

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Análise estratigráfica de proveniência de depósitos da
Formação Cerro da Angélica (Grupo Bom Jardim, Ediacarano
do RS) na porção sul da Sub-Bacia Camaquã Central**

Alexsandra Costa de Freitas Leitão

Orientador: Prof. Dr. Renato Paes de Almeida (GSA- IGc)
Co-Orientadora: Dra. Liliane Janikian Paes de Almeida (IAG)

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

TF 2006-03

**São Paulo
2006**

**TF
L533
ACF.a**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Análise estratigráfica da proveniência de depósitos da
Formação Cerro da Angélica (Grupo Bom Jardim,
Ediacarano do RS) na porção sul da Sub-Bacia
Camaquã Central**

Alexsandra Costa de Freitas Leitão



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Renato Paes de Almeida

Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini

Prof. Dr. Paulo César Boggiani

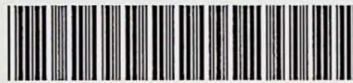
São Paulo

2006

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Análise estratigráfica de proveniência de depósitos da
Formação Cerro da Angélica (Grupo Bom Jardim, Ediacarano
do RS) na porção sul da Sub-Bacia Camaquã Central

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024387



Alexsandra Costa de Freitas Leitão

Orientador: Prof. Dr. Renato Paes de Almeida (GSA- IGc)

Co-Orientadora: Dra. Liliane Janikian Paes de Almeida (IAG)

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

TF 2006-03

São Paulo
2006

TF
L533
ACF.a

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
LIBRARY

Formacao Cores de Angola (Angola) para a
Formacao Cores de Angola (Angola) para a



Alexander Costa de Freitas

Coimbra, Portugal, 1974
Coimbra, Portugal, 1974

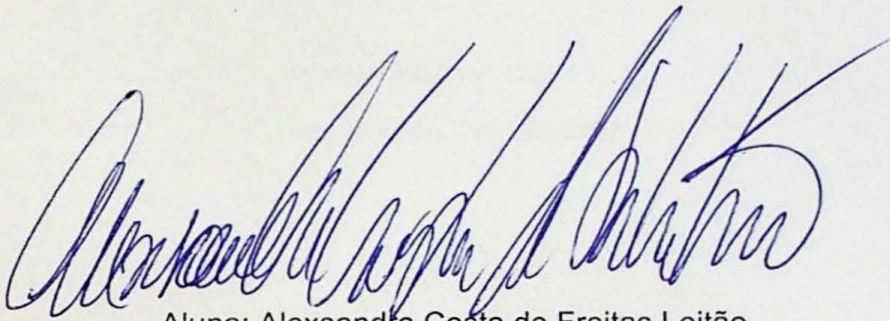
MONOGRAFIA DE TRABALHOS DE FOMENTACAO

1974

1974

Universidade de São Paulo
Instituto de Geociências

Análise estratigráfica de proveniência de depósitos da Formação Cerro da Angélica
(Grupo Bom Jardim, Ediacarano do RS) na porção sul da Sub-Bacia Camaquã Central



Aluna: Alessandra Costa de Freitas Leitão

de acordo : Renato Paes de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Renato Paes de Almeida (GSA- IGc)

Co-Orientadora: Dra. Liliâne Janikian Paes de Almeida (IAG)

Monografia de Trabalho de Formatura
(TF-03/2006)



Pedras no caminho?

Guardo todas!

Um dia construirei meu castelo com elas!

E se não conseguir?

Ah! ...

Martelo nelas!!!



ÍNDICE

1. Resumo	5
2. Abstract.....	6
3. Agradecimentos	7
4. Introdução	8
5. Metas e Objetivos	9
6. Trabalhos Prévios	10
6.1. Contexto Geológico	10
6.2. Sucessões Vulcano-Sedimentares da Bacia do Camaquã.....	10
7. Materiais e Métodos	12
7.1. Revisão Bibliográfica	12
7.2. Trabalhos de Campo	13
7.2.1. Análise de Fácies	13
7.2.2. Associação de Fácies	13
7.2.3. Análise de Paleocorrentes.....	14
7.3. Análises microscópicas.....	14
7.3.1. Classificação Petrográfica	14
7.3.2. Proveniência Microscópica	15
8. Desenvolvimento do Trabalho.....	15
8.1. Revisão Bibliográfica	16
8.2. Trabalhos de Campo.....	16
8.2.1. Análise e Associação de Fácies	16
8.2.2. Seções Colunares e Paleocorrentes	17
8.3. Análise de proveniência.....	17
8.3.1. Caracterização Petrográfica de Rochas	17
8.3.2. Proveniência Microscópica e Contagem de Clastos.....	18
9. Resultados Obtidos	18
9.1. Análise de Fácies e de Associações de Fácies.....	19
9.1.1. Análise de Fácies da Seção Abrigo Casa de Pedra.....	19
9.1.2. Análise de Fácies da Seção da Fazenda Sol de Maio	21
9.1.3. Associações de Fácies	23
9.2. Classificação e Caracterização dos Litotipos das Áreas-Fonte	24
9.3. Classificação e Caracterização dos Litotipos dos Depósitos Areníticos da Formação Cerro da Angélica.....	27
9.4. Análise de Proveniência Microscópica e Contagem de Clastos.....	30
9.5. Análise de Paleocorrentes.....	31
10. Interpretação e Discussão dos Resultados	32
11. Conclusões.....	34
12. Referências Bibliográficas.....	36
13. Anexos	40



1. Resumo

O presente trabalho de graduação consistiu no estudo dos depósitos basais da Formação Cerro da Angélica (~605 Ma), Grupo Bom Jardim, aflorantes na região da Casa de Pedra, município de Bagé, RS. Estes estudos envolveram análise de fácies e de associações de fácies, baseadas na descrição detalhada de duas seções colunares medidas, análise de proveniência micro e macroscópica e análise de paleocorrentes.

Foram diagnosticadas quatro associações de fácies em duas seções colunares de detalhe: (i) depósitos distais de leques aluviais, (ii) depósitos de rios efêmeros (iii) depósitos proximais de enchentes em lençol de leques aluviais, (iv) depósitos de campo de dunas eólicas.

A análise de proveniência microscópica revelou variações temporais nas proporções entre fontes graníticas e vulcânicas básicas, que foi interpretada como resultado de progressiva exposição do embasamento plutônico, para os depósitos de leque aluviais, e como resultado de diferentes contribuições entre fontes proximais transversais ao eixo da bacia para os sistemas distais.

A presença de fragmentos derivados de rochas vulcânicas básicas ou intermediárias revela que houve atividade vulcânica antes da deposição da Formação Cerro da Angélica. Essa interpretação favorece o modelo de rift ativo para a evolução da Bacia Camaquã, pois a fase de maior distensão (representada pelo Grupo Bom Jardim) inicia-se com atividade vulcânica.

A ausência de variações de proveniência dentro das sucessões de leques aluviais sugere que não houve movimentação lateral entre a fonte e os depósitos, confirmando as considerações sobre o caráter normal das falhas ativas durante a deposição do Grupo Bom Jardim.

2. Abstract

The aim of this work is to study the lowermost deposits of the Cerro da Angélica Formation (~605 Ma) of the Bom Jardim Group, which crops out in the Casa de Pedra region, Bagé, Rio do Sul State, Brazil. The main methods applied were facies and facies associations analysis, based on detailed description of two columnar sections, as well as microscopic and microscopic provenance analysis and paleocurrent measurements.

Four facies associations were identified: (i) distal alluvial fan deposits, (ii) ephemeral stream deposits, (iii) proximal alluvial fan deposits and (iv) eolian dune field deposits.

The microscopic provenance analysis revealed stratigraphic changes in the proportion between granitic and basic volcanic sources. This changes were interpreted as the result of progressive denudation of the plutonic basement, in the case of the alluvial fan deposits, and as the result of variations in the contribution of proximal, border-fault derived detritus, and distal axial systems for the distal facies.

The presence of basic or intermediate volcanic rocks as detritus in the basin reveals that there was volcanic activity before the deposition of the Cerro da Angélica Formation. This interpretation corroborates the model of active rifting for the evolution of the Camaquã Basin, as the phase of main extension (recorded as the Bom Jardim Group) begins with volcanic activity.

The absence of provenance variations in the alluvial fan successions suggests that there was no sin-depositional strike-slip displacement between the source and the deposits, thus confirming previous models of normal faulting during the deposition of the Bom Jardim Group.

3. Agradecimentos

À todos que nesses seis anos me ajudaram e incentivaram a seguir em frente e que de uma certa forma, contribuíram, sem saber, para a realização deste projeto.

Aos meus irmãos Vanessa, Julio César e Selma, pelos exemplos que sempre foram pra mim.

Aos meus pais, que apesar de sempre ausentes e distantes nunca deixaram de fazer parte da minha vida, estando presentes em meus pensamentos.

À Deise e ao Ippe, meus sogros, que seguraram as pontas quando a mais precisei.

Aos amigos de "*ment et malleo*"... Que são tantos... E mais muitos e muitos... Valeu galera, pelas inúmeras horas do mais puro prazer da companhia de cada um de vocês, seja em campo, em aula, no CEPEGE ou na vida! Com certeza a Geologia foi muito mais que uma faculdade para nós! *Terra est Geo opera!*

Ao Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso César e ao Geólogo Felipe Torres Figueiredo (Banheirão) pela força (literalmente) e ajuda tanto em campo como em escritório.

À Geóloga Liliane Janikian, a Lili, pela enorme paciência comigo e pela grande ajuda com tantas dúvidas no desenvolvimento e compreensão deste trabalho.

Ao mestre e amigo, a quem agradeço a confiança e a credibilidade em mim depositada para a realização deste projeto, Renato Paes de Almeida, o Ninguém. Valeu mesmo!

Por último, mas não menos importante, aos anjos que estão na minha vida, Daniel (Mordi) e Gabriel. As pessoas que mais amo no mundo e que me ensinam que a cada dia posso aprender a ser uma pessoa melhor, uma mulher melhor, uma companheira melhor, uma amiga melhor e uma mãe melhor! Amo vocês!

4. Introdução

O presente trabalho de graduação teve como alvo de estudo o conjunto de exposições da Formação Cerro da Angélica, unidade basal do Grupo Bom Jardim (Ediacarano do Supergrupo Camaquã, RS), situadas na parte sul da Sub-Bacia Camaquã Central.

O Supergrupo Camaquã (Fragoso-Cesar *et al.* 2003, Janikian *et al.* 2003), aflorante na região centro-sul do Rio Grande do Sul, é composto pelas seguintes unidades, a partir da base: Grupo Maricá, Grupo Bom Jardim, Formação Acampamento Velho, Grupo Santa Bárbara e Grupo Guaritas, que constituem sucessões sedimentares e vulcânicas formadas entre o Ediacarano e o Eocambriano. O Supergrupo Camaquã encontra-se disposto em três sub-bacias principais, denominadas Camaquã Ocidental, Central e Oriental, separadas por altos do embasamento alinhados na direção NNE-SSW (**Figura 01**).

Segundo Janikian (2004), o Grupo Bom Jardim, em sua área tipo, constitui-se de rochas vulcânicas básicas a intermediárias, rochas piroclásticas e rochas sedimentares, geradas em uma bacia tectonicamente ativa, com altas taxas de subsidência, marcada por fases de ativação de falhas de borda possivelmente em um regime tectônico distensivo. O grupo é subdividido em três formações, com contatos transicionais entre si: Formação Cerro da Angélica (unidade basal), constituída de rochas sedimentares geradas em ambientes de leques aluviais, fluviais e eólicos, e em ambientes lacustres de leques deltaicos e leques subaquáticos; Formação Hilário, constituída de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas de composições básica e intermediária, geradas em ambientes subaquáticos, com turbiditos deltaicos intercalados, e em ambientes subaéreos; e Formação Picada das Graças, constituída por depósitos de ambientes deltaicos e fluviais.

Ainda segundo Janikian (2004), a Formação Cerro da Angélica ocorre somente na Sub-Bacia Camaquã Central e apresenta cerca de 1.500m de espessura na região de Bom Jardim (área-tipo) e 1.700m de espessura na região da Casa de Pedra. Nessas regiões, a autora caracterizou oito associações de fácies principais que compõem esta formação: (1) arenitos fluviais e (2) eólicos, (3) conglomerados e arenitos de leques aluviais e (4) de frente deltaica, que predominam na porção basal, sobrepostos por (5) arenitos siltsosos turbidíticos de prodelta, (6) depósitos argilo-siltsosos de decantação, (7) turbiditos arenosos canalizados, que interdigitam-se na porção intermediária, e, no topo, (8) depósitos deltaicos areno-siltsosos.

O presente projeto constitui uma contribuição para a evolução dos conhecimentos sobre os eventos tectônicos e sua relação com os episódios de sedimentação na Bacia do Camaquã no intervalo de tempo em que se depositou a Formação Cerro da Angélica (entre 605 e 590 Ma, Janikian 2004).

A aluna teve oportunidade de entrar em contato com as principais técnicas de análise de proveniência de sucessões sedimentares, com sua participação nas etapas de aquisição, tratamento e interpretação de dados sedimentológicos e estratigráficos.

A área escolhida para o projeto é ideal para esse tipo de estudo, pois apresenta boas exposições dispostas ao longo de rodovias e estradas vicinais de fácil acesso, nas quais foram previamente interpretados os sistemas deposicionais e reconhecida a influência de falhas de borda na sedimentação de depósitos de leques aluviais.

Apesar de abranger uma ampla gama de técnicas relativas à análise de proveniência de rochas sedimentares, o presente estudo restringiu-se a um conjunto limitado de exposições, selecionados por sua qualidade e contexto geológico.

A área de estudo está inserida nas folhas topográficas Arroio Carajás (SH.22-Y-A-IV-4) e Palmas (SH.22-Y-C-I-2), editadas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército (DSG), na escala de 1:50.000. Localiza-se a cerca de 70 km a sudoeste do município de Caçapava do Sul (RS), com acesso pela rodovia BR-153 além de diversas estradas vicinais, e compreende a região da Casa de Pedra (**Figuras 02A e 02B**).

5. Metas e Objetivos

O presente trabalho de graduação teve como foco principal reconhecer a variação da proveniência ao longo dos diversos níveis estratigráficos dos depósitos fluviais, eólicos e de leques aluviais que se encontram na porção basal da Formação Cerro da Angélica, através de técnicas de análise quantitativa de fragmentos detríticos (macro e microscopicamente).

Os objetivos acadêmicos consistiram em estabelecer a evolução dos padrões de dispersão de sedimentos ao longo da evolução da Formação Cerro da Angélica, interpretar sua relação com a evolução dos altos adjacentes à bacia em função de eventos de reativação tectônica e testar as hipóteses de movimentação normal ou transcorrente das falhas de borda ativas durante a deposição das sucessões sedimentares através da comparação entre a distribuição espacial dos litotipos nas áreas fontes e a distribuição dos clastos correspondentes nos depósitos sedimentares.

6. Trabalhos Prévios

6.1. Contexto Geológico

O Supergrupo Camaquã apresenta depósitos marinhos e continentais depositados entre o Ediacarano e o Eocambriano (Fragoso-Cesar et al., 2000; Janikian 2004, Almeida 2005), em uma bacia alongada, limitada por falhas de alto ângulo, denominada Bacia Camaquã. O contexto tectônico da Bacia Camaquã é controverso, havendo interpretações de ambientes sin-colisionais da Orogenia Brasileira (e.g. Fragoso-Cesar 1991, Gresse 1996), de bacia transcorrente tardi-colisional (Oliveira & Fernandes 1991, Machado & Sayeg 1992) e de bacia distensional anorogênica (Fragoso-Cesar et al. 2000, 2003). Trabalhos recentes sobre a evolução estratigráfica, dados de proveniência, paleocorrentes e dados de paleocampos de tensões da Bacia Camaquã indicam origem em contexto distensional (e.g. Fragoso-Cesar et al. 2000, 2001, 2003, Janikian 2001, 2004, Almeida 2001, 2005, Fambrini 2003), porém as evidências para esse modelo concentram-se em exposições dos Grupos Santa Bárbara e Guaritas (Almeida 2005), havendo apenas evidências indiretas de distensão durante a deposição do Grupo Bom Jardim.

Segundo Almeida (2005), na evolução da porção leste da Plataforma Sul-Americana, o intervalo entre os eventos metamórficos da Orogenia Brasileira, ocorridos até o limite Criogeniano - Ediacarano, e o estabelecimento das grandes bacias sedimentares intracratônicas paleozóicas, no Ordoviciano, foi marcado pelo desenvolvimento de diversas bacias sedimentares de pequenas dimensões e grande espessura, reunidas no Estádio de Transição (Almeida 1969), e pela colocação de corpos graníticos. A Bacia do Camaquã encontra-se nesse contexto, destacando-se das demais por sua dimensão e grande espessura sedimentar preservada.

6.2. Sucessões Vulcano-Sedimentares da Bacia do Camaquã

Robertson (1966) redefiniu a Série Camaquã de Carvalho (1932) como Grupo Camaquã dividindo-o em quatro unidades: Formação Santa Bárbara, Formação Guaritas, Andesito Martins e Conglomerado Coxilha; sendo esta a primeira tentativa de correlação entre as unidades vulcano-sedimentares e sedimentares desse grupo.

Ribeiro et al. (1966) e Tessari & Picada (1966), realizaram nova correlação entre os pacotes sedimentares que afloram na região de Bom Jardim e do Vale do Piquiri (sub-bacia Camaquã Ocidental), designando como Membro Mangueirão os depósitos rítmicos de arenitos finos e pelitos da região de Bom Jardim; e como Membro Vargas os depósitos conglomeráticos

do córrego de mesmo nome no município de Encruzilhada do Sul. Estes dois membros pertenciam à então definida Formação Arroio dos Nobres.

Ribeiro *et al.* (1966) denominaram as rochas vulcânicas de caráter intermediário e ácido, respectivamente, de Membro Hilário e Membro Acampamento Velho, englobando-os na Formação Crespos, que juntamente com conglomerados polimíticos, arenitos feldspáticos e siltitos da Formação Arroio dos Nobres compunha o Grupo Bom Jardim.

Ribeiro (1970) realizou um mapeamento de semi-detalhe na região de Bom Jardim que o levou a considerar que nesta região, devido à recorrência sistemática da intercalação dos litotipos dos membros Mangueirão e Vargas, o Grupo Bom Jardim seria indiferenciado.

Devido à ausência de significado estratigráfico para os conjuntos litológicos formalizados como unidades litoestratigráficas, a subdivisão acima proposta por Ribeiro *et al.* (1966) revelou-se inadequada. Porém diversos trabalhos posteriores adotaram, parcial ou integralmente, estas definições do Grupo Bom Jardim.

Fragoso-Cesar *et al.* (1982^a.) classificaram o que Ribeiro (1970) designou de Grupo Bom Jardim indiferenciado, como parte de uma associação molássica Plutono – Vulcano – Sedimentar, considerando a ocorrência de plútons graníticos co-magmáticos ao vulcanismo andesítico e riolítico, como os *stocks* graníticos São Sepé, Caçapava do Sul e Lavras do Sul

Através de análises petrográficas e geoquímicas Roisemberg *et al.* (1983) caracterizaram uma origem anorogênica para as rochas vulcânicas intermediárias a básicas da Formação Hilário e orogênica para as rochas ácidas da Formação Acampamento Velho.

Fragoso-Cesar *et al.* (1984) caracterizaram os depósitos da então chamada Antefossa Camaquã, com depósitos de antefossa molássica, relacionada à evolução do Cinturão Dom Feliciano. Denominaram como Molasse Precoce depósitos reunidos sob diversas designações, como a Formação Maricá de Robertson (1966), Arroio dos Nobres de Ribeiro *et al.* (1966) e o Grupo Bom Jardim Indiferenciado de Ribeiro (1970).

