítulo tem como objetivo apresentar as características gerais e a subdivisão litoestratigráfica do Grupo Maricá. O texto aqui apresentado é parte expandida do artigo impresso pela Revista Brasileira de Geociências (2003, n.33 v.2) intitulado "Proposta litoestratigráfica e considerações paleoambientais sobre o Grupo Maricá (Neoproterozóico III), Bacia do Camaquã, Rio Grande do Sul", de autoria de Ana Paula de Meireles Reis Pelosi e Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar.

3.1 GRUPO MARICÁ

O Grupo Maricá compreende os depósitos sedimentares dispostos entre as rochas plutônicas e metamórficas do embasamento pré-cambriano do RS e as unidades vulcanogênicas da região centro-sul do RS, como inicialmente definido como Formação Maricá por Leinz *et al.* (1941). Suas exposições limitam-se à Sub-Bacia Camaquã Ocidental, destacando-se as regiões do Passo do Salsinho e Vila Nova, localizadas a leste e norte do Platô da Ramada, e as regiões de Lavras do Sul, Cordilheiras/Serra do Maricá, Cerro da Pedra e Três Estradas/Budó a sul deste mesmo platô (Fig. 4), abrangendo os municípios de Caçapava do Sul, São Sepé, Vila Nova do Sul, Santa Margarida do Sul, Lavras do Sul e Bagé.

Os depósitos desta unidade são intrudidos por rochas sub-vulcânicas de composição intermediária a ácida do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho, e pelos granitos de Lavras do Sul, São Sepé e Ramada, considerados como comagmáticos às manifestações vulcânicas do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho (*vide* Nardi & Lima 2000). Seu contato com o embasamento metamórfico se faz por falhas normais com componentes laterais, com exceção da região de Lavras do Sul cujo contato com embasamento se dá por discordância litológica.

O Grupo Maricá é composto por arenitos arcoseanos, localmente conglomeráticos, e, de forma subordinada, pelitos. Estas litologias ocorrem dispostas em camadas de geometrias e dimensões variadas conforme o processo gerador; apresentam colorações amarela, bege, marrom claro ou esverdeada, com presença comum de níveis de minerais pesados que dão à rocha um aspecto que lembra uma mistura de "sal e pimenta", conforme já apontado como aspecto marcante desta unidade por Leinz *et al.* (1941), Ribeiro *et al.* (1966) e Ribeiro (1983).

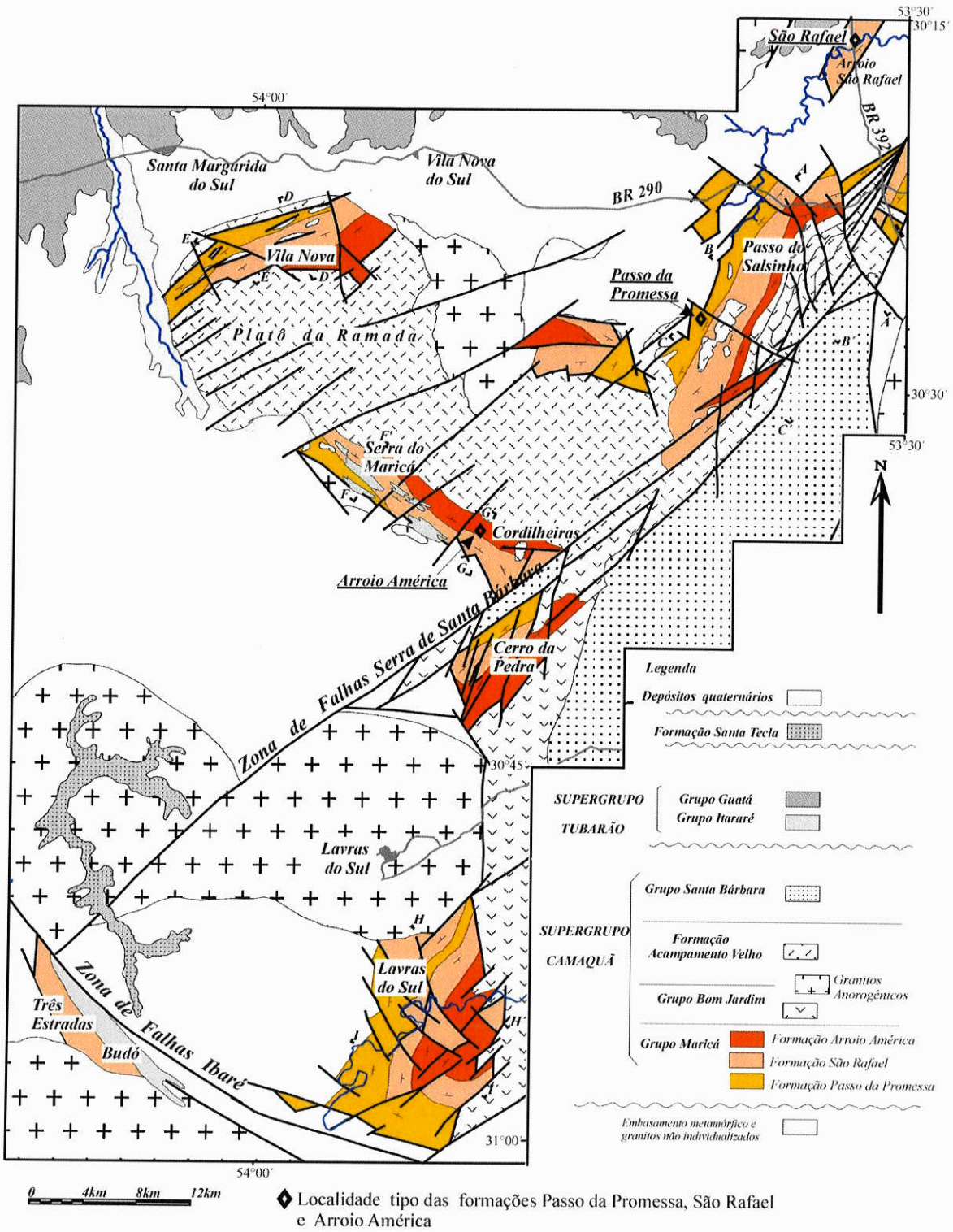


Figura 4- Mapa geológico das ocorrências do Grupo Maricá (*vide* localização na Fig. 3A), simplificado do mapa geológico em anexo.

A elevada litificação, compactação e fraturamento são características típicas do Grupo Maricá, mascarando muitas vezes texturas e estruturas originais, onde camadas de arenitos muito finos rítmicos freqüentemente assumem um aspecto ardosiano e os arenitos mascaram suas estruturas, apresentando-se com aparência maciça em amostra de mão.

Segundo Porcher *et al.* (1995) e Pelosi (2001), estes arenitos apresentam tamanho de grão que varia de muito fino a grosso, onde os grãos intensamente compactados sustentam a rocha. A forma dos grãos varia de arredondada a angular, a seleção granulométrica de boa a média, o grau de esfericidade de moderado a baixo. Composicionalmente são classificados como arcósios e, localmente, subarcósios, segundo os parâmetros de Folk (1968).

3.2 IDADE

O Grupo Maricá desenvolveu-se durante o Neoproterozóico III, considerando-se dados geocronológicos de seu embasamento que variam de 750Ma a cerca de 620Ma (*e.g.* Nauman 1984, Soliani Jr. 1986, Machado *et al.* 1988, 1990, Chemale Jr. *et al.* 1994, 1997, Babinski *et al.* 1996). Dados obtidos nos granitos intrusivos (*e.g.* Granito Lavras) com idade SHRIMP de 600Ma a 580Ma (Leite 1995, Remus *et al.* 1997, Mexias 2000 *apud* Bongiolo *et al.* 2003), além de idades obtidas nas unidades vulcânicas sobrejacentes (*e. g.* 573±18Ma, idade U/Pb dos riolitos no Cerro do Perau [Chemale Jr. *et al.* em prep. *apud* Zerfass *et al.* 2000]), indicam idade mínima para esta unidade de 600Ma. Considerando-se idades Rb/Sr obtidas em granitóides deformados que afetam o Terreno Rio Vacacaí (*e.g.* granitóide da região cortada pelo Arroio América com idade de 619±15Ma [Soliani Jr. 1986] e Granodiorito Timbaúva com idade de 647±34Ma [Nauman 1984]), pode-se estimar idade máxima inferior há 620Ma.

Desta forma pode-se inferir que a idade do Grupo Maricá deve situar-se no Neoproterozóico III, possivelmente, entre 620-600Ma, de acordo com os dados geocronológicos indiretos disponíveis.

3.3 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

O Grupo Maricá, em base ao mapeamento da região do Passo do Salsinho em escala 1:50.000 (Pelosi 2001) e em escala 1:100.000 de todas suas demais áreas de ocorrência (*vide* Fig. 4 e mapa em anexo), pode ser dividido em três unidades litoestratigráficas que juntas totalizam até 2500m de espessura, dependendo da área investigada. Estas unidades foram definidas por Pelosi & Fragoso-Cesar (2003) como: (i) Formação Passo da Promessa, (ii) Formação São Rafael e (iii) Formação Arroio América (Figs. 5, 6 e 7). Cada unidade é composta por sucessões de fácies geneticamente correlacionadas que representam distintos

sistemas deposicionais: as unidades (i) e (iii) compreendem depósitos fluviais de canais entrelaçados, enquanto a unidade (ii) registra a sedimentação associada ao primeiro evento de inundação marinha na bacia.

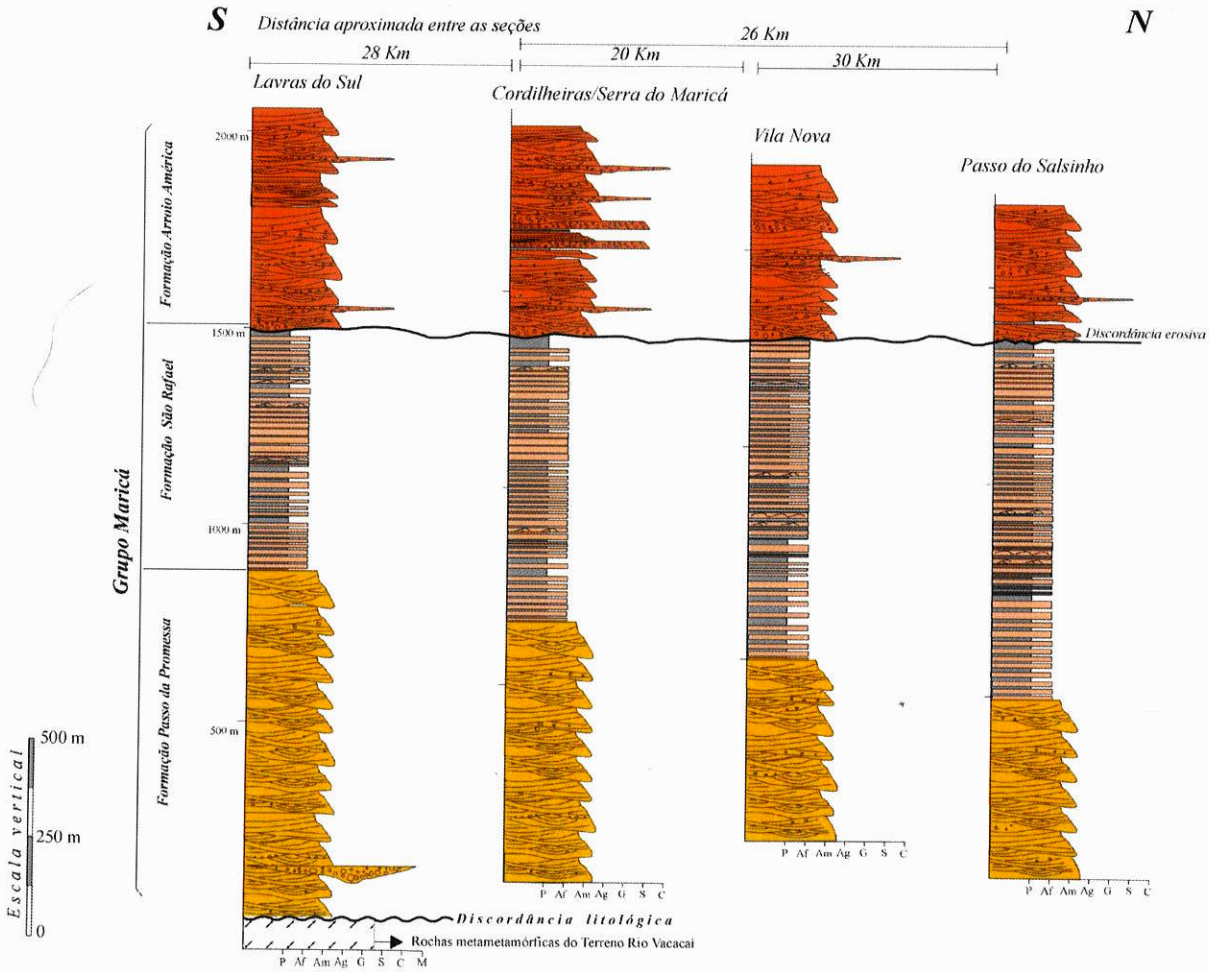


Figura 5- Seções compostas do Grupo Maricá em suas principais áreas de ocorrência, destacando suas unidades litoestratigráficas.

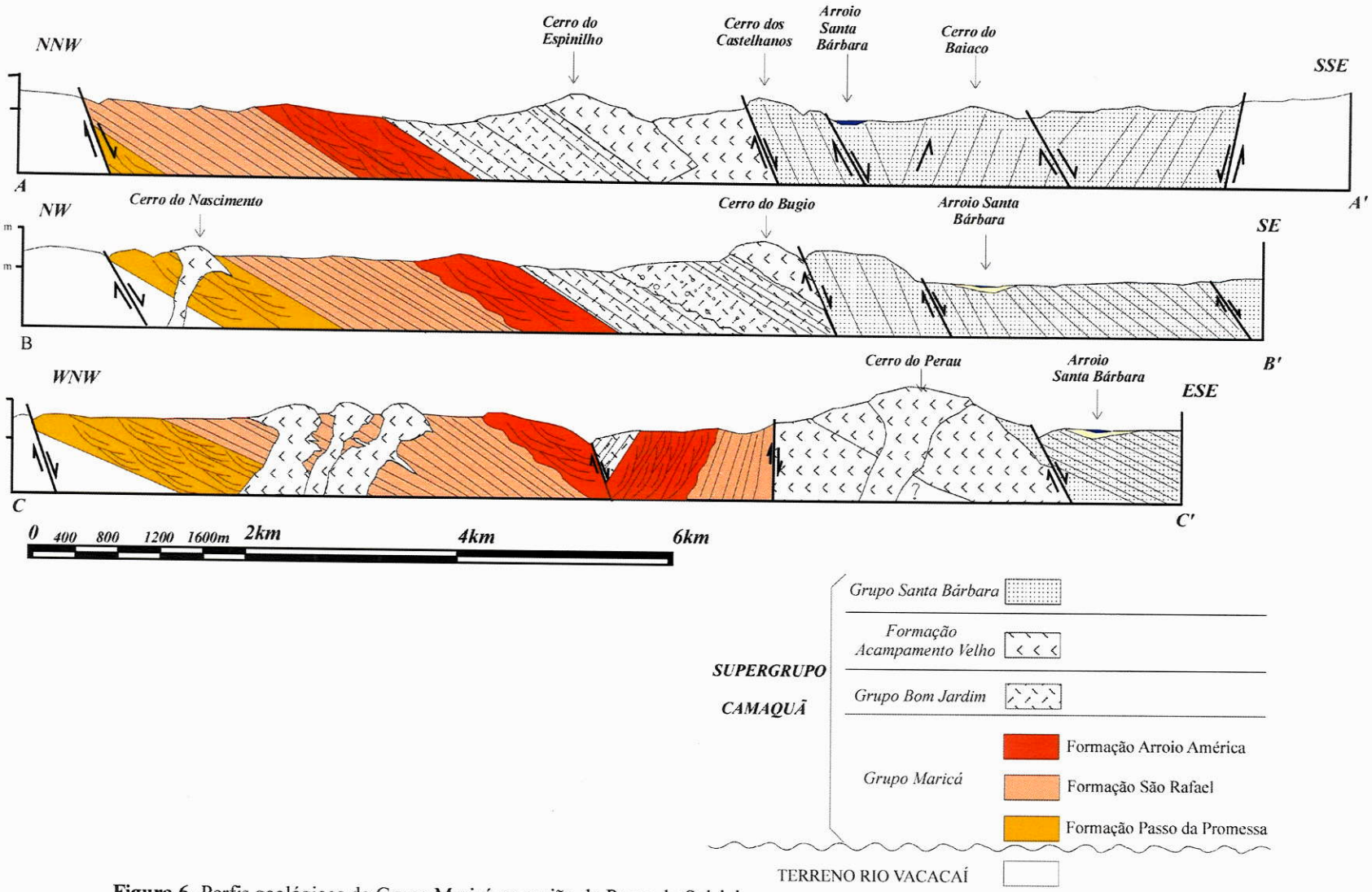


Figura 6- Perfis geológicos do Grupo Maricá na região do Passo do Salsinho (ver localização na Fig. 4)

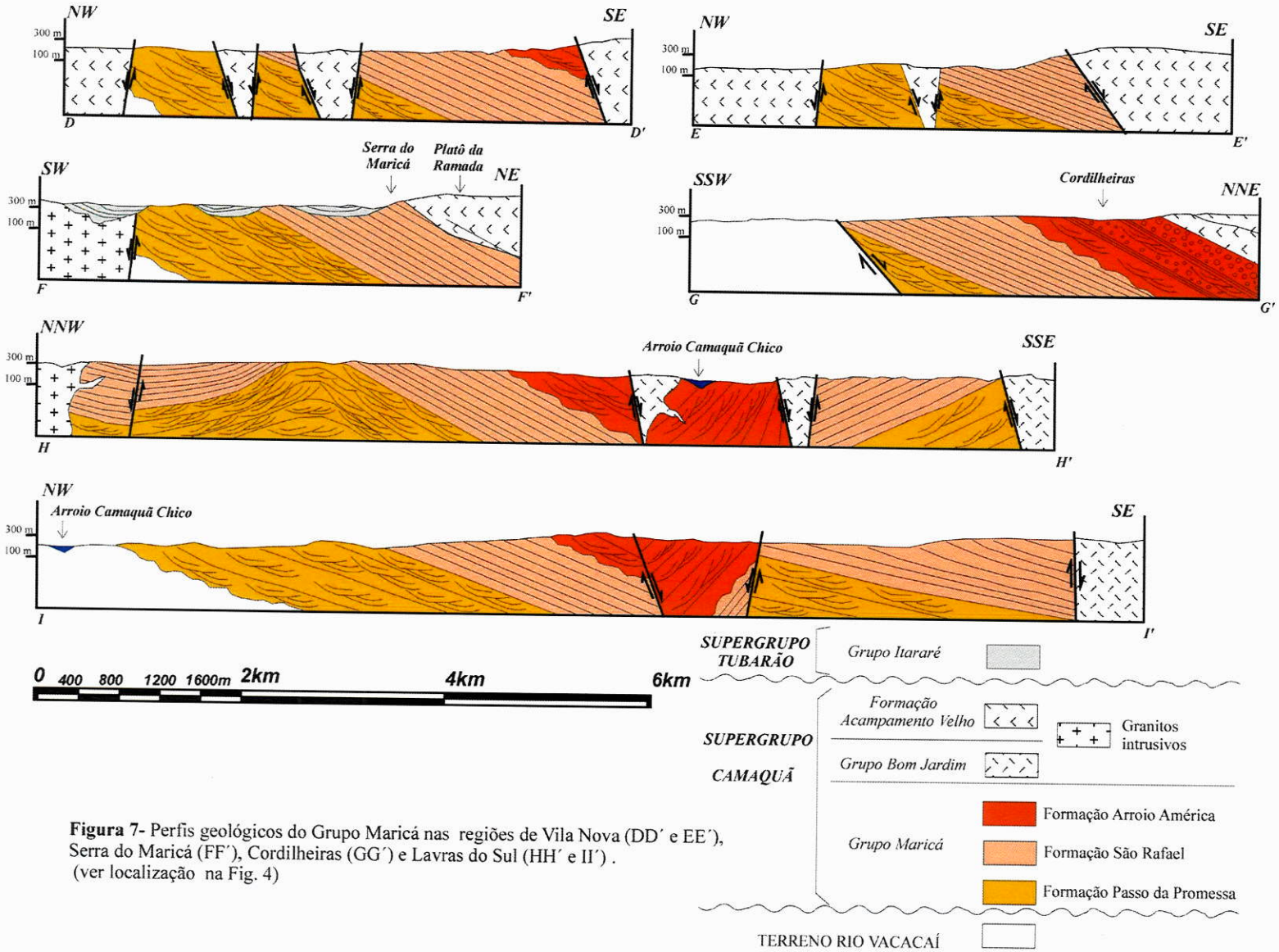


Figura 7- Perfis geológicos do Grupo Maricá nas regiões de Vila Nova (DD´ e EE´), Serra do Maricá (FF´), Cordilheiras (GG´) e Lavras do Sul (HH´ e II´). (ver localização na Fig. 4)

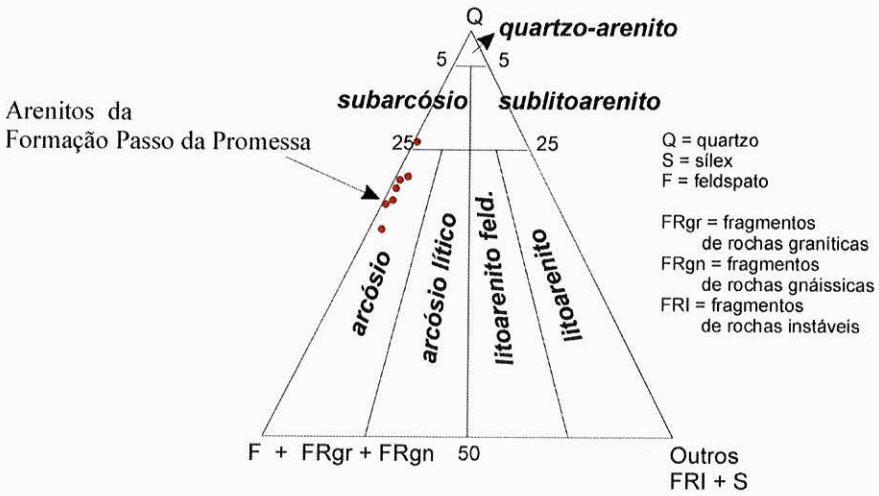
3.3.1 Formação Passo da Promessa.

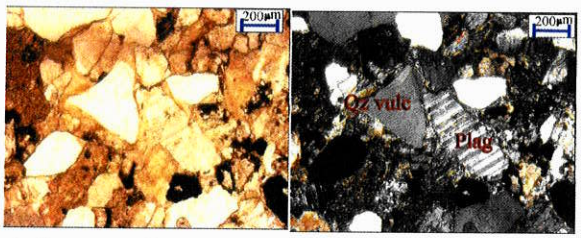
Esta unidade foi definida na localidade do Passo da Promessa, ao longo das cabeceiras do Arroio São Domingos, região do Passo do Salsinho (Fig. 4). Compreende basicamente espessas sucessões (500 a 800m) de arenitos e arenitos conglomeráticos, localmente com níveis conglomeráticos associados. A Formação Passo da Promessa aflora em todas as demais áreas de ocorrência do Grupo Maricá incluindo a região de Lavras do Sul, onde faz contato basal por discordância litológica com unidades gnáissicas do Terreno Rio Vacacaí. A sul do Platô da Ramada, seus depósitos afloram na região da Serra do Maricá e Cerro da Pedra, sendo sua porção basal obliterada por falhas de rejeitos oblíquos e normais (*vide* Fig. 4, 6, 7 e mapa geológico em anexo).

A fácies mais comum é de arenitos médios a grossos com estratificação cruzada acanalada, localmente com seixos e calhaus esparsos nos planos frontais das estratificações. Rochas conglomeráticas ocorrem subordinadamente, no geral com arcabouço formado por seixos e calhaus bem arredondados. Dentre as fácies de conglomerados destaca-se a presença de conglomerados maciços e com estratificação cruzada acanalada.

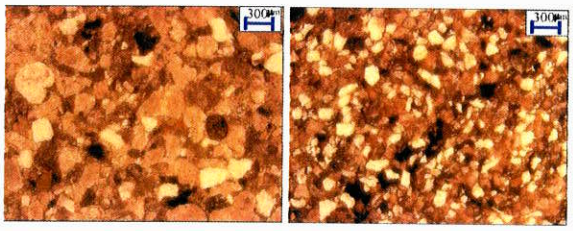
Em estudo petrográfico, os arenitos desta unidade foram classificados como arcósios, localmente subarcósios (Fig. 8). A composição mineralógica é caracterizada por: (i) quartzo (57-73%) incluindo quartzo monocristalino, policristalino, *chert* e quartzo vulcânico (Fig. 8A); (ii) plagioclásio (15-25%) e feldspato alcalino (5-10%); (iii) minerais opacos (5-10%); e (iv) acessórios (<5%), incluindo fragmentos de rochas (graníticas, metamórficas de alto grau e xistos), fragmentos pontuais de pelito, muscovita, biotita e contribuição de diversos minerais pesados tais como zircão, hornblenda, granada, titanita, epidoto, clinozoisita, rutilo e augita. A elevada variação de minerais pesados é uma característica petrográfica típica desta formação que a difere das demais unidades de Grupo Maricá.

Texturalmente, os arenitos foram classificados como submaturos a maturos, com mais de 95% da rocha sustentada pelo arcabouço, menos de 5% por matriz e cimento. A seleção é moderada a elevada, com granulometria variando de areia grossa a fina (Fig. 8B). A esfericidade, no geral, é moderada e o grau de arredondamento varia de angular a arredondado (Fig. 8C). Os cimentos ferruginosos (Fig. 8D), carbonáticos e de clorita (Fig. 8E) aparecem de forma intersticial e preenchendo poros. As características petrográficas permitem inferir que os arenitos da Formação Passo da Promessa sofreram processos mesodiagenéticos, evidenciados pela compactação química e mecânica (Fig. 8F), pelo crescimento secundário de quartzo e feldspato, e pela cimentação de carbonatos e clorita.

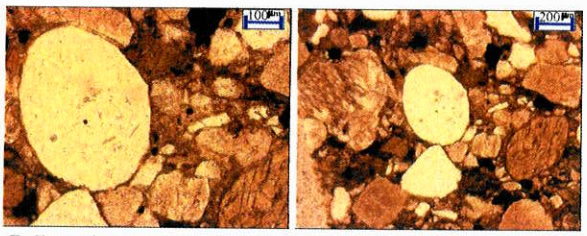




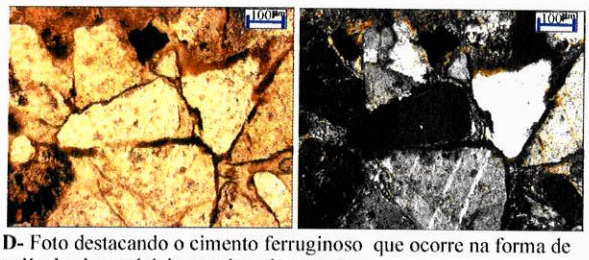
A- Fragmentos de quartzo vulcânico monocristalino e de plagioclásio.



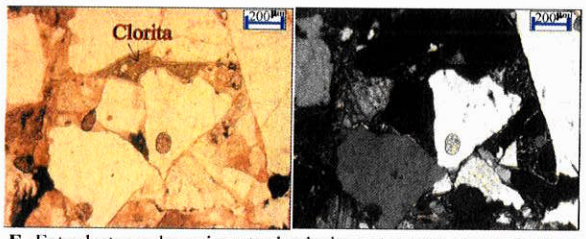
B- Fotos de lâminas dos arenitos destacando a forma, disposição e dimensão dos grãos.



C- Fotos destacando os padrões de arredondamento e esfericidade



D- Foto destacando o cimento ferruginoso que ocorre na forma de películas intersticiais envolvendo os grãos.



E- Foto destacando o cimento de clorita que ocorre entre os grãos, dando a rocha uma cor esverdeada.

F- Foto de um fragmento de biotita deformada evidenciando processos de compactação mecânica.

Figura 8- Classificação de arenitos da Formação Passo da Promessa segundo diagrama de Folk (1968). **A** a **F:** fotos de lâminas destacando suas principais características petrográficas.

3.3.2 Formação São Rafael.

A Formação São Rafael corresponde à unidade mais expressiva e característica do Grupo Maricá. É composta por um espesso pacote de até 900m de espessura de arenitos finos a muito finos, com participação muito subordinada de arenitos médios a grossos e pelitos. A seção tipo localiza-se ao lado do Arroio São Rafael junto à BR-392, próxima à cidade de São Sepé (*vide* Fig. 4 e extremo norte do mapa geológico em anexo).

Estes depósitos possuem suas melhores áreas de exposição ao norte do Platô da Ramada, incluindo as localidades de Passo do Salsinho e Vila Nova (Fig. 4) onde esta unidade atinge suas maiores espessuras (até cerca de 900m). Na região de Lavras do Sul, a Formação São Rafael, assim como as demais unidades, encontra-se intensamente falhada, dificultando o empilhamento estratigráfico e até mesmo a descrição litofaciológica (Fig. 7). As melhores exposições dos ritmitos desta formação, a sul do Platô da Ramada, afloram na região de Três Estradas, devido à presença de cortes transversais à unidade ao longo da via férrea (Fig. 4).

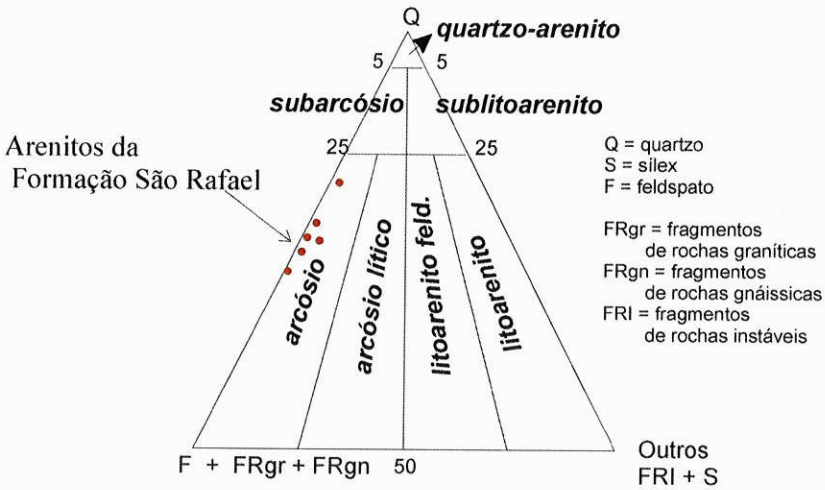
Dentre as fácies mais comuns destacam-se arenitos maciços intercalados com arenitos laminados na forma de ritmitos tabulares. Subordinadas a estas fácies de ritmitos, também ocorrem fácies de arenitos com laminação cruzada cavalgante, marcas onduladas assimétricas e pelitos laminados.

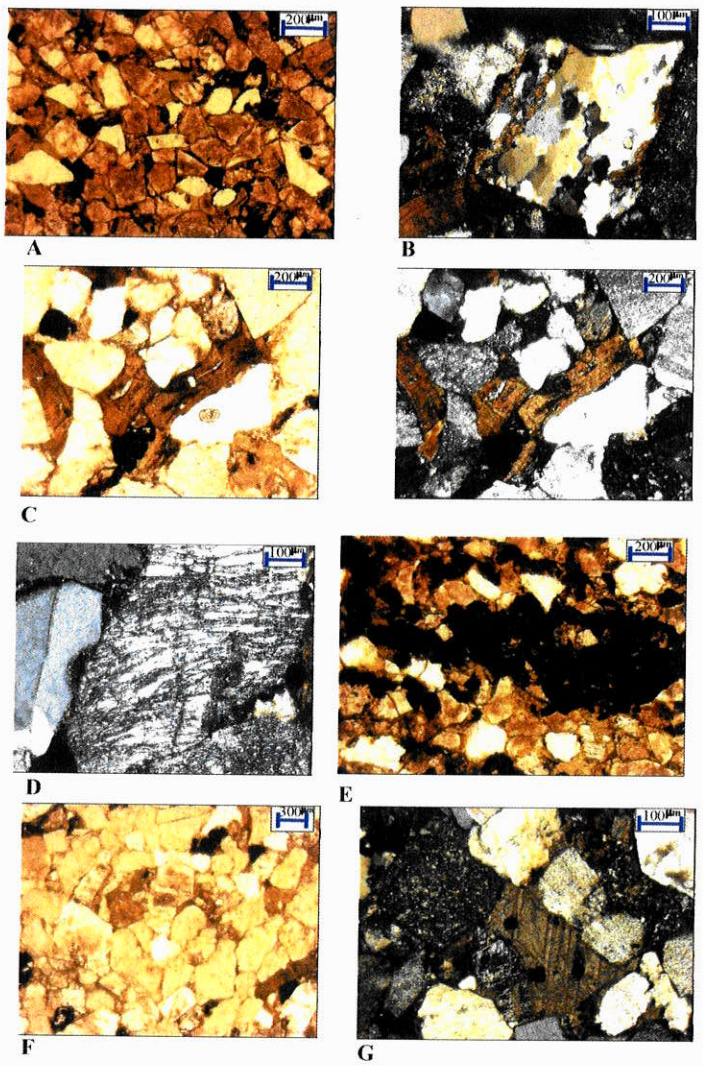
Outro conjunto de fácies desta unidade reúne arenitos com estratificação cruzada *hummocky*, com marcas onduladas simétricas e assimétricas de base erosivas, e fácies heterolíticas caracterizadas por apresentar estruturas do tipo acamadamento lenticular. Localmente ainda ocorrem fácies de arenitos com estratificação cruzada tangencial de pequeno e médio porte.

Em lâmina, os arenitos da Formação São Rafael foram classificados como arcósios (Fig. 9 gráfico e foto A). O arcabouço é constituído por: (i) quartzo (40-60%) incluindo várias formas como monocristalino, policristalino (Fig. 9B), do tipo vulcânico e *chert*; (ii) plagioclásio (10-20%); (iii) feldspato alcalino (5-15%); (iii) minerais opacos (5-20%, Fig. 9E); (iv) biotita (<5-10%, Fig. 9C); (v) fragmentos de rocha metamórfica de alto grau e/ou milonito (<5-15%, Fig. 9D); (vi) fragmento de rocha vulcânica (0-8%); e (vii) acessórios (<5%) incluindo zircão, fragmento de pelito, clorita, granada, turmalina e epidoto.

O grau de maturidade oscila com a porcentagem de matriz e o grau de seleção; variam de arenitos imaturos a arenitos maturos. A seleção varia de moderada a boa, o grau de esfericidade de baixo a alto, e o arredondamento de angular a subarredondado (Fig. 9F). Comumente a clorita aparece na forma intersticial envolvendo e cimentando os grãos, dando a rocha uma maior compactação e uma coloração esverdeada. O cimento carbonático também foi encontrado, tanto com textura poiquilotópica (Fig. 9G) como na forma intersticial. Segundo a proposta de evolução diagenética de arenitos de De Ros & Moraes (1984), a presença de

cimento carbonático com disposição poiquilotópica sugere que os arenitos da Formação São Rafael atingiram a mesodiagênese.





A- Aspecto geral em lâmina dos arenitos da Formação São Rafael

B- Grão de quartzo policristalino

C- Arenito com quartzo, plagioclásio e biotita. (nicóis paralelos e cruzados)

D- Detalhe de um fragmento de milonito

E- Minerais opacos que no geral ocorrem acompanhando as lâminações.

F- Aspecto geral da seleção e forma dos grãos dos arenitos da Formação São Rafael, destacando também o cimento de composição ferruginosa, carbonática e de clorita

G- Detalhe do cimento carbonático com textura poiquilotópica

Figura 9- Classificação de arenitos da Formação São Rafael segundo diagrama de Folk (1968). **A** a **G:** fotos de lâminas destacando suas principais características petrográficas.

3.3.3 Formação Arroio América.

A Formação Arroio América é composta por fácies muito semelhantes àquelas encontradas na Formação Passo da Promessa. Sua região tipo ocorre ao longo do Arroio América na localidade de Cordilheiras, situada nas exposições do Grupo Maricá a sul do Platô da Ramada (Fig. 4 e mapa geológico). A espessura desta unidade varia de 350 a 550m (Fig. 5).

A norte do Platô da Ramada, esta unidade é recoberta em suave discordância angular por depósitos de ritmitos finos pertencentes, possivelmente, ao Grupo Bom Jardim, destacando-se as exposições nas localidades de Sítio da Figueira e Estância Taleira na região do Passo do Salsinho. A sul do platô ocorrem as mais belas exposições desta unidade, incluindo sua localidade tipo próximo às Cordilheiras (Fig. 4). Na região de Lavras do Sul, a Formação Arroio América aflora principalmente a sul do Rio Camaquã, estando intensamente deformada por falhas que dificultam a caracterização da unidade e a coleta de dados de paleocorrentes (Fig. 4 e 7).

Esta unidade é composta, principalmente, por fácies de arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada. As fácies conglomeráticas, freqüentes em toda unidade, ocorrem na forma de conglomerados maciços sustentados por seixos e calhaus e na forma de bolsões lenticulares de conglomerados com estratificação cruzada acanalada. Localmente, ocorrem pacotes métricos de pelitos tabulares intercalados nos arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada.

Segundo a classificação de Folk (1968), os arenitos da Formação Arroio América são classificados como arcósios (Fig. 10). O estudo microscópico revelou a seguinte composição mineralógica para esta unidade: (i) quartzo (40-65%) incluindo quartzo monocristalino, policristalino e *chert* (Fig. 10A, B e C); (ii) plagioclásio (15-25%); (iii) feldspato alcalino (5-10%); (iv) minerais opacos (5-10%); (v) fragmentos de rochas vulcânicas (0-8%) e (vi) acessórios (<5%), que aparecem como muscovita, zircão, fragmento de milonito (Fig. 10C), fragmento de xisto (Fig. 10D), granada e rutilo.

Segundo os parâmetros de Pettijohn *et al.* (1987), os arenitos são maturos e submaturos. Texturalmente são bem sortidos com granulometria na fração areia média e grossa, localmente, areia fina (Fig. 10E). A esfericidade é variável e o arredondamento varia de angular a subarredondado. A matriz é quase ausente (<3%). O cimento, assim como nas demais unidades, aparece na forma de carbonatos (intersticial e de substituição, Fig. 10F), clorita (intersticial, Fig. 10G) e ferruginoso (envolvendo os grãos).

As características físicas sugerem que os arenitos desta formação atingiram a mesodiagênese, pois apresentam diversas evidencias de passagem por processos eo e mesodiagenéticos, incluindo processos eodiagenéticos aditivos (películas de ferro envolta dos

grãos), compactação mecânica (deformação das micas e de fragmentos de pelitos, Fig. 10D), compactação química (contato entre grãos retos e côncavo-convexo) e cimentação carbonática.

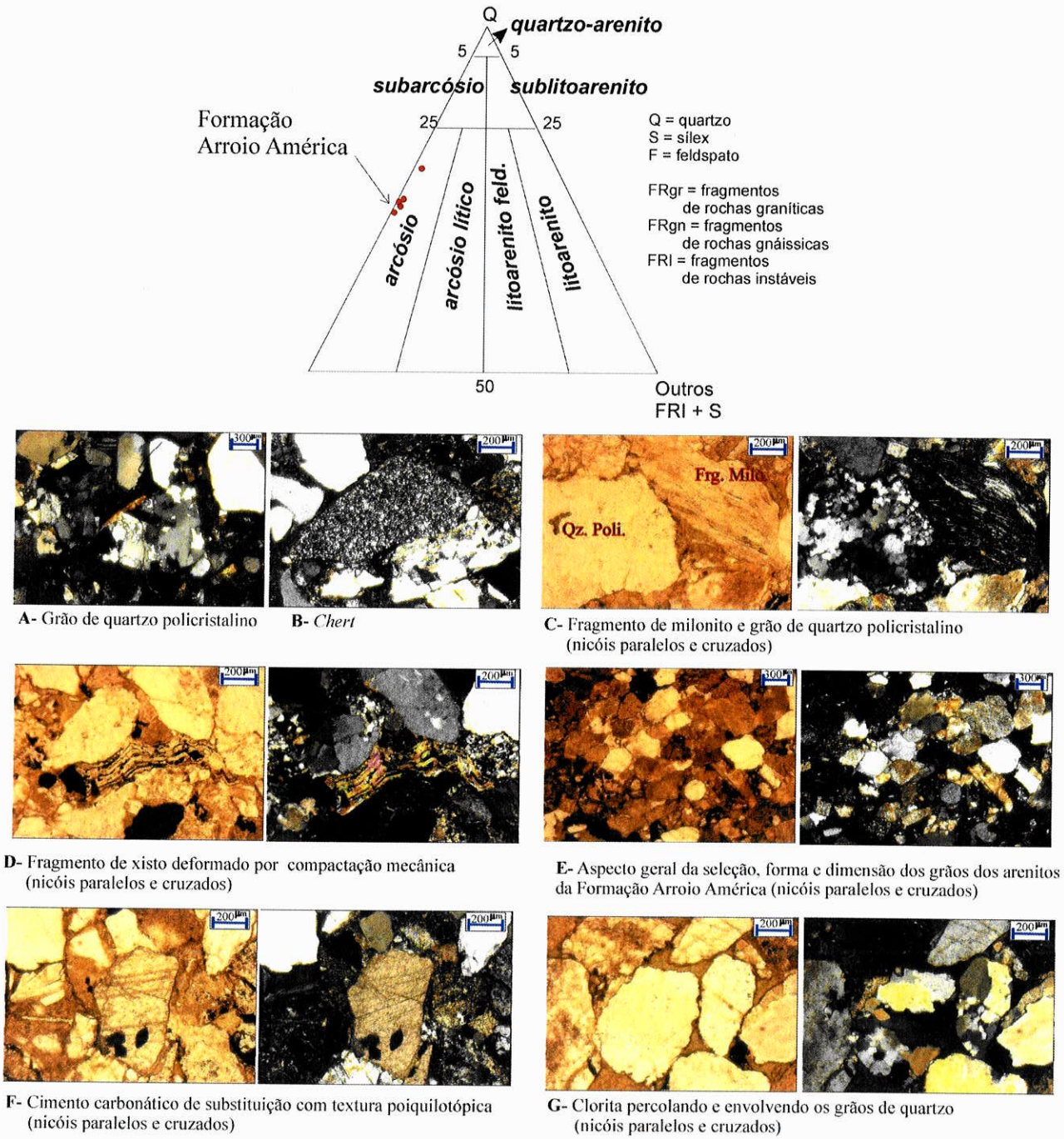


Figura 10- Classificação de arenitos da Formação Arroio América segundo diagrama de Folk (1968). **A** a **G:** fotos de lâminas destacando suas principais características petrográficas.

3.4 GEOLOGIA ESTRUTURAL

As unidades que constituem o Grupo Maricá são afetadas por diversas estruturas tectônicas que registram eventos de deformação rúptil de caráter normal e transcorrente, posteriores ao desenvolvimento de seus depósitos. A ausência de cortes favoráveis em estradas, e de afloramentos com indicadores cinemáticos preservados dificultaram o estudo necessário sobre estas estruturas rúpteis. Os poucos dados coletados não foram suficientes para uma análise estrutural adequada. Desta forma, neste item apresentaremos apenas uma breve descrição das principais estruturas que afetam o Grupo Maricá cartografadas no mapa geológico (*vide* mapa em anexo e Fig. 4).

Os eventos tectônicos que afetam o Supergrupo Camaquã—tanto os sin- como os pós-deposicionais— estão condicionados à reativação de falhas antigas geradas durante a evolução do Ciclo Brasiliano no RS, principalmente as de direção NNE-SSW e WNW-ESE. Entre estas, destacam-se, respectivamente, as zonas de falhas Tapera Emiliano e Ibaré, que deformaram importantes segmentos de sua bacia, cujos efeitos incluem a verticalização de blocos de largura quilométrica, incluindo sua unidade terrígena mais jovem: o Grupo Guaritas (Almeida, em prep.). A influência destas direções gerais de falhas na deformação rúptil que afeta o Grupo Maricá está destacada em mapa na figura 4 e em perfis geológicos nas figuras 6 e 7.

Analisando o mapa geológico (*vide* anexo e Fig. 4), observamos que o Grupo Maricá e as demais unidades da bacia na região são recortados por falhas de direções NE e NW de componentes normais e laterais, com movimentação preferencial de caráter sinistral. Cabe salientar que não foram encontradas falhas inversas afetando as unidades do Grupo Maricá.

Em mapa, pode-se destacar a presença de quatro sistemas principais: (i) sistema de falha de direções N40-70E, de componente sinistral com rejeito lateral aparente de até 9 km, bem representado pela Zona de Falha da Serra de Santa Bárbara e pelas falhas que afetam a região do Platô da Ramada (*vide* Fig. 4 e mapa geológico em anexo); (ii) sistema de falha de direção N20-60W, de componente sinistral, comumente encontrado em todas as áreas de exposição do Grupo Maricá; (iii) sistema de falha NNE de componente destral, que afetam diversas unidades ao longo da Serra de Santa Bárbara e Serra do Espinílho; e (iv) sistema de falha N10W e N60W de componente lateral destral, representado pela Zona de Falha de Ibaré além de algumas falhas que afetam as unidades do Grupo Maricá na região de Lavras do Sul (*vide* mapa geológico e Fig. 4).

Estes conjuntos de falhas foram responsáveis pelo basculamento das camadas do Grupo Maricá, que no geral apresentam mergulhos moderados (variando de 15° a 40°), localmente sub-verticais (>70°) nas regiões próximas às zonas de falhas de Ibaré e Serra de Santa Bárbara. As localidades de Lavras do Sul e de Budó/Três Estradas são as áreas de ocorrência do Grupo

Maricá mais deformadas (*vide* mapa geológico e Figs. 4 e 7), evidenciando que a Zona de Falha de Ibaré teve um papel importante na deformação deste grupo.

Na localidade de Lavras do Sul, as unidades litoestratigráficas encontram-se dobradas (*vide* seções HH´ e II na Fig. 7) na forma de sinclinais e anticlinais desenvolvidas através do basculamento de blocos devido à atuação de falhas transcorrentes. Um exemplo destas estruturas é observado na seção II´da figura 7, onde os depósitos da Formação Arroio América encontram-se dobrados devido ao basculamento associado à atuação de uma falha transcorrente de direção NE, formando uma estrutura do tipo flor negativa, sugerindo a atuação de um sistema transtensivo de falha. Estruturas em flor negativas associadas à falhas transcorrentes NE também foram encontradas na região do Passo do Salsinho (*vide* seção CC´ na Fig. 6). Na seção HH´ da figura 7 observamos que as formações Passo da Promessa e São Rafael encontram-se dobradas, na forma de um anticlinal com eixo de direção NE, associado, possivelmente, a um evento compressivo de direção NW.

Além das falhas, o Grupo Maricá é cortado por uma série de diques com direções NE e NW, possivelmente associados aos eventos vulcanogênicos do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho. Na região de Lavras do Sul são encontrados uma série de diques de andesitos com direções preferenciais NW, semelhante à direção da Zona de Falha de Ibaré, que sugerem eventos distensivos de direção NE durante a época de colocação destes corpos ígneos. Nas regiões de Vila Nova e Passo do Salsinho são encontradas diversas intrusões de riolitos que no geral se alongam na direção NE, de onde supomos possíveis eventos distensivos de direções NW. A ausência de dados geocronológicos destas rochas intrusivas dificulta a afirmação da idade destes eventos distensivos. Por outro lado, de acordo com os dados geocronológicos apresentados por Janikian (2004), sabe-se que as rochas de composição intermediária do Grupo Bom Jardim se desenvolveram entre 590 e 580Ma e as rochas vulcânicas ácidas da Formação Acampamento Velho entre 574 e 560Ma. Desta forma interpretamos que os eventos distensivos de direção NE são, possivelmente, mais antigos que os de direção NW.

CAPÍTULO 4- ANÁLISE DE FÁCIES, ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a análise de fácies realizada nos depósitos do Grupo Maricá, destacando a descrição litofaciológica, a interpretação dos processos geradores de cada fácies descrita e a reunião destas em associações. Com a descrição das fácies foi possível elaborar modelos deposicionais para cada unidade litoestratigráfica estudada. O capítulo inicia-se com uma breve explanação sobre a metodologia adotada durante estas análises, seguida pela descrição das associações de fácies e a interpretação dos sistemas deposicionais das formações Passo da Promessa, São Rafael e Arroio América.

4.1 CONCEITUAÇÃO E METODOLOGIA ADOTADA PARA A ANÁLISE DE FÁCIES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS

A ferramenta básica do estudo de evolução paleogeográfica de bacias sedimentares — análise de fácies— consiste na identificação de sistemas deposicionais através da análise das principais características de rochas sedimentares, incluindo textura, estrutura, cor, geometria e dimensão das camadas, e se presente, conteúdo fossilífero.

O conceito de fácies é muito amplo, podendo ser aplicado em diversas escalas descritivas e interpretativas. Os tipos de classificação e metodologia aplicados dependem do objetivo do trabalho. Em escala regional, o termo fácies é utilizado para ambientes sedimentares e tectônicos (*e.g* fácies marinhas, fácies lacustres, fácies de plataforma estável, fácies de molassas etc.), além de fácies genéticas (fácies de brecha, fácies de talus, fácies de canais etc.). Para a análise de sistemas deposicionais as fácies são utilizadas em escala descritiva, com o objetivo de caracterizar os diversos litotipos encontrados na região, com o sentido de litofácies.

Segundo Miall (1990), uma litofácies é definida como uma unidade rochosa com feições litológicas distintas, entre as quais: composição, granulometria, estruturas sedimentares, conteúdo fossilífero e geometria das camadas. Cada litofácies representa um episódio de deposição, e pode ser agrupada em associações de litofácies que caracterizam distintos sistemas deposicionais. Este conceito de litofácies corresponde ao utilizado no presente trabalho.

Seguindo as propostas de Miall (1978, 1996), cada fácies recebe um código composto por duas partes: a primeira, em letra maiúscula, corresponde à granulometria da fácies (**P**- pelito; **A**- arenito; **C**- conglomerado); a segunda, em letra(s) minúscula(s), representa(m) o tipo de estrutura sedimentar observada (*e.g* **a** – estratificação cruzada acanalada; **t** - estratificação cruzada tabular; **os** – marca ondulada simétrica). O código de uma litofácies composta por arenitos com estratificação cruzada acanalada seria **Aa**, um conglomerado maciço sustentado

pela matriz, **Cmm**, e assim por diante. A codificação das fácies facilitaram a descrição dos litotipos em campo, principalmente em cortes onde foram levantadas seções colunares, e na comparação com as descritas na literatura.

A elaboração de uma tabela como Miall (1978, 1990, 1996) fez para depósitos fluviais, talvez seja a melhor forma de resumir os dados sobre as fácies descritas. Desta forma, foram elaboradas tabelas de fácies para cada conjunto de fácies geneticamente correlacionadas (associação de fácies). Esta tabela reúne o código da fácies, a descrição das principais características e o processo formador inferido. Deste modo, utilizando os exemplos acima mencionados, teríamos:

Código	Fácies	Descrição	Interpretação
Aa	Arenito com estratificação cruzada acanalada	Arenitos arcoseanos finos a grossos com estratificação cruzada acanalada organizados em *sets* decimétricos a métricos de geometria suavemente ondulada	Dunas subaquáticas (regime de fluxo inferior)
Cmm	Conglomerado maciço sustentado pela matriz	Conglomerado maciço sustentado pela matriz, com fragmentos que variam da fração grânulo a calhau, dispostos em camadas métricas a decimétricas com base erosiva.	Depósito de fluxo de detritos

Tabela 2- Modelo de tabela utilizada para descrição de fácies.

