

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO GRUPO BOM
JARDIM (NEOPROTEROZÓICO III) NA REGIÃO DO
CERRO DO BUGIO, MUNICÍPIO DE
CAÇAPAVA DO SUL, RS**

Carolina Rodrigues de Araujo Corrêa

Orientador: Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar

Co-orientadora: MsC Liliane Janikian

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-05/2002)

TF
C824
CRA.a

SÃO PAULO
2002

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO GRUPO BOM JARDIM
(NEOPROTEROZÓICO III) NA REGIÃO DO CERRO DO
BUGIO, MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL, RS

DEDALUS - Acervo - IGC



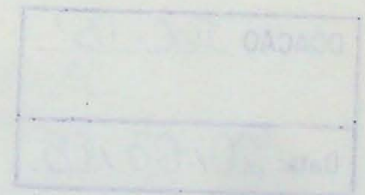
30900011550

Carolina Rodrigues de Araujo Corrêa



Orientador: Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar
Co-orientadora: MSc. Liliane Janikian

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-05/2002)



SÃO PAULO
2002

TF
C824
CRA.a

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO GRUPO BOM JARDIM
(NEOPROTEROZOICO III) NA REGIÃO DO CERRADO
MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL, RS



Carolina Rodrigues de Azevedo Costa

Geóloga, Pós-graduada em Geologia, Universidade de São Paulo

MONITORIA DE TRABALHO DE PÓS-GRADUADO
em Geologia

DOAÇÃO <u>IGC - USP</u>
Data: <u>20/03/03</u>

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



*Cerro do Bugio, a sudeste da
Folha Passo do Salsinho*

Aluna: Caroline R. A. Corrêa
Carolina R. A. Corrêa

Orientador: Romalino Fragoso Cesar
Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar

Co-orientadora: Liliane Janikian
Liliane Janikian

Apresentações

Amigos próximos e distantes

Quando o VAGABUNDO chegou ao conhecimento de vocês, a primeira coisa que veio à mente de vocês foi: "Quem é esse VAGABUNDO?"

As lembranças de infância são sempre as melhores do 20-25-30. Lembra?

Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia.

Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia.

Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia.

Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia.

Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia.

Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia.

Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia.

Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia.

Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia.

Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia. Quando você era "Doutor da Família" sempre havia algum problema com a saúde de alguém que você conhecia.

Com as melhores lembranças.

*À memória do "Halisse" (Diogo dos Santos).
Nosso grande amigo que veio para
festejar o primeiro ano.*

Agradecimentos

- *Apoios técnicos e financeiros:*

Agradeço à FAPESP pelo financiamento de auxílio à pesquisa 00/07510-4 e pela bolsa de iniciação científica, processo 01/14387-7

Ao Laboratório de Petrologia Sedimentar do IG-USP, Labpetro.

- *Sendo este meu "trabalho de formatura" reservo meus agradecimentos não somente às pessoas que estiveram diretamente ligadas à sua realização, mas também a todas que durante minha passagem pela escola aprendi a amar e estimar*

Então agradeço:

Antes de mais nada, à pós-graduanda Liliane Janikian, responsável pela minha "inserção" ao *GETEG*, e aos professores Antonio Romalino e Renato Paes de Almeida. Esses três foram meus "alicerces" durante a pesquisa, sempre me orientando com muito carinho e atenção. Amo vocês!!

Ao "Seu Pedro", à "Dona Neusa" e Gabi, (papai, mamãe e irmã). Meus amores, que juntos, sempre me educaram com muito carinho.

À pós graduanda Ana Paula (*Nem*) e ao Ceará ("o mimado"), pela ajuda nas etapas de campo.

Ao professor e "guru" Jorge Bettencourt, pelo carinho e amizade que cultivamos durante todos esses anos.

Aos funcionários da Geo: Maurão, Zé Carlos e Marilda; galera da gráfica: Edimir e Henrique.

Todo pessoal da minha turma e amigos agregados: *A.B, Alceu, Bráulio, Boi, Camila, Chá, Chupa, Cinco', Cofrinho, Eva, Felícia, Kaidi, Kagão, Kolah, Keith, Klein, Kurrado, Medusa, Mexinha, Micomo, Monga, Morttis, 99, Ophélia, Perereca, Piolho, Traçado, Valentino e Vermeio.*

Com um beijo especial para a minha malungada mais querida: *Falcon, Tops, Xiwawa, 2D, Tabajara, Bambina, Pagão, Micosi, Ceará, 101, Xiboquete, Cruela e Sextinha*, exímios companheiros de buteco em Sampa e nos trabalhos de campo.

À galera do GeoSamba, com a qual passei momentos maravilhosos: Samar, Melado, Lesma, Santiago, Zé Carlos, Micuim, Baseiado, Guri, Mineirinho e Cebolinha.

À véiarada: *Chapinha, Irena, Neivaldo, Nolan, Troglô e Torrinha*, galera que tem sempre o maior prazer em ajudar a moçada.

E aos professores dedicados.

OBRIGADA!

AMO TODOS VOCÊS!!

Índice geral

Resumo.....	4
Abstract.....	5
2. Localização da área.....	8
2. Metas e Objetivos.....	8
3. Revisão Bibliográfica.....	9
4. Atividades realizadas e métodos empregados.....	12
4.1. Trabalhos de campo.....	12
4.2. Trabalhos de gabinete.....	12
4.2.1 Análises de fácies vulcanoclásticas	12
4.2.2. Análise de fácies e classificação de rochas sedimentares.....	15
4.2.3. Análise de proveniência.....	17
4.2.4. Análise petrográfica microscópica.....	17
5. Desenvolvimento do Trabalho.....	19
6. Resultados obtidos.....	19
6.1. Descrição das unidades.....	21
6.1.1. Ritmitos de rochas psmíticas e pelíticas-Unidade 1.....	21
6.1.2. Conglomerados maciços - Unidade 2	27
6.1.3. Arenitos conglomeráticos, arenitos e siltitos-Unidade 3.....	29
6.1.4. Rochas vulcanoclásticas e riolitos-Unidade 4	29
7. Conclusões	36
8. Referências Bibliográficas.....	37

Resumo

A região do Cerro do Bugio localiza-se a noroeste do município de Caçapava do Sul (RS) e está inserida na denominada Sub-bacia Camaquã Ocidental. Na área, o Grupo Bom Jardim é representado por intercalações de rochas sedimentares, vulcanoclásticas e vulcânicas que compreendem aproximadamente 1300 metros de espessura.

O levantamento de seções colunares de detalhe, perfis geológicos e as análises de fácies sedimentares e vulcanoclásticas permitiram o estabelecimento de quatro unidades:

A unidade inferior, nomeada como Unidade 1, possui 500 metros de espessura e consiste em ritmitos definidos por intercalações de camadas centimétricas a decimétricas de arenitos finos a médios e pelitos com laminação plano-paralela e, subordinadamente, camadas de arenitos com *climbing ripples*. É interpretada como um depósito de turbiditos clássicos.

A Unidade 2, com cerca de 300 m, é formada por conglomerados sustentados pelos seixos e calhaus, com matriz constituída por areia grossa e seixos levemente imbricados segundo seus eixos menores. Sobrepõe-se à Unidade 1 possivelmente por discordância erosiva. Análises de proveniência caracterizaram fontes predominantemente vulcanogênicas, constituídas por riolitos, piroclásticas ácidas e andesitos.

Em direção ao topo, em contato transicional, ocorrem intercalações de camadas centimétricas a métricas de siltitos, arenitos conglomeráticos e arenitos que por vezes apresentam estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte. Esta unidade, que possui 100 metros de espessura, definida como Unidade 3, e a Unidade 2, são interpretadas como depósitos de rios entrelaçados.

A unidade superior (Unidade 4) possui 391 metros de espessura e compreende uma sucessão de rochas vulcanoclásticas, que da base para o topo constitui-se de tufos soldados, tufos laminados, *lappili*-tufos e brecha tufos colocados por fluxos piroclásticos, recobertas por riolitos microporfíricos com estruturas de fluxo.

Abstract

The Bom Jardim Group (Neoproterozoic III) is characterized by interlayered sedimentary volcanoclastic and volcanic rocks that crop out in south-central portion of State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. This group, that in some regions is up to 1300 meters thick, is well exposed in the Cerro do Bugio region, where detailed columnar section and geological profiles based on sedimentary and volcanoclastic facies analysis lead to the recognition of four lithostratigraphic units:

Unit One (basal) is 500 meters thick and is constituted of rhythmic successions of centimeter to decimeter scale layers of fine to medium sandstones (laminated or locally with climbing ripples), siltstones and mudstones. This unit is interpreted as classical turbidites.

Unit Two, approximately 300 meters thick, overlays Unit One through erosional unconformity, and is composed of pebble-sustained conglomerates. Provenance analysis from Unit Two reveals a volcanogenic source constituted by rhyolites, acid pyroclastic and andesites.

Unit Three is composed of pebbly sandstones and cross-stratified sandstones interlayered with centimeter to meter thick mudstones layers. Both units Two and Three are interpreted as braided river deposits.

Unit Four is a volcanoclastic succession composed, from base to top, of welded tuffs, laminated tuffs, lapilli-tuffs and breccia tuffs covered by microporphritic rhyolites with flow structures.

Introdução

O Supergrupo Camaquã (*sensu* Janikian *et al.* submetido) compreende sucessões de rochas terrígenas, vulcanoclásticas e vulcânicas, não metamorfizadas, de idade entre o Neoproterozóico III e o Cambriano, expostas na porção centro-sul do Rio Grande do Sul. Este supergrupo é composto por três unidades: (i) Formação Maricá: unidade basal, predominantemente terrígena; (ii) Grupo Bom Jardim, composto por rochas sedimentares terrígenas, rochas vulcânicas e vulcanoclásticas e (iii) Formação Santa Bárbara, unidade superior formada por rochas essencialmente siliciclásticas posteriores à atividade vulcânica. Estas unidades apresentam contatos discordantes entre si e espessuras de alguns milhares de metros, resultantes de grandes ciclos de subsidência tectônica. Seus depósitos afloram em três sub-bacias alongadas segundo a direção NNE-SSW, denominadas Camaquã Ocidental, Camaquã Central e Camaquã Oriental, separadas pelos altos de Caçapava do Sul e da Serra das Encantadas (Fig. 01).

O Grupo Bom Jardim encontra-se bem representado na Sub-bacia Camaquã Ocidental, nas regiões de Cerro do Bugio e Perau, Serra de Santa Bárbara e Platô da Ramada (ver Fig. 01). Na área de pesquisa, constitui-se de intercalações de rochas sedimentares, vulcânicas e vulcanoclásticas, que compreendem aproximadamente 1300 metros de espessura.

As unidades sedimentares apresentam evidências de geração em ambientes subaéreos e subaquáticos, reconhecidos nos cerros do Perau e Bugio por Leites *et al.* (1990), Porcher *et al.* (1995), Zeffass *et al.* (2000), Pelosi (2001) entre outros. São descritos por estes autores depósitos basais constituídos por conglomerados maciços, localmente com estratificações cruzadas acanaladas, de sistemas fluviais, recobertos por arenitos laminados, por vezes com estruturas lobadas, de sistemas deltaicos e, no topo, descrevem rochas piroclásticas e vulcânicas de composição ácida e subordinadamente intermediária. O magmatismo ácido é relacionado por Almeida *et al.* (1996) a dois eventos, o primeiro correspondendo a fluxos lávicos e subordinadamente piroclásticos e o segundo, a ignimbritos.

O estudo detalhado das fácies vulcanoclásticas e sedimentares das unidades do Grupo Bom Jardim aflorantes na região do Cerro do Bugio contribuirá para o reconhecimento e interpretação das condições e contextos deposicionais destas unidades, bem como seu posicionamento estratigráfico.

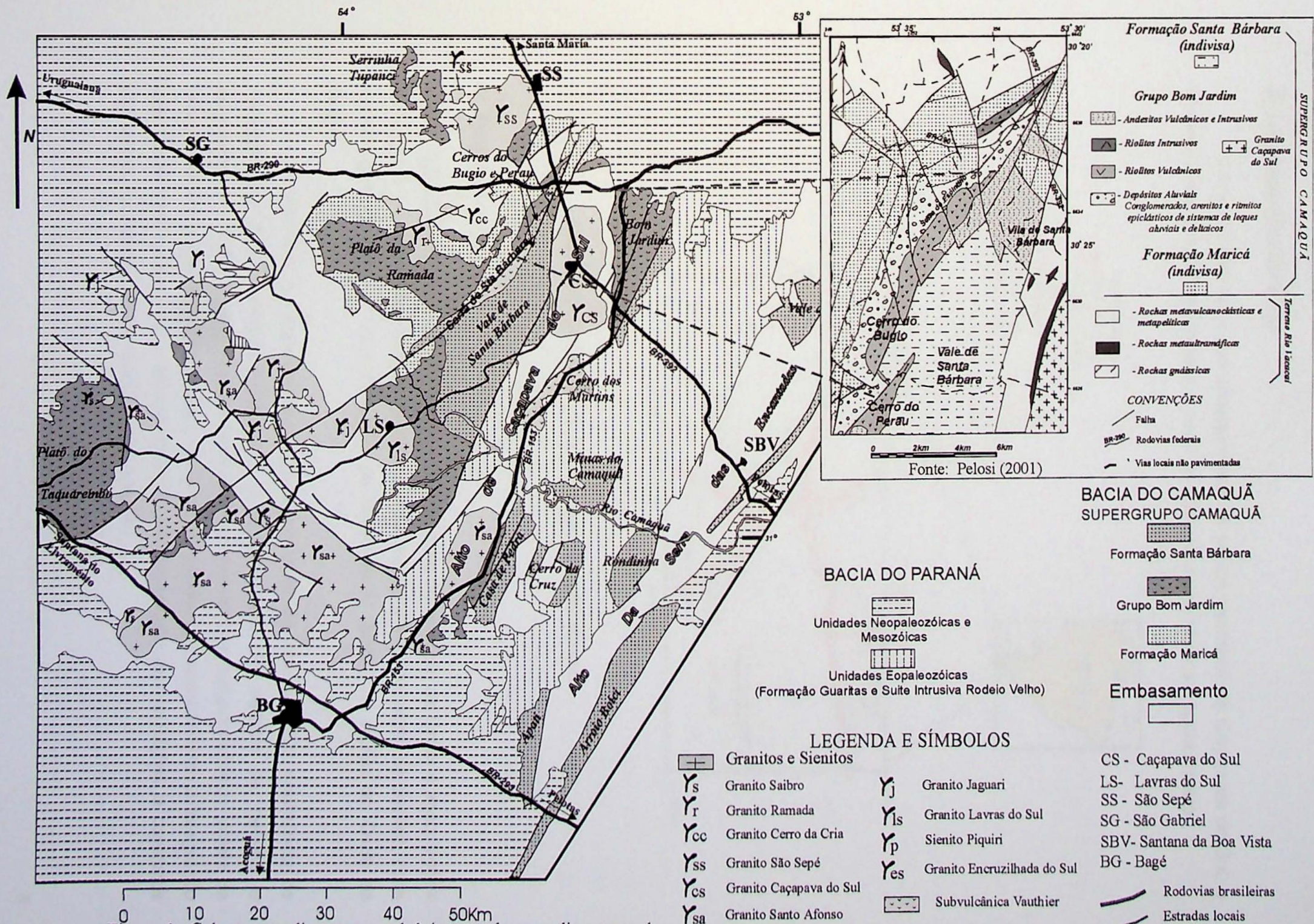


Figura 1 - Coberturas sedimentares, vulcânicas e vulcano-sedimentares do Grupo Camaquã na porção centro-sul do Rio Grande do Sul, (modificado de Santos *et al.* 1989, Fragozo Cesar *et al.* 2000 e Janikian *et al.* submetido)

2. Localização da área

A área localiza-se a aproximadamente 15 km do município de Caçapava do Sul, o acesso é feito por estrada de terra a partir da BR-392, como mostra a figura abaixo.