Nardi & Lima (1985), através de análises geoquímicas, interpretaram um caráter shoshonítico para as rochas vulcânicas da Formação Hilário da região de Lavras do Sul, agrupando-as com as rochas graníticas de Lavras do Sul na Associação Shoshonítica de Lavras do Sul. Propuseram então um ambiente distensivo responsável pela geração deste magmatismo, sendo este seguido por magmatismo de caráter alcalino e peralcalino, gerador das rochas vulcânicas da Formação Acampamento Velho e plutônicas associadas; considerando esta distensão como o produto de *rifts* associados a zonas de espessamento crustal, em ambientes orogênicos.

Wildner *et al.* (1994), relatam através de análises petrográficas e geoquímicas, no Platô da Ramada, um contexto paleoambiental subaéreo para a colocação dos termos vulcanogênicos da Formação Acampamento Velho.

Almeida *et al.* (1996) e Zeffass *et al.* (2000) descrevem na região dos cerros do Perau e do Bugio evidências de geração em ambientes subaéreos para as formações do Grupo Bom Jardim.

Segundo Janikian *et al.* (2003), devido à complexidade litoestratigráfica das unidades que constituem o Supergrupo Camaquã e à similaridade litológica de algumas de suas unidades, a evolução dos conhecimentos sobre as coberturas vulcano-sedimentares do Grupo Bom Jardim foi marcada por designações litoestratigráficas contraditórias e formalmente inválidas, com diferentes denominações para uma mesma unidade e, ao mesmo tempo, o emprego da mesma denominação para sucessões de distintos níveis estratigráficos. Os autores apontaram como a principal causa o fato de a maior parte das correlações estratigráficas ter sido baseada em critérios puramente litológicos, método inadequado para unidades sem exposições contínuas.

O termo Membro Cerro da Angélica foi proposto pela primeira vez por Janikian (2001), que estudou as unidades da Formação Crespos aflorantes na região de Bom Jardim, reconhecendo ambientes lacustres de costa-afora e costeiros, gerados por subsidência tectônica, com sedimentação concomitante a eventos vulcânicos.

Janikian *et al.* (2003), redefiniram e retomaram a denominação Grupo Bom Jardim, originalmente proposta por Ribeiro *et al.* (1966). Essa redefinição propõe que o Grupo Bom Jardim constitui-se, da base para o topo, pelas formações Cerro da Angélica, Hilário e Picada das Graças.

7. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento deste projeto foram integrados diversos métodos e fontes de dados, incluindo fonte bibliográfica sobre a geologia local e regional, análise de proveniência macroscópica e microscópica, análises de fácies e empilhamento estratigráfico e análise de paleocorrentes.

7.1. Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica buscou obter mais informações sobre a geologia local e a evolução do conhecimento geológico da unidade estudada. Buscou-se compreender as subdivisões litoestratigráficas e em seqüências sedimentares pré estabelecidas por outros autores para a região (*e.g.* Ribeiro *et al.* 1966, Janikian 2001, Janikian *et al.* 2003 e Janikian 2004), além de embasar a aplicação dos métodos propostos e as interpretações de resposta

sedimentar a eventos de reativação tectônica por movimentação normal ou transcorrente de falhas de borda ativa.

7.2. Trabalhos de Campo

A aquisição de dados foi realizada em duas etapas de campo que contaram com a descrição de afloramentos ao longo de perfis, levantamento de seções colunares e análise de fácies, coleta de dados para análises de paleocorrentes, e coleta de amostras nos depósitos sedimentares para análises de proveniência microscópica. A análise de proveniência microscópica foi posteriormente comparada à análise macroscópica realizada por Janikian (2004) nos depósitos conglomeráticos da sucessão em questão.

7.2.1. Análise de Fácies

A metodologia aplicada para a análise de fácies foi baseada em Reading (1986), Walker (1992) e Miall (1990, 2000). Segundo Miall (2000), a análise de fácies compreende o estudo e a interpretação de texturas, estruturas sedimentares, fósseis e associações litológicas de rochas sedimentares em escala de afloramentos, testemunhos de sondagem ou pequenas porções de uma bacia. Com base nesses princípios, foi elaborada uma classificação de tipos litológicos com semelhanças texturais e de estrutura, utilizada para a interpretação de processos sedimentares.

7.2.2. Associação de Fácies

Através das relações espaciais entre as fácies identificadas foram estabelecidas associações de fácies sedimentares, que representam o agrupamento de fácies geneticamente relacionadas. A maioria dos ambientes deposicionais na atualidade já foram interpretados com base em associações faciológicas.

As associações de fácies foram comparadas a ambientes deposicionais e modelos de fácies já descritos na bibliografia, como Reading (1986), Walker (1992) e Miall (2000).

7.2.3. Análise de Paleocorrentes

Análise de paleocorrentes foi realizada através dos métodos descritos por Miall (1974), Potter e Pettijohn (1977), Tucker (1989), Coimbra *et al.* (1992), Assine (1994) e Miall (2000).

As estruturas primárias avaliadas encontram-se em camadas tectonicamente basculadas, havendo, portanto a necessidade da correção dos mergulhos. Para tal correção foi utilizado programa desenvolvido por Almeida (2001).

7.3. Análises microscópicas

7.3.1. Classificação Petrográfica

As rochas constituintes do embasamento adjacente à região estudada foram descritas e classificadas com base no diagrama de Streckeisen (1978) para as ígneas e de acordo com Yardley (1989) para as metamórficas.

Para a classificação das rochas sedimentares foi utilizado o sistema proposto por Folk (1968). O autor sugere que para a classificação petrográfica dos arenitos, deve-se ignorar a porcentagem de matriz argilosa, cimentos, glauconitas, fosfatos, fósseis, minerais pesados, películas micáceas, e recalcular todos os constituintes essenciais ao arcabouço: quartzo, feldspato e fragmentos líticos (QFL), de modo que juntos somem 100% permitindo assim considerar separadamente a porcentagem dos minerais derivados da erosão de áreas fontes daqueles precipitados de solução intrabacinal.

Q – Todos os tipos de quartzo, incluindo quartzitos (exceção ao *chert*)

F – Todos os feldspatos, tanto potássicos como da série do plagioclásio, mais fragmentos de granitos e gnaisses, fragmentos vulcânicos e plutônicos. Se ocorrer uma porcentagem maior de 25% de feldspato, a rocha é considerada um arcóseo.

L – Reúne todos os outros tipos de fragmento de rocha, *chert*, filitos, xistos, vulcânicas, calcáreos, arenitos, folhelhos, etc.

7.3.2. Proveniência Microscópica

A análise microscópica de proveniência de arenitos foi realizada com base no método Gazzi-Dickinson (Gazzi 1966, Dickinson 1970), que propõe a contagem de 300 pontos por seção delgada e o registro não só da composição do fragmento observado, mas também do mineral constituinte (no caso de fragmentos líticos) correspondente ao ponto. Qualquer cristal e/ou grão, maior que 0,03 mm, contido em fragmento lítico ou como grão em si foi considerado separadamente. Tal método apresenta a vantagem de compensar a influência da granulação na composição dos fragmentos, permitindo melhor avaliação comparativa entre diferentes amostras. O objetivo principal do método foi a reconstrução das composições dedríticas originais, ao invés de ressaltar as alterações subseqüentes sofridas pelas rochas.

Para cada seção delgada foram contados 300 pontos, usando uma grade cujo espaço máximo resultava na cobertura da maior parte da lâmina. Optou-se por incluir a matriz, o cimento e os poros na contagem, pois diferentemente do método original realizado em areias inconsolidadas, a soma desses elementos, quando interpretada discriminadamente, pode levar a considerações adicionais sobre a diagênese e os mecanismos de transporte.

Para a análise macroscópica de proveniência foram utilizados dados levantados por Janikian (2004) que foram integrados a este estudo. Desta forma, foram considerados os depósitos conglomeráticos que puderam ser posicionados nas seções colunares estratigráficas levantadas em trabalhos de campo.

8. Desenvolvimento do Trabalho

O presente projeto tinha como proposta inicial o seguinte cronograma:

Atividades	2006									
	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	
Trabalhos de campo										
Revisão Bibliográfica										
Análises petrográficas										
Análises isotópicas										
Elaboração de relatórios										

O desenvolvimento do projeto seguiu o cronograma inicialmente proposto, com exceção das análises isotópicas que sofreram um atraso no prazo de entrega e não puderam ser consideradas na monografia final.

8.1. Revisão Bibliográfica

O levantamento bibliográfico inicialmente constituiu-se de uma consulta aos trabalhos de diversos autores que contribuíram para o conhecimento atual da geologia local e regional da área estudada. A leitura detalhada desses trabalhos foi fundamental para a compreensão da evolução dos conhecimentos presentes na bibliografia, pois diferentes autores utilizaram-se de distintas definições para as unidades litoestratigráficas da Bacia do Camaquã, muitas vezes modificando, sem justificativa válida, as designações formais para uma mesma unidade, ou utilizando-se de um mesmo termo para sucessões diferentes ou áreas de ocorrência de correlação questionável.

8.2. Trabalhos de Campo

Na primeira etapa de campo realizada entre 21/02/2006 e 05/03/2006 foram descritos 43 afloramentos entre depósitos sedimentares e litotipos representantes do embasamento e coletadas 31 amostras, incluindo rochas do embasamento aflorante no entorno da bacia, amostras de arenitos da bacia e de seixos dos conglomerados associados.

Na segunda etapa de campo, realizada entre 15/07/2006 e 20/07/2006, foram levantadas duas seções estratigráficas, uma dos depósitos de arenitos sotopostos aos depósitos de leques aluviais da Formação Cerro da Angélica e outra dos arenitos sobrepostos aos mesmos depósitos de leques aluviais, com a coleta de mais sete amostras de arenitos para caracterização da proveniência detritica. Dados de paleocorrentes em estruturas hidrodinâmicas foram também coletados.

8.2.1. Análise e Associação de Fácies

Durante o levantamento das seções, foram descritas as fácies sedimentares e reconhecidas suas relações espaciais.

Foi realizado um trabalho sistemático, onde primeiramente deu-se a identificação, descrição e definição da cada fácies observada em campo. Posteriormente as fácies foram agrupadas em associações recorrentes, que serviram de base nas interpretações dos

ambientes deposicionais, com base na geometria das camadas, suas relações espaciais, sua ciclicidade e contato que realizam entre si.

8.2.2. Seções Colunares e Paleocorrentes

Foram elaboradas duas seções colunares na porção basal da Formação Cerro da Angélica em localidades selecionadas devido ao seu controle estratigráfico. A maior das seções, próxima ao abrigo da Casa de Pedra, atinge cerca de 570 m de empilhamento sedimentar e a menor das seções, localizada na propriedade particular Fazenda Sol de Maio, atinge cerca de 180 m de empilhamento estratigráfico (**Figura 03**).

A medida de atitudes de paleocorrentes foi obtida em estratificações cruzadas acanaladas, nas duas seções levantadas.

8.3. Análise de proveniência

8.3.1. Caracterização Petrográfica de Rochas

No primeiro semestre foi dada ênfase à análise petrográfica microscópica das rochas do embasamento aflorante no entorno da bacia, coletadas na primeira etapa de campo. Tal análise foi realizada no Laboratório Didático de Microscopia e Petrografia do IG/USP e teve como objetivo caracterizar e classificar os litotipos presentes nas áreas adjacentes, a fim de reconhecer mais facilmente os fragmentos líticos tanto em análise micro como macroscópica. Foram descritas 15 lâminas representativas dos diferentes litotipos encontrados no embasamento da bacia. Estes últimos foram então caracterizados segundo descrições macro e microscópicas, podendo-se então correlacionar-se a existência ou não de possíveis clastos ou minerais diagnósticos que seriam encontrados nos conglomerados, arenitos e arenitos conglomeráticos.

No segundo semestre as análises petrográficas microscópicas foram realizadas no Laboratório de Petrografia Sedimentar do IG/USP. Nesta etapa foram descritas seis amostras de seixos presentes do afloramento do topo da seção Abrigo Casa de Pedra, ACP-20 (C1 a C6), e 13 lâminas de rochas sedimentares, entre arenitos finos a arenitos conglomeráticos, coletados tanto na primeira com na segunda etapa de campo, distribuídos nas duas seções levantadas em campo.

8.3.2. Proveniência Microscópica e Contagem de Clastos

A contagem sistemática de proveniência foi realizada macroscopicamente e microscopicamente.

Para a análise microscópica de proveniência foram descritas 13 lâminas de rochas sedimentares, entre arenitos finos a arenitos conglomeráticos, com contagem de 300 grãos com base o método Gazzi-Dickson.

Tal metodologia permitiu a comparação da proveniência em duas escalas diferentes.

A análise macroscópica de proveniência foi realizada por Janikian (2004) de forma qualitativa nos depósitos conglomeráticos de enchentes em lençol do abrigo da Casa de Pedra e da base da seção da Fazenda Sol de Maio, baseando-se nos métodos desenvolvidos por Nielsen (1969), Graham *et al.* (1986), Ibbeken & Schleyer (1991), Fambrini (1998) e Miall (2000), através da contagem de cem clastos maiores que 1 cm ao longo de uma linha reta. Tal contagem teve como objetivo reconhecer e coletar os litotipos constituintes para posteriormente comparar as porcentagens das análises macroscópica e microscópica em afloramentos relevantes para a compreensão dos fatores condicionantes do empilhamento estratigráfico. Foi realizada então uma comparação com os dados obtidos por Janikian (2004) com os dados de proveniência microscópica desenvolvida no presente estudo.

9. Resultados Obtidos

As pesquisas e análises realizadas neste trabalho concentraram-se ao longo de 2 seções colunares de detalhe, bem como no reconhecimento dos litotipos do embasamento aflorante ao redor da região estudada.

A primeira seção corresponde à espessa sucessão arenítica sotoposta aos depósitos de leques aluviais conglomeráticos (**Figura 04**), aqui denominada como Seção Abrigo Casa de Pedra. Janikian (2004) estimou uma espessura de aproximadamente 200 m para os depósitos basais da Formação Cerro da Angélica na região da casa de Pedra. No entanto, o levantamento estratigráfico realizado no presente trabalho mostrou que esta sucessão apresenta aproximadamente 580 m. Ressaltamos que esta seção apresenta pequenas falhas com rejeito métrico, segmentando a seção. Desta forma, a seção foi medida em quatro porções, em que se pôde verificar uma boa consistência no padrão de empilhamento dos depósitos como um todo, sugerindo que as falhas apresentam pequenos rejeitos verticais.

A segunda seção levantada corresponde aos depósitos areníticos sobrepostos aos depósitos conglomeráticos de leques aluviais (**Figura 05**), aqui denominada como Seção

Fazenda Sol de Maio. Esta sucessão apresenta aproximadamente 180 m de espessura (Janikian 2004) tendo sido detalhado 157 m do pacote.

As análises de proveniência microscópica, realizadas nas amostras de arenitos coletadas ao longo destas duas seções, puderam ser comparadas aos litotipos diagnosticados no embasamento soerguido ao lado da bacia, bem como à análise de proveniência macroscópica realizada por Janikian (2004).

O detalhamento das duas seções colunares, auxiliada pela análise de proveniência, permitiu o reconhecimento de fácies e associações de fácies que levaram a uma nova interpretação dos sistemas deposicionais destas sucessões e, principalmente, do contexto tectônico gerador da Formação Cerro da Angélica.

9.1. Análise de Fácies e de Associações de Fácies

Foi realizada a descrição das fácies sedimentares e a interpretação dos processos de transporte e deposição relacionados, que posteriormente foram utilizados na interpretação dos sistemas deposicionais. Na Seção Abrigo Casa de Pedra foram identificadas e descritas 8 fácies, agrupadas em três Associações de Fácies. Na Seção Fazenda Sol de Maio foram descritas 5 fácies, agrupadas em duas Associações de Fácies.

9.1.1. Análise de Fácies da Seção Abrigo Casa de Pedra

1. Arenitos finos com laminação plano-paralela (Al) (Figura 06A)

Descrição - Arenitos finos a médios, por vezes siltosos e micáceos, de coloração castanha avermelhada, com laminação plano-paralela, dispostos em camadas tabulares de 10 a 20 cm de espessura intercaladas ritmicamente com as fácies **SI** e **Alc**. Localmente ocorrem em séries lenticulares, com níveis de arenito médio e arenito fino siltoso, além de pequenos intraclastos esparsos de pelito.

Interpretação – Depósitos de correntes trativas, em leito plano. A associação com fácies de decantação (**SI** e **Alc**) sugere deposição em regime de fluxo inferior.

2. Siltito laminado (SI)

Descrição – Siltitos, por vezes arenosos, de coloração marrom escura, dispostos em camadas lenticulares de até 10 cm, em associação com as fácies **Al** e **Alc**. A Fácies **SI** por vezes apresenta-se truncada ou erodida pela fácies **Act**, que por sua vez chega a apresentar intraclastos da Fácies **SI** em sua porção basal.

Interpretação – Decantação de material em suspensão.

3. Arenitos finos com laminação cruzada cavalgante (Alc) (Figura 06B)

Descrição - Arenitos finos, micáceos, de coloração castanho-avermelhada, dispostos em camadas tabulares de até 5 cm. O cavalgamento das formas é geralmente supercrítico. Por vezes ocorrem níveis de arenito fino com laminação cruzada sem cavalgamento e com marcas onduladas no topo de cada série.

Interpretação - Depósitos de migração de marcas onduladas geradas por correntes trativas, com uma componente de deposição por decantação. O caráter supercrítico dos cavalgamentos demonstra uma grande contribuição de decantação, possivelmente por desaceleração de corrente trativa.

4. Arenitos convolucionados (Ac) (Figura 06C)

Descrição – Camadas tabulares, de espessuras centimétricas, de arenitos finos a médios de coloração marrom avermelhado, por vezes micáceos, com laminação convolucionada, deformada em dobras abertas sem padrão. Ocorrem intercalados com a fácies **AI** formando pacotes métricos, que chegam a 4 m de espessura.

Interpretação – As feições de deformação são interpretadas como resultado de liquefação de sedimento, convolucionando possivelmente as Fácies **AI**.

5. Arenitos com estratificação cruzada tabular (Act) (Figura 06D)

Descrição – Arenitos grossos com seixos esparsos, de coloração castanho escuro, dispostos em camadas lenticulares decimétricas, granodecrescente em direção ao topo. Apresentam estratificação cruzada tabular, por vezes de baixo ângulo, que passam para o topo para estruturas de laminação plano-paralela (Fácies **AI**) e para camadas centimétricas de arenitos com laminação cruzadas (Fácies **Act**). As camadas com granulometria mais grossas aparentemente preenchem estruturas canalizadas, e algumas séries chegam a apresentar estruturas de lineação primária de corrente no topo das camadas.

Interpretação – Origem por migração de dunas subaquáticas de cristas retas em correntes trativas.

6. Arenitos grossos maciço (Am)

Descrição – Arenitos grossos, por vezes com grânulos, de cor castanha, maciços, dispostos em camadas tabulares de cerca de 1 metro de espessura, que passam, em direção ao topo, para a fácies **AI** e, em seguida, para a Fácies **Alc** com marcas onduladas no topo.

Ocorrem ainda arenitos grossos a muito grossos, seixosos, de cor marrom, de espessura decimétrica a métrica, maciço, dispostos em camadas tabulares.

Interpretação – Duas origens podem ser responsáveis pela formação desta fácies: aporte de correntes de turbidez em corpos d'água ou, deposição por fluxos de gravidade relacionados às porções distais dos leques aluviais, em que ocorreriam a obliteração de estruturas pré-existentes por fluidificação logo após a deposição do material ainda não litificado. Possivelmente a segunda alternativa é a mais plausível, considerando que os depósitos de correntes de turbidez apresentam-se em espessuras superiores (acima de dezenas de metros).

7. Arenitos com estratificação cruzada acanalada (Aa)

Descrição – Arenitos de granulação média a grossa, de cor marrom escuro, com estratificações cruzadas acanaladas, que ocorrem localmente dispostas em três séries de espessuras métricas que se truncam, formando um pacote de aproximadamente 4 m de espessura.