Em seguida, as fácies descritas foram agrupadas em associações de fácies visando a interpretação de sistemas deposicionais. Segundo Walker (1992[a]), cada associação representa um conjunto de fácies relacionadas vertical e lateralmente, características de um determinado sistema deposicional (Fig. 11). As associações de fácies combinadas com as geometrias das fácies podem representar um ou mais elementos arquiteturais, que constituem uma subdivisão morfológica de um sistema deposicional (*e.g* canais, barras de acreção lateral, dunas etc.).

Também foi importante a análise das variações de determinados parâmetros verticais e laterais ao longo do pacote sedimentar para a definição das sucessões das fácies (Fig.11), com base, principalmente em: (i) aumento ou diminuição da granulometria em direção ao topo das seções (granocrescentes ou granodecrescentes), (ii) variação de espessura das camadas ao longo das seções (espessamento ou afinamento para o topo) e (iii) a variação lateral e vertical das associações de fácies (agradacionais, progradacionais e retrogradacionais).

Após a reunião das fácies geneticamente correlatas e a separação de associações e de sucessões (quando possível de elementos arquiteturais), cada associação foi comparada com modelos de fácies já existentes de depósitos antigos e atuais. Assim, chegou-se à interpretação de sistemas deposicionais (Fig. 11). Por sua vez, a reunião de sistemas deposicionais contemporâneos indicará os tratos de sistemas (*sensu* Posamentier *et al.* 1988 e Van Wagoner *et al.* 1988), que podem ser classificados em tratos de mar alto, mar baixo e transgressivo (Fig.

11). Os tratos de sistemas denotam como os sistemas deposicionais se comportam lateralmente no momento da deposição.

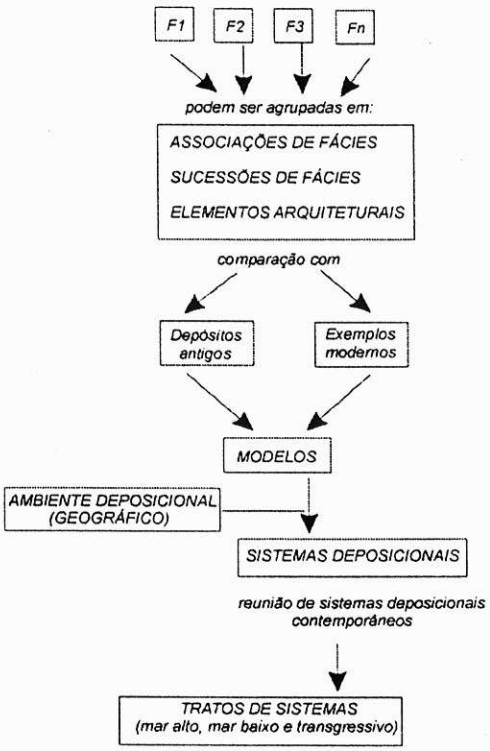


Figura 11- Procedimento adotado para análise de fácies, destacando a relação entre fácies, sistemas e ambiente deposicional e trato de sistema (vertido de Walker 1992[a]).

4.2 ANÁLISE DE FÁCIES, ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS DO GRUPO MARICÁ

Neste item apresentaremos as descrições das litofácies encontradas em cada unidade litoestratigráfica do Grupo Maricá (formações Passo da Promessa, São Rafael e Arroio América), seguindo as propostas de Miall (1978, 1990, 1996) discutidas no item anterior. Após a descrição das fácies e de seu comportamento lateral e vertical ao longo das unidades estudadas, serão expostas as interpretações dos sistemas deposicionais.

4.2.1 Formação Passo da Promessa

4.2.1.1 Análise de fácies

Esta unidade é composta basicamente por espessas sucessões de arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada, localmente com níveis conglomeráticos associados (Fig. 12). As fácies encontradas nesta unidade foram reunidas na Associação de Fácies Passo da Promessa (**AF-PP**), descrita na Tabela 3.

Sigla	*Fácies*	*Descrição*	*Interpretação*
Aa	Arenito com estratificação cruzada acanalada	Arenito fino a grosso com estratificação cruzada acanalada de médio porte. Ocorre na forma de *sets* de geometria ondulada e acanalada de dimensões que variam de 1 a 4 m de largura e de 40 cm a 1,5 m de altura	Depósitos de migração de dunas subaquáticas 3D e de formas de leito
ACa	Arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada	Arenito médio a grosso com seixos e calhaus orientados nos planos frontais de estratificações cruzadas acanaladas. Os *sets* variam de 2 a 6 m de largura e de 50 cm a 1,5 m de altura	Depósitos de migração de formas de leito e, dependendo da proporção de seixos e calhaus, de preenchimento de canais
Ap	Arenito com estratificação plano-paralela	Arenito fino a médio com estratificação plano-paralela em camadas de geometria tabular de 30 a 80 cm de espessura	Depósitos de regime de fluxo superior
At	Arenito com estratificação cruzada tabular	Arenito fino a grosso com estratificação cruzada tabular de pequeno a médio porte, organizados em *sets* de geometria tabular	Depósitos de migração de barras longitudinais de correntes fluviais de rios entrelaçados
Ca	Conglomerado com estratificação cruzada acanalada	Conglomerados de seixos e calhaus com estratificação cruzada acanalada de médio porte. Os seixos e calhaus ocorrem orientados segundo os planos das estratificações, em *sets* de geometria ondulada de dimensões métricas	Depósitos de preenchimento de canais
Ccm	Conglomerado maciço sustentado pelo arcabouço	Conglomerado de seixos a matacões maciço, suportado pelo arcabouço. Ocorrem em *sets* na forma de canais (depósitos de preenchimento) de dimensões métricas, e na forma de bolsões lenticulares de 70 cm a 1,5 m de comprimento	Depósitos preenchimento de canais e de carga de fundo

Tabela 3- Descrição e interpretação das fácies encontradas na Associação de Fácies Passo da Promessa.

Na Fig. 12 apresentamos seções compostas da Formação Passo da Promessa nas localidades de Lavras do Sul, Cordilheiras/Serra do Maricá, Vila Nova e Passo do Salsinho. Nestas seções podemos observar o comportamento lateral e vertical das fácies desta associação, onde notamos que não ocorrem variações laterais ao longo da unidade, apenas de espessuras.

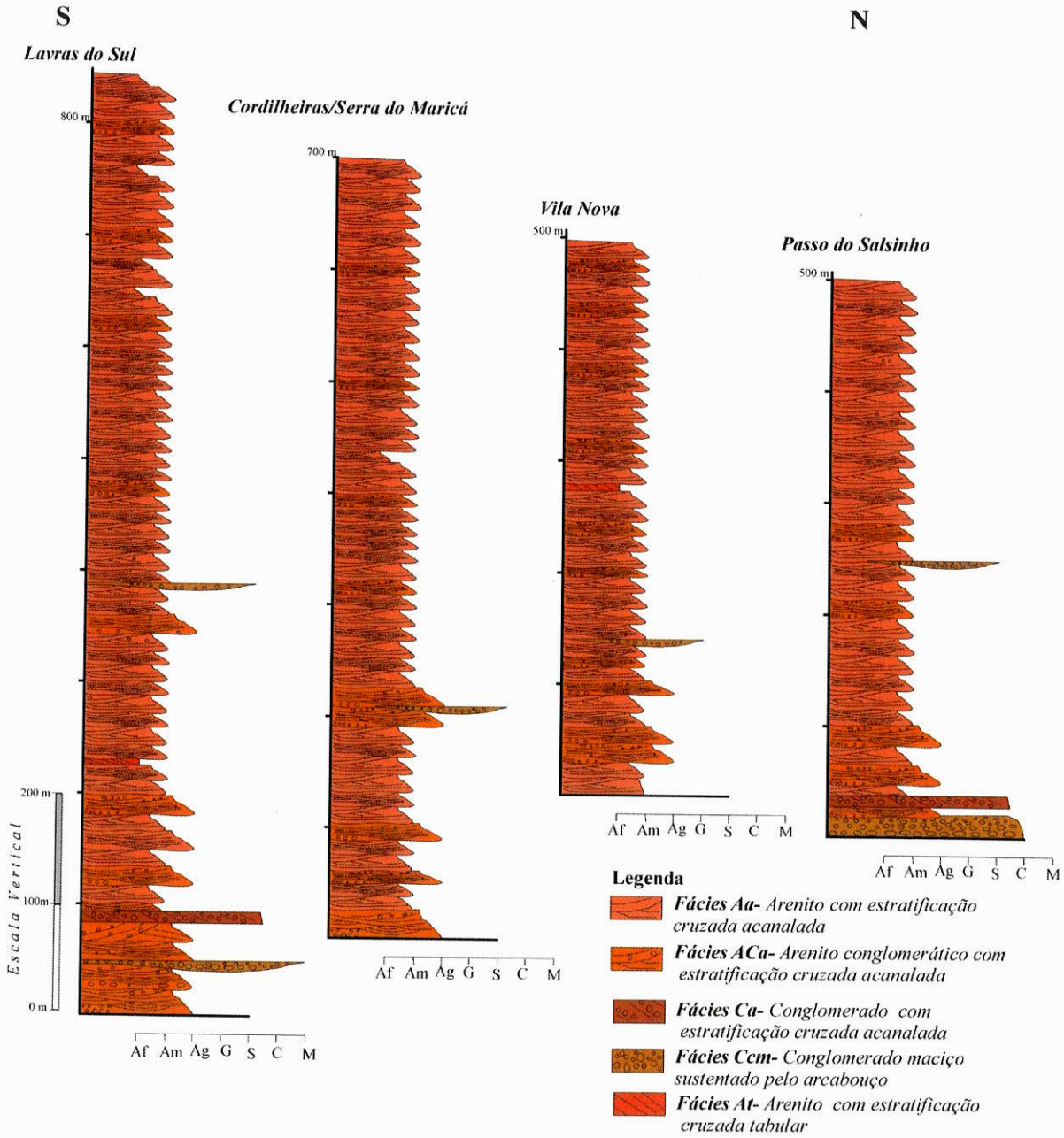


Figura 12- Seções compostas da Formação Passo da Promessa nas localidades de Lavras do Sul, Cordilheiras/Serra do Maricá, Vila Nova e Passo do Salsinho, destacando o comportamento lateral e vertical das fácies encontradas (*vide* Fig. 5 para localização estratigráfica).

As fácies predominantes são de arenito e arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada (Figs. 13, 14 e 15A a C). Os arenitos com estratificação cruzada acanalada (**Aa**) são caracterizados por *sets* amalgamados de geometria lenticular e ondulada com 2 a 3m de largura, localmente ≥4m, com alturas que variam de 40 a 50cm, atingindo até 1,5m (Fig. 16). A granulometria varia de areia fina a grossa.

A fácies de arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada (**ACa**) se diferencia pela presença de seixos e calhaus esparsos e orientados segundo os planos frontais

das estratificações (Fig. 14 e 15E). Os *sets* apresentam dimensões um pouco maiores do que as fácies **Aa**, com largura variando de 1,5m a 4m, e altura de 50cm a 1,5m. A geometria varia de lenticular a acanalada.

As fácies conglomeráticas ocorrem subordinadamente, possuindo arcabouço formado por seixos e calhaus; apenas na localidade de Lavras do Sul foram descritos matacões. A fácies de conglomerados maciços sustentados pelo arcabouço (**Ccm**) apresenta-se na forma de bolsões lenticulares de dimensões decimétricas a métricas, e na forma de canais de dimensões métricas (*vide* Fig. 14 e 15F). A fácies de conglomerado com estratificação cruzada acanalada (**Ca**) é rara nesta unidade; quando encontrada, ocorre na forma de *sets* com geometria suavemente lenticular e de dimensões variadas. Conglomerados com gradação granodecrescente ocorrem localmente na forma de camadas decimétricas de geometria tabular.

Uma característica marcante das fácies conglomeráticas é a elevada maturidade textural dos fragmentos das frações seixo e calhau. Os fragmentos variam de arredondados a subarredondados, a esfericidade no geral é moderada e o grau de seleção elevado. As características texturais são descritas no item 6.4 (Capítulo 6).

Analisando as seções compostas desta unidade (Fig. 12), notamos que as fácies conglomeráticas tendem a se localizar em suas porções basais; as fácies mais arenosas, nas porções intermediária e de topo. Este comportamento granodecrescente das fácies foi observado em todas as sucessões da Formação Passo da Promessa. Lateralmente não foram observadas variações de fácies, além daquelas previstas em uma associação deste tipo, não representando variações significativas de mudanças de condições bacinais.

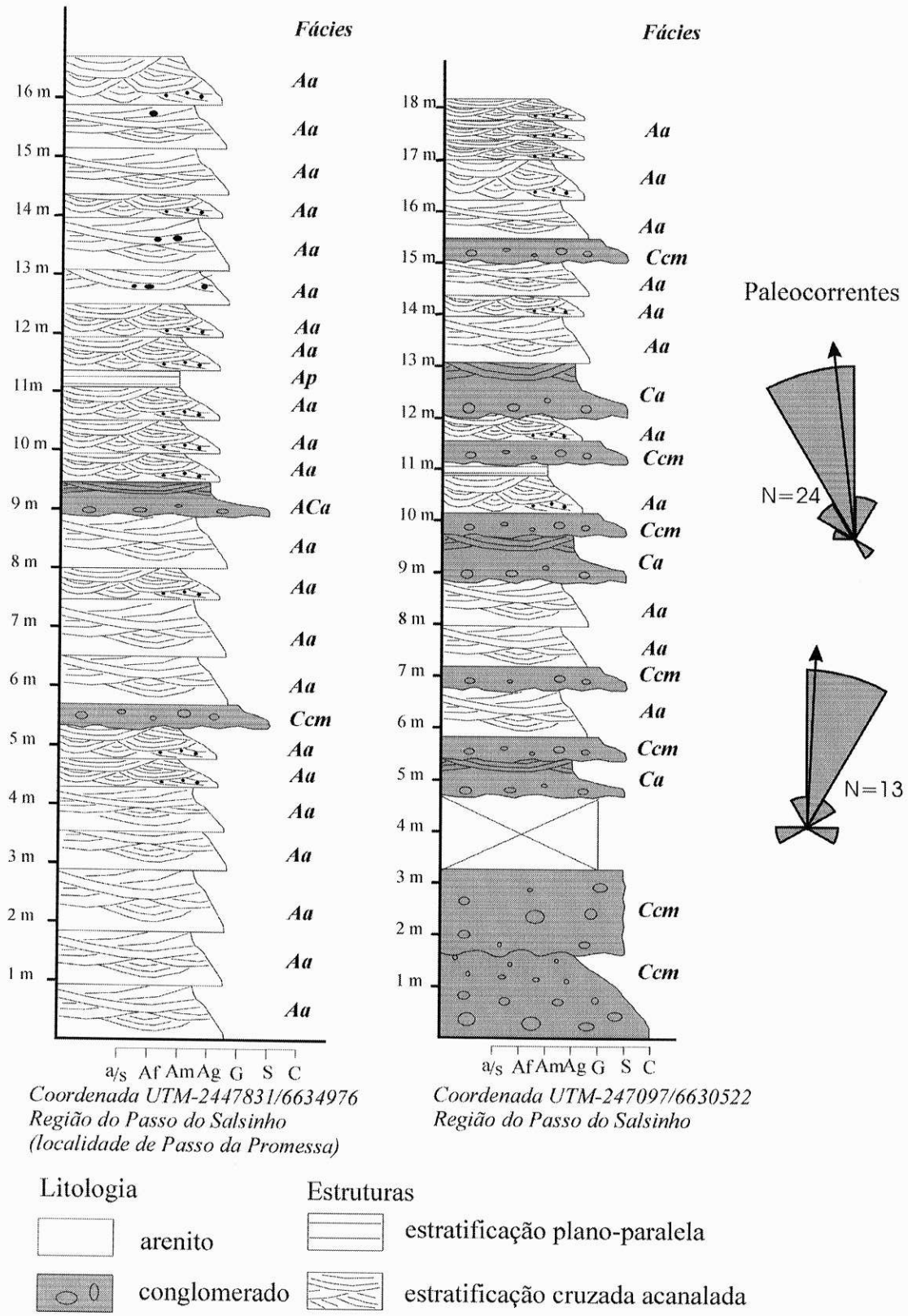


Figura 13- Seções colunares de detalhe das fácies típicas da Formação Passo da Promessa, onde predominam arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada

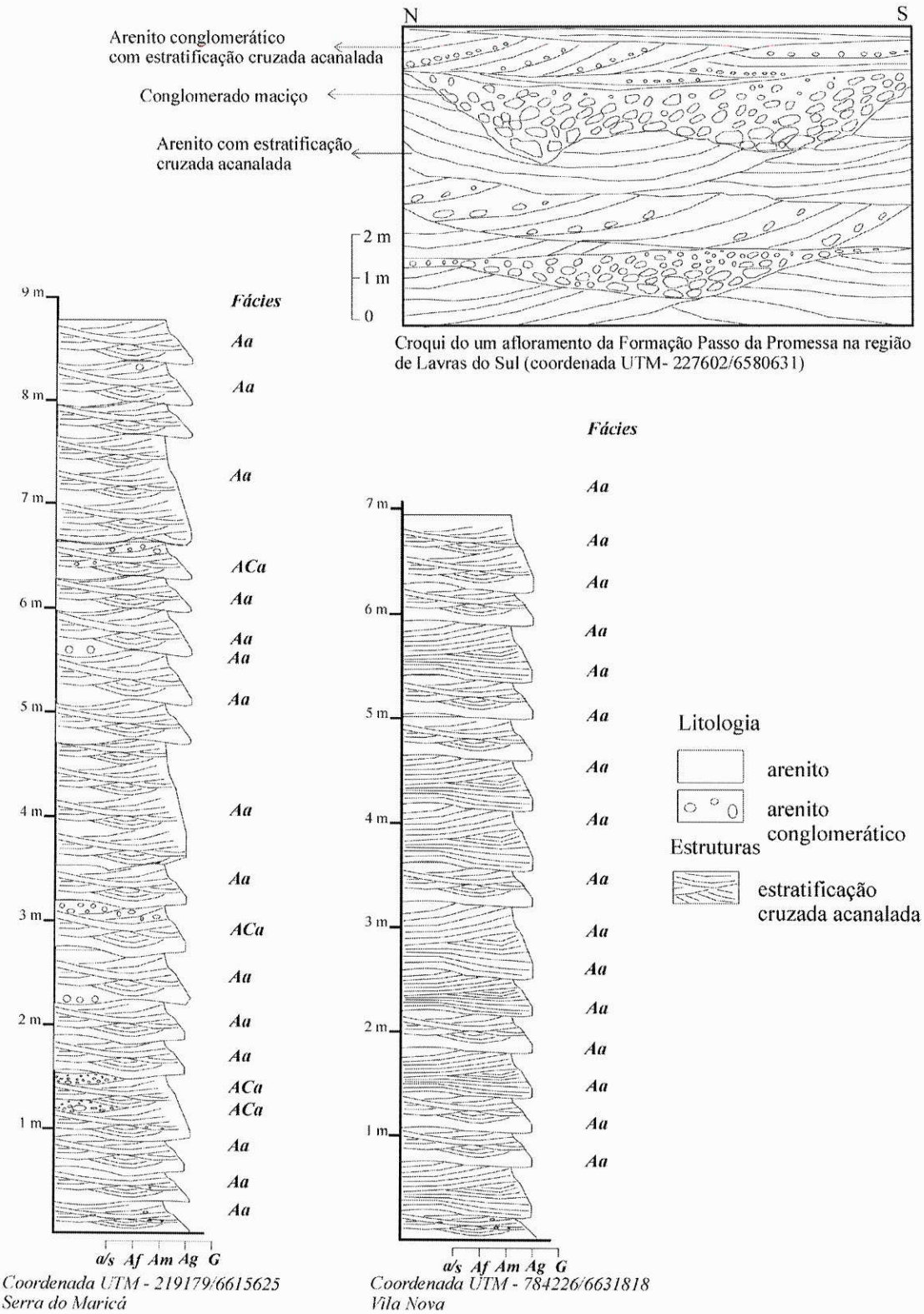


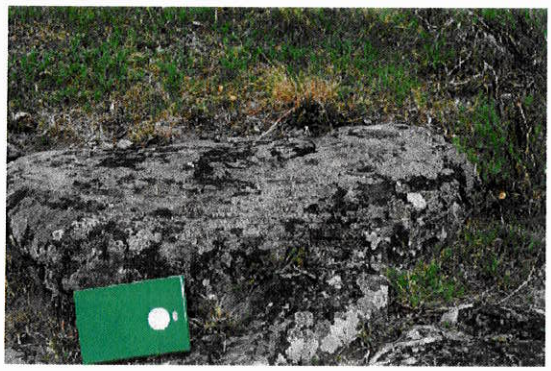
Figura 14- Seções representativas da Formação Passo da Promessa nas regiões de Serra do Maricá e Vila Nova. Acima croqui de um afloramento na região de Lavras do Sul, destacando a geometria das fácies.

A Arenito médio com estratificação cruzada acanalada

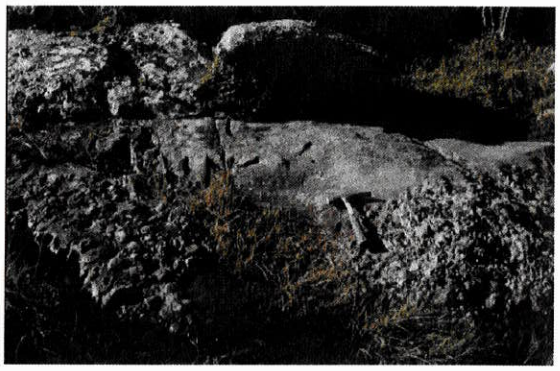
D Arenito conglomerático, destacando a forma bem arredondada dos seixos e calhaus

B Arenito grosso com estratificação cruzada acanalada

E Arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada



C Arenito com estratificação cruzada acanalada



F Conglomerado maciço, preenchendo um bolsão lenticular

Figura 15- Fotos dos arenitos e conglomerados da Formação Passo da Promessa. De **A** a **C** temos exemplos de arenitos com estratificação cruzada acanalada, de **D** a **F** das fácies conglomeráticas.

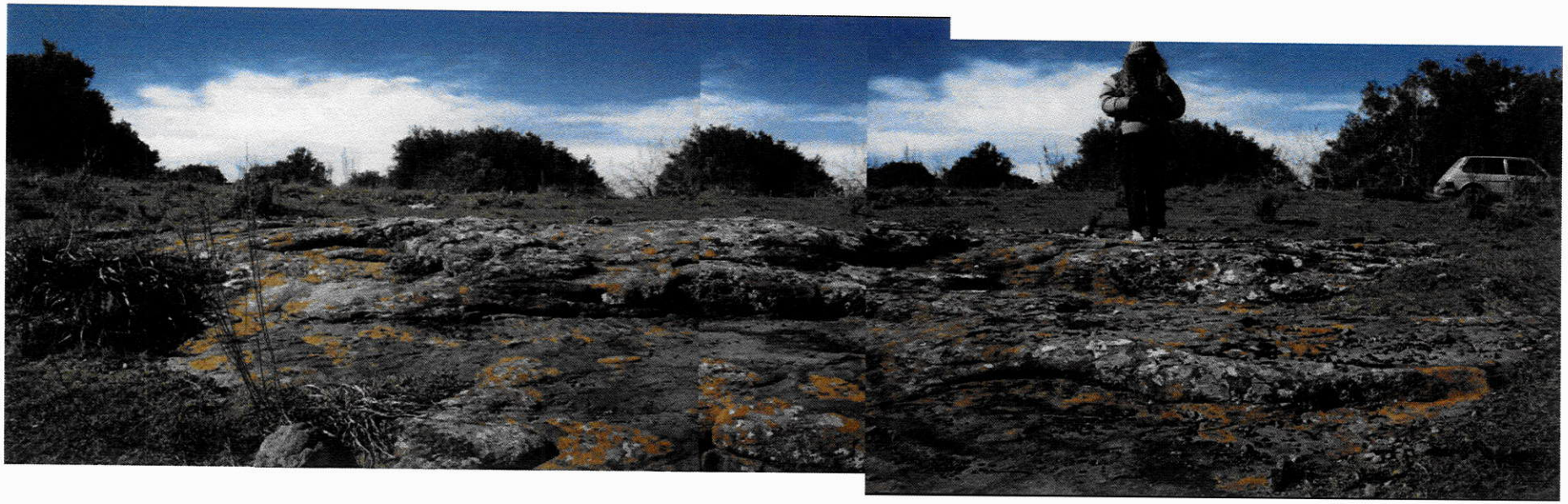


Figura 16-Fotomontagem de um afloramento da Formação Passo da Promessa na região de Lavras do Sul, destacando a geometria e a dimensão das fácies de arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada de médio porte.

4.2.1.2 Interpretação de Fácies e Sistema Deposicionais.

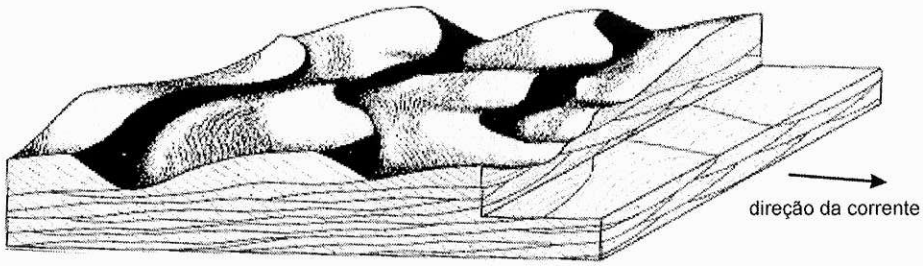
A associação de fácies que constitui a Formação Passo da Promessa (**AF-PP**) sugere que esta unidade depositou-se em um ambiente subaéreo vinculado à atuação de correntes trativas típicas de sistemas fluviais.

O predomínio da fácies de arenitos organizados em *sets* amalgamados com estratificação cruzada acanalada (**Aa**) indica que o processo dominante durante a deposição foi o de migração de formas de leito arenosas, principalmente de dunas subaquáticas 3D (Fig. 17A). Miall (1985, 1996) relaciona esta fácies com depósitos de barras arenosas que se desenvolvem através da acreção e migração de dunas sinuosas (3D) segundo as direções das correntes de canais em regime de fluxo inferior. A posição destas barras em relação ao canal pode gerar diferentes macroformas com distintos elementos arquiteturais. No caso das barras situadas lateralmente ao *trend* do canal, o depósito formado será de acreção lateral (Fig. 17B, elemento arquitetural LA de Miall 1985, 1996); quando a barra arenosa situa-se no meio do canal, de acreção frontal (Fig. 17C, elemento arquitetural DA de Miall 1985, 1996).

Devido à escassez de cortes favoráveis, não conseguimos fazer uma análise de elementos arquiteturais. Por outro lado, o predomínio de fácies de arenitos com cruzadas acanaladas amalgamadas sugerem o desenvolvimento de dunas subaquáticas 3D típicas de barras de acreção frontal. Elementos indicativos de barras laterais, superfícies de reativação de terceira ordem, não foram encontrados, dificultando o reconhecimento deste tipo de depósito.

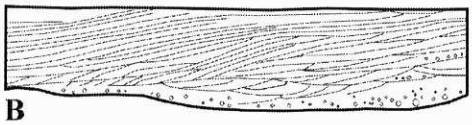
A fácies de arenitos conglomeráticos com seixos e calhaus esparsos nos planos frontais das estratificações cruzadas acanaladas (**ACa**) e as fácies de conglomerados maciços sustentados pelo arcabouço (**Ccm**) em camadas lenticulares e tabulares são interpretadas como formadas pela migração de barras conglomeráticas segundo Miall (1996) (Fig. 17D).

Além de barras arenosas e conglomeráticas, também foram reconhecidas fácies típicas de preenchimento de canais, tais como a fácies de conglomerados com estratificação cruzada acanalada (**Ca**) e a de arenitos conglomeráticos com grandes porcentagens de seixos e calhaus orientados nos planos das estratificações cruzadas acanaladas (**ACa**). A elevada maturidade textural dos fragmentos das frações seixo e calhau indica que os canais apresentavam um elevado gradiente capaz de retrabalhar e transportar a carga de fundo. O elevado grau de retrabalhamento da carga de fundo (*coarse sediment load*), aliado à presença de *sets* de estratificações cruzadas acanaladas de médio porte sugerem, segundo os parâmetros de Schumm (1985), e as litofácies fluviais descritas por Miall (1996), sistemas deposicionais de múltiplos canais de baixa sinuosidade (entrelaçados), com elevada velocidade de fluxo, ou seja, rios de alta competência e capacidade de transporte e acumulação de carga sedimentar.



A

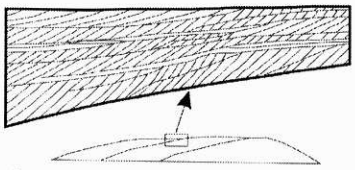
Bloco diagrama ilustrando depósitos de migração de dunas subaquáticas, apresentando suas formas em superfície e o resultado em 3D de sua formação (Harms *et al.* 1982)



B

Elemento de Acreção Lateral
LA - *Lateral Accretion*

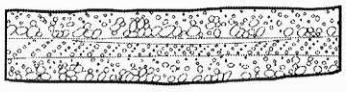
Elemento arquitetural de acreção lateral- Composto predominantemente por fácies de arenito com estratificação cruzada acanalada, tangencial e tabular, organizadas *sets* com geometria de cunhas, lobos e lentes; caracteriza-se pela acreção lateral de superfícies de terceira ordem.



C

Elemento de Acreção Frontal
DA- *Downstream Accretion*

Elemento arquitetural de acreção frontal- Este elemento caracteriza-se por depósitos de geometria lenticular com base plana e ondulada, compostos predominantemente por fácies de arenitos com estratificação cruzada canalada e tabular.



D

Elemento de Barra Conglomerática
GB - *Gravel Bar*

Elemento arquitetural de barra conglomerática- Composto por fácies de conglomerados maciços com estratificação cruzada tabular e acanalada. No geral ocorrem na forma de camadas de geometria lenticular e tabular.

Figura 17- Figuras extraídas de Miall (1985, 1996) e Harms *et al.* (1982), ilustrando os depósitos típicos das principais fácies fluviais encontradas no Grupo Maricá. Em **A**, um bloco diagrama apresentando o desenvolvimento de dunas sinuosas 3D. Em **B**, **C** e **D**, figuras de elementos arquiteturais de depósito fluviais propostos por Miall (1985).

4.2.1.3 Interpretação Paleoambiental da Formação Passo da Promessa

A associação de fácies que constituem a Formação Passo da Promessa sugere um ambiente de planície fluvial de canais entrelaçados, conforme já apontado por Fragoso-Cesar *et al.* (1985), Leites *et al.* (1990), Paim *et al.*(1992,1995), Porcher *et al.* (1995) e Pelosi & Fragoso-Cesar (2003). Este sistema fluvial caracteriza a paleogeografia inicial da bacia, cuja associação de fácies e a dimensão e geometria das estruturas sugerem ser composto por formas de leito arenosas associadas a bancos e barras arenosas, localmente conglomeráticas, e por depósitos de carga de fundo associados ao preenchimento de canais por seixos e calhaus (Fig. 18).

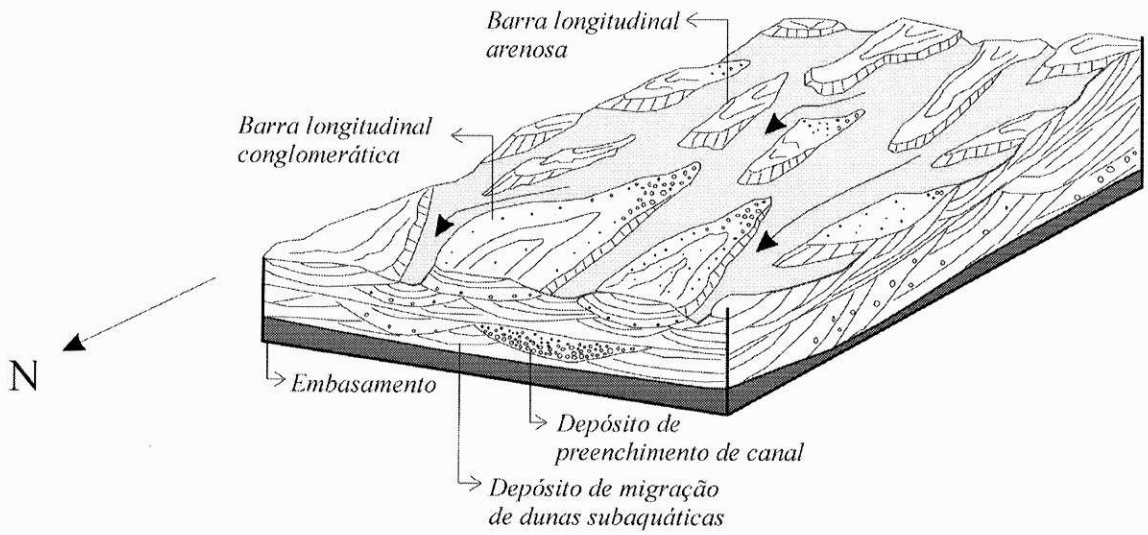


Figura 18 – Bloco diagrama ilustrando a planície fluvial de canais entrelaçados da formação Passo da Promessa, com múltiplos canais perenes separados por barras arenosas e conglomeráticas (adaptado de Collinson 1996).

A maturidade textural e a pouca variação lateral de fácies (*vide* Fig. 12) indicam que esta planície fluvial apresentava uma grande extensão areal (> ou >> 5000km^2, considerando a área que contém suas exposições na Fig. 4), sem registro de deposição em ambientes de leques aluviais. A dimensão das estruturas evidencia que as barras arenosas e conglomeráticas e os canais eram de grande amplitude. Os dados de paleocorrentes indicam que os canais e as barras migravam para o quadrante norte (*vide* item 6.3 e Figs. 13, 45 e 46). A presença constante de

depósitos de migração frontal de dunas subaquáticas 3D, aliada à ausência, ou não formação, de macroformas, apontam para um sistema de canais entrelaçados perenes.

A variação vertical e lateral das fácies (*vide* Fig. 12) sugere um comportamento progradacional deste sistema fluvial. As porções basais da unidade, constituída predominantemente por fácies conglomeráticas (depósitos de preenchimento de canais e de barras longitudinais e transversais conglomeráticas), caracterizam deposição em ambientes relativamente proximais se comparado as fácies sobrepostas. As porções intermediárias e de topo tendem a apresentar fácies mais arenosas com raras participação de fácies conglomeráticas, indicando que a deposição se deu em um ambiente distal de uma extensa planície fluvial de canais entrelaçados.

4.2.2 Formação São Rafael

4.2.2.1 Análise de fácies

A Formação São Rafael corresponde à unidade mais expressiva e característica do Grupo Maricá. É composta por um pacote de 600 a 900m de espessura de arenitos finos a muito finos, com participação muito subordinada de arenitos médios a grossos e pelitos.

O reconhecimento regional desta unidade permitiu a separação de três associações de fácies distintas, denominadas informalmente de Associação de Fácies Passo do Salsinho, Associação de Fácies Lavras do Sul e Associação de Fácies Três Estradas. As seções compostas elaboradas para os depósitos da Formação São Rafael em suas principais áreas de ocorrência possibilitam a visualização do comportamento lateral e vertical destas associações ao longo da unidade (Fig. 19).

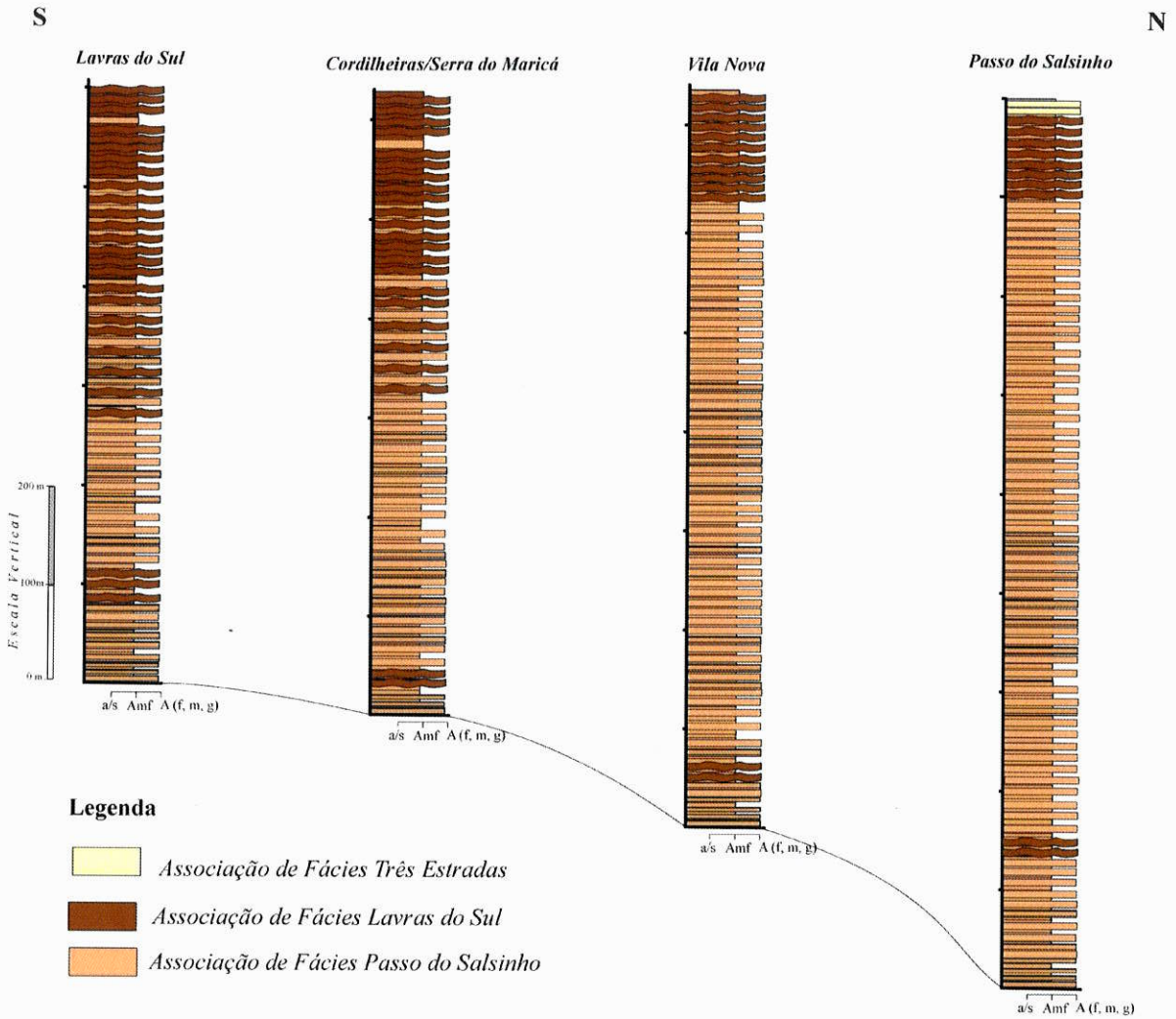


Figura 19- Seções compostas da Formação São Rafael nas localidades de Lavras do Sul, Cordilheiras/Serra do Maricá, Vila Nova e Passo do Salsinho, destacando o comportamento lateral e vertical das associações de fácies encontradas (ver localização estratigráfica na Fig. 5).

A Associação de Fácies Passo do Salsinho (**AF-PS** Tabela 4) compreende o conjunto de fácies mais típico dos depósitos da Formação São Rafael, ocorrendo em todas as áreas de exposição do Grupo Maricá (Fig.19). Reúne basicamente sucessões de fácies de arenitos maciços que ocorrem intercalados com arenitos laminados na forma de ritmitos tabulares.

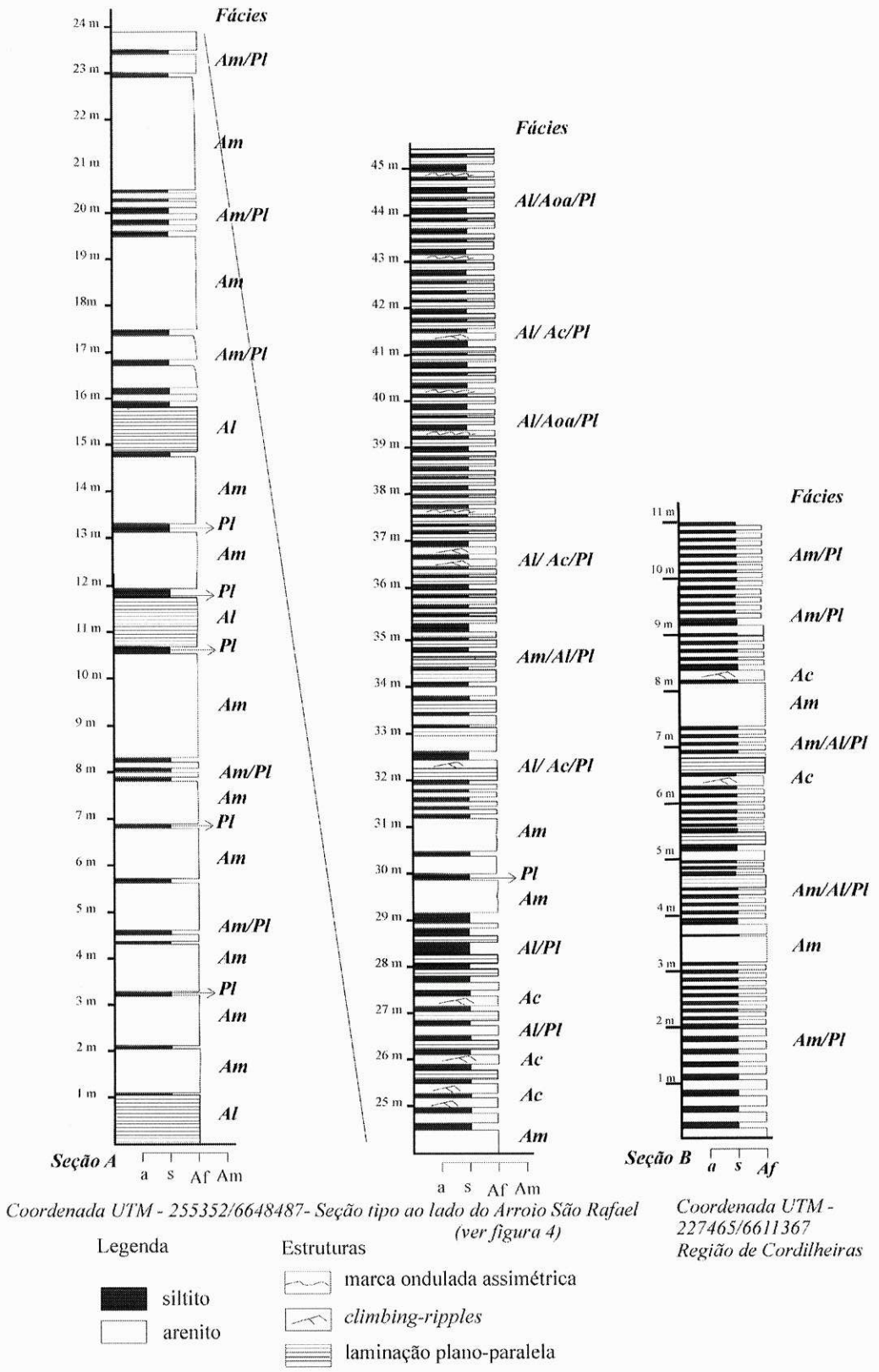
Nesta associação, a fácies mais comumente encontrada é a de arenito maciço (**Am**), que se caracteriza por arenitos arcoseanos de granulação fina a grossa dispostos em camadas de geometria tabular, com dimensões que variam desde 4cm até 11m (*vide* Figs. 20, 21, 22, 23, 24 e 25). Localmente ocorrem fragmentos de pelito (Fig. 22), grânulos de quartzo leitoso e seixos de granitos de até 2cm esparsos na matriz arenosa.

Sigla	*Fácies*	*Descrição*	*Interpretação*
Ac	Arenito com *climbing- ripples*	Arenitos finos arcoseanos com *climbing-ripples* (laminação cruzada cavalgante) dispostos em camadas centimétricas de geometria tabular	Depósitos formados por processos de fluxo de corrente unidirecional, em regime de fluxo inferior
Al	Arenito com laminação plano-paralela	Arenitos finos a médio arcoseanos com laminação plano-paralela dispostos em camadas tabulares de espessuras centimétricas a decimétricas	Depósitos de fluxo laminar superior
Am	Arenito maciço	Arenitos finos a grossos arcoseanos, dispostos em camadas tabulares a suavemente onduladas. Como regra são bem selecionados, com grãos subarredondados a arredondados. Normalmente ocorrem na base de ciclos granodecrescentes	Depósitos de fluxo gravitacional de sedimentos (fluxo turbulento) associado a correntes de turbidez
Aoa	Arenito com marca ondulada assimétrica	Arenitos finos com marcas onduladas assimétricas. As marcas onduladas apresentam cristas retas com alturas que não ultrapassam 2cm. Ocorrem em camadas centimétricas de geometria tabular	Depósitos formados por processos de fluxo de corrente subaquática, como regra de pouca profundidade
Ap	Arenito com estratificação plano-paralela	Arenitos finos a médios arcoseanos dispostos em camadas tabulares de espessuras centimétricas a métricas com estratificação plano-paralela	Depósitos gerados por processo de regime de fluxo superior; freqüentemente ocorrem associados a depósitos de fluxo de grãos em correntes de turbidez
Pl	Pelito laminado	Alternância de camadas milimétricas de siltito com camadas milimétricas de arenito muito fino, gerando uma estrutura laminada planar (laminação plano paralela) em camadas de geometria tabular. Subordinadamente ocorrem camadas de argilitos, por vezes siltosos e/ou maciços. A espessura das camadas varia de centimétrica a métrica	Depósitos de decantação de material em suspensão

Tabela 4- Descrição e interpretação das fácies encontradas na Associação de Fácies Passo do Salsinho.

As demais fácies comuns nesta associação são de arenitos com laminação plano-paralela (**Al**) e de pelitos laminados (**Pl**). Os arenitos com laminação plano-paralela apresentam uma granulometria que varia de areia muito fina a média, e encontram-se dispostos em camadas tabulares de dimensões desde centimétricas até 2m. A fácies de pelito laminado é caracterizada por camadas de dimensões variadas, com laminações milimétricas geradas pela alternância rítmica de siltitos com arenitos muito finos e argilitos (Fig. 23 e 24).

A fácies de arenitos maciços (**Am**) ocorre intercalada com a fácies de arenitos com laminação plano-paralela (**Al**) e com a fácies de pelitos laminados (**Pl**), na forma de espessas sucessões que se repetem na forma de camadas que afinam de espessura para o topo, constituindo ciclos estratodecrescentes de dimensões decimétricas a métricas. Localmente, estas sucessões monótonas são interrompidas pela presença das fácies de arenitos com *climbing-ripples* (**Ac**), estratificação plano-paralela (**Ap**) e marcas onduladas assimétricas (**Aoa**) (Figs. 20, 21, 22 e 23).



Coordenada UTM - 255352/6648487- Seção tipo ao lado do Arroio São Rafael (ver figura 4)

Coordenada UTM - 227465/6611367 Região de Cordilheiras

Legenda

siltito

arenito

Estruturas

marca ondulada assimétrica

climbing-ripples

laminação plano-paralela

Figura 20- seções colunares da Associação de Fácies Passo do Salsinho da Formação São Rafael, em sua localidade tipo (Seção A) e na localidade de Cordilheiras (Seção B).

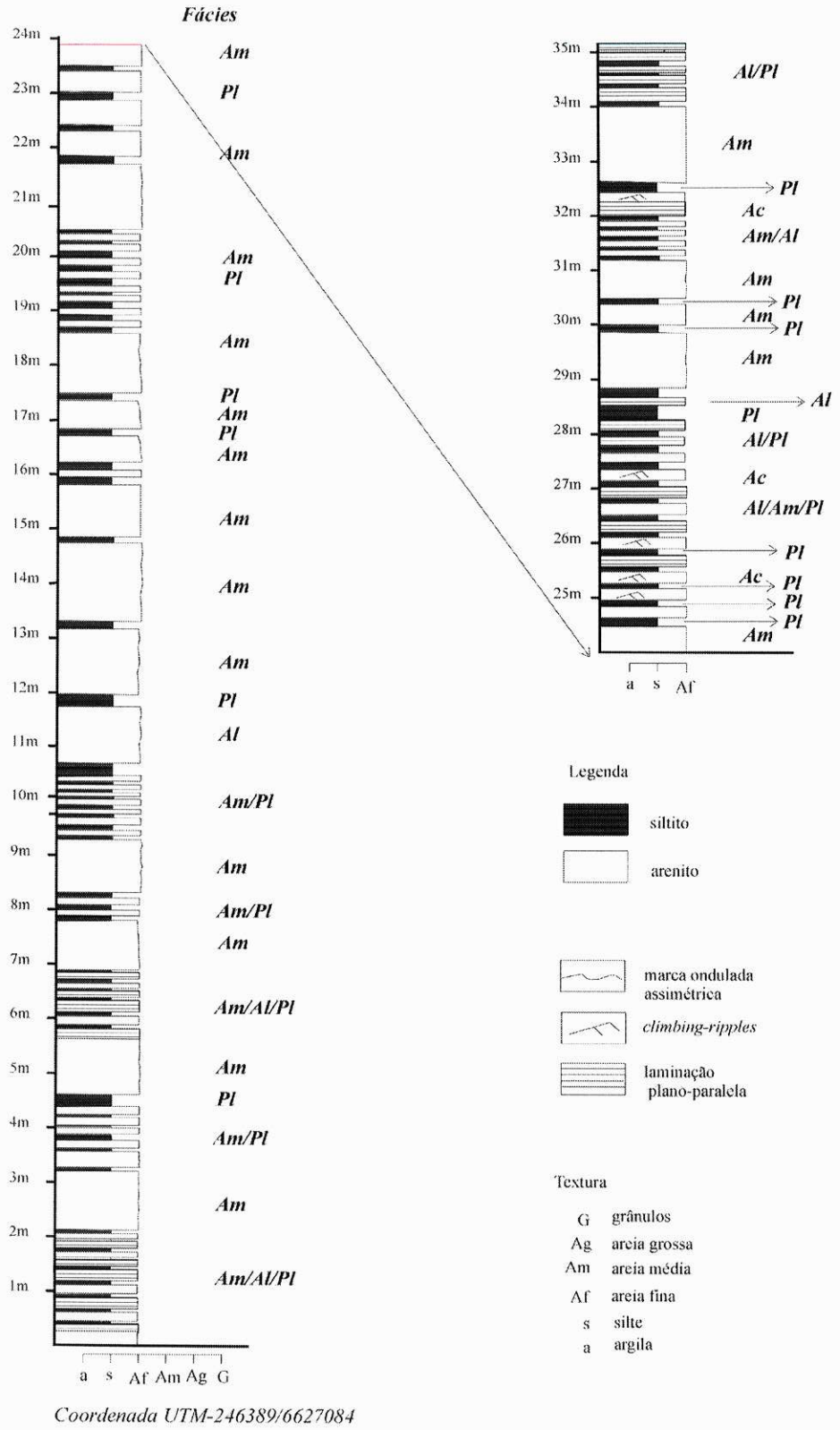


Figura 21- Seção colunar da Associação de Fácies Passo do Salsinho da Formação São Rafael na localidade do Passo do Salsinho, destacando as intercalações monótonas das fácies de arenitos maciços (**Am**) com arenitos laminados (**Al**) e pelitos laminados (**Pl**), localmente com fácies de arenitos com laminações cruzadas cavalgante (**Ac**).

