

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DETERMINAÇÃO DA PROVENIÊNCIA DOS ARENITOS
DO GRUPO PENÍNSULA TRINITY, PENÍNSULA
ANTÁRTICA, ANTÁRTICA

Andrea Prendalia Harabari

Orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

(TF-10/05)

SÃO PAULO
2010

TF
H254
AP.d

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Determinação da proveniência dos arenitos do Grupo
Península Trinity, Península Antártica, Antártica**

Andrea P. Harabari

Andrea Prendalia Harabari



Renato de Moraes

Orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes

Co-Orientador: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-10/05)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900028430

SÃO PAULO

2010

TF
H 254
A.P. d

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Determinação da proveniência dos granitos do Grupo
Península Trinity, Terceira Antártica, Antártica



Andrés Fernando Haldon

Orientador Prof. Dr. Renato de Moraes

Co-Orientador Prof. Dr. Paulo César Fonseca Gama

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

(15-1005)

SÃO PAULO
2010

2

Resumo

A vida de Walt Disney é uma história de sucesso e perseverança. Desde a infância, ele mostrou um talento excepcional para a arte e a animação. Sua paixão por contar histórias e sua visão inovadora levaram-no a criar personagens icônicos e mundos encantadores que continuam a inspirar milhões de pessoas ao redor do mundo.

Após a Segunda Guerra Mundial, Disney expandiu seu império para o cinema e a televisão. Sua criação do personagem Mickey Mouse tornou-se um fenômeno global, e sua animação revolucionária estabeleceu novos padrões de qualidade. Além disso, ele foi pioneiro na criação de parques temáticos, inaugurando o Walt Disney World em Orlando, Flórida, em 1971. Sua visão de criar um mundo de fantasia e diversão para todos se tornou realidade, deixando um legado duradouro na indústria do entretenimento.

A perseverança de Disney sempre esteve ligada à sua capacidade de superar obstáculos. Ele enfrentou muitas dificuldades financeiras e críticas durante sua carreira, mas nunca desistiu de seus sonhos. Sua capacidade de inovar e adaptar-se às mudanças do mercado garantiu o sucesso de longo prazo de sua empresa e do legado que ele deixou para trás.

A criação de personagens icônicos e mundos encantadores foi o coração do sucesso de Disney. Sua capacidade de contar histórias de forma envolvente e emocionalmente ressonante é o que tornou seus filmes e parques tão populares e amados por todas as idades.

O legado de Disney é uma inspiração para todos nós. Sua história nos ensina que, com dedicação, criatividade e perseverança, podemos alcançar nossos sonhos e fazer a diferença no mundo. Sua mensagem é clara: todos os nossos sonhos podem se realizar se tivermos a coragem de perseguir-los.

**"Todos os nossos sonhos podem se realizar
se tivermos a coragem de perseguir-los."**

Walt Disney

Resumo

As rochas do Grupo Península Trinity e unidades equivalentes abrangem arenitos, argilitos e conglomerados, cuja formação é atribuída a correntes de turbidez. Afloram na parte norte da Península Antártica e arquipélagos adjacentes. Amostras de arenitos, arcósios e conglomerados dessas unidades foram analisadas com intuito de traçar sua proveniência.

A partir da análise petrográfica dos arenitos foi constatada a similaridade entre as formações do Grupo Península Trinity e unidades correlacionadas. As rochas apresentam composição quartzo-feldspática, com baixa porcentagem de líticos de composição plutônica, vulcânica, metamórfica e com minerais pesados como apatita, zircão, titanita, clorita, muscovita, biotita e epídoto. Com a proporção modal de quartzo, feldspato e líticos o gráfico composicional de Folk (1980), classifica as rochas como arcóseos. Diferenças composicionais ocorrem na Formação View Point, na qual também ocorrem subarcóseos, com maior proporção de quartzo na rocha; e na Formação Miers Bluff, com maior porcentagem de líticos, formando arcóseo lítico.

A associação de minerais pesados observada mostra a similaridades entre as unidades. A associação é constituída por zircão, titanita, hornblenda, apatita, granada, rutilo, ilmenita e minerais opacos e ainda são observados filossilicatos, clorita e biotita. A presença de minerais pesados de diferentes estabilidades químicas/físicas e o formato dos grãos indica que a área de deposição estava próxima da área fonte.

A associação de minerais pesados, a composição das rochas e tipos de fragmentos líticos indicam que na área fonte dominavam rochas ígneas e metamórficas, semelhantes às presentes na Patagônia e no Sul da Península Antártica.

O ambiente tectônico, a partir da utilização do diagrama de proveniência tectônica de Dickinson (1985), para as formações Hope Bay, Legoupil e Miers Bluff foi classificado como embasamento soerguido, já na Formação View Point o ambiente tectônico é de cráton em situação de plataforma passiva e para a Formação Grauvaca-Folhelho, ambiente de orógeno reciclado.

Abstract

The rocks of the Trinity Peninsula Group and equivalent units comprise sandstones, mudstones and conglomerates, whose formation is attributed to turbidity currents. They crop out in the northern Antarctic Peninsula and adjacent islands. Samples of sandstone, arkose and conglomerate of these units were analyzed in order to trace their provenance.

From the petrographic analysis of sandstones, the similarity between the formations of the Trinity Peninsula Group and related units was noted. The rocks have quartz-feldspathic composition, with low percentage of lithic fragments of plutonic, volcanic and metamorphic rocks and heavy minerals such as apatite, zircon, titanite, chlorite, muscovite, biotite and epidote. With the proportion of modal quartz, feldspar and lithic composition these rocks are classified in the graphic of Folk (1980), as arkoses. Compositional differences occur in the View Point Formation, which also present sub-arkose, with higher proportions of quartz in the rock, and in the Miers Bluff Formation, a higher percentage of lithic fragments occur and they are classified as lithic arkose.

The association of heavy minerals shows the observed similarities between the units. The association consists of zircon, titanite, hornblende, apatite, garnet, rutile, ilmenite and opaque minerals and phyllosilicates are also observed, as chlorite and biotite. The presence of heavy mineral stabilities of different chemical/physical and the shape of the grains indicates that the deposition area was near the area source.

The association of heavy minerals, the composition of rocks and types of lithic fragments indicate that the source area was dominated by igneous and metamorphic rocks, similar to those found in Patagonia and the southern Antarctic Peninsula.

The tectonic environment of source areas are inferred from the use of the diagram of tectonic classification done by Dickinson (1985). For Hope Bay, Legoupil and Miers Bluff formations, the setting of source area is set as uplifted basement, but for the View Point Formation tectonic setting of the craton close to passive platform is inferred, and for Greywacke-shale Formation is recycled orogen setting.

Sumário

1. Introdução	1
2. Objetivos	2
3. Desenvolvimento do trabalho	2
3.1. Cronograma de atividades	3
3.2. Dificuldades encontradas	3
4. Materiais e métodos	3
4.1. Lâminas petrográficas	3
4.2. Separação de minerais pesados	4
4.3. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	7
5. Trabalhos prévios	7
5.1. Grupo Península Trinity	8
6. Resultados	12
6.1. Análise petrográfica de rocha	12
6.1.1. Formação Legoupil	12
6.1.2. Formação View Point	15
6.1.3. Formação Hope Bay	16
6.1.4. Formação Grauvaca Folhelho	17
6.1.5. Formação Miers Bluff	18
6.2. Análise petrográfica da associação de minerais pesados	22
6.2.1. Grupo Península Trinity	22
6.2.2. Formação Grauvaca Folhelho	24
6.2.3. Formação Miers Bluff	24
6.3. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	25
7. Discussões	29
7.1. Classificação dos arenitos	29
7.2. Análises petrográficas comparativas	30
7.3. Análise de proveniência a partir da associação de minerais pesados	33
7.4. Ambiente tectônico	35
8. Conclusões	37
9. Referências bibliográficas	40

1. Introdução

A Península Antártica está conectada com o Microcontinente das Orcadas do Sul e é o maior dos doze microcontinentes que se encontram a Sul da América do Sul, Leste da Antártica e Nova Zelândia (Willan, 2003). Os microcontinentes foram formados durante a separação do Supercontinente Gondwana, mas não se conhece com precisão a posição relativa de cada um antes da quebra.

A principal unidade que aflora na Península Antártica e arquipélagos associados é o Grupo Península Trinity (TPG) e unidades consideradas equivalentes, tais como a Formação Miers Bluff nas Ilhas Shetland do Sul, o Complexo Metamórfico de Scotia e a Formação Grauvaca-Folhelho nas Ilhas Orcadas do Sul (Hobbs, 1968; Dalziel, 1969, 1984). A maior parte destas unidades é formada por rochas clásticas turbidíticas, com metamorfismo variando entre condições sub-xisto verde a anfíbolito (Trouw *et al.*, 1997).

A deposição do Grupo Península Trinity se deu na costa Pacífica do Gondwana e existem vários ambientes propostos: bacia de prisma acrescionário, margem continental passiva e bacia de *fore-land*, provavelmente a deposição ocorreu sobre rochas plutônicas e granitóides cálcio-alcálicos, de idades entre Ordoviciano e Carbonífero (Pankhurst *et al.*, 2003). Embora vários pesquisadores considerem a correlação das unidades citadas com o Grupo Península Trinity, existem evidências de que pelo menos a Formação Miers Bluff seja mais nova (Hervé *et al.*, 2006).

A determinação da correlação, ou não, entre essas unidades possibilita a elaboração do quadro tectônico das áreas fontes e, conseqüentemente, a disposição dos blocos que formavam a costa Pacífica do Gondwana. A partir do estudo da associação de minerais pesados presentes nos arenitos e meta-arenitos do Grupo Península Trinity e unidades equivalentes, juntamente com as informações disponíveis na bibliografia, foi possível inferir a proveniência e o caráter das áreas fontes nas suas exposições da Península Antártica e arquipélagos associados. E assim discutir as correlações litoestratigráficas feitas entre o Grupo Península Trinity e a Formação Miers Bluff, o Complexo Metamórfico de Scotia e a Formação Grauvaca-Folhelho.

2. Objetivos

O objetivo do projeto é estudar a associação de minerais pesados presentes nos arenitos e meta-arenitos do Grupo Península Trinity e unidades equivalentes para determinar a proveniência e o caráter das áreas fontes nas suas exposições da Península Antártica e arquipélagos associados. Estabelecendo-se o caráter das áreas fontes, pretende-se determinar até que ponto as correlações litoestratigráficas feitas entre o Grupo Península Trinity e a Formação Miers Bluff, o Complexo Metamórfico de Scotia e a Formação Grauvaca-Folhelho são válidas. Com auxílio de pesquisa bibliográfica pretende-se estabelecer possíveis áreas fontes e com isso estudar a provável configuração da costa Pacífica do Gondwana.

3. Desenvolvimento do trabalho

O projeto teve início com a pesquisa bibliográfica, com foco tanto nos artigos sobre a geologia e tectônica da Península Antártica, a litoestratigrafia do Grupo Península Trinity, das suas unidades correlatas, bem como livros básicos de petrografia e petrologia sedimentar. Concomitante a este trabalho foram adquiridas amostras na litoteca da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e lâminas delgadas cedidas pelos professores. Rudolph A. J. Trouw e André Ribeiro, juntamente com dados de campo e localização das mesmas.

O trabalho teve início com a descrição macroscópica das amostras, seguida da petrografia das mesmas. Durante a petrografia, foi realizada uma semana de trabalho com o Professor André Ribeiro, coletor da maior parte das amostras estudadas no presente trabalho. A petrografia focou a análise das amostras do Grupo Península Trinity – Formação Hope Bay, Formação View Point e Formação Legoupil – e unidades equivalentes - Formação Grauvaca-Folhelho e Formação Miers Bluff.

Em seguida foram selecionadas e preparadas as amostras para análise do conteúdo de minerais pesados, e realizada a petrografia de lâminas de montagem de grãos para identificação e contagem percentual desses. E por fim, foi realizada a microscopia eletrônica de varredura para a análise química semi-quantitativa dos grãos e compilação e interpretação final dos dados.

As amostras são identificadas com siglas referentes às localidades em que foram coletadas e na tabela 1 estão especificadas as siglas, localidades e formações as quais elas se relacionam. E na figura 1 estão indicadas as localizações.

Tabela 1 – Siglas, localidade e formações a que pertencem as amostras estudadas

Siglas	Localidade	Formações
LV	Ilha Livingston	Miers Bluff
L	Ilha Laurie	Grauvaca-Folhelho
HB	Baia Esperança	Hope Bay
KOP	View Point	View Point
DJ	View Point	View Point
IL	Ilha Larga	Legoupil
RAN	Morro Rancajua	Legoupil
ID	Ilha das Dobras	Legoupil
GA	Ilha Gandara	Legoupil
PMI	Ilha Pebbly Mudstone	Legoupil

4.2. Separação de minerais pesados

O processo de separação de minerais pesados foi realizado a partir das seguintes etapas: moagem, elutriação, filtração, secagem, peneiramento, separação por densidade, separação magnética-manual e montagem de lâminas.

- **Elutriação**

A etapa de elutriação é realizada para retirar da amostra as granulometrias silte e argila, num processo conhecido como deslamagem. A amostra é colocada em um funil preso em suporte universal e conectado a torneira por meio de mangueira. A torneira é aberta com

força controlada, de forma que não haja perda de amostra e que seja possível a separação das granulometrias desejadas. A água passa primeiramente pela haste do funil e depois pela amostra separando a areia do silte e argila. O tempo deste procedimento varia de acordo com a amostra.