Interpretação – Origem por migração de dunas subaquáticas de cristas sinuosas em correntes trativas.

8. Conglomerados maciços (Cm)

Descrição – Conglomerado sustentado por fração arenosa de granulação média a fina, maciço, com seixos e calhaus, ocorrendo por grandes espessuras (cerca de 30 metros). Algumas porções apresentam-se na fração areno-conglomerática, com seixos e calhaus esparsos.

Interpretação – Produto da sedimentação por fluxos de gravidade.

9. Conglomerados de seixos estratificados (Ce)

Descrição – Conglomerado de seixos, de cor variando de marrom claro a castanho escuro, disposto em camadas decimétricas com estratificação plano-paralela, marcada pela alternância entre níveis conglomeráticos e níveis arenosos laminados ricos em seixos e grânulos (camadas pareadas *sensu* Blair (1999)).

Interpretação – Depósitos de enchentes em lençol conglomeráticas .

9.1.2. Análise de Fácies da Seção da Fazenda Sol de Maio

01. Arenitos grossos seixosos com estratificação cruzada acanalada (Aa)

Descrição – Arenitos grossos a muito grossos, de cor marrom claro, com estratificação cruzada acanalada, dispostos em camadas lenticulares com espessuras decimétricas (variando de 10 a 20 cm).

Interpretação – Depósitos de migração de dunas subaquáticas de cristas sinuosas.

02. Arenitos grossos maciços (Am)

Descrição – Camadas tabulares de até 15 cm de arenitos conglomeráticos, de cor marrom claro, maciços, que se intercalam com camadas, de mesmas espessuras, de arenitos grossos maciços. Comumente ocorrem associados à Fácies Aa.

Interpretação – Camadas possivelmente geradas por fluxos de gravidade que, pela sua localização na área estudada, possivelmente estariam associados ao topo dos depósitos de enchentes em lençol.

03. Conglomerados de seixos estratificados (Ce)

Descrição – Conglomerado de seixos, de cor variando de marrom claro a castanho escuro, disposto em camadas decimétricas com estratificação plano-paralela, marcada pela alternância entre níveis conglomeráticos e níveis arenosos laminados ricos em seixos e grânulos (camadas pareadas *sensu* Blair (1999)).

Interpretação – Depósitos de enchentes em lençol conglomeráticas .

04. Arenitos com estratificação cruzada tabular (At e Ct)

Descrição – Camadas tabulares, de espessuras decimétricas, de arenitos finos, micáceos, comumente dispostos na base da sob os depósitos da fácies Ae. Também ocorrem localmente camadas lenticulares de conglomerado de seixos, de cor variando de marrom claro a castanho escuro, disposto em camadas decimétricas com estratificação cruzada tabular (Fácies Ct), comumente ocorrendo associada à Fácies Ce.

Interpretação – Origem por migração de dunas subaquáticas de cristas retas em correntes trativas de canais fluviais.

05. Arenitos com estratificação cruzada acanalada de grande porte (Ae) (Figuras 06E e 06F)

Descrição – Arenitos finos a médios, de coloração marrom clara, dispostos em séries de estratificações cruzadas acanaladas que variam de médio a grande porte (Fácies Ae), com algumas camadas com estratificação de baixo ângulo. Estas fácies apresentam estruturas do tipo *pin-stripe* causada por alternância de níveis milimétricos maciços de granulação média e níveis laminados de granulação fina.

Interpretação – Migração de dunas eólicas barcanas ou cristas barcanóides, a intercalação entre níveis médios maciços e níveis finos laminados é devida à alternância entre deposição por fluxo de grãos e chuva de grãos, respectivamente.

9.1.3. Associações de Fácies

Seção do Abrigo Casa de Pedra:

Foram diagnosticadas três associações de fácies para a seção de detalhe levantada na localidade do Abrigo Casa de Pedra, na porção norte da área.

A primeira associação de fácies (**AF-1**) apresenta uma espessura de aproximadamente 210 metros, onde ocorrem intercalações da fácies de arenitos finos laminados (Fácies **Al**) com as fácies **Sl**, **Alc**, **Ac** (**Figura 07A**) e, subordinadamente, com a Fácies **Act**. Comumente estas fácies ocorrem de forma granodecrescente em direção ao topo, compondo camadas que se iniciam com a Fácies **Al** e progressivamente passam para as fácies **Alc** (**Figura 07B**) e **Sl** no topo. Comumente ocorrem fácies convolucionadas, Fácies **Ac** (vide **Figura 06C**) indicando possivelmente alta taxa de sedimentação.

A **AF-1** apresenta um padrão progradacional, observado pela diminuição das espessuras das camadas siltosas (Fácies **Sl**) em direção ao topo. Esta associação de fácies possivelmente corresponde às porções distais de leques aluviais, onde predomina fluxo desconfinado ou canalizado distributário, em canais rasos e efêmeros.

A Fácies **Sl** por vezes apresenta-se truncada ou erodida pela fácies **Act** (**Figura 07C**), que por sua vez chega a apresentar intraclastos da Fácies **Sl** em sua porção basal. Possivelmente as Fácies **Act** representam depósitos de canais fluviais associados aos depósitos de enchentes em lençol, que comumente são gerados em períodos catastróficos.

Após 210 metros, a seção apresenta uma nova Associação de Fácies (**AF-2**). Ocorrem fácies de arenitos grossos maciços (Fácies **Am**) e arenitos grossos com estratificação cruzada (Fácies **Act**), intercaladas com as fácies **Alc** e **Ac**, em uma sucessão que chega a 90 m de espessura. Esta associação de fácies possivelmente sugere um ambiente fluvial, em função da presença das fácies de arenitos grossos com estratificação cruzada (Fácies **Act**) que passam para o topo para arenitos finos com estruturas de laminação plano-paralela (Fácies **Al**) e para camadas centimétricas de arenitos com laminação cruzadas (Fácies **Act**).

Possivelmente a **AF-2** representa um ambiente de rios efêmeros que, por sua vez, poderiam estar associados aos depósitos de enchentes em lençol ou, por outro lado, estarem associados à entrada de rios axiais ao eixo da bacia, conforme anteriormente sugerido por Janikian (2004).

A terceira Associação de Fácies (**AF-3**) compõe um pacote de 270 m de espessura que se encontra sobreposto à **AF-2** e é caracterizado pelo predomínio das fácies **Ce** e **Cm**. Constitui-se de camadas com espessura decimétrica a algumas dezenas de metros, predominantemente tabulares e com pouca continuidade lateral observável. A fácies **Act** destaca-se por apresentar, na maioria de seu afloramentos, estrutura canalizada de corte e

preenchimento (**Figura 07D**) e, nesta terceira associação de fácies, ocorre de forma subordinada. Estes depósitos possivelmente representam o início dos depósitos de enchentes em lençol de leques aluviais descritos por Janikian (2004).

Seção Fazenda Sol de Maio:

Foram diagnosticadas três associações de fácies para a seção de detalhe levantada na Fazenda Sol de Maio, na porção centro-leste da área.

A base da seção apresenta um conjunto, de cerca de 30 metros de espessura, de carnadas pareadas das fácies **Am**, **Aa** e **Ce**, caracterizando domínio de **AF3**, anteriormente descrito para o topo da seção do Abrigo Casa de Pedra.

A fácies **Ae** pertence a um contexto distinto, considerando que o processo de geração desta fácies foi interpretado como registro de migração de dunas barcanas ou cristas barcanóides, sendo aqui incluída em uma quarta associação de fácies reconhecida nestes levantamentos (**AF-4**) (vide Figuras 06E e 06F), interpretada como campo de dunas eólicas. A **AF-4** aflora em um pacote sedimentar de cerca de 127 m de espessura. Nesta associação, a fácies predominante **Ae** ocorre intercalada, nos primeiros 20 m da sucessão, com níveis caracterizados pelas fácies **At**, **Ct** e **Ce**. Este conjunto fácies possivelmente representa depósitos fluviais efêmeros de áreas de interdunas.

9.2. Classificação e Caracterização dos Litotipos das Áreas-Fonte

Nas duas etapas de campo realizadas, foram selecionadas amostras representativas dos litotipos aflorantes tanto na área adjacente a região da Casa de Pedra como dos representantes sedimentares da sucessão estudada. Foi feita análise petrográfica microscópica nas rochas do embasamento e de prováveis fontes para a bacia. Tal análise teve dois intuitos, o primeiro de caracterizar os litotipos pertencentes às áreas adjacentes ao Abrigo Casa de Pedra, que possam ter servido de fonte para o preenchimento da bacia e então serem reconhecidos minerais e fragmentos líticos diagnósticos nos arenitos, arenitos conglomeráticos e seixos dos conglomerados.

As amostras pertencentes às regiões adjacentes ao Abrigo Casa de Pedra foram agrupadas de acordo com suas características petrográficas e foi escolhida, dentro de cada grupo, a amostra mais representativa para a realização das descrições petrográficas. Foram descritos 5 litotipos graníticos, 4 litotipos metassedimentares, 2 rochas metabásicas e 4 rochas

vulcânicas/metavulcânicas que puderam ser diretamente comparados à seis amostras de seixos do conglomerado do topo da seção Abrigo Casa de Pedra (fácies **Ce** e **Cm**).

Rochas Graníticas

ACP 01 – Granito leucocrático róseo (IC = 5%) alterado. Estrutura predominantemente maciça, com porções levemente milonitizadas/orientadas (grãos de quartzo estirados). Granulação fina a média (0,5 a 1,5 mm), com fenocristais de feldspato potássico (20%) em matriz de quartzo intersticial com biotita, muscovita (5%) e plagioclásio (10%). Ocorre a presença de clorita substituindo biotita e alteração com crescimento de sericita nas clivagens de diversos cristais de feldspato potássico (**Figura 08A**).

ACP 03 A – Granito róseo de granulação média, equigranular médio (0,5 a 0,8 mm), com feldspato potássico (28 %) e plagioclásio (10%), muscovita (5%), presença de clorita substituindo biotita (15 %) e alteração com crescimento de sericita nas clivagens de diversos cristais de feldspato potássico (**Figura 08B**).

ACP 14 C – Milonito granito de granulação muito fina (0,1 a 0,05 mm), com cristais de feldspato potássico com sombra de pressão. Ocorre a presença de clorita substituindo biotita e alteração com crescimento de sericita nas clivagens de diversos cristais de feldspato potássico (**Figura 08C**).

ACP 32 A – Granito fino muito alterado com porções miloníticas. Ocorre alteração com crescimento de sericita nas clivagens de diversos fenocristais de feldspato potássico (**Figura - 8D**).

ACP 37 – Milonito granítico com quartzo e feldspato levemente alongados/orientados presença de titanita como mineral acessório e magnetita (hábito de balãozinho). Ocorre a presença de clorita substituindo biotita. Em escala de afloramento foi possível identificar bandas máficas (**Figura 08E**).

Milonitos

ACP 08 A – Quartzito-milonito, com presença de muscovita/sericita orientada e grande quantidade de venulações carbonáticas (**Figura 09A**).

ACP 11 B – Filonito, cristais de quartzo (60%) muito alongados/estirados com sericita disposta concordantemente (assemelha-se à lâmina ACP 12 B, com a diferença da ausência do estiramento dos minerais) (**Figuras 09B e 09C**).

Metassedimentos

ACP 12 B – Quartzito fino com muscovita (15%) compondo foliação. Em escala de afloramento foi possível visualizar textura reliquiar detrítica e possíveis níveis de pesados demarcando a S_0 (**Figura 10A**).

ACP 13 - Filito sericítico, com quartzo intersticial e vênulas de carbonato (**Figuras 10B e 10C**).

Rochas Metabásicas

ACP 36 – Anfibolito com injeções de granito róseo visto em escala de afloramento e lâmina (**Figuras 11A e 11B**). Apresenta cristais de Anfibólio do grupo da Hornblenda – Actinolita (aproximadamente 90%), com pouquíssimo quartzo intersticial e cristais de opacos.

ACP 40 A – Anfibolito com cristais de Tremolita-Actinolita (80%), plagioclásio (15%) e óxido de ferro (<5%) (**Figura 11C**).

Rochas Vulcânicas, Subvulcânicas e Metavulcânicas

ACP 03 C – Dique de rocha metabásica fanerítica fina de matriz pouco quartzosa em granito róseo (ACP-03A), com cristais de plagioclásio com hábito ripiforme e impregnados de óxido de ferro (alteração intempérica). Ocorrem venulações de carbonato. Clorita substituí todos os cristais de biotita. Epidoto ocorre como alteração de cristais de plagioclásio. Em escala de afloramento é possível ver xenólitos de rocha granítica encaixante (**Figuras 12A e 12B**).

ACP 04 – Dique de riolito porfirítico alterado em granito róseo fino (similar ACP-03A), de matriz micropoiquilítica (devitrificação) (**Figura 12C**).

ACP 18 B – Dique de andesito cinzento com vesículas. Plagioclásio (40%) com An=30 e hábito ripiforme, vesículas preenchidas com carbonato, presença de minerais opacos (6%) e óxido de ferro (30%), matriz fina oxidada (**Figura 12D**).

ACP 38 C – Camada de rocha piroclástica ácida com cristaloclastos. Presença de fenocristais de feldspato e de quartzo vulcânico bipiramidal, por vezes com feições de dissolução. Localmente ocorrem *shards* de quartzo. Matriz muito fina micropoiquilítica quartzo-feldspática, provavelmente resultante de devitrificação (**Figura 12E**).

9.3. Classificação e Caracterização dos Litotipos dos Depósitos Areníticos da Formação Cerro da Angélica

As amostras das rochas sedimentares dispostas ao longo das duas seções de detalhes levantadas foram classificadas, segundo Folk (1968), e classificadas de acordo com a fácies e/ou associação de fácies as quais pertencem. Na descrição abaixo, as amostras encontram-se organizadas segundo sua posição na estratigrafia, da base para o topo.

Também foram realizadas análises petrográficas dos seixos constituintes dos depósitos conglomeráticos de enchentes em lençol, localizados no topo da seção colunar do Abrigo Casa de Pedra.

Rochas Sedimentares

Seção do Abrigo Casa de Pedra:

ACP 47 – Arcóseo arenoso muito fino a fino (<0,1 a 0,1 mm), com cristais de baixa esfericidade, subarredondados a subangulares, realizando contato côncavo convexo e com cimentação ferruginosa e carbonática poiquilotópica (caracterizada por grandes cristais de cimento envolvendo grãos detríticos menores). Presença de glauconita.

Descrição macroscópica: Ponto fora da seção em camada com boa continuidade lateral de siltito laminado intercalado com arenito com laminação plano paralela na base e estratificação cruzada cavalgante (*climbing ripples*) no topo.

AF-1: AI, Alc e SI.

ACP 48 – Arcóseo arenoso laminado com intercalações de camadas finas (<0,1 a 0,1 mm) de espessuras entre 2 e 4 mm, com cristais de baixa esfericidade, subarredondados a pouco angulosos, realizando contato côncavo convexo e com cimentação ferruginosa; com camadas grossas (0,5 a 0,8 mm) de espessura entre 3 e 10 mm, com cristais pouco esféricos, subarredondados a angulosos, realizando contato côncavo convexo e com cimentação ferruginosa. Presença de glauconita.

Descrição macroscópica: Sets de arenito fino e arenito grosso.

Fácies Act (**Figura 13A**).

ACP 49 – Arcóseo arenoso fino a grosso (0,2 a 0,7 mm) com cristais de baixa esfericidade, subarredondados a pouco angulosos, realizando contato côncavo convexo e com cimentação ferruginosa. Presença de fragmentos líticos de rocha vulcânica metabásica (andesito) e rocha sedimentar (arenito).

Descrição macroscópica: Camadas lenticulares de arenito grosso seixoso que truncam camadas de siltito laminado.

Fácies **Act** (Figura 13B).

ACP 23 – Arcóseo arenoso fino (0,1 a 0,2 mm), com cristais de baixa esfericidade, subarredondados a pouco angulosos, realizando contato côncavo convexo e com cimentação ferruginosa. Presença de fragmentos líticos de rocha granítica e de rocha sedimentar (arenito).

Descrição macroscópica: Arenitos finos a médios laminados, com grãos finos de areia esparsos.

Fácies **AI** e **Aic**.

ACP 24 – Arcóseo arenoso médio (0,2 a 0,4 mm), com cristais de baixa esfericidade, subarredondados a angulosos, realizando contato côncavo convexo e com cimentação ferruginosa. Presença de galuconita e de fragmentos líticos de rocha granítica e de rocha vulcânica metabásica.

Descrição macroscópica: Intercalações de arenitos finos com níveis de areia grossa e siltitos, alguns com fraturas com areia grossa (laminação cruzada localmente).

Fácies **AI** e **SI**.

ACP 26 A – Arcóseo arenoso médio a muito grosso (0,3 a 2,0 mm) com grânulos (2,5 mm), com predomínio a fração grossa a muito grossa (0,5 a 1,5 mm), com cristais de baixa esfericidade, subarredondados a pouco angulosos, realizando contato côncavo convexo e com cimentação ferruginosa. Presença de fragmentos líticos de rocha granítica e de rocha vulcânica metabásica.

Descrição macroscópica: Arenitos grossos a conglomeráticos com estratificação plano paralela e séries de estratificações cruzadas, intercaladas a arenitos finos com laminação plano paralela.

AF-1 **AI** e **Act**, fácies **Act**. (Figura 13C).

ACP 26 B – Arcóseo arenoso fino (0,15 a 0,2 mm), com cristais de baixa esfericidade, subarredondados a pouco angulosos, realizando contato côncavo convexo e com cimentação ferruginosa.

Descrição macroscópica: Idem ACP 26 A, porção fina com laminação plano paralela.

Fácies **AI**.

ACP 50 – Arcóseo arenoso médio a grosso (0,3 a 2,0 mm, com predomínio da fração 0,5 a 0,8) com grânulos (2,5 mm), cristais de baixa esfericidade, subarredondados a pouco angulosos, realizando contato côncavo convexo e com cimentação ferruginosa. Presença de fragmentos líticos de rocha granítica, rocha vulcânica metabásica (andesito) e rocha sedimentar (arenito). Descrição macroscópica: Arenito grosso com estratificação cruzada tabular em estrutura canalizada de grande porte que trunca arenito fino com laminação plano paralela. Fácies **Act e Al** (Figuras 13D, 13E e 13F).

ACP 51 – Arcóseo arenoso muito fino a fino (<0,1 a 0,1 mm) com grânulos e cristais de granulometria areia muito grossa (2,0 a 2,7 mm), cristais de baixa esfericidade, subarredondados a angulosos, realizando contato côncavo convexo e suturado, com cimentação ferruginosa. Presença de fragmentos líticos de rocha granítica. Descrição macroscópica: Sets de arenito fino com laminação plano paralela e arenito fino com laminação cruzada. Fácies **Al e Alc**. (Figura 13G).

ACP 52 – Arcóseo arenoso fino a muito grosso (0,1 a 2 mm) com grânulos (>2,5 mm), cristais de baixa esfericidade, subarredondados a angulosos, realizando contato côncavo convexo e suturado, com cimentação ferruginosa. Presença de fragmento lítico de rocha granítica. Descrição macroscópica: Arenito de médio a grosso com estratificação plano paralela. Fácies **Al**. (Figura 13H).

ACP 27A – Arcóseo arenoso muito fino a fino (0,1 a 0,15 mm), com grãos de baixa esfericidade, subarredondados a angulosos, realizando contato suturado, com cimentação ferruginosa. Presença de fragmento lítico de rocha granítica e cristais de quartzo com hábito cúbico prismático. Descrição macroscópica: Arenito fino com laminação plano paralela. Fácies **Al**. (Figura 13I).