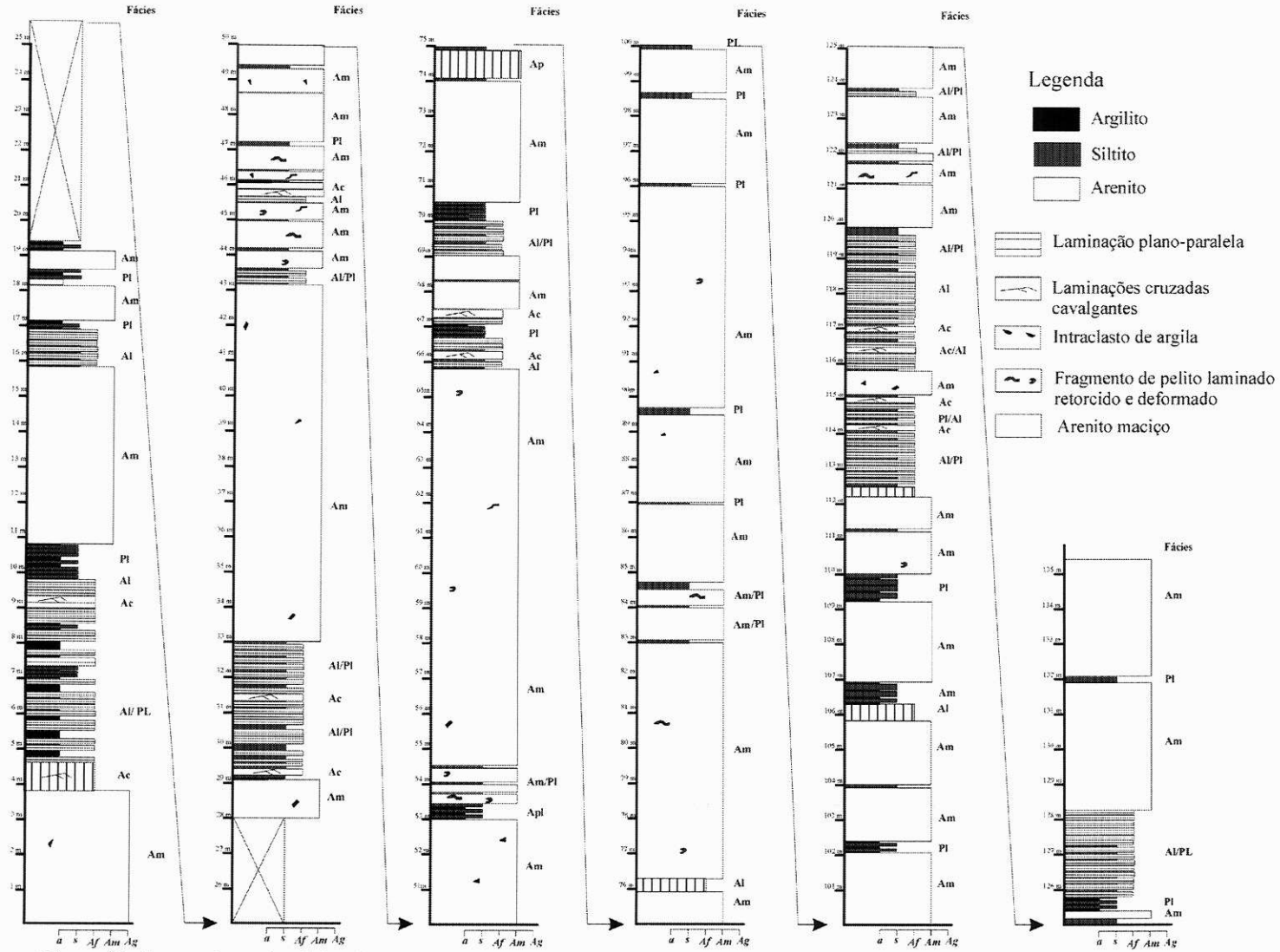


Figura 22- Seção colunar das fácies da "Associação de Fácies Passo do Salsinho" na localidade de Três Estradas (coordenada UTM- 772366/6576488).

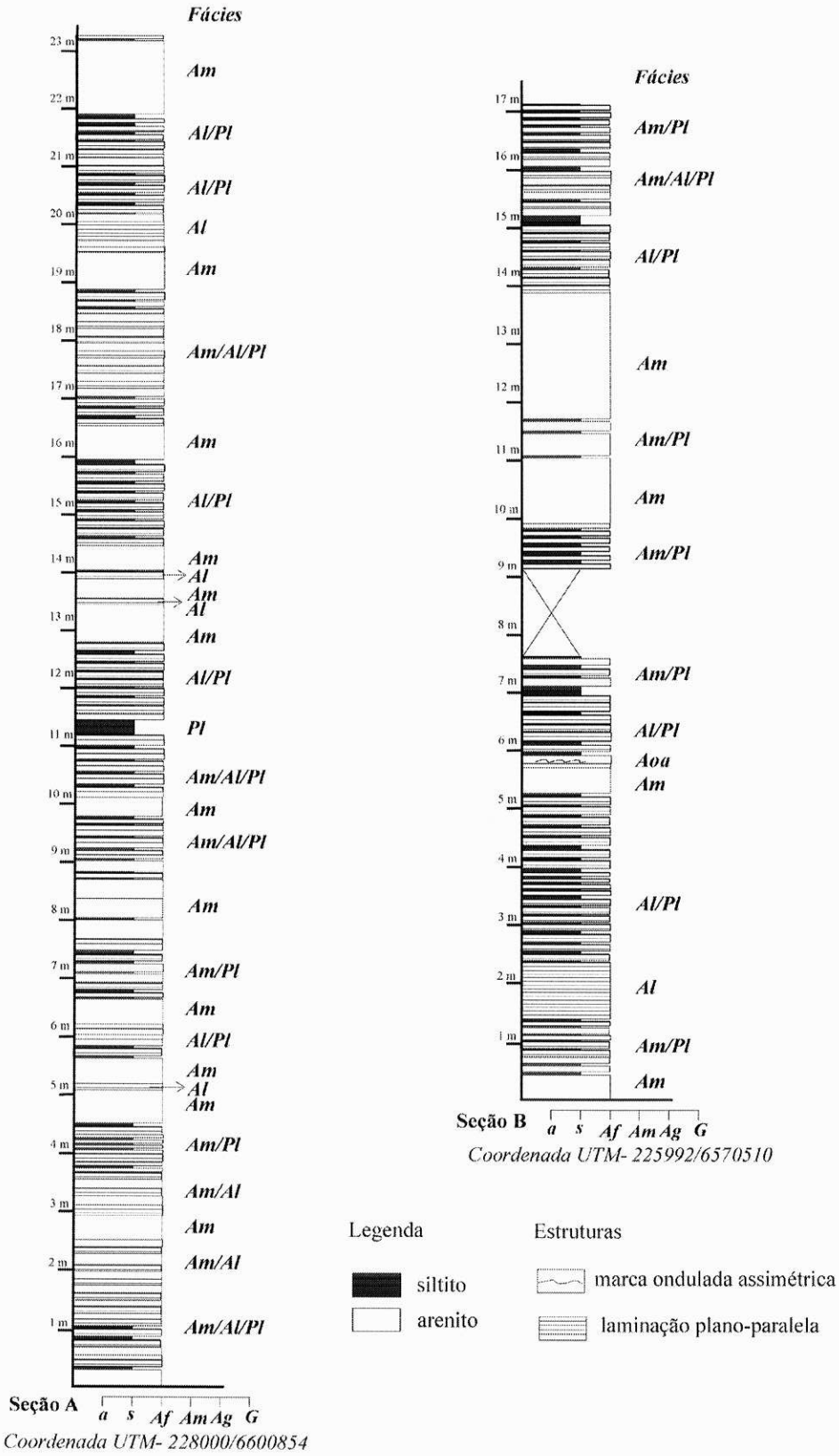
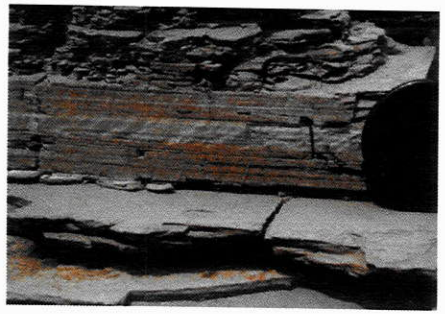
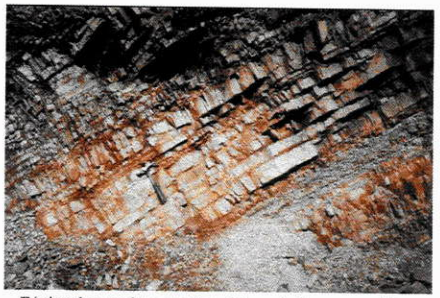


Figura 23- Seções colunares da associação de Fácies Passo do Salsinho na região do Cerro da Pedra (Seção A) e de Lavras do Sul (Seção B).



Fácies de arenito fino com laminação plano-paralela (região de Vila Nova)

Fácies de arenitos maciços em camadas centimétricas intercalados com fácies de arenitos laminados. Notar a alternância monótona das fácies e a tabularidade das camadas (região de Vila Nova).



Fácies de arenitos maciços intercalados com pelitos laminados. Novamente destacando a geometria das camadas (região do Passo do Salsinho)

Detalhe das fácies de pelitos laminados intercalados com arenitos maciços em camadas centimétricas (região do Passo do Salsinho).

Fotomontagem de afloramento dos ritmitos da "Associação de Fácies Passo do Salsinho" da Formação São Rafae em sua localidade tipo (BR392, ao lado do Arroi São Rafael; *vide* Fig. 3.1). Pode-se observar a tabularidade das camadas e a alternância rítmica de camadas de arenitos maciços e arenitos laminados na forma de ciclos estratogranodecrescentes.

Figura 24 - Fotos das fácies da "Associação de Fácies Passo do Salsinho" da Formação São Rafael

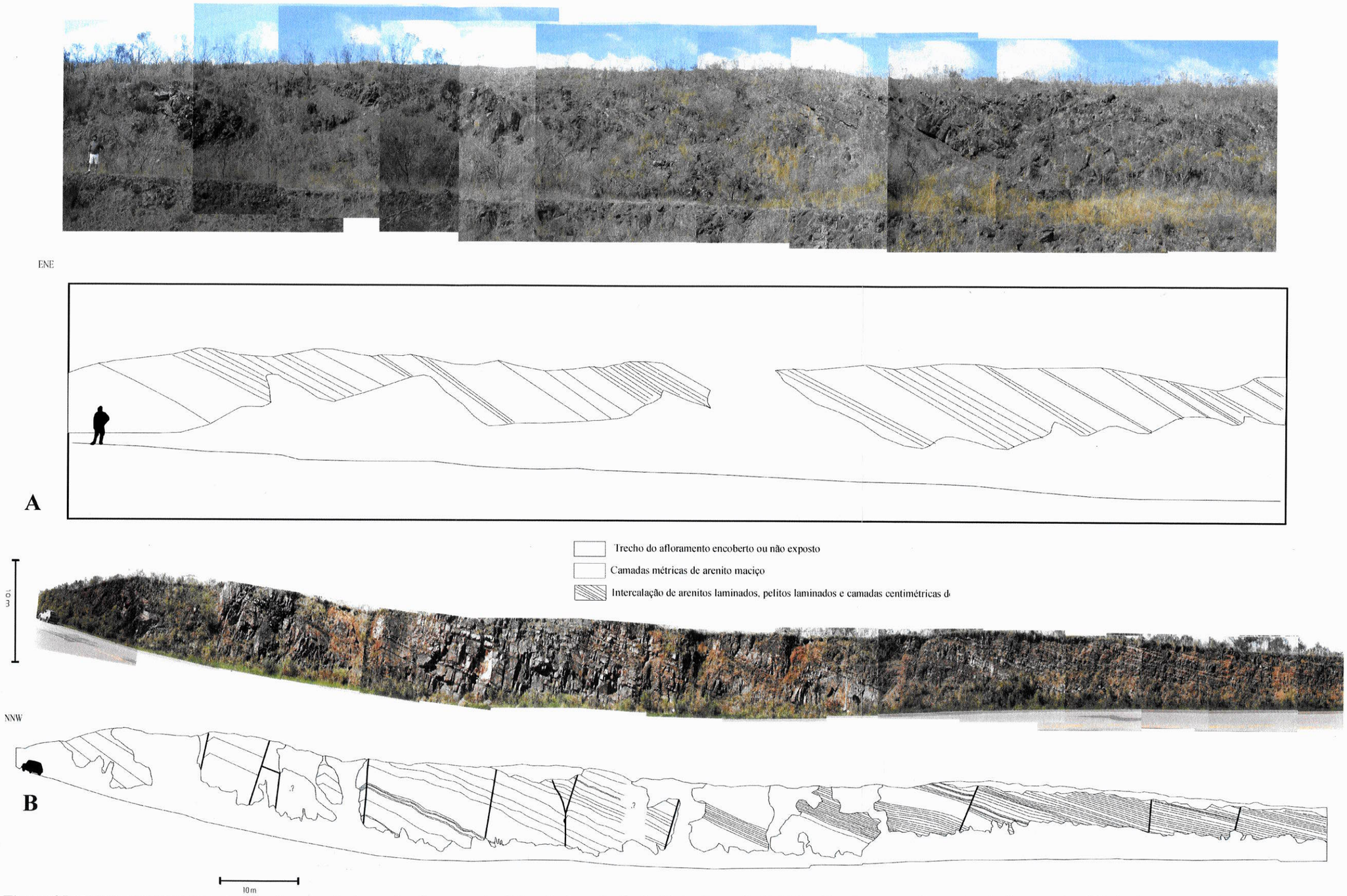


Figura 25- Fotomontagens e croquis de cortes em estradas onde afloram os depósitos da Associação de Fácies Passo do Salsinho. Em **A**, corte ao longo da via férrea na localidade de Três Estradas (ver seção da Fig 22). Em **B**, corte na BR 392 ao lado do Arroio São Rafael, próximo à cidade de São Sepé (ver seção na Fig. 20). Em ambos os cortes podemos observar a geometria tabular das fácies desta associação.

A Associação de Fácies Lavras do Sul (**AF-LS**) se caracteriza por outro conjunto de fácies que, assim como a associação anteriormente descrita (**AF-PS**), ocorre em todas as áreas de exposição da Formação São Rafael (Fig. 19). Nas regiões do Passo do Salsinho e Vila Nova, esta associação de fácies situa-se essencialmente nas porções basais e de topo da unidade. Nas áreas situadas para o quadrante sul, incluindo as regiões de Lavras do Sul e Cordilheiras/Serra do Maricá, esta associação de fácies aflora em diversos níveis estratigráficos da Formação São Rafael (Fig. 19).

As fácies desta associação encontram-se descritas na Tabela 5. Observamos nesta tabela que a Associação de Fácies Lavras do Sul diferencia-se da Associação de Fáceis Passo do Salsinho pela maior diversidade de fácies e pela geometria ondulada de suas camadas. As fácies mais comuns são de arenitos com laminação cruzada por onda (**Alo**), arenito com marcas onduladas simétricas (**Aos**), arenitos com estratificação cruzada *hummocky* (**Ah**) e heterolítica (**H**) (Fig. 26 e 27).

A fácies de arenito com laminações truncadas por onda (**Alo**) caracteriza-se por apresentar laminações cruzadas de base erosiva em camadas centimétricas com o topo ondulado (Fig.28A e B). No geral, esta fácies ocorre associada à fácies de arenito com marcas onduladas simétricas, que ocorre na forma de camadas centimétricas de base plana e topo ondulado.

Os arenitos com estratificação cruzada *hummocky* (**Ah**) encontram-se dispostos em camadas de geometria lenticular e ondulada. A dimensão das estratificações cruzadas *hummocky* variam de 2cm a 80cm, sendo mais comum as de menor porte (até 15cm *vide* Fig. 28C e D), e raras as de porte maior (> 15cm). No geral, as camadas com estratificações cruzadas *hummocky* de dimensões maiores são de difícil caracterização devido á intensa silicificação dos arenitos da Formação São Rafael, que comumente mascara a estrutura interna original.

A fácies heterolítica (**H**) é caracterizada pela alternância de lâminas e lentes de arenitos, siltitos e argilitos. A intercalação mais comum é a de lentes de arenitos com laminação cruzada e base ondulada imersas em camadas de siltitos laminados (Fig. 28F). Quando ocorrem proporções aproximadamente iguais de arenitos e siltitos, a fácies se caracteriza pela alternância de camadas onduladas de arenitos e camadas de siltitos laminados (Fig. 28F).

Intercaladas com todas as fácies acima descritas, ocorrem fácies de arenitos com laminação plano-paralela (**Al**), arenitos maciços (**Am**) e pelitos laminados (**Pl**), que no geral aparecem em camadas tabulares rítmicas de dimensões centimétricas. Localmente foram reconhecidas fácies de arenitos com megaondulações (**Amo**) e de arenitos com marcas onduladas assimétricas (**Aoa**) (Fig. 26 e 27).

Sigla	*Fácies*	*Descrição*	*Interpretação*
Ah	Arenitos com estratificação cruzada *hummocky* e mini-*hummocky*	Arenitos finos a médios com boa seleção granulométrica, dispostos em camadas decimétricas a métricas onduladas, com freqüentes estratificações cruzadas de baixo ângulo e, conforme verificado nas melhores exposições, estratificações cruzadas tipo *hummocky*. Em muitos locais observa-se estratificações cruzadas *hummocky* de dimensões centimétricas (mini-*hummocky*) em camadas *hummocky* de geometria suavemente ondulada	Depósitos de barras arenosas geradas ou retrabalhadas por tempestades, com predominância de fluxo oscilatório ou combinado (uni e bidirecionais)
Al	Arenitos com laminação plano-paralela	Arenitos finos a grossos arcoseanos com laminação plano-paralela dispostos em camadas geralmente tabulares de espessuras centimétricas a decimétricas	Depósitos de fluxo laminar superior
Alo	Arenito com laminação cruzada por onda	Arenitos finos com laminação cruzada, localmente com dissemelhança estrutural nos estratos, e com base erosiva ondulada	Depósitos gerados por processo de fluxo oscilatório ou combinado com ação de ondas
Am	Arenito maciço	Arenitos finos arcoseanos dispostos em camadas tabulares a suavemente onduladas de espessura centimétricas. Normalmente são bem selecionados, com grãos subarredondados a arredondados; normalmente ocorrem na base de ciclos granodecrescentes	Depósitos de fluxo gravitacional
Amo	Arenito com megaondulação	Arenitos médios, com boa seleção granulométrica, em camadas decimétricas a métricas com megaondulações (*megaripples*)	Depósitos de dunas subaquáticas costeiras de correntes litorâneas
Aoa	Arenito com marca ondulada assimétrica	Arenito fino com marca ondulada assimétrica. As marcas onduladas apresentam cristas retas com alturas que não ultrapassam 2cm. Ocorrem em camadas centimétricas de geometria tabular	Depósitos formados por processos de fluxo de corrente subaquática, como regra de pouca profundidade
Aos	Arenito com marca ondulada simétrica	Arenitos finos com marcas onduladas simétricas dispostas em camadas tabulares de espessuras centimétricas	Depósitos formados por processo de fluxo oscilatório
H	Arenito e siltito heterolíticos	Arenitos laminados, com laminação cruzada e com marcas onduladas dispostos em camadas centimétricas, e siltitos e argilitos, por vezes laminados, que ocorrem associados aos arenitos de três formas: (i) as camadas arenosas predominam, fazendo com que os depósitos de siltito fiquem isolados em lentes centimétricas; (ii) proporções aproximadamente iguais de arenitos e siltitos, resultando em um padrão ondulado; (iii) predominam siltitos, resultando em isolamento das marcas onduladas arenosas	Depósitos gerados pela alternância de processos de tração e decantação
Pl	Pelito com laminação plano-paralela	Camadas de siltitos com laminação plano-paralela, localmente com aparência maciça. Subordinadamente ocorrem camadas de argilitos, por vezes siltosos e/ou maciços. A espessura das camadas varia de centimétrica a métrica	Depósitos de decantação de material em suspensão

Tabela 5- Descrição e interpretação das fácies encontradas na Associação de Lavras do Sul.

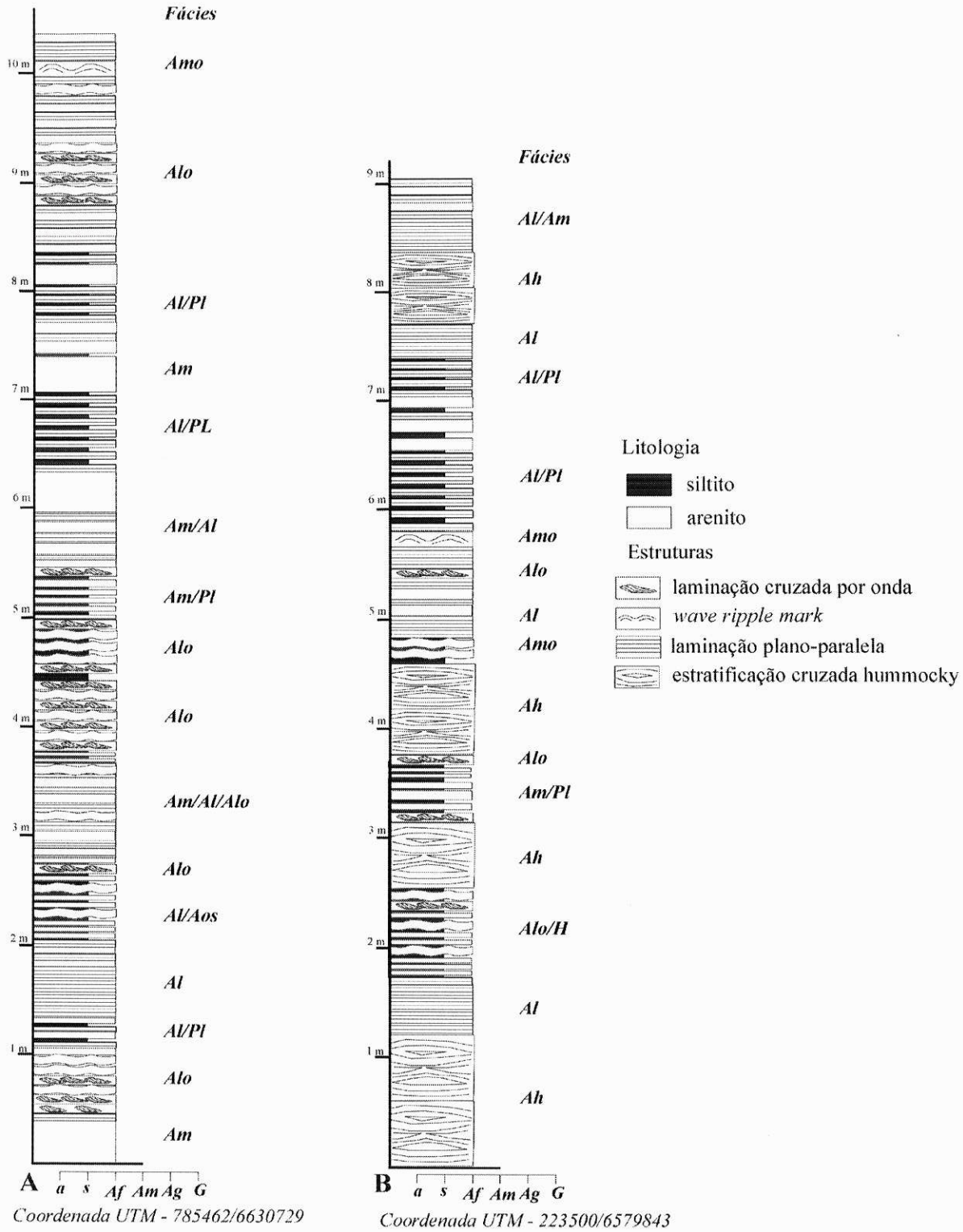


Figura 26 – Seções representativas da Associação de Fácies Lavras do Sul da Formação São Rafael nas regiões de Vila Nova (Seção A) e Lavras do Sul (Seção B).

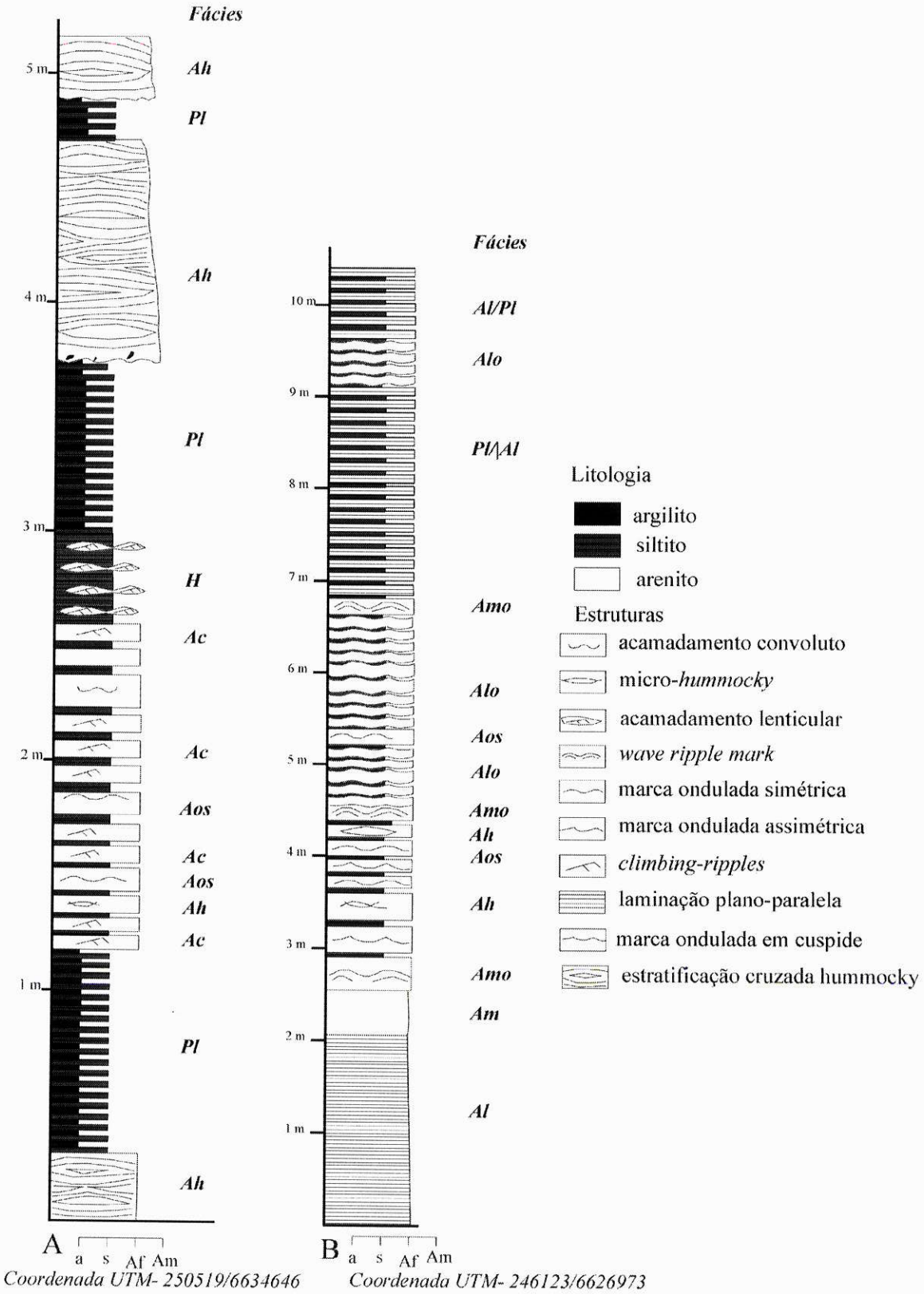
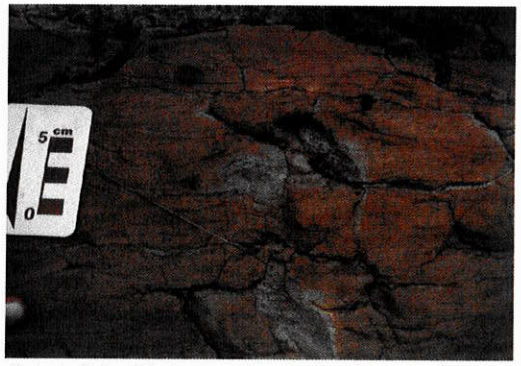


Figura 27- Seções representativas da Associação de Fácies Lavras do Sul na região do Passo do Salsinho.



A

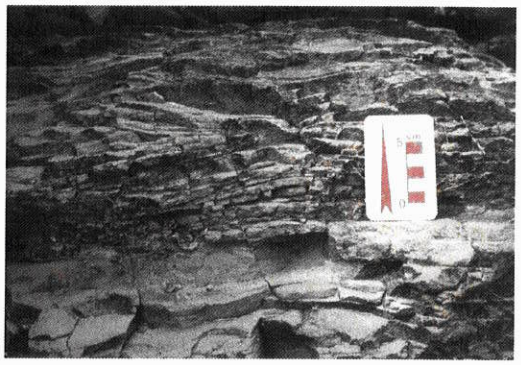
Foto da fácies Alo destacando as laminações cruzadas por onda com base ondulada e erosiva (região de Lavras do Sul).

B

Arenito fino com laminação cruzada por onda (região do Passo do Salsinho)

C

Foto de uma mini-*hummocky* (região do Passo do Salsinho)



D

Foto da fácies Ah destacando um detalhe de uma mini-*hummocky* (região de Lavras do Sul)

E

Fácies de arenitos finos com laminação cruzada de base ondulada e fácies de arenitos com mini-*hummocky* (região do Passo do Salsinho)

F

Fácies heterolíticas- lente de arenito com laminação cruzada de base ondulada imersa em matriz de lama (pelitos laminados), e camada de arenito intercalada nos pelitos laminados (região do Passo do Salsinho)

Figura 28- Fotos das fácies da Associação de Fácies Lavras do Sul (Formação São Rafael).

A Associação de Fácies Três Estradas (**AF-TE** Tabela 6) ocorre de forma subordinada em relação às demais associações desta formação, sendo reconhecida apenas na localidade de Três Estradas/Budó e, de forma muito restrita, na região do Passo do Salsinho (*vide* Fig. 4 e 19).

Dentre as fácies mais comuns, destaca-se a fácies de arenitos com estratificações cruzadas tangenciais (**Atg**) de pequeno e médio porte, que ocorre em *sets* de geometria suavemente ondulada, localmente acanalada, sendo comum a presença de intraclastos de argila nos planos frontais das estratificações (Figs. 29, 30 e 31). Localmente observa-se uma bipolaridade na direção de orientação das estratificações (Fig. 31A e B), possivelmente associada a variações na direção de correntes trativas. Em muitos locais é possível observar a presença de superfícies de reativação, truncando e erodindo estratificações pré-existentes (Fig. 31B).

Outra fácies recorrente nesta associação é a de arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (**Apb**), dispostos em camadas com uma suave geometria tabular (Fig. 29). Também é freqüente a fácies heterolítica (**H**), incluindo intercalação de lentes de argila em arenitos e, mais comumente, pelitos contendo lentes de arenitos com laminação cruzada (Fig. 30). A fácies de arenito com laminação cruzada por onda (**Alo**) ocorre na forma de camadas centimétricas de base erosiva e topo ondulado. Associadas com todas as fácies desta associação ocorrem arenitos com laminação plano-paralela (**Al**), arenito com marca ondulada assimétrica (**Aoa**) e pelitos laminados (Fig. 29 e 30).

Sigla	*Fácies*	*Descrição*	*Interpretação*
Al	Arenitos com laminação plano-paralela	Arenitos finos a grossos arcoseanos com laminação plano-paralela dispostos em camadas geralmente tabulares de espessuras centimétricas a decimétricas	Depósitos de fluxo laminar superior
Alo	Arenito com laminação cruzada por onda	Arenitos finos com laminação cruzada com dissemelhança estrutural nos estratos e com base erosiva ondulada	Depósitos gerados por processo de fluxo oscilatório ou combinado com ação de ondas
Am	Arenito maciço	Arenitos finos a grossos arcoseanos dispostos em camadas tabulares a suavemente onduladas. Nesta associação é comum a presença de intraclastos de argila esparsos nas camadas de arenito maciço	Depósitos de fluxo gravitacional
Aoa	Arenito com marca ondulada assimétrica	Arenito fino com marca ondulada assimétrica. As marcas onduladas apresentam cristas retas com alturas que não ultrapassam 2cm. Ocorrem em camadas centimétricas de geometria tabular	Depósitos formados por processos de fluxo de corrente subaquática, como regra de pouca profundidade
Apb	Arenitos com estratificação cruzada planar de baixo ângulo	Arenitos finos a médios com boa seleção granulométrica e com estratificação cruzada planar de baixo ângulo	Depósitos de arrebentação de ondas na linha de costa
Atg	Arenito com estratificação cruzada tangencial	Arenito fino arcoseano com estratificação cruzada tangencial de pequeno a médio porte. Localmente é comum a presença de intraclastos de argila nos planos frontais das estratificações e de superfícies de reativação	Fácies associada a correntes trativas unidirecionais, podendo representar diversos depósitos dependendo das fácies associadas, incluindo: (i) barras de desembocadura de distributário deltaicos quando associadas às fácies de arenitos com estratificação cruzada sigmoidal, (ii) barras longitudinais quando associadas a fácies fluviais e (iii) barras de maré quando associadas à fácies de sub-maré
H	Arenito e siltito heterolíticos	Arenitos laminados e com marcas onduladas dispostos em camadas centimétricas, e siltitos e argilitos, por vezes laminados, que ocorrem associados aos arenitos de três formas: (i) as camadas arenosas predominam, fazendo com que os depósitos de siltitos fiquem isolados em lentes centimétricas; (ii) proporções aproximadamente iguais de arenitos e siltitos, resultando em um padrão ondulado; (iii) predominam siltitos, resultando em isolamento das marcas onduladas arenosas	Depósitos gerados pela alternância de processos de tração e decantação
Pl	Pelito com laminação plano-paralela,	Camadas de siltitos com laminação plano-paralela, localmente maciço. Localmente apresentam marcas onduladas assimétricas, de pequena amplitude, no topo das camadas. Subordinadamente ocorrem camadas de argilitos, por vezes siltosos e/ou maciços. A espessura das camadas varia de centimétrica a métrica	Depósitos de decantação de material em suspensão

Tabela 6- Descrição e interpretação das fácies encontradas na Associação de Fácies Três Estradas.

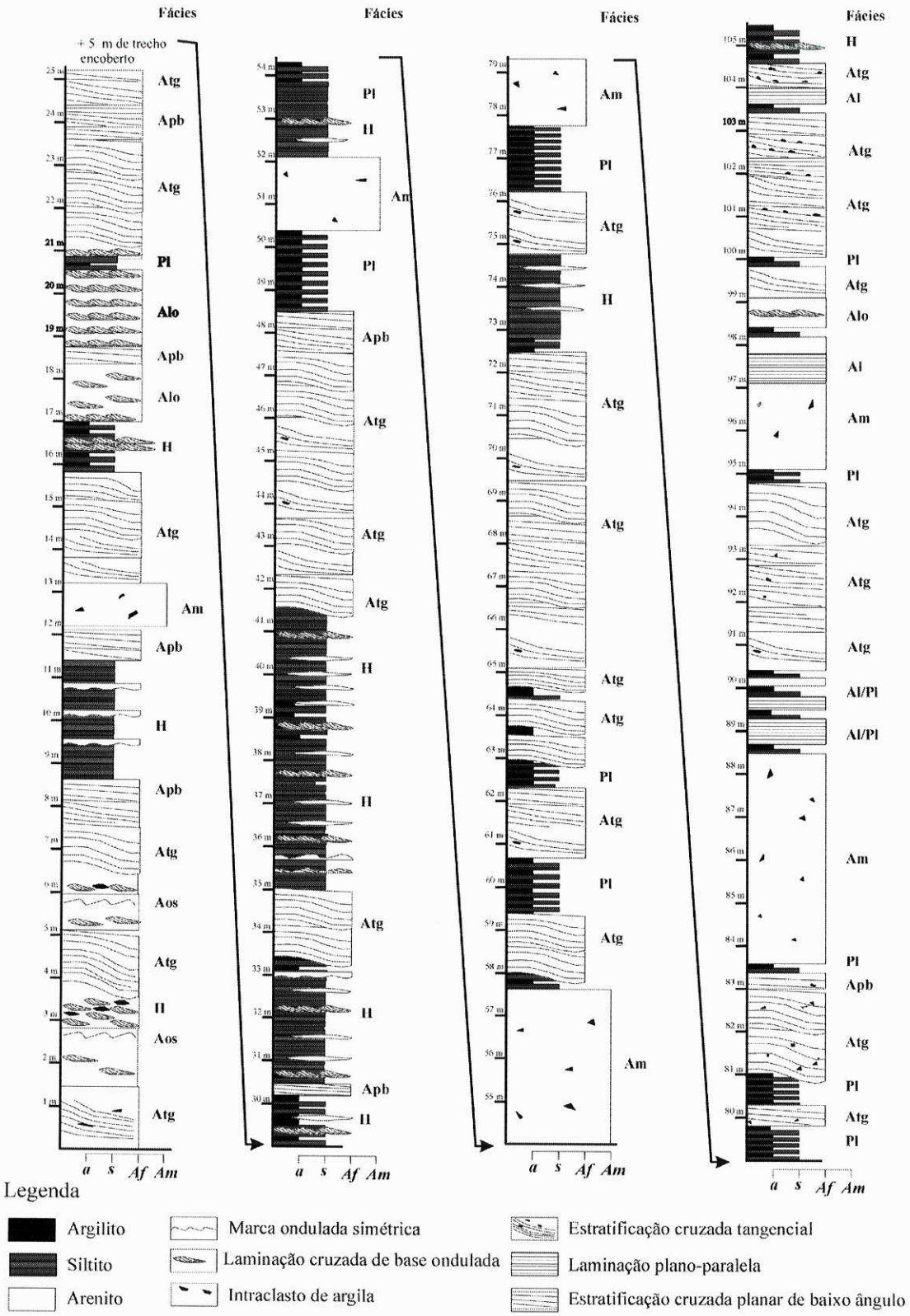


Figura 29- Seção colunar da Associação de Fácies Três Estradas da Formação São Rafael (Localidade de Três Estradas, coordenada UTM 772923/6574438).

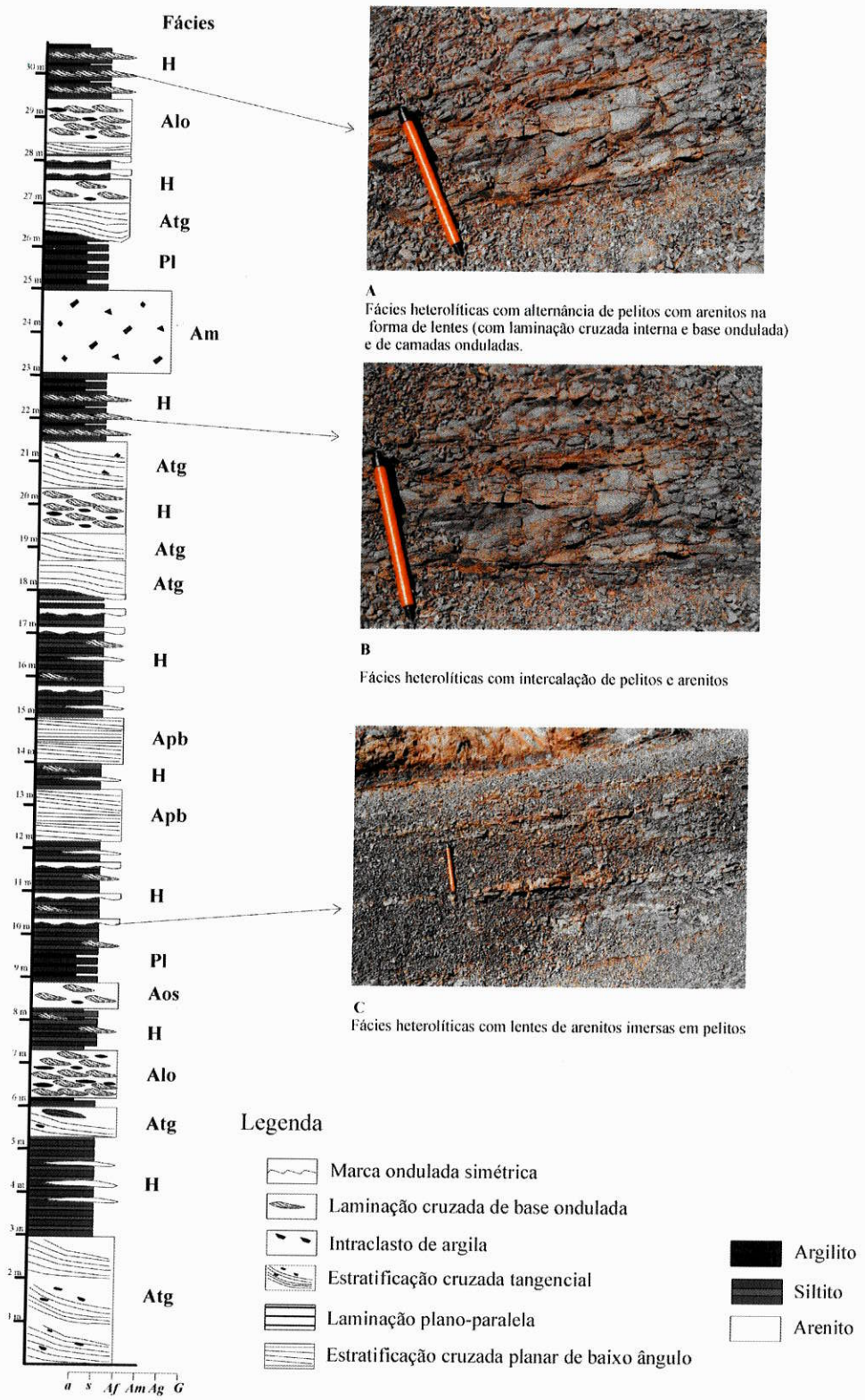
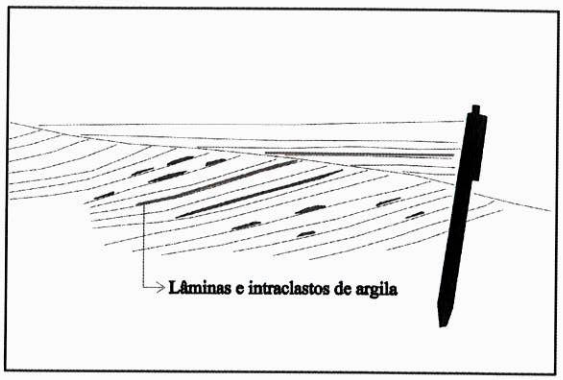
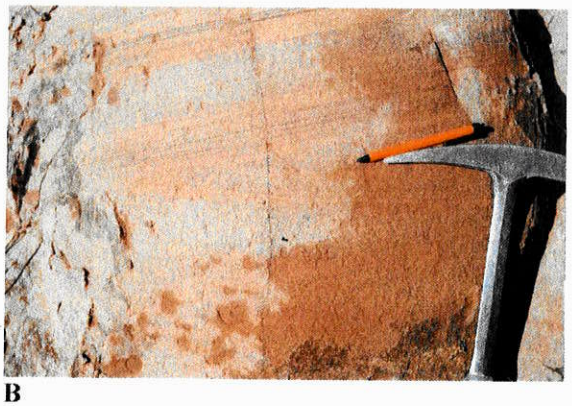


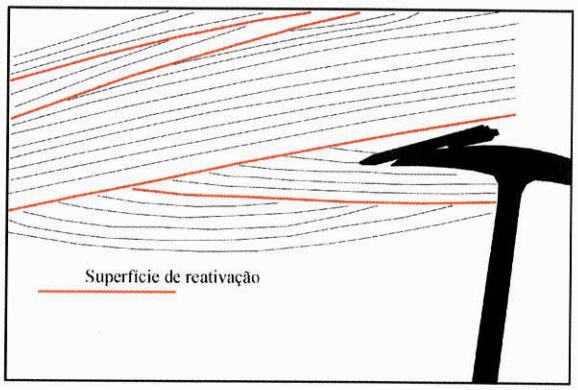
Figura 30- Seção colunar da Associação de Fácies Três Estradas da Formação São Rafael na localidade de Três Estradas (coordenada UTM 772931/6574442), destacando fotos das fácies heterolíticas.



A

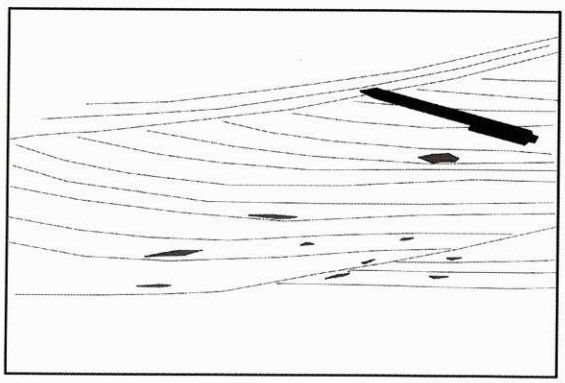
Fácies de arenito com estratificação cruzada tangencial de pequeno porte com intraclastos de argilas nos planos frontais das estratificações





B

Fácies de arenito com estratificação cruzada tangencial(abaixo da caneta) e de arenito com estratificação cruzada planar de baixo ângulo(acima da caneta e truncando a cruzada tangencial)



C

Figura 31- Fotos da fácies de arenito com estratificação cruzada tangencial descrita na Associação de Fácies Três Estradas, destacando nos desenhos ao lado das fotos as superfícies de reativação e os intraclastos de argila orientados nos planos das estratificações.

4.2.2.2 Interpretação de Fácies e Sistemas Deposicionais

As litofácies descritas nas três associações de fácies que constituem a Formação São Rafael sugerem um ambiente subaquático para esta unidade, marcando o primeiro evento de inundação da bacia, conforme descrito anteriormente por Paim *et al.* (1992, 1995), Porcher *et al.* (1995) e Pelosi & Fragoso-Cesar (2003).

As litofácies da Associação de Fácies Passo do Salsinho sugerem a atuação de processos de fluxo gravitacionais de sedimentos conforme marcado pela presença constante de camadas tabulares de arenitos maciços. As fácies de arenito com laminação plano-paralela (**Al**) e de pelitos laminados (**Pl**), intercaladas com a fácies de arenito maciço (**Am**) evidenciam a atuação contínua de fluxo laminar em regime superior e de processos de decantação associados a estes depósitos de fluxos gravitacionais. Este conjunto de litofácies permite inferir que os depósitos que caracterizam esta associação se formaram pela atuação de correntes de turbidez.

As sucessões de ciclos monótonos granodecrescentes de arenitos maciços, arenitos laminados e pelitos se assemelham com aquelas descritas para depósitos de turbiditos clássicos e para depósitos de turbiditos de camadas finas rítmicas (*thin-bedded turbidites*), amplamente descritos e discutidos na bibliografia (Bouma 1962, Mutti 1977, Walker 1978, 1985, 1992[b], Mutti & Normak 1991, Stow *et al.* 1996, Mutti *et al.* 1999). De acordo com estes trabalhos, os depósitos de turbiditos teriam sua origem associada ao desenvolvimento de fluxos gravitacionais de sedimentos em ambientes de águas profundas, abaixo do nível de ação de ondas de tempestade (costa afora), onde a geração dos depósitos estaria associada ao deslizamento em talude de bacia (não necessariamente talude continental) de fluxos de sedimentos sob ação da gravidade.

A fácies de arenitos maciços em camadas de dimensões métricas e geometria tabular intercalada com a fácies de arenitos laminados podem ser interpretadas como formadas em lobos deltaicos, em ambientes de leques subaquáticos (Mutti 1977, Mutti & Normak 1991). Os ciclos monótonos de camadas centimétricas tabulares de arenitos maciços (**Am**) intercalados com arenitos laminados (**Al**) e pelitos laminados (**Pl**) são interpretados como formadas nas porções distais de leques subaquáticos, associados à sedimentação em ambientes de águas profundas (*basin plain*), incluindo a atuação de processos de decantação e de estágios finais de desenvolvimento de correntes de turbidez (Mutti 1977, Walker 1978, 1992[b]).

De acordo com a classificação de tipos de mecanismos de geração de fluxo de sedimentos de Lowe (1979, 1982), as correntes de turbidez se desenvolvem pelo transporte em suspensão de sedimentos por fluxo turbulento, podendo ser classificadas, de acordo com a granulometria, em correntes de turbidez de alta densidade e de baixa densidade (*high and low-turbidity currents*). Neste modelo, os depósitos de turbiditos clássicos da Associação de Fácies

Passo do Salsinho seriam classificados como formados por correntes de turbidez de baixa densidade, por apresentarem apenas sucessões de arenitos maciços intercalados com camadas de arenitos laminados (Fig. 32A). Segundo Lowe (1982), as correntes de turbidez de baixa densidade podem representar os estágios finais de desenvolvimento de uma corrente de densidade de alta densidade e de um fluxo liquefeito (Fig. 32A).

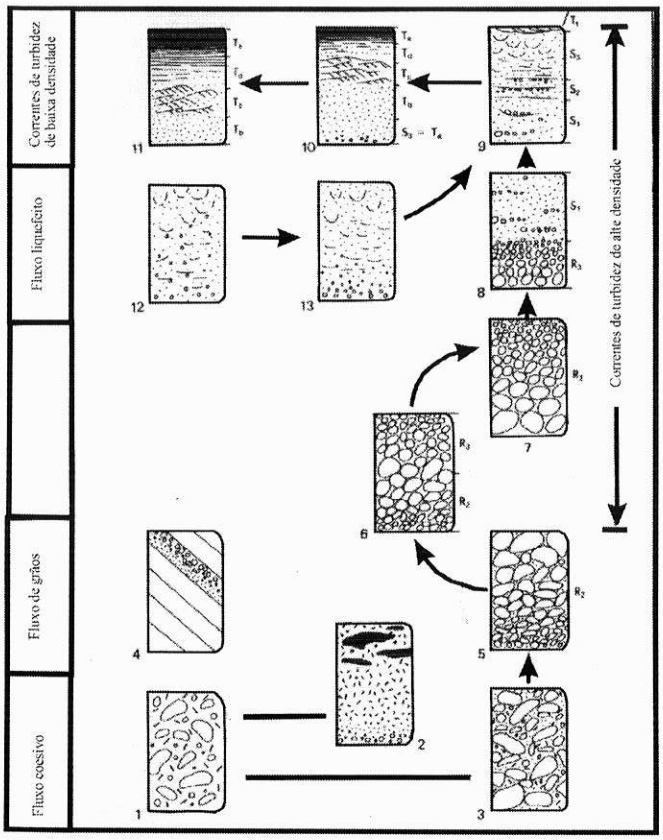
Os depósitos da Associação de Fácies Lavras do Sul se diferenciam dos depósitos acima descritos pela presença de diversas feições sugestivas de processos de fluxo oscilatório e combinado, atribuídos por diversos autores (De Raff *et al.* 1977, Dott & Bourgeois 1982, Walker & Plint 1992, Johnson & Baldwin 1996) a ambientes dominados por ondas de alta energia.