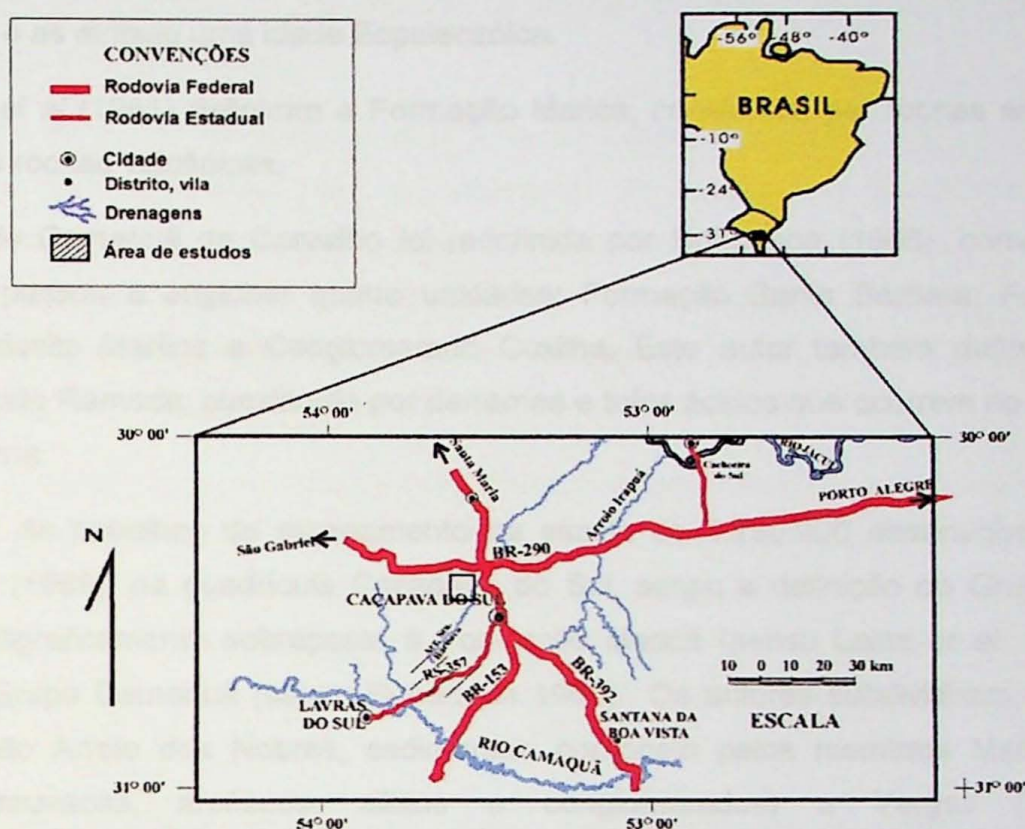


Figura 02. Localização da área e seus principais acessos.

2. Metas e Objetivos

Os objetivos do projeto consistem na aplicação do conceito de fácies e associações de fácies e em interpretações dos mecanismos de transporte e deposição de detritos, para rochas sedimentares e vulcanoclásticas do Grupo Bom Jardim, na região do Cerro do Bugio.

A realização do reconhecimento geológico inicial da área permitiu estabelecer os afloramentos mais representativos para o levantamento de seções de detalhe e esquemáticas, análises de proveniência dos clastos nos termos conglomeráticos, coleta de amostras para análises petrográficas e, localmente, análise de paleocorrente. A integração dos dados obtidos permitiu o reconhecimento e interpretação das condições e contextos deposicionais destas rochas na região em questão.

3. Revisão Bibliográfica

Os primeiros trabalhos sobre as coberturas não metamorizadas do Rio Grande do Sul foram de Carvalho (1929,1932), que denominou *Série Camaquan* um pacote de rochas conglomeráticas sobrepostas por arenitos com palhetas de micas, situadas às costas do Arroio Seival, e as atribuiu uma idade Eopaleozóica.

Leinz *et al* (1941) definiram a Formação Maricá, constituída por rochas areníticas sotopostas às rochas vulcânicas.

A *Série Camaquã* de Carvalho foi redefinida por Robertson (1966), como Grupo Camaquã e passou a englobar quatro unidades: Formação Santa Bárbara, Formação Guaritas, Andesito Martins e Conglomerado Coxilha. Este autor também definiu neste trabalho o Riolo Ramada, constituído por derrames e tufos ácidos que ocorrem no platô da serra homônima.

A partir de trabalhos de mapeamento na escala de 1:250.000 desenvolvidos por Ribeiro *et al.* (1966) na quadrícula Caçapava do Sul, surgiu a definição do Grupo Bom Jardim, estratigraficamente sobreposta à Formação Maricá (*sensu* Leinz *et al.* 1941) e anterior ao Grupo Camaquã (*sensu* Robertson 1966). Os autores subdividiram o grupo em: Formação Arroio dos Nobres, sedimentar, composta pelos membros Mangueirão (arenitos, grauvas, arcóseos, siltitos e conglomerados) e Vargas (arenitos conglomeráticos e conglomerados); Formação Crespos, contendo rochas vulcânicas de composição intermediária a básica denominada Membro Hilário, e ácida, Membro Acampamento Velho, denominação que corresponde ao Riolo Ramada de Robertson (1966). Ribeiro *et al.* (1966) descreve para o membro riolitos maciços e bandados, dacitos e piroclásticas ácidas, sobrepostas às rochas da Formação Maricá e do Membro Hilário em discordância erosiva.

Cordani *et al.* (1974) elevaram o Membro Acampamento Velho ao *status* de formação.

Santos *et al.* (1978) individualizaram três sequências litoestratigráficas a partir da base: (i) Formação Pessegueiro, composta por rochas sedimentares clásticas e vulcânicas calcio-alcalinas subordinadas; (ii) Formação Cerro dos Martins, constituída por uma típica sequência vulcano-sedimentar com derrames, pequenas intrusões e rochas vulcanoclásticas de composição intermediária a ácida; (iii) Formação Acampamento Velho, composta por rochas vulcânicas ácidas e sedimentares clásticas subordinadas. Os autores atribuíram a essa sucessão a denominação de Grupo Maricá.

Ribeiro & Fantinel (1978) e Ribeiro & Lichtemberg (1978) elevaram os membros Hilário e Vargas a categoria de formação e, juntamente com as formações Maricá e Acampamento Velho, foram englobadas no então redefinido Grupo Bom Jardim.

Fragoso-Cesar *et al.* (1985) redefiniram o Grupo Camaquã incluindo neste todas as coberturas sedimentares e vulcânicas da bacia análoga, dividindo-o em apenas duas unidades: Formação Maricá (ampliada a partir Leinz *et al.* 1941), subdividida nos membros Mangueirão, Pessegueiro, Vargas e Hilário, e pela Formação Guaritas, que passou a englobar o topo da Formação Santa Bárbara, a própria Formação Guaritas (de Robertson 1966) e o Conglomerado Coxilha.

Na região do Passo do Salsinho, onde situa-se a área de estudo, Leites *et al.* (1990) estabeleceram uma subdivisão para as coberturas do Escudo em quatro seqüências vulcano-sedimentares. A primeira correspondendo à Formação Maricá de Leinz *et al.* (1941), a segunda ao Grupo Bom Jardim de Ribeiro *et al.* (1966), a terceira ao Membro Acampamento Velho de Ribeiro *et al.* (1966) e a quarta ao Grupo Camaquã de Robertson (1966). Esta mesma estratigrafia foi adotada por Porcher *et al.* (1995).

Quatro unidades litológicas fundamentais da Formação Acampamento Velho foram reconhecidas por Wildner *et al.* (1994) nesta região, representadas em uma seção esquemática. As unidades são caracterizadas por uma sucessão em que na base predominam tufo a pó, seguidos de brechas intercaladas com derrames e por fim um espesso pacote de ignimbritos com exposições ao longo dos topos dos Cerros do Bugio e Perau.

Wildner *et al.* (1998) distinguiram quatro séries magmáticas estratigraficamente intercaladas a ciclos sedimentares, correspondentes aos alogrupos Maricá, Bom Jardim, Santa Bárbara e Guaritas que compõe o denominado Alosupergrupo Camaquã de Paim (1994). A síntese de suas características e as respectivas correlações com as unidades vulcânicas adotadas por (Fragoso Cesar *et al.* 2000 e Janikian submetido) é apresentada na tabela abaixo:

Alogrupo	Depósitos sedimentares	Manifestações vulcânicas	Correlações
Guaritas	Depósitos sedimentares conglomeráticos de ambiente fluvial de alta energia, e depósitos eólicos	Lavas básicas a intermediárias com estruturas em corda e aa. (Aloformação Rodeio Velho).	Suíte Intrusiva Rodeio Velho/ Grupo Guaritas
Santa Bárbara	Sedimentos acumulados em regimes fluvial <i>braded</i> e deltaico.	Acumulações de depósitos de fluxo, ignimbrito e <i>lag</i> , brechas, tufo de queda, capeados normalmente por derrames de lavas riolíticas (Aloformação Acampamento Velho).	Formação Acampamento Velho/ Grupo Bom Jardim
Bom Jardim	Relacionados a um sistema deltaico, transicional para um sistema fluvial, constituído por leques aluviais areno-conglomeráticos.	Lavas shoshoníticas, traqui-basaltos basais e raros riolitos metaluminosos, além de depósitos piroclásticos de queda e fluxo e depósitos epiclásticos. (Aloformação Hilário).	Formação Hilário/ Grupo Bom Jardim

Alogrupo	Depósitos sedimentares	Manifestações vulcânicas	Correlações
Maricá	Depósitos sedimentares de ambiente transicional de fácies continentais, flúvio deltaicas e sedimentos marinhos de costa afora.	Resume-se a possíveis derrames e fragmentos de rochas vulcânicas riolíticas em conglomerados, além shards que ocorrem em arenitos finos.	Intrusivas ácidas da Formação Acampamento Velho na Formação Maricá

Tabela 1. Correlações entre as manifestações vulcânicas de Paim (1994) as unidades adotadas no trabalho

Fragoso-Cesar *et al.* (2000) redefiniram o Grupo Camaquã em três unidades a partir da base: (i) Formação Maricá, rochas sedimentares siliciclásticas, (ii) Formação Crespos, composta por rochas vulcano-sedimentares e (iii) Formação Santa Bárbara, constituída por rochas siliciclásticas. Os autores subdividiram as ocorrências destas unidades em três sub-bacias, separadas atualmente pelos altos de Caçapava do Sul e Serra das Encatadas (Fig. 01) Uma síntese desta subdivisão é mostrada na tabela abaixo.

Formação	Área de ocorrência	Características principais
<i>Santa Bárbara</i>	Todas sub-bacias	Depósitos posteriores aos eventos vulcânicos, essencialmente terrígenos, com cerca de 4.000 m de espessura
<i>Crespos</i>	Sub-bacia Camaquã Ocidental e Central	Atividade vulcânica e vulcanoclástica durante a evolução da bacia. Esta unidade chega a apresentar 3.500 m de espessura
<i>Maricá</i>	Sub-bacia Camaquã Ocidental	Composta por cerca 2000 metros de depósitos essencialmente areníticos

Tabela 2. Subdivisão do Grupo Camaquã segundo Fragoso-Cesar *et al.* (2000)

Em estudo na região do Passo do Salsinho, Pelosi (2001) agrupou as sequências vulcano-sedimentares 2 e 3 de Leites (1990) e Porcher *et al.* (1995) na Formação Crespos.

Na região de Bom Jardim Janikian (2001) apresentou uma coluna estratigráfica da Formação Crespos, considerada até aquele momento indivisa. Recentemente a autora e colaboradores redefiniram e elevaram esta unidade à categoria de Grupo, retomando a denominação de Grupo Bom Jardim, originalmente proposto por Ribeiro *et al.* (1966), respeitando assim a prioridade do nome (Janikian *et al.* submetido).

Janikian *et al.* (submetido) subdividiram o Grupo Bom Jardim da base para o topo em:

- (i) Formação Cerro da Angélica: constituída por arenitos, arenitos conglomeráticos e subordinadamente conglomerados vulcanoclásticos e pelitos.
- (ii) Formação Hilário (*sensu* Ribeiro & Lichtemberg 1978): compreende rochas vulcânicas piroclásticas composição andesítica, colocadas em ambientes subaquáticos e subaéreos.

- (iii) Formação Picada das Graças: conglomerados, arenitos e pelitos interpretados como de sistema lacustre deltaico de águas rasas e de sistemas aluviais.
- (iv) Formação Acampamento Velho (*sensu*, Cordani *et al* 1941): derrames e piroclásticas de composição riolítica a dacítica.

Na região do Passo do Salsinho e na Serra de Santa Bárbara, Almeida *et al.* (2002) descreveram duas associações de fácies para a Formação Acampamento Velho. A inferior, que ocorre a oeste da Serra de Santa Bárbara, compreende derrames básicos a intermediários (fácies 1) e brechas de semelhante composição (fácies 2) que ocorrem como lentes intercaladas à fácies 1. A superior, denominada de Associação Félsica Superior, é caracterizada pela associação de quatro fácies a partir da base: *lapilli*-tufos avermelhados (fácies 3), tufos esverdeados ou acinzentados (fácies 4), tufos soldados (fácies 5) e derrames riolíticos (fácies 6).

4. Atividades realizadas e métodos empregados

4.1. Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram realizados em abril e em julho na região do Cerro do Bugio, Folha Passo do Salsinho, com reconhecimento prévio das unidades aflorantes e descrição de 61 afloramentos (Fig. 02). Nesses trabalhos foram realizados levantamentos de seções de detalhe, com análise de fácies e proveniência, bem como coleta de amostras dos termos sedimentares e vulcanoclásticos para análises petrográficas, devidamente locadas nas seções

4.2. Trabalhos de gabinete

4.2.1 Análises de fácies vulcanoclásticas

As análises de fácies vulcanoclásticas foram baseadas nas seguintes classificações:

Classificação granulométrica e genética

A classificação granulométrica dos depósitos vulcanoclásticos baseou-se nas propostas de Fisher (1961) e Schmid (1981), que relacionam a granulometria à gênese do depósito, resumida na tabela 3.