ACP 20 B1 – Arcóseo arenoso médio a muito grosso (0,3 a 1,0 mm) com grânulos (2,5 a 5mm), grãos de baixa esfericidade, subarredondados a pouco angulosos, realizando contato côncavo convexo e suturado, com cimentação ferruginosa. Presença de fragmentos líticos de rocha granítica, rocha vulcânica metabásica (andesito) e rocha sedimentar (arenito). Descrição macroscópica: Porção arenosa do bloco do teto do Abrigo Casa de Pedra. Fácies **Cm**. (Figura 13J e 13K).

Seção Fazenda Sol de Maio:

ACP 53 – Arcóseo arenoso fino (0,1 a 1,5 mm), com grãos de média a alta esfericidade, arredondados a subarredondados, realizando contato côncavo convexo, com cimentação ferruginosa.

Descrição macroscópica: Arenito fino a médio com estratificação cruzada de alto ângulo e estrutura *pin stripe* (eólico).

Fácies Ae. (Figura 13L).

Seixos dos Depósitos Conglomeráticos de Enchentes em Lençol (Fácies Cm)

ACP-20C1 e ACP-20C3 – Granito com presença de titanita como mineral acessório e magnetita (hábito de balãozinho). Ocorre a presença de clorita substituindo biotita. Muito semelhante a amostra ACP-37, com a diferença de não terem os cristais de quartzo e feldspato estirados (Figuras 14A e 14B).

ACP-20C2 e ACP-20C6 - Riolito porfiritico alterado de matriz micropoiquilítica (devitrificação). Muito semelhante a amostra ACP-04. (Figuras 14C e 14D).

ACP-20C4 e ACP-20C5 – Monzogranito, com 3% de carbonato com fenocristal de feldspato alterado, com opaco interno e lobado no contato com a matriz. Não foi encontrado similar nos demais litotipos descritos (Figuras 14E e 14F).

9.4. Análise de Proveniência Microscópica e Contagem de Clastos

Durante as duas etapas de campo foram coletadas 13 amostras de rochas sedimentares que se encontravam ao longo das duas seções descritas. Foi realizada a classificação segundo Folk (1968) e a contagem de pontos em lâmina delgada pelo método Gazzi-Dickinson (Gazzi 1966, Dickinson 1970). Este tipo de contagem foi utilizada para a interpretação da variação da proveniência dos depósitos da Formação Cerro da Angélica na área estudada.

A contagem na análise microscópica foi realizada visando identificar grupos de minerais e/ou fragmentos líticos que representassem uma determinada classe de rocha. Os fragmentos foram então agrupados de acordo com sua provável proveniência: Quartzo monocristalino com extinção homogênea (qzo mo eho), quartzo e/ou feldspato plagioclásio em fragmentos líticos graníticos (qzo e pgl (Fr Lit Gr) e feldspato potássico (FK) tiveram sua proveniência associada à rochas graníticas/riolíticas). Feldspato plagioclásio (pgl) e/ou fragmentos líticos de rochas

vulcânicas (Fr Lit Vulc) tiveram sua proveniência associada a rochas vulcânicas. Quartzo policristalino (qzo po) e muscovita (msc) tiveram sua proveniência associada à rochas metamórficas. Fragmentos líticos de arenitos (Fr Lit Are) tiveram sua proveniência associada à rochas sedimentares. Biotita (bt), opacos (op), quartzo microcristalino (qzo micr), quartzo monocristalino com extinção heterogênea (qzo mo ehe), glauconita e clorita (chl) tiveram sua proveniência associada a outros tipos de rochas ou a uma proveniência dupla, como é o caso do quartzo microcristalino, que pode ter tanto origem vulcânica (processo de devitrificação) como origem metamórfica (*chert*).

As porcentagens líticas/mineralógicas das frações arenosas das amostras coletadas nas duas seções levantadas neste trabalho foram comparadas com as porcentagens dos litotipos presentes, em forma de seixo, nas frações conglomeráticas. Foram utilizadas as contagens de clastos levantadas por Janikian (2004) no ponto PT – 325, que corresponde neste trabalho ao topo da seção Abrigo Casa de Pedra (ACP-20B1), e no PT – 783, que corresponde neste trabalho à base da seção Fazenda Sol de Maio, sendo comparado com o ponto ACP-53. Os gráficos gerados pelas porcentagens líticas/mineralógicas permitem uma melhor visualização desta comparação (**Figuras 15A e 15B**).

Pode-se perceber claramente através dos gráficos de proveniência microscópica, que ocorre uma franca contribuição de fontes ricas em feldspato plagioclásio e subordinadamente quartzo monocristalino com extinção homogênea em ambas as seções levantadas. Já a proveniência macroscópica apresentou-se francamente granítica na seção Abrigo Casa de Pedra (74%), com a presença de megacristais de feldspato (5 a até 7 cm) como constituinte dos clastos contados, e aparentemente mista entre granítica (23%) e metamórfica (27%) na seção Fazenda Sol de Maio.

9.5. Análise de Paleocorrentes

Durante as etapas de campo foram levantadas atitudes de paleocorrentes em estratificações cruzadas acanaladas de depósitos aluviais e eólicos.

Os dados obtidos indicam paleocorrentes apontando para S-SW (**Figura 16**), tanto em relação às correntes aluviais quanto aos paleoventos.

As medidas de paleocorrentes levantadas por Janikian (2004), concentradas em canais distributários com estratificação cruzada acanalada, apresentaram paleofluxo para NE (com azimute do vetor médio N40°).

Quando comparadas as duas fontes de medidas indicam uma dispersão radial do paleofluxo, o que pode indicar que os dados foram coletados ao longo de um sistema de leques aluviais com uma grande dispersão natural. Unido-se as duas fontes de informação, resulta um vetor médio para oeste.

10. Interpretação e Discussão dos Resultados

Contexto tectônico

Uma forma convencional de análise de dados de proveniência é a interpretação do contexto tectônico da bacia com base nos diagramas propostos por Dickinson & Suczek (1979). Esse método considera relações de proporção entre componentes detríticos para a caracterização do ambiente tectônico, com base em diagramas montados com dados de areias e arenitos de bacias com ambiente conhecido. Quatro diagramas são utilizados nessa caracterização: 1) quartzo-feldspatos-fragmentos líticos instáveis (QFL); 2) quartzo monocrystalino-feldspatos-fragmentos líticos totais (QmFLt); 3) quartzo monocrystalino-plagioclásio-feldspato alcalino (QmPK); 4) quartzo policristalino-fragmentos líticos vulcânicos-fragmentos líticos (meta)sedimentares (QpLvLs).

Os diagramas A-D (**Figura 17**) mostram os dados de contagem para a Formação Cerro da Angélica na região da Casa de Pedra. Como cada diagrama é elaborado com apenas alguns dos tipos de fragmentos contados, a soma total varia para cada diagrama, conforme consta na **Tabela 01**.

No diagrama QFL (**Figura 17A**), que se propõe a separar os tipos maiores de áreas-fonte, as amostras analisadas caem na região de transição entre uma proveniência imatura de blocos continentais soerguidos e uma proveniência de arcos magmáticos.

O diagrama QmFLt (**Figura 17B**) detalha diferentes fontes de orógenos reciclados, podendo separar fontes com alto conteúdo de chert (como complexos de subducção) das demais fontes metassedimentares. Para as amostras analisadas, este diagrama dá resposta semelhante ao QFL.

O diagrama QmPK (**Figura 17C**) separa proveniências mais e menos maduras de blocos continentais e proporções entre contribuição plutônica e vulcânica para arcos magmáticos. As amostras analisadas caem em um campo de baixa maturidade e/ou maior contribuição vulcânica. A amostra mais madura (ACP53) corresponde a arenitos eólicos, possivelmente resultantes de retrabalhamento das areias aluviais.

O diagrama QpLvLs (**Figura 17D**) distingue orgógenos de arcos magmáticos de orgógenos colisionais com base no conteúdo de fragmentos líticos. Para as amostras analisadas, esse diagrama apresenta uma resposta que contradiz os anteriores, devido principalmente à pequena quantidade de fragmentos líticos nas amostras (ver Tabela 01). Por não considerar os feldspatos, principalmente o plagioclásio que é abundante em todas as amostras, este diagrama indica uma proveniência de orógenos colisionais com base em

pequenas quantidades de micas e fragmentos metassedimentares. Cabe ressaltar que o diagrama considera quartzo microcristalino como indicador de fonte metassedimentar (metachert), enquanto as amostras apresentam quartzo microcristalino com possível origem vulcânica (devitrificação).

A interpretação direta dos resultados dessa análise levaria à suposição de um ambiente de arco magmático com contribuição de embasamento denudado, porém com algumas discrepâncias, como um indício de maior contribuição plutônica no diagrama QFL e maior contribuição vulcânica no QmPK. Deve-se ressaltar que a interpretação proposta no trabalho original considera uma relação direta entre proveniência vulcânica e arcos magmáticos, possivelmente devido a uma particularidade na escolha dos dados utilizados na delimitação dos campos. Não foram utilizados, por exemplo, dados de bacias tipo rift (consideradas dentro do domínio de fontes de embasamento soerguido) em que há expressiva atividade vulcânica (não há dados das bacias do rift do leste da África). Assim, os campos de embasamento soerguido por falhas e de proveniência vulcânica (supostamente exclusiva de arcos) são claramente separados. Os dados do presente trabalho caem no limite entre os dois, onde possivelmente se encontram as bacias com fonte mista de embasamento soerguido e rochas vulcânicas.

Evolução da proveniência

A análise estratigráfica da proveniência revela variações na proporção entre fontes vulcânicas e plutônicas ao longo da evolução da sucessão estudada. Duas falhas truncam a seção medida, porém, dada a escala da análise, seus rejeitos métricos não modificam a interpretação. De forma geral, a sucessão inicia-se com predomínio de contribuição vulcânica, com uma tendência gradual em direção à igualdade de proporção entre fontes graníticas/riolíticas e vulcânicas básicas até os primeiros 200m. Um retorno gradual ao predomínio de vulcânicas básicas ocorre até aproximadamente 400 m (ponto ACP51). Após os 400m, uma mudança brusca na proveniência leva a um predomínio de fontes graníticas/riolíticas, que é mantido até o topo da sucessão (**Figura 18**).

Duas linhas de interpretação podem ser aplicadas a essa evolução: 1) a variação entre fontes vulcânicas básicas e plutônicas graníticas reflete diferenças de nível crustal de erosão das fontes, com a passagem de vulcânicas para plutônicas graníticas refletindo a progressiva erosão até o embasamento plutônico; 2) uma proveniência proximal trazida por transporte transversal ao eixo da bacia alterna-se com proveniência mais distal trazida por sistemas de transporte transversais ao eixo da bacia.

A primeira hipótese pode explicar a variação inicial de fontes mais vulcânicas para um equilíbrio entre vulcânicas e plutônicas graníticas, porém não apresenta mecanismo possível para o efeito contrário que ocorre na continuidade da seção. A segunda hipótese poderia

explicar a coincidência entre o aumento da proporção granítica no topo da sucessão e a instalação da associação de fácies de leques aluviais proximais, implicando em um transporte transversal a partir de uma falha de borda que soergue granitos e um transporte axial que contribui com fontes vulcânicas nas regiões distais do sistema de leques.

Assim, uma combinação dos dois mecanismos é sugerida como explicação para o padrão observado. Uma denudação inicial da cobertura vulcânica levaria ao aumento da proporção plutônica, sendo que fontes vulcânicas ainda estariam presentes em fácies distais com contribuição de transporte axial. O aumento da contribuição local com a progradação de um leque aluvial levaria a um predomínio de fontes soerguidas pela falha de borda, no caso o embasamento granítico.

Comparação com os litotipos aflorantes no embasamento

Embasamento adjacente à bacia é composto por rochas graníticas e metamórficas de baixo grau, não havendo resquícios de um vulcanismo anterior à Formação Cerro da Angélica. A análise de proveniência apresentada revela que houve atividade vulcânica básica-intermediária e ácida, ao menos nas áreas soerguidas no entorno da bacia.

A componente do embasamento na proveniência dos depósitos estudados é quase exclusivamente granítica, principalmente nos depósitos de leques aluviais proximais, nos quais a fonte praticamente não varia por mais de 150 metros. Essa ausência de variação revela que não houve movimentação lateral relativa entre a fonte e os depósitos, pois nesse caso haveria modificações na contribuição relativa de diferentes litologias do embasamento. A avaliação qualitativa da proveniência macroscópica revela a presença de grandes (até mais de 5cm) fragmentos de feldspato alcalino (**Figura 19**), indicadores de fonte em um granito porfirítico. Como essa presença é constante em toda a sucessão, reforça-se a hipótese de movimentação predominantemente normal da falha de borda (sem o efeito esteira rolante esperado em falhas com movimentação transcorrente segundo Nielsen & Sylvester (1995). Por outro lado, a ausência desse litotipo na região atualmente revela que houve importante movimentação transcorrente pós-deposicional, possivelmente relacionada ao evento de deformação do limite Neoproterozóico-Cambriano descrito por Almeida (2005).

11. Conclusões

O presente estudo buscou registrar a evolução da atividade tectônica e sua relação com a sedimentação da Formação Cerro da Angélica (Ediacarano do Rio Grande do Sul), através de análises de proveniência, análise e associação de fácies, empilhamento estratigráfico e

paleocorrentes de duas seções colunares levantadas na região da Casa de Pedra, município de Bagé (RS).

Foram caracterizadas 14 fácies em 4 associações de fácies, interpretadas como depósitos proximais e distais de leques aluviais, depósitos distais de rios efêmeros e depósitos de campo de dunas eólicas.

A sucessão é composta predominantemente por rochas arenáceas e rudáceas e as análises petrográficas indicam que as rochas arenáceas da sucessão em questão são arcóseos.

A análise de proveniência microscópica revela variações temporais na proporção entre fontes graníticas e vulcânicas básicas, com pequena quantidade de fontes metamórficas. No caso dos depósitos de leques aluviais, essa variação pode ser interpretada como resultado de modificações no nível de erosão dos altos, com a progressiva exposição do embasamento plutônico. No caso dos sistemas distais, tanto de leques aluviais quanto de rios efêmeros, as variações entre a proporção de vulcânicas e plutônicas pode ser resultado de diferentes contribuições entre fontes proximais transversais ao eixo da bacia, a partir de falhas de borda, e fontes distais paralelas ao eixo da bacia. O resultado da análise de paleocorrente resulta em um vetor médio para oeste.

A presença de fragmentos derivados de rochas vulcânicas básicas ou intermediárias revela que houve atividade vulcânica antes da deposição da Formação Cerro da Angélica, mesmo que somente nos altos adjacentes à bacia. Essa interpretação favorece o modelo de rift ativo para a evolução da Bacia Camaquã, proposto por Janikian (2004) e Almeida (2005), pois a fase de maior distensão (representada pelo Grupo Bom Jardim segundo Janikian, 2004) inicia-se com atividade vulcânica.

A ausência de variações de proveniência dentro das sucessões de leques aluviais sugere que não houve movimentação lateral entre a fonte e os depósitos, pois nesse caso haveria modificações na contribuição relativa de diferentes litologias do embasamento. Por outro lado, a dificuldade de correlação entre as fontes hoje aflorantes na região e os fragmentos encontrados no depósitos indica que houve deslocamentos laterais pós-deposicionais. Esse modelo confirma as considerações de Janikian (2004) sobre o caráter normal das falhas ativas durante a deposição do Grupo Bom Jardim e estabelece o primeiro registro do padrão de variação estratigráfica anteriormente reconhecido para os grupos Santa Bárbara e Guaritas por Almeida (2004).

12. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, D.P.M.; ZERFASS, H.; BASEI, M. A. 1996. Mineralogia, geoquímica e novas idades para o vulcanismo ácido da Bacia de Camaquã. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador, *Anais*, 2:19-21.
- ALMEIDA, R.P. 2001. *Evolução tectono-sedimentar da Formação Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã Ocidental, RS*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 160 p.
- ALMEIDA, R. P. de 2005. Tectônica e Sedimentação do Ediacariano ao Ordoviciano: Exemplos do Supergrupo Camaquã (RS) e do Grupo Caacupé (Paraguai Oriental) (Tese de Doutorado)- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- BARROS, C. E.; NARDI, L. V. S. 1994. O Maciço Granítico Santo Antônio, RS: Magmatismo Neoproterozóico de Afinidade Shoshonítica. *Anais da Academia Brasileira de Geociências*, 66(4): 441-465.
- BLAIR T.C. 1999. Sedimentary processes and facies of the waterlaid Amil Spring Canyon Alluvial Fan, death Valley, california. *Sedimentology*. 46: 913-940.
- CARVALHO, P. F. 1932. Reconhecimento Geológico no Estado do Rio Grande do Sul: Instit. Geol. e Miner. Do Brasil, Bol. 66, 72p.
- CHEMALE JR., F. 2002. 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.
- COIMBRA, A. M.; FERNANDES, L. A.; MORAES, M. C.; MELO, M. S. 1992. Métodos de estudos de litologias e paleocorrentes de cascalhos em terraços do baixo Ribeira do Iguape (SP). *Anais da academia Brasileira de Ciências*, 64 (3):253-267.
- DICKINSON, W.R. 1970. Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. *Journal of Sedimentary Petrology*, 40. 695-707.
- DICKINSON, W.R. & SUCZEK, C. A. 1979. Plate Tectonics and Sandstones Composition. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 16 (12): 2164-2182.
- FAMBRINI G.L. 1998. *O Grupo Camaquã (Transição Proterozóico-Fanerozóico) na região das Minas do Camaquã, RS: análise estratigráfica de fácies, proveniência e paleocorrentes*. Dissertação de Mestrado, IG-USP, São Paulo, SP, 182 p (inédito).
- FAMBRINI G.L. 2003. *O Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) da Bacia do Camaquã, Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado, IG-USP, São Paulo, SP. 264p.
- FOLK, R. L. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. The University of Texas, Austin, Hemphill's, 170 p.
- FRAGOSO-CESAR A.R.S; WERNICK E., SOLIANI JR. E. 1982^a. Associações petrogenéticas do Cinturão Dom Feliciano (SE da plataforma Sul – Americana). In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 32, *Anais*, 1:1-12.
- 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: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, *Anais*, 7:3272-3283.
- FRAGOSO-CESAR A.R.S. 1991. *Tectônica de Placas no Ciclo Brasileiro: as orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado, IG-USP, São Paulo, SP, 366 p. (inédito).
- FRAGOSO CESAR A.R.S., FAMBRINI G.L., ALMEIDA R.P., PELOSI A.P.M.R., JANIKIAN L., NOGUEIRA A.C.R., RICCOMINI C., MACHADO R. 2000a. The Neoproterozoic and