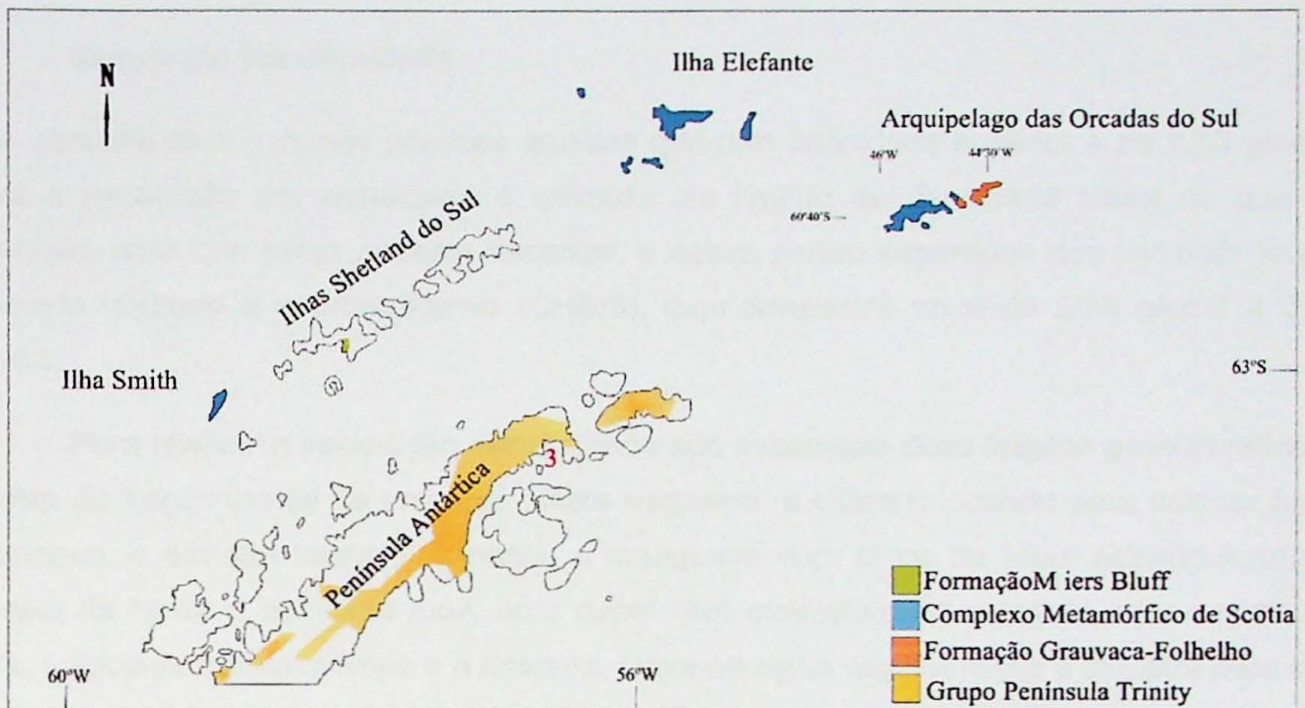


Figura 1 - Áreas em que afloram as rochas do Grupo Península Trinity e unidades correlatas. Estão identificadas com números as localizações das amostras: 1) Cabo Legoupil – Formação Legoupil, 2) Baía Esperança – Formação Hope Bay, 3) View Point – Formação View Point, 4) Ilha Livingston – Formação Miers Bluff e 5) Ilha Laurie – Formação Grauvaca-Folhelho. Modificado de Dalziel (1984). Figura apenas ilustrativa, o arquipélago das Orcadas do Sul está muito deslocado da sua posição original.

- Filtração e secagem

A filtração e a secagem têm como objetivo retirar toda a água da amostra. Na etapa de filtração é utilizado kitassato com funil de haste longa revestido internamente por um papel filtro. O kitassato é ligado a mangueira de vácuo e a amostra é filtrada até a retirada de toda a água. Após a retirada da água, ainda no papel filtro a amostra é colocada na estufa para secagem.

- Peneiramento

O peneiramento é realizado para a separação da amostra seca em determinadas frações. Para esta separação é utilizado um conjunto de 12 peneiras de aberturas de malha

decrecente, de 4,000 a 0,063 mm. Coloca-se o conjunto empilhado em agitador magnético por 20min. Após a agitação, as diferentes frações de areia são coletadas, peneira por peneira, e armazenadas em sacos de papel para serem pesadas.

- Separação por densidade

São considerados minerais pesados aqueles que têm densidade superior a de 2,83 g/cm³, para a separação por densidade é utilizado um líquido de densidade maior do que os minerais, para que estes possam decantar, e assim serem separados dos minerais leves. O líquido utilizado é o bromofórmio (CHBr₃), cuja densidade varia de 2,83 g/cm³ a 2,89 g/cm³.

Para realizar a separação densimétrica são escolhidas duas frações granulométricas abaixo da fração modal da amostra. Neste esquema, é utilizado suporte para colocar funil_a suspenso, e em sua haste é colocada a mangueira com pinça de Mohr estrangulando-a. Abaixo da haste é colocado funil_b com papel filtro qualitativo em cima de erlenmeyer. No funil_a coloca-se o bromofórmio e a amostra. Deve-se agitar regularmente a amostra para que os grãos pesados decantem no funil_a onde há a haste estrangulada. Depois que todos os minerais pesados se separaram dos leves deve-se soltar com cuidado a pinça de Mohr fazendo com que somente os minerais pesados vão para o funil_b contendo o papel filtro identificado. Após este processo os minerais pesados deverão ser secos a temperatura ambiente e depois pesados para quantificação.

- Separação magnética-manual

Para a separação de minerais magnéticos os minerais separados por densidade são despejados em folha branca, sobre os quais é passado um ímã comum envolto por plástico, retirando assim os minerais magnéticos da amostra. Esta etapa é feita repetidamente até o momento em que não haja mais minerais magnéticos no ímã.

- Montagem de lâminas

Para a confecção das lâminas é utilizado o bálsamo do Canadá natural. Quantidade suficiente do bálsamo é colocada em cadinho de porcelana para aquecimento a 110 °C. Em lâmina limpa, seca e identificada são pingadas de três a quatro gotas de bálsamo quente e colocada quantidade de minerais suficiente para análise. Deve-se sempre espalhar os minerais para que eles sejam observados com maior nitidez. Depois é colocada em cima da

lâmina a lamínula de vidro, deixando para secar e endurecer por um dia, após seca a lâmina passa por processo de limpeza e está pronta para a observação microscópica.

4.3. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

O Microscópio Eletrônico de Varredura, MEV é o equipamento que permite a obtenção de informações estruturais e químicas de amostras. As informações estruturais são geradas pela incidência de feixe de elétrons no mineral, e a contagem de elétrons secundários e retroespalhados emitidos pelo material analisado gera a imagem eletrônica de varredura, que representa em tons de cinza o mapeamento "topográfico" da superfície do grão ou composicional. Para as informações químicas do material é acoplado ao MEV o sistema de EDS (Energy Dispersive System), que possibilita a determinação da composição qualitativa e semiquantitativa das amostras, a partir da emissão de raios X característicos.

O MEV foi realizado no Laboratório do Instituto de Geociências – USP, com o aparelho LEO 440I com espectrômetro de energia dispersiva de raios-X Oxford. Foram analisadas 4 lâminas de minerais pesados de granulometria 0,350mm, sendo 2 do Grupo Península Trinity, 1 da Formação Grauvaca-Folhelho e 1 Formação Miers Bluff.

5. Trabalhos prévios

As rochas do Grupo Península Trinity e unidades equivalentes - Complexo Metamórfico de Scotia e Formação Grauvaca-Folhelho nas Ilhas Orcadas do Sul e Formação Miers Bluff, Ilha Livingston das Ilhas Shetland do Sul - são registros de bacias preenchidas por depósitos provenientes de rochas da costa Pacífica do Supercontinente Gondwana. A fonte desses sedimentos são as rochas das cadeias de montanhas e de seu embasamento formadas durante a aglutinação do Gondwana, no Neoproterozóico, que hoje corresponde à América do Sul, Antártica, Austrália, Índia e África (Willan, 2003) (Figura 2). Parte das rochas presentes no sul da Patagônia, Península Antártica e arquipélagos associados foram depositadas no Triássico. Nessa época, a Península Antártica apresentava continuidade física com a Patagônia, e houve a formação de depósitos turbidíticos de fonte continental. Esses depósitos foram acrescidos tectonicamente à América do Sul e à Península Antártica no Jurássico (Figura 2). Os eventos de compressão e extensão são registrados até o Cretáceo e a sedimentação estava ligada a bacias de

antearco (fore-arc) e à zona de subducção que margeava a costa pacífica do Gondwana (Dalziel, 1984).

Ao redor da Península Antártica ocorrem vários arquipélagos e algumas ilhas isoladas. Nestes arquipélagos, afloram rochas vulcânicas, metamórficas e metassedimentares em condições anquimetamórficas. Na região da Península Antártica, de oeste para leste, afloram as rochas do complexo de subducção, com metamorfismo nas fácies xisto azul, xisto verde e anfibolito (Dalziel, 1984), nas ilhas Smith, Elefante e Clarence. Ainda a oeste, no mesmo contexto, são englobadas as rochas do Complexo Metamórfico de Scotia, essas rochas metamórficas estão expostas principalmente no Arquipélago das Orcadas do Sul (Trouw *et al.*, 1997). Na península, afloram turbiditos, com metamorfismo na fácies sub-xisto verde, pequena quantidade de rochas vulcânicas associadas, além de rochas plutônicas, sendo o sul da península dominado por rochas metamórficas e plutônicas de idade paleozóicas, e a Leste, nas ilhas do Mar de Weddell, ocorrem rochas sedimentares, com intercalações vulcânicas (Smellie, 1981). A sequência de unidades apresentada, de oeste para leste, é interpretada como a sucessão complexo de subducção (rochas da fácies xisto azul e Complexo Metamórfico de Scotia), prisma acrescionário (turbiditos do Grupo Península Trinity), rochas de arco magmático (vulcânicas e plutônicas), o embasamento Gondwanico (rochas metamórficas e plutônicas paleozoicas) e bacia de retro arco (unidades dos arquipélagos do Mar de Weddell).

5.1. Grupo Península Trinity e unidades equivalentes

O Grupo Península Trinity e unidades equivalentes compreendem as principais rochas aflorantes na porção norte da Península Antártica e arquipélagos associados (Hobbs 1968, Dalziel 1969), na chamada Terra de Graham, parte norte da Península Antártica, por mais de 500 km (Hyden & Turner, 1981; Dalziel, 1984). O Grupo Península Trinity foi definido inicialmente como Série Península Trinity por Adie (1957), para descrever a sequência de grauvaque silicosa e folhelho do norte da península. Posteriormente, essas rochas foram mapeadas nas décadas de 1960 e 1970 por geólogos do British Antarctic Survey e, após quase uma década de discussões, a partir do trabalho de Hyden & Tanner (1981), passaram a ser denominadas de Grupo Península Trinity, subdividido nas Formações Hope Bay, View Point e Legoupil (Figura 3).

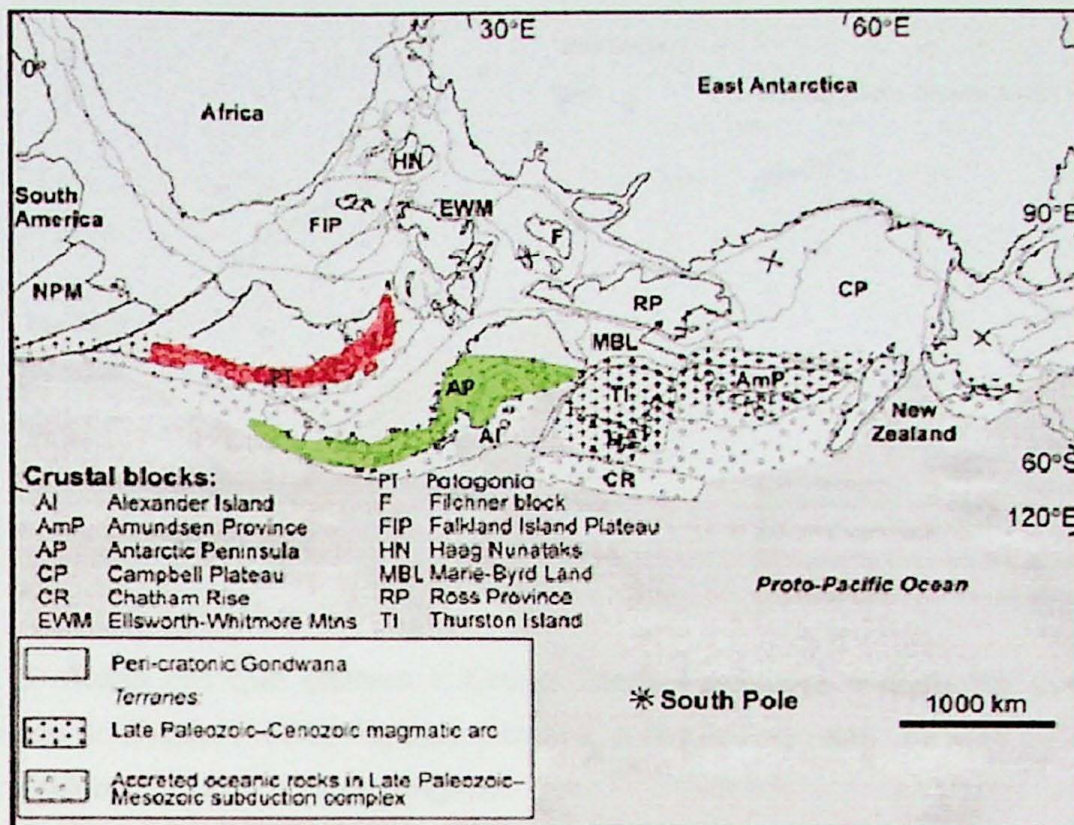


Figura 2. Configuração da porção da costa ocidental-meridional do Gondwana no final do Jurássico. Estão destacados os terrenos que foram acrescidos no final do Paleozoico e início do Mesozoico e os que representam os arcos magmáticos. Em verde está destacada a Península Antártica e em vermelho, parte da Patagônia. Retirado e modificado de Willan (2003)

A Formação Legoupil foi definida por Halpern (1965), e as Formações Hope Bay e View Point por Hyden & Tanner (1981), sendo que o fator determinante na separação entre as formações está na variação de granulação dos sedimentos dentro de cada unidade. Mais recentemente, Del Valle *et al.*, (2007) incluíram a formação Düse Bay, aflorante na Península Tabarin, no Grupo Península Trinity.

A sucessão estratigráfica dentro do Grupo Península Trinity é definida por Del Valle *et al.* (2007) baseada na posição geográfica das formações dentro da península, isso se deve ao fato de não existir publicações com descrições sobre o contato entre as mesmas. Assim, o Grupo Península Trinity inclui desde a base até o topo a Formação Legoupil, Formação View Point, Formação Hope Bay e Formação Düse Bay.

O Grupo Trinity Península e as unidades correlacionadas apresentam associações faciológicas e proveniência similares (Smellie, 1991; Andreis *et al.*, 1997). A área fonte dos sedimentos inclui um arco magmático continental (contribuindo com fragmentos vulcânicos e plutônico) e continental (contribuindo com fragmentos sedimentares e metamórficos) (Paciullo *et al* 2002).

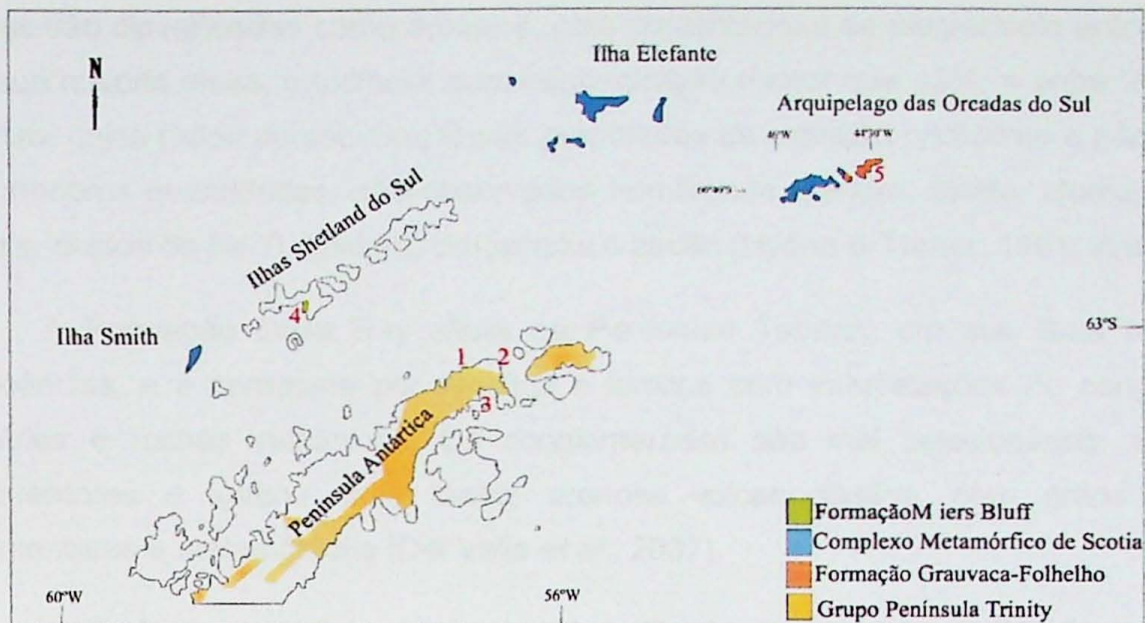


Figura 3. Áreas em que afloram o Grupo Trinity Península e unidades correlatas. Modificado de Dalziel (1984). Figura ilustrativa, o arquipélago das Orcadas do Sul está muito deslocado da sua posição original.