As fácies de arenitos de arenitos com laminações cruzadas por onda (**Alo**), de arenitos com marcas onduladas simétricas (**Aos**) e de arenitos com estratificação cruzada *hummocky* (**Ah**) de pequeno porte evidenciam a atuação de processos de fluxo oscilatório durante a deposição (De Raff *et al.* 1977, Dott & Bourgeois 1982). A fácies heterolítica indica a atuação conjunta de processos de tração e decantação (fluxo combinado) que, associados aos processos de fluxo oscilatório, sugere um ambiente de água rasa para esta associação. A presença da fácies de arenitos com megaondulações (**Amo**), interpretadas como formadas pela atuação da oscilação de ondas em ambientes de face litorânea (De Raff *et al.* 1977), reafirma o ambiente de água rasa (Fig. 32B).

Este conjunto de fácies indica um ambiente subaquático de alta energia afetado por processos de fluxo oscilatório e, localmente, fluxo combinado. Segundo Walker & Plint (1992), Johnson & Baldwin (1996) e Reading & Collinson (1996), este tipo de ambiente é caracterizado pela atuação de ondas e correntes de tempo bom e, ocasionalmente, de tempestade. Segundo a proposta da divisão de sub-ambientes de uma plataforma marinha proposta por Walker & Plint (1992), este tipo de depósito tem sua evolução na face litorânea (*shoreface*), situada acima do nível de atuação de ondas tempo de bom (Fig. 33).

Os depósitos da Associação de Fácies Três Estradas apresentam diversas feições características de ambientes marinhos de água rasa, vinculados à atuação de correntes de alta energia unidirecionais e bidirecionais, e de fluxos oscilatórios e combinados.

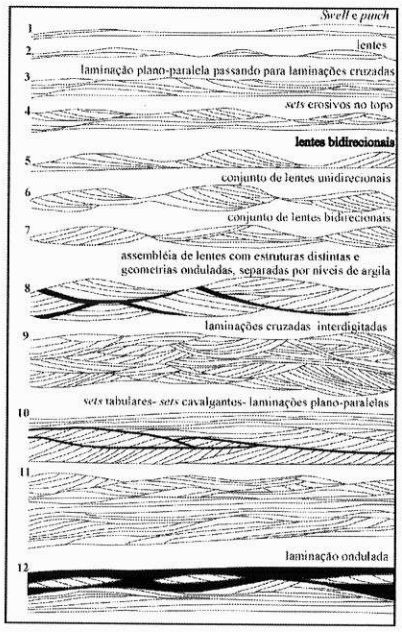
Os arenitos com estratificação cruzada planar de baixo ângulo (**Apb**) são interpretados como formados pela atuação de correntes da alta energia na costa (correntes de espraiamento), gerando depósitos de arrebentação de ondas na costa (De Raff *et al.*1977, Walker & Plint 1992).



A

Tipos de depósitos e transições possíveis entre diferentes tipos de fluxos ao longo da evolução de um fluxo gravitacional subaquático. Os depósitos da "Associação de Fácies Passo do Salsinho" são semelhantes aos de número 10 desta classificação, sendo caracterizados na base por depósitos de arenitos maciços (Ta), que para o topo passam para arenitos laminados (Td) e pelitos laminados (Te). Localmente ocorrem fácies de arenitos com estratificação plano-paralela (Tb) e com laminações cruzadas cavalgantes (Tc). Estes depósitos são classificados como "Turbiditos Clássicos" e se desenvolvem pela deposição de correntes de turbidez de baixa densidade conforme esta proposta de Lowe (1982). Segundo este esquema, as correntes de baixa densidade podem estar associada a evolução de outros tipos de fluxos, tais como correntes de turbidez de alta densidade

Figura ilustrando o desenvolvimento de uma duna subaquática formada sob ação de correntes de maré (*tidal bundle*). No primeiro estágio (A), a corrente de maré dominante será responsável pela deposição de sedimentos arenosos nos planos frontais das dunas (*foresets*). Nos estágios de água calma (B e D), sedimentos argilosos podem ser depositados nos planos frontais , desde que o ambiente apresente uma considerável concentração de material em suspensão. Nos estágios de atuação de correntes subordinadas (C), dunas de menor porte poderão se formar, porém com direção de migração oposta à direção de corrente dominante. Caso a corrente subordinada seja capaz de erodir a face da duna formada durante o estágio de corrente dominante, superfícies de reativação irão se formar. A dimensão e forma destas estruturas dependem diretamente da amplitude e intensidade das correntes de maré. Dependendo das condições ambientais, um ou mais estágios poderão não aparecer no registro sedimentar..



B

Estruturas produzidas pela atuação contínua de fluxo oscilatório e combinado em ambientes dominados por ondas.

C

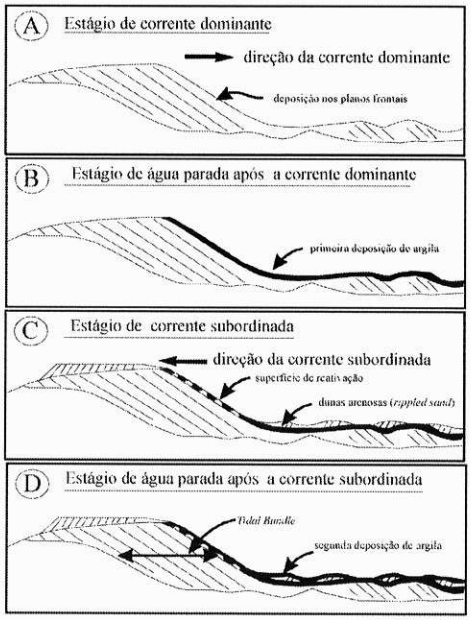


Figura 32- A- Classificação e tipos de depósitos de fluxo gravitacionais de sedimentos propostos por Lowe (1982). **B -** Características gerais de estruturas formadas pela atuação de ondas (De Raff *et al.*1977). **C -** Estruturas produzidas durante um ciclo de maré [modificado de Visser (1980), a partir de Dalrymple (1992)].

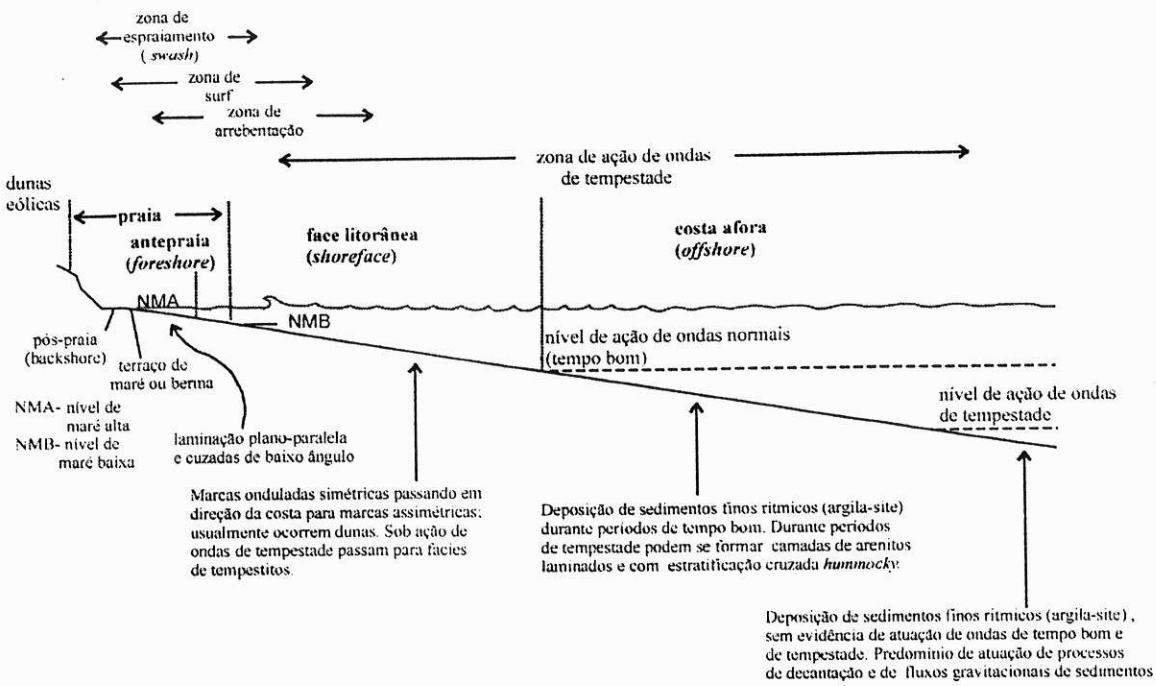


Figura 33- Perfil da plataforma marinha rasa e seus sub-ambientes (vertido de Walker & Plint 1992 e Reading & Collinson 1996)

A fácies de arenito com estratificação cruzada tangencial (**Atg**) evidencia a atuação de correntes trativas unidirecionais. Quando as estratificações apresentam estratos com direções reversas, interpreta-se a possível existência de correntes bidirecionais. As superfícies de reativação e os níveis de argila encontrados nos planos frontais das estratificações indicam a possível atuação de correntes de sub-maré, onde os estratos frontais são formados nos períodos de correntes dominantes de maré, os níveis de argila depositados durante o período de relativa estabilização da corrente e as superfícies de reativação durante os estágios subseqüentes de atuação de correntes subordinadas de maré (Fig. 32C). As fácies heterolítica (**H**) e de arenitos com laminações cruzadas por onda (**Alo**) reafirmam a atuação de processo de fluxo combinado (tração e decantação) e de fluxo oscilatório, comuns em ambientes de plataforma rasa associadas à atuação de ondas e de correntes de maré (Ashley 1990, Dalrymple 1992, Johnson & Baldwin 1996, Reading & Collinson 1996).

Desta forma, os depósitos da Associação de Fácies Três Estradas são interpretados como formados em ambientes de antepraia (*foreshore*), entre os níveis de atuação de maré alta e baixa (Fig. 33). Diferencia-se dos depósitos de águas profundas (Associação de Fácies Passo do Salsinho) e de face litorânea (Associação de Fácies Lavras do Sul) por apresentarem feições associadas a depósitos de arrebentação de ondas na costa e de dunas subaquáticas relacionadas ao desenvolvimento de correntes unidirecionais e bidirecionais.

4.2.2.3 Interpretação Paleoambiental da Formação São Rafael

Conforme evidenciado pelas associações de fácies descritas, a Formação São Rafael registra o primeiro período de inundação da bacia, que passa a ser dominada pelo preenchimento de depósitos subaquáticos formados, principalmente, pela atuação de correntes de turbidez e por ondas de alta energia.

Os depósitos de turbiditos (Associação de Fácies Passo do Salsinho) são caracterizados por uma associação de texturas e estruturas que sugerem uma deposição abaixo do nível de ação de ondas de tempestade. As sucessões monótonas de fácies de arenitos maciços e laminados em camadas tabulares assemelham-se aos depósitos de turbiditos clássicos descritos por Walker (1992[b]).

As demais associações de fácies encontradas nesta unidade indicam ambientes de águas rasas incluindo a face litorânea e a antepraia. Estes depósitos são caracterizados por diversas estruturas que registram a ação de processos de fluxo oscilatório atribuídos a eventos de retrabalhamento por ondas normais e principalmente de tempestade (Associação de Fácies Lavras do Sul), além de fácies representativasde ambientes de praia e, possivelmente, de planície de maré (Associação de Fácies Três Estradas). Desta forma, as associações de fácies da Formação São Rafael são interpretadas como formadas em um ambiente de plataforma marinha epicontinental, incluindo depósitos de antepraia, de face litorânea e, principalmente, de águas profundas (Figs. 33 e 34). Cabe salientar que a interpretação de um ambiente marinho para este corpo subaquático é baseada apenas nas evidências litofaciológicas, tais como depósitos de atuação de ondas e de possíveis planícies de maré; a ausência de registro fossilífero dificulta a afirmação da origem marinha destes depósitos. Desta forma, não descartamos a hipótese da interpretação de um grande corpo lacustre para este ambiente subaquático.

Netto *et al.* (1992) descreveram icnofósseis (*Intrites*) em arenitos descritos como pertencentes ao Grupo Maricá, apontados, pelos autores, como restritos ao Neoproterozóico III e indicativos de ambiente marinho. Por outro lado, estudos icnológicos na Bacia do Camaquã não foram mais realizados pelos autores, restringindo-se apenas a esta publicação em resumo de simpósio apresentada por Netto *et al.* (1992). Durante os últimos sete anos, nosso grupo de pesquisa vem realizando mapeamento litofaciológico por todas as unidades da Bacia do Camaquã, não tendo sido encontrados icnofósseis durante estes trabalhos de mapeamento. Desta forma, excluímos os icnofósseis descritos por Netto *et al.* (1992) como definidores de ambiente marinho para o Grupo Maricá.

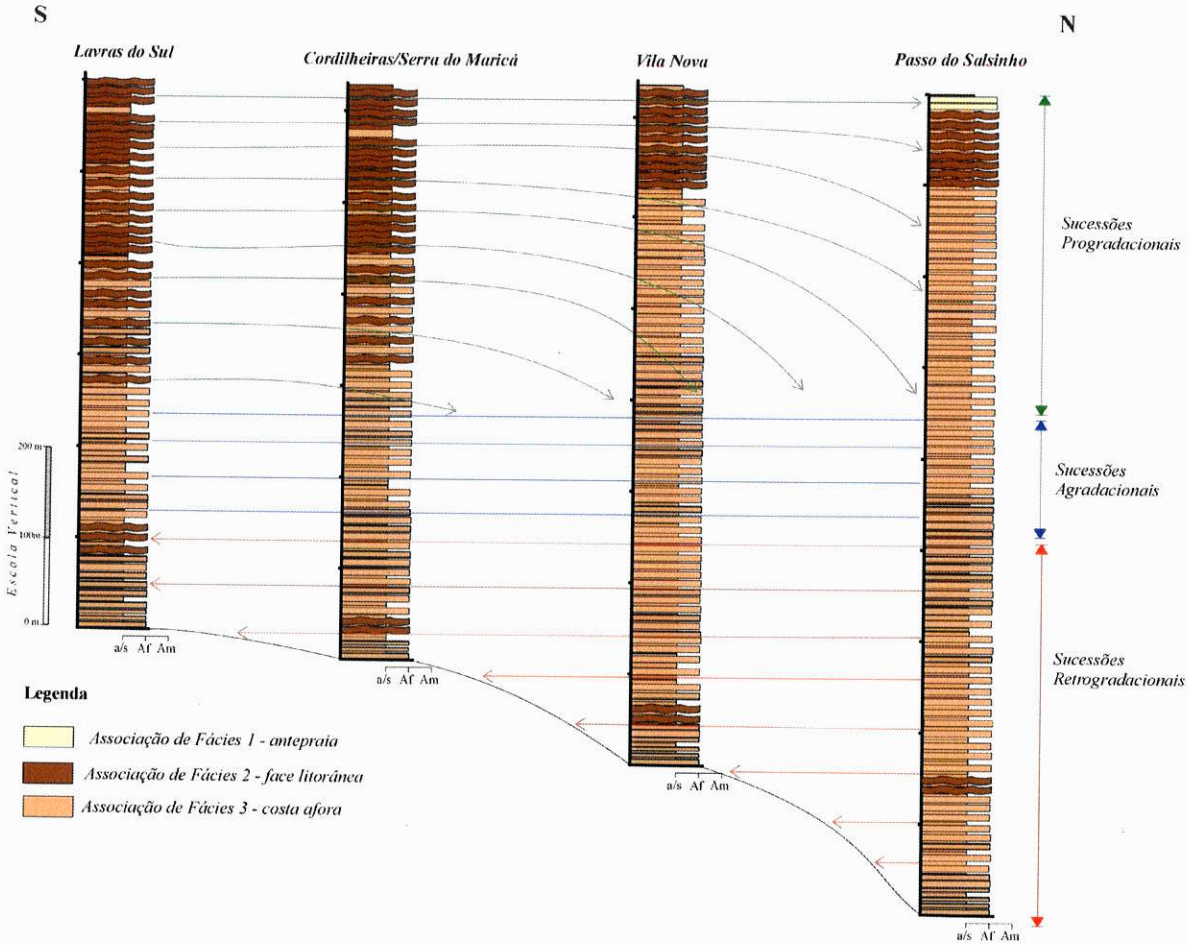


Figura 34- Seções compostas da Formação São Rafael nas regiões de Lavras do Sul, Cordilheiras/Serra do Maricá, Vila Nova e Passo do Salsinho, destacando empilhamento das sucessões de fácies que variam de retrogradacionais, agradacionais e progradacionais.

A correlação lateral e vertical entre as seções compostas obtidas nas principais áreas de ocorrência da Formação São Rafael (Fig. 34) permite visualizar o comportamento no espaço e no tempo destes sub-ambientes plataformais. Analisando as seções, observamos que os depósitos de água profunda predominam por toda unidade. Os depósitos de face litorânea também são freqüentes, porém em menores proporções. Os depósitos de antepraia são tão escassos que não aparecem nas seções compostas, ocorrendo apenas em uma pequena fração das sucessões da Formação São Rafael na região do Passo do Salsinho. Estas características permitem inferir que a plataforma marinha rasa era estreita, e o talude encontrava-se relativamente próximo à linha de costa, devido ao predomínio dos depósitos de turbiditos sobre os demais (Fig. 34).

Cabe ressaltar aqui, que quando utilizamos o termo talude não estamos nos referindo ao ambiente de talude continental (ou sopé continental), já que este corpo marinho é interpretado como epicontinental, ou seja, um corpo marinho que invade o continente. O termo talude é utilizado nesta interpretação em referência a algum tipo de inclinação da plataforma

epicontinental, causada por atuação de falha ou pela fisiografia do substrato da bacia, onde a declividade possibilita a geração de correntes de turbidez.

O comportamento lateral das associações de fácies revela que a Formação São Rafael é composta por uma sucessão retrogradacional na base, e agradacional e progradacional no topo (Fig.34). A elevada espessura das sucessões e sua variação lateral para norte evidencia que o corpo marinho (ou lacustre ?) encontrava-se aberto para este quadrante, e a área continental exposta situava-se a sul. A sucessão retrogradacional é caracterizada pelo deslocamento, de norte para sul, dos depósitos de face litorânea sobre os depósitos de costa afora, marcando um recuo da linha de costa em direção ao continente. A sucessão progradacional de topo evidencia um avanço contínuo da linha de costa para o quadrante norte, onde os depósitos de face litorânea progradam sobre os depósitos de costa afora (Fig. 34). Este empilhamento estratigráfico permite inferir que a Formação São Rafael depositou-se durante um ciclo de elevação e rebaixamento do nível relativo do mar. O modelo deposicional desta unidade foi esquematizado no bloco diagrama da Fig. 35.

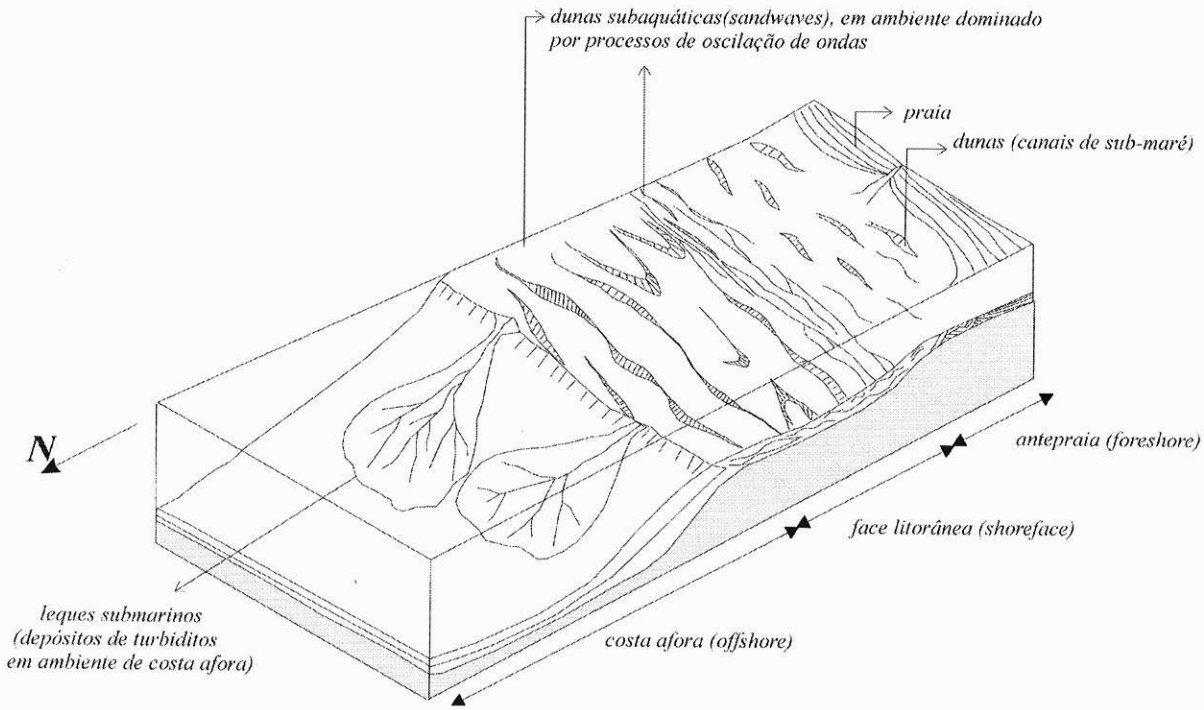


Figura 35- Bloco diagrama ilustrando os depósitos de plataforma marinha da Formação São Rafael, separando os sub-ambientes de costa afora, face litorânea e de antepraia.

4.2.3 Formação Arroio América

4.2.3.1 Análise de fácies

A Formação Arroio América é composta por litologias muito semelhantes àquelas encontradas na Formação Passo da Promessa. Sua espessura varia de 350m a 550m dependendo da região de ocorrência. As fácies encontradas nesta unidade foram reunidas na Associação de Fácies Arroio América (**AF-AA** Tabela 7), sendo as mais comuns as de arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada em *sets* de dimensões variadas (**Aa** e **Aca**). De acordo com seções compostas elaboradas para esta unidade, estas litofácies não apresentam variações laterais significativas (Fig. 36).

Sigla	*Fácies*	*Descrição*	*Interpretação*
Aa	Arenito com estratificação cruzada acanalada	Arenito fino a grosso com estratificação cruzada acanalada de médio porte. Ocorre na forma de *sets* de geometria ondulada e acanalada de dimensões que variam de 1 a 4m de largura e de 30cm a 1,5m de altura	Depósitos de migração de dunas subaquáticas 3D e de formas de leito
ACa	Arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada	Arenito médio a grosso com seixos e calhaus orientados nos planos frontais de estratificações cruzadas acanaladas. Os *sets* variam de 1,5 a 6m de largura e de 60cm a 1,5m de altura	Depósitos de migração de formas de leito
Al	Arenito com laminação plano-paralela	Arenito fino com laminação plano-paralela em camadas centimétricas de geometria tabular	Depósitos de fluxo laminar superior
Ap	Arenito com estratificação plano-paralela	Arenito fino a médio com estratificação plano-paralela em camadas de geometria tabular de 30 a 80cm de espessura	Depósitos de regime de fluxo superior
Am	Arenito maciço	Arenito fino maciço em camadas centimétricas de geometria tabular	Depósitos de fluxo gravitacional
At	Arenito com estratificação cruzada tabular	Arenito fino a grosso com estratificação cruzada tabular de pequeno a médio porte, organizados em *sets* de geometria tabular	Depósitos de migração de barras longitudinais de correntes fluviais de rios entrelaçados
Ca	Conglomerado com estratificação cruzada acanalada	Conglomerados de seixos e calhaus com estratificação cruzada acanalada de médio porte. Os seixos e calhaus ocorrem orientados segundo os planos das estratificações, em *sets* de geometria ondulada de dimensões métricas	Depósitos de preenchimento de canais
Ccm	Conglomerado maciço sustentado pelo arcabouço	Conglomerado de seixos a matacões maciço, suportado pelo arcabouço. Ocorrem em *sets* na forma de canais (depósitos de preenchimento) de dimensões métricas, e na forma de bolsões lenticulares de 70cm a 1,5m de comprimento	Depósitos preenchimento de canais e de carga de fundo
Pl	Pelito laminado	Siltito e localmente argilitos em camadas rítmicas milimétricas que geram um aspecto laminado para esta fácies	Processo de decantação de material em suspensão.

Tabela 7- Descrição e interpretação das fácies encontradas na Associação de Fácies Arroio América.

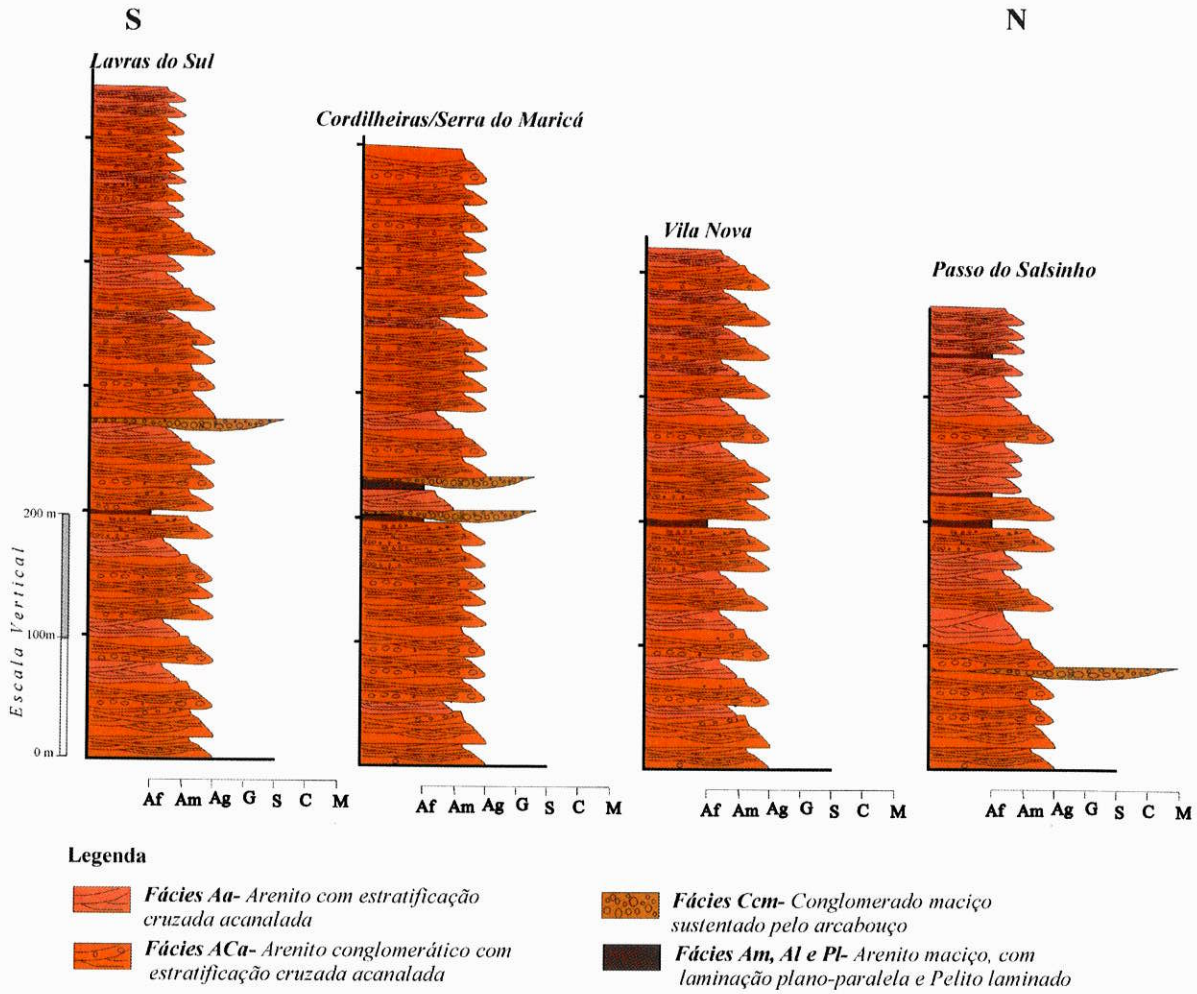


Figura 36- Seções compostas da Formação Arroio América nas localidades de Lavras do Sul, Cordilheiras/Serra do Maricá, Vila Nova e Passo do Salsinho, onde podemos observar o comportamento lateral das fácies encontradas.

Os arenitos com estratificação cruzada acanalada (**Aa**) são caracterizados por *sets* de dimensões que variam de 30cm a 1,5m de altura máxima e 4m de comprimento, porém no geral não ultrapassam 2,5m de comprimento. Esta fácies organiza-se em *sets* amalgamados de geometria lenticular e acanalada (Figs. 37, 38 e 39A e B).

As fácies de arenitos conglomeráticos (**ACa**) (Fig. 39C) e de conglomerados com estratificação cruzada acanalada (**Ca**) organizam-se em *sets* de dimensões maiores (Fig. 37 e 38). No geral as estratificações ultrapassam 60cm de altura e apresentam de 3 a 6m de largura. A geometria é acanalada e lenticular. Analisando as seções compostas desta unidade observamos que estas fácies são comuns ao longo de todas as áreas de ocorrência da Formação Arroio América (Fig. 36 e 37).

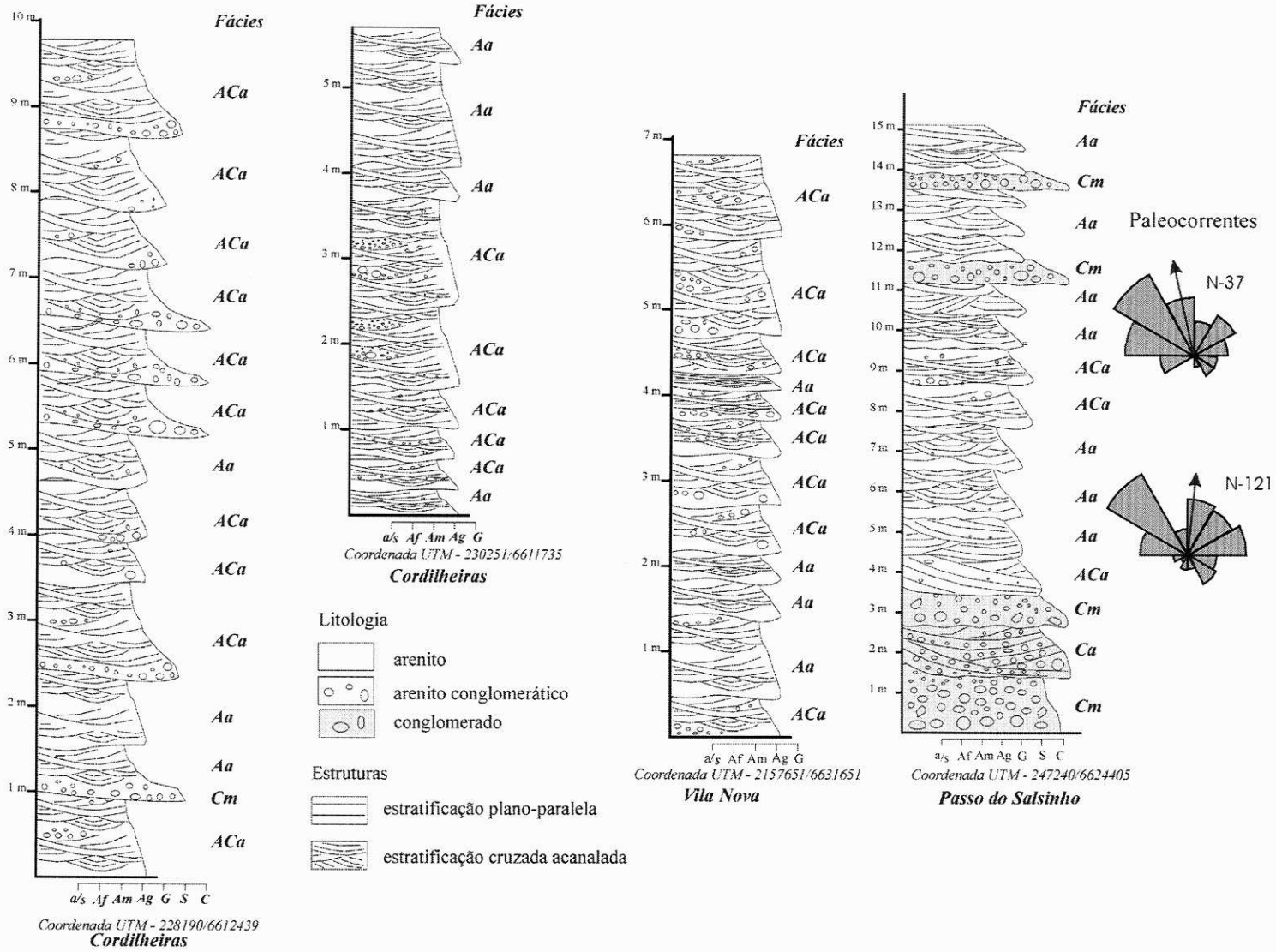
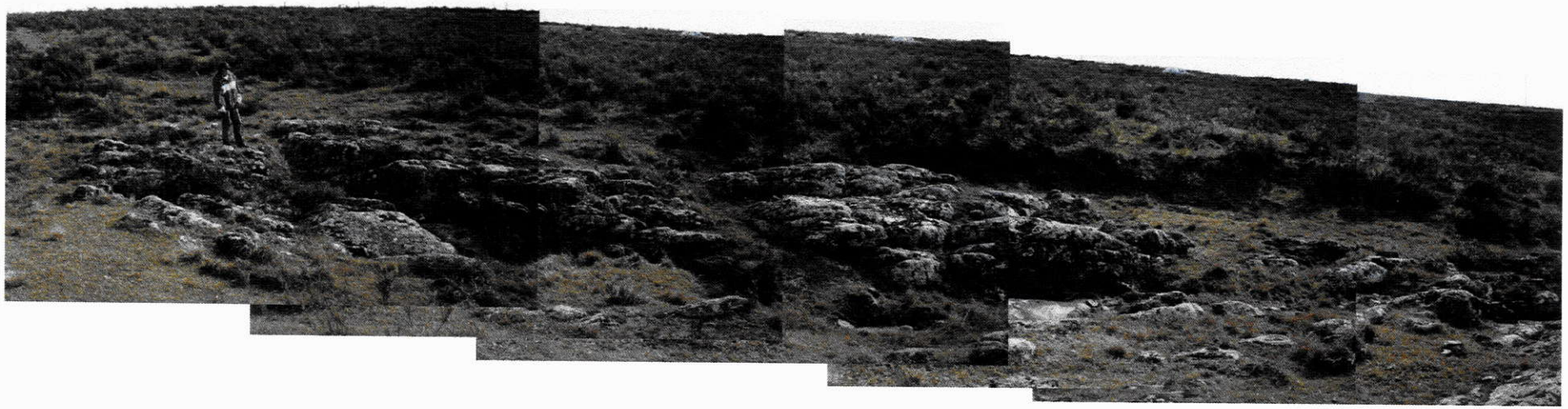


Figura 37- Seções colunares obtidas na Formação Arroio América nas regiões do Passo do Salsinho, Vila Nova e Cordilheiras.



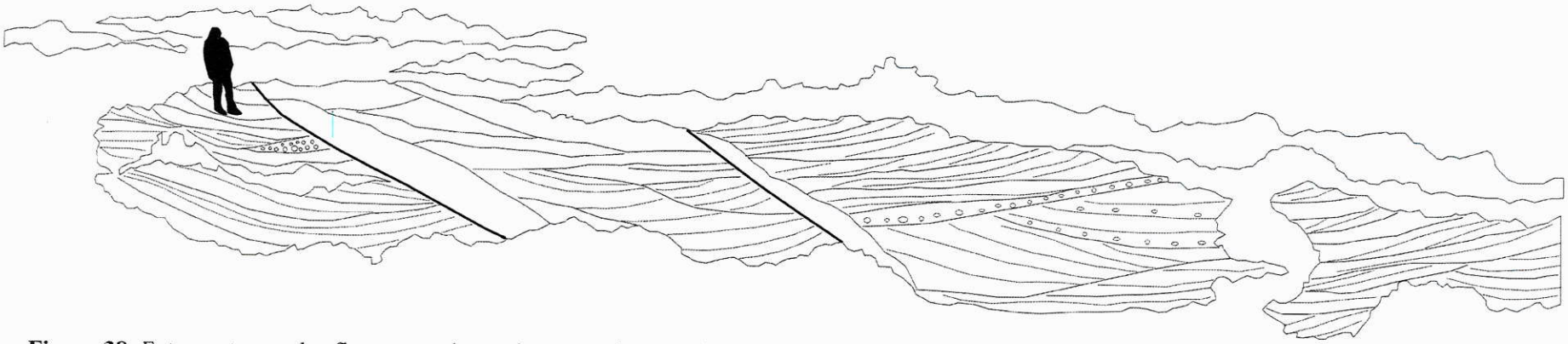
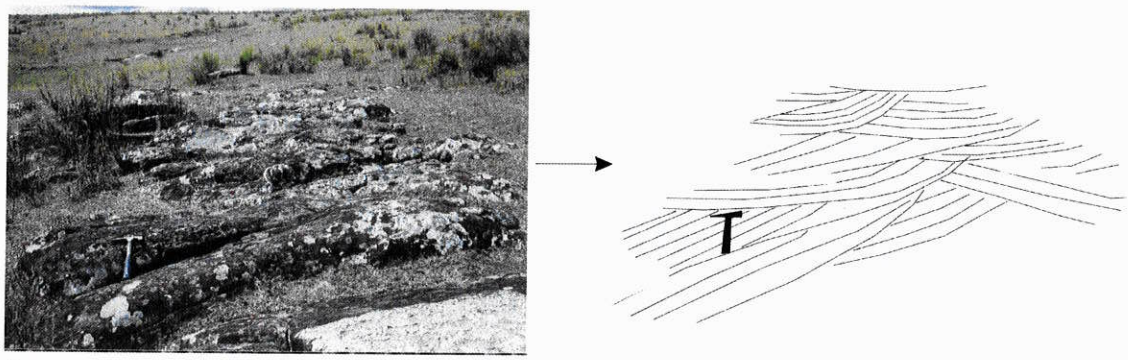


Figura 38- Fotomontagem de afloramento de arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada da Formação Arroio América em sua localidade tipo na região de Cordilheiras, destacando a geometria dos depósitos e a dimensão dos *sets*.

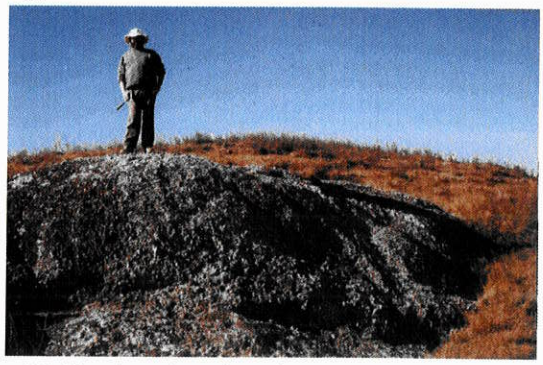


A
Fácies de arenito com estratificação cruzada acanalada de médio porte (localidade do Sítio da Figueira na região do Passo do Salsinho)

Fácies de arenito com estratificação cruzada acanalada de médio porte (região do Passo do Salsinho)
B

Fácies de arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada (região de Cordilheiras próximo ao Arroio América)
C

Fácies de conglomeradosmaciços sustentados pelo arcabouço (região de Cordilheiras ao lado do Arroio América)
D



Ddepósitos de conglomeradosmaciços sustentados pelo arcabouço (região de Cordilheiras)
E

Figura 39- Fotos das fácies da Formação Arroio América

Nas regiões de Cordilheiras (localidade de Arroio América) e do Passo do Salsinho é encontrada a fácies de conglomerados maciços sustentado pelo arcabouço (**Ccm**; Fig. 39D). Esta fácies é caracterizada por conglomerados de seixos e calhaus em bolsões de geometria irregular e lenticular, de dimensões que atingem até 3m de altura e mais de 5m de largura (Fig. 39E). Assim como na Formação Passo da Promessa, as fácies de conglomerados da Formação Arroio América são caracterizadas por seixos e calhaus com um elevado grau de arredondamento e esfericidade moderada (Fig. 39D).

Nestas mesmas regiões (Cordilheiras e Passo do Salsinho) foram encontradas fácies de arenitos maciços, arenitos com laminação plano-paralela e pelitos laminados (fácies **Am, Al** e **Pl**), que ocorrem organizados em camadas tabulares que juntas atingem entre 1m até 6m de espessura (Fig. 40). Estas fácies ocorrem em dois níveis estratigráficos ao longo da porção intermediária da Formação Arroio América (Fig. 36).

4.2.3.2 Interpretação de Fácies e Sistemas Deposicionais

A assembléia de texturas e estruturas encontradas na Formação Arroio América (Associação de Fácies Arroio América) sugere o desenvolvimento de depósitos típicos de sistemas fluviais de canais entrelaçados.

A fácies de arenito com estratificação cruzada acanalada indica que o processo dominante durante a deposição foi o de migração de dunas subaquáticas sinuosas (Fig. 17A). Segundo os critérios de classificação de elementos arquiteturais propostos por Miall (1996), estes depósitos são formados ao longo de barras de acreção lateral e frontal (*vide* Fig. 17B e C). A fácies de arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada é interpretada como formada pela migração de barras conglomeráticas (Fig. 17D). Também foram reconhecidos depósitos de preenchimento de canais, devido à presença de fácies de arenitos conglomeráticos e de conglomerados com estratificação cruzada acanalada.

As fácies de arenitos maciços (**Am**), arenitos com laminação plano-paralela (**Ap**) e de pelitos laminados (**Pl**) são sugestivas da atuação de processos de fluxo gravitacional de sedimentos, de fluxo laminar e de decantação associados a ambientes subaquático de deposição de material em suspensão.

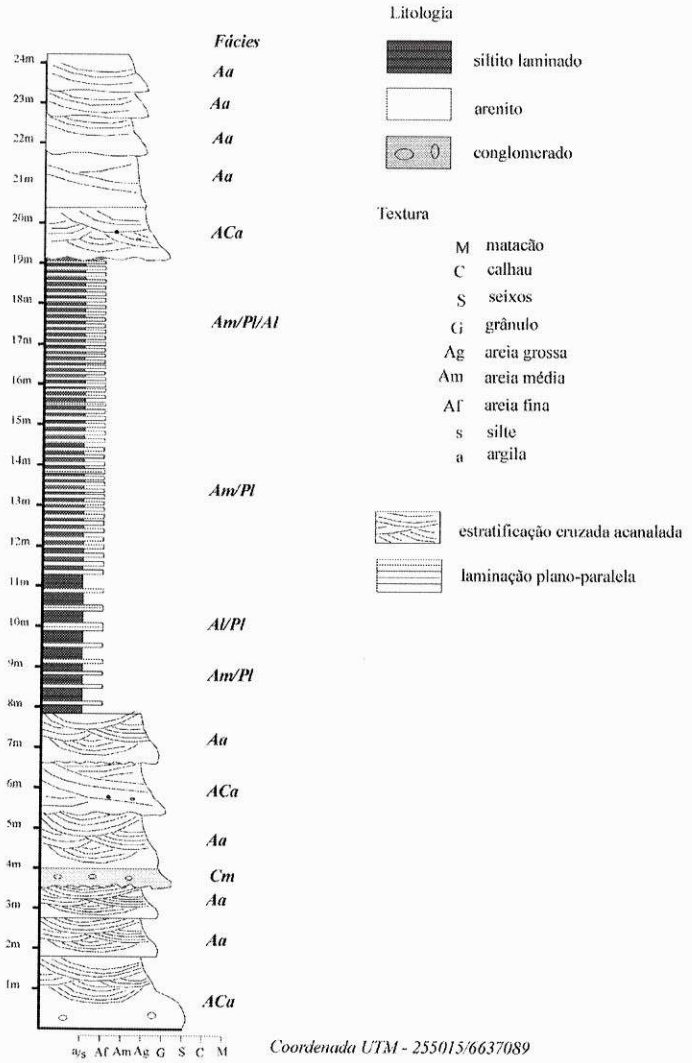


Figura 40- Seção colunar da Formação Arroio América ao longo da BR 290, destacando a intercalação de fácies de arenitos laminados com fácies de arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada.

4.2.3.3 Interpretação Paleoambiental da Formação Arroio América

Esta unidade registra uma nova instalação de um sistema de planície fluvial de canais entrelaçados. Este sistema estaria relacionado à presença de barras longitudinais e transversais texturalmente mais grossas do que aquelas encontradas na Formação Passo da Promessa, devido ao maior conteúdo de fácies conglomeráticas. O modelo desta planície fluvial foi esquematizado na Figura 41.

A pouca variação lateral de fácies sugere que a planície fluvial apresentava uma grande extensão areal, predominando o desenvolvimento de canais da baixa sinuosidade, e de barras frontais. Assim como na Formação Passo da Promessa, os canais deste sistema fluvial são de grande amplitude devido à dimensão das estratificações cruzadas acanaladas encontradas em arenitos e conglomerados. Segundo os dados de paleocorrentes (*vide* item 6.3 e Figs. 37, 45 e

50), estes canais também corriam para o quadrante norte. A maturidade textural sugere uma alta taxa de retrabalhamento da carga clástica transportada por estes canais.

Os depósitos de ritmitos tabulares intercalados nas sucessões de arenitos e arenitos conglomeráticos são interpretados como produtos de períodos de inundação da bacia, podendo ser classificados como planícies de inundação. Estas fácies rítmicas, conforme veremos no Capítulo 5 "Estratigrafia de Seqüências", marcam superfícies de inundação e a existência de trato transgressivo dentro dos depósitos da Formação Arroio América.

Analisando as sucessões desta unidade em suas principais áreas de ocorrência (Fig. 36), foi elaborado um modelo deposicional para este sistema fluvial. As sucessões basais são caracterizadas pelo desenvolvimento de depósitos de preenchimento de canais e de migração e acreção de barras arenosas e conglomeráticas. A sucessão intermediária é marcada por pelo menos dois períodos de inundação da bacia, responsáveis pelo desenvolvimento dos depósitos de ritmitos tabulares intercalados nos depósitos de planícies fluviais (Fig. 36). Possivelmente estes eventos de inundação estão associados a períodos de subsidência da bacia, que seriam responsáveis pela elevação do nível de base e conseqüente inundação da planície fluvial. A sucessão de topo, que ocorre sobre estes depósitos de planície de inundação, caracteriza-se por depósitos semelhantes aos das sucessões basais, incluindo depósitos de migração de dunas subaquáticas, de barras arenosas e conglomeráticas, e de preenchimento de canais em um ambiente de planície fluvial.

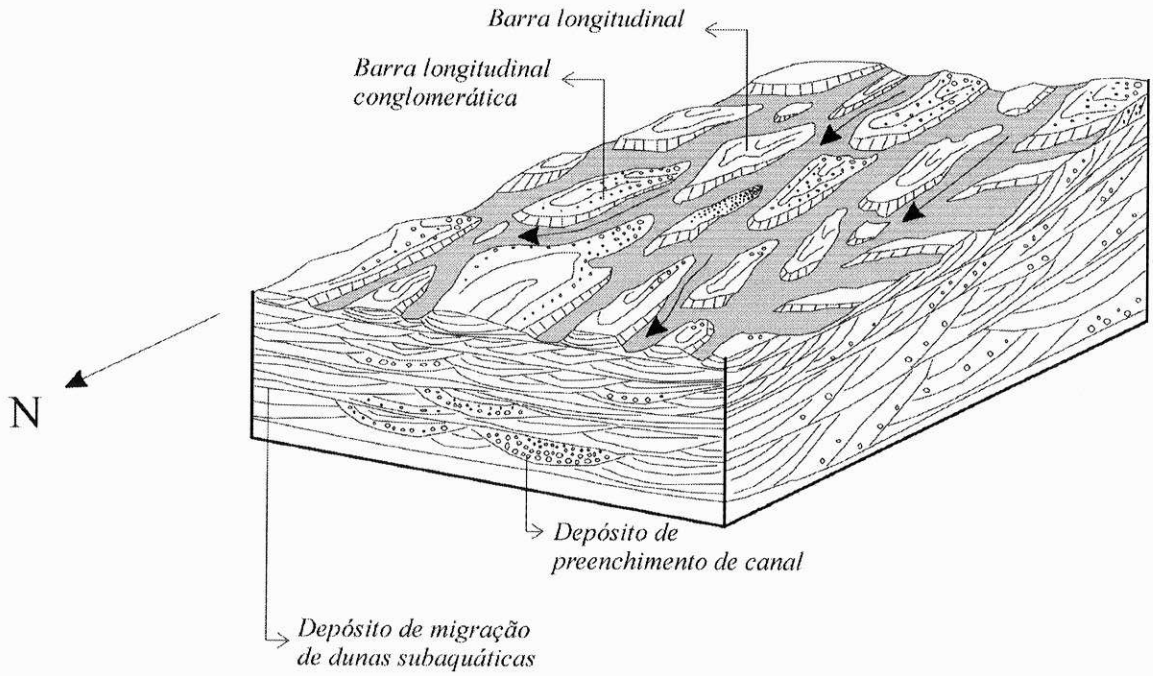


Figura 41- Bloco diagrama ilustrando a planície fluvial de canais entrelaçados da Formação Arroio América, incluindo seus depósitos da barras arenosas e conglomeráticas separadas por canais de baixa sinuosidade.

4.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS FÁCIES, ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES E AMBIENTES DEPOSICIONAIS DO GRUPO MARICÁ

O mapeamento litofaciológico do Grupo Maricá permitiu o reconhecimento de diversas litofácies que foram reunidas em cinco associações de fácies. Na unidade basal (Formação Passo da Promessa), as fácies descritas foram agrupadas em uma única associação (Associação de Fácies Passo da Promessa), que caracteriza uma deposição associada a um ambientes de planície fluvial de canis entrelaçados.

Na unidade intermediária, devido à maior diversidade das fácies encontradas, foram reconhecidas três associações de fácies que representam diferentes sub-ambientes de uma plataforma marinha (não descarta-se a hipótese de ambiente lacustre), incluindo ambientes de costa afora (Associação de Fácies Passo do Salsinho), ambientes de face litorânea (Associação de Fácies Lavras do Sul) e de antepraia (Associação de Fácies Três Estradas).

A unidade de topo (Formação Arroio América) é muito similar à unidade basal, sendo também composta por uma associação de fácies interpretada como formada em ambientes de uma extensa planície fluvial de canais entrelaçados (Associação de Fácies Arroio América), com alguma evidência de períodos de inundação da planície fluvial devido à presença de alguns níveis de ritmitos tabulares arenosos e pelíticos intercalados, localmente, nas sucessões de arenitos e conglomerados fluviais.

A pouca variação lateral das fácies encontradas nestas associações permite inferir que a bacia de acumulação apresentava uma grande extensão areal. O comportamento lateral e vertical das sucessões de fácies e o padrão de empilhamento destes depósitos serão descritos adequadamente no próximo capítulo, onde aplicaremos os modelos de Estratigrafia de Seqüências nestas unidades. A evolução paleogeográfica destes ambientes deposicionais será abordada no Capitulo 7 – Considerações paleoambientais, tectônicas e paleogeográficas.