- Eopaleozoic Successions of the Rio Grande do Sul state, southern Brazil: Superposed Basins of the end of the Brazilides Tectonics and the birth of the intracratonic 194Paraná Basin. In: International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro - Brazil, *Abstracts (CDROM)*.
- FRAGOSO CESAR A.R.S., FAMBRINI G.L., ALMEIDA R.P., PELOSI A.P.M.R., JANIKIAN L., RICCOMINI C., MACHADO R., NOGUEIRA A.C.R., SAES G.S. -2000b. The Camaquã extensional basin: Neoproterozoic to early Cambrian sequences in southernmost Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **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. *Revista Brasileira de Geociências*, **31**(2):155-162.
- FRAGOSO CESAR, A. R. S.; FAMBRINI, G. L.; PAES de ALMEIDA, R.; PELOSI, A. P. M. R.; JANIKIAN, L. – 2003. A Bacia Camaquã: Um Sistema Intracontinental anarogênico de rifts do Neoproterozóico III – Eopaleozóico no Rio Grande do Sul. In: I Encontro sobre A Estratigrafia do Rio Grande do Sul: Escudos e Bacias. *Boletim de Resumos*. 139- 144.
- GAZZI P. 1966. Le arenarie del flysch sopracretaceo dell Apennino Modenese; correlazione con il flysch di Monghidoro. *Mineralogica e Petrografica Acta* **12**. 69-97.88).
- GRAHAM S.A., TOLSON R.B., DECELLES, R.V., INGERSOLL R.V., BARGAR E., CALDWELL M., CAVAZZA W., EDWARDS D.P., FOLLO M.F., HANDSCHY J.F., LEMKE L., MOXON I., RICE R., SMITH G.A., WHITE J. 1986. Provenance modelling as a technique for analysing source terrane evolution and controls on foreland sedimentation. In: ALLEN, P.A.; HOMEWOOD, P. (eds.) *Foreland Basins*. p. 425-436 (International Association of Sedimentologists Special Publication n. 8).
- GRAHAM J. 1988. Collection and analysis of field data. In: Tucker M. (ed.) *Techniques in sedimentology*. BlackwellScientific Publications. p. 5-62.
- GRESSE P.G., CHEMALE F., SILVA L.C., WALRAVENS, HARTMAN L.A. 1996. Late- to post-orogenic basins of the Pan-African-Brasiliano collision orogen in southern Africa and southern Brazil. *Basin Research* **8**:157-171.
- 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.
- JANIKIAN, L. 2001. *Evolução Paleoambiental do Grupo Camaquã na Região de Bom Jardim, Sub-Bacia Camaquã Central, RS.*(Dissertação de Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 158p.
- 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 Doutorado)- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- 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. *Revista Brasileira de Geociências*, **33**:349-362.
- LIMA E.F. & NARDI L.V.S. 1985. Geologia, petrografia e petroquímica das rochas vulcânicas e tufáceas da região deVolta Grande, Lavras do Sul, RS. *Acta Geologica Leopoldensia*, **20**:15-62.
- MACHADO, R.; SAYEG, H. S. 1992. Aplicação da análise geométrica e cinemática nos falhamentos que condicionam a bacia molássica do Arroio Boici, RS. In: SBG/UNISINOS, I

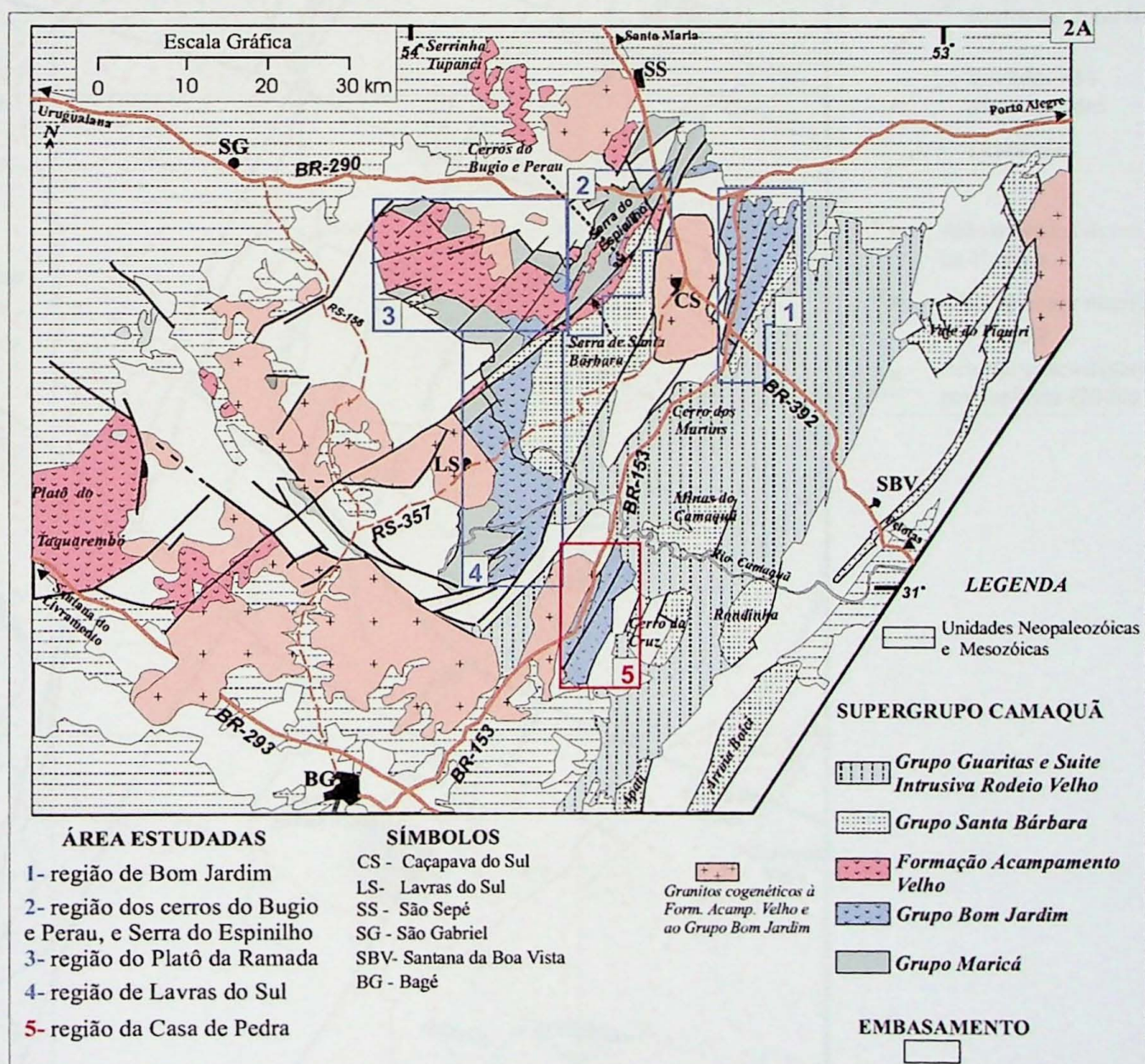
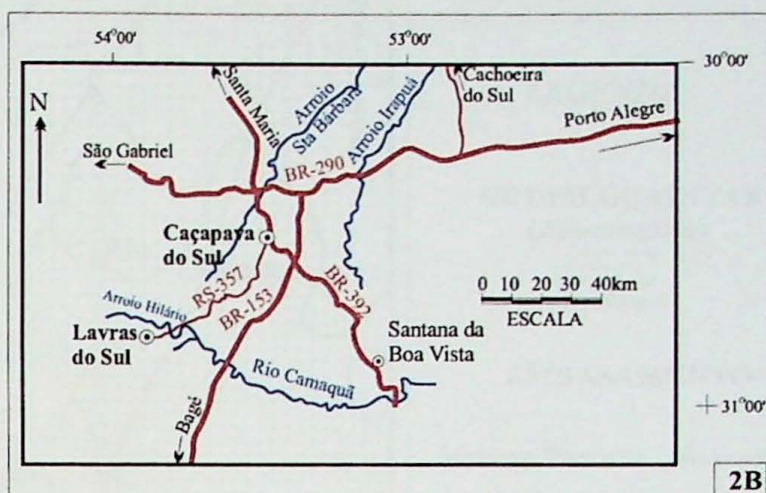
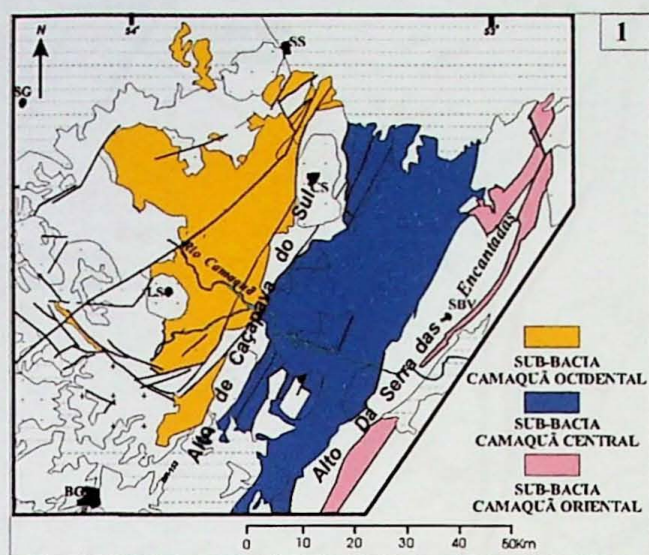
- Workshop Sobre as Bacias Molássicas Brasileiras, São Leopoldo. *Boletim de Resumos Expandidos*, 73-76.
- MIALL A.D. 1974. Palaeocurrent analysis of alluvial sediments: a discussion of directional variance and vector magnitude. *Journal of Sedimentary Petrology* **44** (4):1174-1185.
- MIALL A.D. 1990. *Principles of sedimentary basin analysis*. 2nd ed., New York, Springer-Verlag, 668 p.
- MIALL A.D. 2000. *Principles of sedimentary basin analysis*. 3rd ed., New York, Springer-Verlag, 616 p.
- NARDI L. V. S. & LIMA E. F. 1985. A Associação shoshonítica de Lavras do Sul, RS. *Revista Brasileira de Geologia*. **15**(2):139-146.
- NILSEN T.H. 1969. Old red sedimentation in the Bueland-Vaerlandet Devonian District, western Norway. *Sedimentary Geology* **3**:35-57
- NIELSEN T.H. & SYLVESTER A.G. 1995. Strike-Slip Basins. In: Busby C.J. & Ingersoll R.V. (eds) *Tectonics of Sedimentary Basins*. Blackwell Science, 577 p. P 425:457.
- 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: SBG, III Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Rio Claro, *Boletim de Resumos Extensos*, 58-59.
- POTTER P.E. & PETTIJOHN F.J. 1977. *Paleocurrents and basin analysis*. 2nd ed., Springer-Verlag, New York, 425 p.
- 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 quadricula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, 232 p. (Boletim 127).
- RIBEIRO, M. (1970). Geologia da folha de Bom Jardim, Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia DNPM*, Rio de Janeiro, n. 247, p. 1-142.
- 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.
- ROISENBERG A., LOSS E.L., ALTAMIRANO J.A.F., FERREIRA A.C. 1983. Aspectos petrológicos e geoquímicos do vulcanismo Pré-cambriano – Eopaleozóico do Rio Grande do Sul com base nos elementos maiores. In: I Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, RS, *Atas*, pp.: 271-285.
- SOLIANI Jr., E. 1986. Os Dados Geocronológicos do Escudo Sul-Rio-Grandense e suas Implicações de Ordem Geotectônica (Tese de Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- TESSARI, R.I. & PICADA, R.S. 1966. *Geologia da Quadricula Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil*. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, 147 p. (Boletim 124).
- TUCKER M. 1989. *The field description of sedimentary rocks*. Geological Society of London, Handbook Series, p. 91-97.
- 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.; SANDER, A.; LOPER, R. C. 1994. Estudo petrológico e litológico 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 Barbara, Cerro do Perau and Cerro do Bugio (Municipality of Caçapava do Sul-RS). *Revista Brasileira de Geociências*, **30**(3):375-379.

13. Anexos





Figuras 1A e 2A e B: Figura ilustrativa das Sub-bacias do Supergrupo Camaquã (Figura 1), mapa com áreas que foram mapeadas na escala 1:50.000 (02A) e estradas de acesso a região estudada (02B). Figura das coberturas é modificada de Janikian (2004)

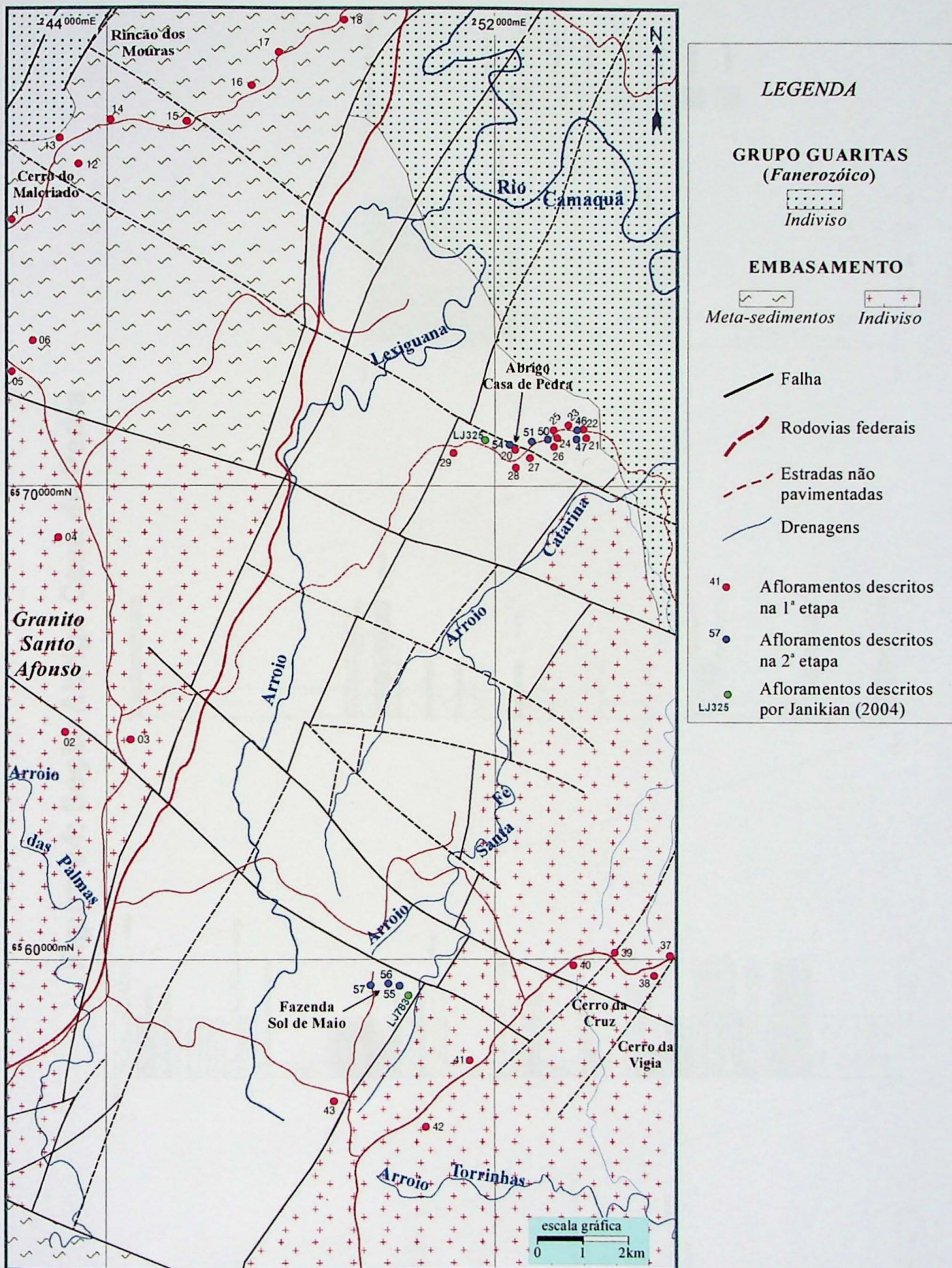


Figura 03: Mapa de pontos da região da Casa de Pedra, parte sul da Sub-Bacia Camaquã Central, incluindo distribuição das litologias do embasamento (modificada de Janikian 2004).

Figura 04: Seção Abrigo Casa de Pedra

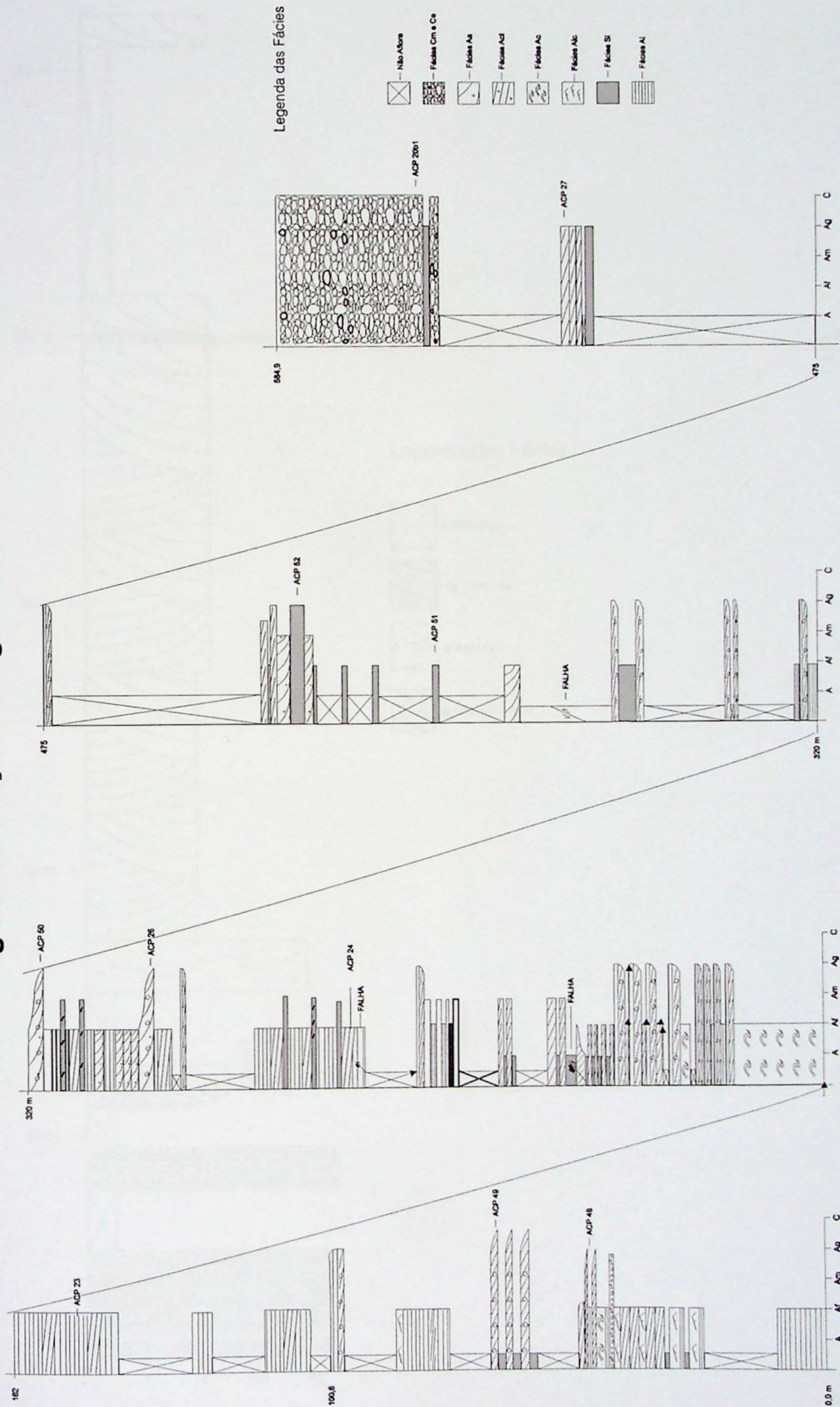


Figura 05: Seção Fazenda Sol de Maio

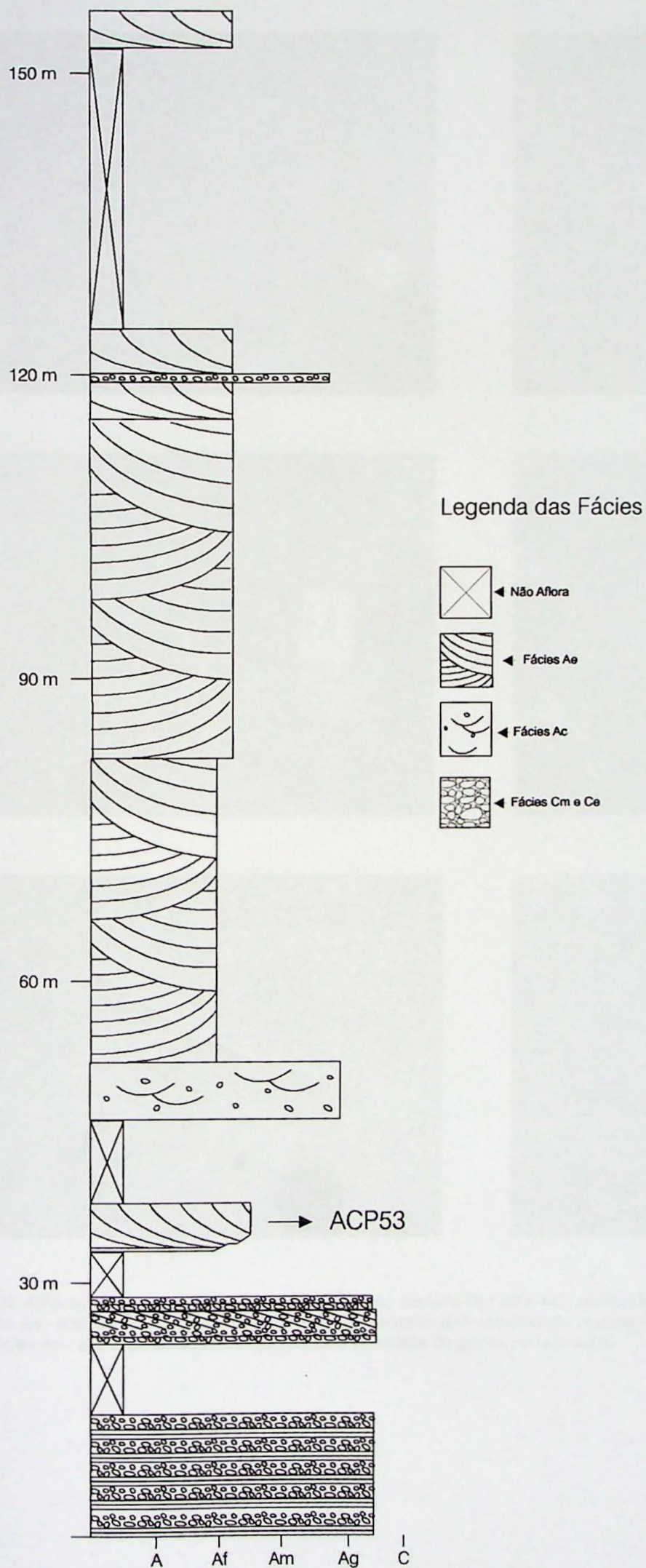




Figura 06: A) Fácies Al - arenitos finos com laminação plano-paralela, B) Fácies Alc - arenitos finos com laminação cruzada cavalgante, C) Fácies Ac - arenitos convolucionados, D) Fácies Act - arenitos com estratificação cruzada tabular (estrutura canalizada, E) F) Fácies Ae - arenitos com estratificação cruzada acanalada de grande porte (eólicos)