A Formação Legoupil consiste da alternância de arenito fino e lamito maciço ou fracamente estratificado, em camadas subverticais. A rocha predominante é o lamito e os arenitos são camadas menores em relação às outras formações. São encontradas também pequenas quantidades de conglomerados. Petrograficamente, os arenitos são classificados como arcósios com alta porcentagem de plagioclásio, que varia entre 18 e 34%, e feldspato potássico em porcentagem menor que 8%. Sua proporção de quartzo é intermediária se comparada às outras duas formações, com grãos pronunciadamente ondulados (Hyden & Tarner, 1981; Willan, 2003).

A Formação View Point apresenta duas principais alternâncias, entre arenito turbidítico fracamente estratificado e lamito, e entre quartzo arenito fracamente estratificado e lamito; ainda, em menores quantidades, ocorrem conglomerados polimícticos. A alternância entre quartzo arenito e lamito é característica da formação, com camadas com o topo invertido e abundantes dobras em “m” e “z”. Petrograficamente, tratam-se de arenitos com alta porcentagem de quartzo (56-65%), pronunciadamente com grãos com extinção ondulante, plagioclásio com porcentagem entre 7 e 16% (oligoclásio – albita) e ortoclásio menor que 2%. Em menores proporções, ocorrem biotita, muscovita, zircão e óxidos de Fe e Ti (Hyden & Tarner, 1981; Willan, 2003).

A Formação Hope Bay consiste de porções iguais de arenito grosso e lamitos maciços a fracamente estratificados, com fina alternância de siltito e argilito, onde as camadas encontram-se verticalizadas e com pouca deformação. Petrograficamente as

rochas são classificadas como arcósios, com porcentagens de plagioclásio entre 26 e 34%, em sua maioria albita, ortoclásio, com concentração menor que 15%, e entre 24 e 29% de quartzo, cujos grãos apresentam iguais proporções de extinção ondulante e não ondulante. Em menores quantidades, são observados hornblenda marrom, biotita, clorita, muscovita, titanita, óxidos de Fe-Ti, epidoto, clinozoisita e zircão (Hyden & Turner, 1981; Willan, 2003).

A Formação Düse Bay aflora na Península Tabarin, em sua Baía homônima e adjacências, e é composta por arenitos e lamitos com intercalações de conglomerados, calcários e rochas vulcânicas. Os conglomerados são mal selecionados, com clastos sedimentares e ígneos, com matriz arenosa vulcanoclástica, com grãos vulcânicos, sedimentares e metamórficos (Del Valle *et al.*, 2007).

A idade dos turbiditos do Grupo Trinity Península, inferida a partir do raro conteúdoossilífero de bivalves nos lamitos da Formação Legoupil (Thomson, 1975), é considerada Triássica. Os grãos detríticos de zircão datados pelo método U-Pb concentram-se em vários intervalos entre 250 e 350 Ma, entre 380 e 700 Ma e grãos de idades esporcas até o Arqueano (Pankhurst, 1983; Loske & Miller, 1991, Barbeau *et al.*, 2009).

O Complexo Metamórfico de Scotia é a unidade que constitui a parte aflorante do Microcontinente das Orcadas do Sul, e está exposto no arquipélago das Orcadas do Sul, entre a América do Sul e o Continente Antártico. Na parte oeste do arquipélago, estão as ilhas Coronation, Sign, Matthews, Powell e Fredriksen, e na parte leste, Weddell, Saddle, Laurie, e ilhas menores (Dalziel, 1984). Estudos tectono-metamórficos realizados na Ilha Powell (Trouw *et al.* 1997) mostram que o Complexo Metamórfico de Scotia está em contato gradacional com a sucessão turbidítica da Formação Grauvaca-Folhelho. O contato foi mapeado como gradacional, pois as rochas passam de metassedimentos com baixo grau de metamorfismo com estruturas sedimentares ainda preservadas para filitos e xistos, maior grau metamórfico, com composição similar. Assim, admiti-se que nesta localidade o Complexo Metamórfico de Scotia é a Formação Grauvaca-Folhelho em mais alto grau metamórfico.

A Ilha Livingston, Ilhas da Shetland do Sul consiste de embasamento pré-vulcânico, seqüências de arco vulcânico e intrusões plutônicas (Xiguang *et al.* 2002). O embasamento pré-vulcânico é composto por rochas sedimentares com baixo grau de metamorfismo que foram denominadas de Formação Miers Bluff (Hobbs, 1968). A Formação Miers Bluff aflora na Península Hurd, porção central da Ilha Livingston. As rochas dessa Formação são interpretadas como uma seqüência turbidítica e sua composição consiste de arenitos maciços, lamitos escuros, conglomerados de matriz argilosa, folhelhos e ritmitos (Xiguang *et al.* 2002).

A Formação Miers Bluff é a unidade mais antiga do arquipélago, tendo sido correlacionada pela primeira vez com as rochas do Grupo Trinity Península, por similaridade litológica (ver discussão em Kraus *et al.*, 2008). A idade de formação e a correlação com o Grupo Trinity Península têm sido embasadas no conteúdo fossilífero e em datações de grãos detríticos de zircão. O conteúdo fossilífero indica origem marinha e idades entre Carbonífero Superior e Jurássico Inferior, mas foram encontrados fósseis de ammonita do Jurássico Superior (Pimpirev *et al.*, 2002), e palinóforos de Classopollis e Praecirculina, característicos do fim do Triássico ao meio do Cretáceo (Xiguang *et al.*, 2002), o que restringe seu intervalo de deposição. Estes dados permitem delimitar a idade da Formação Miers Bluff e questionar sua correlação com o Grupo Trinity Península, sendo reforçada pela presença de grãos detríticos com idades entre 165 e 170 Ma (Hervé *et al.*, 2006).

6. Resultados

6.1. Análise petrográfica de rocha

6.1.1. Formação Legoupil

O arcósio da Formação Legoupil apresenta cor cinza clara, granulação média, estrutura maciça a finamente estratificada, por vezes com lâminas carbonáticas intercaladas. Sua composição contém quartzo com porcentagens variando entre 30 e 55%, feldspato potássico e plagioclásio com total de 15 a 30% e muscovita entre 3 e 10%.

Petrograficamente, a rocha tem pouca ou nenhuma porosidade, é sustentada pelo arcabouço e com cimento tardio. O arcabouço tem composição quartzo-feldspática, com granulação fina a média, cristais subarredondados a subangulosos, e em menores proporções angulosos. O grau de esfericidade dos grãos é baixo, com exceção de alguns cristais de quartzo perfeitamente esféricos. A compactação é mecânica planar e/ou pontual, os sedimentos são originalmente imaturos e possuem médio grau de seleção.

O arcabouço é composto de quartzo monocristalino com proporções entre 20 a 25%, o quartzo policristalino ocorre em menores proporções de 5 a 10%, o plagioclásio com 20 a 28%, sendo em sua maioria albita, o feldspato potássico em pequenas porcentagens 5%, e fragmentos líticos com proporções entre 3 a 5% (Prancha 6.1.I A). Em menores proporções biotita, estilpnomelano, muscovita, clorita, epidoto, zoisita, titanita, apatita, zircão e carbonato.

Os cristais de quartzo monocristalino se apresentam em proporções praticamente iguais aos grãos com extinção ondulante pronunciada e grãos sem extinção ondulante, sendo ainda identificado por vezes cristais com feição de migração de borda de grão. A maior parte dos cristais de filossilicatos - muscovita, estilpnomelano, clorita e biotita - apresentam feições de deformação, evidenciando a compactação mecânica, principalmente quando localizados entre três grãos mais resistentes, indicando que a maior parte dos grãos é detrítica (Prancha 6.1.I B). Alguns cristais de muscovita e clorita estão bem formados e sem deformação, indicando serem diagenéticos. A clorita ainda ocorre junto aos veios com quartzo.

Os cristais de plagioclásio ocorrem em formatos arredondados e são classificados majoritariamente como albita, sendo que em alguns grãos ocorre alteração carbonática, o feldspato potássico é o ortoclásio, com alguns grãos alterados para mica branca, e em menor proporção microclínio. Os fragmentos líticos têm formatos alongados e arredondados, com alto grau de esfericidade e sua composição é vulcânica félsica, quartzo-feldspática, ou sedimentar, siltito. O zircão ocorre em formatos arredondados, semiarredondados e com tendência bipiramidal, indicando em sua maioria origem metamórfica. O carbonato ocorre como produto de alteração do plagioclásio e entre os grãos detríticos dos outros minerais, fazendo papel de cimento.

Na lâmina GA-2, a rocha apresenta textura e estrutura metamórfica. A rocha é fina, com textura lepidogranoblástica e estrutura foliada. A foliação é marcada pelos cristais de clorita e muscovita que se desenvolvem durante o metamorfismo e a matriz é quartzosa, com cristais com feições de recristalização e cristais ainda com feições sedimentares (Prancha 6.1.I C). A composição da rocha não difere muito dos arcósios descritos, com quartzo variando de 20 a 25%, plagioclásio com porcentagens entre 15 e 20%, muscovita com 10% e clorita com 15%. Em menores proporções são observados zircão, titanita, epidoto e feldspato potássico.

Macroscopicamente, a ardósia apresenta cor cinza escuro, granulação muito fina, estrutura foliada e, por vezes, ocorrem lâminas carbonáticas intercaladas. Em algumas amostras são observadas dobras assimétricas e micro falhas evidenciadas pelo deslocamento das camadas.

Petrograficamente é rocha de granulação muito fina, composta de quartzo detrítico e mica branca, com pequenas quantidades de feldspato e carbonato. Foliação incipiente é observada e são numerosos os veios de quartzo de granulação fina a média, com feições de recristalização de grão e carbonato intercalados.

Os conglomerados apresentam matriz areno-quartzosa, de granulação fina e

estruturalmente foram classificados como ortoconglomerados (Prancha 6.1.I D) e paraconglomerados (Prancha 6.1.I E) (Pettijohn, 1957), com clastos de tamanhos que variam de 0,2 a 1,8 cm. Os clastos são bem selecionados, arredondados a bem arredondados, com médio a alto grau de esfericidade, com formatos alongados e ovalados. O formato ovalado dos clastos no paraconglomerado pode indicar possível deformação posterior, que também é observada no alinhamento dos clastos. A composição dos clastos é predominantemente quartzosa, existindo também lamitos e rochas vulcânicas. Petrograficamente foram classificados os dois conglomerados, que possuem composição semelhante.

O ortoconglomerado, sustentado pelo arcabouço, tem matriz perfazendo 8% da rocha, com compactação mecânica pontual e/ou planar e com médio a alto grau de seleção.

A matriz é quartzo-feldspática de granulação fina a média, pouco porosa, com baixas porcentagens de cimento. Os grãos são subarredondados a subangulosos, com grau de esfericidade médio. Em sua composição estão quartzo, feldspato, clorita, muscovita, biotita, zircão e epidoto.

Os cristais de biotita e muscovita apresentam-se dobrados, quando em contato com grãos de maior resistência, sendo que em sua maioria estão bem formados, assim como a clorita. O zircão exibe formas bipiramidais e alongadas. Os cristais de plagioclásio estão frequentemente saussuritizados e os grãos de quartzo são em sua maioria monocristalinos.

Os fragmentos de rocha variam de 2 a 3 mm, possuem formatos arredondados e alongados, com médio grau de esfericidade. A composição dos fragmentos é predominantemente vulcânica, quartzo-feldspática, com menores proporções de rocha sedimentar, siltito, e metassedimentar, filito e quartzito.

O paraconglomerado, sustentado pelo arcabouço, tem matriz perfazendo de 15 a 25% da rocha, com matriz arenosa quartzo-feldspática e grau de seleção médio.

A matriz é arenosa de granulação fina a média, com baixas porcentagens de cimento, pouco porosa e com grãos subangulosos a arredondados. O grau de esfericidade é médio e sua compactação é mecânica pontual e/ou planar. Sua composição principal é quartzo-feldspática, contendo menores proporções de clorita, muscovita, biotita, zircão, granada, epidoto e carbonato.

Os cristais de filossilicatos, biotita e muscovita, apresentam feições de deformação em uma parte dos grãos, e os cristais clorita estão bem formados assim como os cristais de muscovita que se desenvolvem durante a diagênese. O zircão exibe formas bipiramidais e alongadas, indicando origem ígnea.

O plagioclásio ocorre saussuritizado, é composicionalmente andesina e em alguns grãos ocorre alteração carbonática, o feldspato potássico é o ortoclásio. Os cristais de quartzo são monocristalinos, apresentando em porcentagem ínfima extinção ondulante.

Os fragmentos de rocha variam de 2 a 5 mm, com formatos subarredondados, alongados e arredondados, e com médio grau de esfericidade. Os fragmentos são de rocha sedimentar, siltito, metassedimentar, filito e quartzito, e vulcânica, de composição quartzo-feldspática.

6.1.2. Formação View Point

O arenito apresenta cor cinza clara, granulação média, grãos bem selecionados e com médio grau de arredondamento. Em algumas amostras há carbonato preenchendo fraturas. Sua composição consiste de quartzo com proporção variando entre 45 e 65%, feldspato potássico e plagioclásio com total entre 10 e 15%, com muscovita entre 5 e 15%.

Petrograficamente a rocha é sustentada pelo arcabouço, com cimento tardio e baixa porosidade. O arcabouço é quartzoso, com grãos subarredondados a subangulosos, com esfericidade baixa a média e granulometria fina a média. A compactação é mecânica pontual e/ou planar, e os sedimentos são originalmente imaturos e com médio grau de seleção.

O arcabouço tem porcentagem alta de quartzo, entre 50 e 55%, sendo a maioria monocristalino, plagioclásio com porcentagem entre 5 e 15%, albita e oligoclásio, o feldspato potássico ocorre em pequenas porcentagens (<5%) sendo ortoclásio, perítico ou não, e em menores proporções ocorrem muscovita, clorita, epídoto, rutilo, apatita, zircão, fragmentos líticos, granada e carbonato.

Os cristais de quartzo apresentam extinção ondulante pronunciada, enquanto na muscovita e clorita ocorrem dobras, quando os grãos estão acomodados entre três grãos mais resistentes, evidenciando serem detríticos e que a deformação é devido à compactação (Prancha 6.1.II A). O carbonato está disposto entre os grãos fazendo papel de cimento, e em alguns pontos está bem formado crescendo com hábito fibroso.