CAPÍTULO 5- ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS

O levantamento litofaciológico realizado nos depósitos do Grupo Maricá permitiu a elaboração das colunas estratigráficas representativas desta unidade em suas principais áreas de ocorrência (Fig. 5). O presente capítulo tem como finalidade discutir algumas considerações a respeito das correlações realizadas a partir destas colunas. Em outras palavras, uma análise das sucessões sedimentares que constituem o Grupo Maricá. Inicialmente apresentaremos uma breve discussão sobre os conceitos de "Estratigrafia de Seqüências" que utilizamos neste trabalho, seguido pela descrição das seqüências deposicionais identificadas no Grupo Maricá.

5.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES SOBRE ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS UTILIZADOS NO PRESENTE TRABALHO

Estudando as bacias cratônicas do interior da América do Norte, Sloss (1963) definiu o termo "seqüência" como uma unidade estratigráfica de ordem maior que grupo e supergrupo, limitada no topo e na base por discordâncias erosivas regionais. Mitchum *et al.* (1977) e Vail *et al.* (1977), utilizando-se de seções sísmicas do Golfo do México e do oeste da plataforma continental africana, redefiniram o termo seqüência como uma unidade estratigráfica composta por sucessões geneticamente correlatas limitadas na base e no topo por discordâncias erosivas e suas conformidades correlativas. Esta definição generalizada não especifica a escala ou duração de uma seqüência e nem a natureza e o mecanismo causador de seus limites.

O conceito de seqüência possibilitou uma revolução na análise estratigráfica de depósitos sedimentares, pois a partir deste a análise de sucessões sedimentares passou a ser baseada na caracterização de superfícies cronológicas que separam depósitos sedimentares geneticamente correlatos, criando unidades que possibilitam uma avaliação mais segura da evolução tectônica e sedimentar de uma bacia. Estas superfícies podem ser discordâncias erosivas e suas conformidades correlativas (Van Wagoner *et al.* 1988) ou superfícies de inundação máxima (Galoway 1989).

No presente trabalho utilizamos o conceito de seqüência definido pela escola da Exxon, (Van Wagoner *et al.* 1988, Posamentier *et al.* 1988, Jervey 1988), onde uma seqüência é definida como uma sucessão de sistemas deposicionais contemporâneos (tratos de sistemas) limitados no topo e na base por discordâncias erosivas e suas conformidades correlativas. Segundo Posamentier & Vail (1988), uma seqüência se deposita entre dois pontos de inflexão de queda eustática, ou seja, durante um intervalo de queda e subida do nível do mar global que, dependendo de sua duração, pode ser classificada como de 1º, 2 ou 3º ordem. As principais definições adotadas durante a análise de seqüências encontram-se descritas na Tabela 8.

Conceito	*Definição*
Ciclo de 2° ordem	Ciclo de sedimentação de uma seqüência (no caso denominada de 2° ordem) de distribuição espacial regional. Caracteriza-se pelos maiores ciclos transgressivos-regressivos de uma bacia associados a fatores tectônicos regionais (subsidência e aporte sedimentar) e/ou a variações eustáticas (volume das bacias oceânicas). A duração de um ciclo de segunda ordem foi definida por Vail *et al.* (1977) como de 10 a 100Ma, e posteriormente como de 3 a 50 Ma (Vail *et al.* 1991).
Ciclo de 3° ordem	Compreende um ciclo de deposição de uma seqüência (ver definição abaixo), caracterizada por eventos periódicos de variações globais do nível do mar (variações no clima e no volume d'água), e/ou por efeitos tectônicos na bacia. Definida por Vail *et al.* (1977) como de duração de 1 a 10Ma, e posteriormente como de 0,5 a 3Ma (Vail *et al.* 1991).
Discordância	Superfície que separa estratos mais novos de mais antigos, ao longo do qual ocorrem evidências de exposições subaéreas ou truncamentos erosivos subaéreos, indicando um hiato deposicional significativo (Van Wagoner *et al.* 1988).
Eustasia	Variação global do nível do mar, tendo como referência um *datum* fixo como o centro da Terra, sendo independente de fatores locais como a subsidência ou o aporte sedimentar.
Linha de costa	Limite entre os ambientes parálicos/deltaicos e o ambiente marinho (Posamentier *et al.* 1988).
Nível de Base	Horizonte imaginário mais baixo onde atuam os processos de erosão (Schumm 1993).
Paraseqüências	Unidade fundamental de uma seqüência, caracterizada por uma sucessão de camadas geneticamente relacionadas, limitadas por superfícies de inundação marinha ou superfícies correlatas (Van Wagoner *et al.* 1988).
Perfil de equilíbrio	Declive no qual a corrente de um rio atinge uma velocidade capaz de transportar toda a carga sedimentar da montante para a jusante, não ocorrendo, desta forma, nem erosão nem deposição (Miall 1996).
Seqüência	Sucessão de sistemas deposicionais contemporâneos (tratos de sistemas) limitados no topo e na base por discordâncias erosivas e suas conformidades correlativas (Van Wagoner *et al.* 1988, Posamentier *et al.* 1988).
Superfície de inundação máxima	Superfície deposicional no momento de máxima transgressão da linha de costa em direção ao continente. Corresponde ao limite superior de um trato transgressivo (Posamentier *et al.* 1988)
Superfície transgressiva	Superfície de inundação marinha que marca o início de uma invasão marinha relacionada a uma subida do nível relativo do mar. Corresponde ao limite superior de um trato de mar baixo (Posamentier *et al.* 1988).
Taxa de Acomodação	Espaço disponível em uma bacia para potencial acúmulo de sedimentos (Jervey 1988).
Taxa de aporte sedimentar	Volume de sedimentos que são transportados para a bacia, preenchendo-a ou não, dependendo do espaço de acomodação disponível.
Trato de sistema	Conjunto de sistemas deposicionais contemporâneos (Posamentier *et al.* 1988).
Variação relativa do nível do mar	Alteração na distância vertical entre a superfície do mar e um *datum* situado no fundo do mar (mais comumente seu embasamento).

Tabela 8- Conceitos e definições utilizados no presente trabalho para a análise de seqüências.

Nos trabalhos clássicos sobre estratigrafia de seqüências realizados por pesquisadores da Exxon (Van Wagoner *et al.* 1988, Posamentier *et al.* 1988, Jervey 1988) são descritos os principais fatores que condicionam o preenchimento sedimentar de uma bacia, incluindo: a tectônica, ou taxa de subsidência; a taxa de variação do nível de base, mais comumente a taxa de variação absoluta do nível do mar (eustasia); e o clima. A tectônica e/ ou a taxa de variação do nível de base controlam a criação de espaço para o preenchimento sedimentar, ou taxa de acomodação. A interação da tectônica, o clima e a eustasia controlam diretamente a taxa de aporte sedimentar.

As taxas de aporte sedimentar (S) e de acomodação (A) são os fatores que caracterizam a arquitetura dos depósitos de grande escala que constituem uma seqüência. Quando a taxa de acomodação é maior que o aporte sedimentar (A>S) temos a retrogradação, ou seja, as fácies distais se sobrepõem às proximais, ocorrendo um deslocamento da linha de costa em direção ao continente. Em contrapartida, no momento que a taxa de acomodação é menor que a de aporte sedimentar (A<S), temos a progradação das fácies proximais sobre as distais, com um avanço da linha de costa em direção à bacia de acumulação. A terceira possibilidade reflete um equilíbrio entre os dois fatores (A=S), onde temos a agradação e a linha de costa se mantém estática (Fig. 42).

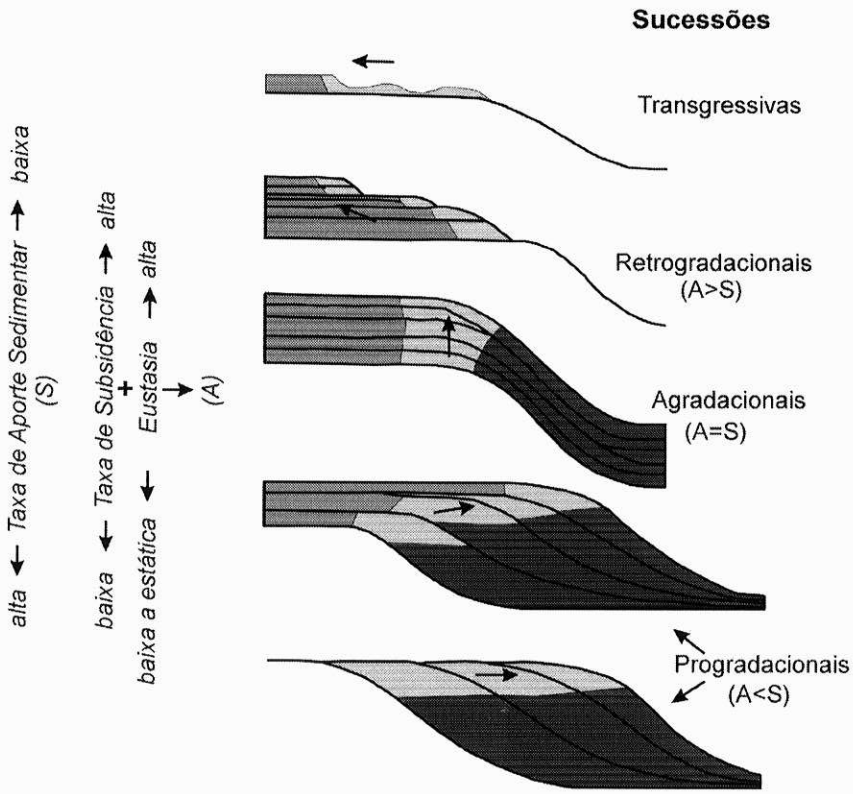


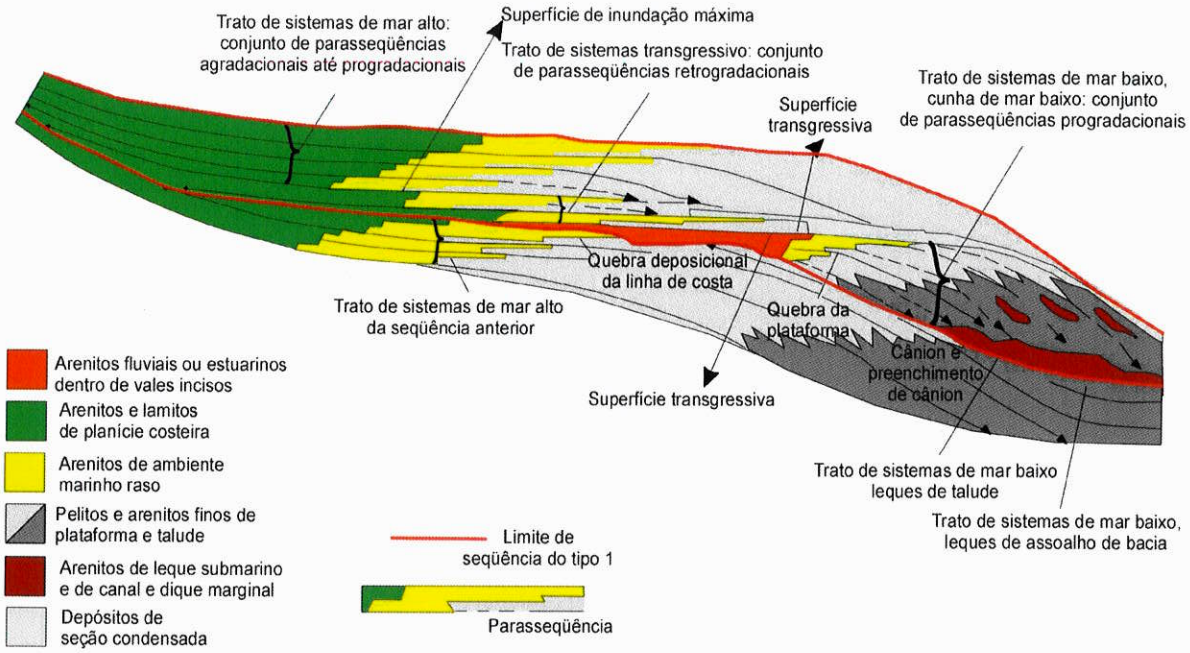
Figura 42- Arquitetura de sucessões de fácies em função da taxa de acomodação (A) e de aporte sedimentar (S) (modificado de Galloway 1989; por Myers & Milton 1996).

Nos modelos da Exxon para estratigrafia de seqüências, as taxas de subsidência e de aporte sedimentar são consideradas constantes. Desta forma, o fator que controla os ciclos deposicionais é a eustasia (variação absoluta do nível do mar). A taxa de acomodação seria uma somatória da taxa de subsidência com a curva de eustasia. Segundo este modelo, um recuo real do nível do mar só ocorrerá no caso de a taxa de rebaixamento eustático superar a de subsidência, gerando uma exposição subaérea da plataforma e conseqüente erosão da linha de costa. A superfície gerada delimitará a seqüência denominada de tipo 1, marcada pela migração das fácies litorâneas e fluviais em *onlap* sobre as fácies marinhas (Posamentier *et al.* 1988). No caso da taxa de rebaixamento eustático nunca superar a de subsidência, a linha de costa não será erodida e teremos um limite do tipo 2 (Fig. 43).

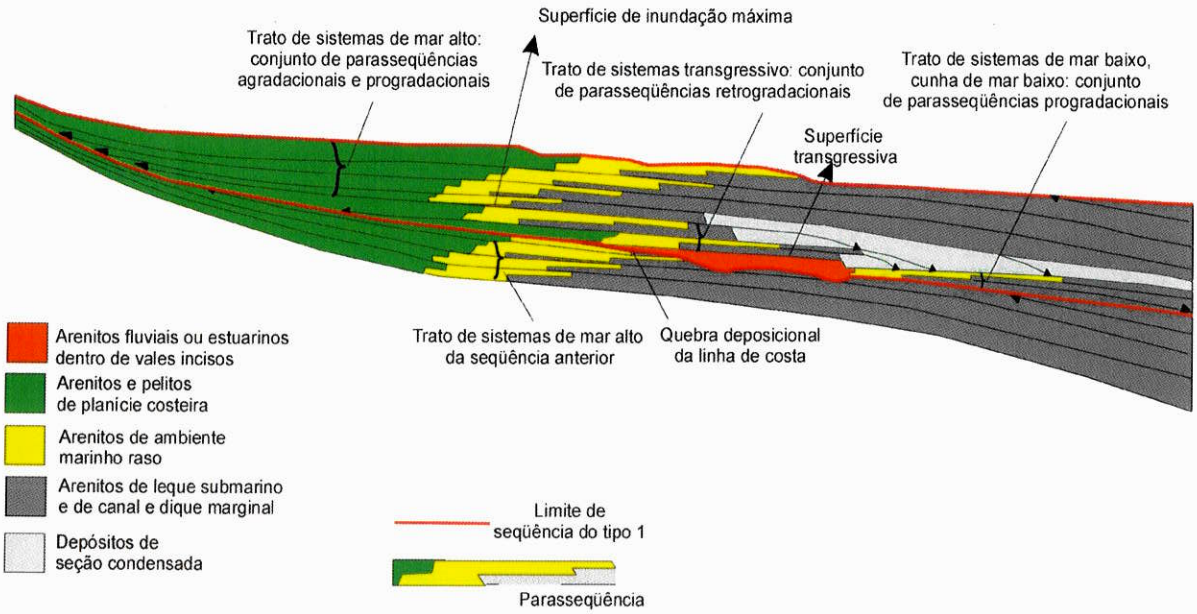
Considerando as variações eustáticas como principal agente responsável pela formação dos depósitos de grande escala que constituem uma seqüência, Posamentier *et al.* (1988) modificaram a definição de seqüência anteriormente proposta por Mitchum *et al.* (1977). Nesta redefinição, os autores descrevem que uma seqüência é composta por sucessões de estratos geneticamente correlatos limitados no topo e na base por superfícies erosivas e suas conformidades correlatas, constituindo sucessões de tratos de sistemas relacionados às variações do nível do mar. O trato de sistema corresponde ao conjunto de sistemas deposicionais contemporâneos, que Van Wagoner *et al.* (1988) dividiram em três tipos, conforme sua posição na curva de eustasia (Fig. 43): trato de mar baixo, de mar alto e transgressivo.

O trato de mar baixo (*lowstand system tract*) ocorre diretamente sobre a discordância erosiva que limita uma seqüência, composto por depósitos progradacionais que no topo passam para agradacionais. Os sistemas deposicionais mais comuns são leques submarinos associados ao talude da plataforma, instalação de vales incisos e de drenagens na porção da plataforma exposta. O topo do trato de mar baixo é marcado por um avanço da linha de costa em direção ao continente, causada por um aumento do nível de base que vence as taxas de subsidência e de aporte sedimentar, delimitando uma superfície transgressiva (Fig. 43).

O trato transgressivo (*transgressive system tract*) corresponde ao trato intermediário de uma seqüência, sendo limitado com o trato de mar baixo pela superfície transgressiva (Fig. 43). Os depósitos deste trato marcam uma migração da linha de costa em direção ao continente, inundando novamente a plataforma, configurando sistemas retrogradacionais que marcam um período de transgressão durante a evolução da bacia. Os sedimentos são normalmente finos e de baixa taxa de sedimentação, desta forma este trato normalmente é menos espesso que os demais, e muitas vezes pode ser erodido por depósitos sobrepostos.



Modelos estratais em uma seqüência do tipo 1 depositada numa bacia com quebra de plataforma



Modelos estratais em uma seqüência do tipo 1 depositada numa bacia tipo rampa

Figura 43- Modelos de estratigrafia de seqüências de Van Waguner *et al.* (1988).

O trato de mar alto (*highstand system tract*) é composto na base pela superfície de inundação máxima, ou de máxima transgressão, e no topo por uma discordância erosiva que marca seu limite superior. A base deste trato é formada por fácies agradacionais que, com o rebaixamento da curva eustática, passam para fácies progradacionais. Na porção continental, normalmente este trato ocorre em *onlap* sobre o os depósitos costeiros do trato de mar baixo da mesma seqüência (Fig. 43).

5.2 ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS DO GRUPO MARICÁ

Os pioneiros na aplicação de estratigrafia de seqüências no Grupo Maricá foram Paim *et al.* (1992) que utilizaram os conceitos de aloestratigrafia e estratigrafia genética (*sensu* Sloss 1963 e Galloway 1989), separando esta unidade em uma seqüência de 1° ordem, composta por sucessões de 2° ordem que registrariam o desenvolvimento de sistemas fluviais e deltaicos. Posteriormente, Paim (1994) utilizou o conceito de Aloformação Maricá, redefinido por Paim *et al.* (1995, 2000) para Alogrupo Maricá, classificando suas sucessões como compostas na base por sistemas fluviais que passam para depósitos marinho raso e, no topo, para depósitos deltaicos.

No presente trabalho, entendemos que o Grupo Maricá pode ser dividido em duas sucessões separadas por uma discordância erosiva e interpretadas como seqüências *sensu* Posamentier *et al.* (1988) e Van Wagoner *et al.* (1988), denominadas informalmente de Seqüência Maricá Inferior e Seqüência Maricá Superior. A seqüência inferior é composta pelos depósitos das formações Passo da Promessa e São Rafael; a superior, pela Formação Arroio América (Fig. 44).

5.2.1 Seqüência Maricá Inferior

A seqüência inferior do Grupo Maricá atinge cerca de 1500m de espessura, sendo composta por depósitos continentais na base e marinhos no topo. A separação dos tratos de sistemas desta seqüência foi baseada na proposta de Posamentier *et al.* (1988), Van Wagoner *et al.* (1988), Van Wagoner *et al.* (1990) e Emery & Myers (1996), através da separação de superfícies temporalmente correlacionáveis e de sucessões de fácies progradacionais, retrogradacionais e agradacionais.

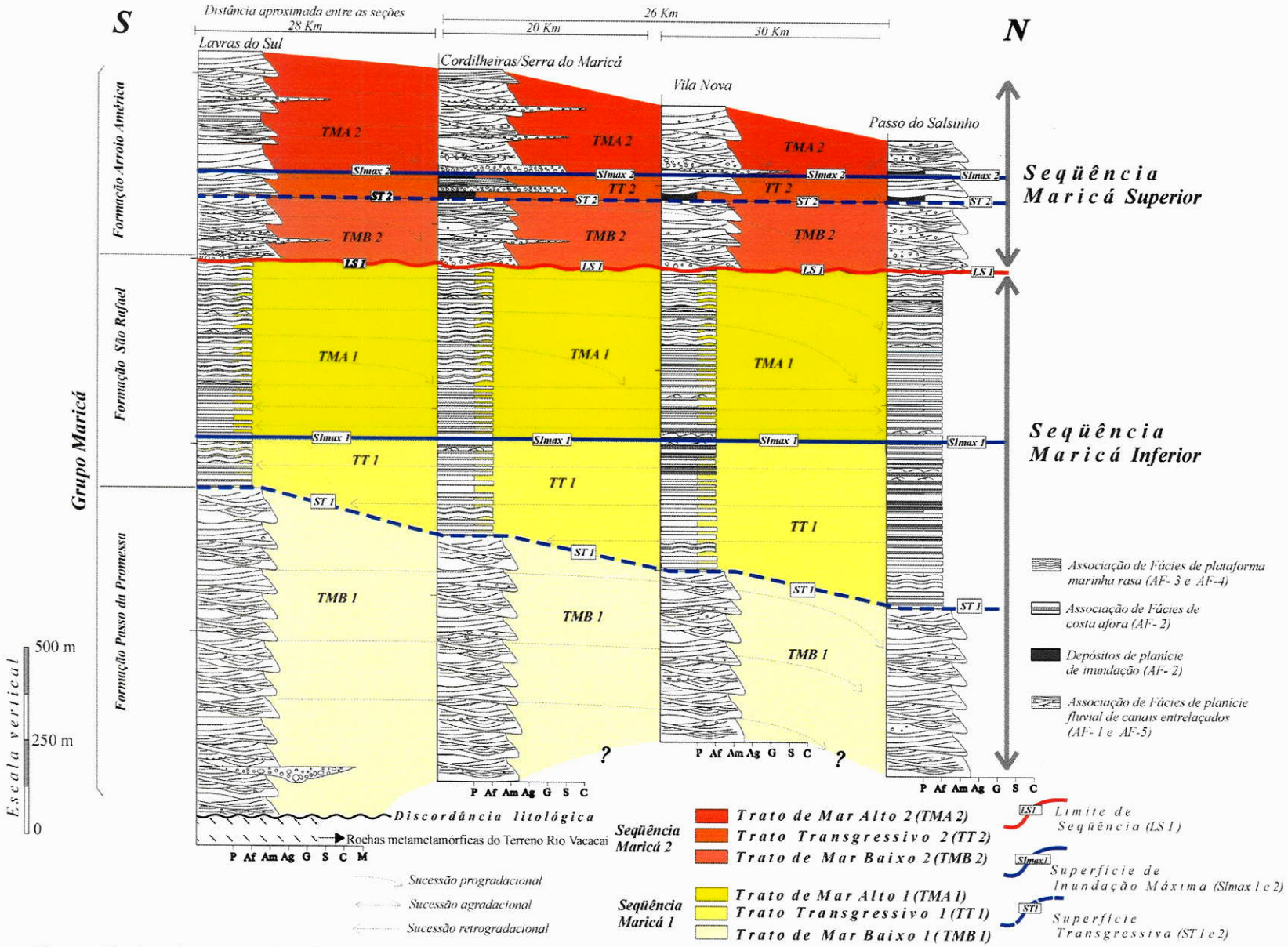


Figura 44- Correlação estratigráfica das sucessões do Grupo Maricá nas suas principais áreas de ocorrência, destacando as seqüências deposicionais e seus tratos de sistema.

O trato de sistema de mar baixo (TMB 1) é limitado na base pela discordância litológica que separa o Grupo Maricá das unidades do Terreno Rio Vacacaí (Fig. 44). Este trato de sistema é marcado pela agradação e progradação de sucessões de depósitos fluviais de canais entrelaçados que registram a paleogeografia inicial da Bacia do Camaquã. As fácies encontradas nesta sucessão (Associação de Fácies Passo da Promessa) sugerem uma planície fluvial de grande extensão areal devido a maturidade textural de seus depósitos e a pouca variação lateral de fácies. A elevada espessura deste trato de sistema (até 800m) sugere uma elevação constante do nível de base, possivelmente associada a altas taxas de subsidência na bacia e de aporte sedimentar.

A primeira superfície transgressiva (ST 1) que separa o trato de mar baixo (TMB 1) com o trato transgressivo (TT 1) é caracterizada pela sobreposição dos depósitos de arenitos fluviais por depósitos marinhos da Formação São Rafael (Fig. 44). As sucessões de depósitos de costa afora e de face litorânea, sobrepostas em *onlap* a esta superfície, foram reunidas no Trato Transgressivo 1 (TT 1), pois marcam o primeiro evento de invasão marinha na bacia e apresentam um padrão de empilhamento retrogradacional típico de tratos transgressivos (Fig. 44). Este evento de inundação sugere uma subida do nível de base, onde a taxa de elevação eustática foi maior que a de subsidência e de aporte sedimentar.

O padrão retrogradacional deste trato transgressivo foi evidenciado pelo empilhamento das associações de fácies descritas na base da Formação São Rafael (*vide* Fig. 34), onde os depósitos de costa afora da Associação de Fácies Passo do Salsinho são sobrepostos por depósitos de águas rasas da Associação de Fácies Lavras do Sul. Esta sobreposição é observada de norte para sul (*vide* Fig. 44), evidenciando um recuo da linha de costa em direção ao continente, a sul, configurando o empilhamento retrogradacional das fácies encontradas.

A superfície de inundação máxima que, segundo os modelos de estratigrafia de seqüências da Exxon, limita o topo do trato transgressivo foi inferida através do empilhamento das sucessões de fácies. Segundo as observações de campo, o recuo máximo da linha de costa localiza-se nos primeiros 100m do Trato Transgressivo 1 na região de Lavras do Sul (Fig. 44), onde as fácies de plataforma marinha rasa que ocorrem mais próximas ao continente, situadas a sul, são sobrepostas por fácies de costa afora (Fig. 44), marcando o avanço máximo dos depósitos marinhos em direção ao continente. Este limite de sobreposição de fácies da plataforma rasa por fácies de plataforma de águas profundas foi interpretado como a superfície de inundação máxima da Seqüência Maricá Inferior (SImax 1).

O trato de mar alto (TMA 1) é composto pelas demais sucessões marinhas da Formação São Rafael, atingindo até 500m de espessura (Fig. 44). As sucessões de fácies deste trato de sistema são caracterizadas pela alternância de fácies de face litorânea (Associação de Fácies Lavras do Sul), localmente de antepraia (Associação de Fácies Três Estradas), sobre fácies de

costa afora (Associação de Fácies Passo do Salsinho). Estas sucessões apresentam um caráter agradacional na base e progradacional no topo (Fig. 44). Segundo Posamentier *et al.* (1988) e Van Wagoner *et al.* (1988), o trato de mar alto deposita-se no patamar alto da curva de variação relativa do nível do mar e termina no início da queda desta curva, configurando sucessões agradacionais na base e progradacionais no topo, padrão este observado nas sucessões de topo da Seqüência Maricá Inferior.

5.2.2 Seqüência Maricá Superior

A Seqüência Maricá Superior é composta essencialmente por sucessões fluviais, o que dificulta a delimitação de superfícies cronologicamente correlacionáveis e, conseqüentemente, de seqüências *sensu* Posamentier *et al.* (1988) e Van Wagoner *et al.* (1988). A análise de seqüências nesta sucessão seguiu propostas de aplicação de estratigrafia de seqüências sugeridas por Posamentier & Vail (1988), Shanley & McCabe (1994), Miall (1996) e Emery & Myers (1996), onde o empilhamento de sucessões continentais está relacionado a variações do espaço de acomodação e do nível de base da bacia.

O conceito de nível de base é amplamente debatido na literatura referente à análise de sucessões sedimentares. Segundo a definição de Schumm (1993), o nível de base de um rio corresponde ao horizonte imaginário mais baixo onde atuam os processos de erosão. Nesta concepção, o nível de base da Terra corresponde ao nível do mar. Shanley & McCabe (1994) definem o conceito de nível de base estratigráfico para bacias interiores, onde o nível de erosão não está relacionado ao nível do mar e, sim, a fenômenos como variações tectônicas e climáticas. No presente trabalho entendemos que o nível de base das sucessões fluviais da Seqüência Maricá Superior tem grande influência das variações do nível do mar na costa, pois acreditamos que os sistemas fluviais que constituem esta seqüência não se encontravam muito distante da costa, e desaguavam no mesmo corpo marinho responsável pela deposição dos tratos transgressivos e de mar alto da Seqüência Maricá Inferior.

Seguindo as propostas de estratigrafia de seqüências para sucessões de origem fluvial (Shanley & McCabe 1994, Miall 1996), o espaço de acomodação em ambientes fluviais está diretamente associado ao perfil de equilíbrio de um rio. O perfil de equilíbrio, segundo Miall (1996), corresponde ao declive no qual a corrente de um rio atinge uma velocidade capaz de transportar toda a carga sedimentar da montante a jusante do rio, desta forma não ocorrendo erosão nem deposição. O deslocamento do perfil de equilíbrio na horizontal e/ou vertical cria espaço para a deposição da carga fluvial. Este deslocamento se dá ao longo do ponto de ajustamento do perfil de equilíbrio em relação ao seu nível de base. No geral, o nível de base final que todo o perfil de equilíbrio se ajusta é o nível do mar. Desta forma, as variações

relativas do nível do mar apresentam uma grande influência nos sistemas fluviais supostamente conectados a corpos marinhos.

Utilizando-se estes conceitos, a Seqüência Maricá Superior foi dividida em três tratos de sistemas (Fig. 44) separados por superfícies que marcam períodos de variações nas taxas de acomodação da bacia associados a eventos de intensificação nas taxas de subsidência, e possivelmente de elevações do nível do mar na costa.

O limite de seqüência (LS 1) que separa a Seqüência Maricá Inferior da Seqüência Maricá Superior é caracterizado por uma discordância que limita os depósitos da Formação São Rafael da Formação Arroio América (Fig. 44). As fácies encontradas neste limite de seqüência indicam uma mudança de ambiente deposicional, onde os depósitos de face litorânea da Seqüência Maricá Inferior são sobrepostos por depósitos de planície fluvial de canais entrelaçados. Esta variação brusca do registro litofaciológico evidencia um período de exposição da plataforma marinha, possivelmente marcado pela erosão de canais fluviais. Esta discordância representa um intervalo de tempo onde a bacia foi submetida a taxas negativas de geração de espaço de acomodação, associada a um período de rebaixamento da curva de variação relativa do nível do mar.

O trato de mar baixo 2 (TMB 2) compreende sucessões de arenitos conglomeráticos e conglomerados com estratificação cruzada acanalada formados por sistemas de canais entrelaçados. Estes depósitos basais apresentam um padrão de preenchimento agradacional a progradacional (Fig.44), semelhante ao observado no modelo de Shanley & McCabe (1994) para análise de seqüências fluviais, onde os tratos de mar baixo são caracterizados na base pela erosão e desenvolvimento de terraços que com o aumento do nível de base passam a ser preenchidos por depósitos amalgamados de formas de leito e de canais fluviais.

O limite entre o trato de mar baixo 2 (TMB 2) e o trato transgressivo 2 (TT 2) foi inferido pela presença de sucessões de fácies típicas de planícies de inundação, reconhecidas nas regiões do Passo do Salsinho e de Cordilheiras/Serra do Maricá (Fig. 44). O limite basal destas sucessões é interpretado como uma superfície de rápido afogamento, que pode ser correlacionada a uma superfície transgressiva (ST 2). Os depósitos acima desta superfície e com um padrão agradacional foram interpretados como pertencentes ao trato transgressivo 2 (Fig. 44), sendo caracterizados por arenitos, localmente conglomeráticos, em *sets* amalgamados de estratificação cruzada acanalada que se estendem por todas as áreas de ocorrência do Grupo Maricá. Estas fácies indicam a instalação de uma planície fluvial com deposição contínua de formas de leito arenosas e, localmente, barras conglomeráticas.

No topo do trato transgressivo 2, principalmente nas regiões de Cordilheiras e Passo do Salsinho, são encontradas sucessões de arenitos finos e pelitos que caracterizam um segundo período de inundação das planícies fluviais, possivelmente associada a uma rápida ingressão de um corpo subaquático. Estas sucessões atingem até 11m de espessura, estando intercaladas com

camadas de arenitos com estratificação cruzada acanalada e, localmente, por níveis de conglomerados. O topo deste segundo nível de fácies associadas a períodos de inundação foi interpretado como a superfície de inundação máxima (SImax 2), que separa o trato transgressivo do trato de mar alto (Fig. 44).

O trato de mar alto 2 (TMA 2) é caracterizado pela deposição de arenitos e arenitos conglomeráticos de planícies fluviais de canais entrelaçados. Ao longo desta sucessão de topo são observados espessos (até 300m) depósitos de migração de formas de leito, de barras de acreção lateral e frontal, e de preenchimento de canais. A elevada espessura desta sucessão agradacional e progradacional indica períodos de aumento na geração de espaço de acomodação subaérea.

Segundo diversos autores (*e.*g Posamentier & Vail 1988, Shanley & McCabe 1994, Miall 1996, Emery & Myers 1996), o espaço de acomodação subaérea aumenta com a constante elevação do nível de base, que possibilita um deslocamento do perfil de equilíbrio do sistema fluvial e, conseqüentemente, da geração de espaço de acomodação. Desta forma, assumindo que o nível de base da bacia seja correlacionável ao nível do mar, esta sucessão de topo da Seqüência Maricá Superior desenvolveu-se em um período de elevações das taxas de variações relativas do nível do mar, possivelmente em um ambiente submetido a altas taxas de subsidência e aporte sedimentar.

A Seqüência Maricá Superior é recoberta por rochas vulcânicas e vulcanoclásticas do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho, por discordância erosiva e, localmente, angular. Ambas as seqüências do Grupo Maricá são intrudidas por rochas sub-vulcânicas pertencentes a estas mesmas unidades, e pelos granitos de Lavras do Sul, Ramada e São Sepé.

5.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS SEQÜÊNCIAS DO GRUPO MARICÁ

A correlação lateral das sucessões de fácies encontradas nas unidades do Grupo Maricá permitiu a separação de duas seqüências deposicionais, que possivelmente representam ciclos de terceira ordem (ver definição dos ciclos na Tabela 8). Nesta concepção, podemos inferir que o Grupo Maricá constitui uma sucessão transgressiva-regressiva de segunda ordem, já que este é caracterizado na base por sistemas fluviais sotopostos por sucessões marinhas (sucessão transgressiva), e no topo por depósitos fluviais (sucessão regressiva)(*vide* Fig. 44).

A Seqüência Maricá Inferior compreende um ciclo de elevação e rebaixamento do nível relativo do mar (ou nível de base). Na base é caracterizada por sucessões de arenitos e arenitos conglomeráticos de sistemas fluviais entrelaçados com padrão de empilhamento agradacionais e progradacionais que são reunidos no trato de mar alto da seqüência inferior (TMA 1). A sucessão de trato transgressivo desta seqüência inferior (TT 1) compreende depósitos marinhos

de costa afora e de face litorânea com um padrão de empilhamento retrogradacional. Os depósitos marinhos da sucessão de topo desta seqüência (TMA 1) registram a deposição em ambiente marinho de face litorânea, de costa afora e até mesmo de antepraia, caracterizados por um padrão de empilhamento agradacional na base e progradacional no topo.

A Seqüência Maricá Superior é representada pelos depósitos fluviais de canais entrelaçados da Formação Arroio América. O limite de seqüência que ocorre na base desta seqüência superior registra um período de rebaixamento eustático com o recuo total do nível do mar onde, a partir deste limite, a bacia passa a ser dominada por ambientes de origem fluvial. A porção basal, reunida no trato de mar baixo da seqüência superior (TMB 2), é caracterizada por sucessões agradacionais e progradacionais de depósitos de migração de dunas subaquáticas e de preenchimento de canais. A sucessão transgressiva intermediária (TT 2) é composta na base por depósitos de ritmitos tabulares arenosos e pelíticos que marcam um evento de inundação relacionado a uma subida do nível de base da bacia, possivelmente associado a um forte evento de subsidência ou a um período de elevação do nível relativo do mar na costa. O trato de mar alto caracteriza-se por sucessões tipicamente fluviais incluindo depósitos de migração de dunas subaquáticas e de barras arenosas e conglomeráticas.

A elevada espessura das seqüências do Grupo Maricá indica que a bacia de acumulação era afetada por taxas de subsidência e de aporte sedimentar relativamente elevadas, se comparadas com as taxas descritas em bacias de margem passiva onde os modelos clássicos de estratigrafia de seqüências foram elaborados. Estas características distintas entre as seqüências do Grupo Maricá com aquelas descritas nos modelos clássicos podem estar associadas ao contexto geológico em que esta unidade se depositou. Possivelmente, a bacia de acumulação apresentava um mecanismo de subsidência diferente daqueles esperados em bacias do tipo margem passiva; no pré-cambriano, devido aos elevados regimes de convecções térmicas no manto, as taxas de subsidência, possivelmente, eram mais intensas em relação às sucessões sedimentares fanerozóicas. O aporte sedimentar era maior devido à ausência de vegetação no pré-cambriano, que dificulta a fixação de sedimentos e a formação de solos.

CAPÍTULO 6 – ANÁLISE DE PROVENIÊNCIA, PALEOCORRENTES E IDADES U/Pb DAS PRINCIPAIS ÁREAS FONTES

Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos nas análises de proveniência, paleocorrentes e idades das principais áreas fontes realizadas nos depósitos do Grupo Maricá. Os dados aqui expostos encontram-se sintetizados em um artigo completo submetido à Revista Brasileira de Geociências, intitulado *"Análise de proveniência, idades U-Pb da fonte, maturidade textural, paleocorrentes e paleogeografia do Grupo Maricá (Neoproterozóico pré-600Ma do Rio Grande do Sul)"* de autoria de Ana Paula de Meireles Reis Pelosi e Antonio Romalino Santos Fragoso-Cesar.

6.1 INTRODUÇÃO

O reconhecimento da natureza da área fonte de uma bacia é fundamental para a compreensão da evolução tectônica e paleogeográfica de seus depósitos. A composição, dimensão e forma dos detritos de uma unidade sedimentar está diretamente relacionada às condições climáticas e tectônicas atuantes durante o transporte, deposição e soterramento (Miall 1990). Estas premissas revelam a necessidade do estudo da proveniência dos fragmentos que constituem uma sucessão sedimentar, pois este fornece elementos de grande importância para a reconstrução paleogeográfica de uma bacia e suas áreas adjacentes. Da mesma forma, o estudo de paleocorrentes fornece informações de grande utilidade na análise de bacias, incluindo a localização das áreas fontes, a direção do transporte e a interpretação de sistemas deposicionais atuantes.

Estudos de proveniência e paleocorrentes vêm sendo amplamente aplicados nos depósitos da Bacia do Camaquã (Fambrini 1998, Fambrini *et al* 1998 Fragoso-Cesar *et al.* 2000, 2001, Almeida 2001, Janikian 2001, 2004, Pelosi 2001 entre outros), revelando-se umas das principais ferramentas na caracterização das condições tectônicas formadoras desta bacia. Estas análises permitem interpretar a diversificação das áreas fontes ao longo do tempo e do espaço.

O presente capítulo tem como objetivo apresentar um estudo detalhado de proveniência e paleocorrentes realizados nos depósitos do Grupo Maricá, incluindo: (i) contagem em afloramento de seixos e calhaus das unidades fluviais do Grupo Maricá, identificando a composição, dimensão e forma dos fragmentos; (ii) coleta de medidas de direção e mergulho nos planos frontais das estratificações cruzadas acanaladas, com objetivo de se obter a direção do transporte sedimentar e da localização das áreas fontes; (iii) estudo petrográfico dos seixos e calhaus; (iv) estudo petrográfico dos arenitos, com ênfase na composição de fragmentos líticos e

de minerais pesados; (v) análise da maturidade textural; (vi) análise geocronológica dos seixos e calhaus, com objetivo de se obter a idade das áreas fontes.

Os resultados obtidos são fundamentais para a caracterização das condições paleogeográficas atuantes durante o desenvolvimento do Grupo Maricá e, conseqüentemente, do posicionamento tectônico de sua bacia em relação às unidades de embasamento.

6.2 ANÁLISE DE PROVENIÊNCIA

A análise de proveniência foi precedida de trabalhos de mapeamento litofaciológico e análise de fácies e sistemas deposicionais. Este levantamento permitiu uma avaliação das melhores áreas para amostragem, situadas nas unidades de origem fluvial (formações Passo da Promessa e Arroio América), pois as características litofaciológicas destas, onde seixos e calhaus são relativamente comuns, possibilitam este tipo de análise em campo.

Na análise de proveniência em campo realizou-se a identificação, descrição e contagem de seixos e calhaus da fácies de arenitos conglomeráticos e de conglomerados, além de amostras para estudos laboratoriais (petrográficos e geocronológicos) e, em gabinete, análise estatística dos dados.

Nas estações amostradas, sobre os clastos foram anotados: (i) composição, (ii) granulometria, (iii) grau de arredondamento e esfericidade e (iv) seleção granulométrica.

Nestas procurou-se computar 100 fragmentos de Ø>3cm que, segundo Ibbeken & Schleyer (1991) e Fambrini (1998), fornecem dados satisfatórios para análises estatísticas. No total foram computados 1400 fragmentos em 12 estações de amostragem espalhadas em todas as áreas de ocorrência das formações Passo da Promessa e Arroio América (*vide* Fig. 45).

Para a análise estatística foram elaborados gráficos de proveniência apresentando a porcentagem da litologia dos clastos encontrados em cada unidade. Os dados de maturidade textural contribuíram para caracterizar o grau de retrabalhamento refletindo a distância da área fonte.

Além do levantamento dos dados em campo, foram efetuados estudos petrográficos para caracterizar a composição dos fragmentos que constituem as unidades do Grupo Maricá. Neste estudo foram realizadas análises petrográficas nos arenitos e nos seixos e calhaus. Nas lâminas de seixos e calhaus, no geral de origem ígnea e metamórfica, foram determinadas as seguintes características: textura, granulometria, mineralogia essencial e acessória e conseqüente classificação. Também foram realizados estudos petrográficos em arenitos, com o objetivo de identificar os minerais pesados e os fragmentos líticos presentes, úteis na identificação das áreas fontes. A análise petrográfica dos sedimentos foi realizada através da identificação e caracterização da mineralogia, relação entre arcabouço, matriz e cimento, presença de minerais

instáveis, maturidade mineral e textural, sendo que a classificação dos litotipos seguiu a propostas de Folk (1968).

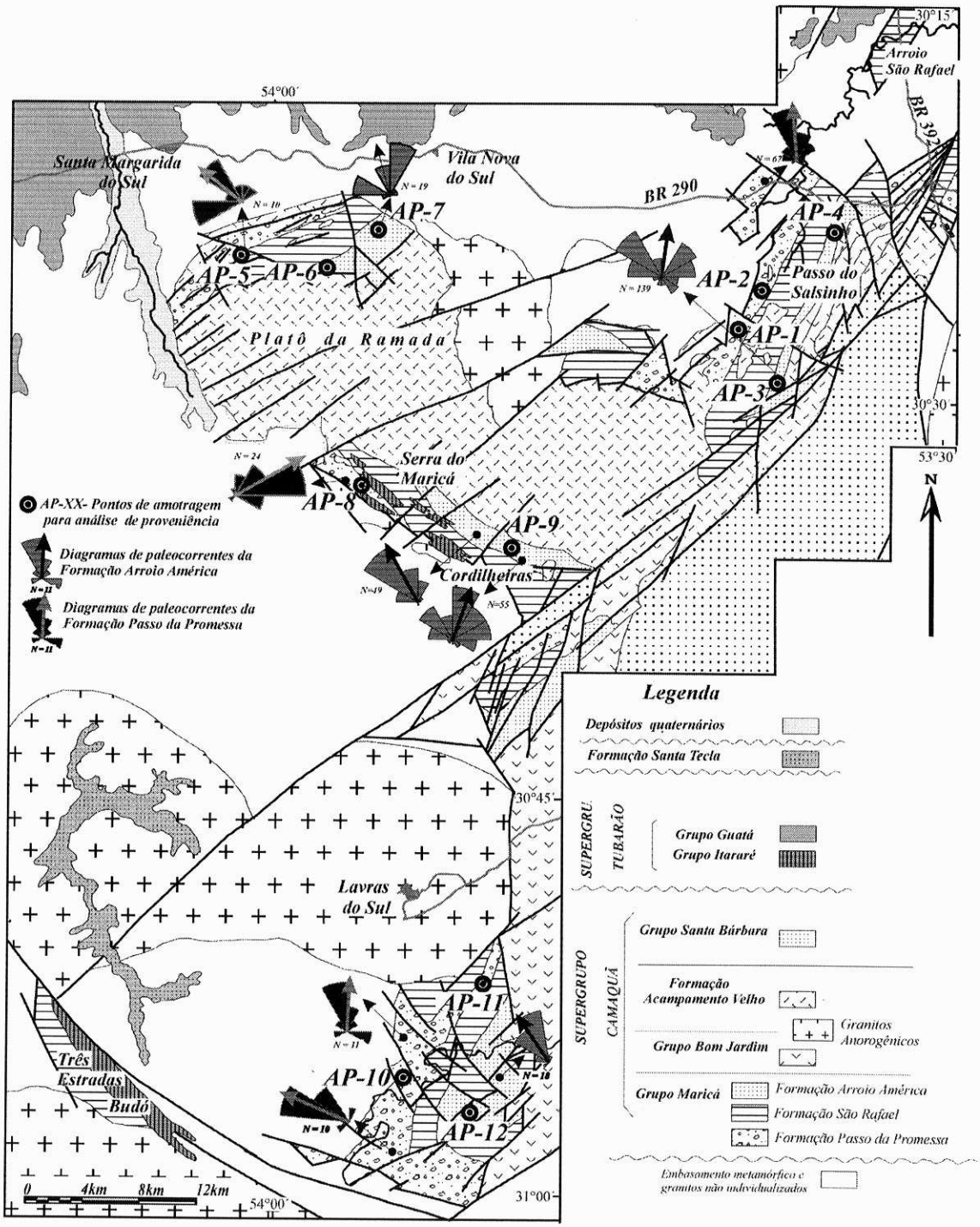


Figura 45- Mapa geológico do Grupo Maricá, localizando os principais pontos de amostragem das análises de proveniência e os diagramas de paleocorrentes obtidos.

T4222
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
BIBLIOTECA

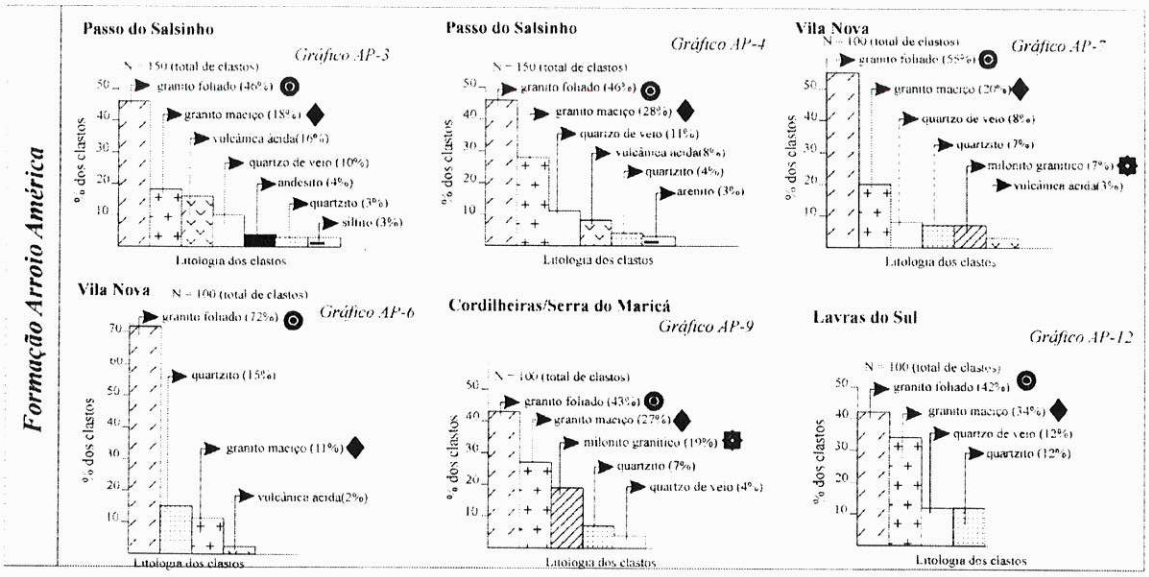
Uma vez identificada a composição das áreas fontes para os depósitos do Grupo Maricá, realizou-se o estudo geocronológico dos seixos e calhaus com o objetivo de estabelecer suas idades. Foram selecionadas cinco amostras mais representativas para este estudo, onde se separou zircões e monazitas para análises geocronológicas pelo método U/Pb.

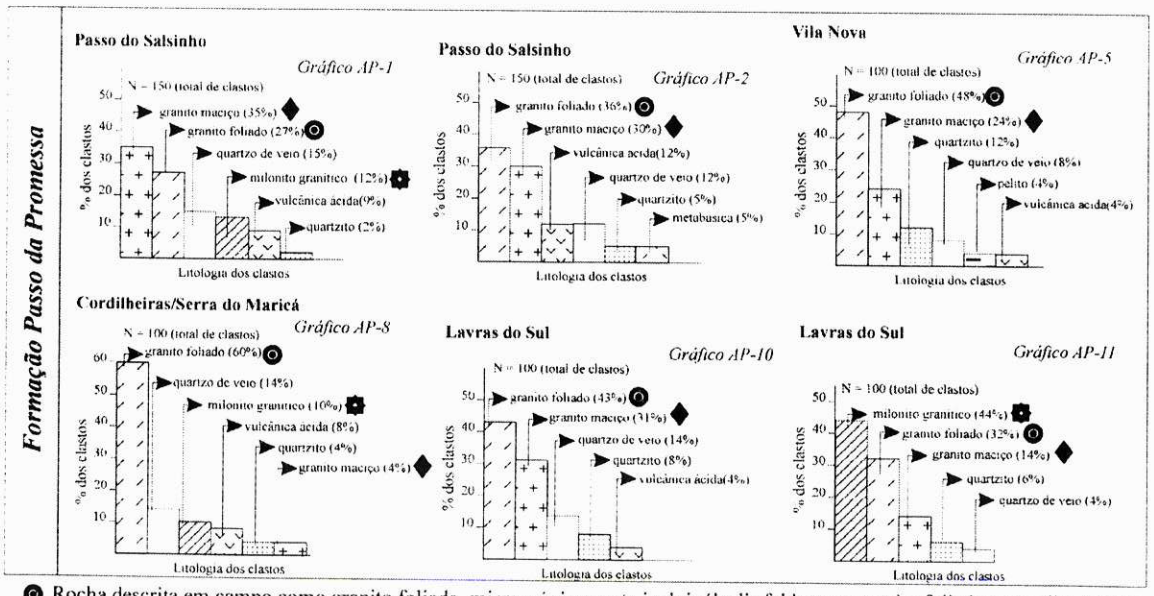
6.2.1 Resultados da análise de proveniência realizada em campo

Os dados de proveniência obtidos através da contagem de seixos e calhaus em afloramentos de arenitos conglomeráticos e conglomerados das formações Passo da Promessa e Arroio América foram reunidos em gráficos para uma análise estatística dos dados e para a visualização da variação da composição das áreas fontes entre as regiões e unidades investigadas. Estes gráficos encontram-se expostos na figura 46, e localizados em mapa na figura 45.