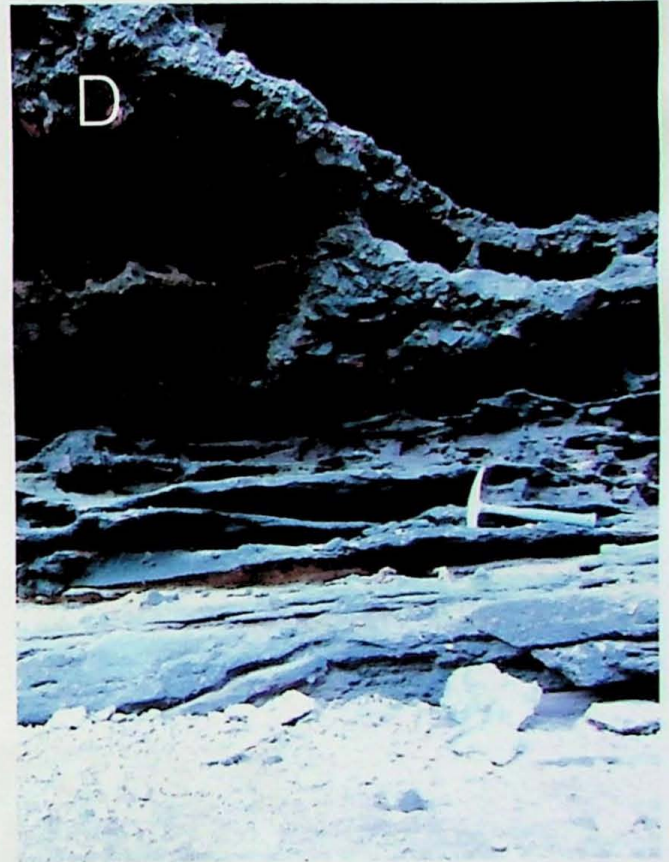
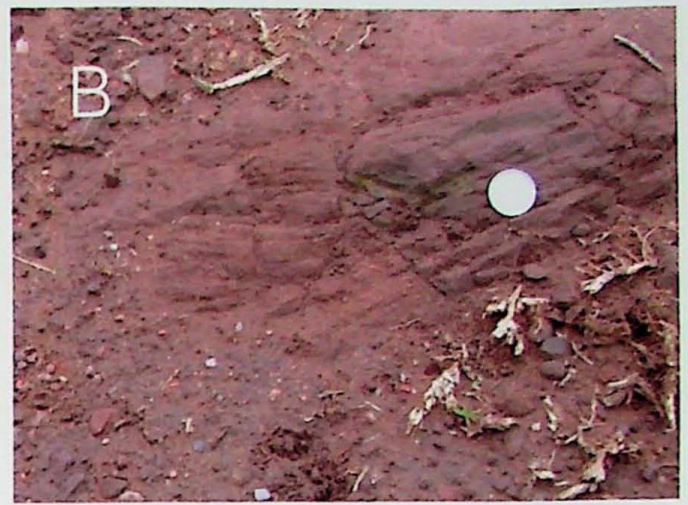


Figura 07: A) Associação de facies AF-1 (intercalação das fácies Al, Alc, SI), B) Associação de fácies AF-1 (fácies Al sobreposta a fácies Alc), C) Associação de fácies AF-1 (fácies Act truncando fácies SI) e D) Associação de fácies AF-2 sobreposta por AF-3 (estruturas canalizadas de corte e preenchimento sob camadas pareadas, respetivamente fácies Act sobre fácies Cm e Ce)

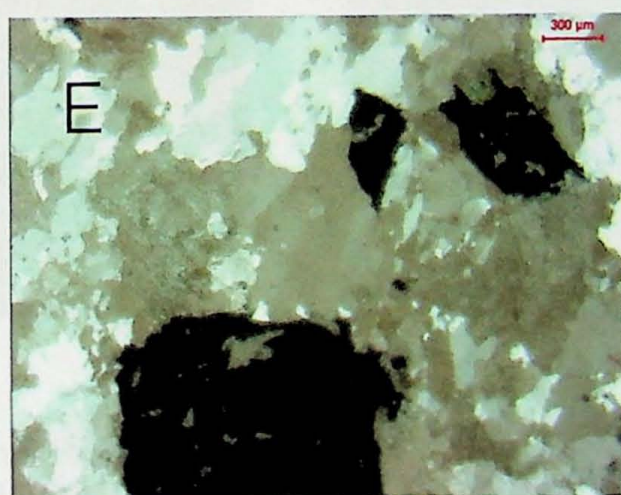
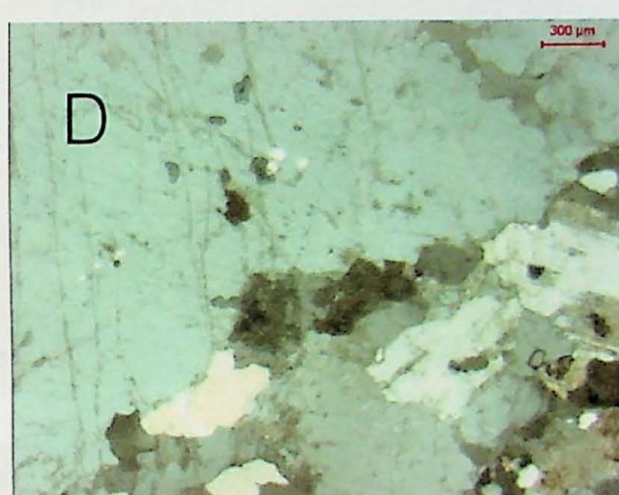
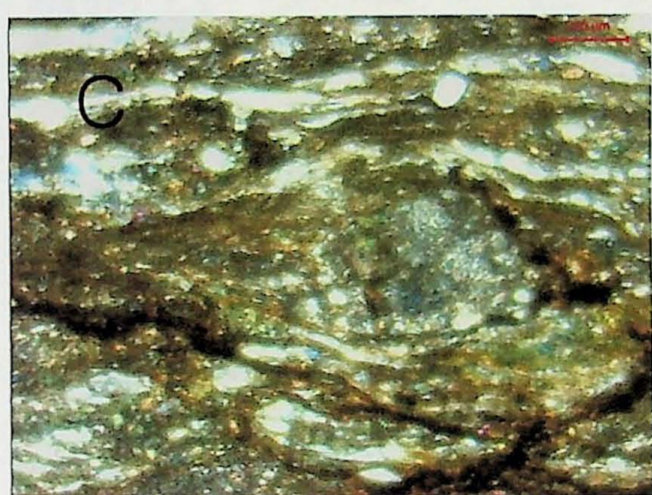
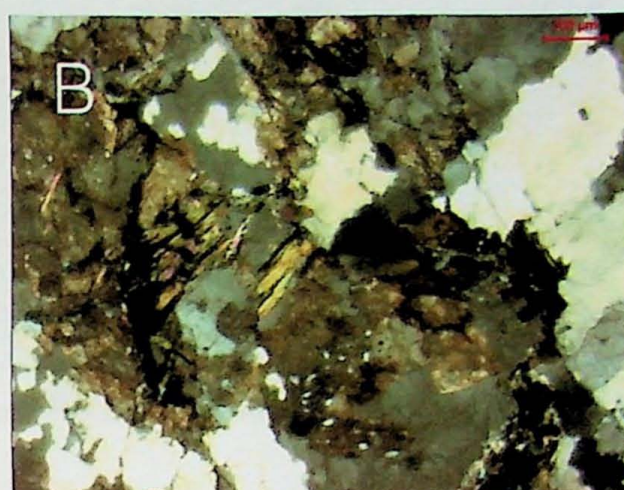
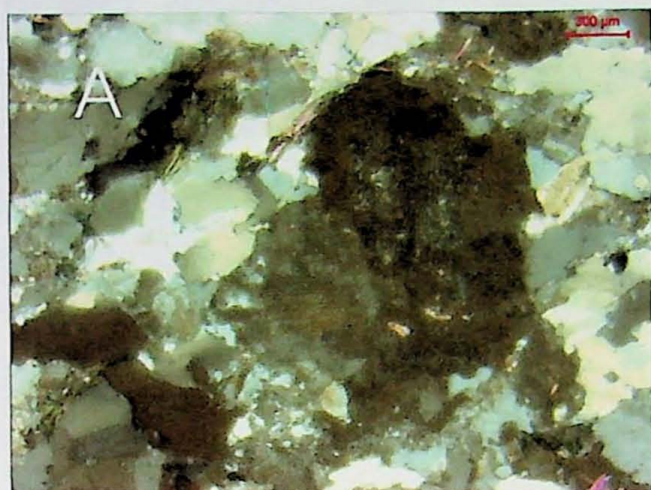


Figura 08: A) Granito leucocrático róseo, B) Granito róseo equigranular médio, C) Milonito granítico (estrutura de sombra de pressão em feldspato), D) Granito fino com porções miloníticas e fenocristal de feldspato potássico e E) Milonito granítico com titanita e magnetita (hábito de 'balãozinho').

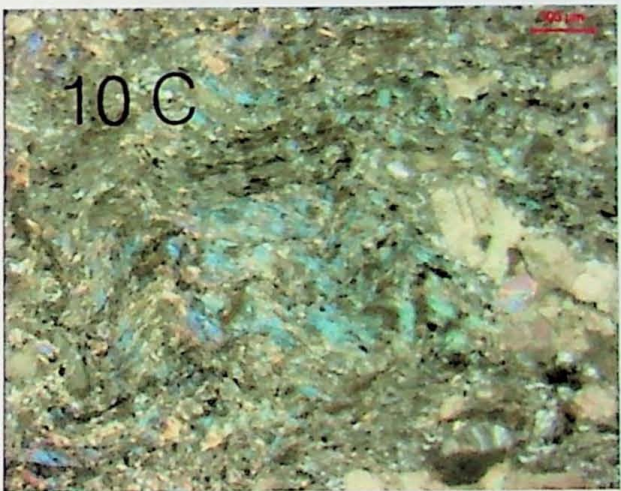
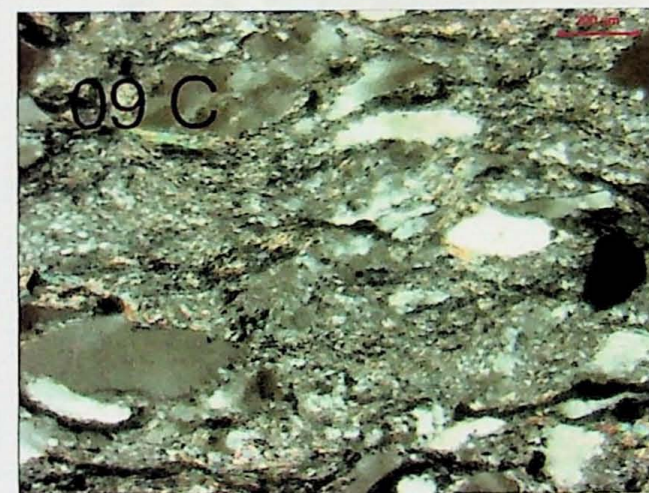
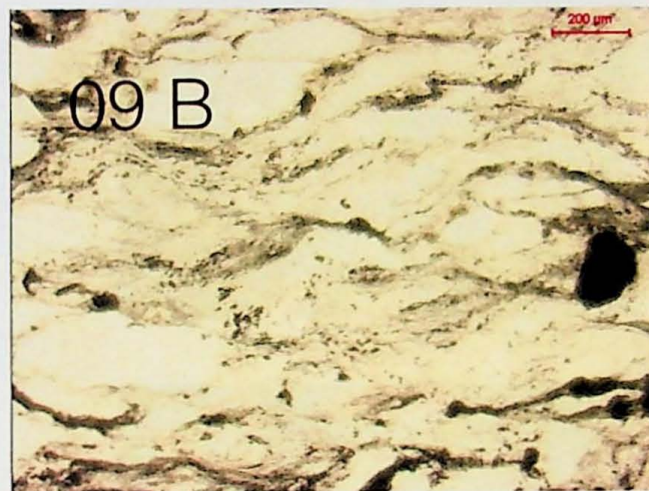
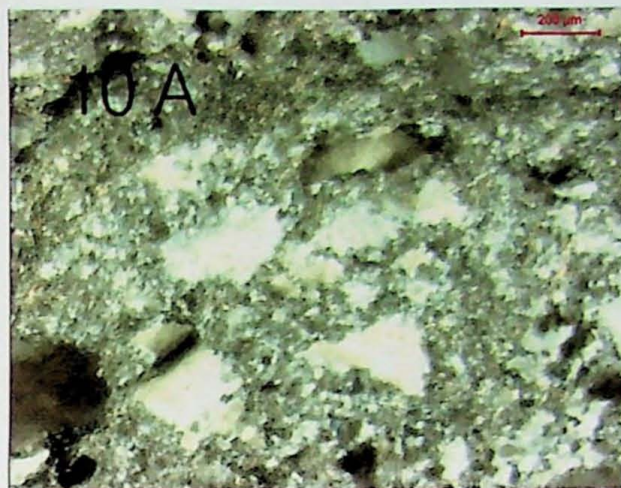
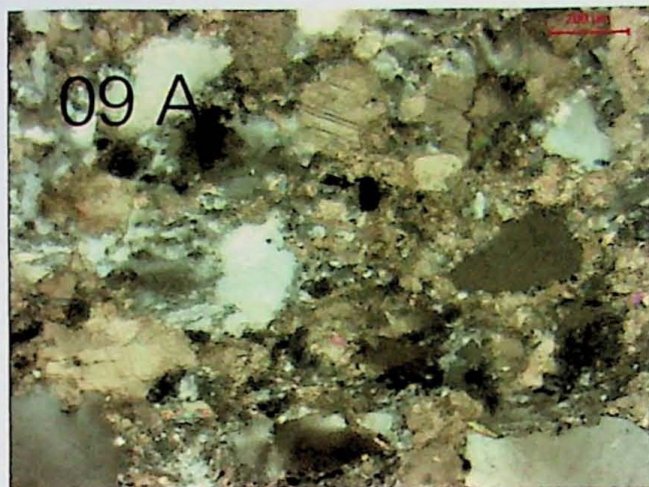


Figura 09: A) Quartzito milonito com venulações carbonáticas, B) e C) Filonito (sem e com polarizadores cruzados, respectivamente) similar à amostra da figura 10A com excessão do estiramento dos grãos.
 Figura 10: A) Quartzito fino com muscovita e B) e C) Filito sericítico e vênulas de carbonato.

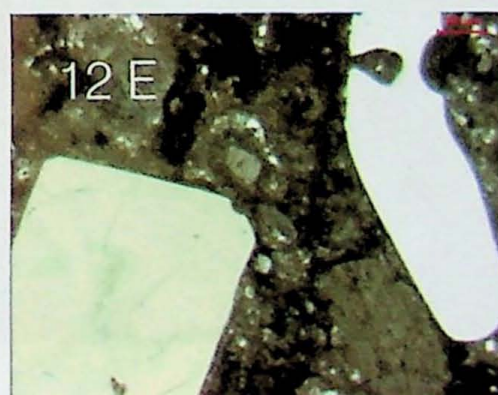
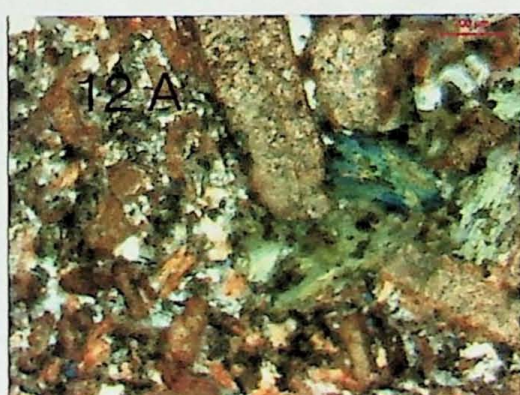
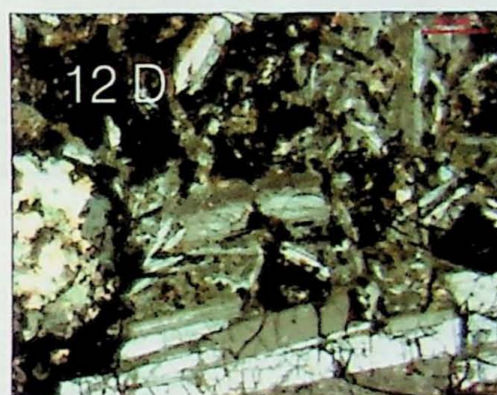
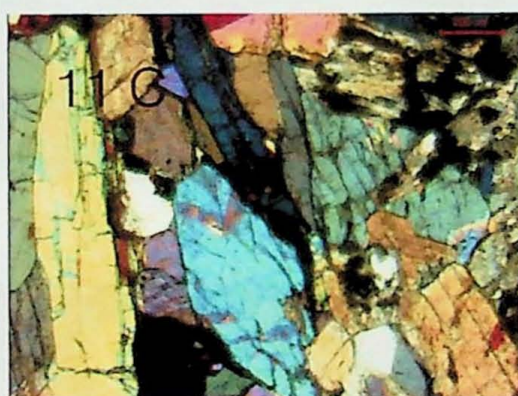
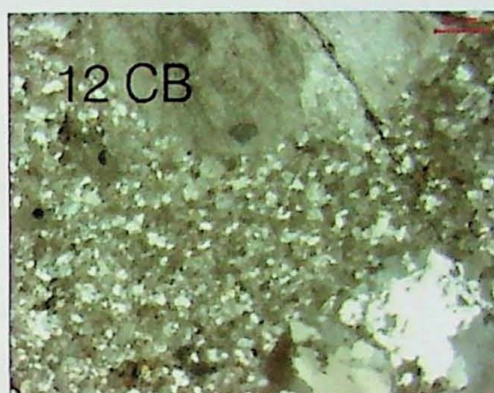
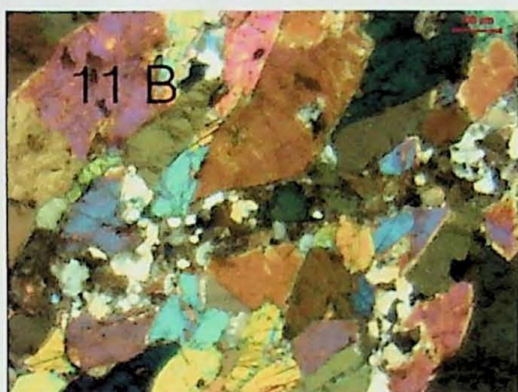


Figura 11: A) Aforamento de rocha anfibolítica com injeções de granito róseo, B) Anfibólio do grupo da Hornblenda-Actinolita que constitui a rocha da foto anterior e C) Cristais de Tremolita-Actinolita em rocha anfibolítica.