Os cristais de plagioclásio podem estar saussuritizados e o microclíneo é comum. Os fragmentos líticos são sedimentares, siltito, e vulcânico, granófiro. São comuns os veios de epídoto na rocha.

Macroscopicamente a ardósia apresenta cor cinza escuro, granulação muito fina, estrutura foliada, com presença de dobras simétricas, assimétrica e isoclinais, clivagem de crenulação espaçada bem marcada e charneiras evidentes. Em algumas amostras ainda

são observadas lâminas de carbonato intercaladas.

Petrograficamente foi caracterizada uma das principais alternâncias características da formação, a intercalação entre arenito silicoso e lamito. Rocha dividida em duas bandas, quartzosa, de granulação fina, com grãos de quartzo monocristalino com extinção ondulante, quartzo policristalino e, em menor porcentagem, clorita e óxidos. A outra banda apresenta granulação muito fina, com quartzo e mica branca em proporções quase iguais, ainda com a ocorrência local de carbonato. É evidente pelo menos um estágio de deformação, o responsável pela formação da foliação principal.

O conglomerado foi classificado como ortoconglomerado, sustentado pelo arcabouço, com matriz perfazendo 12% da rocha, com compactação mecânica pontual e/ou planar e com grau médio de seleção.

A matriz é arenosa de granulação fina, pouco porosa, com baixa porcentagem de cimento, e com grãos subarredondados a subangulosos, com pequena parcela de grãos arredondados, com grau de esfericidade que varia de baixo a médio. Sua composição principal é quartzo-feldspática e contendo menores proporções de clorita, muscovita, biotita, zircão e epidoto.

Os cristais de biotita e muscovita apresentam feições de deformação em parte dos grãos, sendo que estão bem formados, assim como a clorita. O zircão exhibe formas bipiramidais e alongadas. Os cristais de plagioclásio estão saussuritizados e os grãos de quartzo são monocristalinos.

Os fragmentos de rocha variam de 2 a 5 mm, de formato arredondado a bem arredondado e com médio a alto grau de esfericidade (Prancha 6.1.II B). A composição dos fragmentos é predominantemente vulcânica, quartzo-feldspática, com menor proporção de rocha sedimentar, siltito, e metassedimentar, filito, xisto e quartzito.

6.1.3. Formação Hope Bay

Da Formação Hope Bay foram selecionadas amostras de arcósio. Macroscopicamente o arcósio apresenta cor cinza, granulação média a grossa, estrutura maciça a finamente estratificada, com veios de quartzo que cortam a rocha e não apresentam feições de alteração. A rocha é formada por quartzo com proporções variando de 20 a 25%, feldspato potássico e plagioclásio de 20 a 30%, e muscovita entre 5 a 10%.

A rocha é de baixa porosidade, com pequenas proporções de cimento e sustentada pelo arcabouço. Esse tem composição quartzo-feldspática, com granulação fina a média, cristais subarredondados a subangulosos, com baixo grau de esfericidade e compactação

mecânica planar e/ou pontual. Os sedimentos são originalmente imaturos e possuem baixo grau de seleção.

O arcabouço tem porcentagens de quartzo monocristalino de 15 a 25% e quartzo policristalino de 5 a 8%, o plagioclásio varia de 20 a 25%, sendo em sua maioria albita e oligoclásio, e feldspato potássico ocorrendo em menores proporções, entre 10 a 15% é o ortoclásio, e os fragmentos líticos de 4 a 6% (Prancha 6.1.II C). Em menores quantidades são observados biotita, clorita, muscovita, epidoto, clinozoisita, titanita, zircão, apatita e carbonato.

Os cristais de quartzo monocristalino apresentam em quase metade dos grãos extinção ondulante e em proporção menor feições de recristalização de borda de grão. Para os cristais que não apresentam feições de recristalização é comum a feição de golfos de corrosão, indicando origem vulcânica. Os cristais de mica branca, clorita e biotita, apresentam dobras, quando localizados entre três grãos, isso indica que boa parte dos grãos é detrítica e que a deformação pode ser causada tanto por compactação durante a diagênese ou mesmo tectônica. A muscovita tem cristais bem formados, podendo ser diagenética. O zircão se apresenta em formato alongado, subeuédrico e bipiramidal, indicando origem ígnea, e alguns cristais arredondados – origem metamórfica.

O ortoclásio é o feldspato potássico predominante, com alteração para mica branca, e em menores proporções microclínio, com geminação em grade. Os cristais de plagioclásio estão saussuritizados, e em alguns casos com alteração carbonática. O carbonato ocorre substituindo os plagioclásios e também preenchendo espaços, como cimento.

Os fragmentos líticos são abundantes e na maioria são de rocha vulcânica, entre eles granófiro, lava esferulítica e quartzo com golfo de corrosão. Em menor proporção ocorrem os fragmentos líticos de rocha sedimentar, siltito, e líticos e rocha metassedimentar, filito e quartzito.

A ardósia apresenta cor cinza escura, granulação muito fina, estrutura foliada e, por vezes, ocorrem lâminas quartzo-carbonáticas intercaladas. Petrograficamente é rocha de granulação muito fina, composta de mica branca e quartzo detrítico, com pequenas quantidades de feldspato e carbonato. Apresenta foliação insipiente e são numerosos os veios de quartzo de granulação fina a média, com feições de recristalização de grão.

6.1.4. Formação Grauvaca-Folhelho

Da Formação Grauvaca-Folhelho foram analisadas amostras de arcósio. Petrograficamente, a rocha tem baixa porosidade, é sustentada pelo arcabouço e com

pequenas proporções de cimento. O arcabouço tem composição quartzo-feldspática, granulação de fina a grossa, cristais subarredondados a subangulosos, com baixo a médio grau de esfericidade e compactação mecânica planar e/ou pontual. Os sedimentos são imaturos e possuem baixo grau de seleção.

O arcabouço tem porcentagem alta de quartzo monocristalino, entre 5 e 35%, plagioclásio com porcentagem entre 8 e 20%, oligoclásio e andesina, o ortoclásio ocorre em porcentagens entre 5 a 15%, não sendo raros os grãos peritíticos, e em menores proporções ocorrem zircão, titanita, muscovita, epidoto, biotita, clorita, carbonato, estilpnomelano e fragmentos líticos (Prancha 6.1.II E).

Os cristais de quartzo monocristalino apresentam em pequena parte dos grãos extinção ondulante, e os cristais de biotita, estilpnomelano e muscovita também apresentam dobras quando localizados entre três grãos, indicando origem detrítica. Os cristais de clorita estão bem formados, bem como alguns cristais de muscovita indicando origem diagenética. Os grãos de zircão apresentam-se em formatos alongados, subeuédricos e bipiramidais, indicando serem de origem ígnea.

O ortoclásio é o feldspato potássico predominante, com alteração para mica branca, e em menores proporções são identificados grãos peritíticos e o microclínio. Os cristais de plagioclásio estão saussuritizados, com ou sem carbonato, o qual também ocorre como cimento. Cortando a rocha são observados veios de epidoto.

Os fragmentos líticos apresentam formatos arredondados e alongados, são na maioria de rocha sedimentar, siltito, e rocha metassedimentar, filito, quartzito e xisto. Em menores proporções são observados fragmentos líticos de rocha vulcânica félsica.

6.1.5. Formação Miers Bluff

Da Formação Miers Bluff foram analisadas amostras de arenito lítico e conglomerado.

O arenito lítico é rocha de baixa porosidade, sustentada pelo arcabouço e com cimento. O arcabouço é quartzo-feldspático, com granulometria média a grossa, grãos subarredondados a subangulosos, com baixo grau de esfericidade e compactação mecânica pontual e/ou planar (Prancha 6.1.III A). Os sedimentos são imaturos e com baixo grau de seleção.

O arcabouço tem porcentagem de quartzo monocristalino entre 15 e 30%, plagioclásio com porcentagem entre 5 e 12%, oligoclásio, o feldspato potássico com porcentagens entre 2 e 10% é representado por ortoclásio e microclínio, e em menores

proporções ocorrem muscovita, clorita, zircão, fragmentos líticos, biotita, granada e carbonato.

Os cristais de quartzo são monocristalinos, apresentando em raros grãos extinção ondulante, enquanto a muscovita e a biotita exibem dobras quando os grãos estão acomodados entre três grãos mais resistentes, evidenciando deformação devido à compactação. O zircão tem forma alongada com inclusões e bi-piramidais indicando origem ígnea.

Os cristais de plagioclásio estão saussuritizados, o ortoclásio e o microclínio apresentam alteração para mica branca e podem ser pertíticos. Os fragmentos líticos são predominantemente de rocha sedimentar, siltito, contendo também os metassedimentares, quartzito e filito, e vulcânicos – quartzo-feldspáticos. O carbonato ocorre como cimento.

O conglomerado é classificado como paraconglomerado, sustentado pelo arcabouço, com matriz perfazendo de 15 a 25% da rocha, com compactação mecânica pontual e/ou planar e com médio grau de seleção.

A matriz é arenosa de granulação média a grossa, com baixa porcentagem de cimento, pouco porosa e com grãos subangulosos a arredondados, com grau de esfericidade baixo e sua compactação é mecânica pontual e/ou planar. Sua composição principal é quartzo-feldspática, contendo menor proporção de clorita, muscovita, biotita, zircão, granada, epídoto e carbonato.

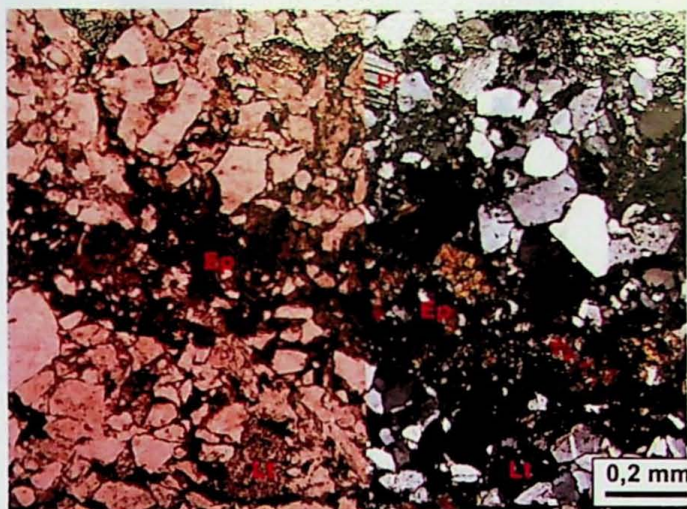
Os cristais de mica, biotita e muscovita, apresentam dobras e arqueamentos, quando em contato com grãos de maior resistência. A maior parte dos grãos está bem formada, assim como a clorita. O zircão exhibe formas bipiramidais e alongadas, indicando origem ígnea.

Os cristais de quartzo monocristalino são dominantes, sendo que pequena porcentagem apresenta extinção ondulante, sendo raros os grãos policristalinos, mas ocorrendo também cristais monocristalinos de formato hexagonal. O plagioclásio está saussuritizado, com composição de oligoclásio e em alguns grãos ocorre alteração carbonática. O feldspato potássico ocorre tanto como ortoclásio e microclínio.

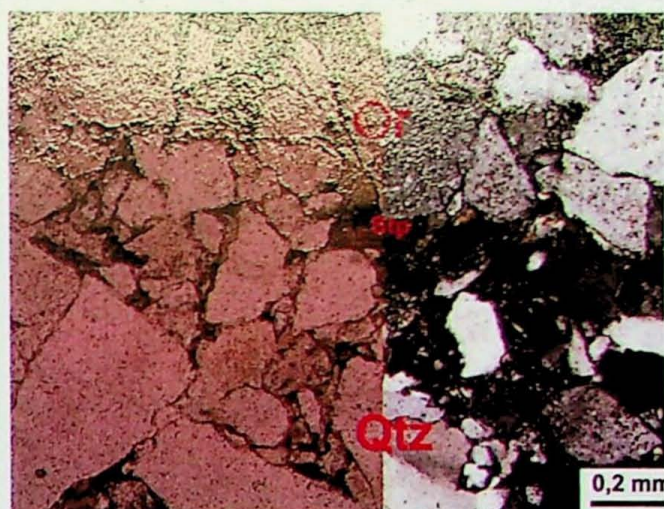
Os fragmentos de rocha variam de 2 a 7 mm, com formatos subarredondados, alongados e arredondados, e com médio a alto grau de esfericidade. Os fragmentos são de siltito, filito, xisto, quartzito, e de rocha vulcânica quartzo-feldspática (Prancha 6.1.III B).