Clastos (dimensões em mm)	Piroclasto	Rochas piroclásticas	Tufitos (misto piroclástico- epiclástico)	Epiclástico (vulcânica e/ou não vulcânica)
64 2 1/16 1/216	Bomba, bloco	Aglomerado, brecha piroclástica	Conglomerados tufáceos, brechas tufáceas	Conglomerado, brecha
	Lapilli	Lapilli- tufo		
	Cinza de granulação grossa	Tufo grosso(cinza)	Arenitos tufáceos	Arenito
	Cinza de granulação fina (grão de pó)	Tufo fino (cinza)	Siltitos tufáceos	Siltito
			Argilitos tufáceos, folhelho	Argilito, folhelho
Quantidade de material piroclástico		100% a 75%	75 a 25%	25 a 0%

Tabela 3. Classificação dos clastos e das rochas vulcanoclásticas proposta por Fisher (1961) e Schmid (1981)

A classificação adotada também considerou as porcentagens de cada tipo de clasto, conforme proposta de Fisher & Schminke (1984) representa no diagrama ternário abaixo.

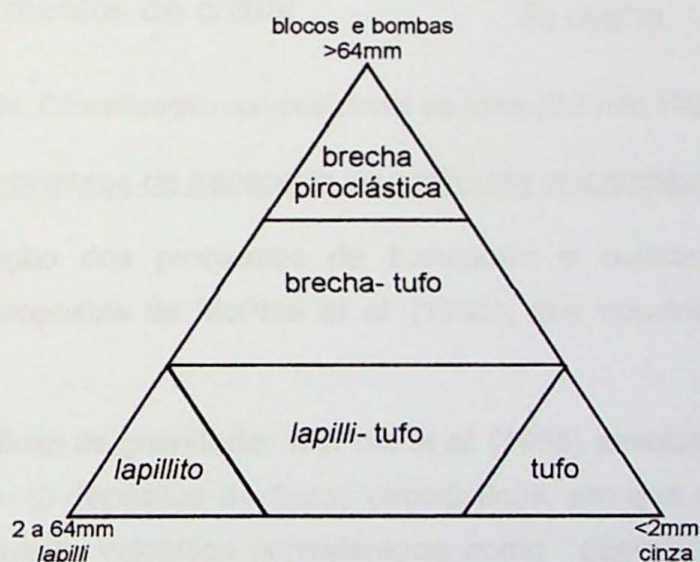


Figura 03. Classificação de rochas vulcanoclásticas segundo propostas de Fisher & Schminke (1984)

Classificação composicional

A classificação composicional levou em consideração a gênese dos piroclastos, separados nos seguintes tipos:

(i) Litoclastos: compreendem fragmentos de rochas pré-existentes (vulcânicas ou não). Podem ser originados por processos de fragmentação direta do magma (juvenis e conatos) ou por fragmentação das rochas encaixantes (acidentais) .

(ii) Vitroclastos: Hibbard (1995) inclui, entre esses, fragmentos de púmice (segundo

Fisher & Schminke 1984, formados pela expansão explosiva de vesículas, “espuma vítrea”) e *glass shards* (formados por fragmentação explosiva de vesículas, podem ter formas cúspides ou placóides).

(iii) Cristaloclastos: podem ser derivados do magma em erupção (geralmente os fenocristais em formação no magma) ou pela desintegração das rochas encaixantes.

Na figura abaixo encontra-se a classificação composicional de tufos empregada, seguindo a proposta de Schmid (1981).

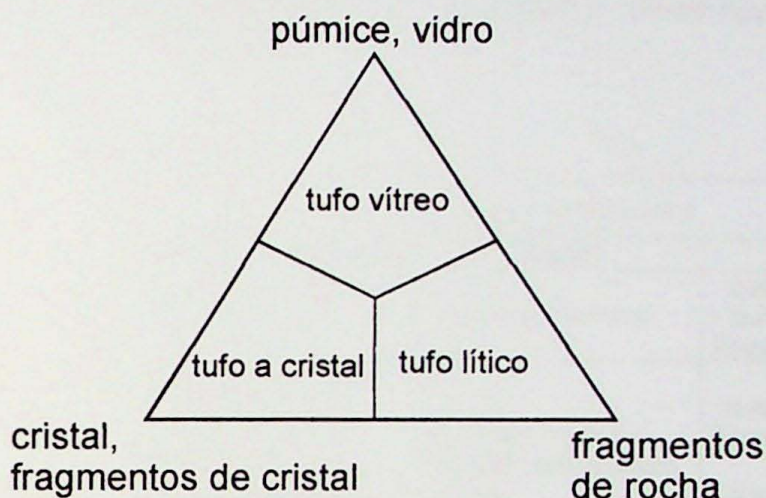


Figura 04. Classificação composicional de tufos (Schmid 1981)

Interpretação de processos de transporte de partículas vulcanoclásticas

Para a interpretação dos processos de transporte e colocação de partículas atuantes, seguiu-se as propostas de McPhie *et al.* (1993), que consideram três tipos de processos de transporte:

1) Transporte por fluxo de gravidade: McPhie *et al.* (1993) associam este processo a três categorias genéticas- (i) depósitos de fluxos piroclásticos, em que os fragmentos são transportados por gás quente vulcânico considerados como depósitos vulcanoclásticos primários; (ii) depósitos vulcanoclásticos ressedimentados “sin-eruptivos”: formados por fluxos vulcanoclásticos suportados por água e dirigidos pela gravidade que ocorrem contemporaneamente às erupções; e (iii) depósitos sedimentares vulcanogênicos, derivados de processos semelhantes aos dos depósitos vulcanoclásticos ressedimentados, porém sem relação ou muito posteriores às erupções

2) Transporte por tração: fluídos de gás vulcânico menos densos que os de fluxo piroclásticos geram estruturas trativas que muitas vezes confundem os depósitos vulcanoclásticos primários com ressedimentados,

3) Transporte por suspensão: depósitos gerados por processos de suspensão podem ocorrer em ambientes subaéreos (depósitos piroclásticos de queda) ou subaquáticos (depósitos vulcanoclásticos de queda suportados por água). Processos de suspensão referem-se ao transporte de partículas flutuantes em um fluido, que pode ser água, água argilosa, ar ou gás vulcânico.

Esses processos ocorrem em ambientes subaéreos ou subaquáticos e envolvem a formação dos diferentes tipos de depósitos vulcanoclásticos, como descritos na tabela 3 e na figura 05.

CATEGORIA GENÉTICA	TRANSPORTE DOMINANTE		
	Fluxo de gravidade	Tração	Suspensão
Depósitos piroclásticos primários	- fluxos piroclásticos	- <i>surge piroclásticos</i>	- queda - queda decantado em água
Depósitos vulcanoclásticos ressedimentados Depósitos sedimentares vulcanoclásticos	- correntes de turbidez - fluxos de detritos - fluxo de grãos - fluxos de grão com densidade modificada - deslizamento, avalanches de detritos	- correntes fluviais e correntes subaquáticas - ondas	- suspensão associada a fluxos de gravidade - suspensão hemipelágica

Tabela 3. Processos de transporte de partículas vulcanoclásticas (modificada de McPhie et al.1993)

4.2.2. Análise de fácies e classificação de rochas sedimentares

Conjuntamente com o levantamento das seções colunares, realizou-se análise de fácies sedimentares baseadas nos atributos especificados por Reading (1986) e Walker (1992). Desta forma, as fácies foram caracterizadas por suas estruturas, texturas, granulometria, espessura e forma das camadas. A partir da caracterização das diversas fácies interpretou-se seus processos geradores (como tração, suspensão ou fluxos gravitacionais). Após o estabelecimento destes parâmetros, cada fácies recebeu um código, em que a primeira letra representa a granulometria e a segunda estruturas como, por exemplo, fácies **AI**-Arenito com laminação plano paralela.

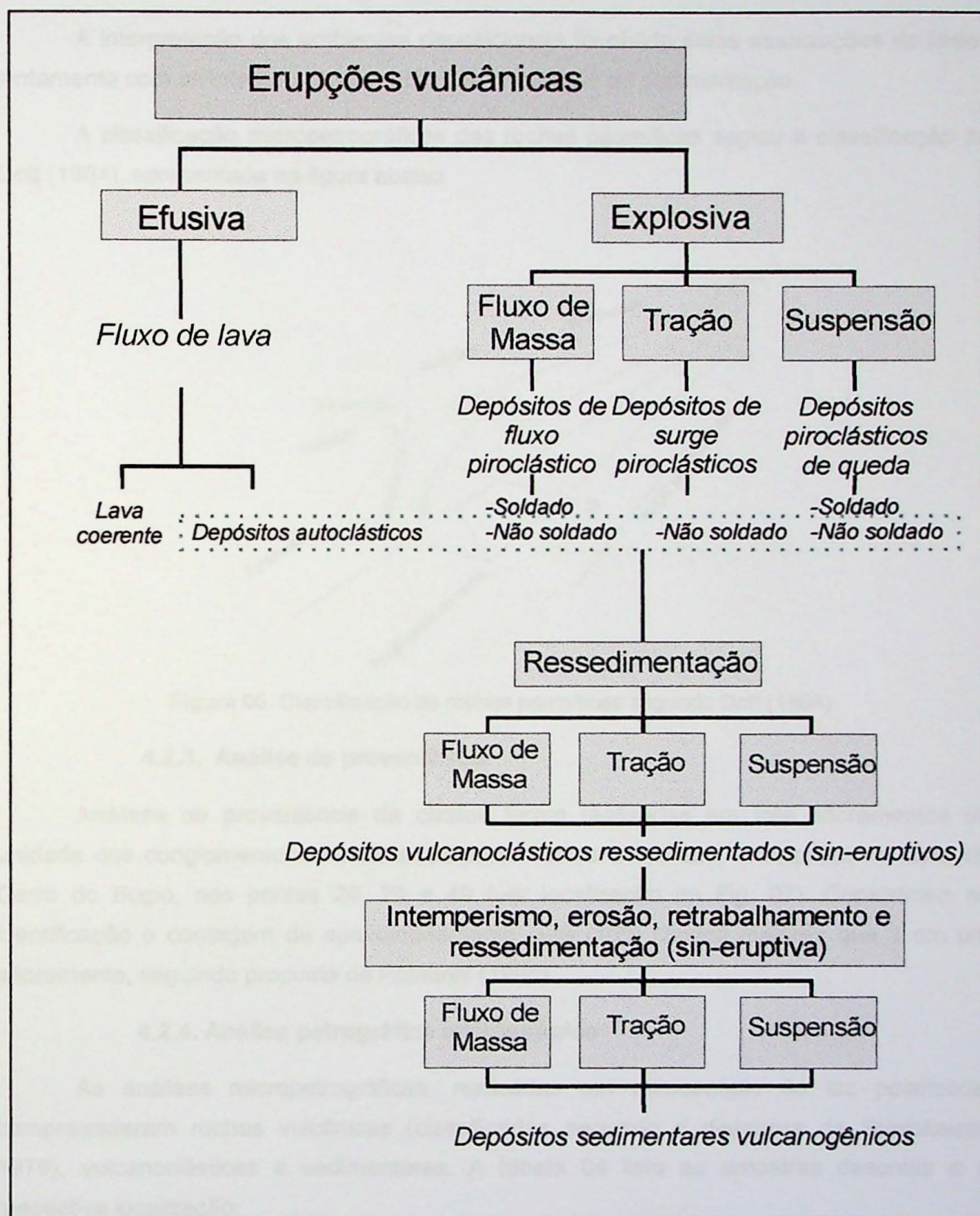


Figura 05. Processos e depósitos associados a rochas vulcanoclásticas (modificado de McPhie et al. 1993)

A interpretação dos ambientes deposicionais foi obtida pelas associações de fácies juntamente com as interpretações quanto aos processos de sedimentação.

A classificação micropetrográficas das rochas psamíticas seguiu a classificação de Dott (1964), apresentada na figura abaixo.

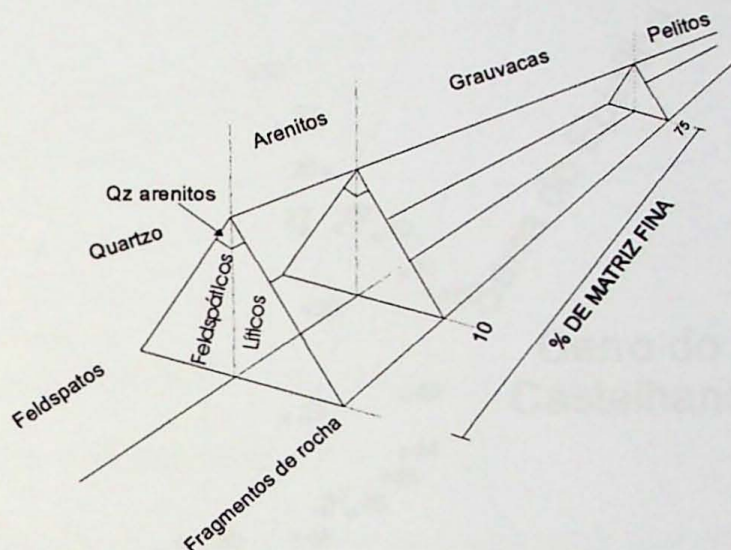


Figura 06. Classificação de rochas psamíticas segundo Dott (1964)

4.2.3. Análise de proveniência

Análises de proveniência de clastos foram realizadas em três afloramentos da unidade dos conglomerados sustentados pelos seixos e calhaus, localizados na base do Cerro do Bugio, nos pontos 28, 29 e 49 (ver localização na Fig. 07). Consistiram na identificação e contagem de aproximadamente cem (100) clastos maiores que 1 cm por afloramento, seguindo proposta de Fambrini (1998).