Destaca-se nestes gráficos que os litotipos tabelados são diversos, porém com predomínio de fragmentos de alta resistência física à erosão, aspecto este observado desde os trabalhos pioneiros de Leinz *et al.* (1941), Barbosa (1957), Ribeiro (1983). Estes fragmentos resistentes são de granitos, riolitos, quartzitos e quartzo leitoso —embora os litotipos quartzosos sejam os mais resistentes, sua participação subordinada supervaloriza a contribuição granítica e riolítica. A composição dos fragmentos indica que a área fonte era predominantemente composta por rochas de composição granítica (de 65% a 90%; gráficos na Fig. 46), incluindo granitos maciços, foliados e milonitos graníticos. A segunda maior concentração de seixos e calhaus é de quartzitos e de quartzo de veio (>10%, não ultrapassando 24%); assim como as rochas graníticas, estas também ocorrem em todas as estações de amostragem (Fig. 46). Clastos de rochas vulcânicas ácidas são encontrados em proporções menores, e apenas em determinados pontos de amostragem. Em poucas estações foram encontrados fragmentos de rochas sedimentares (arenitos e siltitos), rochas metabásicas e de andesitos, nenhum destes litotipos ultrapassando 5% do total computado.

Dentre as rochas graníticas, distinguimos três classes descritivas em campo: granitos maciços, granitos foliados e milonitos graníticos (Fig. 46). Estas classes ocorrem em proporções variadas nas formações Passo da Promessa e Arroio América, porém com os granitos foliados quase sempre predominando sobre os maciços e os milonitizados.





◉ Rocha descrita em campo como granito foliado, microscópicamente inclui: álcalis feldspatos granito foliado e tonalito foliado

◆ Rocha descrita em campo como granito maciço, microscópicamente inclui: álcalis feldspatos granitocmaciço, tonalito maciço e granada muscovita granito maciço

✿ Rocha descrita em campo como milonito granítico, microscópicamente inclui: granito milonitizado, tonalito milonito e granito com granada milonitizado

Figura 46-Gráficos de proveniência obtidos nas formações Passo da Promessa e Arroio América (ver localização dos pontos de amostragem na Fig. 45).

Em amostra de mão, os granitos maciços são róseos, leucocráticos, com granulação variando de fina a média, localmente com fenocristais esparsos na matriz isótropa. A classe de granitos foliados é caracterizada por rochas quartzo-feldspáticas, leucocráticas de coloração rósea e cinzenta, com foliação variável de protomilonítica a ígnea e com granulação de fina a média. Estas litologias correspondem as principais áreas fontes do Grupo Maricá, pois seus fragmentos são encontrados em todos os arenitos conglomeráticos e conglomerados das formações Passo da Promessa e Arroio América. Outra fonte importante, também de composição granítica, é representada por clastos de milonitos e blastomilonitos quartzo-feldspáticos.

Durante a análise em campo, agrupamos no conjunto de rochas vulcânicas ácidas os riolitos de matriz afanítica com fenocristais de quartzo bipiramidado e de plagioclásio euédrico e rochas piroclásticas ácidas (brechas e tufos). Na unidade superior (Formação Arroio América), além de rochas vulcânicas ácidas também foram reconhecidos, em uma estação (AP-3) na região do Passo do Salsinho, cerca de 4% (Fig. 46) de clastos de rochas andesíticas.

6.2.2 Petrografia dos seixos e calhaus

Os resultados apresentados no item anterior permitiram uma visualização das principais áreas fontes que alimentaram os depósitos do Grupo Maricá. Neste item apresentaremos a descrição do estudo petrográfico dos seixos e calhaus coletados em campo, preliminarmente exposta em Morenghi *et al.* (2002) e Pelosi *et al.* (2002). Esta descrição microscópica permitiu uma melhor caracterização da composição das áreas fontes. Para uma comparação com os gráficos obtidos na análise em campo, a descrição petrográfica seguirá uma ordem de grandeza iniciando-se com a caracterização petrográfica das litologias mais comuns (granitos foliados e maciços) e finalizando com a descrição das rochas de menor percentagem de ocorrência (milonitos graníticos, quartzitos e rochas vulcânicas).

6.2.2.1 Rochas graníticas foliadas

A análise petrográfica revelou três litotipos que constituem a classe de granitos foliados: (i) mesopertita granitos, (ii) granitos protomiloníticos com granada e (iii) tonalitos leucocráticos. Conforme visto pela contagem de clastos em campo, estas litologias correspondem às principais áreas fontes do Grupo Maricá.

Os mesopertita granitos são caracterizados por rochas com textura granoblástica com cristais equigranulares menores que 1mm (Fig. 47A, B e C). A orientação dos minerais gera uma estrutura granular foliada originada pelo fluxo ígneo, sem evidência de deformação dos

minerais (Fig. 47B e C). Estes granitos são compostos por: quartzo (~50%), mesopertitas (~20%, Fig. 47A), microclínio (~20%), plagioclásio (~5%) e mirmequita, muscovita e zircão como acessórios (<5%). Esta composição cai no campo limítrofe entre os álcalis feldspato granitos e os sienogranitos. Os minerais de quartzo encontram-se em bolsões e veios imersos na matriz de feldspato alcalino (Fig. 47B e C). Não foram encontrados minerais máficos nestas rochas.

Os granitos protomiloníticos com granada são compostos por quartzo (~45%), plagioclásio sódico (An10; ~15%), pertitas (~15%), microclínio (~10%), granada (~3%) e andaluzita, muscovita e opacos (<2%). A textura é porfiroclástica fina inequigranular; a estrutura, protomilonítica, marcada pela deformação dos porfiroclastos de feldspato e de minerais de quartzo (Fig. 47D e E). A granada ocorre na forma idiomórfica subeudral, fraturada e orientada segundo a foliação (Fig. 47F).

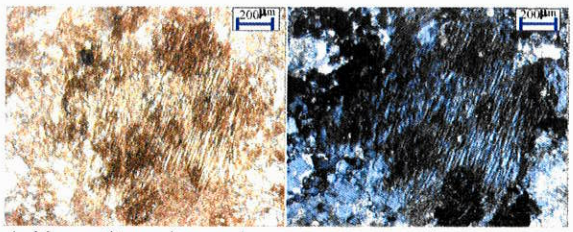
Os tonalitos apresentam uma textura granoblástica média com cristais maiores que 1mm. A estrutura é identificada por uma suave orientação dos minerais que dão à rocha um aspecto foliado. Assim como os mesopertita granitos estas rochas não apresentam evidências de deformação tectônica (Fig. 47G e H). Os minerais essenciais são o plagioclásio An20-oligoclásio (~45%) e o quartzo (~40%). Feldspato potássico, titanita e óxido de ferro aparecem como acessórios; epídoto, clinozoizita e zircão, como traços.

6.2.2.2 Rochas graníticas maciças

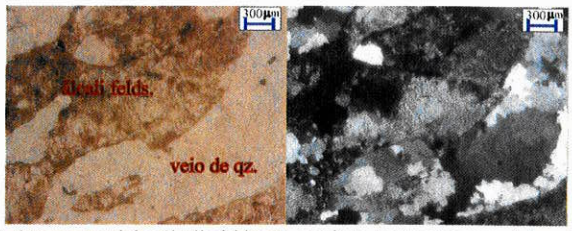
A classe de rochas graníticas maciças é muito semelhante à de rochas graníticas foliadas. O estudo petrográfico revelou três grupamentos análogos de rochas: (i) granada-muscovita granito, (ii) tonalito e (iii) álcalis feldspato granito.

Os granada-muscovita granitos são classificados como rochas maciças hipidiomórficas com granulação variando de 0,5 a 2mm. A análise modal indicou a seguinte composição: plagioclásio sódico (An10; ~50%), quartzo (~30%), muscovita (~15%), granada e apatita como acessórios (<5%). A muscovita placóide subédrica e euédrica esta disseminada na rocha, fazendo contato com todos os minerais (Fig.47I). A granada aparece euédrica e com inclusões de quartzo (Fig. 47J).

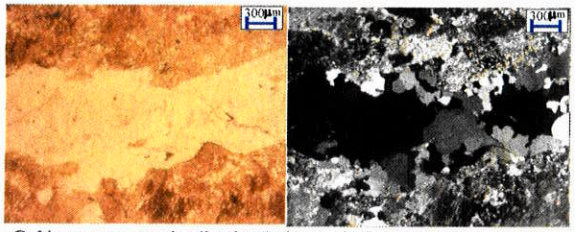
As rochas tonalíticas são compostas por quartzo (~45%), plagioclásio sódico (An10; ~45%), muscovita e microclínio (~10%). A textura é granoblástica com cristais de 0,1 a 0,8mm (Fig. 47L).



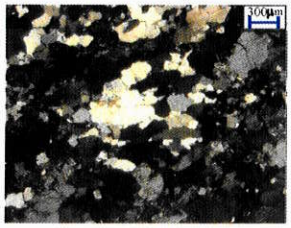
A- Mesopertita granito com destaque para mesopertitas imersas na matriz quartzo feldspática



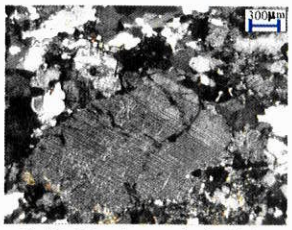
B- Aspecto geral dos álcalis feldspato granitos, compostos essencialmente por uma matriz feldspática (pertitas e microclínio) e por veios de quartzo que dão a rocha um aspecto foliado



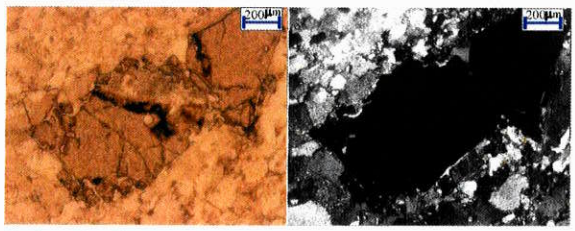
C- Novamente um detalhe dos "micro-veios" de quartzo na matriz fesldpática



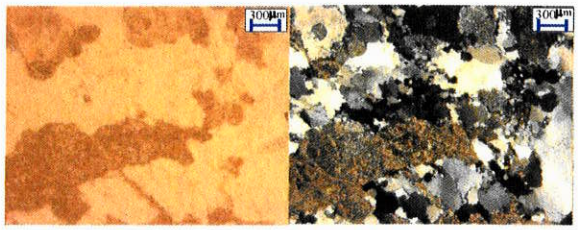
D- Foto da foliação de granito milonitizado com granadas.



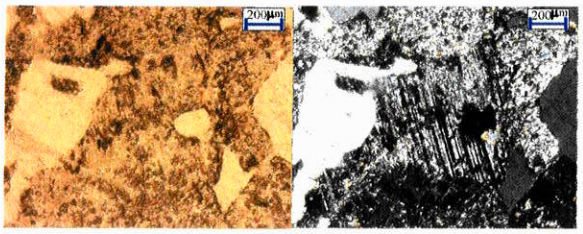
E- Detalhe de um plagioclásio deformado pela foliação protomilonítica



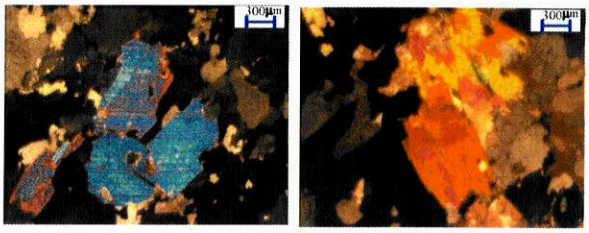
F- Granadas idiomórficas subeudrais fraturadas



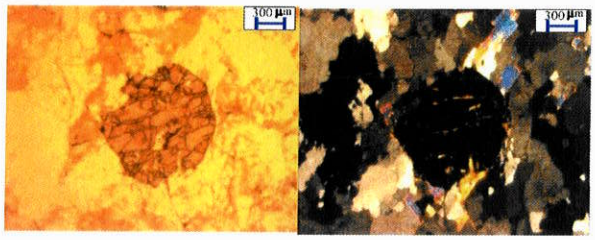
G- Características gerais dos tonalitos, onde a suave orientação dos minerais de quartzo e plagioclásio geram na rocha um aspecto foliado



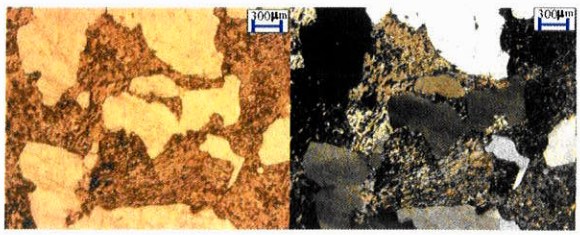
H- Novamente um detalhe dos tonalitos destacando um plagiclásio



I- Granada muscovita granito, destacando muscovitas subédricas e euédricas



J- Granada muscovita granito destacando uma granada euédrica



L- Aspecto geral das rochas tonalíticas, caracterizadas por uma matriz de plagioclásio alterada e por minerais de quartzo esfumaçado e com extinção ondulande

Figura 47- Prancha de fotomicrografias de lâminas de seixos e calhaus das formações Passo da Promessa e Arroio América.

Os álcalis feldspato granitos (Fig. 48A e B) caracterizam-se por uma textura granoblástica média, compostos por quartzo (~45%), pertita (~25%), microclínio (~15%), plagioclásio (~5%), muscovita, opacos, zircão e epidoto (<5%). A elevada porcentagem de minerais félsicos permite classificar estes granitos como granitos leucocráticos e hololeucocráticos.

6.2.2.3 Rochas miloníticas graníticas

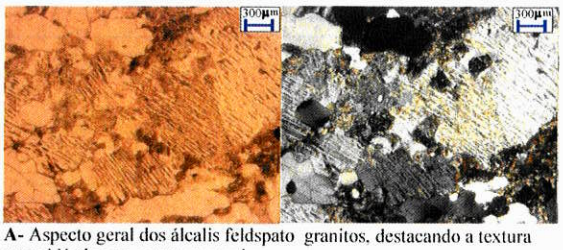
Os milonitos graníticos não se diferenciam composicionalmente muito das rochas acima descritas. Dois tipos básicos foram identificados: milonitos tonalíticos e graníticos.

Os milonitos tonalíticos são caracterizados por plagioclásio (~55%), quartzo (~35%), microclínio (~5%), biotita, opacos, zircão e clorita (<5%). Os cristais de quartzo aparecem fraturados e deformados, envolvendo fenocristais de feldspatos que se encontram rotacionados pela foliação milonítica (Fig. 48C e D). Os milonitos graníticos contêm foliação milonítica que deforma todos os cristais. São formados por quartzo (~30%), microclínio (~35%), plagioclásio (~25%), muscovita (~5%) e opacos (~5%). O quartzo e o feldspato potássico aparecem bastante estirados; o plagioclásio, granular fino, ocorre em lentes e corpos alongados acompanhando a foliação principal.

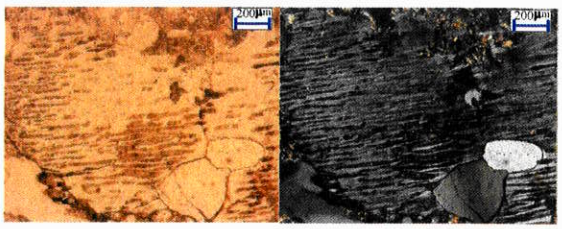
6.2.2.4 Quartzitos

Os seixos e calhaus de quartzitos apresentam composições bem mais simples que as rochas descritas no item anterior. Dois tipos de quartzitos foram identificados: (i) quartzito feldspático e (ii) quartzito.

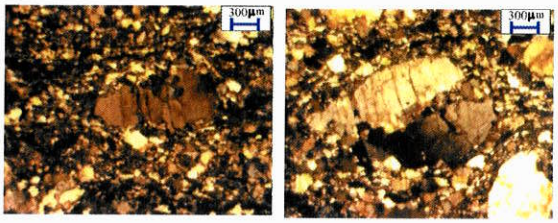
Os quartzitos feldspáticos são compostos por quartzo (~80%), ortoclásio (~20%), muscovita e opacos como traços. A textura é granoblástica fina e a estrutura é maciça (Fig. 48E). Os quartzitos são compostos essencialmente por quartzo (~95%); como acessórios (<5%) incluem sericita, turmalina, biotita e zircão. A textura é granoblástica eqüigranular; a estrutura, maciça a laminada (Fig. 48F).



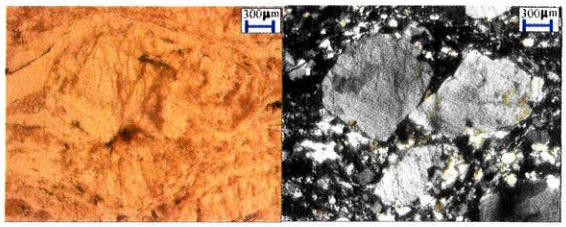
A- Aspecto geral dos álcalis feldspato granitos, destacando a textura granoblástica e a estrutura maciça.



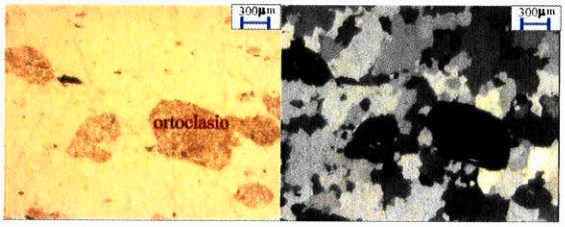
B- Detalhe de uma pertita de um álcalis feldspato granito



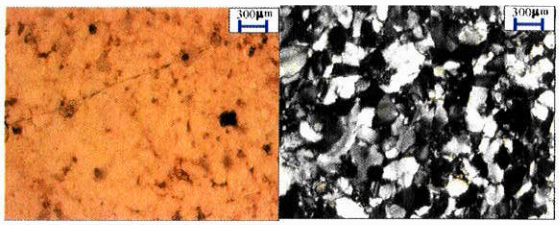
C- Tonalito milonito, destacando"augen" de plagioclásio orientado segundo uma foliação milonítica.



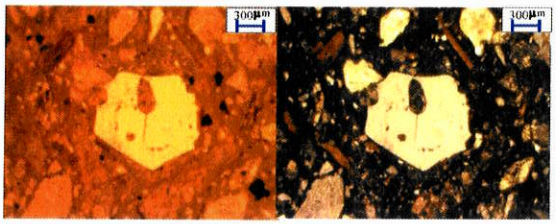
D- Tonalito milonito com destaque para cristais de plagioclásio rotacionados



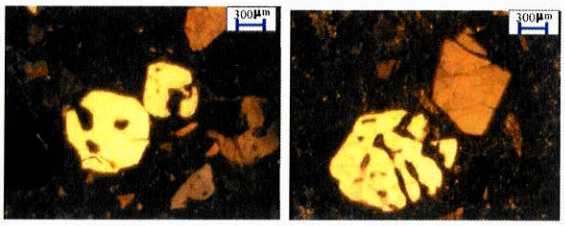
E- Quartzito feldspático destacando a sua composição de quartzo e ortoclásio, e sua estrutura maciça.



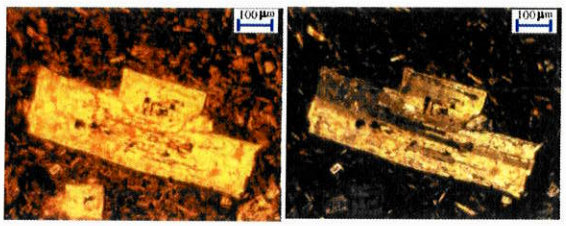
F- Quartzitos compostos essencialmente por quartzo, com textura granoblástica e estrutura maciça.



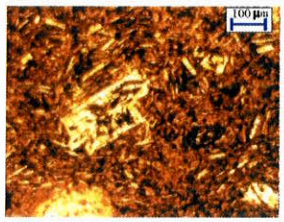
G- Riolito destacando cristal de quartzo bipiramidado parcialmente corroído, imerso na matriz microcristalina



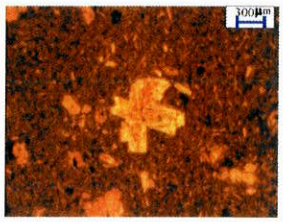
H- Riolito destacando cristais de quartzo bipiramidados e corroídos, imersos na matriz microcristalina



I- Andesito destacando fenocristal euédrico de plagioclásio zonado, imerso em matriz fina com opacos e plagioclásio ripiforme



J- Andesito destacando matriz com plagioclásio ripiforme e fenocristal de plagioclásio euédrico.



L- Andesito com fenocristal de plagioclásio com geminação cruzada

Figura 48- Prancha de fotomicrografias de lâminas de seixos e calhaus das formações Passo da Promessa e Arroio América.

6.2.2.5 Rochas vulcânicas

O reconhecimento de seixos de rochas de origem vulcânica foi de grande importância no estudo de proveniência, pois revelou a existência de áreas fontes vulcânicas anteriores ao desenvolvimento do Grupo Maricá. Tal interpretação já vem sendo apontada desde o trabalho de Ribeiro (1983) que descreve *"...uma pequena percentagem de detritos vulcânicos de natureza ácida, porém tão pequena e erraticamente distribuída que não nos dá a certeza de que a atividade vulcânica, que produziu tais detritos, fosse contemporânea com a deposição.."*(Pg. 25). O estudo petrográfico destes fragmentos permitiu o reconhecimento de dois litotipos principais: (i) riolitos e (ii) andesitos. Os riolitos ocorrem em todas as áreas de exposição do Grupo Maricá, porém os andesitos, além de raros, são restritos à Formação Arroio América.

Os riolitos apresentam textura porfirítica com matriz holocristalina muito fina e estrutura maciça (*vide* Fig. 48G e H). A rocha é composta por fenocristais (~35%), matriz (~55%) e autólitos (~10%). A mineralogia é caracterizada por quartzo (~30%), oligoclásio (~30%), ortoclásio pertita (~30%), fragmentos autolíticos (<10%), e biotita e opacos como acessórios. A matriz microcristalina tem composição félsica. Os fenocristais são predominantemente de quartzo e feldspato. O quartzo aparece corroído e bipiramidal (Fig. 48G e H). O quartzo vulcânico possui inclusões da matriz, decorrente da corrosão. Os grãos de oligoclásio contêm uma alteração para sericita, preservando a forma euédrica original, porém com as bordas desgastadas. O ortoclásio é anédrico com alteração de cor marrom (argilo mineral).

Os andesitos são caracterizados por textura porfirítica e estrutura maciça, onde a matriz constitui ~80% da rocha, fenocristais ~10% e autólitos ~10%. A mineralogia da rocha é de plagioclásio (~30%), opacos (~40%) e minerais máficos (~30%). Os fenocristais de plagioclásio (An–25%) variam de euédricos a subéudricos; quando muito finos, com formato acicular; os maiores, com hábito ripiforme (*vide* Fig. 48I, J e L). As rochas apresentam um elevado grau de alteração, onde a maior parte dos fenocristais de minerais máficos encontram-se substituídos por filossilicatos e/ou carbonatos.

6.2.3 Petrografia dos arenitos

A análise petrográfica realizada nos arenitos das formações Passo da Promessa, São Rafael e Arroio América permitiu classifica-los como arcósios, localmente subarcósios (Figs. 8, 9 e 10). Os estudo do tipo de grão de quartzo, dos minerais pesados e dos fragmentos líticos forneceu elementos complementares na análise de proveniência.

Nos arcósios identificaram-se diversos tipos de grãos de quartzo, que sugerem áreas fontes de distintas composições. A presença de quartzo policristalino indica a contribuição de fontes de origem ígnea ou de alto grau metamórfico (Fig. 49A). O quartzo do tipo vulcânico reflete a presença de fontes vulcânicas ácidas (Fig. 49B). Fragmentos de *chert* (Fig. 49C) sugerem quartzitos como áreas fontes.

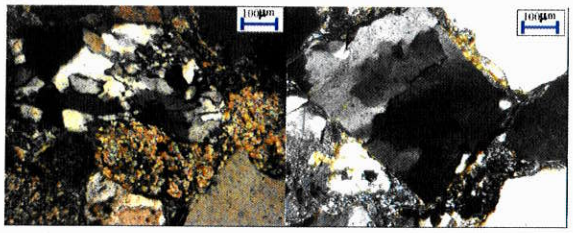
Os minerais pesados identificados também colaboraram para o estudo de proveniência. Minerais como epídoto, rutilo, titanita, zircão e granada (Figs. 49D e F) reafirmam a presença de áreas fontes ígneas e, até mesmo, metamórficas. A augita evidencia áreas fontes de origem vulcânica (Fig 49G). A hornblenda (Fig. 49H) sugere tanto áreas fontes ígneas ácidas e básicas como fontes metabásicas.

Os fragmentos líticos reforçam os dados obtidos nas contagens de seixos e calhaus. Em lâmina foi possível identificar os seguintes fragmentos de rocha: (i) litoclastos de rocha vulcânica intermediária (Fig. 49I), (ii) fragmento de granito, (iii) fragmento de milonito (Fig. 49J e L) e (iv) de pelito (Fig. 49M).

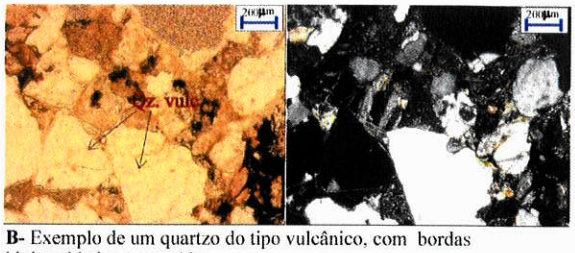
A identificação destes constituintes clásticos nos arenitos do Grupo Maricá caracteriza a existência de áreas fontes ígneas, miloníticas, metamórficas de alto grau e vulcânicas ácidas e intermediárias.

6.3 ANÁLISE DE PALEOCORRENTES

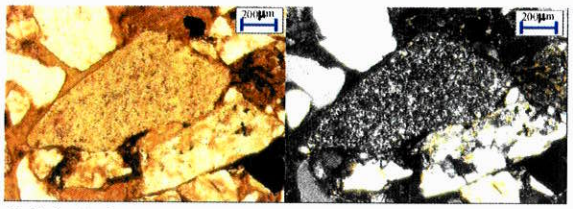
A análise de paleocorrentes foi realizada concomitantemente à de proveniência. Os dados de direção de fluxo foram obtidos em planos de estratificações cruzadas acanaladas de médio porte e tabulares (*rank 5* de Miall 1974), por serem as estruturas disponíveis na região — embora sejam abundantes os afloramentos de arenitos fluviais, o freqüente aspecto maciço que mascara as estruturas indicativas de fluxo sedimentar limita a amostragem de medidas. Apesar das restrições, as medidas obtidas fornecem dados estatisticamente satisfatórios conforme descrito na literatura (Miall 1974, 1990, 1996, Poter & Pettijohn 1977, Tucker 1993). No total foram obtidas 402 medidas em 11 estações de amostragem, que em laboratório foram reunidas em gráficos de paleocorrentes do tipo roseta de cada estação amostrada.



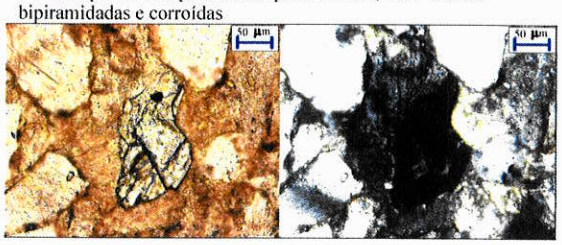
A- Exemplos de grãos de quartzo policristalino



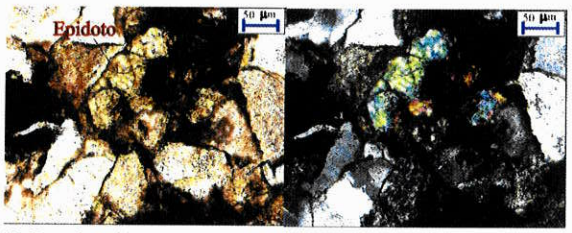
B- Exemplo de um quartzo do tipo vulcânico, com bordas bipiramidadas e corroídas



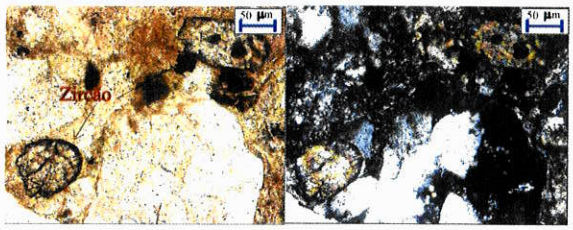
C- Grão de *chert*



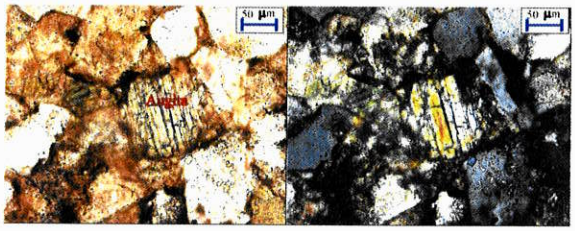
D- Exemplo de uma granada



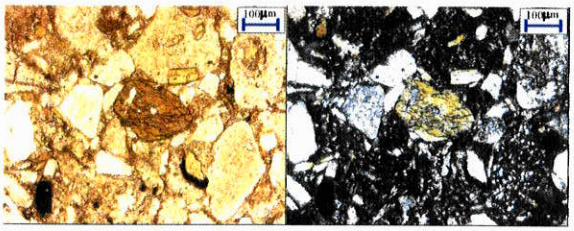
E- Grão de epidoto



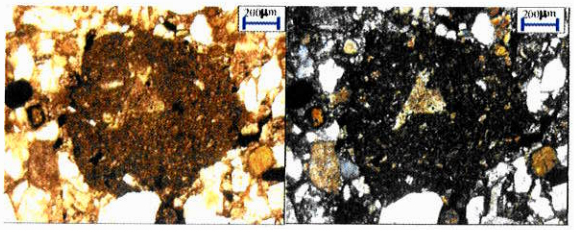
F- Grãos de zircões



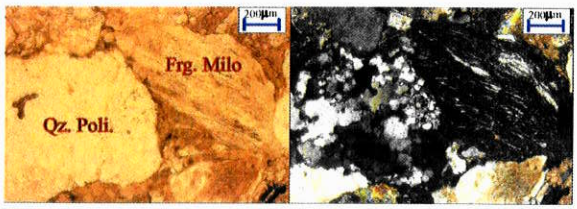
G- Exemplo de um piroxênio (augita)



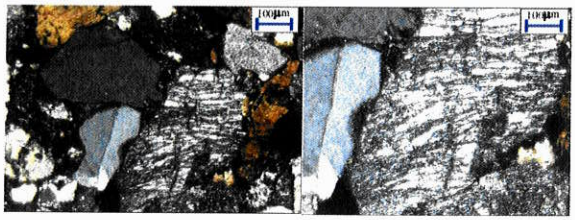
H- Hornblenda



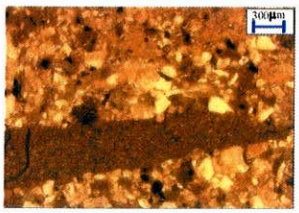
I- Fragmento de rocha vulcânica



J- Fragmento de milonito e quartzo policristalino



L- Exemplos de fragmentos líticos de rochas de composição granítica



M- Fragmento lítico de pelito

Figura 49- Prancha de fotomicrografias de lâminas de arenitos das formações Passo da Promessa e Arroio América.

Devido à forte inclinação das camadas, as medidas tiveram de ser corrigidas. Esta correção foi realizada utilizando-se o programa PALEOCOR desenvolvido por Almeida (2001), que corrige o efeito tectônico e horizontaliza as camadas, além de calcular o vetor médio e o fator de consistência. Os dados corrigidos foram plotados em gráficos do tipo roseta (*vide* Figs. 45 e 50).

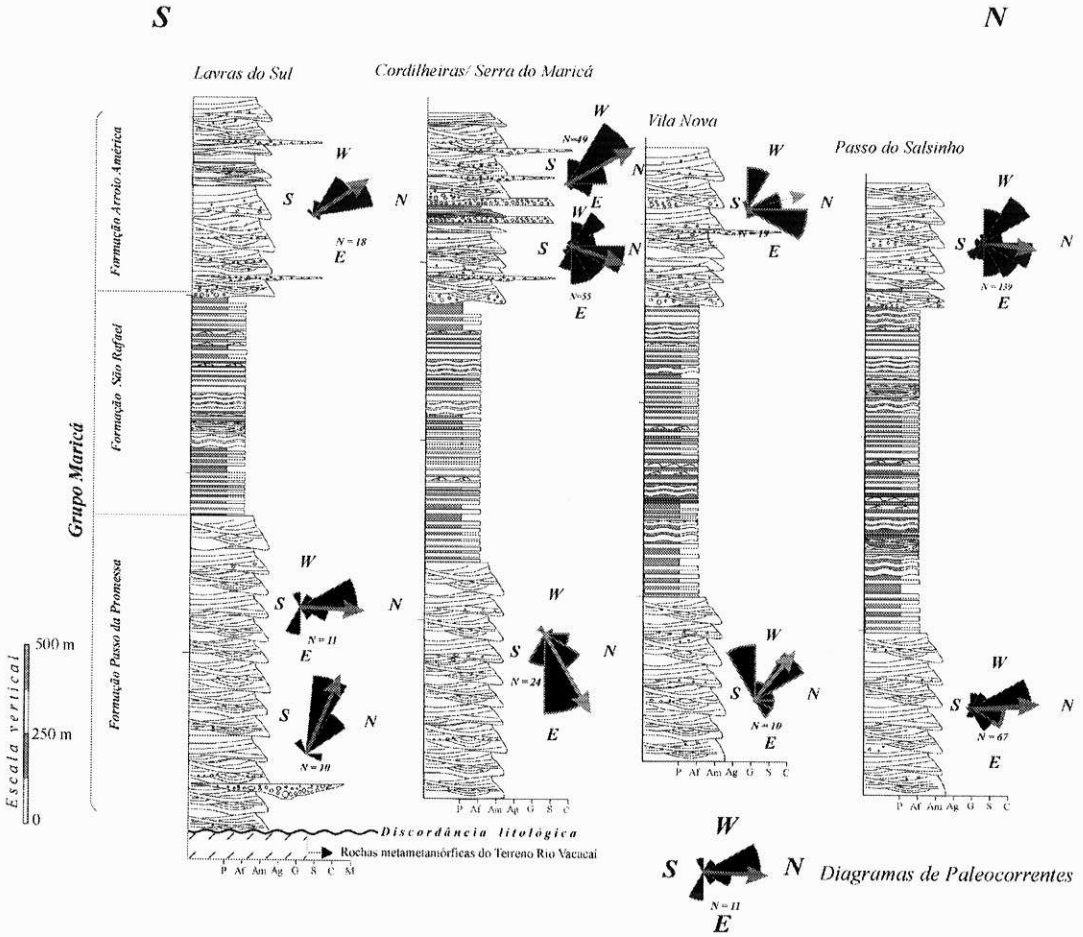


Figura 50- Seções compostas do Grupo Maricá em suas principais áreas de ocorrência, destacando os diagramas de paleocorrentes obtidos nas formações Passo da Promessa e Arroio América (observe que os diagramas estão rebatidos em 90° para acompanhar a disposição de S para N das seções).

Estudos anteriores de paleocorrentes no Grupo Maricá são restritos aos trabalhos de Paim *et al.* (1992, 1995), Paim (1994) e Porcher *et al.* (1995), que apontam sentido de transporte para quadrantes orientais, variáveis de E para E-SE. No entanto, os dados aqui obtidos indicam que o transporte foi para os quadrantes setentrionais, entre NW e NE, preferencialmente para norte. Os vetores médios para a Formação Passo da Promessa apontam um transporte sedimentar de sul para norte, com alguma dispersão para NE e NW. Os dados obtidos na Formação Arroio América são muito semelhantes dos encontrados na unidade inferior, apontando também um transporte para N, NE e NW (Fig. 45 e 50).

Os dados de paleocorrentes obtidos indicam que as áreas fontes situavam-se predominantemente no sul, podendo haver contribuição dos quadrantes ocidentais e orientais. Estes dados sugerem inclinação da bacia segundo a direção N-S, onde os rios tendem a correr para os quadrantes setentrionais.

6.4 ANÁLISE DA MATURIDADE TEXTURAL DOS FRAGMENTOS MAIORES QUE TRÊS CENTÍMETROS

Em 6 estações de amostragem de proveniência em campo foram também anotados dados sobre a maturidade textural dos fragmentos maiores que três centímetros, incluindo forma, arredondamento, esfericidade e dimensão (seleção granulométrica), seguindo os parâmetros visuais de Powers (1953) e Tucker (1993).

A maturidade textural permite inferir a intensidade dos processos mecânicos durante o transporte e deposição, bem como a composição e distância da área fonte. Fragmentos angulosos, de dimensões elevadas, com má seleção e com baixo grau de arredondamento sugerem baixas taxas de retrabalhamento e áreas fontes proximais. De forma contraria, fragmentos arredondados, bem selecionados e com esfericidade moderada a alta, indicam altas taxas de retrabalhamento da carga sedimentar e áreas fontes distantes (Pettijohn *et al.* 1987, Miall 1990, 1992).

Os dados obtidos em campo foram agrupados em gráficos de arredondamento, esfericidade e dimensão dos fragmentos. No total foram realizadas seis estações de amostragem, sendo três na Formação Passo da Promessa e três na Formação Arroio América (Fig.51). Em ambas unidades salienta-se um elevado grau de maturidade textural dos fragmentos das frações analisadas.

O grau de arredondamento varia de arredondado a subarredondado; fragmentos angulosos e subangulosos, quando presentes, aparecem em pequenas porcentagens (Fig. 51). No geral, a forma dos fragmentos é alongada e ovalada, a esfericidade em todas as áreas investigadas é moderada, com proporções razoáveis de esfericidade baixa e alta (Figs. 51 e 52).

Como regra os fragmentos são bem selecionados. Na Formação Passo da Promessa predominam clastos da fração seixo entre 3cm e 6,4cm e calhau entre 6,4cm e 15cm; fragmentos maiores que 15cm são escassos, com exceção de uma única estação de amostragem onde aparecem fragmentos de dimensões variadas, chegando a atingir a fração matacão (Fig. 51). Na Formação Arroio América, fragmentos da fração seixo ocorrem em pequenas porcentagens, prevalecendo fragmentos da fração calhau entre 6,4cm e 15cm e entre 15cm a 20cm. Fragmentos maiores que 20cm são escassos, e ocorrem apenas em algumas localidades (Fig. 51).

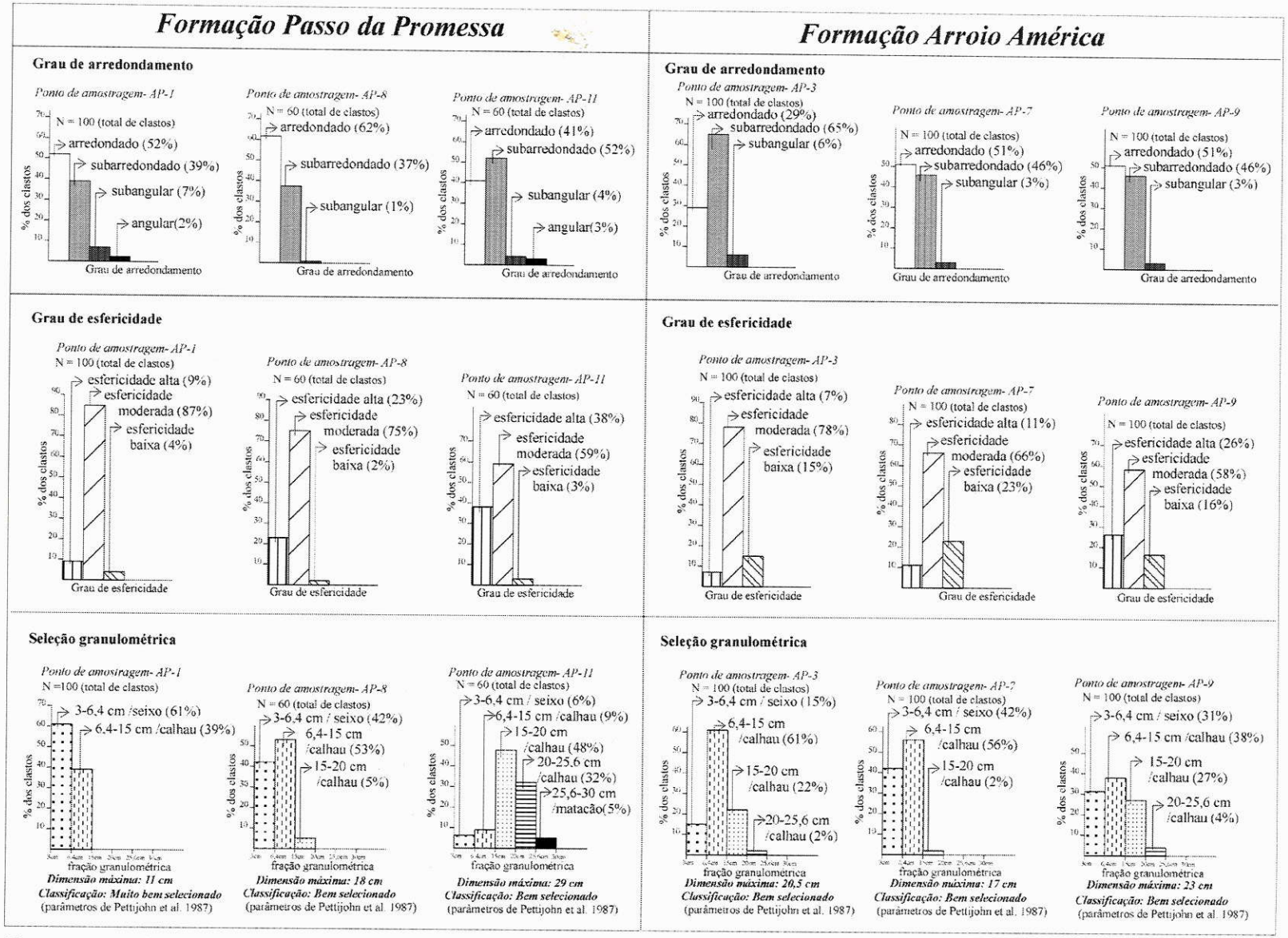


Figura 51 - Gráficos de grau de arredondamento, esfericidade e seleção granulométrica do arcabouço de conglomerados e de lentes conglomeráticas das formações Passo da Promessa e Arroio América (ver localização dos pontos de amostragem na Fig. 45)

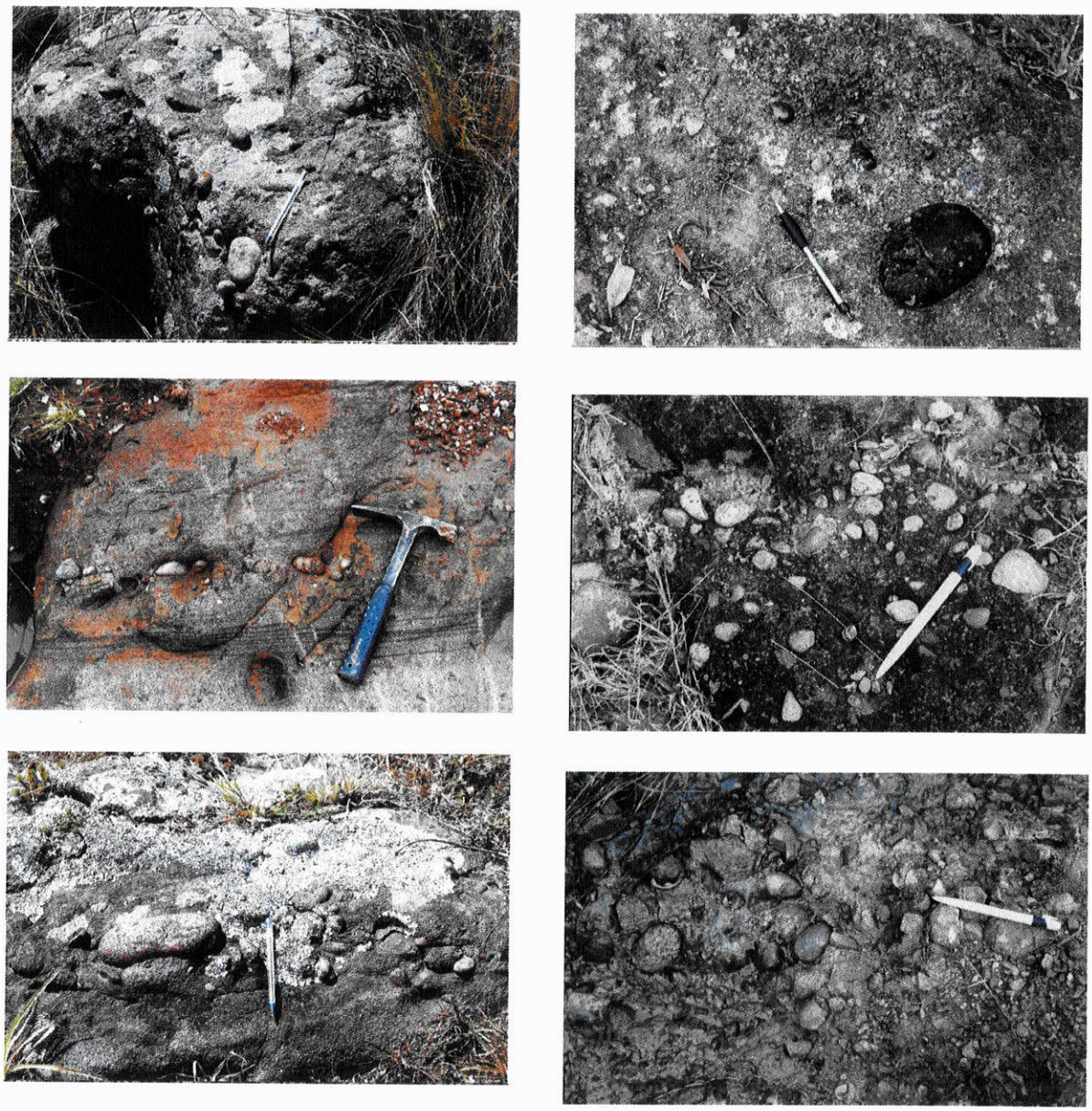


Figura 52- Fotos de seixos e calhaus do Grupo Maricá, destacando o elevado grau de arredondamento dos fragmentos.

6.5 ANÁLISE GEOCRONOLÓGICA

Após o estudo petrográfico dos seixos e calhaus das formações Passo da Promessa e Arroio América, foram selecionadas amostras para estudos geocronológicos com objetivo de reconhecer a idade das principais áreas fontes que alimentaram seus depósitos. No total três amostras de calhaus foram analisadas, incluindo uma amostra de álcalis feldspato granito foliado (amostra LV45A– calhau da Formação Passo da Promessa), um tonalito maciço (amostra LV45B- calhau da Formação Passo da Promessa) e uma amostra de granito com

granada milonitizado (amostra SF1A- calhau da Formação Arroio América). Conforme exposto no item anterior, estas rochas perfazem de 65% a 90% dos fragmentos encontrados nos depósitos fluviais do Grupo Maricá, correspondendo às principais áreas fontes desta unidade, motivo pelo qual foram selecionadas para estudos geocronológicos. Estudos posteriores deverão ser realizados em seixos das rochas vulcânicas, pois inversamente à sua proporção subordinada (de ausente até 20%; *vide* Fig. 46) é grande a importância para caracterizar a idade do vulcanismo, sem evidências de ser afetado por metamorfismo ou deformação, que antecedeu a deposição do Grupo Maricá, ainda não investigado.

Estas amostras foram encaminhadas para procedimentos de separação de zircões e monazitas, incluindo processos de britagem, moagem, concentração em mesa vibratória, separação magnética e em líquidos densos. Os zircões da amostra de tonalito e da amostra de álcali feldspato granito foram analisadas pelo método U/Pb convencional no Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. As monazitas da amostra de granito com granada milonitizado foram analisadas pelo método U/Pb no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo.

Os diagramas de concórdia obtidos na amostra de álcali feldspato granito (LV45A) indicaram uma idade arqueana para estas rochas, com interceptos superiores entre 3011 ± 11Ma (Fig. 53A) e 2991 ± 190Ma (Fig. 53B). A análise de zircões da amostra de tonalito (LV45B) apresentou uma concórdia com idade de 2597 ± 72Ma (Fig. 53C) no intercepto superior, apontando também uma idade arqueana para estas áreas fontes de composição tonalítica, porém mais jovem. O diagrama de concórdia exposto na Fig. 53D reúne todos os pontos analisados em ambas amostras (LV45A e LV45B). Embora apresente um grau de imprecisão mais elevado, este diagrama reafirma a idade arqueana para as áreas fontes compostas por tonalitos e álcalis feldspato granitos.

As idades dos interceptos inferiores obtidas nestas amostras foram interpretadas como referentes a eventos metamórficos paleoproterozóicos (*vide* Fig. 53A, B e C). O intercepto inferior da amostra de álcalis feldspato granito exposto no diagrama da Figura 53A evidencia um evento térmico de 1798 ± 7.9Ma; os interceptos inferiores dos gráficos das Figuras 53B e 53D, apesar de imprecisos, apontam idades semelhantes (1759 ±180Ma e 1795 ± 270Ma).

A análise U/Pb em monazita realizada na amostra de granito com granada milonitizado (SF1A) aponta uma idade paleoproterozóica para esta rocha fonte. O diagrama obtido indica uma idade concordante de 2110.9 ± 4.8Ma (Fig. 53E), interpretada como representativa da época de cristalização destas rochas a partir de fusão crustal.