Prancha 6.1.I – Arcóseos e conglomerados da Formação Legoupil

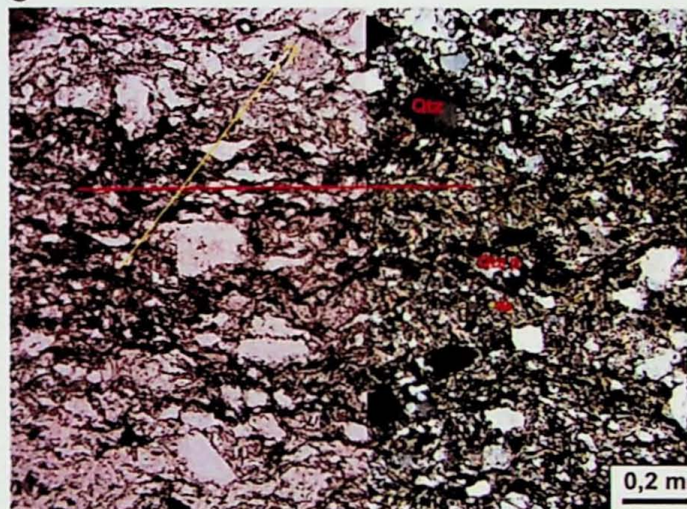
A



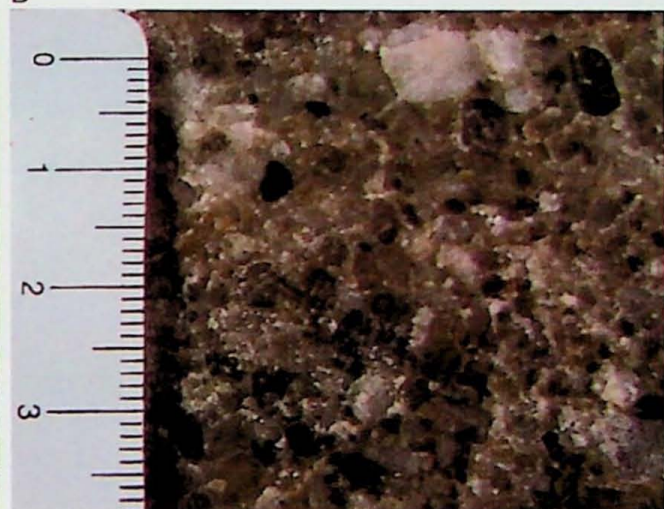
B



C



D

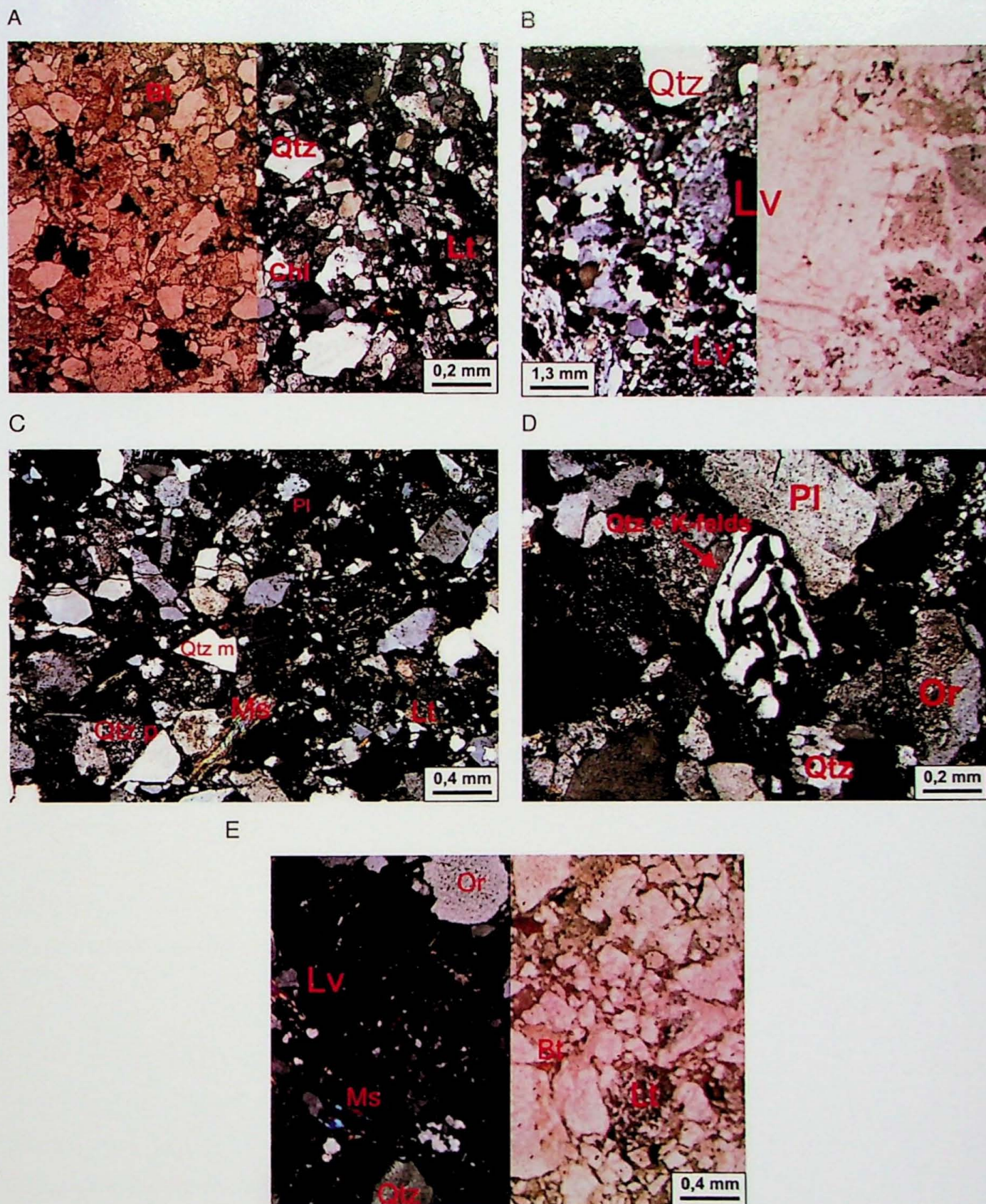


E



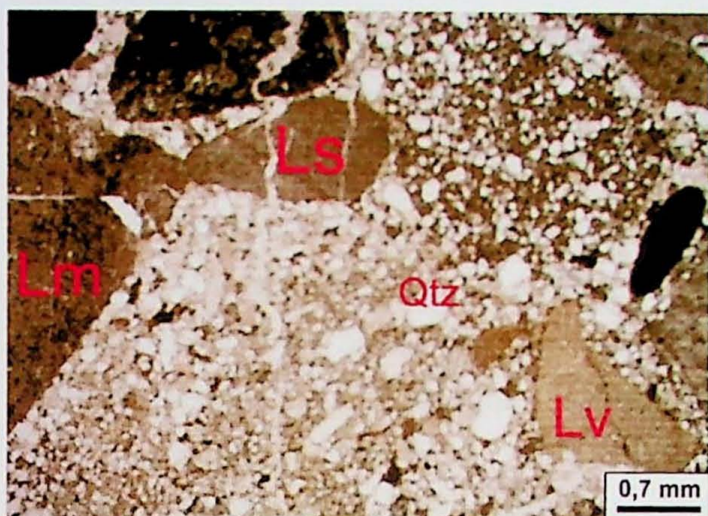
A. Lâmina PMI-6, epidoto (Ep) em veio, feldspato (Pl) e líticos (Lt). B. Deformação marcada pelo estilpnomelano dobrado (Stp) e quartzo (Qtz) com extinção ondulante, e ortoclásio (Or). C. Lâmina GA-2, rocha metamórfica com uma foliação principal evidente marcada pelos cristais de mica branca (Ms) e quartzo com extinção ondulante (Qtz) e com feições sedimentares (quartzo policristalino – Qtzp). D. Ortoconglomerado amostra GA-16 E. Paraconglomerado com clastos de mais de 1cm alongados e alinhados evidenciando alguma deformação posterior (amostra GA-X-1)..

Prancha 6.1.II – Fotomicrografia da formações View Point, Hope e Grauvaca-Folhelho

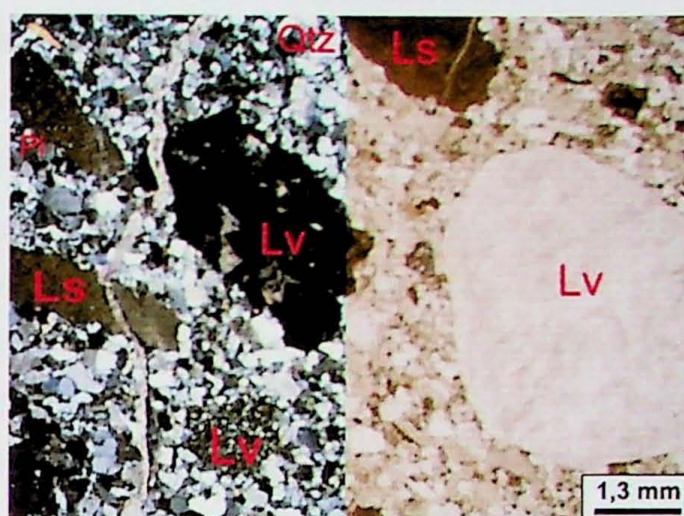


A. Formação View Point –KOP-41 - cristais de quartzo (Qtz), biotita (Bt) e clorita (Chl) deformados e presença de lítico. B. Formação View Point – DJ-1336-A – fragmentos líticos vulcânicos e a predominância de quartzo na matriz. C. Formação Hope Bay –HB-2-9 – cristais de quartzo monocristalino (Qtz m) e policristalino (Qtz p), deformação na muscovita (Ms), presença de líticos (Lt) e feldspatos (Pl). D. Arcócio da Formação Hope Bay com presença de textura gráfica como lítico (Qtzo + K-felds), feldspatos (Pl e Or) e quartzo com feição de deformação (Qtz). E. Arcócio da Formação Grauvaca Folhelho com presença de quartzo (Qtz), feldspato (Or), líticos (Lt e Lv) e micas, biotita (Bt) e muscovita (Ms).

A



B



A. Lâmina L-2-2 - Arenito lítico da Formação Miers Bluff com fragmentos líticos: sedimentar (Ls), metassedimentar (Lm) e vulcânico (Lv). **B. Conglomerado** – lâmina LV-RS-39 -, evidenciando os líticos (Ls – sedimentar, Lv – vulcânico) e a matriz com quartzo (Qtz) e feldspato (Pl).

6.2. Análise petrográfica da associação de minerais pesados

Uma das ferramentas utilizadas para o estudo de proveniência das rochas sedimentares é a análise de minerais pesados, a qual foi empregada. De todas as amostras descritas petrograficamente, foram selecionadas 18 amostras para caracterização do conteúdo de minerais pesados. A seleção foi feita de modo a abranger todas as unidades consideradas como parte do Grupo Península Trinity ou como suas correlatas.

6.2.1. Grupo Península Trinity

Após a análise do conteúdo de minerais pesados das formações do Grupo Península Trinity, percebe-se que não existem diferenças significativas entre elas. Assim, as associações de minerais pesados são descritas e caracterizadas a seguir, como um todo, sendo que as diferenças, quando ocorrem, são destacadas. Deve-se ainda ser destacado que as conclusões e as comparações sobre a Formação View Point devem ser tomadas com cuidado, pois apenas uma amostra da mesma foi analisada, não apresentando representação estatística.

A associação de minerais pesados é constituída por zircão, epídoto, titanita e hornblenda, e em menor quantidade apatita, granada, rutilo, ilmenita e minerais opacos (Prancha 6.1.IV A e Prancha 6.1.IV-1), e ainda são observados filossilicatos, clorita e biotita. O epídoto ocorre em forma de veio, não faz parte, então, da associação de minerais detríticos pesados, pois é posterior à sedimentação e formação da rocha. Desta forma, o epídoto não foi levado em conta na análise de porcentagem dos minerais pesados

O zircão é comum em todas as amostras com média de 40% na Formação Legoupil, 41% na Formação View Point e 38% na Formação Hope Bay. Os grãos de zircão são caracterizados pelo altíssimo relevo, são incolores, apresentam birrefringência alta com cores de interferência de segunda ordem, extinção reta e por ser uniaxial positivo. A maior parte dos grãos é bipiramidal, alongado, com inclusões; grãos com formato arredondado com faces hexagonais, tipicamente metamórficos perfazem pequena quantidade dos grãos observados.

A titanita foi identificada em todas as amostras com média de 30% na Formação Legoupil, 22% na Formação View Point e 15% na Formação Hope Bay. Os grãos de titanita são caracterizados pela cor bege ou rosa, raramente incolor, alto relevo, cores de birrefringência altíssimas podendo ser anômalas e com extinção ausente. Os grãos ocorrem em forma alongado e piramidal.

A hornblenda ocorre perfazendo 12% na Formação Legoupil, 10% na Formação View Point e 14% na Formação Hope Bay. Suas características diagnósticas são o relevo médio a alto, cor verde a verde a marrom-pardo, com pleocroísmo, presença de clivagem e birrefringência moderada com cores de interferência de até segunda ordem. Os grãos ocorrem alongados ou até arredondados, aparecendo por vezes prismáticos, euédricos ou subeuédricos.

A apatita ocorre em porcentagens similares às da hornblenda, 10% na Formação Legoupil, 13% na Formação View Point e 16% na Formação Hope Bay. Os grãos de apatita são incolores, com alongação negativa, relevo médio, birrefringência fraca e extinção reta. Os grãos ocorrem como prismas ou arredondados.

A granada ocorre em porcentagens baixas nas amostras, sendo 8% na Formação Legoupil, 9% na Formação View Point e 6% na Formação Hope Bay. Os grãos de granada são caracterizados pelo relevo alto, por ser incolor ou verde e isotrópica. O formato dos grãos é arredondado ou irregular.

O rutilo é escasso, atingindo porcentagens de 2% nas formações Legoupil e View Point e 1% na Formação Hope Bay. Apresenta relevo altíssimo, de cor marrom

avermelhada, com birrefringência altíssima não alterando a cor quando com polarizadores cruzados.

A ilmenita ocorre somente na Formação Hope Bay com os grãos leucocinizados e em porcentagem <1%.

Os minerais opacos não foram identificados e apresentavam ocorrência média de 13% na Formação Legoupil, 10% na Formação View Point e 22% na Formação Hope Bay. A porcentagem alta na Formação Hope Bay ocorre pela grande quantidade de óxidos de ferro. Os grãos ocorrem em forma arredondada e irregular, sendo algumas vezes retangulares.

6.2.2. Formação Grauvaca-Folhelho

A associação de minerais pesados da Formação Grauvaca-Folhelho é constituída por zircão, epídoto, apatita, titanita, rutilo e minerais opacos. Ocorrem ainda os minerais filossilicatos, clorita e biotita (Prancha 6.1.IV B e Prancha 6.1.IV-1).

O zircão ocorre com média de 35%, com forma alongada, arredondada e bipiramidal, podendo ocorrer inclusões.

A apatita perfaz cerca de 12% da associação de minerais pesados, com grãos prismáticos alongados e, às vezes, arredondados.

A titanita apresenta cristais em formato alongado e piramidal, perfazendo 30% dos minerais pesados. E o rutilo ocorre em quantidades moderadas, atingindo 2%.

Os minerais opacos não foram identificados e ocorrem em pequenas porcentagens, cerca de 5%. Os grãos ocorrem em forma arredondada e irregular.

6.2.3. Formação Miers Bluff

A associação de minerais pesados da Formação Miers Bluff é constituída por zircão, epídoto, hornblenda, apatita, granada, rutilo e minerais opacos, com pequenas quantidades de clorita e biotita (Prancha 6.1.IV C e Prancha 6.1.IV-1).

O zircão ocorre com média de 42%, com grãos prismáticos e alongados, com terminações bipiramidais, alongados e arredondados.

A apatita perfaz cerca de 18% da associação de pesados, com grãos como prismas alongados.

A hornblenda perfaz 8% da associação de minerais pesados, e os grãos ocorrem alongados ou arredondados, sendo por vezes euédricos ou subeuédricos.

A granada ocorre em porcentagens mais baixas, por volta de 7%. O formato dos grãos é arredondado ou irregular. E o rutilo ocorre em baixas porcentagens, atingindo 3%.

Os minerais opacos não foram identificados e ocorrem com porcentagens de 10%. Os grãos ocorrem em formatos arredondados e irregulares em sua maioria.

6.3. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As análises com MEV foram realizadas em 4 amostras, duas do Grupo Península Trinity, uma da Formação Grauvaca-Folhelho e uma da Formação Miers Bluff. O propósito da realização era observar possíveis feições de sobrecrecimento nos grãos para a identificação de metamorfismo posterior a diagênese. Tais feições não foram observadas, mesmo assim foram feitas análises com EDS para saber a composição de alguns grãos, e foram geradas algumas imagens (Prancha 6.1.V).