4.2.4. Análise petrográfica microscópica

As análises micropetrográficas, realizadas em microscópio de luz polarizada, compreenderam rochas vulcânicas (classificadas segundo o diagrama de Streickeisen 1979), vulcanoclásticas e sedimentares. A tabela 04 lista as amostras descritas e a respectiva localização:

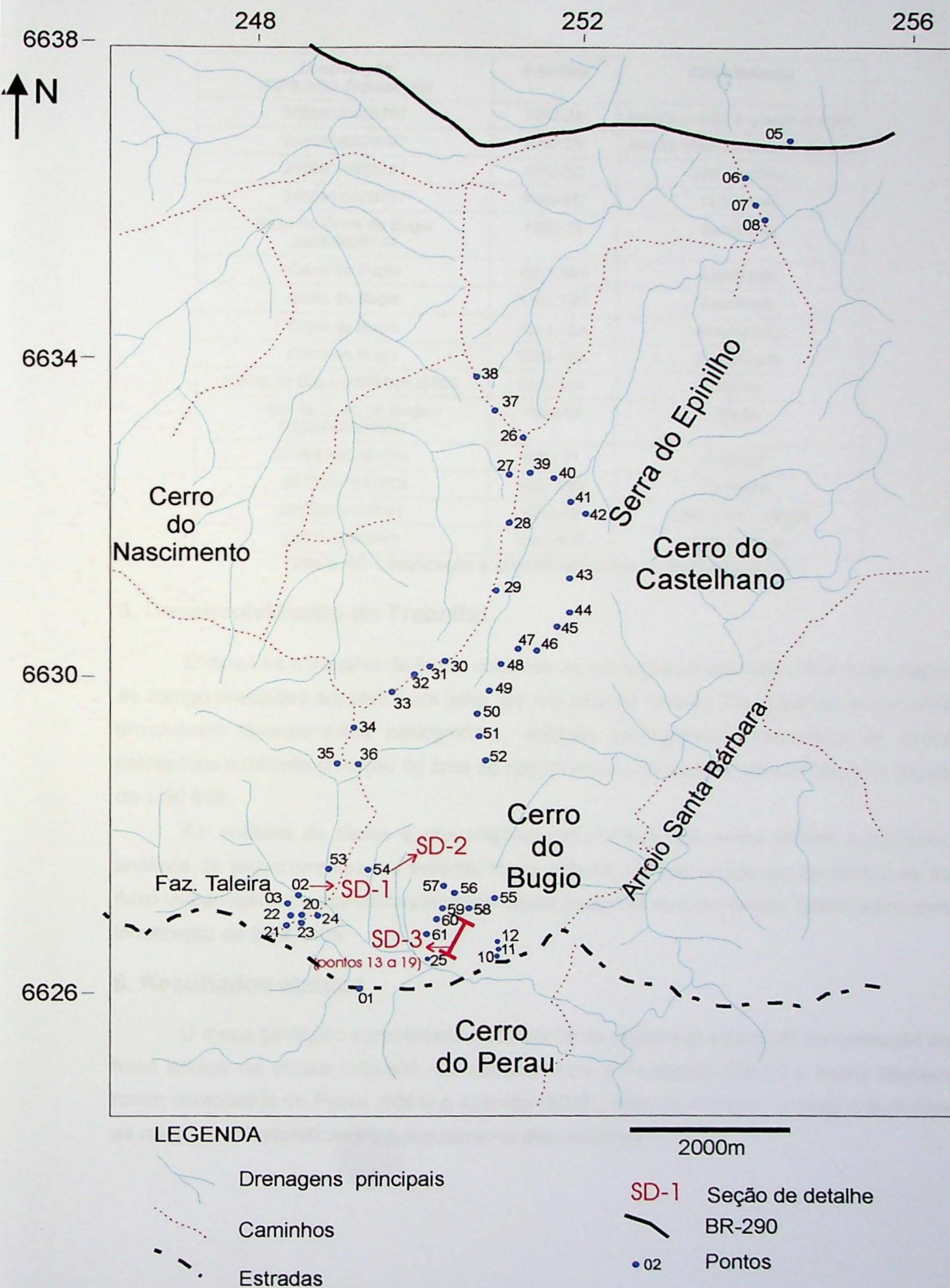


Figura 07. Mapa de localização dos pontos (pontos 04 e 09 localizam-se fora da área do mapa)

Localização (GPS e/ou Toponímia)	Amostra	Classificação
248581/6626767	KBU-2A	Arenito médio a grosso maciço
248581/6626767	KBU-2B	Arenito médio a grosso maciço
248581/6626767	KBU-2C	Siltito argiloso
248581/6626767	KBU-2D	Tufo vítreo
Base do Cerro do Bugio 2565/6626144	KBU-13	Lapilli-tufo
Cerro do Bugio	KBU-14A	Lapilli-tufo
Cerro do Bugio	KBU-14C	Lapilli-tufo
Cerro do Bugio	KBU-15A	Brecha-tufo
Cerro do Bugio	KBU-15B	Brecha-tufo
Cerro do Bugio 25064/6626359	KBU-18A	Riolito
Topo do Cerro do Bugio 250696/6626510	KBU-19	Riolito
248541/66266564	KBU-21	Andesito
251250/6631939	KBU-28B	Andesito
250920/6628681	KBU-52	Arenito fino maciço
250438/662940	KBU-57C	Tufo soldado

Tabela 04. Localização e classificação das amostras descritas

5. Desenvolvimento do Trabalho

Efetuuou-se o trabalho de forma coerente ao cronograma proposto, com duas etapas de campo realizadas em abril e em julho, em um total de 12 dias. Os trabalhos de escritório envolveram levantamentos bibliográficos, análises petrográficas, tratamento de dados estatísticos e fotointerpretação da área de estudo para a elaboração de um mapa na escala de 1:50 000.

As análises de fácies e proveniência foram facilitadas pelas ótimas exposições; análises de paleocorrentes, no entanto, foram dificultadas pela escassez de estruturas de fluxo vulcanogênico e estratificações/laminações cruzadas que pudessem indicar a provável localização da área fonte.

6. Resultados obtidos

O mapa geológico apresentado na figura 08 foi elaborado a partir de interpretação de fotos aéreas na escala 1:25.000. Os contatos com a Formação Maricá e Santa Bárbara foram compilados de Pelosi (2001) e Almeida (2001), respectivamente. O perfil A-B mostra as relações estratigráficas e o basculamento das unidades.

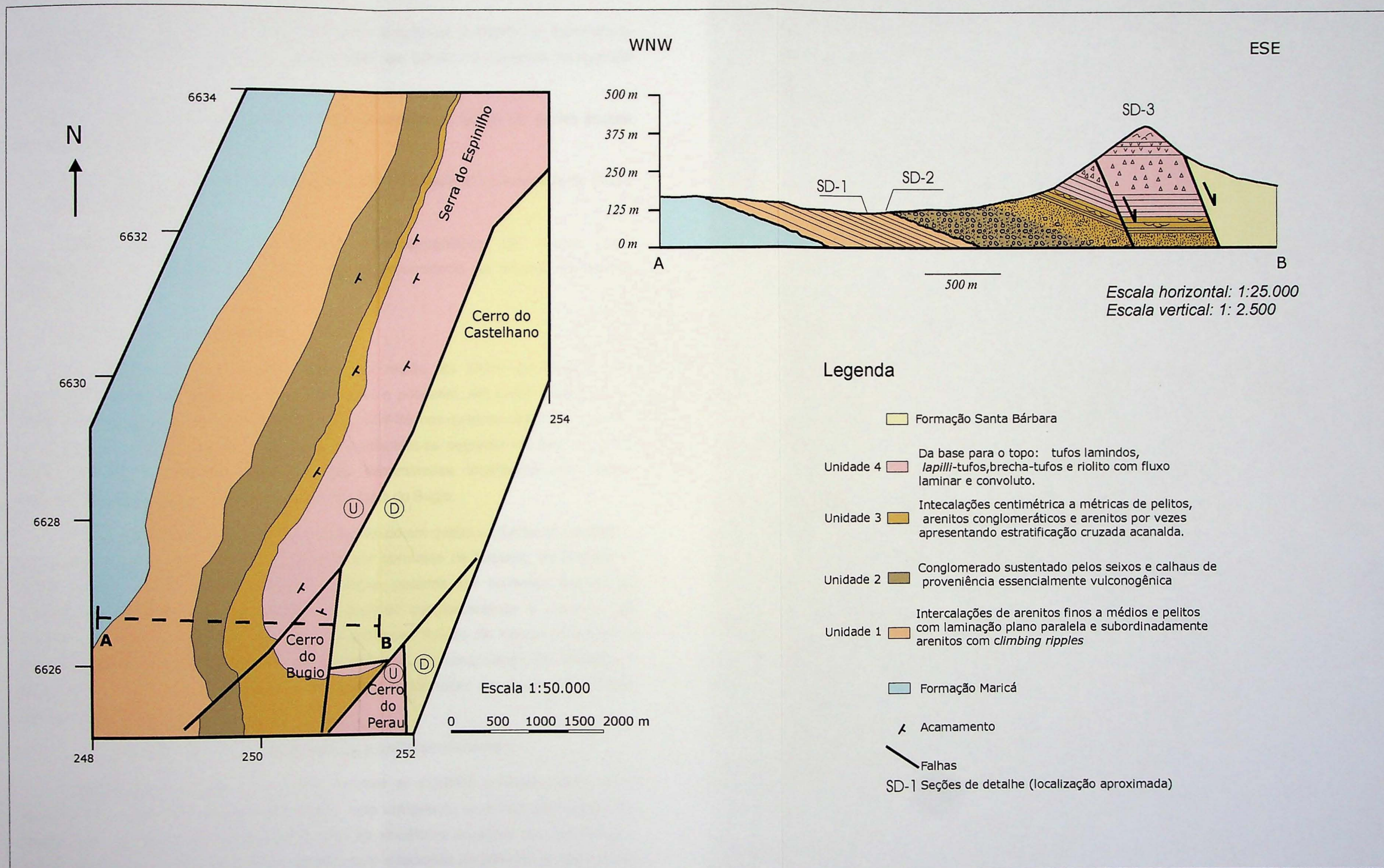


Figura 08. Mapa geológico e perfil esquemático da área de estudo. Contatos com Formação Maricá e Santa Bárbara compilados de Pelosi (2001) e Almeida (2001) respectivamente.

As seções de detalhe (**SD**), cuja localização encontra-se na figura 07, foram efetuadas em duas unidades:

(i) Na unidade de ritmitos de rochas psamíticas e pelíticas (Unidade 2), denominada informalmente como Seção da Fazenda Taleira-**SD1**, em função da localidade na fazenda homônima;

(ii) Uma pequena seção pertencente à mesma unidade da seção (ii), porém situada estratigraficamente acima desta-**SD2**.

(iii) Na unidade de rochas vulcanoclásticas e riolitos (Unidade 4) denominada de Seção do Cerro do Bugio-**SD3**

Foram efetuadas também análises micropetrográficas de rochas mais representativas das seções, além de análises de proveniência de clastos nos termos conglomeráticos.

6.1. Descrição das unidades

As unidades do Grupo Bom Jardim, na região do Cerro do Bugio, estão predominantemente orientadas segundo NNE-SSW e possuem, em geral, mergulhos de médio ângulo para SE. Existem fraturas de direção NW-SE nas quais se observam rejeitos. As falhas principais que basculam as unidades orientam-se segundo NE-SW, possuem rejeitos normais com componentes direcionais subordinadas, localmente com rejeitos variáveis ao longo do *strike*, como a sudoeste do Cerro do Bugio.

Nesta região, o Grupo Bom Jardim foi subdividido em quatro unidades: (i) Unidade 1, composta por ritmitos psamo-pelíticos gerados por correntes de turbidez; (ii) Unidade 2, conglomerado sustentados pelos clastos, maciços, gerados por correntes fluviais; (iii) Unidade 3, constituída por intercalações de arenitos conglomeráticos e arenitos com estratificação cruzada acanalada gerados por correntes fluviais de menor densidade e siltitos laminados, gerados por decantação em períodos de menor vazão; (iv) Unidade 4, compreende uma sucessão de rochas vulcanoclásticas formadas por fluxos piroclásticos, recobertas por riolitos.

6.1.1. Ritmitos de rochas psamíticas e pelíticas-Unidade 1

Considerada por Leites *et al.*(1990), Porcher *et al.*(1995) e Pelosi (2001), entre outros, como pertencente à Formação Maricá, esta unidade foi recentemente inserida no Grupo Bom Jardim por apresentar evidências de atividades eruptivas concomitantes à sedimentação, bem como camadas de argilitos com diagênese semelhante às das rochas do grupo em sua área tipo, na região de Bom Jardim (Janikian em preparação e Pelosi em preparação).

A unidade apresenta aproximadamente 500 metros de espessura e constitui-se de depósitos basais formados por correntes de turbidez e de depósitos deltaicos superiores.

Depósitos de turbiditos clássicos

Estes depósitos consistem em intercalações decimétricas a centimétricas de arenitos finos a médios, maciços e siltitos com laminação plano paralela e argilitos laminados, em estratos com geometria tabular. Subordinadamente ocorrem camadas de arenitos com *climbing ripples* e camadas de argilitos maciços. Os contatos entre os estratos são em geral bruscos, exibindo superfícies planares ou superfícies com marcas onduladas. Ocorre localmente fácies de granulação mais grossa (arenito médio a grosso maciço), como observado na Seção da Fazenda Taleira-SD1, representada na figura 09 e descrita abaixo.

O afloramento mais representativo desta unidade localiza-se no córrego da Fazenda Taleira, a oeste do Cerro do Bugio. As fácies descritas na seção encontram-se resumidas na tabela 5.