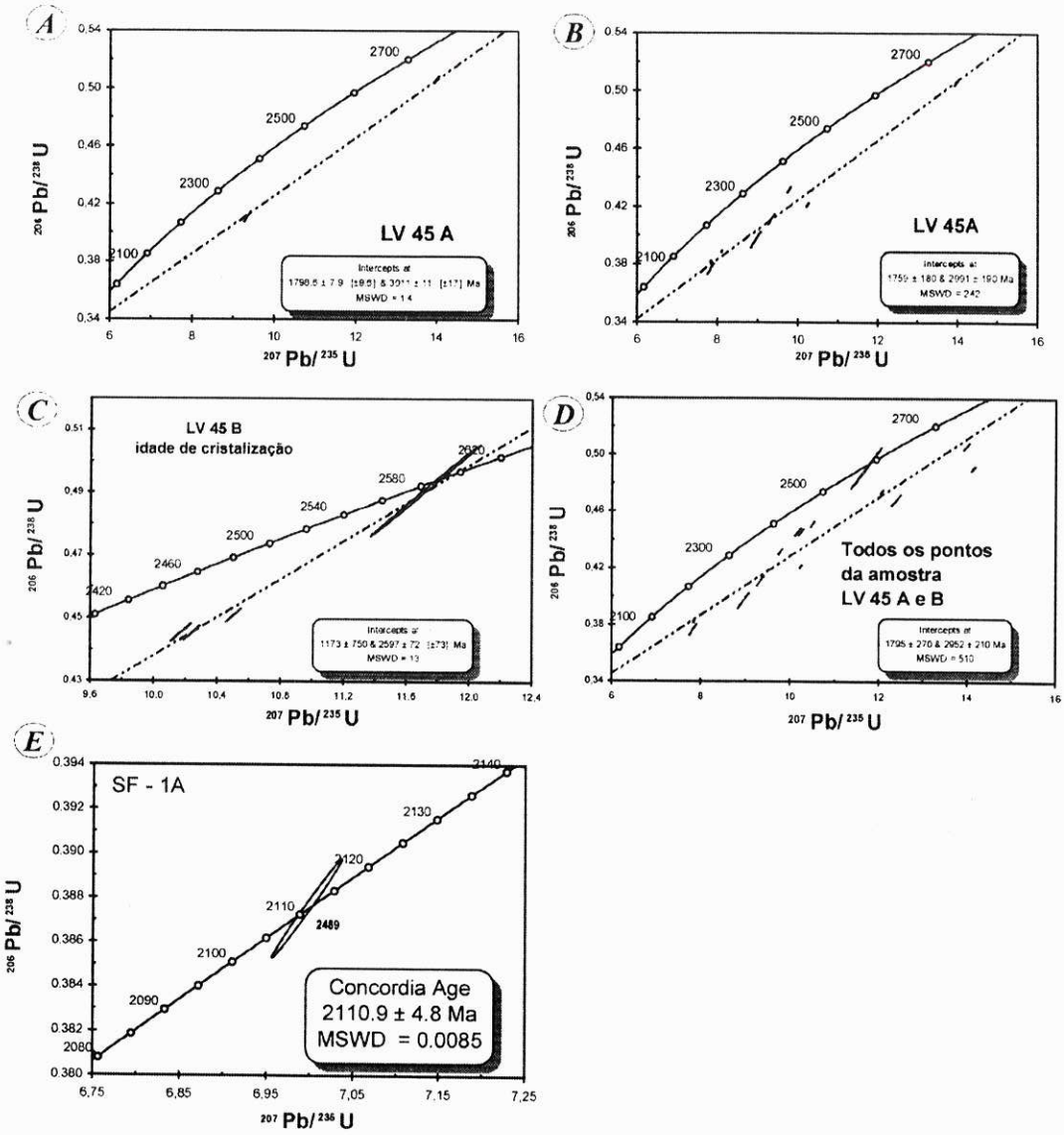


Figura 53- Diagramas de concórdia $^{207}Pb/^{235}U$ x $^{206}Pb/^{238}U$ em zircão e monazita. **A** e **B** – Diagramas da amostra de calhau de álcalis feldspato granito foliado (LV 45A); **C** – Diagrama da amostra de tonalito maciço (LV 45B); **D** – Diagrama com todos os pontos analisados nas amostras de álcalis feldspato granito e tonalito (LV 45 A e B); **E** – Gráfico de concórdia da amostra de granito com granada milonitizado (SF 1A).

Estes dados geocronológicos revelam que as áreas fontes do Grupo Maricá, caracterizadas por álcalis feldspato granitos, tonalitos e granitos com granada apresentam idades de cristalização e metamorfismo do Arqueano e do Paleoproterozóico, sem evidência de eventos termais neoproterozóicos. Embora de forma preliminar, destaca-se nestas fontes quatro épocas de geração de rochas e/ou metamorfismo: ~3.0Ga, ~2.6Ga, ~2.1Ga e ~1.8Ga.

6.6 SÍNTESE SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS DURANTE AS ANÁLISES DE PROVENIÊNCIA, PALEOCORRENTES E DE IDADES U/Pb DAS PRINCIPAIS ÁREAS FONTES DO GRUPO MARICÁ

O estudo de proveniência realizado em campo através da contagem de fragmentos maiores que três centímetros, identificando a composição, dimensão, forma, arredondamento e esfericidade, permitiu reconhecer as principais áreas fontes que alimentaram os depósitos do Grupo Maricá. Dentre estas áreas fontes identificadas destacam-se rochas graníticas maciças, foliadas e milonitizadas, cujo estudo petrográfico revelou composições variáveis: álcalis feldspatos granitos, tonalitos e granada-muscovita granito. Quartzo de veio, quartzitos, riolitos e, até mesmo, andesitos, também tiveram um papel como áreas fontes para estes depósitos, porém em porcentagens bem menores.

De acordo com os estudos de paleocorrentes, estas áreas fontes situavam-se a sul, subordinadamente a sudeste e sudoeste. O elevado grau de maturidade textural dos fragmentos maiores revelou que estes clastos sofreram diversos processos de erosão mecânica e retrabalhamento durante o transporte sedimentar e que, possivelmente, as áreas fontes situavam-se distantes dos sítios deposicionais. Esta elevada maturidade textural dos fragmentos vem sendo observada deste os trabalhos clássicos que descrevem o Grupo Maricá (*e.g.* Leinz *et al.* 1941, Barbosa 1957), destacando o trabalho de Ribeiro (1983) que descreve *"...nos níveis mais grosseiros, os quais além de uma razoável seletividade por tamanho, apresentam seixos de tamanhos relativamente pequenos, raros matacões de dimensões apreciáveis e sempre um grande arredondamento das rochas resistentes, indicando um longo percurso desde o local de origem."* (Pg. 13).

As análises U/Pb em zircão e monazita realizadas em amostras de álcalis feldspatos granitos, tonalitos e granitos com granada milonitizados indicaram que estas áreas fontes apresentam idades do Arqueano e do Paleoproterozóico, sem evidência de atividade térmica durante o Neoproterozóico.

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES PALEOAMBIENTAIS, TECTÔNICAS E PALEOGEOGRÁFICAS

7.1 CONSIDERAÇÕES PALEOAMBIENTAIS

Neste item apresentaremos uma breve discussão sobre as condições paleoambientais atuantes durante o desenvolvimento dos depósitos do Grupo Maricá, incluindo a análise dos fatores clima, área fonte e variações relativas do nível do mar e de subsidência. As características paleoambientais possibilitam um melhor entendimento das condições tectônicas e paleogeográficas das unidades estudadas, a serem abordadas nos itens subseqüentes (itens 7.2 e 7.3).

7.1.1 Clima

A composição mineralógica e as características litofaciológicas dos arenitos do Grupo Maricá sugerem um clima semi-árido e/ou árido atuante na bacia deposicional durante o desenvolvimento desta unidade. A contribuição de minerais instáveis e moderadamente estáveis, conforme os parâmetros de Pettijohn *et al.* (1987), de fácil alteração química, como, por exemplo, plagioclásio, feldspato alcalino, hornblenda, augita, epídoto e granada, indicam que durante o intemperismo predominaram os processos de fragmentação mecânica. A contribuição de fragmentos líticos de rochas vulcânicas intermediárias reafirma esta interpretação. O predomínio dos processos de fragmentação mecânica sobre os processos de alteração química também é evidenciado pela elevada maturidade textural dos fragmentos, e pela elevada contribuição de material de granulometria areia a calhau.

Outra característica sugestiva de ambiente árido e/ou semi-árido é a presença de extensas planícies fluviais de canais entrelaçados com grande contribuição de sedimentos arenosos e conglomeráticos que, segundo Miall (1996), são típicos de ambientes de climas áridos.

Esta interpretação climática para o Grupo Maricá, e também para as demais unidades do Supergrupo Camaquã é, praticamente, um consenso entre os diversos pesquisadores que estudaram seus depósitos (*e.g.* Fragoso-Cesar *et al.* 1984, 1985, Lavina *et al.* 1985, Paim 1994, Paim *et al.* 1995, 2000, Porcher *et al.* 1995, Fambrini 1998, 2003, Almeida 2001). No entanto, apesar dos elementos indicativos de climas áridos ou semi-áridos, a ausência de vegetação continental na época de sedimentação não permite uma conclusão segura a respeito do clima, pois altera todos os parâmetros utilizados em considerações paleoclimáticas.

Outro elemento que deve ser mencionado é a ausência de evidências de climas glaciais nos depósitos do Grupo Maricá, tais como diamictitos, seixos ou calhaus caídos, pavimentos estriados, etc. Eventos glaciais neoproterozóicos são descritos em diversas sucessões sedimentares e metassedimentares do mundo inteiro, o que levou a elaboração da hipótese do *snowball Earth* (Hoffman *et al* 1998, Hoffman & Schrag 2002), onde a Terra seria coberta por gelo em determinados intervalos de tempo do Neoproterozóico (glaciações Sturtiana e Varangeriana/Marinoana). A ausência de depósitos glaciogênicos no Grupo Maricá excluí seus depósitos destes eventos glaciais neoproterozóicos.

7.1.2 Áreas Fontes

Os estudos de proveniência, paleocorrentes, maturidade e idades U/Pb em clastos das formações Passo da Promessa e Arroio América permitem levantar algumas considerações sobre as áreas fontes e condições paleogeográficas atuantes durante o desenvolvimento do Grupo Maricá, ocorrido, possivelmente, entre 620Ma e 600Ma, considerando a idade mínima de seu embasamento (Terreno Rio Vacacaí) e máxima das intrusões graníticas que o afetam (*e.g.* Granito Lavras do Sul).

A análise estatística de seixos e calhaus em afloramentos de arenitos conglomeráticos e conglomerados das formações Passo da Promessa e Arroio América evidenciou que estas áreas eram compostas basicamente por rochas de composição granítica, tanto maciça quanto foliada e milonítica, subordinadamente por quartzitos, vulcânicas ácidas e outros litotipos ocasionais, como, em uma estação, andesitos.

O estudo petrográfico e geocronológico dos fragmentos graníticos revelou que suas áreas fontes eram compostas por granitos com granada, tanto milonitizados como sem evidência de deformação; álcalis feldspato granitos, incluindo mesopertita granitos e leucogranitos; e tonalitos maciços e milonitizados. Estas rochas, com idades do Arqueano e Paleoproterozóico perfazem até 90% dos fragmentos encontrados.

A existência de áreas fontes de origem vulcânica evidencia um vulcanismo ácido e intermediário anterior ao Grupo Maricá na Bacia do Camaquã. A ausência e/ou raridade de seixos grandes e calhaus vem dificultando seu estudo geocronológico.

A elevada maturidade textural dos fragmentos demonstra um alto grau de retrabalhamento da carga sedimentar. O arredondamento, a esfericidade e a seleção granulométrica permitem inferir que as áreas fontes encontravam-se distantes dos sítios deposicionais.

De acordo com os dados de paleocorrentes, estas áreas fontes situavam-se predominantemente a sul, conclusão concordante com o acunhamento das formações Passo da Promessa e Arroio América para norte. Estes dados também sugerem que o corpo marinho

representado pelos depósitos da Formação São Rafael abria-se para norte, coerente com o espessamento e variação lateral de fácies desta unidade, destacadamente o predomínio de turbiditos neste sentido (Fig. 34).

A ausência de fragmentos correlacionáveis ao Terreno Rio Vacacaí restringe sua participação à categoria de embasamento. Esta evidência reafirma a independência tectônica do Grupo Maricá, e conseqüentemente de sua bacia, com as atividades tectônicas orogênicas que configuraram as unidades de embasamento do RS (Fragoso-Cesar *et al.* 2003, Pelosi & Fragoso-Cesar 2003), pois seus depósitos basais recobrem em discordância litológica o Terreno Rio Vacacaí, que corresponde a mais importante estrutura da Orogenia Brasiliana na região.

Na caracterização das áreas fontes, dois pontos fundamentais foram levantados: (i) situam-se a sul e (ii) contém rochas graníticas diversas de idades do Arqueano e Paleoproterozóico. Considerando-se a compartimentação gerada no RS e Uruguai durante o Ciclo Brasiliano (Fig. 3B), as entidades geotectônicas que preenche as condições exigidas pela análise destas fontes são o Cráton do Rio de La Plata e algumas áreas de exposição do embasamento arqueano e paleoporterozóico do Cinturão Dom Feliciano no Uruguai.

Os dados U/Pb em zircão e monazita obtidos nos calhaus das formações Passo da Promessa e Arroio América permitem inferir, até o momento, que as áreas fontes de composição tonalíticas e graníticas do Grupo Maricá apresentavam as seguintes idades aproximadas de geração e/ou metamorfismo: ~3.1Ga, ~2.6Ga, ~2.1Ga e ~1.8Ga.

Na porção brasileira do Cráton Rio de La Plata (Bloco Valentines; *vide* Fig. 3B) são descritas rochas metamórficas de alto grau (Complexo Santa Maria Chico de Nardi & Hartmann 1979) com idades U/Pb SHRIMP de geração e metamorfismo entre 2.5- 2.0Ga (Hartmann *et al.* no prelo *apud* Soliani Jr. *et al.* 2000, Chemale Jr. 2000, Hartmann *et al.* 2000). Na porção uruguaia, os dados U/Pb SHRIMP apontam intervalos similares, com idades entre 2.17-1.97Ga (Hartmann *et al.* 2001, Bossi & Campal 2003, Maldonado *et al.* 2003) para as rochas plutônicas do Bloco Florida (*vide* Fig. 3B) ou, como também é conhecido, Terreno Piedra Alta (Bossi *et al.* 1993, Maldonado *et al.* 2003, Bossi & Campal 2003). As rochas do Bloco Florida são intrudidas por uma série de diques máficos do Estateriano (1.7-1.8Ga; Bossi *et al.* 1993). Considerando estes intervalos de idades e o posicionamento a sul destas áreas cratônicas de embasamento, podemos interpretar que as rochas do Cráton Rio de La Plata provavelmente serviram como áreas fontes para os depósitos do Grupo Maricá, embora não se disponha de descrições de seus litotipos graníticos para comparar com as amostras de calhaus datadas no presente trabalho.

Outra possível área fonte situa-se na porção uruguaia do Cinturão Dom Feliciano (Hartmann *et al.* 2001, Bossi & Campal 2003), cujos dados U/Pb SHRIMP em amostras de tonalitos indicam idades de geração entre 3.4-2.7Ga, além de rochas graníticas leucocráticas com idade de 2.7Ga no núcleo do zircão e de 2.1Ga nas bordas (Hartmann *et al.* 2001). Na porção brasileira deste cinturão, dados U/Pb SHRIMP obtidos por Porcher *et al.* (no prelo *apud*

Soliani Jr. *et al.* 2000) em gnaisses tonalíticos da Serra das Encantadas apontam idades de geração e metamorfismo entre 2.2-2.0Ga. Porém, acreditamos que dificilmente estas áreas de embasamento paleoproterozóico da Serra das Encantadas tenham papel como área fonte, já que se situam a leste das áreas de exposição do Grupo Maricá e, além de pequenas exposições gnáissicas e graníticas de seu embasamento (Complexo Encantadas), dominam cristas de quartzo-milonitos, milonitos e filonitos com escassa a ausente contribuição como área fonte.

Desta forma, interpretamos no presente trabalho, o Cráton Rio de La Plata e algumas unidades de embasamento arqueano e paleoproterozóico do Cinturão do Feliciano no Uruguai como prováveis áreas fontes para o Grupo Maricá.

7.1.3 Variações do nível relativo do mar e das taxas de subsidência

A Estratigrafia de Seqüência possibilita uma análise mais refinada das condições paleoambientais atuantes durante o preenchimento sedimentar de uma bacia, pois esta análise é baseada na caracterização de superfícies cronológicas que separam depósitos sedimentares geneticamente correlatos, que registram as variações tectônicas, climáticas e, principalmente, das taxas de variações relativas do nível do mar (Posamentier *et al.* 1988). Desta forma, as variações do nível relativo do mar e das taxas de subsidência atuantes durante o desenvolvimento do Grupo Maricá podem ser inferidas através da interpretação de suas seqüências deposicionais.

A correlação estratigráfica realizada entre as diversas áreas de ocorrência do Grupo Maricá permitiu o reconhecimento de duas seqüências estratigráficas (Seqüência Maricá Inferior e Superior) que possivelmente representam ciclos de variações do nível relativo do mar de terceira ordem. Em cada seqüência foram identificados três tratos de sistemas (tratos de mar baixo, transgressivo e de mar alto), que constituem um conjunto de sistemas deposicionais formados em determinados períodos de variação na geração de espaço na bacia, ou seja, relacionados às variações nas taxas de subsidência, eustáticas (variação global do nível do mar) e de aporte sedimentar.

Cada seqüência representa um ciclo de rebaixamento e elevação do nível relativo do mar. Na Seqüência Inferior, o trato transgressivo e o trato de mar alto marcam o período de invasão marinha na bacia, representado pelos depósitos de plataforma marinha da Formação São Rafael (*vide* Fig. 44). A Seqüência Maricá Superior é composta essencialmente por depósitos continentais formados em ambientes de planície fluvial de canais entrelaçados, cuja sedimentação foi controlada diretamente pelas variações do nível de base da bacia. Conforme já mencionado no Capítulo 5 (Estratigrafia de Seqüências), o nível de base da Seqüência Maricá Superior corresponde ao nível do mar, pois entendemos que este sistema de planície fluvial apresentava uma ligação direta com um corpo marinho. Desta forma, a Seqüência Maricá

Superior registra um segundo ciclo de rebaixamento e elevação do nível relativo do mar na bacia.

As consideráveis espessuras das seqüências sugerem que a bacia era afetada por elevadas taxas de geração de espaço de acomodação e de aporte sedimentar. Estas características indicam que a tectônica seria responsável pela intensificação das taxas de subsidência e, conseqüentemente, de variações relativas do nível do mar, ou nível de base no caso de depósitos continentais. A tectônica também favorece a ingressão constante de carga clástica, pois a subsidência reflete o soerguimento das áreas fontes e, conseqüentemente, um aumento constante da contribuição detrítica.

As elevadas taxas de subsidência indicam que a bacia era submetida a uma tectônica mais intensa, distinta daquelas atuantes nos depósitos de margem passiva dos modelos clássicos de estratigrafia de seqüência da escola da Exxon. Por outro lado, a continuidade lateral das fácies e o padrão de empilhamento de tratos de sistemas semelhantes aos modelos clássicos sugerem que as taxas de subsidências da bacia eram constantes.

Em suma, podemos interpretar que a espessura e o padrão de empilhamento das seqüências do Grupo Maricá indicam que: (i) a bacia de acumulação foi submetida a dois ciclos de elevação e rebaixamento do nível relativo do mar, possivelmente de terceira ordem, que configuraram o padrão deposicional das seqüências do Grupo Maricá; e (ii) as taxas de aporte sedimentar e de subsidência eram elevadas e constantes.

7.2 PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO TECTÔNICA

Diversas propostas de classificação tectônica foram sugeridas para a Bacia do Camaquã. Entretanto, nem todas consideram o Grupo Maricá como unidade depositada nesta. Na presente discussão, os conceitos de Grupo Maricá, Supergrupo Camaquã e suas sub-bacias serão utilizados sem digressões desnecessárias sobre a nomenclatura utilizada nos artigos citados.

As sucessões de rochas sedimentares e vulcanogênicas do Supergrupo Camaquã sempre foram interpretadas como formadas em um ambiente de forte atividade tectônica, devido às características litofaciológicas, à espessura e a deformação de seus depósitos. Esta interpretação praticamente é um consenso entre os diversos pesquisadores que publicaram sobre o tema (*e.g.* Ribeiro *et al.* 1966, Santos *et al* 1978, Fragoso-Cesar *et al.* 1982, 1984, 1985, Paim 1994, Paim *et al.* 1995, 2000).

A idade neoproterozóica destes depósitos aliada à origem tectônica de sua bacia levaram estes pesquisadores a interpretar sua gênese como associada ao desenvolvimento dos cinturões orogênicos neoproterozóicos do sudeste do continente sul-americano, destacando o trabalho de Almeida (1969) que já classificava a Bacia do Camaquã como bacia molássica das fases tardias do Ciclo Brasiliano.

A classificação da Bacia do Camaquã como antefossa molássica do Cinturão Dom Feliciano, como proposto por Fragoso-Cesar *et al.* (1982, 1984, 1985) e adotado em diversos outros trabalhos (*e.g.* Lavina *et al.* 1985, Faccini *et* al. 1987, Paim *et al.* 1992, 1995), considera os depósitos do Grupo Maricá como registro da borda tectonicamente menos ativa da bacia de antefossa, já cobrindo o Cráton Rio de La Plata.

Posteriormente, Fragoso-Cesar (1991) desvincula o Grupo Maricá da Antefossa Camaquã e das demais unidades do Supergrupo Camaquã e a interpreta como molassa de evento anterior, gerador do Terreno Rio Vacacaí. Os depósitos da Antefossa Camaquã, então redefinida, foram restritos às exposições do Supergrupo Camaquã na Sub-Bacia Camaquã Oriental e parte da Sub-Bacia Camaquã Central, onde não aflora o Grupo Maricá. Os depósitos de parte da Sub-Bacia Camaquã Central e Sub-Bacia Camaquã Ocidental, com exclusão do Grupo Maricá, foram interpretados como bacia de retroarco (Bacia de Retro-Arco Santa Bárbara).

De forma diversa, Oliveira & Fernandes (1991) e Sayeg (1993) interpretam a Bacia do Camaquã como bacia transcorrente relacionada à instalação de grandes zonas de cisalhamento neoproterozóicas, a partir de estudos realizados respectivamente nas porções setentrional (Vale do Piquiri) e meridional (Vale do Boici) da Sub-Bacia Camaquã Oriental, onde não afloram os depósitos do Grupo Maricá, excluindo-o, portanto, da proposta.

Outra classificação, apresentada por Gresse *et al.* (1996), considera quase todos os depósitos do Supergrupo Camaquã, inclusive o Grupo Maricá, como partes de uma grande bacia de retro-arco de antepaís do Cinturão Dom Feliciano.

Os modelos de classificação acima mencionados sempre consideraram a Bacia do Camaquã como produto da Orogenia Brasiliana e sua estruturação como elemento do Cinturão Dom Feliciano. Estas propostas surgiram com a aplicação do modelo de Tectônica de Placas no RS durante as décadas de 1980 e 1990, onde a classificação da Bacia do Camaquã era relacionada a ambientes de orógenos convergentes e colisionais (*e.g.* antefossa e retroarco) e conseqüente deformação transcorrente (*pull-apart* ou *strike-slip*).

Segundo a proposta de classificação levantada por nosso grupo de pesquisa (Fragoso-Cesar *et al.* 2000, 2001, 2003, Fambrini *et al.* 2001, submetido, Almeida 2001, Janikian 2001, Janikian *et al.* 2003, Fambrini 2003, Almeida *et al.* submetido), a Bacia do Camaquã compreende um sistema de *rifts* alongados segundo a direção NNE que se desenvolveu após as atividades tectônicas que afetaram as rochas de seu embasamento. Neste modelo, a Bacia do Camaquã é classificada como um *rift* que, durante sua evolução, foi compartimentado em *rifts* isolados (sub-bacias), separados por altos interiores, incluindo os altos da Serra das Encantadas e de Caçapava do Sul. Segundo Pelosi & Fragoso-Cesar (2003), o Grupo Maricá representaria os eventos iniciais de desenvolvimento da bacia extensional, anteriores à fase de rifteamento registrada nas unidades posteriores.

Por outro lado, os estudos recentes realizados nos depósitos do Grupo Maricá, e expostos na presente Tese de Doutoramento, vêm demonstrando que o Grupo Maricá não apresenta nenhuma evidencia de ligação com os eventos de rifteamento que afetam os demais depósitos do Supergrupo Camaquã (Grupo Bom Jardim, Formação Acampamento Velho e grupos Santa Bárbara e Guaritas). Conforme discutiremos a seguir, os dados obtidos tanto nas análises litofaciológicas como nas de proveniência e paleocorrentes, não permitem classificar os depósitos do Grupo Maricá como formados em uma bacia do tipo *rift*.

Apesar da independência tectônica do Grupo Maricá frente às demais unidades da bacia, preferimos, até o momento, classificar o Grupo Maricá como pertencente à Bacia do Camaquã, pois entendemos que esta bacia compreende um sítio deposicional que sofreu diversos processos de subsidência, vinculados a distintos mecanismos geradores ao longo do tempo, que permitiram a acumulação dos espessos depósitos sedimentares e vulcanogênicos que constituem o Supergrupo Camaquã, incluindo o Grupo Maricá. Nesta proposta, a Bacia do Camaquã reúne todas as unidades acima mencionadas independentemente dos diferentes ambientes tectônicos nos quais elas se desenvolveram.

7.2.1 Modelo atual de classificação tectônica do Grupo Maricá

Os dados obtidos durante a realização desta pesquisa, incluindo o mapeamento litofaciológico, a análise de fácies e sistemas deposicionais, a correlação lateral das fácies encontradas nas diversas áreas de ocorrência do Grupo Maricá, a maturidade textural e os dados de proveniência e paleocorrentes, permitem inferir que a bacia de acumulação, durante o desenvolvimento desta unidade, era ampla e caracterizada por sistemas deposicionais distais.

Estas características não são condizentes com aquelas esperadas para bacias associadas à ambientes orogênicos (antepaís e retroarco), transcorrentes (*pull-apart* ou *strike-slip*) e de distensão crustal (*rift*). Segundo as propostas de classificação de bacias de Ingersoll & Busby (1995), estes tipos de bacias são caracterizados por apresentarem sistemas deposicionais proximais, representados por depósitos sedimentares imaturos e de pouca continuidade lateral. Desta forma, todos os modelos de classificação tectônica já propostos para o Grupo Maricá tornam-se praticamente inviáveis.

A caracterização do Cráton Rio de La Plata como a entidade que contém as principais áreas fontes para o Grupo Maricá invalida hipótese de um modelo de antefossa (bacia de *foreland* ou de antepaís) do Cinturão Dom Feliciano (Fragoso-Cesar *et al.* 1984, 1985, Paim *et al.* 1992, 1995, 2000) para a Bacia do Camaquã. Além das áreas fontes arquenas e paleoproterozóicas, a continuidade lateral das fácies, a ausência de depósitos proximais típicos de ambientes orogênicos e de falhas inversas e de cavalgamento fazem com que a hipótese de bacia de antepaís se torne mais remota, pois em bacias deste tipo, era de se esperar uma grande

contribuição de áreas fontes orogênicas, além da atuação de tectônica formadora e deformadora de caráter compressivo (Miall 1995, Ingersoll & Busby 1995, Jordan 1995).

O modelo de bacia transcorrente, pioneiramente proposto para a Bacia do Camaquã por Oliveira & Fernandes (1991), não pode ser aplicado para o Grupo Maricá, pois não foi encontrada nenhuma evidencia de movimentação lateral de falhas durante o desenvolvimento desta unidade, tais como depósitos de leques aluviais proximais com fragmentos de áreas fontes diversas e que foram deslocadas por falhas, comuns em bacias transcorrentes (Christie-Blick & Biddle 1985, Nilsen & Sylvester 1995). Ao contrario disto, as análises de proveniência e paleocorrentes evidenciam que ás áreas fontes eram as mesmas durante a evolução dos depósitos do Grupo Maricá, e situava-se sempre no quadrante sul, sem evidência de deslocamento lateral ao longo do tempo.

O padrão de empilhamento estratigráfico do Grupo Maricá, observado pela correlação de diversas colunas estratigráficas de suas principais áreas de ocorrência, demonstra que os sistemas deposicionais não variavam lateralmente e eram caracterizados por depósitos típicos de ambientes tectonicamente estáveis, dificultando a aplicação do modelo de bacia do tipo *rift* para esta unidade. Os dados de proveniência e paleocorrentes indicam que durante a evolução deste grupo não ocorreram mudanças significativas de áreas fontes, sugerindo a ausência de eventos de soerguimento e abatimento de altos e baixos estruturais na bacia, reforçando a exclusão do modelo de *rift*. Cabe ressaltar que o padrão de paleocorrente também não é condizente com este tipo de bacia. Desta forma, não podemos classificar o Grupo Maricá como formado em um ambiente de bacia do tipo *rift*, modelo este, conforme mencionado anteriormente, claramente aplicável para os demais depósitos que constituem o Supergrupo Camaquã.

Os estudos litofaciológicos realizados nas sucessões subaéreas (sistemas fluviais entrelaçados das formações Passo da Promessa e Arroio América) e subaquáticas (Formação São Rafael) do Grupo Maricá sugerem que estas se desenvolveram em uma bacia ampla, sem grandes variações laterais de fácies. Os padrões de empilhamento das seqüências Maricá Inferior e Superior reafirmam a grande extensão da bacia de acumulação, sem variações significativas de sistemas deposicionais nos tratos de sistemas destas seqüências. Este tipo de padrão de empilhamento estratigráfico é típico de bacias de ambientes tectonicamente estáveis, observado comumente nas grandes bacias do tipo sinéclises, ou intracratônicas, tais como as bacias do Paraná, Parnaíba e Solimões (Assine 1996, Milani 1997, 2000, 2003, Milani & Ramos 1998, Milani & Thomaz-Filho 2000), e as bacias paleozóicas intracratônicas de Michigan e Illinois (Sloss 1963, Leighton & Kolata 1990, Klein 1995).

Estes elementos estratigráficos, associados à caracterização de uma área fonte cratônica, permitem inferir que o Grupo Maricá se depositou em uma bacia intracratônica, sem qualquer evidência de atividade orogênica contemporânea. A geração e os mecanismos de subsidência deste tipo de bacia são temas ainda amplamente debatidos na bibliografia (*vide* Leighton &

Kolata 1990, Milani 2000, Milani 2004). Segundo Klein (1995), as bacias intracratônicas são formadas por processos seqüenciais similares de mecanismos de subsidência, onde temos na ordem de ocorrência: (i) distensão crustal (afinamento litosférico, subsidência mecânica), (ii) subsidência termal e (iii) mecanismos de compensação isostática. No caso do Grupo Maricá, acreditamos que sua origem pode estar associada a processos similares de subsidência posteriores ao encerramento da Orogenia Brasiliana na região, conforme a seguir discutiremos. Por outro lado, os dados disponíveis até o momento não permitem uma afirmação segura do tipo de mecanismo de subsidência atuante na bacia durante o desenvolvimento destes depósitos.

7.2.2 Significado tectônico da discordância basal do Grupo Maricá

Os estudos litofaciológicos, de proveniência e paleocorrentes realizados no Grupo Maricá levaram a diversas interpretações sobre o contexto tectônico e paleoambiental no qual esta unidade se desenvolveu. Dentre estas destacamos: (i) o caráter intracratônico de sua bacia, (ii) o predomínio de sistemas deposicionais distais e de depósitos maturos texturalmente, (iii) a caracterização de áreas fontes arqueanas e paleoproterozóicas, sem evidência de eventos termais neoproterozóicos, e (iv) do Terreno Rio Vacacaí como unidade de embasamento sobre a qual o Grupo Maricá encontra-se assentado em discordância litológica.

A deposição discordante do Grupo Maricá sobre as rochas metamórficas do Terreno Rio Vacacaí reafirma a independência tectônica de sua bacia em relação às atividades do Ciclo Brasiliano, pois este terreno neoproterozóico é composto por uma associação tectônica de ofiolitos, depósitos metavulcano-sedimentares e ortognaisses calci-alcalinos de baixo K_2O, interpretados como registros de um arco de ilha intraoceânico da Orogênese Brasiliana (Fragoso-Cesar 1991). A caracterização do Cráton Rio de La Plata e de unidades de embasamento arqueano do Cinturão Dom Feliciano no Uruguai como áreas fontes para o Grupo Maricá reforça o modelo de um ambiente anorogênico intraplaca para esta bacia, desvinculado tanto da dos eventos de metamorfismo e deformação do Cinturão Dom Feliciano quanto do Ciclo Brasiliano (Pelosi & Fragoso-Cesar 2003, Fragoso-Cesar *et al.* 2003).

Desta forma, podemos inferir que a discordância basal do Grupo Maricá corresponde a um limite de tempo que marca, após o encerramento das atividades tectônicas do Ciclo Brasiliano na região, o inicio de desenvolvimento da Bacia do Camaquã em um ambiente intraplaca anorogênico.

Nesta proposta, entendemos que o Ciclo Brasiliano corresponde a uns dos eventos tectônicos neoproterozóicos responsáveis pela conjuntura do Supercontinente Gondwana. Segundo Dalziel (1991, 1992, 1997), Windley (1995), diversos cinturões orogênicos neoproterozóicos são descritos na bibliografia como relacionados à formação do Gondwana (*e.g.* cinturões de Moçambique e Damara), dentre os quais o Cinturão Orogênico Brasiliano

corresponde à estrutura formada durante aglutinação do Gondwana Ocidental (Dalziel 1992, 1997). Neste contexto, a Orogenia Brasiliana corresponde ao evento responsável pelo fechamento de um oceano situado entre o Cráton do Amazonas e os crátons do São Francisco, Congo e Rio de La Plata; oceano este descrito na bibliografia com diversas designações tais como: Oceano Charrua (Fragoso-Cesar 1990, 1991), Oceano Brasilides (Dalziel 1991, 1992, 1997, dentre outros), Oceano Goianides (Brito-Neves *et al.* 1999, Pimentel *et al.* 2000, Campos-Neto 2000, dentre outros).

Segundo Fragoso-Cesar (1991), no Rio Grande do Sul esta orogenia é caracterizada pela colisão de um sistema de arcos de ilha intraoceânico neoproterozóico (Terreno Rio Vacacaí), pelo desenvolvimento e deformação de um cinturão orogênico brasiliano (Cinturão Dom Feliciano), e por uma região que se comportou como antepaís cratônico desta orogenia na região (Cráton Rio de La Plata).

Tendo como referência o intervalo de deposição do Grupo Maricá entre 620 e 600Ma (ver item 3.2), podemos inferir que a orogenia brasiliana teria se encerrado na região a >620Ma, e que todas as demais unidades sedimentares, vulcanossedimentares, vulcânicas e plutônicas mais jovens, teriam se desenvolvido em um ambiente intraplaca e anorogênico, incluindo desta forma a Bacia do Camaquã e as rochas graníticas cogenéticas ao vulcanismo desta bacia (*e.g.* granitos Lavras do Sul, Ramada, Caçapava do Sul, São Sepé, Jaguari, dentre outros).

7.3 EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA

As análises de fácies, sistemas deposicionais e seqüências permitiram a elaboração de um modelo de evolução paleogeográfica para o Grupo Maricá, que pode ser dividido em 7 eventos principais:

(1) – Instalação de uma extensa planície fluvial de canais entrelaçados representada pelos depósitos da Formação Passo da Promessa. Esta planície fluvial se desenvolveu sobre as rochas metamórficas do Terreno Rio Vacacaí, marcando uma profunda discordância que limita o inicio de desenvolvimento de sua bacia —Bacia do Camaquã— em um ambiente intraplaca e anorogênico. A maturidade textural, as características litofaciológicas e a pouca a ausente variação lateral de fácies e sistemas deposicionais evidenciam que a bacia ocupava uma região de relevos aplainados e apresentava uma considerável extensão areal, onde as áreas fontes encontravam-se distantes dos sítios deposicionais. De acordo com os dados de proveniência e paleocorrentes, estas áreas situavam-se a sul e eram compostas por rochas pertencentes ao Cráton Rio de La Plata e, possivelmente, ao embasamento do Cinturão Dom Feliciano no Uruguai. Este sistema fluvial é composto basicamente por depósitos de bancos e barras arenosas, localmente,

conglomeráticas, e por depósitos de preenchimento de canais e de migração de formas de leito. Esta sucessão apresenta um padrão de empilhamento agradacional e progradacional, constituindo o trato de mar baixo da seqüência inferior do Grupo Maricá (Fig. 54A).

(2) – Com a subida do nível relativo do mar, a planície fluvial é recoberta por depósitos marinhos epicontinentais (tempestitos e turbiditos da Formação São Rafael), marcando uma superfície transgressiva que limita a base do trato transgressivo da Seqüência Maricá Inferior. Esta ingressão marinha é caracterizada por uma sucessão retrogradacional que evidencia o avanço da linha de costa em direção ao continente, de N para S (Fig. 54B).

(3) – O avanço máximo da linha de costa sobre o continente marca o evento de inundação máxima da bacia (superfície de inundação máxima), limitando o topo do trato transgressivo da Seqüência Maricá Inferior. Este evento está associado ao período de elevação máxima do nível relativo do mar (Fig. 54C).

(4) – As sucessões marinhas de topo da Seqüência Maricá Inferior (trato de mar alto) se caracterizam pela contínua progradação de fácies de plataforma marinha rasa sobre fácies de água profunda. Esta sucessão progradacional registra um recuo da linha de costa em direção ao corpo marinho, e o inicio de um período de rebaixamento do nível relativo do mar (Fig. 54D).

(5) – O recuo máximo do nível do mar permite a exposição subaérea da plataforma e o desenvolvimento de uma superfície erosiva, que limita a Seqüência Maricá Inferior da Seqüência Maricá Superior. Os depósitos situados acima desta superfície evidenciam a instalação de uma nova planície fluvial (Formação Arroio América), caracterizada pelo desenvolvimento de canais entrelaçados separados por barras arenosas e conglomeráticas. De acordo com os dados de paleocorrentes estas drenagens corriam para os quadrantes norte (NE e NW). A proveniência, semelhante à encontrada na sucessão fluvial basal, evidencia que as áreas fontes ainda eram caracterizadas pelas rochas paleoproterozóicas e arqueanas, possivelmente, pertencentes ao Cráton Rio de La Plata e ao embasamento do Cinturão Bom Feliciano no Uruguai (Fig. 55A).

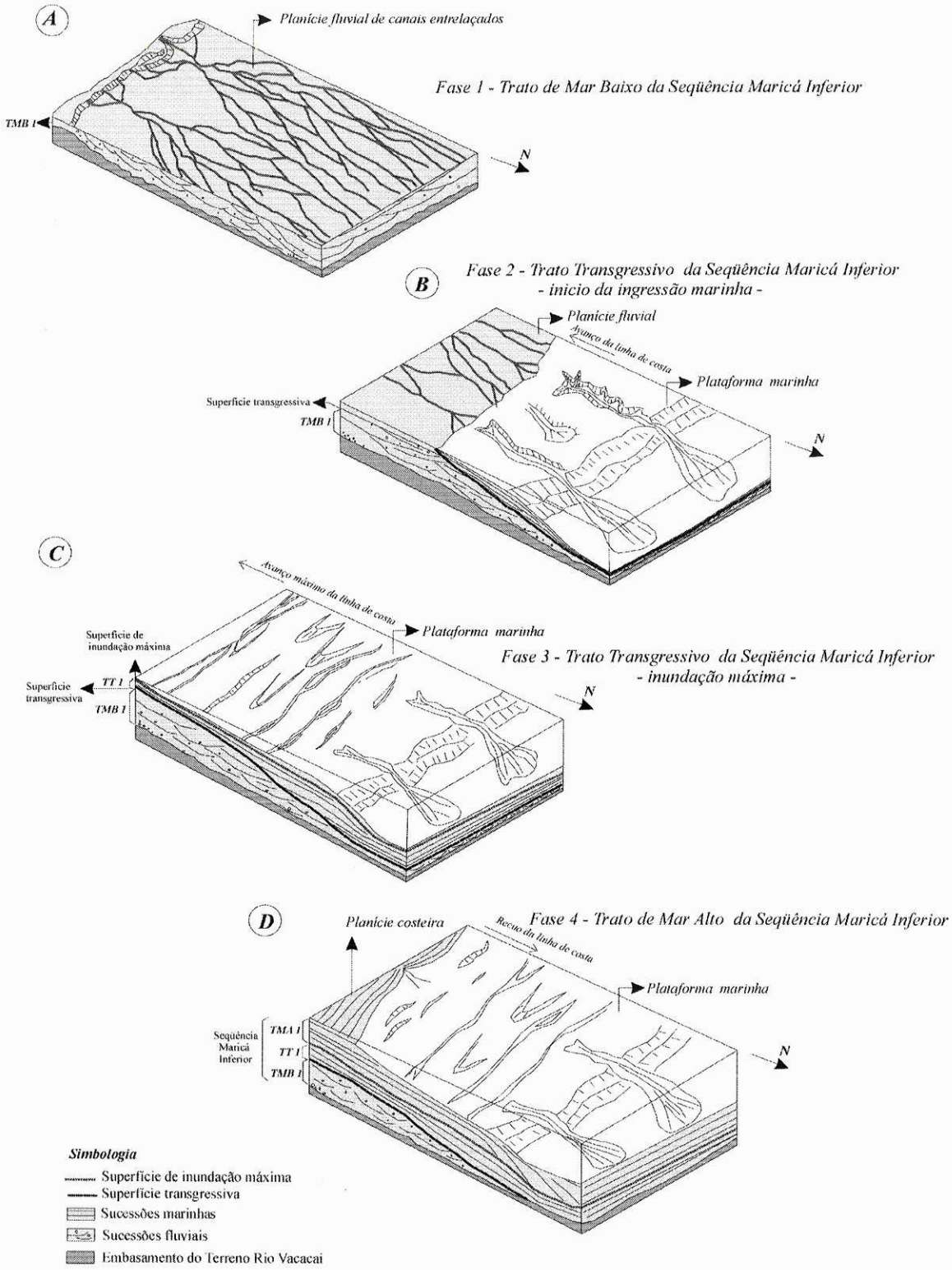


Figura 54- Modelo evolutivo em blocos diagramas da Seqüência Maricá Inferior idealizando os sistemas deposicionais no tempo e no espaço.

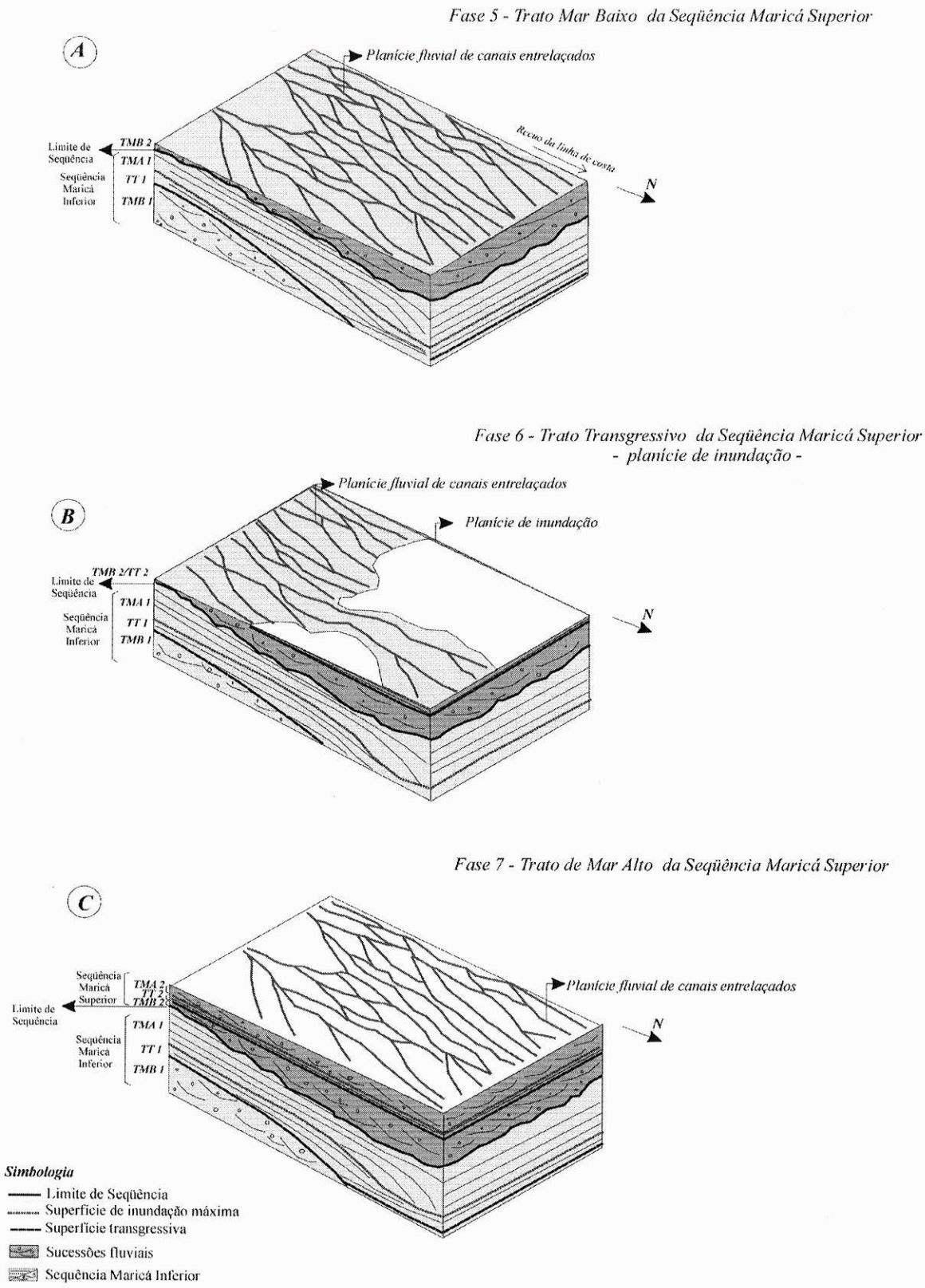


Figura 55- Modelo evolutivo em blocos diagramas da Seqüência Maricá Superior idealizando os sistemas deposicionais no tempo e no espaço.

(6) – Esta sucessão basal da Seqüência Maricá Superior é recoberta por dois níveis de sedimentos finos rítmicos que marcam períodos de inundação da planície fluvial. Estas inundações da bacia são interpretadas como associadas a períodos de elevações bruscas do nível de base, possivelmente relacionados a eventos de subsidência na bacia e de elevações do nível relativo do mar na costa. Estas sucessões de depósitos de planícies de inundação são agrupadas no trato transgressivo da Seqüência Maricá Superior (Fig.55B).

(7) – Os depósitos de topo do Grupo Maricá, situados acima destas superfícies de inundação, marcam o restabelecimento da planície fluvial de canais entrelaçados, com predomínio de fácies associadas ao desenvolvimento de dunas subaquáticas, formas de leito arenosas e barras arenosas e conglomeráticas. Esta sucessão caracteriza o final da deposição do Grupo Maricá (Fig. 55C). As rochas sub-vulcânicas e plutônicas que cortam todos os níveis estratigráficos do Grupo Maricá, e as rochas vulcânicas e vulcanossedimentares que recobrem por discordância erosiva (localmente angular) seus depósitos de topo, marcam uma mudança brusca nas condições tectônicas e ambientais da Bacia do Camaquã, que passa a ser afetada por forte atividade tectônica distensiva, conforme evidenciado pelos depósitos de bacias do tipo *rift* que caracterizam as sucessões de topo do Supergrupo Camaquã (Grupo Bom Jardim, Formação Acampamento Velho e grupos Santa Bárbara e Guaritas).

CAPÍTULO 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Grupo Maricá corresponde ao registro sedimentar mais antigo da Bacia do Camaquã, instalada sobre as unidades de embasamento pré-cambriano do Rio Grande do Sul durante o Neoproterozóico III. Junto ao mapeamento 1: 100.000 de todas suas ocorrências, o estudo estratigráfico e litofaciológico de seus depósitos, proveniência e paleocorrentes foram de suma importância na caracterização das condições tectônicas e paleogeográficas das fases iniciais de desenvolvimento da Bacia do Camaquã.

O reconhecimento regional do Grupo Maricá permitiu a separação de três unidades litoestratigráficas da categoria de formação, cujas superfícies limitantes coincidem com superfícies erosivas e de inundação. Dentro do quadro estratigráfico proposto para esta unidade, organizam-se, da base para o topo: (i) *Formação Passo da Promessa* - composta por uma associação de fácies (Associação de Fácies Passo da Promessa), que compreende, basicamente, depósitos de arcósios com estratificações cruzadas acanaladas, localmente conglomeráticos e formados em sistemas de planícies fluviais de canais entrelaçados; (ii) *Formação São Rafael* - sucessões de ritmitos arenosos, localmente pelíticos, formados, possivelmente, em ambientes de plataforma marinha com evidências de atuação de correntes de turbidez (Associação de Fácies Passo do Salsinho), de ondas de tempo bom e de tempestade (Associação de Fácies Lavras do Sul) e de sistemas marinhos rasos, possivelmente sob ação de maré (Associação de Fácies Três Estradas); e (iii) *Formação Arroio América* - sucessões de arcósios e arcósios conglomeráticos, localmente conglomerados e ritmitos (Associação de Fácies Arroio América), formados em sistemas fluviais, incluindo o desenvolvimento de depósitos de canais entrelaçados, de preenchimento de canais, de barras longitudinais e laterais e de planícies de inundação.

A correlação lateral destas associações de fácies em todas suas áreas de ocorrência permitiu a separação de duas seqüências estratigráficas dentro do Grupo Maricá, Seqüência Maricá Inferior e Seqüência Maricá Superior. O padrão de empilhamento das seqüências, as associações de fácies encontradas e a maturidade textural de seus depósitos permitem inferir que a bacia de acumulação apresentava uma grande extensão areal e um relevo aplainado, onde predominavam sistemas deposicionais distais.

Os dados de proveniência e de maturidade textural indicam que as áreas fontes, compostas basicamente por granitos com granada, tonalitos e álcalis feldspatos granitos, de isótropos a milonitizados, se encontravam distantes dos sítios deposicionais; de acordo com os dados de paleocorrentes, situados preferencialmente a sul. O estudo geocronológico dos seixos e calhaus aponta o Cráton Rio de La Plata e algumas áreas de exposição do embasamento arqueano e paleoproterozóico do Cinturão Dom Feliciano no Uruguai como possíveis unidades que compreendiam estas áreas fontes graníticas.

As interpretações paleoambientais e paleogeográficas, associadas à caracterização de uma área fonte cratônica, permitem inferir que o Grupo Maricá se depositou em uma bacia intracratônica, sem qualquer evidência de contribuição relacionada à atividade orogênica contemporânea. Desta forma, a discordância que separa o Grupo Maricá de seu embasamento (Terreno Rio Vacacaí) evidencia a independência tectônica de sua bacia em relação aos eventos de metamorfismo e deformação relacionados ao Ciclo Brasiliano na região.

Almeida D. del P.M., Lopes R.C., Lima L., Gomes C.H. 1999. Resultados preliminares do estudo petrográfico e geoquímico das rochas pertencentes ao Membro Rodeio Velho (Ordoviciano) - Bacia do Camaquã - RS/Brasil. *In*: Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados, 1. *Bol. Resumos*, p.15.

Almeida D. del P.M. de, Paim P.S.G., Vieira Jr. N. 1993 Caracterização petrográfica e geoquímica do vulcanismo eo-paleozóico das bacias do Camaquã e Santa Bárbara (RS). *Acta Geol. Leop.*, **37**: 145-185.

Almeida D. del P.M., Zerfass H., Basei M.A.S. 1996. Mineralogia, geoquímica e novas idades para o vulcanismo ácido da Bacia do Camaquã, RS. *In*: Cong. Bras. Geol. 39. Anais, **2**: 19-21.

Almeida F.F.M. 1967 Origem e evolução da Plataforma Brasileira. *Bol. Div. Geol. Min.* **241**: 1-36

Almeida F.F.M. 1969. Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira. *In*: Congr. Bras. Geol. 23. *Anais*, **1**:29-46.

Almeida F.F.M., Amaral G., Cordani U.G., Kawashita K. 1973. The Precambrian Evolutionof the South American Cratonic Margin south of the Amazon River. *In:* Nair & Stehli (Eds) *The Ocean Basin and Margins. Plenum,* New York, p. 1411-1446.

Almeida, R. P. 2001. Evolução Tectono-Sedimentar da Formação Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Ocidental, RS. São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado, 160p (inédito).

Almeida R.P. em prep. Tese de Doutoramento em preparação. IGc/USP.