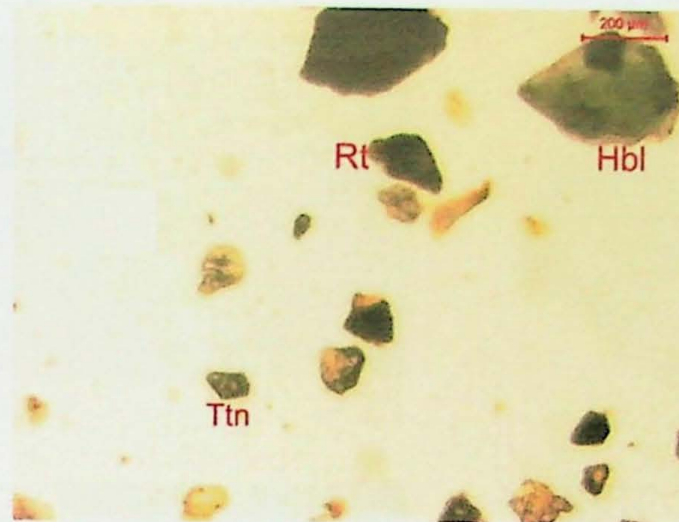
Nas amostras do Grupo Península Trinity (PMI-3 e ID-1-B) foram identificados o plagioclásio de composição albitica, biotita, titanita, epidoto (Prancha 6.1.V A), clorita, ortoclásio, e ilmenita-magnetita.

Na análise realizada na amostra L-2-2, Formação Grauvaca-Folhelho, foram identificados epidoto, titanita, plagioclásio e granada. A composição da granada da granada apresenta Fe, Mg, Mn e Ca, no entanto um dos grãos é possivelmente andradita, com variações de ferro e alumínio no grão (Prancha 6.1.V B).

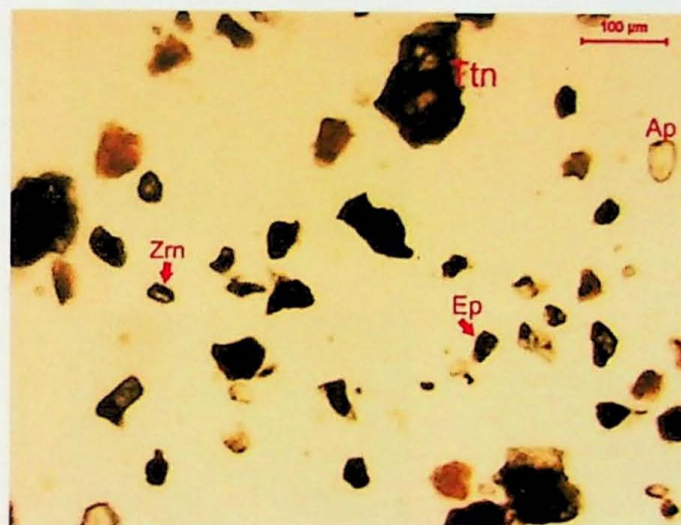
Na Formação Miers Bluff – lâmina LV-RC-4 – foram identificados titanita, granada (Prancha 6.1.V C e D), rutilo, andesina, clorita, feldspato potássico e minerais não detríticos, como pirita e calcita (Prancha 6.1.V D).

Prancha 6.1. IV – Lâminas de montagem de grãos de minerais pesados

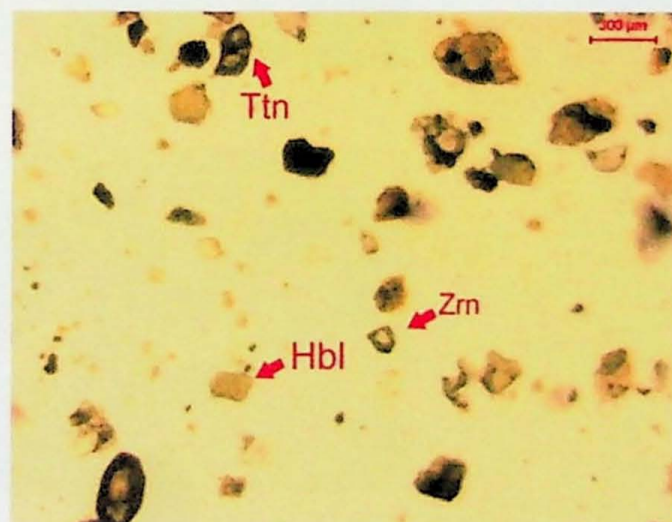
A



B



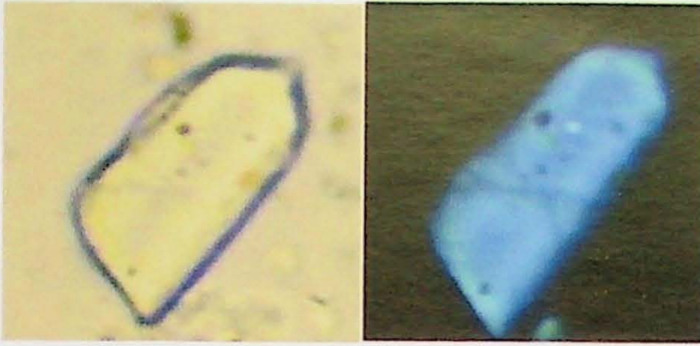
C



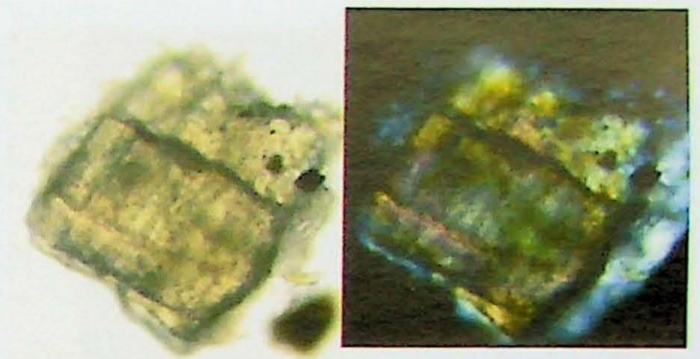
A. Lâmina de minerais pesados da Formação Legoupil, representativa do Grupo Península Trinity, com titanita (Ttn), hornblenda (Hbl) e rutilo (Rt) em evidência. B. Associação de minerais pesados da Formação Grauvaca Folhelho com grãos de zircão (Zrn), epidoto (Ep) e apatita (Ap) em evidência. C. Lâmina de minerais pesados da Formação Miers Bluff evidenciando minerais como a hornblenda (Hbl), zircão (Zrn) e titanita (Ttn).

Prancha 6.1.IV – 1 – Principais minerais encontrados na associação de pesados

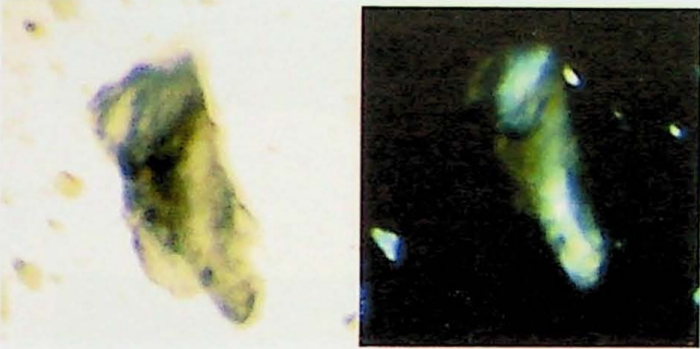
1



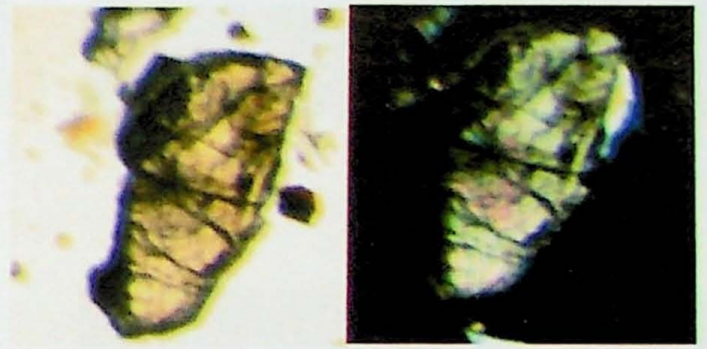
2



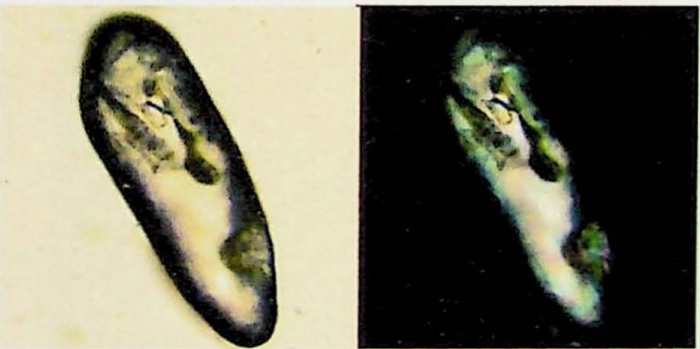
3



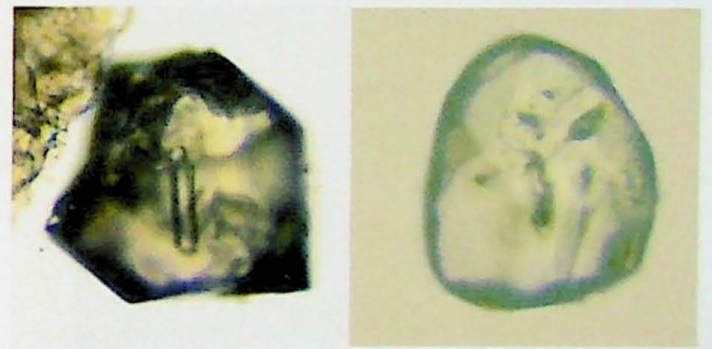
4



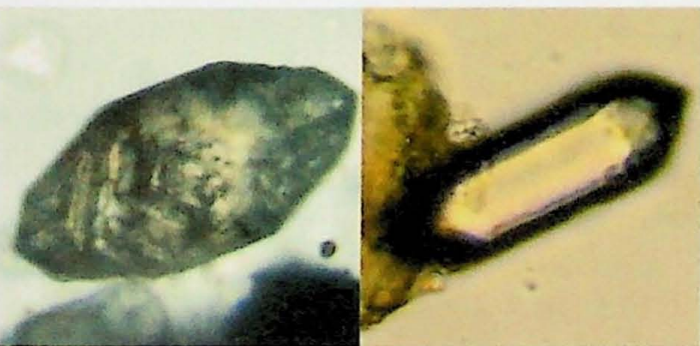
5



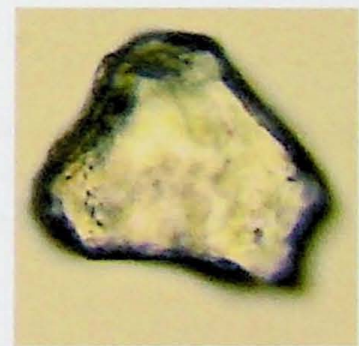
6



7



8



1. Apatita 2. Epídoto 3. Hornblenda 4. Titanita 5. Zircão alongado 6. Zircão com inclusão e Zircão com faces hexagonais 7. Zircão bipyramidal 8. Granada

Prancha 6.1.V – Imagens geradas pelo MEV

A



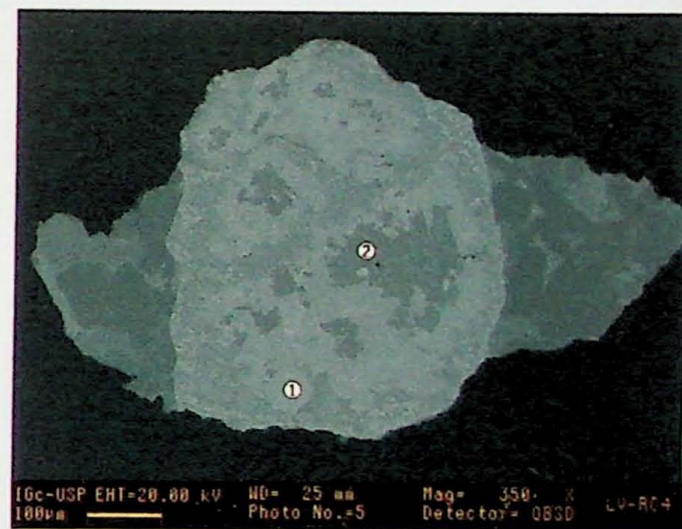
B



C



D



A. Grão de epidoto, lâmina ID-1-B, com os dois pontos de análise quantitativa realizados B. Grão de granada, lâmina L-2-2, com os pontos de EDS marcados, que geraram dados com variação de Fe e Al. C. Grão de granada, lâmina LV-RC-4. D. Fragmento de rocha, lâmina LV-RC-4, com composição básica de titanita, e com os pontos de EDS com composição 1-granada e 2-calcita.

7. Discussões

7.1. Classificação dos arenitos

Para os arenitos foram utilizados os gráficos de classificação petrológica de Folk (1980), os quais classificam a rocha com base nas porcentagens recalculadas de quartzo total, quartzo monocristalino e policristalino, feldspato total, plagioclásio e feldspato potássico, e fragmentos líticos totais.

No gráfico composicional de Folk (1980), as rochas das formações do Grupo Península Trinity são classificadas como arcóseo, com alta porcentagem de quartzo e feldspato e baixa porcentagem de fragmentos líticos (Figuras 4 A, B e C). Para a Formação View Point uma das amostras foi classificada como subarcóseo.

As amostras da Formação Miers Bluff ocupam o campo de arcóseo no gráfico composicional de Folk (1980), apresentando classificação, similar às do Grupo Península Trinity, sendo que uma das amostras é classificada como arcóseo lítico, pela maior porcentagem de fragmentos líticos em sua composição (Figura 5 A).

As rochas da Formação Grauvaca-Folhelho apresentam classificação composicional também semelhante às outras formações, sendo então arcóseos (Figura 5 B).

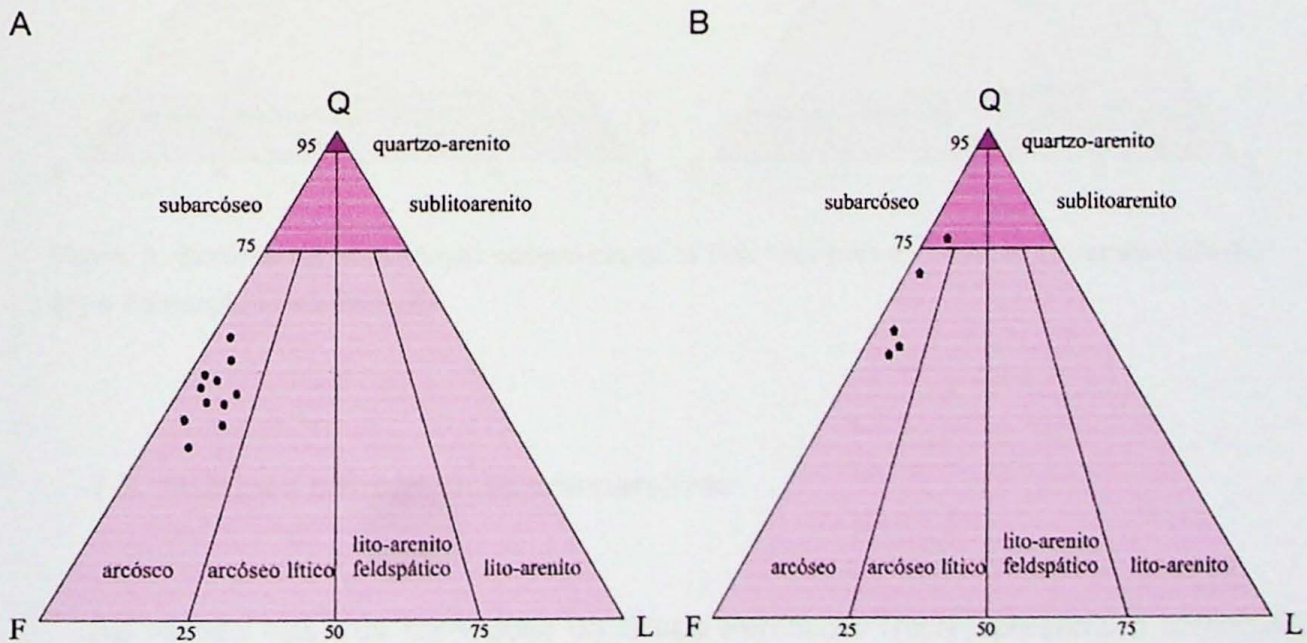


Figura 4 A e B. Gráficos de classificação composicional de Folk 1980 para a Formação Legoupil (A) e Formação View Point (B).