Fácies	Descrição
Alc	Arenito fino, micáceo, com laminação cruzada, espessura decimétrica a centimétrica. Localmente ocorrem níveis centimétricos de arenito fino com laminação convoluta
Al/Ac	Intercalações centimétricas de arenito fino a médio com laminação plano paralela intercalados com <i>climbing ripples</i> .
Am	Arenito fino a médio maciço com espessura centimétrica.
Alh	Arenito médio a fino heterolítico com laminação plano paralela, espessura centimétrica a decimétrica, localmente chegando a 1m. Pode apresentar no topo transição para a fácies Aoh (Prancha 1A).
Aoh	Arenito médio a fino heterolítico com marcas onduladas no topo de cada set, espessura decimétrica localmente centimétrica. Localmente no topo ocorrem <i>wrinkle marks</i> (Prancha 1B)
Al	Arenito médio a fino com laminação plano paralela
Sl	Siltito argiloso com laminação plano paralela e espessura decimétrica
Sm	Siltito maciço com espessura decimétrica
Alm	Argilito laminado, com espessura centimétrica a métrica, chegando a ultrapassar 1,5 m
Tv	Tufo vítreo maciço composto por 50% de shards não deformados (Prancha 1F)
Ag	Arenito médio a grosso maciço, com intraclastos de siltito laminado e aproximadamente 5 m de espessura (Prancha 1D e E)

Tabela 5. Fácies da Seção da Fazenda Taleira (SD1)

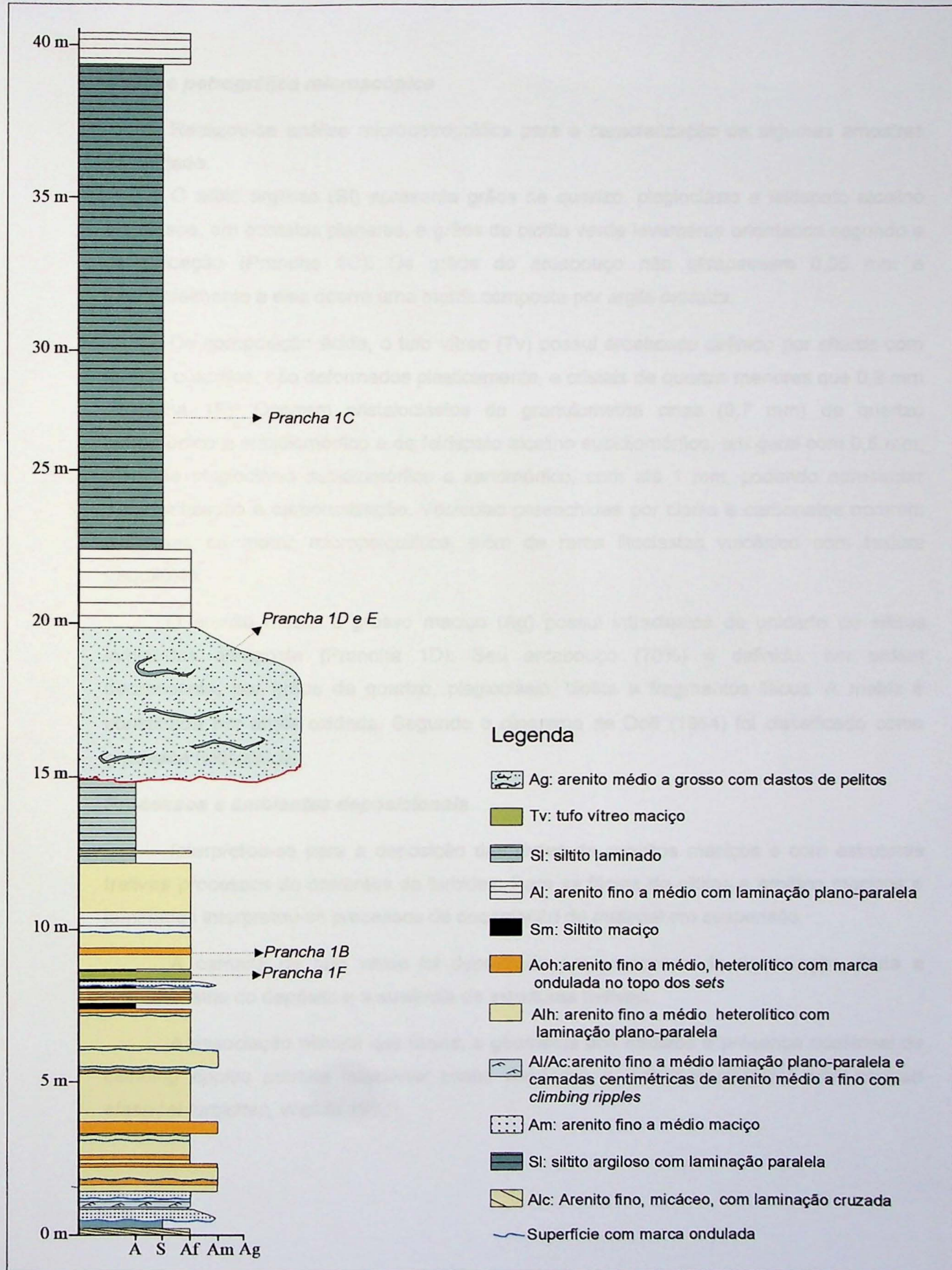


Figura 09. Seção da Fazenda Taleira-SD1. Localização GPS: 248581/6626767

Análise petrográfica microscópica

Realizou-se análise micropetrográfica para a caracterização de algumas amostras da unidade.

O siltito argiloso (SI) apresenta grãos de quartzo, plagioclásio e feldspato alcalino angulosos, em contatos planares, e grãos de biotita verde levemente orientados segundo a estratificação (Prancha 1C). Os grãos do arcabouço não ultrapassam 0,05 mm e intersticialmente a eles ocorre uma matriz composta por argila oxidada.

De composição ácida, o tufo vítreo (Tv) possui arcabouço definido por *shards* com formas cúspides, não deformados plasticamente, e cristais de quartzo menores que 0,2 mm (Prancha 1F). Ocorrem cristaloclastos de granulometria cinza (0,7 mm) de quartzo xenomórfico a subidiomórfico e de feldspato alcalino subidiomórfico, em geral com 0,5 mm, além de plagioclásio subidiomórfico a xenomórfico, com até 1 mm, podendo apresentar saussuritização e carbonatização. Vesículas preenchidas por clorita e carbonatos ocorrem dispersas na matriz micropoiquilítica, além de raros litoclastos vulcânico com textura traquitóide.

O arenito médio a grosso maciço (Ag) possui intraclastos da unidade de siltitos laminados sotoposta (Prancha 1D). Seu arcabouço (70%) é definido, em ordem decrescente, por grãos de quartzo, plagioclásio, biotita e fragmentos líticos. A matriz é constituída por argila oxidada. Segundo o diagrama de Dott (1964) foi classificado como grauvasca feldspática.

Processos e ambientes deposicionais

Interpretou-se para a deposição das fácies de arenitos maciços e com estruturas trativas processos de correntes de turbidez. Para as fácies de siltitos e argilitos maciços e laminados interpretou-se processos de decantação de material em suspensão.

A camada de tufo vítreo foi depositada por processos de decantação, dada a granulometria do depósito e a ausência de estruturas trativas.

A associação rítmica das fácies, a geometria dos estratos e presença ocasional de *climbing ripples* permite relacionar esses depósitos a turbiditos clássicos (*thin-bedded classical turbidites*, Walker 1992).

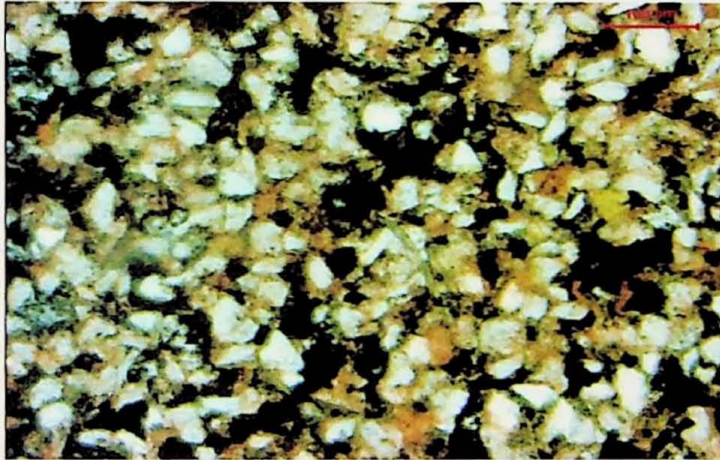
Prancha 1



A. Fácies Alh, arenito fino a médio heterolítico com laminação plano-paralela.



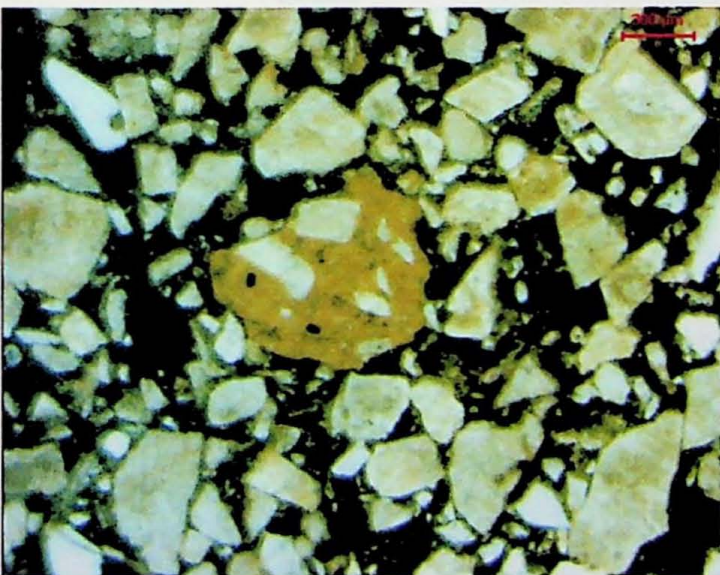
B. Visão em planta das *wrinkle marks* presentes na facies Aoh.



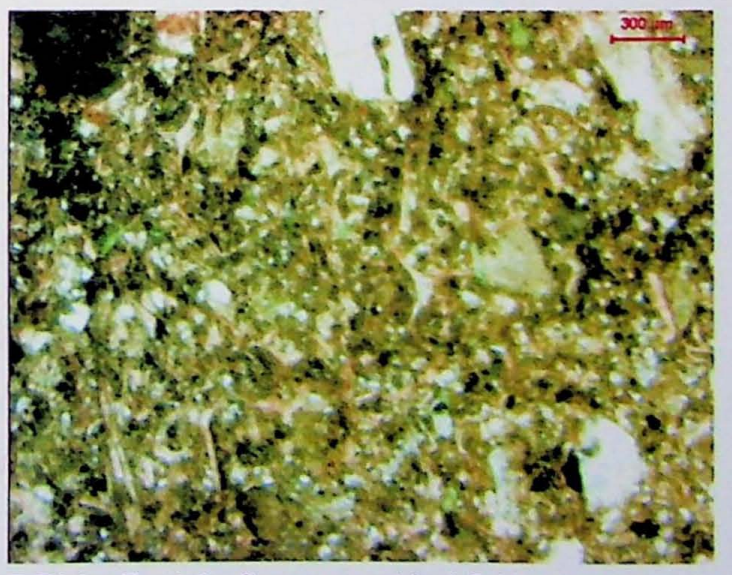
C. Facies Sl, siltito laminado apresentando grãos de quartzo, plagioclásio e feldspato alcalino, angulosos, em contatos planares e clastos de biotita (aumento 10x, nicóis paralelos).



D. Facies Ag. Arenito médio a grosso, com clastos dos siltitos laminados inferiores deformados.



E. Aspecto da facies Ag. Notar a predominância de contatos pontuais entre os grãos de plagioclásio, quartzo e fragmentos líticos (li). O arcabouço é definido por areia média a grossa e a matriz por argila oxidada (aumento 2,5x, nicóis paralelos) amostra KBU-2A.



F. Fácies Tv, tufo vítreo com matriz definida por *shards* de formatos cúspides não deformados e cristaloclastos de quartzo (aumento 2,5x, nicóis paralelos).

Depósitos de lobos deltaicos

Estes depósitos encontram-se bem representados no ponto 54 (ver Fig. 7), onde observam-se pacotes tabulares de até um metro de espessura de arenito fino com estratificação cruzada tangencial no topo e na base, intercalados a pacotes de mesma espessura e geometria de siltitos laminados representados na figura 10.

Processos e ambientes deposicionais

Esta sucessão apresenta granodecrescência acendente e é interpretada como depósitos de lobos deltaicos (camadas de arenito), intercalados por depósitos de decantação conforme já proposto por Pelosi 2001.

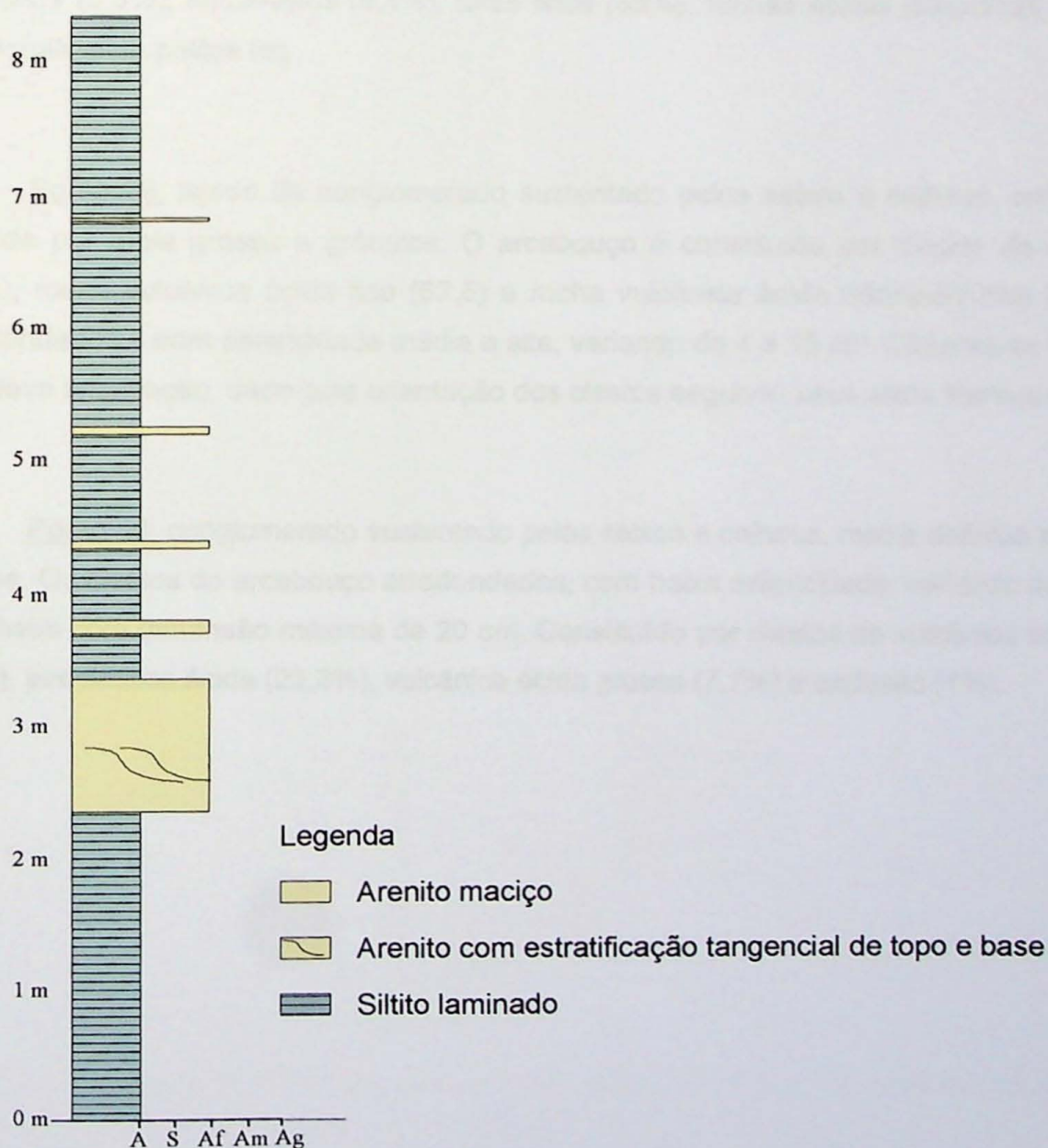


Figura 12. Seção colunar e afloramento representativo do depósito de lobos deltaicos

6.1.2. Conglomerados maciços - Unidade 2

Esta unidade possui aproximadamente 300 metros e sobrepõe-se à Unidade 1 possivelmente por discordância erosiva. Constitui-se de conglomerados sustentados pelos arcabouços. Os clastos maiores que 1cm do arcabouço possuem leve imbricação segundo seus eixos menores. São arredondados a subarredondados com esfericidade variando de baixa a alta. Análises de proveniência, efetuadas em três afloramentos localizados na base do Cerro do Bugio, nos pontos 28, 29 e 49 (Fig.07), demonstram uma fonte predominantemente vulcanogênica. Os dados estatísticos estão representados na figura 11.