Almeida R.P., Fambrini G.L., Fragoso-Cesar. 2001. Litoestratigrafia e seqüências deposicionais da Formação Santa Bárbara (Neoproterozóico III) em sua área tipo: Sub-Bacia Camaquã Ocidental. Rio Grande do Sul, Brasil. *In*: XI Congresso Latinoamericano de Geologia e II Congresso Urugayo, *Volume CDROM.*

Almeida R.P., Fambrini G.L., Fragoso-Cesar A.R.S. Submetido. Evolução estratigráfica do Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) na sub-bacia Camaquã Ocidental, Rio Grande do Sul, Brasil. Submetido à *Rev. Bras. Geoc.*

Ashley G.M. 1990. Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. *Jour. Sed. Pretrol.* **60**(2): 160-219.

Assine M.L. 1996. Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutoramento, 207p.

Babinski M., Chemale Jr, F., Hartmann L. A., Van-Schmus W.R., Silva L.C. da. 1995. Acresão juvenil no Bloco São Gabriel e retrabalhamento crustal no Cinturão Dom Feliciano durante o Ciclo Brasiliano: Evidências Isotópicas. *In*: Simp. Sul-Bras. de Geol. 6/ Encontro de Geol. do Cone Sul, 1. *Bol. de Res. Expan.* 105-107p.

Babinski M., Chemale Jr. F., Hartmann L. A., Van Schmus W.R., Silva L.C. da. 1996. Juvenile accretion at 750-700 Ma in southern Brazil. *Geology*, **24** (5): 439-442.

Barbosa A. F. 1957. A Série Maricá e sua posição na coluna geológica do Estado do Rio Grande do Sul. *Bol. da Soc. Bras. de Geo.*, **6**(2):5-19.

Beckel J. 1990. Metalogenía del Cu. Pb y Zn en la Cuenca de Camaquã, durante el ciclo Orogénico Brasiliano, RS (Brasil). Salamanca, Universidade de Salamanca. Tese de Doutoramento, 275 p.

Beurlen K. & Martins A. M. 1953 A idade da "Série" Camaquã e dos conglomerados do Seival, Rio Grande do Sul. *Engenharia, Mineração e Metalurgia.***18**(108):307-308.

Beurlen K. & Martins A. M. 1956. O Escudo Sul-Rio-Grandense: conceito geológico e paleogeográfico. *Bol. Mus. Nac.*, **23**:1-25

Beurlen K., Sena-Sobrinho M., Martins E.A. 1955. Formações gonduânicas do Rio Grande do Sul. *Bol. Mus. Nac. Geol.* **22**: 1-55.

Bongiolo E.M., Mexias A.S., Santos J.O.S., Hartmann L. A., Conceição R.V., Gomes M.E.B., Formoso M.L.L. 2003. Geocoronologia do hidrotermalismo versus magmatismo no distrito aurífero de Lavras do Sul/RS. *In*: I Encontro sobre a estratigrafia do RS: Escudo e Bacias. SBG. *Bol. Res.*, p.83-88.

Bonhomme M.E., Ribeiro M.J. 1983. Datações K-Ar das argilas associadas a mineralizações de cobre da Mina Camaquã e de suas encaixantes. *In*: Simp. Sul-Bras. de Geol., 1., *Atas* **1**: 82-88.

Bossi J. & Campal N. 2003. Estratigrafia Del basamento predevonico de Uruguay: Terrenos-estratigráficos y geocronologia. *In*: I Encontro sobre a estratigrafia do RS: Escudo e Bacias. SBG. *Bol. Res*, p.43-48.

Bossi J., Campal N., Civetta L., Girardi V.A.V., Mazzuchelli M., Negrini L., Rivalenti G., Fragoso-Cesar A.R.S., Sinigoi S., Teixeira W., Piccirillo E.M., Molesini M. 1993. Early Proterozoic dike swarms from western Uruguay: geochemistry, Sr-Nd isotopes and petrogenesis. *Chemical Geology*, **106**(3-4): 263-277.

Bouma A.H. 1962. *Sedimentology of some flysch deposits*. Amsterdam, Elsevier. 168p.

Brito-Neves B.B., Campos-Neto M.C. Fuck R.A. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan Africano Cycle and orogenese collage. *Episods*, **22**:155-166.

Campos-Neto M.C. 2000. Orogenic systems from Southwestern Gondwana: an approach to Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage in Southeastern Brasil. *In*: Cordani, U.G. E.J. Milani, A. Thomaz-Filho, D.A. Campos (eds) *Tectonic Evolution of South America*. 31thInternational Geological Congress, 2000. p. 335-368.

Carvalho P.F. 1932. Reconhecimento Geológico no Estado do Rio Grande do Sul. *Bol. Serv. Geol. Mineral.*, **66**:1-72.

Chemale Jr. F. 2000. Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense. *In*: M. Holz & L.F. De Ros (eds) *Geologia do Rio Grande do Sul.*CIGO/UFRGS. p.13-52.

Chemale Jr. F., Babinski M., Van-Schmus W.R., Wildner W., Lima E.F. 1997. U-Pb and Sm-Nd isotopic studies of Neoproterozoic to early Paleozoic belts in southern Brazil. *In*: South-American Symposium on Isotope Geology. Campos do Jordão, São Paulo, Brazil. Exten. Abst., 71.

Chemale Jr. F., Hartmann L.A., Babinski M., Wildner W., Van-Schmus W.R. 1994. Evolução tectônica do Bloco São Gabriel, RS. *In*: Congr. Bras. Geol, 38, *Bol. Res. Expan.* **1**: 232-233.

Christie-Blick N. & Biddle K. T. 1985. Deformation and basin formation along strike-slip faults. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication* **37**, p.1-34.

Collinson J.D. 1996. Alluvial sediments. *In*: H.G. Reading (ed) *Sedimentary Environments; Processes, Facies and Stratigraphy*. 3ed. Oxford, Blackwell Science, p. 37-82.

Cordani U.G., Halpern M., Berenholc M. 1974. Comentários sobre as determinações geocronológicas na Folha Porto Alegre. *In*: Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Texto explicativo das Folhas Porto Alegre e Lagoa Minim. DNPM, Brasília, p. 70-85.

Cordani U.G., Melcher G.C., Almeida F.F.M. 1968. Outline of the Precambrian Geochronology of South America. *Can. Jour. Earth. Sci.*, **5**:629-632

Corêa C.R.A. 2002. Análise estratigráfica do Grupo Bom Jardim (Neoproteroterozóico III) na região do Cerro do Bugio, Município de Caçapava do Sul-RS. Monografia de Trabalho de Formatura. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 37p.

Dalrymple R.W. 1992. Tidal depositional systems. *In*: Walker & N.P James (Eds) *Facies Models: Response to Sea Level Changes*. Ontaro, Canada. Geol. Assoc. Can., p. 195-218

Dalziel I.W.D. 1991. Pacific margins of Laurentia and East Antarctica-Australia as a conjugate rift pair: Evidence and implications for an Eocambrian supercontinent. *Geology*, **19**: 598-601.

Dalziel I.W.D. 1992. On the organization of American plates in the Neoproterozoic and the breakout of Laurentia. *GSA Today*, **11**(2): 237-241.

Dalziel I.W.D. 1997. Neoproterozoic-Paleozoic geography and tectonics: Review, hypothesis environmental speculation. *GSA Bulletin*. **109** (1): 16-42.

De Raff J.F.M., Boersma J.R., Van Gelder A. 1977. Wave generated structures and sequences from a shallow marine succession. Lower Carboniferous, County Cork, Ireland. *Sedimentology*, **4**: 1-52.

De Ros L.F & Moraes M.A.S.1984. Seqüência diagenética em arenitos: uma discussão inicial. *In*: Cong. Bras. Geol. 33 *Anais*, **2**: 894-904

Dolianiti E. 1945. Descoberta de Fósseis na Formação Maricá, Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Mine. Meta*. **9** (51) :110.

Dolianiti E. 1954. Gangamopteris Augustifolia e G, Buriadica na Formação Maricá , Estado do Rio Grande do Sul. *Notas preliminares Estu. Div. Geolo. Miner*. Rio de Janeiro, **87**:1-6.

Dott R.H.Jr. & Bourgeois J. 1982. Hummocky stratification: significances of its variable bedding sequences. *Bull. Geol. Soc, Am.*, **93**: 663-680.

Emery D. & Myers K. 1996. *Sequence stratigraphiy*. Uxbridge, London, 320p.

Faccini U.F. Paim P.S.G., Fragoso-Cesar A.R.S. 1987. Análise faciológica das molassas brasilianas na região das Minas do Camaquã, Eo-paleozóico do RS. *In*: Simp. Sul-Bras. de Geol., 3., Atas. **1**: 75-91.

Fambrini G.L. 1998. O Grupo Camaquã (transição Proterozóico-Cambriano) na região das Minas do Camaquã (RS): análise estratigráfica de fácies, proveniência e paleocorrentes. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 182p.

Fambrini G.L. 2003.O Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) da Bacia do Camaquã, Rio Grande do Sul. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 264p.

Fambrini G.L., Fragoso-Cesar A.R.S., Riccomini C., Janikian L., Almeida R.P., Pelosi A.P.M.R. 2001. Tectônica extensional sin-deposicional na Formação Santa Bárbara, Bacia do Camaquã, RS (Neoproterozóico III-Cambriano Inferior). *In*: Simp. Nac. de Est. Tect, 8, *Anais*, p.149-152.

Fambrini G.L., Fragoso-Cesar A.R.S., Silva-Filho W.F. da, Teixeira G., Sayeg H.S., Machado R. 1998. Análise estratigráfica de fácies, proveniência e paleocorrentes do Grupo Camaquã (transição proterozóico -fanerozóico) na Mina Uruguai e suas implicações na evolução tectono-sedimentar da Bacia Camaquã, RS. *Boletim IG-USP, Sér. Científica*, **29**: 39-69.

Fambrini G.L., Janikian L., Almeida R.P., Fragoso-Cesar A.R.S. 2003. O Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) na Sub-Bacia Camaquã Central, RS. *In*: I Encontro sobre a estratigrafia do RS: Escudo e Bacias. SBG. *Bol. Resumos*, p.116-122.

Fambrini G.L., Janikian L., Almeida R.P., Fragoso-Cesar A.R.S. Submetido. O Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) na sub-bacia Camaquã Central, RS: sistemas deposicionais, paleogeografia e implicações tectônicas. Submetido à *Rev. Bras. Geoc.*

Folk R.L. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. The University of Texas, Austin, Hemphill's, 170pp.

Fragoso-Cesar A. R. S. 1980. O Cráton do Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. *In*: Cong. Bras. Geol. 31, *Anais* **5**: 2879-2892.

Fragoso-Cesar A. R.S. 1990. Tectônica de Placas no Bloco São Gabriel (RS) em base nos dados geológicos, geocronológicos e geoquímicos. *In*: "Workshop" Geoquímica isotópica e litoquímica das regiões sul e sudeste do Brasil. *Bol. de Resumos*, p. 8-16.

Fragoso-Cesar A.R.S. 1991. Tectônica de Placas no Ciclo Brasiliano: as orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 366 p.

Fragoso-Cesar A.R.S., Almeida R.P., Fambrini G.L., Pelosi A.P.M.R., Janikian L. 2003. A Bacia Camaquã: um sistema de intracontinental anorogênico de *rifts* do Neoproterozóico III-Eopaleozóico no Rio Grande do Sul. *In*: Encontro sobre a Estratigrafia do RS: Escudo e Bacias, 1, *Bol. Resumos*, p.139-144.

Fragoso-Cesar A.R.S, Faccini U.F., Paim P.S.G., Lavina E.L., Altamirano J.A.F. 1985. Revisão na Estratigrafia das Molassas do Ciclo Brasiliano no Rio Grande do Sul. *In*: Simp. Sul-Brasileiro de Geol., 2., *Anais*, p.477-491.

Fragoso-Cesar A.R.S., Fambrini G.L., Almeida R., Pelosi A.P.M.R., Janikian L., Riccomini C., Machado R., Nogueira A.C.R., Saes G.S. 2000 The Camaquã extensional basin: Neoproterozoic to early Cambrian sequences in southernmost Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*-Brazilian Contributions to 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brasil, 2000. **30** (3): 438-441.

Fragoso-Cesar A.R.S., Fambrini G.L., Riccomini C., Janikian L., Almeida R.P., Pelosi A.P.M.R., Machado R. 2001. Estruturas induzidas por abalos sísmicos na Formação Santa Bárbara (neoproterozóico III-eocambriano), Bacia do Camaquã, RS: o exemplo do Passo da Capela. *Rev. Bras. Geoc.* **31**(2): 155-162.

Fragoso-Cesar A.R.S., Lavina E.L., Paim P.S.G., Faccini U.F. 1984. A Antefossa Molássica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo do Rio Grande do Sul. *In*: Cong. Bras. Geol., 33. *Anais*, 7: 3272-3283.

Fragoso-Cesar A.R.S., Silva-Filho W.F., Fambrini G.L., Machado R., Riccomini C., Almeida R.P., Pelosi A.P.M.R., Janikian L. 1999. Significado tectônico do magmatismo Rodeio Velho no Rift Guaritas (Eopaleozóico do Rio Grande do Sul, Brasil). *In*: Simpósio Sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, 1, *Bol. de Res.*, p. 16.

Fragoso-Cesar A.R.S., Silva-Filho W.F. da, Sayeg H.S., Fambrini G.L., Saes G.S.; Machado R., Almeida T.I.R. 1998. O Grupo Guaritas (Eopaleozóico do Rio Grande do Sul): testemunho do primeiro evento deposicional da Bacia do Paraná?. *Ana. Acad. Bras. Ciên.*, **70** (3): 690.

Fragoso-Cesar A.R.S., Wernick, E., Soliani Jr. E. 1982. Evolução geotectônica do Cinturão Dom Feliciano- Uma contribuição através da aplicação do modelo da Tectônica de Placas. *In*: Cong. Bras. Geol. 32. *Anais*. **1**: 13-23.

Galloway W.E. 1989. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: architeture and genesis of flooding-surface bounded deposicional units. *Amer. Assoc. Petrol. Bull*, **73**:125-142.

Goñi J.C., Goso H., Issler R.S. 1962. Estratigrafia e Geologia Econômica do Pré-Cambriano e Eo-Paleozóico Uruguaio e Sul-Rio-Grandense. *Avulso da Escola de Geologia, Universidade do RGS*, Porto Alegre, **3**: 1-105.

Gresse P.G., Chemale Jr. F, Silva L.C., Walraven F, Hartmann L.A. 1996. Late- to post-orogenic basins of the Pan-African-Brasiliano collision orogen in southern Africa and southern Brazil. *Basin Research*, **8** (2): 157-171.

Harms J.C., Southards J.B., Walker R.G. 1982. Strucutures and sequences in clastic rocks. *Soc.Econ. Paleontol. Mineral Short Course* **9**.

Hartmann L.A. Campal N., Santos J.O.S., McNaugton N.J. Schipilov A., Lafon J. 2001. Archean crust in the Rio de La Plata Craton, Uruguay: SHIRIMP U-Pb zircon reconnaissance geochronology. *Juor. South Am. Earth. Sci.* **14**: 557-570.

Hartmann L.A., Porcher C. C., Remus M.V.D. 2000. Evolução das rochas metamórficas do Rio Grande do Sul. *In*: M. Holz & L.F. De Ros (eds) *Geologia do Rio Grande do Sul.*CIGO/UFRGS. p.79-118.

Hartmann L.A., Silva L.C., Remus M.V.D., Leite J.A.D., Philipp R.P. 1998. Evolução geotectônica do sul do Brasil e Uruguai entre 3,3 Ga e 470 Ma. *In*: Congreso Uruguayo de Geologia, 2, *Actas SUG*/Facultad de Ciencias, 277-284.

Hasui Y.,Carneiro C.D.R., Coimbra A.M. 1975. The Ribeira Folded Belt. *Rev. Bras. Geoc.*, **5** (4): 257-266.

Hoffman P.F., Kaufman A.J., Halverson G.P., Schrarg D.P. 1998. A neoproterozoic Snowball Earth. *Science* **281**:1342-1346.

Hoffman P.F. & Shrag D.P. 2002. The snowball Earth hypothesis: testing and limits of global change. *Terra Nova*, **14:**129-155p.

Ibbeken H. & Schleyer R. 1991. *Source and Sediment - A case study of provenance and mass balance at an active plate margin (Calabria, southern Italy)*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 286 p.

Ingersoll R.V.& Busby C.J. 1995. Tectonics of Sedimentary Basins. In: Busby, C. J. & Ingersoll, R. V. (Eds) *Tectonics of Sedimentary Basins*, Blackwell Science. p:1-52.

Janikian L. 2001. Evolução paleoambiental do Grupo Camaquã na região de Bom Jardim, Sub-Bacia do Camaquã Central, RS. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 150p.

Janikian L. 2004.Seqüências deposicionais e evolução paleoambiental do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho, Supergrupo Camaquã, Rio Grande do Sul. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 189p

Janikian L., Almeida R.P. Fragoso-Cesar A.R.S., Fambrini G.L. 2003. Redefinição do grupo Bom Jardim (Neoproterozóico III) em sua área-tipo: litoestratigrafia, paleogeografia e significado tectônico das sucessões vulcano-sedimentares do Supergrupo Camaquã, RS. *Rev. Bras. Geoc.* **33** (4):347-360.

Janikian L. Almeida R.P, Fragoso-Cesar A.R.S., Corrêa C.R.A., Pelos A.P.M.R. submetido. Evolução paleoambiental e seqüências deposicionais do Grupo Bom Jardim e Formação Acampamento Velho (Supergrupo Camaquã) na porção norte da Sub-Bacia Camaquã Ocidental. *Rev. Bras. Geoc.*

Jervey, M. T. 1988. Quantitative geological modelling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression. *In*: C.K Wilgus; B.S. Hastings; C.G.St.C Kendall; H.W Posamentier; C.A Ross; J.C Van Wagoner (Eds) Sea-level Changes - An Integrated Approach. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, **42**: 47-70.

Johnson H.D. & Baldwin C.T. 1996. Shallow clastic seas. *In*: H.G Reading (ed) *Sedimentary Environments; Processes, Facies and Stratigraphy*. 3ed. Oxford, Blackwell Science, p.232-280.

Jordan T.E. 1995. Retroarc Foreland and Related Basins. *In*: Busby, C. J. & Ingersoll, R. V. (Eds) *Tectonics of Sedimentary Basins*, Blackwell Science. p.331-362.

Klein G.D. 1995. Intracratoni Basins. *In*: Busby, C. J. & Ingersoll, R. V. (Eds) *Tectonics of Sedimentary Basins, Blackwell Science*. p.459-478.

Lavina E.L., Faccini U.F., Paim P.S.G., Fragoso-Cesar A.R.S. 1985 Ambientes de sedimentação da Bacia do Camaquã, Eo-Paleozóico do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, **21**(9): 185-227.

Leighton M.W. & Kolata D.R. 1990. Selected interior cratonic basins and their place in the scheme of global tectonics – a synthesis. *In*: M.W. Leighton, D.R. Kolata, D.F. Oltz, J.J Eidel (Eds.) *Interior cratonic basins*. Tulsa, *AAPG Memoir* **51**: 729-797.

Leinz V., Barbosa A.F., Teixeira G.A. 1941. Mapa Geológico Cacapava-Lavras. *Bol. da Div. de Prod. Min. da Secr. de Agri., Ind. e Com.*, Porto Alegre, **90**: 1-39.

Leite J.A.D. 1995. Datação Schrimp U/Pb em zircões e o exemplo de dois corpos graníticos contrastantes no Escudo Sul-Riograndense. *In*: Simp. Sul-Brasileiro de Geologia,6/ Encontro de Geologia do Cone Sul,1, *Bol. de Res. Expan.*, p.5-12.

Leite J. A.D. 1997. A origem dos hazburgitos da Seqüência Cerro Mantiqueiras e implicações tectônicas para o desenvolvimento do Neoproterozóico na porção oeste do escudo Sul-riograndense. Tese de doutoramento, IG-UFRGS, Porto Alegre. 224p. (inédito).

Leite J.A.D., McNaughton N.J., Hartmann L.A., Chemale Jr. F. 1998. SHIRIMP U/Pb zircon geochronologogy of Neoproterozoic juvenile and crustal-reworked terranes in Southermost Brazil. *International Geology Review*, **40**:688-705.

Leites S.R., Lopes R.C., Wildner W., Porcher C.A., Sander A. 1990. Divisão litofaciológica da Bacia do Camaquã na Folha Passo do Salsinho, Caçapava do Sul -RS, e sua interpretação paleoambiental. *In*: Congr. Bras. Geol., 36, *Anais*.**1**: 300-312.

Lima E.F. & Nardi L.S.V. 1992. O magmatismo shoshonítico no estado do Rio Grande do Sul. Uma revisão. *Pesquisas*, **19**(2): 190-194.

Lima E.F. & Nardi L.S.V. 1998. The Lavras do Sul Shoshonitic Association: implications for the origin and evolution of Neoproterozoic shoshonitic magmatism in southermost Brazil. *Jour. South Ame. Earth Sci.* **11**(1): 67-77.

Lopes .R.C., Wildner W., Sander A., Camozzato E. 1999. Alogrupo Guaritas: Aspectos gerais e considerações sobre o posicionamento do vulcanismo Rodeio Velho (enceramento do ciclo Brasiliano ou instalação da Bacia do Paraná?). *In*: Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados, 1. *Bol. Res.* p.17.

Lowe D.R. 1979. Sediment gravity flows: their classification and some problems of application to natural flows and deposits. *Soc. Econ. Paleo. Min. Spec. Pub.* **27**: 75-82.

Lowe D.R. 1982. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Jour. of Sedim. Petrol.* **52** (1): 279-297.

Machado N., Kope J.C., Hartmann L.A. 1988. Upper Proterozoic zircon age from Bossoroca Complex, RS. In: Intern. Confer. On Geochemistry and Evolution of Continental Crust, Poços de Caldas, Brasil, *Abstracts*, p.305.

Machado N., Kope J.C., Hartmann L.A. 1990. A Late Proterozoic U-Pb age for the Bossoroca Belt, Rio Grande do Sul, Brazil. *Jou. of Sou. Amer. Earth Sci.* **3**(2/3): 87-90.

Maldonado S., Piñeyro D., Schipilov A., Bossi J. 2003 El Transamazoniano en Uruguay - Terreno Piedra Alta. *In*: Encontro sobre a Estratigrafia do RS: Escudo e Bacias, 1, *Bol. Resumos*, p.71-76.

Martins E.A .1948. Fósseis marinhos na Série Maricá, estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Mine. Metal.*, **12**(71):237-39.

Martins E. A. 1951. Aviculopecten cambahyensis n.sp. do permocarbonífero do Rio Grande do Sul. *Boletim do Museu Nacional*, **13**: 1-5.

Martins E. A . 1952. Uma hipótese sobre o gondwana do Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Engen. Mine. Meta.* **18**(103):47.

Martins E.A. & Sena-Sobrinho M. 1950. Novos fósseis e a idade da Formação Maricá , Rio Grande do Sul. *Bol. Mus. Nac.*, **8**:1-7.

Martins E.A. & Sena-Sobrinho M. 1952. Perfil geológico de São Gabriel a Cambaí-Grande, Rio Grande do Sul. *Bol. Mus. Nac.*, **16**:1-7.

Martins E.A. & Sena-Sobrinho M., Beurlen,K. 1955. Novos reconhecimentos geológicos no Rio Grande do Sul. *Bol. Mus. Nac.***19**:1-21

Melcher G. C. & Mau H. 1960. Novas observações geológicas na região de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul. *An. Acad. Bras. Ciências*, **32** (2): 43-50.

Miall A.D. 1974. Palaeocurrent analysis of alluvial sediments: a discussion of directional variance and vector magnitude. *J Sediment. Petrol.*, **44** (4):1174-1185.

Miall A.D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided-rivers deposits: a summary. In: A.D. Miall (ed) *Fluvial Sedimentology*. Calgary, Canadian Society of Petroleum Geologists, 597-604 (*Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir n.5*)

Miall A.D. 1985 Arquitetural-element analysis: anew method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Sci. Rev.* **22**: 261-308.

Miall A.D. 1990. *Principles of sedimentary basin analysis*. 2nd ed., New York, Springer-Verlag, 668 pp.

Miall A.D. 1992. Aluvial Deposits. In: R.G. Walker & N.P James (Eds) *Facies Models: Response to Sea Level Changes*. Ontaro, Canada. Geol. Assoc. Can., p.119143.

Miall A.D. 1995. Collision-Related Foreland Basins. In: Busby, C. J. & Ingersoll, R. V. (Eds) *Tectonics of Sedimentary Basins*, Blackwell Science. p.393-424.

Miall A.D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York. 582pp.

Milani E.J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutoramento, 255p.

Milani E.J. 2000. Geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental e a Evolução Geológica da Bacia do Paraná. *In*: M. Holz & L.F. De Ros (eds) *Geologia do Rio Grande do Sul*.CIGO/UFRGS. p.275-302.

Milani E.J. 2004. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *In:*V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.Ré Carneiro, B.B. de Brito-Neves (Eds) *Geologia do continente Sul-Americano – Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca editora. p.265-279.

Milani E.J. & Ramos V.A. 1998. Orogenias Paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os Ciclos de Subsidência da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.*, **28** (4):473-484.

Milani E.J. & Thomaz-Filho A. 2000. Sedimentary Basins of South America. *In*: Cordani, U.G. E.J. Milani, A. Thomaz-Filho, D.A. Campos (eds) *Tectonic Evolution of South America*. 31thInternational Geological Congress, 2000. p.389-452.

Mitchum R.M., Vail P.R., Thompson III S.1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea-level, part 2: the depositional sequece as a basic unit for stratigraphic analysis. *In*: C.E. Payton (ed) Seismic Stratigraphiy - Applications to hydrocarbon Exploration. *Memoir of the American Association of Petroleum Geologists*. Tulsa, **26**: 53-62.

Morenghi C.L., Pelosi A.P.M. R., Fragoso-Cesar A.R.S. 2002. Caracterização litofaciológica dos depósitos fluviais da Formação Maricá (Neoproterozóico III) Rio Grande do Sul. *In*: Cong. Bras. Geol. 41, *Anais*, p320.

Mutti E. 1977. Distinctive thin-bedded turbidite facies and related depositional environments in the Eocene Hecho Group (south-central Pyrenees, Spain). *Sedimentology*, **24**(1): 107-131.

Mutti E. & Normark W.R. 1991. An intregated approach to the study of turbidite systems . *In*: P.Weimer & M.H. Link (eds.) *Seismic facies and sedimentary process of submarine fans and turbidite systems*. Springer-Verlag, p. 75-106.

Mutti E., Tinterri R., Remacha E., Mavilla N., Ângela S., Fava L. 1999. *An introduction to the analysis of ancient turbidite basins from an outcrop perspective*. AAPG Continuing Education Course Note Series **39**, Tulsa, 61p.

Myers K.J & Milton N.J. 1996. Concepts and Principles of Sequece Stratigraphy. *In*: D. Emery & K.J. Myers (eds) *Sequence Stratigraphy*, Oxford, Blackwell Science, p.11-42.

Nardi L.S.V. & Hartmann L.A. 1979. O Complexo Santa Maria Chico do Escudo Sul-rio-grandense. *Acta Geológica Leopoldensia*, **6**: 45-75p.

Nardi L.S.V. & Lima E.F.1985. A Associação Shoshonítica de Lavras do Sul, RS. *Rev. Bras. Geoc*, **15**(2): 139-146.

Nardi L.S.V.& Lima E.F. 2000. O magmatismo shoshonítico e alcalino da Bacia do Camaquã - RS. *In*: M. Holz & L.F. De Ros (eds) *Geologia do Rio Grande do Sul*.CIGO/UFRGS. p.119-131.

Naumann M.P. 1984. O Complexo vulcano-sedimentar ultramáfico e granitóides da região de Ibaré. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 123p.

Netto R.G., Paim P.S.G., Rosa C.L.M. 1992. Registro Preliminar da ocorrência de traços fósseis em sedimentos das Bacias do Camaquã e Santa Bárbara. *In*: Workshop sobre as Bacias Molássicas Brasilianas, 1, *Bol. de Res. Expan.*, p.90-96.

Nilsen T. H. & Sylvester A. G. 1995. Strike-Slip Basins. *In*: Busby, C. J. & Ingersoll, R. V. - *Tectonics of Sedimentary Basins*, Blackwell Science. p. 425-457.

Oliveira, J.M.M.T. 1992. Formação Arroio dos Nobres: Depósitos marinhos ou continentais? Uma discussão. *In*: Workshop sobre as Bacias Molássicas Brasilianas, 1., São Leopoldo, 1992. *Boletim de Resumos Expandidos*. São Leopoldo, SBG/UNISINOS, p. 106-112.

Oliveira, J.M.M.T. & Fernandes, L.A.D. 1991. Estágios finais da evolução do Cinturão Dom Feliciano: Tectônica e sedimentação da Formação Arroio dos Nobres. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 3., Rio Claro, 1991. *Boletim de Resumos Extensos*, Rio Claro, SBG, p. 58-59.

Oliveira, J.M.M.T. & Fernandes, L.A.D. 1992. Bacias molássicas brasilianas; mito ou realidade? *In*: Workshop sobre as Bacias Molássicas Brasilianas, 1., São Leopoldo, 1992. *Boletim de Resumos Expandidos*. São Leopoldo, SBG/UNISINOS, p. 97-105.

Paim P.S.G. 1994. Depositional Systems and Paleogeographical Evolution of the Camaquã and Santa Bárbara Basins, Brazil. Philosofer Doctor Thesis, University of Oxford. v.I, 277 p.

Paim P.S.G., Chemale Jr. F., Lopes R.C. 2000. A Bacia do Camaquã. *In:* M. Holtz & L.F. De Ros (eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul* p.231-274.

Paim P.S.G., Faccini U.F., Netto R.G., Nowatzki C.H. 1992. Estratigrafia de seqüências e sistemas deposicionais das bacias do Camaquã e Santa Bárbara, Eopaleozóico do RS (Brasil). *Universidad Nacional de Tucumán, Serie Correlácion Geologica*, **9**: 41-45.

Paim P.S.G., Lopes R.C., Chemale Jr. F. 1995. Aloestratigrafia, sistemas deposicionais e evolução paleogeográfica da Bacia do Camaquã -Vendiano Superior/ Ordoviciano Inferior do RS. *In*: Simp. Sul-Brasileiro de Geologia,6/ Encontro de Geologia do Cone Sul,1., *Bol. de Res. Expan.*, p.39-50.

Paim P.S.G. & Scherer C.M.S. 2003.Arquitetura estratigráfica de sucessõesflúvio-eólicas: o exemplo do Alogrupo Guaritas na região da Pedra Pintada, Rio Grande do Sul, Brasil. *In*: P.S.G. Paim, U.F. Faccini & R.G. Netto (eds) *Geometria, arquitetura e heterogenidades de corpos sedimentares - Estudo de Casos*.UNISINOS. FINEP. p.38-58.

Pelosi, A P.M.R. -1998- Análise estratigráfica de fácies, proveniência e paleocorrentes em uma seção entre Lavras do Sul e Caçapava do Sul, RS, em unidades basais do Grupo Camaquã (Neoproterozóico III - Cambriano).São Paulo, SP. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Monografia de Trabalho de Formatura. 55p.

Pelosi A.P.M.R. 2001. Evolução paleogeográfica das formações Maricá e Crespos (Neoproterozóico III) na porção norte de Sub-Bacia do Camaquã Ocidental, Caçapava do Sul, RS. São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 153p.

Pelosi A.P.M.R. & Fragoso-Cesar. 2003. Proposta litoestratigráfica e considerações paleoambientais sobre o Grupo Maricá (Neoproterozóico III), Bacia do Camaquã, Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. de Geoc.* **33** (2): 137-148.

Pelosi A.P.M.R., Morenghi C.L., Fragoso-Cesar A.R.S. 2002. Análise de Proveniência da Formação Maricá, Neoproterozóico III do RS. In: Cong. Bras. Geol. 41, *Anais*, p670.

Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R. 1987. *Sand and sandstone*. Springer-Velarg 617p.

Picada R.S. 1971. Ensaio sobre a tectônica do Escudo Sul-rio-grandense: Caracterização dos sistemas de falhas. In: Cong. Bras. Geol. 25. *Anais*, p.167-191.

Pimentel M.M., Fuck R.A., Jost H., Ferreira-Filho C.F., Araújo S.M. 2000. The basement of the Brasilia Fold Belt and Goias Magmatic Arc. *In*: Cordani, U.G. E.J. Milani, A. Thomaz-Filho, D.A. Campos (eds) *Tectonic Evolution of South America.* 31thInternational Geological Congress, 2000. p.195-230.

Pinto I.D. 1947. Novos Fósseis na Formação Maricá .*Boletim da Faculdade de Ciências e Letras,Porto Alegre*, **1** (1):9.

Pinto I.D. 1949. Contribuição ao reconhecimento de novos fósseis na Formação Maricá (Afloramento Budó). *Publicação da Faculdade de Filosofia da Universidade Federeal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre*, **2** :1-6.

Pinto I. D. 1955. Série Maricá, Camaquã e Formação Teixeira Soares no Rio Grande do Sul - Histórico, idade e correlação. *Boletim do Instituto de Ciências Naturais, Porto Alegre*, **2**:5-18.

Porcher C.A., Leites S.R., Ramgrab G.E., Camozzato E. 1995. Mapa geológico da Folha Passo do Salsinho, estado do Rio Grande do Sul. Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil. CPRM-RS, 339p.

Posamentier H.W., Jervey M. T., Vail P.R. 1988. Eustatic controls on clastic deposition I - conceptual framework. *In:* C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.St.C. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross, J.C. Van Wagoner (Eds) Sea-level Changes - An Integrated Approach. *Soc. Eco. Paleo. Miner. Spec. Publ.*, **42**: 110-124.

Posamentier H.W.& Vail P.R. 1988 Eustatic controls on clastic deposition I- sequence and system tract models. In: C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.St.C. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross, J.C. Van Wagoner (Eds) Sea-level Changes - An Integrated Approach. *Soc. Eco. Paleo. Miner. Spec. Publ.*, **42**: 125-157.

Potter P.E. & Pettijohn F.J. 1977. *Paleocurrents and basin analysis*. 2nd ed., Springer-Verlag, New York, 425 p.

Powers M.C. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. *Jour. Sediment. Petrol.*, **23**: 117-119.

Reading H.G & Collinson J.D. 1996. Clastic coasts. In: H.G Reading (ed) *Sedimentary Environments; Processes, Facies and Stratigraphy*. 3ed. Oxford, Blackwell Science, p.154-232.

Remus M.V.D., McNaughton N.J., Hartmann L.A., Fletcher I.R. 1997. U-Pb SHIRIMP zircon dating and Nd isotope data of granitoids of São Gabriel Block, Southern Brazil: evidence for Archean/Paleoproterozoic basement. *In*: International Simp. on granites and associated mineralizations, 2, Salvador, *Exten. Abstracts*. **1**: 217-272.

Remus M.V.D McNaughton N.J., Hartmann L.A., Fletcher I.R. 1999. Gold in the Neoproterozoic juvenile Bossoroca Volcanic Arc of southernmost Brazil: isotopic constraints on timing and sources. *Jour. South Ame. Earth Sci.* **12**:349-366.

Ribeiro M. 1983. Informes sobre a Formação Maricá. *Inheríngia*, Série Geologia, Porto Alegre, **7**: 1-50.

Ribeiro M., Bocchi P.R., Figueiredo Filho P.M., Tessari R.I. 1966. Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul. *Bol. Div. Fom. Prod. Min.* DNPM, Rio de Janeiro, **127**: 1-232.

Ribeiro M. & Fantinel L.M. 1978 Associações petrotectônicas do Escudo Sul-Riograndense: I Tabulação e distribuição das associações petrotectônicas do Escudo do Rio Grande do Sul. *Inheríngia*, Série Geologia, Porto Alegre, **5**: 19-54.

Robertson J.F. 1966. Revision of stratigraphy and nomenclature of rock units in Caçapava Lavras Region. *Notas e Estudos, IG-UFRGS*, **1**(2): 41-54.

Roisenberg A., Loss E.L., Altamirano, J.A.F., Ferreira, AC. 1983. Aspectos petrológicos e geoquímicos do vulcanismo pre-cambriano/eo-paleozóico do Rio Grande do Sul, com base nos elementos maiores. *In*: Simp. Sul-Bras. Geol., 1, Porto Alegre, Atas..., **1**:273-285.

Santos E.L., Beckel J., Macedo P.M., Gonzáles-Filho F., Chabam M. 1978. Divisão lito-estratigráfica do Eo-Cambriano-Pré-Cambriano Superior do Escudo Sul-Riograndense. *In*: Cong. Bras. Geol., 30., Recife, *Anais*.. **2**: 670-684.

Sartori P.L.P. & Kawashita K. 1985. Petrologia e geocronologia do batólito granítico de Caçapava do Sul, RS. *In*: Simp. Sul-Bras. Geol., 2., Florianópolis, *Atas*.. **1**: 102-115.

Sayeg H.S. 1993. Evolução geológica brasiliana da Bacia do Arroio Boici, RS. São Paulo, SP. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado, 103 p.

Sayeg H.S., Fambrini G.L., Machado R., Fragoso-Cesar A.R.S. 1992. Evolução brasiliana da bacia transcorrente do Arroio Boici, RS. In: Workshop sobre as bacias molássicas brasilianas, 1. São Leopoldo, RS. *Bol. Res. Exp....*, p.129-132.

Schumm, S.A. 1985. Patterns of alluvial rivers. *Annu. Rev. Earth Planet Sci.* **13**:5-27.

Schumm S.A. 1993. River response to base level change: implication for sequence stratigraphy. *J.Geol.* **101**:279-294

Shanley K.W. & McCabe P.J. 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *AAPG Bull.* **78**:544-568.

Silva-Filho W.F da. 1997 A Formação Guaritas na porção centro-sudeste da Bacia do Camaquã. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 120p.

Sloss L.L. 1963. Sequences in cratonic interior of North America. *Geol. Soc. Ame. Bull.*, **74** (2): 93-114.

Soliani Jr. E. 1986. Os dados geocronológicos do Escudo Sul-Riograndense e suas implicações de ordem geotectônica. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 425 p.

Soliani Jr. E., Koester E., Fernández L.A.D. 2000. A geologia isotópica do Escudo Sul-rio-grandense - Parte II: os dados isotópicos e interpretações petrogenéticas. *In*: M. Holtz & L.F. De Ros (eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul,* p175-230.

Stow D.A. V., Reading H.G., Collinson J.D. 1996. Deep Seas. In: H.G Reading (ed) *Sedimentary Environments; Processes, Facies and Stratigraphy.* 3ed. Oxford, Blackwell Science, p.395-453.

Tessari R.I. & Giffoni L.E. 1970. Geologia da região de Piratini, Pinheiro Machado e Bagé, Rio Grande do Sul. *Bol. Div. Geol. Miner.* **246**: 1-122.

Tucker M. 1993. *The field description of sedimentary rocks.* Geol. Soc. London, Handbook Series (2°ed), 153pp.

Vail P.R., Mitchium Jr. R.M., Todd G.G., Widmier J.M., Thompson III S., Sangree J.B., Bubb J.N., Hatlelid W.G. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. *In*: Payton C.E. (ed) Seismic Stratigraphy - Applications to Hidrocarbon Exploration. Tulsa, *AAPG Memoir* **26**: 49-212.

Vail P.R., Audemard F., Bowman S.A., Eisner P.N., Perez-Cruz C. 1991. The stratigraphic signatures of tectonic, eustasy and sedimentation – an overview. *In:* G. Einsele, W. Richen, A. Seilacher (Eds.) *Cycles and Events in Stratigraphy.* Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, p.617-659.

Van Wagoner J.C., Mitchum R.M, Campion K.M., Rahmanian V.D. 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, core, and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies. *AAPG Methods in Exploration Series* 7 55p.

Van Wagoner J.C., Posamentier H.W., Mitchum R.M., Vail P.R., Sarg J.F., Loutitt T.S., Handerbol J. 1988. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. *In*: C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.St.C. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross, J.C. Van Wagoner (Eds) Sea-level Changes - An Integrated Approach. Soc. Eco. Paleo. Mine. Spec. Publ., **42**: 30-45.

Visser M.J. 1980. Neap-spring cycles reflected in Holocene subtidal large-scale bedforms deposits: a preliminary note. *Geology*, **8**: 543-546.

Walker R.G. 1978. Deep water sandstone facies and ancient submarine fans: models for exploration for stratigraphic traps. *AAPG Bulletin*, **62**: 932966

Walker R.G. 1985. Mudstones and thin-bedded turbidites associated with the Upper Cretaceous Wheeler Gorge conglomerate, California: a possible chanel-levee complex. *Juor. Sedim. Petrol.* **55**: 279-290.

Walker R.G. 1992[a]. Facies, Facies Models and Modern Stratigraphic Concepts. *In*: R.G. Walker & N.P James (Eds) *Facies Models: Response to Sea Level Changes.* Ontaro, Canada. Geological Association of Canada. p.1-14.

Walker R.G. 1992[b]. Turbidites and submarine fans. *In*: R.G. Walker & N.P James (Eds) *Facies Models: Response to Sea Level Changes.* Ontaro, Canada. Geol. Assoc. Can., p. 239-265.

Walker R.G. & Plint A.G. 1992. Wave- and storm-dominated shallow marine systems. *In*: R.G. Walker & N.P James (Eds) *Facies Models: Response to Sea Level Changes.* Ontaro, Canada. Geol. Assoc. Can., p. 219-239.

Wildner W. & Lima E.F. 1992. Considerações sobre os depósitos vulcanogênicos do Grupo Bom Jardim nas regiões de Lavras do Sul e Caçapava do Sul, RS. *In*: Workshop sobre as bacias molássicas brasilianas, 1. Bol. Res. Exp...., São Leopoldo, p.137-142.

Wildner W., Lima E.F., Camozzato E., Lopes R.C. 1997. Vulcanismo Neoproterozóico-Cambriano no Rio Grande do Sul: Estratigrafia e Aspectos texturais. *A Terra em Revista* **3**:19-27.

Wildner W., Lima E.F., Camozzato E., Lopes R.C. 1998. Seqüências vulcânicas nas Bacias do Camaquã e Santa Bárbara e Platô Taquarembó: representantes do final do magmatismo relacionado ao Ciclo Brasiliano/Pan-Africano no sul do Brasil. *In*: Cong. Latino-Americ. Geol. 10 Y Cong. Nac. Geolo. Econ. 6, Buenos Aires, Actas.. **1**: 152-156.

Wildner W., Sander A., Lopes R.C. 1994. Estudo Petrológico e Litogeoquímico de uma parcela do vulcanismo ácido Cambriano do Rio Grande do Sul - Formação Acampamento Velho. *Pesquisas* **21**(1): 47-57.

Windley B.F. 1995. *The Envolving Continents.* 3thd edition. John Wiley & Sons. 526p

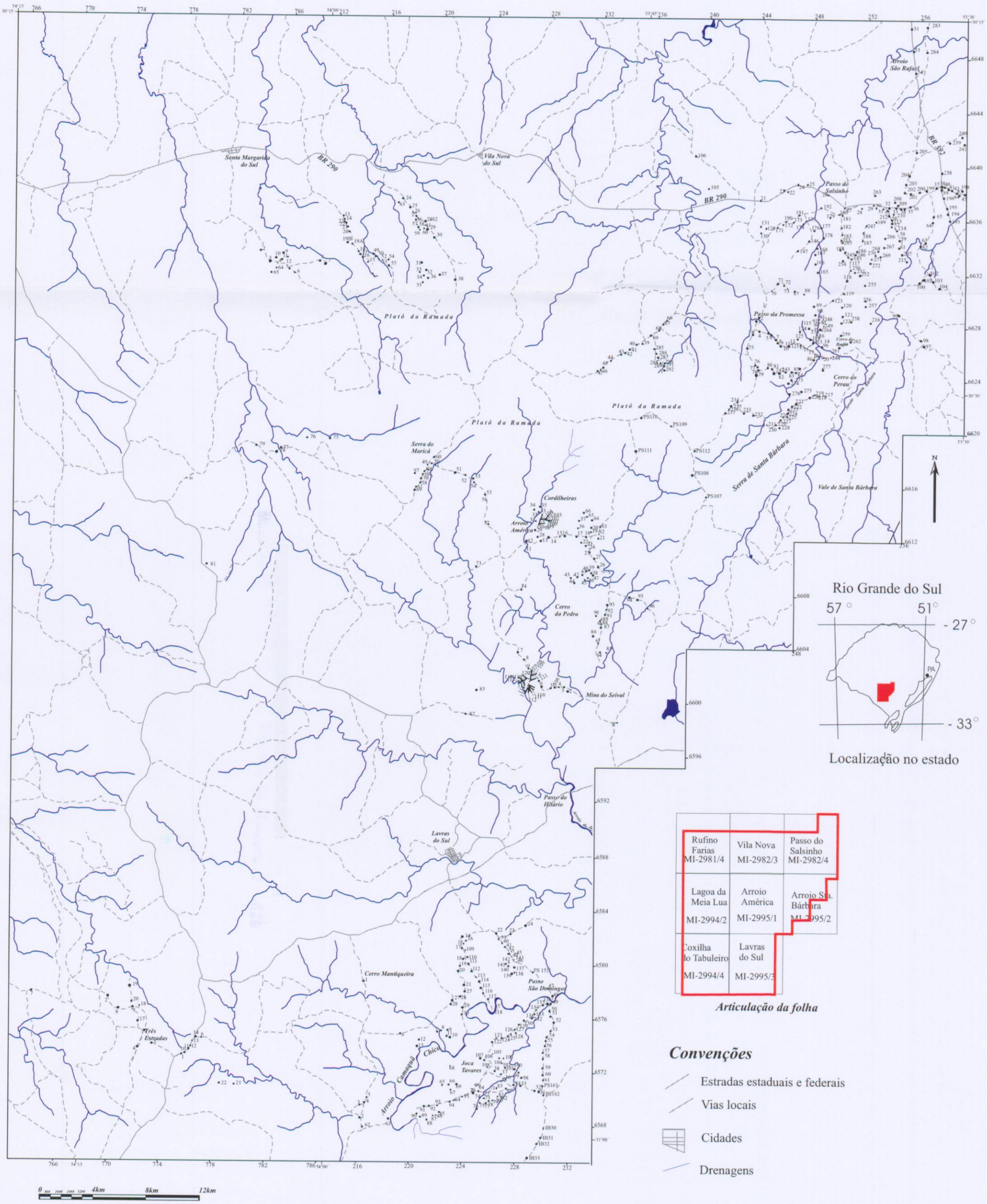
Zerfass H & Almeida D.P.M. 1997. Mapa geológico da região do Cerro do Bugio e Perau, município de Caçapava do Sul, RS. *Acta Geológica Leopoldensia, série mapas* **3**: 17p.

Zerfass H., Almeida D. P., Gomes C. H. 1999. Facioligia das rochas vulcânicas da Formação Acampamento Velho (Bacia do Camaquã) na região da Serra de Santa Bárbara , Cerro do Perau e Cerro do Bugio (município de Caçapava do Sul- RS). *In*: Simpósio Sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, 1, Gramado, 1999. Boletim de Resumos, p. 35.

Zerfass H., Almeida D. P., Gomes C. H. 2000. Faciology of the Acampamento Velho Formation Volcanic Rocks (Camaquã Basin) in the region of the Serra de Santa Bárbara, Cerro do Perau and Cerro do Bugio (municipality of Caçapava do Sul - RS). *Rev. Bras. Geoc.*, **30**(3):375-379.

T4221
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
- BIBLIOTECA -

Mapa de Pontos

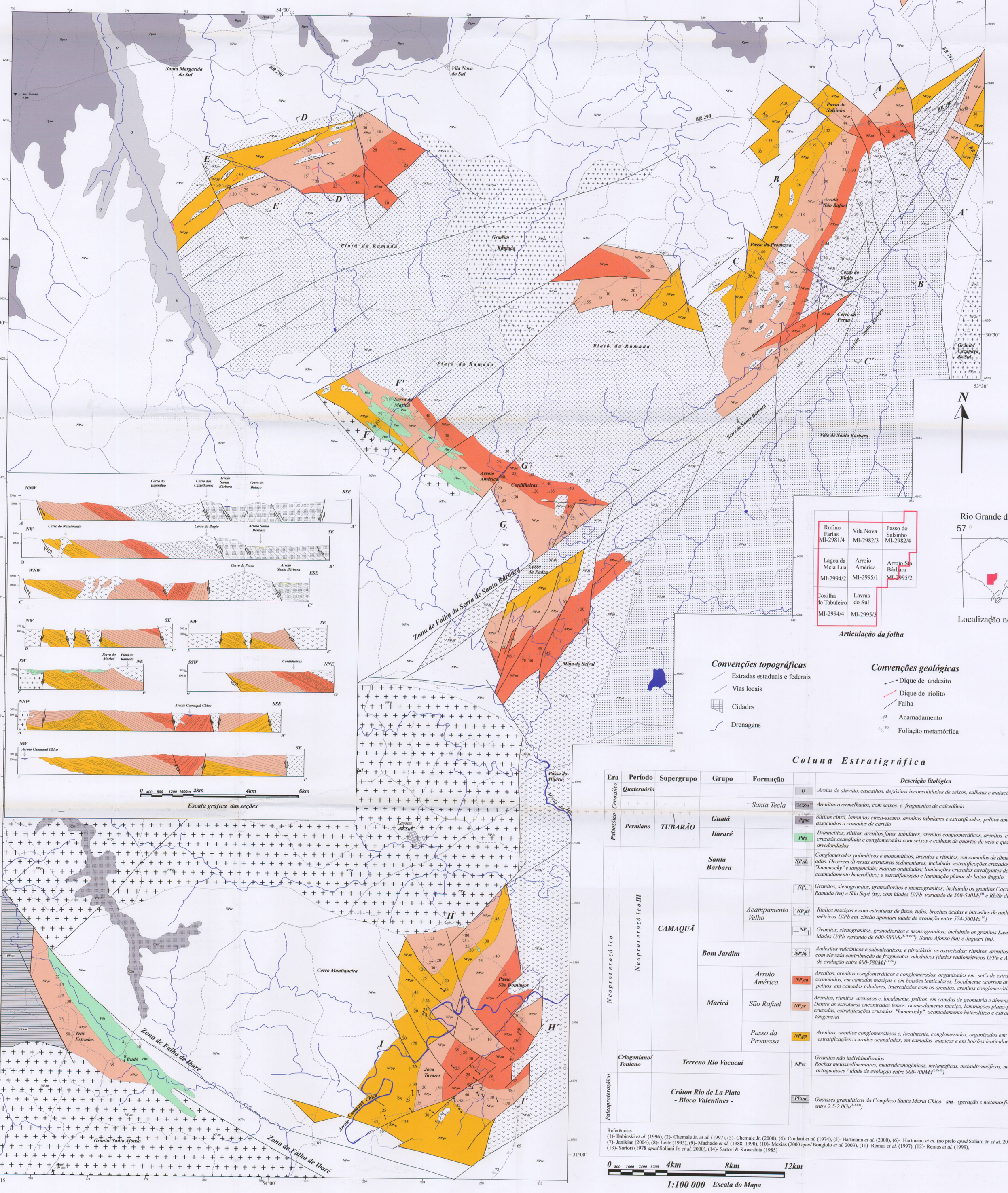


T4221
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
BIBLIOTECA

Mapa Geológico das ocorrências do Grupo Maricá

Ana Paula de Meireles Reis Pelosi

Orientador: Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar

IGc- USP

Apoio FAPESP