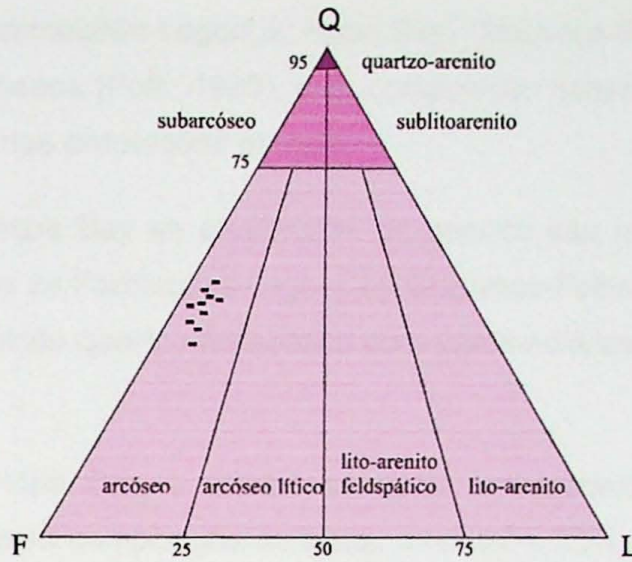


Figura 4 C. Gráfico de classificação composicional de Folk 1980 para a Formação Hope Bay.

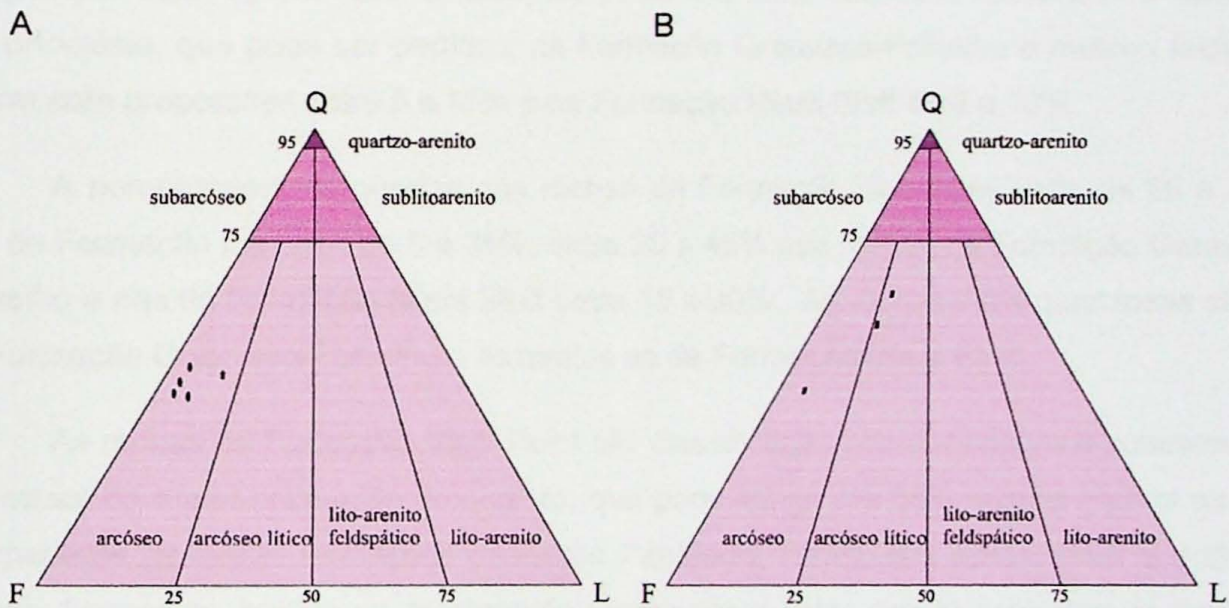


Figura 5. Gráficos de classificação composicional de Folk 1980 para a Formação Guavaca-Folhelho (A) e Formação Miers Bluff (B).

7.2. Análises petrográficas comparativas

As rochas das três formações do Grupo Península Trinity apresentam composição mineralógica e lítica semelhante, sendo que o mesmo acontece com as unidades correlatas, Formação Guavaca-Folhelho e Formação Miers Bluff, embora as proporções modais sejam diferentes.

As rochas das formações Legoupil, Hope Bay, Grauvaca-Folhelho e Miers Bluff são classificadas como arcóseos (Folk, 1980), com composição mineralógica rica em quartzo e feldspato, mas diferem nas proporções modais.

Na Formação Hope Bay as proporções de quartzo são menores e a de feldspato maiores, se comparadas às Formações Legoupil e Grauvaca-Folhelho. Já a Formação Miers Bluff apresenta composição quartzo-feldspática com intermediárias se comparada às outras formações.

Na Formação Hope Bay, o ortoclásio ocorre em porcentagens entre 10 e 15%, enquanto plagioclásio, com composição de albita, entre 20 e 25%, já na Formação Legoupil o ortoclásio tem baixa porcentagem, <5%, e a albita ocorre com proporções entre 20 e 28%. Nas formações Grauvaca-Folhelho, com porcentagens de 8 a 20%, o plagioclásio ocorre com composição mais comum de oligoclásio, e na Miers Bluff o plagioclásio de mesma composição varia de 5 a 12%. O feldspato potássico mais freqüente nessa última formação é o ortoclásio, que pode ser pertítico; na Formação Grauvaca-Folhelho o mesmo feldspato ocorre com proporções entre 5 e 15% e na Formação Miers Bluff de 2 a 10%.

A porcentagem de quartzo nas rochas da Formação Hope Bay varia de 20 a 28%, nas da Formação Legoupil de 5 a 35%, entre 25 a 45% nas rochas da Formação Grauvaca-Folhelho e nas da Formação Miers Bluff entre 15 a 30%. As rochas mais quartzosas são as da Formação Grauvaca-Folhelho e as menos as da Formação Miers Bluff.

As rochas da Formação View Point são classificadas como arcóseos e subarcóseos, por causa da maior proporção de quartzo, que pode atingir até 55% nessas rochas quando comparadas às outras formações do Grupo Península Trinity, que apresentam quantidade menor. Apesar de feições de deformação serem observadas nos filossilicatos de todas as formações, os cristais desses minerais na Formação View Point são os mais arqueados e dobrados.

O sumário das principais características petrográficas das rochas do Grupo Península Trinity e unidades correlatas é apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Principais características petrográficas do Grupo Trinity Península e unidades correlatas.

	Fm. Legoupil	Fm. View Point	Fm. Hope Bay	Fm. Grauvaca-Folhelho	Fm. Miers Bluff
Quartzo monocristalino	20 a 25%	25 a 35%	15 a 20%	20 a 30%	10 a 25%
Quartzo policristalino	5 a 10%	15 a 20%	5 a 8%	5 a 15%	5 a 20%
Plagioclásio	20 a 28%	5 a 15%	20 a 25%	8 a 20%	5 a 12%
	albita	albita/ oligoclásio	albita/ oligoclásio	oligoclásio/ andesina	oligoclásio
Feldspato potássico	5%	<5%	10 a 15%	5 a 12%	2 a 10%
	ortoclásio/ microclínio	ortoclásio/ pertita	ortoclásio	ortoclásio/ pertita	ortoclásio/ pertita/ microclínio
Fragmentos Líticos	3 a 5%	<3%	4 a 6%	4 a 9%	5 a 25%
	vulcânico/ sedimentar	sedimentar	vulcânico/ sedimentar	vulcânico/ sedimentar/ metamórfico	vulcânico/ sedimentar/ metamórfico
Minerais acessórios	clorita, muscovita, biotita, epídoto, titanita, zircão, apatita, carbonato	clorita, muscovita, biotita, epídoto, titanita, zircão, apatita, carbonato, zoisita, estilpnomelino	clorita, muscovita, biotita, epídoto, titanita, zircão, apatita, carbonato	clorita, muscovita, biotita, epídoto, titanita, zircão, apatita, carbonato, estilpnomelino	clorita, muscovita, biotita, granada, zircão, carbonato

7.3. Análise de proveniência a partir da associação de minerais pesados

A análise de minerais pesados é técnica altamente empregada em estudos estratigráficos e na determinação da proveniência de areias e arenitos. Estes minerais formam paragêneses que fornecem dados importantes sobre tipos de rocha-fonte. A associação de minerais pesados presentes nas rochas depende de vários fatores entre eles do tipo de rocha fonte, do relevo, clima, transporte e da ação de processos intempéricos e diagenéticos. Devido a esses fatores que atuam durante o ciclo sedimentar, as associações sofrem modificações composicionais que dificultam as interpretações da proveniência. Para minimizar o efeito destes processos são estudadas variedades de minerais específicos, como, por exemplo, rutilo e zircão, que exibem propriedades ópticas, as quais, qualitativamente, servem como indicador petrológico (Mange & Maurer, 1992).

Os minerais pesados são classificados segundo Pettijohn *et al.* (1957) pela sua estabilidade química e física durante os processos intempéricos e diagenéticos como ultraestáveis, estáveis, moderadamente estáveis, instáveis e muito instáveis. A associação de minerais pesados do Grupo Península Trinity, Formação Grauvaca-Folhelho e Formação Miers Bluff, contém minerais ultraestáveis (zircão e rutilo), estáveis (granada), moderadamente estáveis (titanita e granada) e instáveis (hornblenda).

No Grupo Península Trinity os minerais observados nos arcóseos e subarcóseos, nas lâminas de rocha, têm formato subanguloso a subarredondado, e nas lâminas de grãos o zircão, a granada, a titanita e a hornblenda apresentam formato euédrico. Grãos de zircão arredondados estão também presentes, mas de forma minoritária. O pouco retrabalhamento indicado pelo formato dos grãos juntamente com a estabilidade desses minerais, que varia de ultraestável a instável, indica que a área fonte desses sedimentos está próxima da bacia.

As características minerais da Formação Miers Bluff também indicam que a área fonte dos sedimentos está próxima da bacia. Indicativos dessa proximidade são os cristais com formato subanguloso a subarredondado nos arcóseos em lâmina de rocha, os minerais pesados quimicamente estáveis com formato euédrico, zircão e rutilo, e moderadamente estável, titanita, contendo também na associação os minerais instáveis, hornblenda.

A associação de minerais pesados da Formação Grauvaca-Folhelho não apresenta características conclusivas sobre a distância da área fonte.

A associação de minerais pesados, composição mineralógica das rochas e composição dos fragmentos líticos no Grupo Península Trinity, Formação Grauvaca-Folhelho e Formação Miers Bluff, sugerem proveniência ígnea e metamórfica.

A proveniência ígnea é, em parte, inferida pela presença de zircão e apatita, que são minerais comuns a esse tipo de rochas. Na associação de pesados ocorre granada que pode sugerir proveniência ígnea, mas como a granada é mais comumente encontrada em rochas metamórficas, foi considerada para tal proveniência. Os cristais de zircão ocorrem em formatos bipiramidais e alongados, evidenciando não terem sofrido processos de metamorfismo. A apatita também apresenta cristais bem formados, alongados.

A composição quartzo-feldspática dos arcóseos, subarcóseos e matriz dos conglomerados também indica origem ígnea, pois esses são minerais comuns em rochas vulcânicas e plutônicas, o que é corroborado pelos fragmentos vulcânicos e plutônicos.

A associação de minerais que sugere a proveniência metamórfica é: granada, hornblenda e titanita. O zircão quando com formatos arredondados e faces hexagonais também indica origem metamórfica. Esses minerais indicam esta origem, pois são facilmente desenvolvidos durante o metamorfismo. Os fragmentos líticos de filitos, xistos e quartzitos também contribuem para a proveniência de fonte com rochas metamórficas.

A presença dos fragmentos líticos sedimentares pode ser proveniente da cobertura sedimentar da fonte ígnea e/ou metamórfica.

A disposição dos blocos continentais atuais dentro do Gondwana, entre o Carbonífero e o Jurássico, sugere como possíveis áreas fontes parte da América do Sul, a própria Península Antártica, Austrália, Índia e África. A geologia das possíveis áreas fontes nos remete à Patagônia, na América do Sul, e à Península Antártica, pois ambas apresentam rochas ígneas e metamórficas e estavam geograficamente em regiões apropriadas.

No norte da Patagônia ocorrem rochas graníticas do tipo I e S, granitóides, quartzitos, milonitos, xistos metapelíticos, gnaisses e cobertura sedimentar (Pankhurst *et al.* 2006). O sul da Península Antártica é dominado por rochas metamórficas e plutônicas de idade paleozóicas, e a Leste, nas ilhas do Mar de Weddell, ocorrem rochas sedimentares, com intercalações vulcânicas (Smellie, 1981). Assim, são essas as áreas inferidas como fonte.

7.4. Ambiente tectônico

Ao redor da Península Antártica são observados arquipélagos e ilhas Isoladas. Nos arquipélagos a oeste da península afloram rochas vulcânicas, rochas metamórficas e rochas metassedimentares em condições metamórficas a anquimetamórficas (Trouw *et al.*, 1997). Na Península Antártica ocorrem turbiditos com baixo metamorfismo, sub-xisto verde, pequena quantidade de rochas vulcânicas e plútons que cortam os turbiditos, sendo que para o sul, o volume de rochas vulcânicas e plutônicas aumenta. Para leste da península ocorrem rochas sedimentares e vulcânicas, tendo como fonte os turbiditos do Grupo Trinity Península (Willan, 2003).

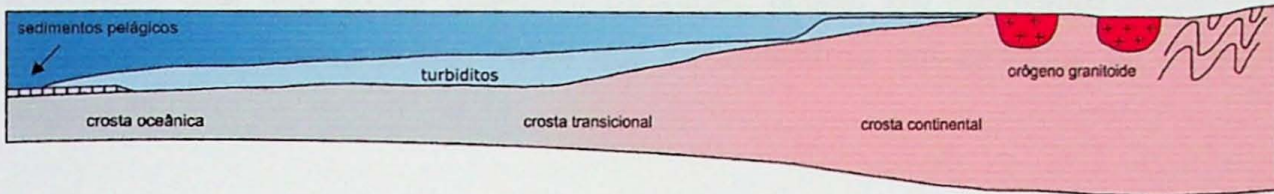
A sucessão litológica e estrutural preservada, de oeste para leste, indica a presença de sistema fossa-arco de ilha que ocorreu na costa pacífica do Gondwana no Jurássico, após a Orogênese Gondwânica, sendo que o sistema foi inativado pela quebra do Gondwana (De Wit, 1977; Smellie, 1981; Storey *et al.*, 1992). Assim, o principal esquema de configuração tectônica discutida e apresentada por diversos autores é similar e está representada na figura 6.