Ponto 28: lajedo de conglomerado maciço, sustentado pelos seixos e calhaus, com matriz definida por areia média a grossa e clastos bem arredondados, subordinadamente subarredondados, que variam de 1 a 10 cm. O arcabouço é constituído por clastos de andesitos (5,5%), *lappili-tufos* (4,5%), tufos finos (65%), rochas ácidas porfíricas (25%) e ocasionalmente pelitos (tr).

Ponto 29: lajedo de conglomerado sustentado pelos seixos e calhaus, com matriz definida por areia grossa a grânulos. O arcabouço é constituído por clastos de andesito (20%), rocha vulcânica ácida fina (62,5) e rocha vulcânica ácida microporfírica (17,5%), arredondados e com esfericidade média a alta, variando de 4 a 15 cm. Observa-se também uma leve imbricação, dada pela orientação dos clastos segundo seus eixos menores.

Ponto 49: conglomerado sustentado pelos seixos e calhaus, matriz definida por areia grossa. Os clastos do arcabouço arredondados, com baixa esfericidade, variando de seixos a calhaus com dimensão máxima de 20 cm. Constituído por clastos de vulcânica ácida fina (68%), piroclástica ácida (23,3%), vulcânica ácida grossa (7,7%) e andesito (1%).

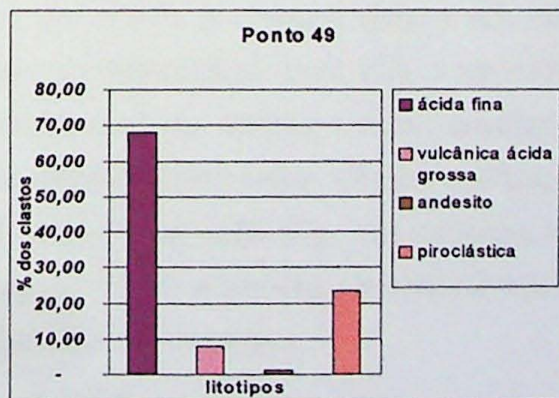
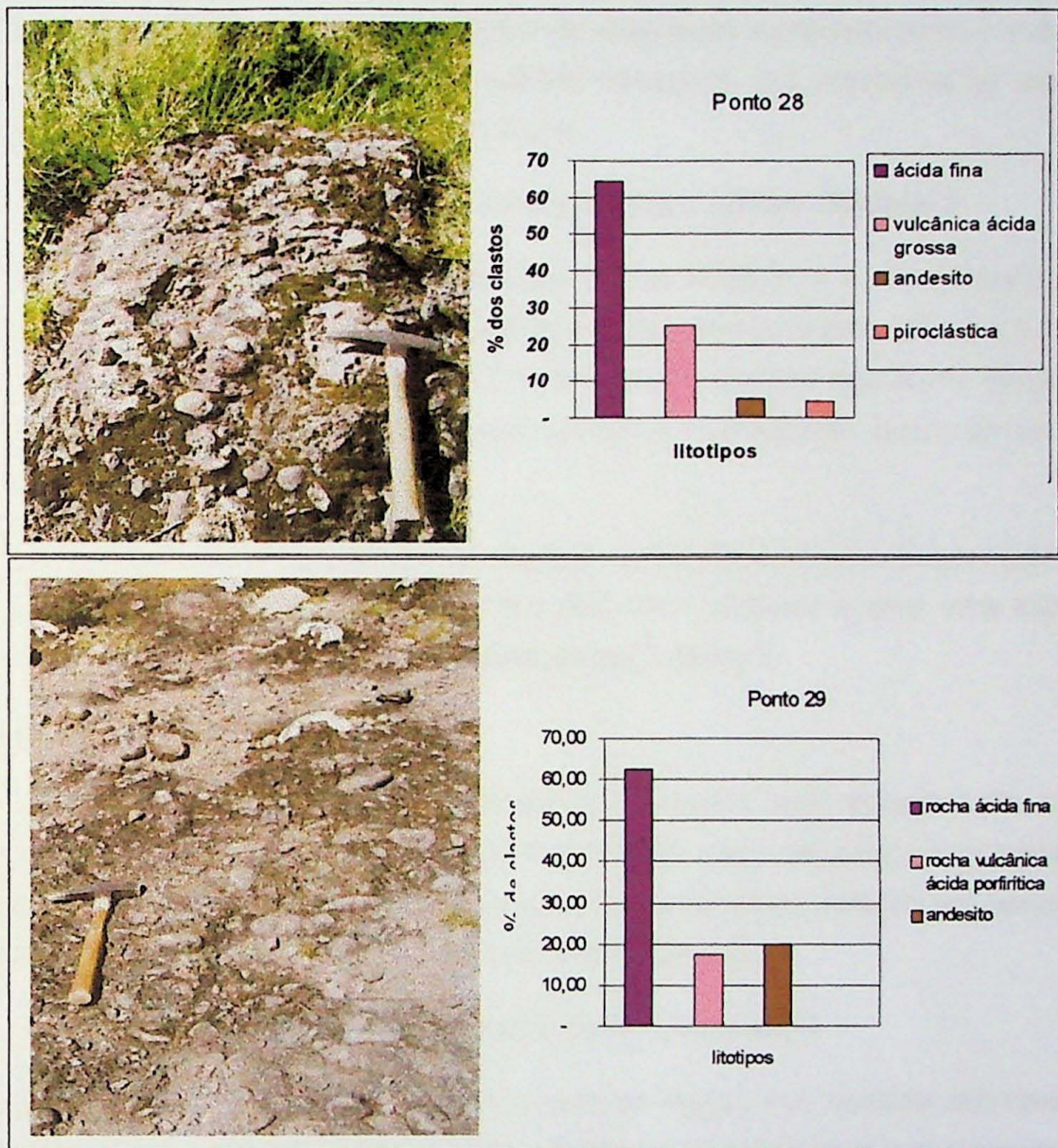


Figura 11. Pontos de análises de proveniência e respectivos dados estatísticos.

Processos e ambientes deposicionais

O grau de arredondamento dos clastos do arcabouço e principalmente a imbricação destes, segundo seus eixos menores, sugerem transporte por processos de rolamento associado a correntes trativas de ambiente fluvial.

6.1.3. Arenitos conglomeráticos, arenitos e siltitos-Unidade 3

Esta unidade possui contato transicional com a Unidade 2, e é caracterizada por intercalações centimétricas a métricas de arenitos conglomeráticos com grânulos e arenitos médios a finos que, por vezes, apresentam estratificação cruzada acanalada de pequeno porte em sets tabulares e lenticulares, com camadas decimétricas tabulares de siltitos laminados.

Esta unidade, que apresenta 100 metros a sul do Cerro do Bugio, diminui de espessura em direção ao Cerro do Espinilho (Fig. 08), podendo sugerir uma superfície erosiva pré-colocação das rochas vulcanogênicas da Unidade 4.

Processos e ambientes deposicionais

As camadas de arenitos conglomeráticos e arenitos com estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte são interpretadas como geradas por processos de migração de dunas subaquáticas, alternados por processos de decantação em períodos de menor vazão representados pelas camadas de siltito laminado.

6.1.4. Rochas vulcanoclásticas e riolitos-Unidade 4

Esta unidade sustenta a escarpa do Cerro do Bugio, que consiste em uma crista alongada de direção NNE-SSW, com altitude máxima na cota de 414 m e mínima em 140 m e dimensões de 5.000 m por 2.000 m. Possui excelentes exposições, em camadas que exibem mergulhos de baixo a médio ângulo para ESE e para NNE. As porções intermediária e superior do cerro constituem-se de rochas vulcanoclásticas e vulcânicas classificadas, através de análises petrográficas como tufos vítreos soldados, tufos finos, *lapilli*- tufos e brecha tufos e riolitos. A seção levantada (Fig. 12), descrita em seguida, abrange toda a unidade e inicia-se na cota de 180 m e termina na cota de 414 m. Devido ao mergulho das camadas, a espessura real é de 391 metros.

Fácies Ts: Tufos vítreos soldados

A base da sequência de rochas vulcanoclásticas é definida por um pacote de 10 metros de tufo avermelhado constituído por aproximadamente 75% de *shards* de granulação cinza grossa a fina, estirados segundo o fluxo, o que evidencia soldamento, ou seja, de colocação a quente (Prancha 2A).

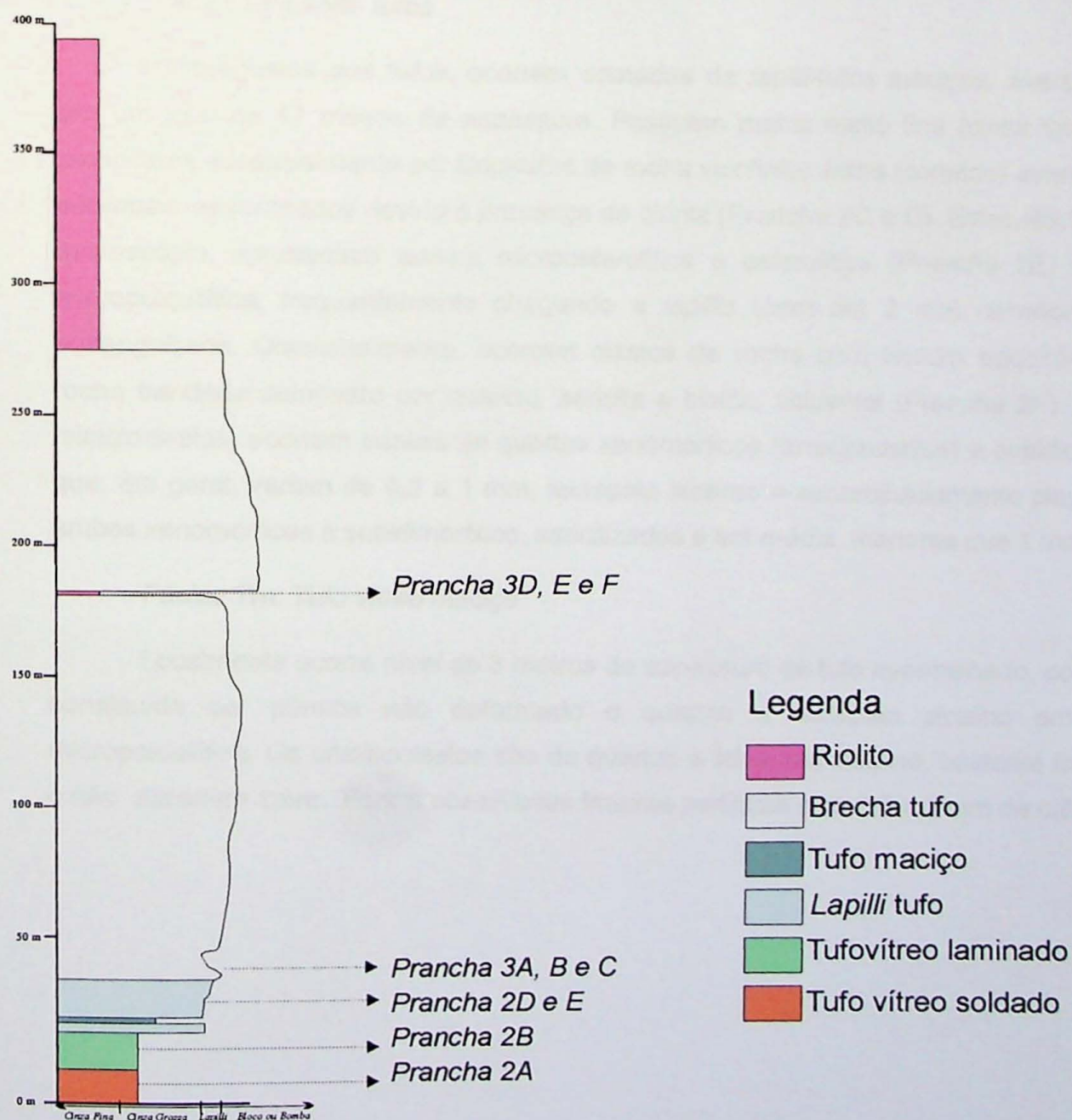
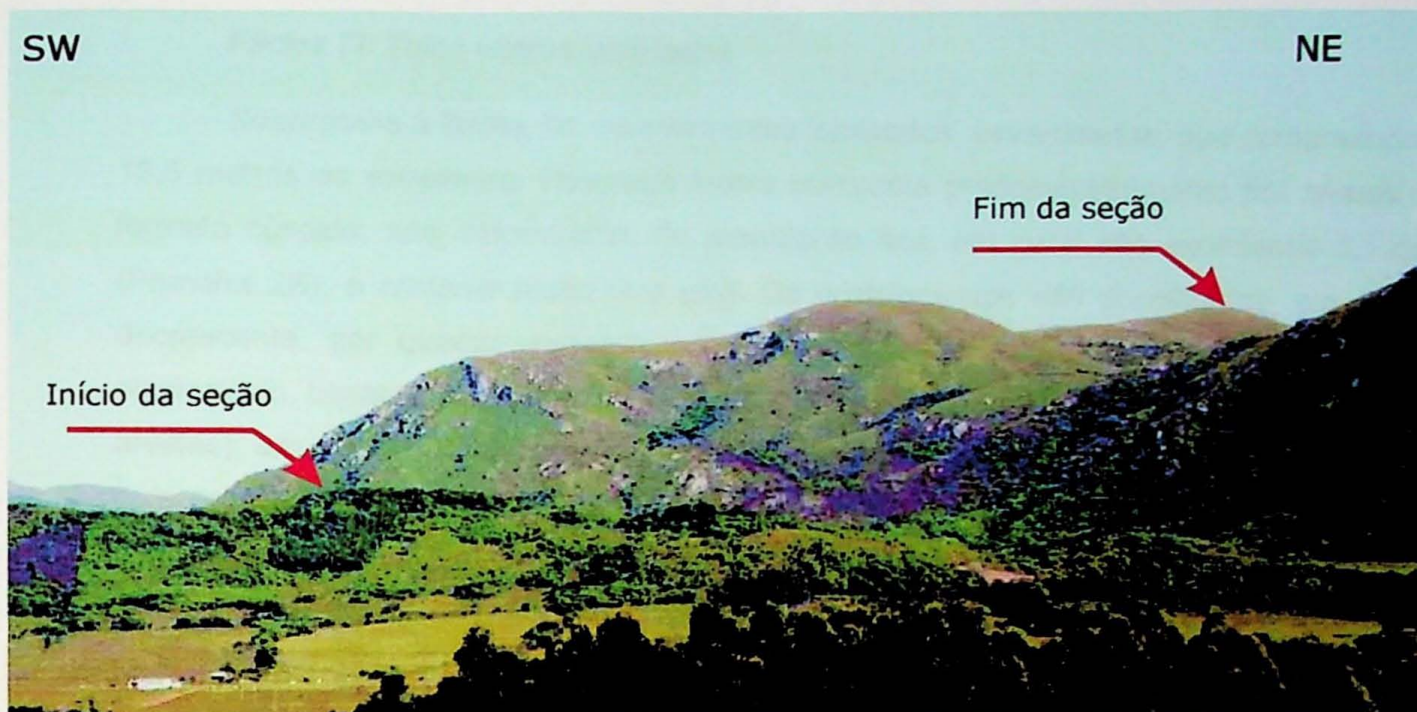


Figura 14. Vista do Cerro do Bugio e respectiva seção colunar (SD3)

Fácies *Tl*: Tufos vítreos laminados

Sobreposta à fácies *Ts*, ocorrem tufos laminados, esverdeados, que compreendem 13,5 metros de espessura. Possuem matriz composta predominantemente por *shards* de formato cúspide, não deformados, de granulação fina, em geral não excedendo 0,1 mm (Prancha 2B), e material muito fino (pó). Os cristaloclastos são constituídos, em ordem decrescente, por quartzo xenomórfico a subidiomórfico anguloso, feldspato alcalino e plagioclásio, bastante sericitizados, xenomórficos a subidiomórficos (às vezes corroídos nas arestas); em geral, não excedem 2 mm (cinza grossa). Os litoclastos consistem em rochas com textura microesferulítica, variando em média de 0,3 a 0,5 mm. Ocasionalmente ocorrem *lapillis* de rocha vulcânica de composição ácida, com estruturas de fluxo, composta por quartzo, sericita e matriz intensamente alterada para óxidos/hidróxidos de ferro. A alternância de leitos de cinza fina e leitos de cinza grossa define a laminação.