Figura 12: A) Cristais de feldspato plagioclásio impregnados de óxido de ferro em dique de rocha metabásica (encaixante granito róseo), B) Xenólito de rocha granítica em rocha metabásica, C) Riolito porfírico, D) Andesito com vesículas preenchidas de carbonato e E) Rocha piroclástica ácida com matriz fina micropioquilitica (fenocristais de quartzo bipiramidal com dissolução em golfo e shards.

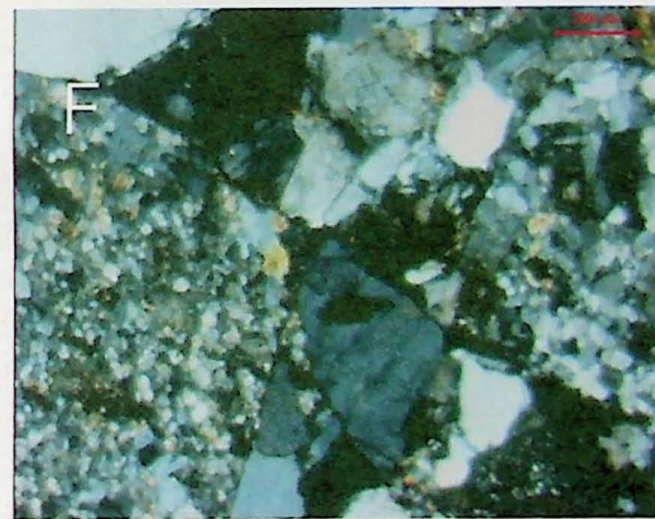
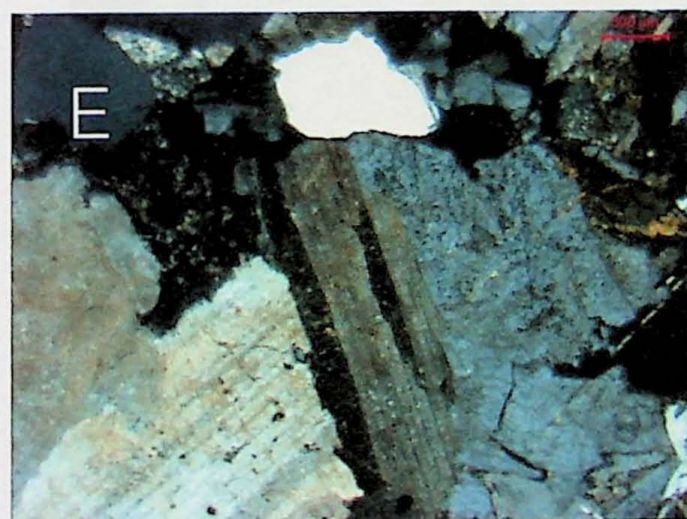
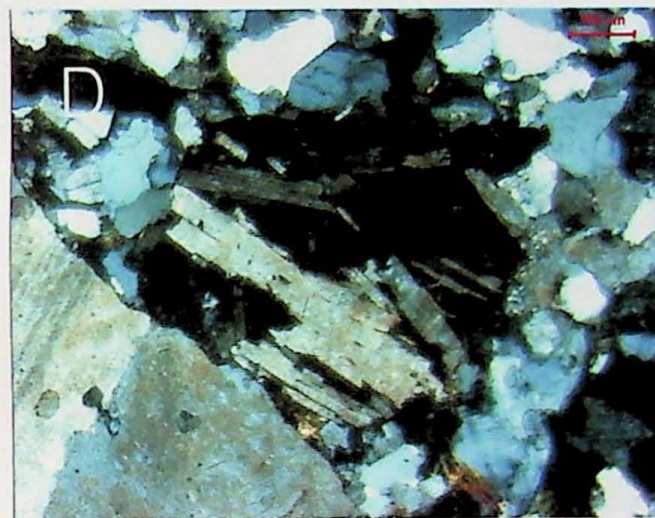
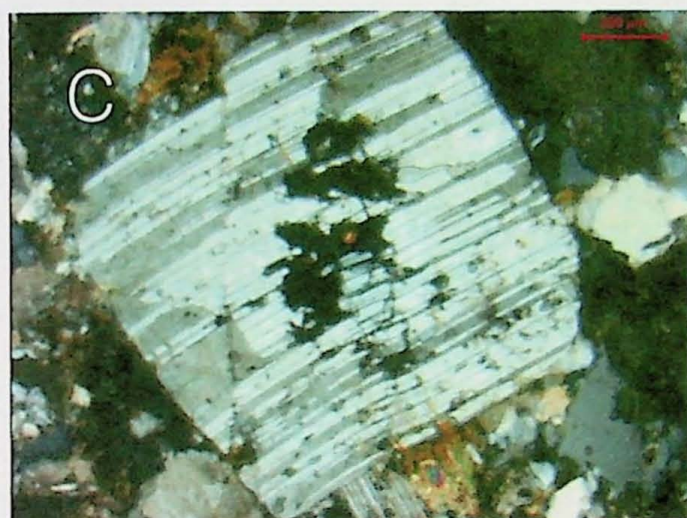
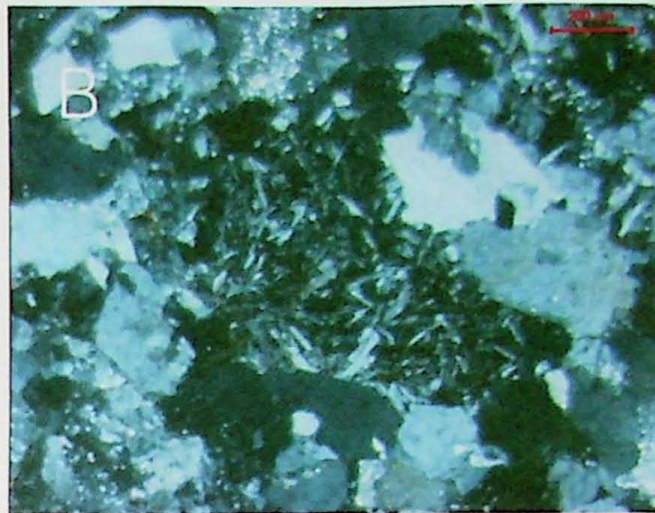
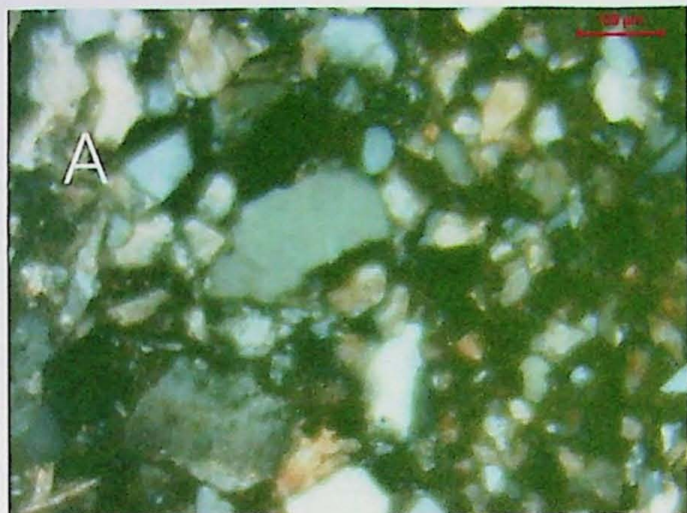


Figura 13: A)Diferença granulométrica gerada pela intercalção das fácies Act e Al, B)Fragmento lítico de rocha vulcânica com matriz vítrea de cor preta em arcóseo da fácies Act, C)Grão de plagioclásio falhado (pós deposicional) em rocha da fácies Act, D)e E)Fragmentos líticos de rocha vulcânica e rocha granítica,respectivamente, em arcóseo de AF-1 (fácies Al e Act) e F)Fragmentos Líticos de quartzo microcristalino e arenito em arcóseo de AF-1 (fácies Al e Act).

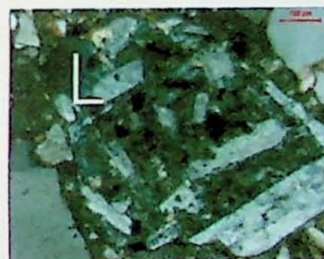
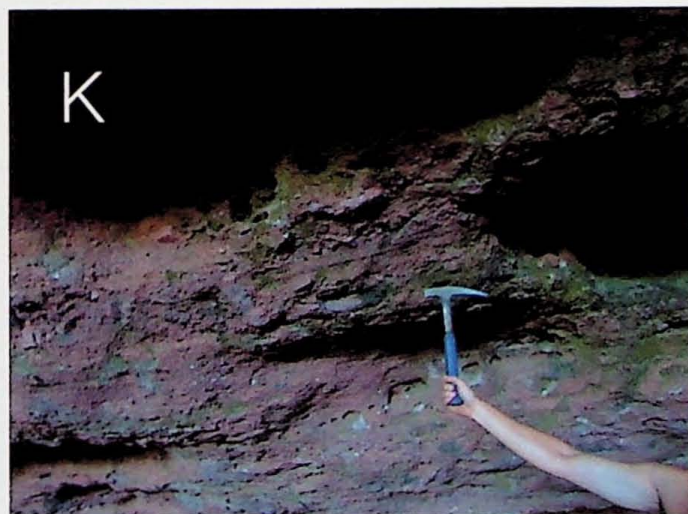
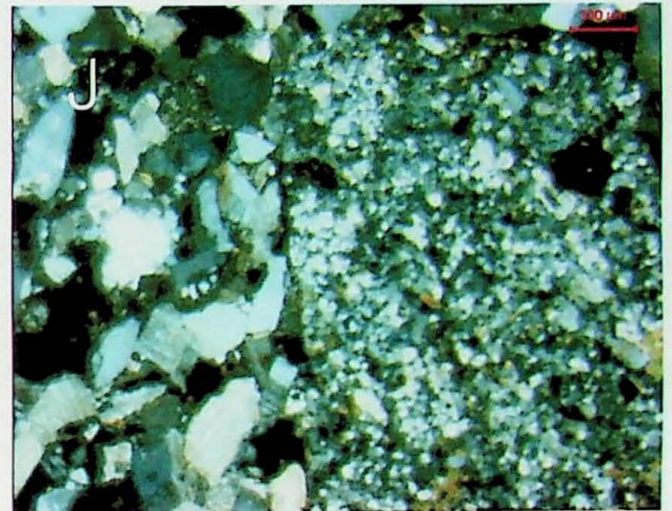
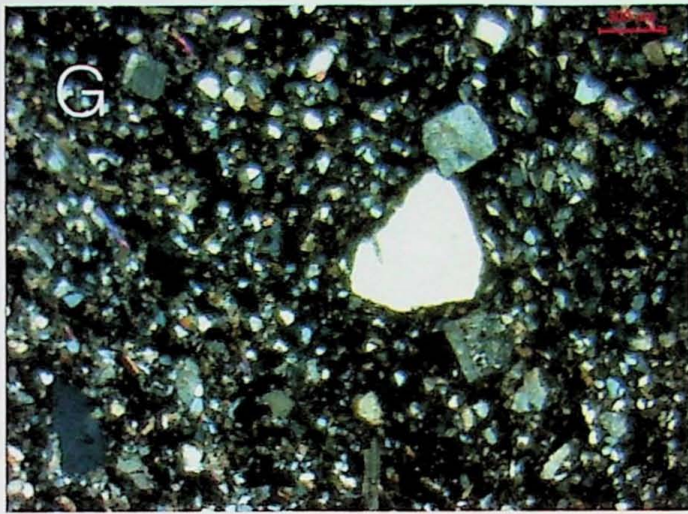


Figura 13: G) Grânulos de quartzo monocristalino com extinção homogênea (AF-1 Al e Alc), H) Arcóseo mal selecionado (fácies Al), I) Grão de quartzo com hábito cúbico (Fácies Al), J) Fragmento lítico de arenito porção arenosa das fácies Cm e Ce, K) AF-3 fácies Cm e Ce e L) Fragmento lítico de rocha vulcânica em arcóseo com grãos de média a alta esfericidade.

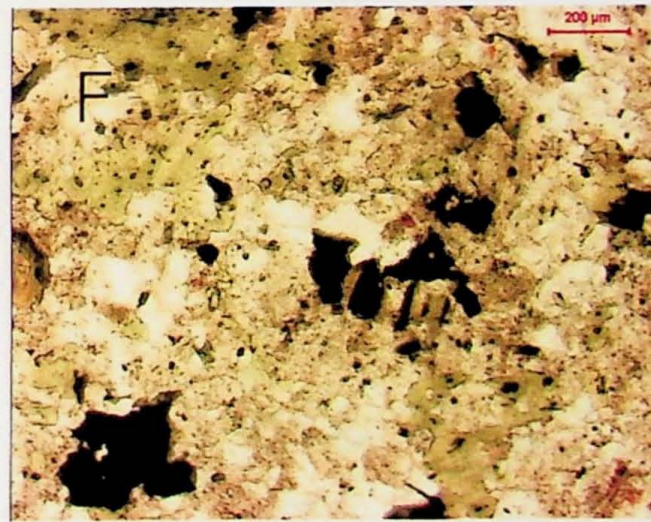
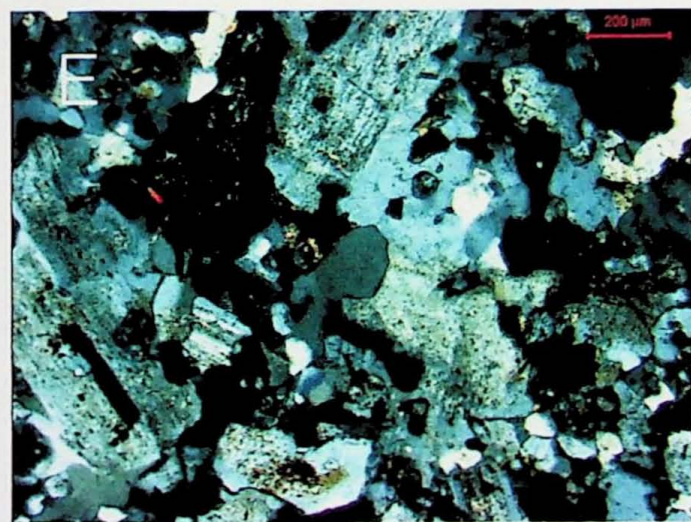
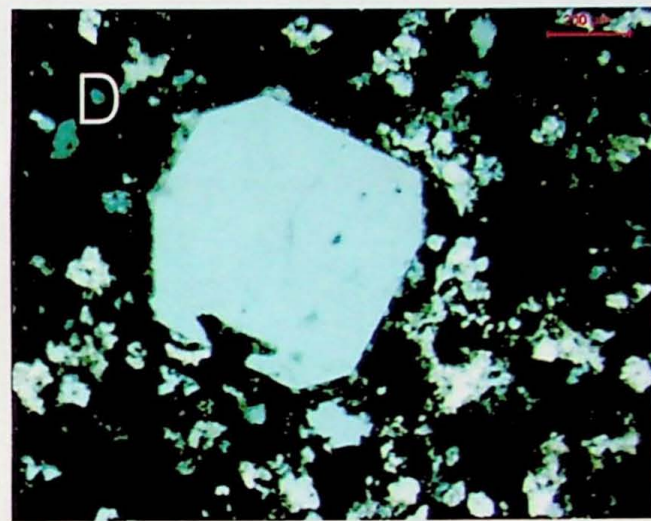
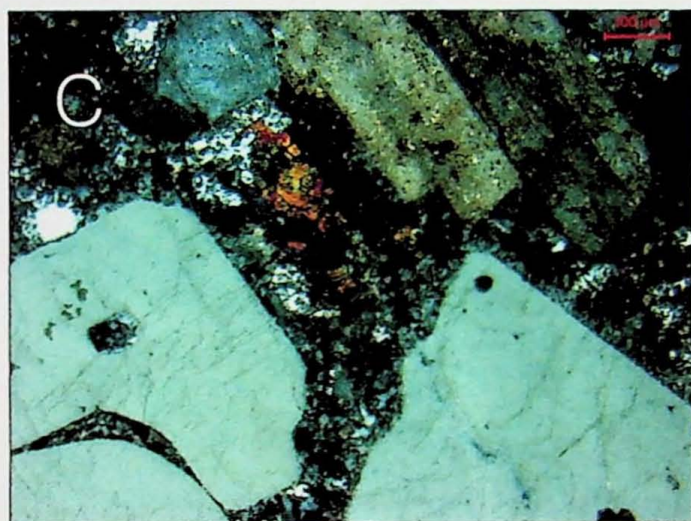
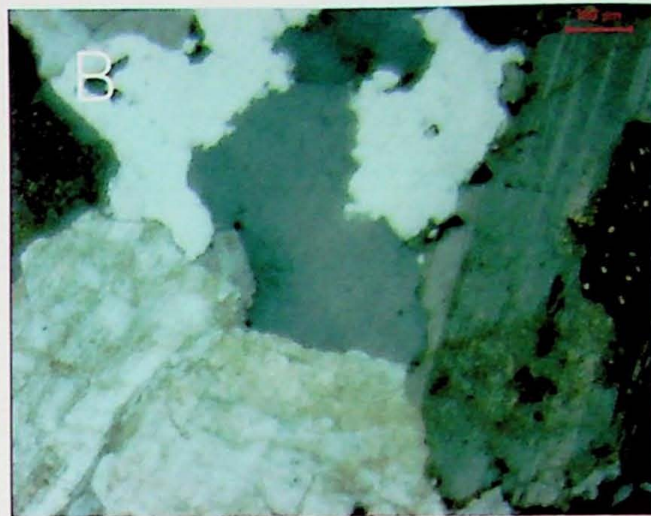
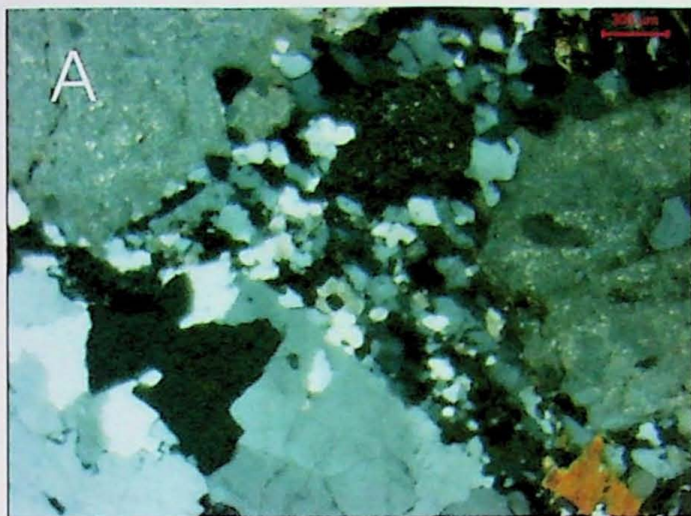