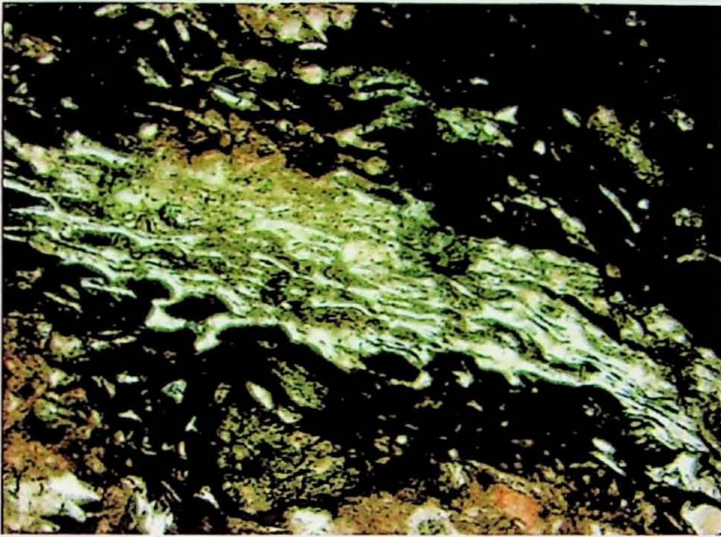
Fácies *Lt*: Lapilli- tufos

Sobrepostos aos tufos, ocorrem camadas de *lapilli*-tufos maciços, avermelhados, em um total de 17 metros de espessura. Possuem matriz muito fina (cinza fina), e são compostos essencialmente por litoclastos de rocha vulcânica ácida (conatos) avermelhados e também esverdeados devido à presença de clorita (Prancha 2C e D). Estes litoclastos, ao microscópio, apresentam textura microesferulítica a esferulítica (Prancha 2E) e textura micropoiquilítica, frequentemente chegando a *lapillis* (com até 2 cm), arredondados a subangulosos. Ocasionalmente, ocorrem clastos de rocha com textura traquitóide, e de rocha bandada composta por quartzo, sericita e biotita, acidental (Prancha 2F). Entre os cristaloclastos, ocorrem cristais de quartzo xenomórficos (arredondados) a subidiomórficos que, em geral, variam de 0,2 a 1 mm, feldspato alcalino e subordinadamente plagioclásio, ambos xenomórficos a subidiomórficos, sericitizados e em média, menores que 1 mm.

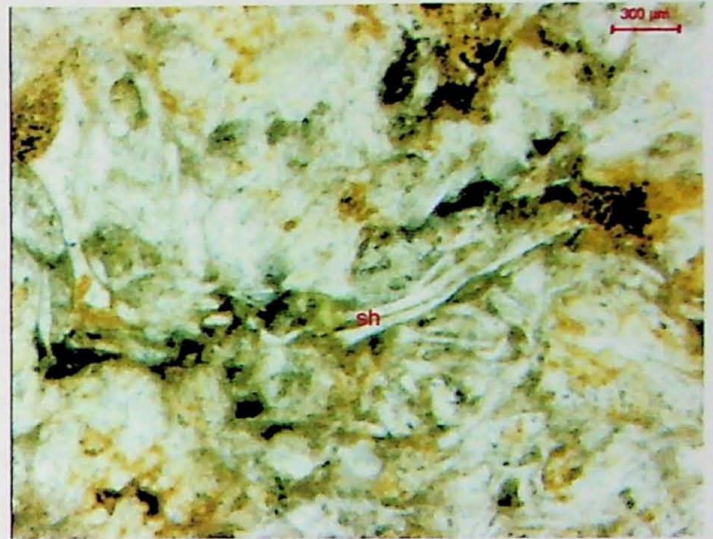
Fácies *Tm*: Tufo vítreo maciço

Localmente ocorre nível de 3 metros de espessura de tufo avermelhado, com matriz constituída por púmice não deformado e quartzo e feldspato alcalino em textura micropoiquilítica. Os cristaloclastos são de quartzo e feldspato alcalino, bastante fraturados e não excedem 1mm. Foram observadas fraturas perlíticas com 0,5 a 1 mm de diâmetro.

Prancha 2



A. Amostra KBU-57, *shards* deformados segundo o fluxo. Fácies Ts- tufo soldado (aumento 2,5X, nicóis paralelos).



B. Amostra KBU-13, *shards* (sh) de formato cúspide não deformados (aumento 2,5x, nicóis paralelos). Fácies Tl, tufo laminado.



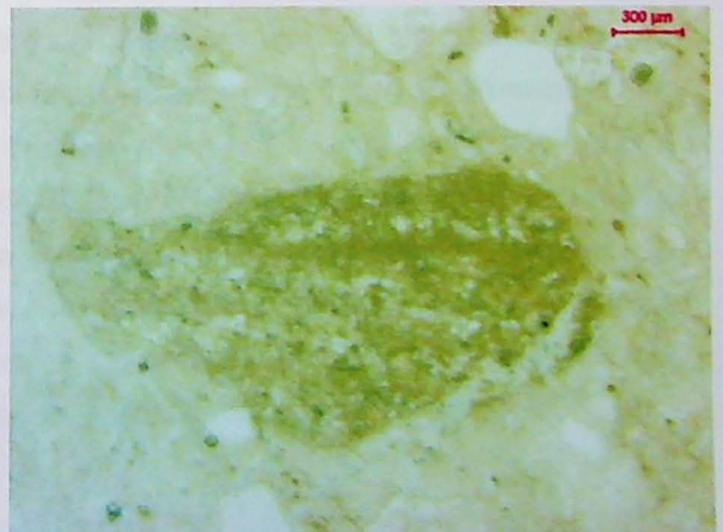
C. Aspecto do *lapilli* tufo em afloramento



D. Detalhe dos *lapillis* arredondados a subarredondados em afloramento da fácies Lt (*lapilli* tufos).



E Amostra KBU- 14A, *lapilli*-tufo com litoclastos apresentando textura esferulítica (es).



F. *Lapilli* accidental de rocha composta por biotita, sericita e quartzo (aumento 2,5x, nicóis cruzados)-amostra KBU-14C.

*Fácies **Bt**: Brecha-tufos*

Essas rochas, sobrepostas aos *lapilli*-tufos, predominam na seção em uma espessura total de 240 metros. São róseas, maciças e possuem litoclastos subangulosos a arredondados (Prancha 3A). São suportadas pela matriz, sendo que a proporção entre esta e os clastos varia. A matriz é muito fina (cinza a pó), apresenta cristaloclastos de quartzo e feldspato alcalino, ambos intensamente quebrados e, em geral, não ultrapassando 1mm. Os contatos entre os litoclastos e os cristaloclastos são retos a suturados (Prancha 3B).

Os litoclastos predominantes são tufos compostos por uma matriz fina com intensa alteração para sericita, com estruturas de fluxo. Na matriz dos litoclastos ocorrem cristaloclastos de quartzo e de feldspato alcalino, ambos xenomórficos a subidiomórficos, com grande variação na granulação (0,2 a 2,5 mm); ocasionalmente ocorrem cristais de microclínio (Prancha 3C). Entre os litoclastos também encontram-se rochas com textura traquitóide e rochas com matriz microesferulítica que, em geral, ao microscópio não excedem 5% do volume estimado.

Considerações sobre o estado de colocação das rochas piroclásticas

Classificações, quanto ao estado de colocação dos termos vulcanoclásticos, seguiram propostas de Cas & Wrigth (1991) pelas quais admite-se um colocação por processos de fluxo piroclástico bem evidenciado nas porções basais. Em direção ao topo tais evidências não foram observadas e na fácies dos brecha-tufos, o predomínio de litoclastos de tufos possivelmente indique o retrabalhamento de depósitos piroclásticos primários por fluxo de gravidade convencionais.

Riolitos

Ocorrem no topo do Cerro do Bugio, sendo que as primeiras ocorrências associam-se aos níveis superiores da seqüência de brechas-tufos (Fig.14). São avermelhados e possuem textura microporfirítica, sendo a matriz microesferulítica com esferulitos em média menores que 0,2 mm, podendo chegar a ~0,6 mm (Prancha 3D). Os fenocristais são de quartzo idiomórficos bipiramidais a subidiomórficos, com em média 1 mm de diâmetro, além de fenocristais de feldspato alcalino e subordinadamente de plagioclásio, ambos idiomórficos a subidiomórficos com em geral 1 mm. Cristais de quartzo de segunda geração ocorrem dispersos na matriz e como cordões alinhados pelo fluxo. Encontram-se também vesículas preenchidas com sílica microcristalina (Prancha 3E), deformadas possivelmente pelos fluxos sobrejacentes durante a colocação da rocha. Ocorrem também opacos xenomórficos a subidiomórficos corroídos e finos, dispersos na matriz ou como fenocristais.

Fácies Bt: Brecha-tufos

Essas rochas, sobrepostas aos *lapilli*-tufos, predominam na seção em uma espessura total de 240 metros. São róseas, maciças e possuem litoclastos subangulosos a arredondados (Prancha 3A). São suportadas pela matriz, sendo que a proporção entre esta e os clastos varia. A matriz é muito fina (cinza a pó), apresenta cristaloclastos de quartzo e feldspato alcalino, ambos intensamente quebrados e, em geral, não ultrapassando 1mm. Os contatos entre os litoclastos e os cristaloclastos são retos a suturados (Prancha 3B).

Os litoclastos predominantes são tufos compostos por uma matriz fina com intensa alteração para sericita, com estruturas de fluxo. Na matriz dos litoclastos ocorrem cristaloclastos de quartzo e de feldspato alcalino, ambos xenomórficos a subidiomórficos, com grande variação na granulação (0,2 a 2,5 mm); ocasionalmente ocorrem cristais de microclínio (Prancha 3C). Entre os litoclastos também encontram-se rochas com textura traquitóide e rochas com matriz microesferulítica que, em geral, ao microscópio não excedem 5% do volume estimado.

Considerações sobre o estado de colocação das rochas piroclásticas

Classificações quanto ao estado de colocação dos termos vulcanoclásticos, seguiram propostas de Cas & Wrigth (1991), pelas quais admite-se um colocação por processos de fluxo piroclástico bem evidenciado nas porções basais. Em direção ao topo tais evidências não foram observadas e na fácies dos brecha-tufos, o predomínio de litoclastos de tufos possivelmente pode indicar o retrabalhamento de depósitos piroclásticos primários por fluxo de gravidade convencionais.

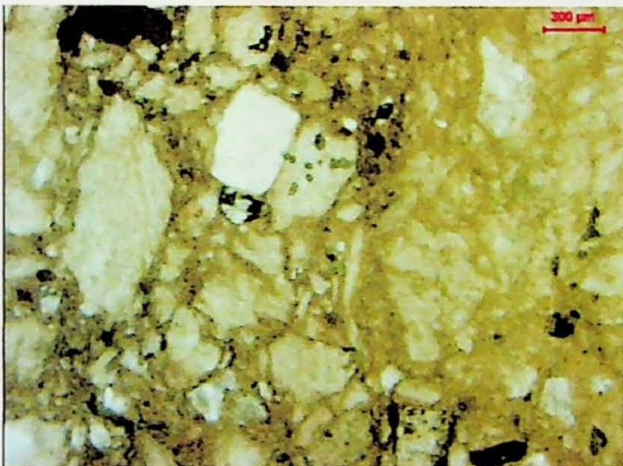
Riolitos

Ocorrem no topo do Cerro do Bugio, sendo que as primeiras ocorrências associam-se aos níveis superiores da seqüência de brechas-tufos (Fig.14). São avermelhados e possuem textura microporfirítica, com matriz microesferulítica (esferulitos em média menores que 0,2 mm, podendo chegar a ~0,6 mm -Prancha 3D). Os fenocristais são de quartzo idiomórficos bipiramidais a subidiomórficos, com em média 1 mm de diâmetro, além de fenocristais de feldspato alcalino e subordinadamente de plagioclásio, ambos idiomórficos a subidiomórficos com em geral 1 mm. Cristais de quartzo de segunda geração ocorrem dispersos na matriz e como cordões alinhados pelo fluxo. Encontram-se também vesículas preenchidas com sílica microcristalina (Prancha 3E), deformadas possivelmente pelos fluxos sobrejacentes durante a colocação da rocha. Ocorrem também opacos xenomórficos a subidiomórficos corroídos e finos, dispersos na matriz ou como fenocristais.