Figura 14: A) e B) Monzo granito fino e grosso, respectivamente, C) e D) Riolito porfirítico de matriz micropoiquilitica com belos cristaloclastos de quartzo monocristalino com dissolução em golfo e E) e F) Monzogranito com e sem polarizadores cruzados, respectivamente (único similar que não foi encontrado correspondente no entorno)

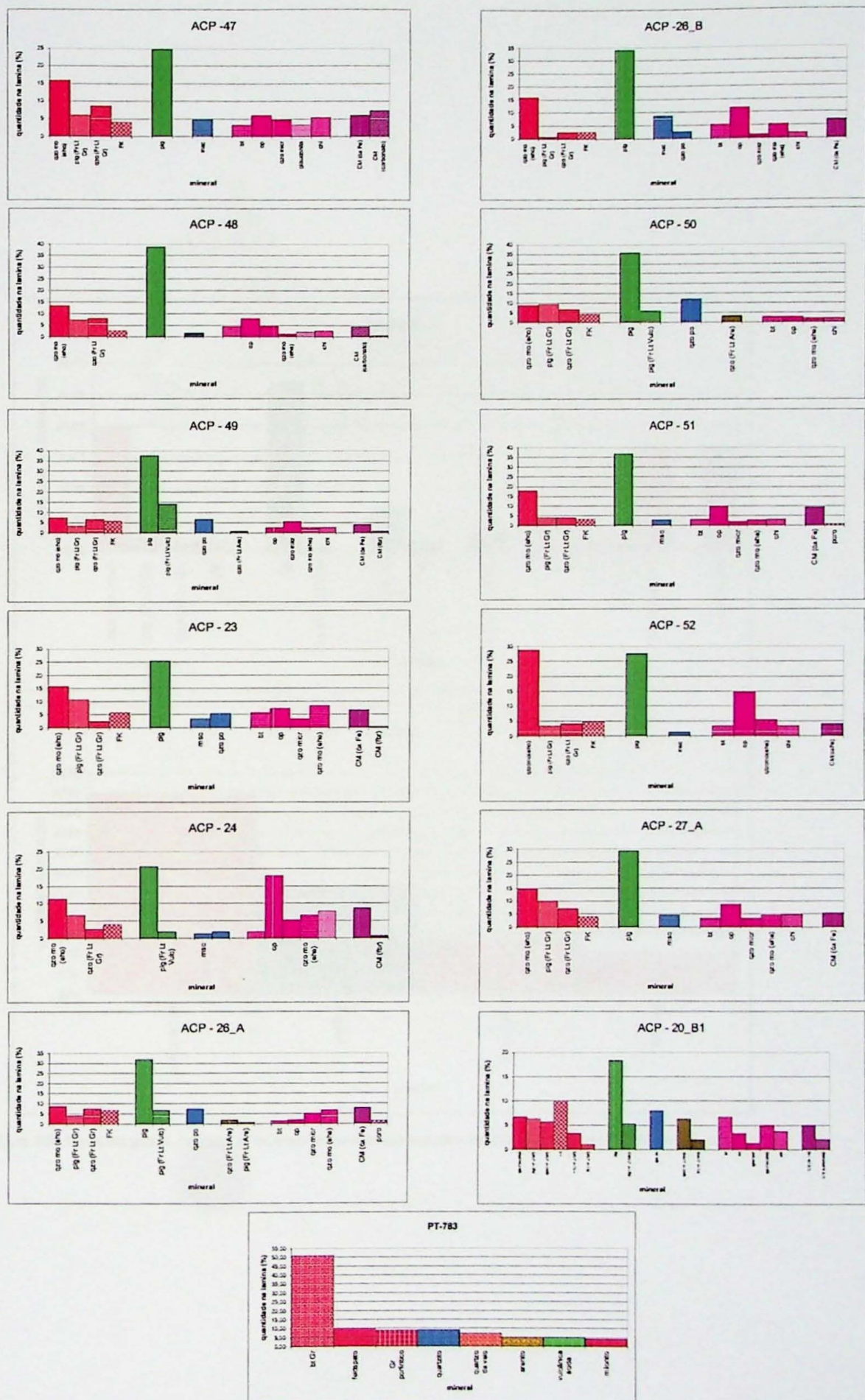


Figura 15A: Resultado gráfico das análises de proveniência microscópica e macroscópica realizadas na seção Abrigo Casa de Pedra

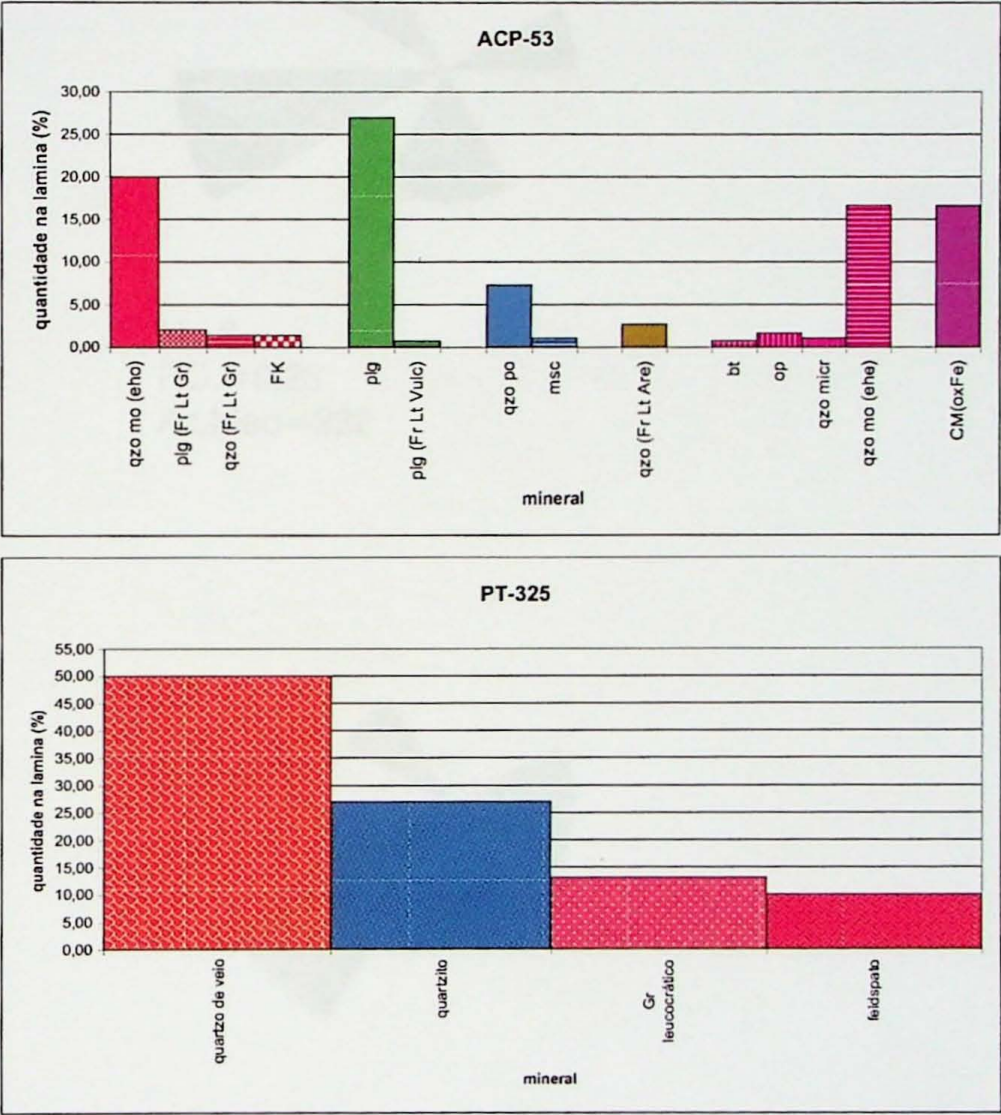
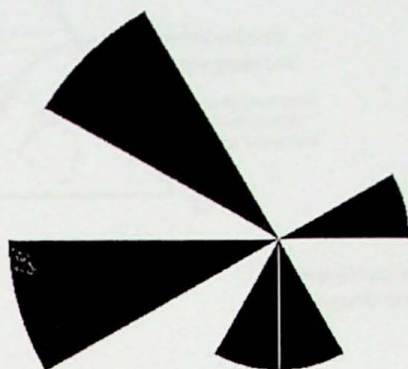


Figura 15B: Resultado gráfico das análises de proveniência microscópica e macroscópica realizadas na seção Fazenda Sol de Maio

$N=7$
 $F.C.=0,36$
 $Az.Med=248$



$N=6$
 $F.C.=0,23$
 $Az.Med=222$

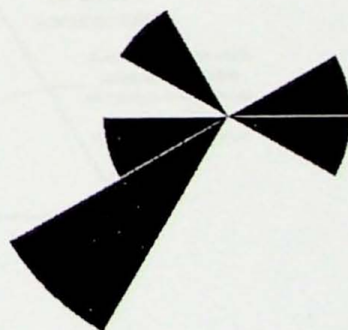


Figura 16: Rosetas das medidas de paleocorrente coletas em estratificações cruzadas acanaladas de depósitos fluviais e eólicos.

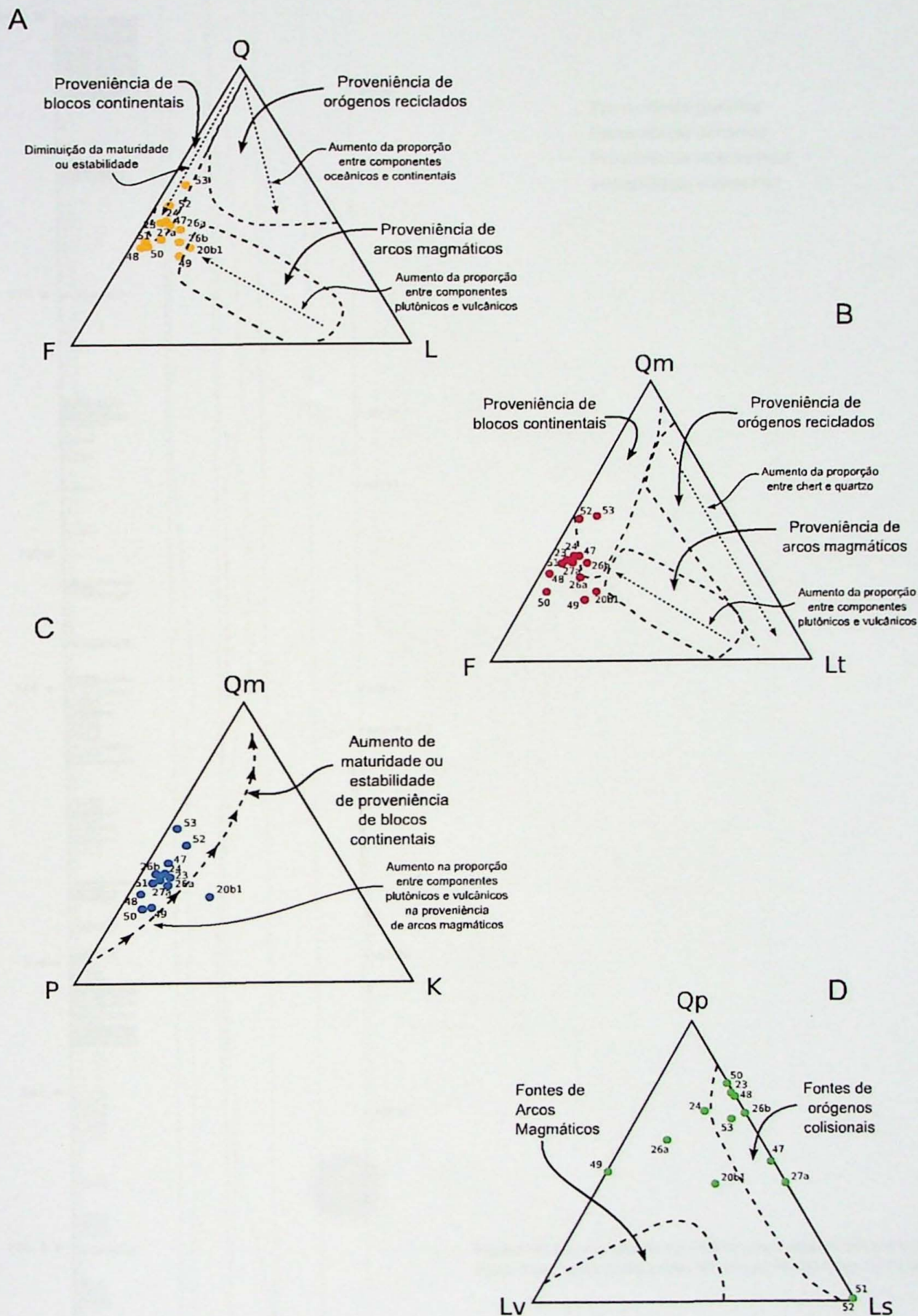


Figura 17 : Diagramas de discriminação de ambientes tectônicos, modificados de Dickison & Suczek (1979), com pontos analisados no presente trabalho. Ver discussão no texto.

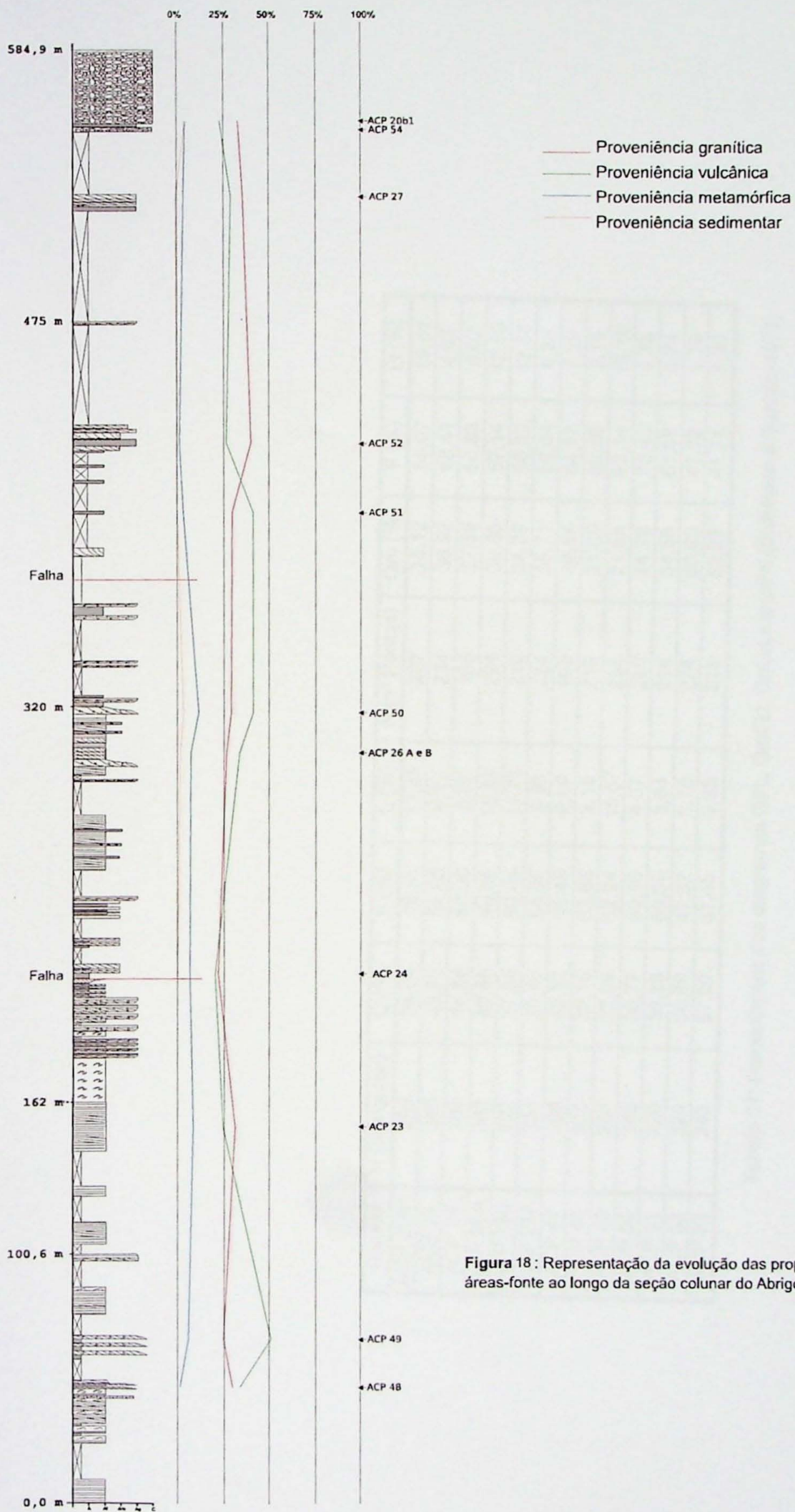


Figura 18 : Representação da evolução das proporções entre diferentes tipos de áreas-fonte ao longo da seção colunar do Abrigo Casa de Pedra.

Pontos	N (n° Pontos)	Q (%)	F (%)	L (%)	N (n° Pontos)	Qm (%)	F (%)	Lt (%)
ACP 20B1	235	34,04	48,51	17,45	207	25,12	55,07	19,81
ACP 23	240	43,75	52,08	4,17	214	36,92	58,41	4,67
ACP 24	188	44,68	50,00	5,32	166	37,35	56,63	6,02
ACP 26A	262	40,46	48,85	10,69	224	30,36	57,14	12,50
ACP 26B	222	37,84	50,45	11,71	210	34,29	53,33	12,38
ACP 27A	234	38,46	55,56	5,98	224	35,71	58,04	6,25
ACP 47	206	42,72	50,49	6,80	192	38,54	54,17	7,29
ACP 48	233	35,19	62,66	2,15	219	31,05	62,66	2,15
ACP 49	268	32,09	52,24	15,67	232	21,55	60,34	18,10
ACP 50	246	35,77	60,16	4,07	210	24,76	70,48	4,76
ACP 51	220	36,36	60,00	3,64	214	34,58	61,68	3,74
ACP 52	224	50,89	47,32	1,79	224	50,89	47,32	1,79
ACP 53	243	57,20	37,45	5,35	218	52,29	41,74	5,96

Tabela 01: Porcentagens dos diagramas QFL, QmFLt, QpLvLs e QPK (Dickinson & Suczec-1979)

Pontos	N (n° Pontos)	Qp (%)	Lv (%)	Ls (%)	N (n° Pontos)	Qm (%)	P (%)	K (%)
ACP 20B1	69	40,58	23,19	36,23	166	31,33	44,58	24,10
ACP 23	36	72,22	0,00	27,78	204	38,73	52,94	8,33
ACP 24	32	68,75	18,75	12,50	156	39,74	52,56	7,69
ACP 26A	66	57,58	30,30	12,12	196	34,69	55,10	10,20
ACP 26B	38	31,58	0,00	68,42	184	39,13	56,52	4,35
ACP 27A	24	41,67	0,00	58,33	210	38,10	56,19	5,71
ACP 47	28	50,00	0,00	50,00	178	41,57	51,69	6,74
ACP 48	19	73,68	0,00	26,32	214	31,78	64,49	3,74
ACP 49	78	46,15	53,85	0,00	190	26,32	64,74	8,95
ACP 50	46	78,26	0,00	21,74	200	26,00	67,50	6,50
ACP 51	14	42,86	0,00	57,14	206	35,92	59,22	4,85
ACP 52	4	0,00	0,00	100,00	220	51,82	41,82	6,36
ACP 53	38	65,79	5,26	28,95	205	55,61	42,44	1,95

Tabela 01: Porcentagens dos diagramas QFL, QmFLt, QpLvLs e QPK (Dickinson & Suczec-1979)



Figura 19: Fragmento de feldspato alcalino com cerca de 5 cm



DOAÇÃO
<i>IGL-USP</i>
Data: <i>07/05/08</i>