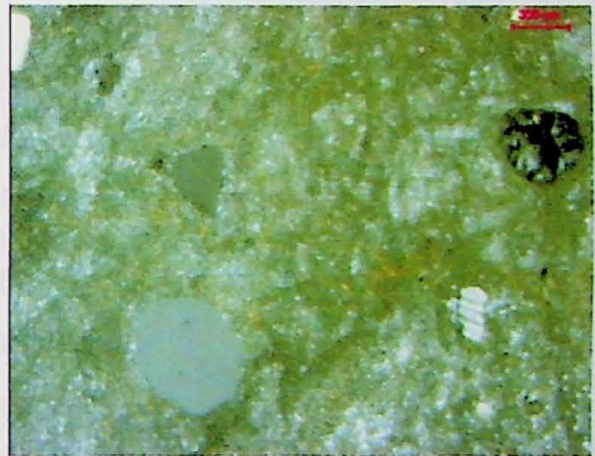
Prancha 3



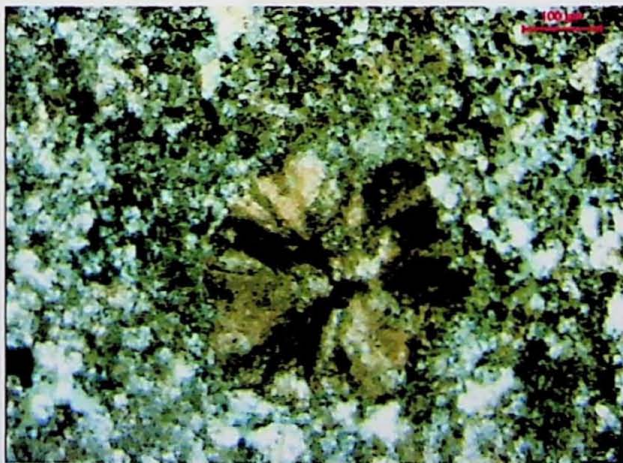
A. Afloramento da Fácies Bt, brecha tufos..



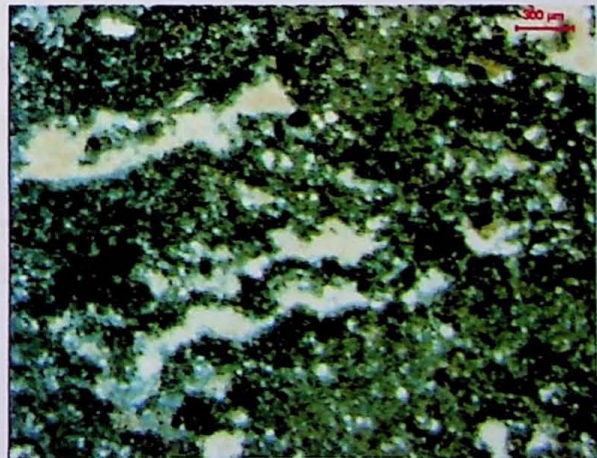
B. Amostra KBU-15A. Aspecto do brecha-tufo, mostrando os contatos entre os clastos retos a suturados (aumento 2,5x, nicóis paralelos).



C. Matriz dos litoclastos (classificados como tufos) da amostra KBU-15A. Notar a presença de cristaloclastos de quartzo idiomórfico a subidiomórfico e de microclínio xenomórfico (aumento 2,5x, nicóis cruzados)



D. Esferulito presente na matriz do riolito intercalado aos brechas-tufo, amostra KBU-18 (aumento 10x, nicóis cruzados)



D. Detalhe da figura 17a, com vesículas preenchidas por sílica microcristalina, deformadas pelo fluxo (aumento 2,5x, nicóis cruzados)

A figura abaixo mostra a seção colunar esquemática para as unidades estudadas:

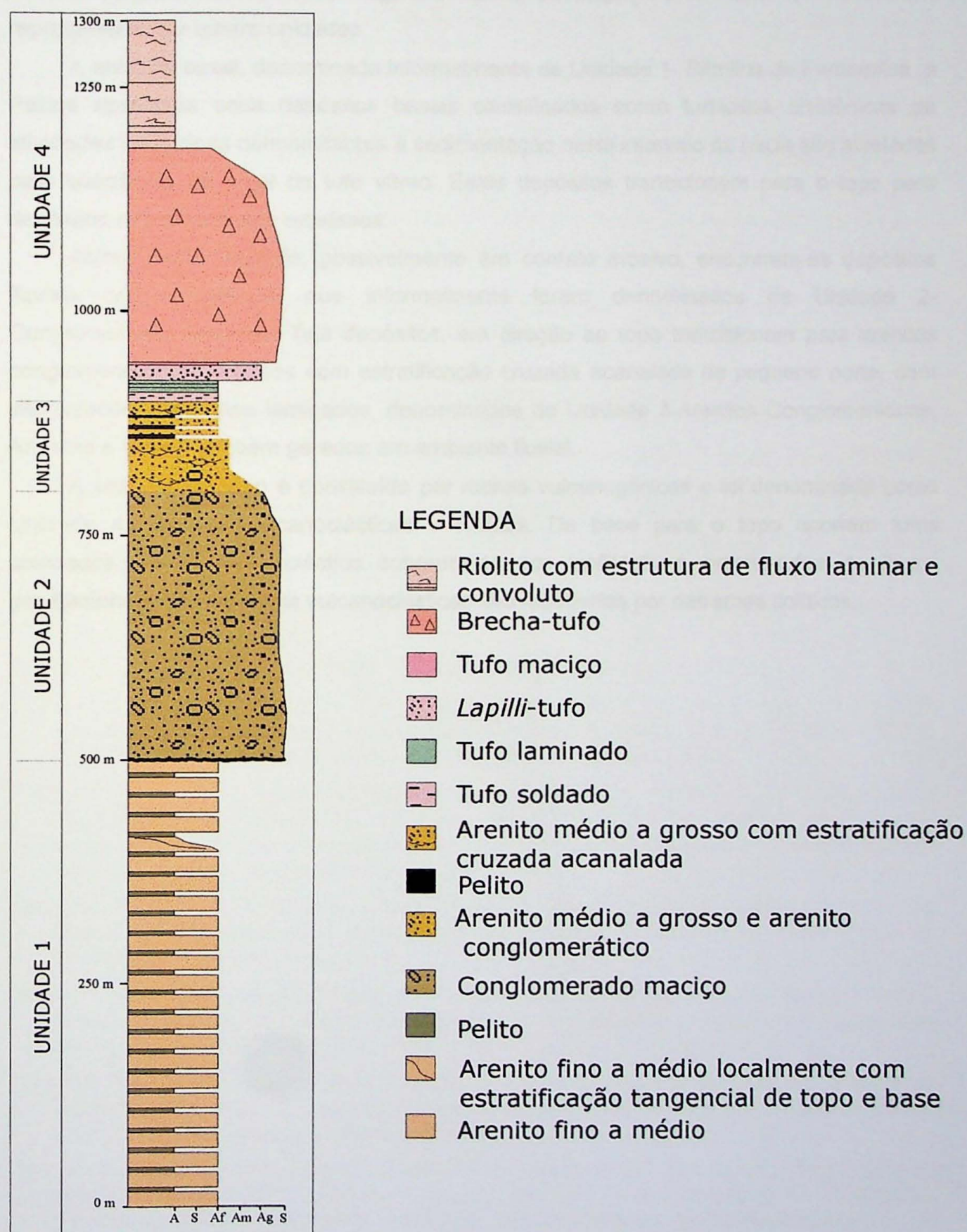


Figura 12. Seção colunar esquemática para as unidades do Grupo Bom Jardim na área de estudo

7. Conclusões

O Grupo Bom Jardim na região do Cerro do Bugio, Folha Passo do Salsinho, é representado por quatro unidades.

A unidade basal, denominada informalmente de Unidade 1- Ritmitos de Psmamitos e Pelitos apresenta seus depósitos basais classificados como turbiditos. Evidências de atividades vulcânicas concomitantes à sedimentação neste intervalo da bacia são atestadas pela ocorrência de nível de tufo vítreo. Estes depósitos transicionam para o topo para depósitos deltaicos pouco espessos.

Acima desta unidade, possivelmente em contato erosivo, encontram-se depósitos fluviais conglomeráticos, que informalmente foram denominados de Unidade 2- Conglomerados Maciços. Tais depósitos, em direção ao topo transicionam para arenitos conglomeráticos e arenitos com estratificação cruzada acanalada de pequeno porte, com intercalações de siltitos laminados, denominados de Unidade 3- Arenitos Conglomeráticos, Arenitos e Siltitos também gerados em ambiente fluvial.

A unidade de topo é constituída por rochas vulcanogênicas e foi denominada como Unidade 4- Rochas Vulcanoclásticas e Riolitos. Da base para o topo ocorrem tufos colocados por fluxo piroclástico sobrepostos por *lapilli*-tufo e brecha-tufos de fluxos gravitacionais. Estas rochas vulcanoclásticas são recobertas por derrames riolíticos.

8. Referências Bibliográficas

- Almeida D. del P.M. de, Zeffass H., Basei M.A. 1996. Mineralogia, geoquímica e novas idades para o vulcanismo ácido da Bacia do Camaquã. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador, *Anais*, 2:19-21.
- Almeida D. del P.M. de, Zeffass H., Basei M.A., Petry, K., Gomes, C. H. 2002. The Acampamento Velho Formation, a Lower Cambrian Bimodal Volcanic Package: Geochemical and Stratigraphic Studies from The Cerro do Bugio, Perai and Serra de Santa Bárbara (Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, RS, Brazil). *Gondwana Research*, 5 (3), 721-733.
- Almeida, R. P. 2001. *Evolução tectono sedimentar da Formação Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã Ocidental*. Dissertação de Mestrado— Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, SP.160 p.
- Carvalho P.F. 1929. Reconhecimento geológico efectuado no município de Caçapava, Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, Relatório Annual do Director, 1928, p. 41-55.
- Carvalho P.F. 1932. Reconhecimento Geológico no Estado do Rio Grande do Sul, *Boletim do Instituto Geológico e Mineralógico Brasileiro*, Rio de Janeiro, 66:1-72.
- Cordani U.G., Halpern M., Berenholtz M. 1974. Comentários sobre determinações geocronológicas na Folha Porto Alegre. *Carta Geológica do Brasil ao milionésimo, texto explicativo das folhas Porto Alegre e Lagoa Mirim*, DNPM, Brasília, p.70-84.
- Dott Jr. R.H. 1964. Wake, graywake and matrix – A approach to immature sandstone classification. *Journal of Sedimentary Petrology* 34(3):625-632.
- Fisher R.V. 1961. Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. *Geol. Soc. Am. Bull.* 72:1409-1414.
- Fisher R.V. & Schmincke H.U. 1984. *Pyroclastic Rocks*. Springer, Berlin, 472p.
- 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 Brasileiro no Rio Grande do Sul. In:SBG, II Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Florianópolis, *Anais*, 477-491.
- Fragoso Cesar A.R.S., Fambrini G.L., Paes de 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*, 30(3):438-441.
- Fambrini. (1998). G.L. *O Grupo Camaquã (transição Proterozóico-Cambriano) na região das Minas do Camaquã (RS)* Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
- Janikian L. (2001). *Evolução Paleambiental do Grupo Camaquã na região de Bom Jardim, Sub-bacia Camaquã Central, RS*. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. 156p.
- Janikian (em preparação). Aloestratigrafia e Evolução Paleogeográfica de Sucessões Vulcano-Sedimentares Neoproterozóicas do Rio Grande do Sul. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Janikian L., Almeida R.P., Fragoso Cesar A.R.S., Fambrini G.L. submetido. Redefinição do Grupo Bom Jardim (Neoproterozóico III) em sua área-tipo: litoestratigrafia, paleogeografia e significado tectônico das sucessões vulcano-sedimentares do Supergrupo Camaquã, RS.
- Leinz V., Barbosa A.F., Teixeira G.A. 1941. Mapa Geológico Caçapava-Lavras. *Boletim da Divisão de Produção Mineral da Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio*, Porto Alegre, RS, v. 90, p. 1-39.

- 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: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, *Anais*, 1: 300-312.
- McPhie J.; Doyle M. & Allen R. 1993. Volcanic textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. Center for Ore Deposits and Exploration Studies. University of Tasmania. 198p.
- Paim P.S.G. 1994. *Depositional Systems and Paleogeographical Evolution of the Camaquã and Santa Bárbara Basins, Brazil*. Phil. Doctor Thesis, Oxford. v.1, 277 p. (inédito).
- Pelosi A.P.M.R. (2001). *Evolução Paleogeográfica das formações Maricá e Crespos (Neoproterozóico III) na porção norte da Sub-bacia Camaquã Ocidental, Caçapava do Sul, RS*. Dissertação de Mestrado– Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. 153p.
- Pelosi (em preparação). Estratigrafia de Seqüências da Formação Maricá, Neoproterozóico III do Rio Grande do Sul. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Porcher C.A., Leites S.R., Ramgrab G.E., Camozzato E. 1995. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Passo do Salsinho, Folha SH.22-Y-A-I-4, Estado do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000 – Brasília: CPRM. 372p: il.+mapas.
- Reading H.G. 1986. Facies. In: H.G. Reading (ed.) 1986. *Sedimentary Environments and Facies 2nd edition*. 4-19.
- Ribeiro M., Bocchi P. R., Figueiredo Filho P. M., Tessari R.I. 1966. *Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, 232 p. (Boletim 127).
- 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. *Ihneríngia*, Série Geologia, Porto Alegre, 5:19-54.
- Ribeiro M. & Lichtemberg E. 1978. Síntese da Geologia do Rio Grande do Sul. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife, *Anais*, 6:2451-2463.
- Robertson J.F. 1966. Revision of Stratigraphy and nomenclature of rock units in Caçapava-Lavras Region. *Notas e Estudos*, IG-UFRGS, Porto Alegre, 1(2): 41-54.
- Santos E.L., Beckel J., Macedo P.M., Gonzales Filho F., Chabam M. 1978. Divisão lito-estratigráfica do Eo-Cambriano-Pré-Cambriano Superior do Escudo Sul-Riograndense. In SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife, *Anais*, 2:670-684.
- Santos E.L., Ramgrab G.E., Maciel L.A., Mosmann R. 1989. Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul (1:1.000.000) e parte do Escudo Sul-Rio-Grandense (1:600.000). DNPM, Porto Alegre.
- Schmid R. 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology* 9:41-43.
- Streckeisen A. 1979 Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites, and melilitic rocks: recommendations and suggestions of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks, *Geology*. 7:331-335
- Walker R.G. 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: Walker R.G. & James N.P. (eds): *Facies Models and Response to Sea-level Change* 1-14. Geological Association of Canada Geotext 1.
- Wildner W., Lima E.F., Camozzato E., Lopes R.C. 1998. Seqüências vulcânicas nas bacias do Camaquã e Santa Bárbara e Platô do Taquarembó: representantes do final do magmatismo relacionado ao Ciclo Brasileiro/Panafricano no sul do Brasil. *Actas X*

Congresso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica. I:152-156.

Wildner W., Sander A., Loper R.C. 1994. Estudo petrológico e litoquímico de uma parcela do vulcanismo ácido cambriano do Rio Grande do Sul – Formação Acampamento Velho. *Pesquisas*, **21**(1):47-57.

Zerfass H., Almeida D. del P.M., Gomes C.H. 2000. Faciology of the Acampamento Velho Formation volcanic rocks (Camaquã Basin) in the region of Serra de Santa Bárbara, Cerro do Perau and Cerro do Bugio (Municipality of Caçapava do Sul-RS). *Revista Brasileira de Geociências*, **30**(3):375-379.