Com os dados da análise petrográfica das rochas do Grupo Península Trinity, Formação Grauvaca-Folhelho e Formação Miers Bluff é possível utilizar o diagrama de proveniência tectônica de Dickinson (1985), para inferir o ambiente tectônico da área fonte. Para isso foi utilizada a técnica de contagem Gazzi-Dickinson, com qual são contados separadamente os grãos de quartzo, feldspato e fragmentos líticos com granulometria maior que silte. Assim, feita a contagem discriminada de Gazzi-Dickinson os arcósios e subarcósios das formações são colocados no gráfico (Figura 7).

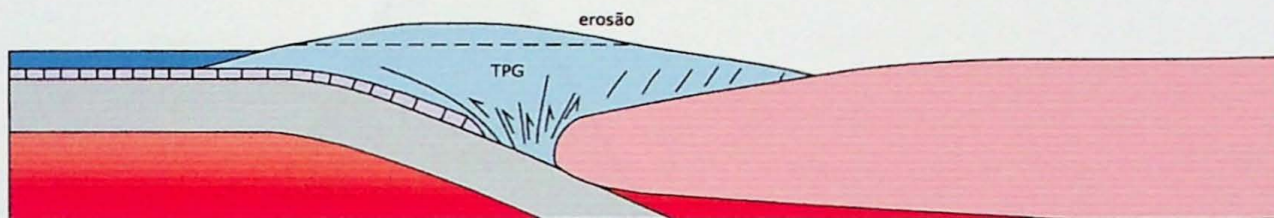
Para as rochas do Grupo Península Trinity, todas as amostras das formações Hope Bay e Legoupil estão no campo de embasamento soerguido, por representarem areias quartzo-feldspáticas, pobres em fragmentos líticos e quartzo policristalino, similar à área fonte que se encontram em ambiente de ruptura, segundo a classificação de Dickinson (1985). A amostra de View Point ocupa o campo de cráton, pois são areias quartzosas com altas razões de quartzo monocristalino/quartzo policristalino e feldspato potássico/plagioclásio, que se encontrava em ambiente intracontinental ou de plataforma passiva (Figura 7).

Evolução Geotectônica relacionada ao Grupo Trinity Península

Turbiditos deposicionais do Grupo Trinity Península (TPG)



Subducção, deformação dos sedimentos TPG



Sistema de subducção

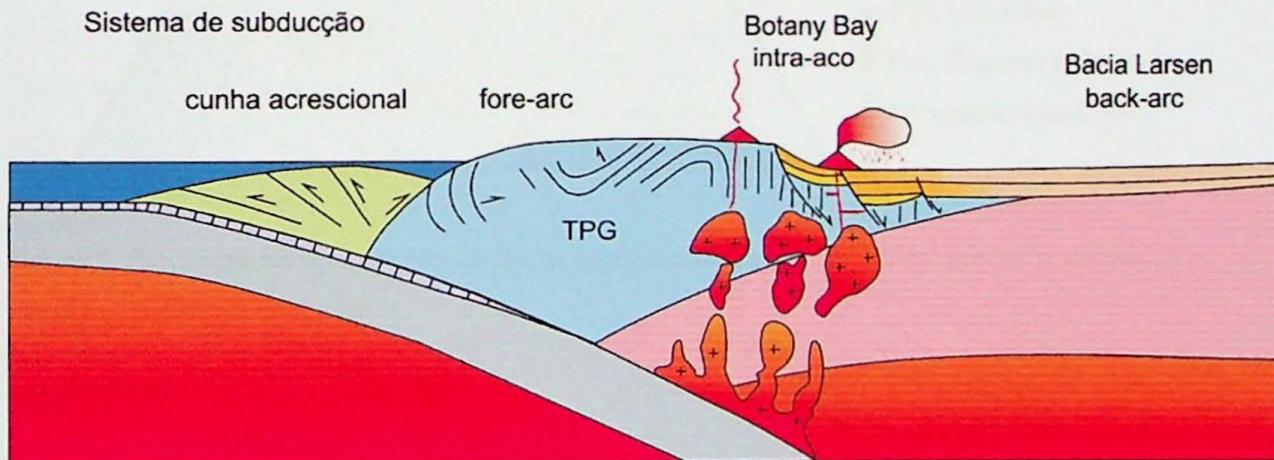


Figura 6. Provável evolução geotectônica relacionada ao Grupo Trinity Península, que mostra os turbiditos de margem continental na costa Gondwânica, que servirá de embasamento do sistema de arco magmático. Extraído e modificado de Antônio, 2009.

As amostras da Formação Grauvaca-Folhelho ocupam, em parte o campo de reciclagem de orógenos, pois são areias quartzo-líticas, ricas em fragmentos líticos sedimentares e metassedimentares, pobres em feldspatos e líticos vulcânicos, similares à área fonte que se encontrava em cinturão orogênico ou complexo de subducção (Figura 7).

As amostras da Formação Miers Bluff são plotadas no campo de embasamento soerguido, que são areias quartzo-feldspáticas, pobres em fragmentos líticos e quartzo policristalino, similares à área fonte que se encontrava em ambiente de rift ou ruptura (Figura 7).

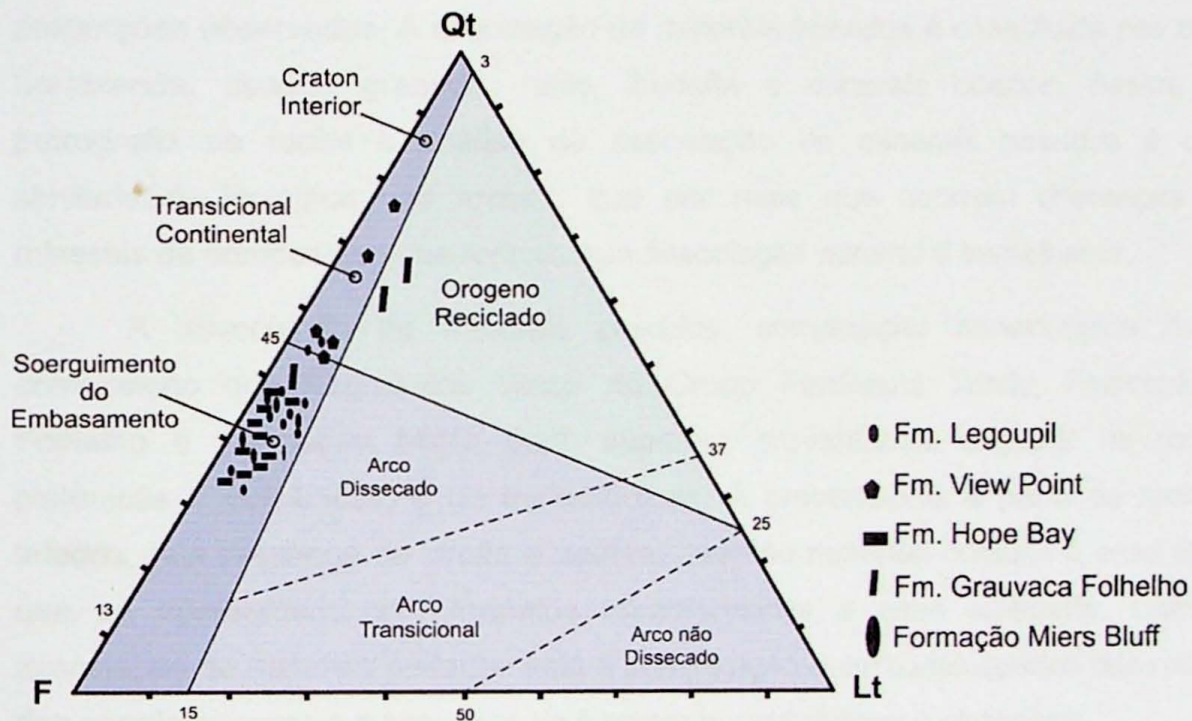


Figura 7. Diagrama de tipos de proveniência tectônica de Dickinson (1985), com as amostras de todas as formações plotadas.

8. Conclusões

As análises petrográficas realizadas nas amostras do Grupo Península Trinity – Formação Legoupil, Formação View Point e Formação Hope Bay – Formação Grauvaca-Folhelho e Formação Miers Bluff geraram resultados em acordo com o que existe previamente descrito na literatura.

As rochas das formações Legoupil, Hope Bay, Grauvaca-Folhelho e Miers Bluff são classificadas como arcóseos, baseado na classificação de Folk (1980), com composição mineralógica rica em quartzo e feldspato. As rochas da Formação View Point são classificadas como arcóseos e subarcóseos, evidenciando a maior proporção de quartzo se comparadas às outras formações do Grupo Península Trinity. Uma diferença marcante é a proporção de fragmentos líticos que nesta formação chega a 10%, quase o dobro do encontrado nas outras.

A partir da análise do conteúdo de minerais pesados das formações do Grupo Península Trinity e unidades correlacionadas foi constatada certa homogeneidade em suas associações de minerais pesados, ocorrendo pequenas diferenças nas associações e nas proporções observadas. A associação de minerais pesados é constituída por zircão, titanita, hornblenda, apatita, granada, rutilo, ilmenita e minerais opacos. Assim, a partir da petrografia de rocha e análise da associação de minerais pesados é constatada a similaridade litológica das rochas, que por mais que ocorram diferenças modais dos minerais da composição das rochas, sua associação mineral é semelhante.

A associação de minerais pesados, composição mineralógica das rochas e composição dos fragmentos líticos no Grupo Península Trinity, Formação Grauvaca-Folhelho e Formação Miers Bluff, sugerem proveniência a partir de rochas ígneas, plutônicas e vulcânicas, e de metamórficas. A proveniência a partir de rochas ígneas é inferida pela presença de zircão e apatita, que são minerais comuns a esse tipo de rochas que se apresentam com formatos característicos a esse ambiente. Complementar a associação de minerais pesados está a composição quartzo-feldspática das rochas, a matriz dos conglomerados e a presença de fragmentos vulcânicos e plutônicos.

A presença de granada, hornblenda e titanita sugere a fonte de rochas metamórficas, apesar de poderem ser observados em rochas ígneas, seu desenvolvimento durante o metamorfismo é mais comum. Os fragmentos líticos de filito, xisto e quartzito observados nas rochas também contribuem para a proveniência com participação de rochas metamórficas.

A partir do tipo de área fonte determinada é possível sugerir que tanto as rochas que constituem a Península Antártica e a Patagônia, na América do Sul, sejam as regiões erodidas para formar essas rochas. A suas posições dentro da costa pacífica do Gondwana e sua geologia favorecem a hipótese. No norte da Patagônia ocorrem rochas graníticas e metamórficas com cobertura sedimentar (Pankhurst *et al.* 2006) e o sul da Península Antártica é dominado por rochas metamórficas e plutônicas (Smellie, 1981).

A partir diagrama de proveniência tectônica de Dickinson (1985), foi inferido o ambiente tectônico das áreas fontes das rochas do Grupo Península Trinity e unidades correlacionadas. Foi inferido um ambiente tectônico principal e dois secundários a partir da análise modal das rochas do Grupo Península Trinity, Formação Grauvaca Folhelho e Formação Miers Bluff.

O ambiente tectônico principal sugerido é o de embasamento soerguido, similares à área fonte que se encontrava em ambiente de ruptura. As formações Legoupil e Hope Bay – Grupo Península Trinity -, e Miers Bluff são assim classificadas. A similaridade com a área fonte é evidenciada pela alta proporção quartzo-feldspática e baixa proporção de líticos encontrada nas rochas.

As amostras da Formação View Point – Grupo Península Trinity – sugerem, a partir de Dickinson (1985), o ambiente tectônico de cráton, com área fonte em ambiente intracontinental ou de plataforma passiva. As amostras da Formação Grauvaca-Folhelho sugerem o campo de reciclagem de orógenos com área fonte em cinturão orogênico.

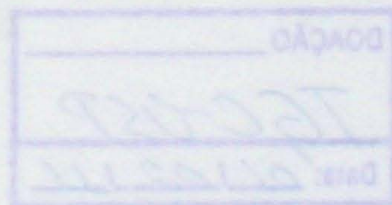
Os dados inferidos para ambiente tectônico corroboram com o anteriormente descrito na bibliografia, pois as rochas do Grupo Península Trinity e unidades correlacionadas seriam formadas pela erosão de rochas de margem continental estável e de antigos arcos de ilha (Willan, 2003 e Bradshaw *et al.* inédito).

9. Referências Bibliográficas

- Adie, R.J. 1957. The Petrology of Graham Land: III. Metamorphic Rocks of the Trinity Peninsula Series. *Scientific Report Falklands Island. Depend. Survey*, 20, 26 pp.
- Andreis, R.R., Ribeiro, A. & Trouw, R.A.J. 1997. Remarks on facies, paleocurrents and petrofacies of Triassic submarine fans from the Antarctic Peninsula, South Shetland Islands and South Orkney Islands. In: Ricci, C.A. (ed.), *The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes*, 1997, 401-407. Terra Antarctica Press, Siena, Italy.
- Antônio, M. M., 2009. Estratigrafia e paleoambientes do Grupo Botany Bay, Jurássico, Botany Bay, Península Antártica. Monografia de conclusão de curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Bradshaw, J. D., Vaughan, A. P. M., Millar, I. L., Flowerdew, J. M., Trouw, R. A. J., Coarse-grained sediments at View Point, Antarctic Peninsula: constraints on the sedimentation, provenance and tectonic setting of the Trinity Peninsula Group. Trabalho Inédito (em preparação).
- Barbeau Jr, D. L., Davis, J. T., Murray, K. E., Valencia, V., Gehrels, G. E., Zahid, K. M., Gombosi, D. J., 2009, Detrital-zircon geochronology of the metasedimentary rocks of north-western Graham Land, *Antarctic Scienc*, 22(1), pp 65 – 78.
- Dalziel, I. W. D., 1969, Structural studies in the Scotia Arc: Livingston Island, *Antarctic Journal of United States*, 4(4): 1-137.
- Dalziel, I.W.D. 1984. Tectonic evolution of a forearc terrane, southern Scotia ridge, Antarctica. *Geological Society of America Special Paper* no. 220, 32 pp.
- Del Valle, R. A., Heredia, N., Montes, M., Nozal, F., Martín-Serrano, A., 2007. El Grupo Trinity Peninsula, extremo norte de la Península Antártica, *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62(4), pp. 498 – 505.
- De Wit, M.J. 1977. The Evolution of the Scotia Arc as a key to the reconstruction of Southwestern Gondwanaland. *Tectonophysics*, 37: 53-81.
- Dickinson, W. R., 1985, Interpreting provenience relations from detrital modes of sandstones, Zuffa G.G. (ed.) *Provenience of arenites*, pp. 333-361.
- Folk, R. 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company Austin, Texas 78703, 183p.
- Halpern, M., 1965, The geology of the General Bernardo O'Higgins area, northwest Antarctic

- Peninsula, *Geology and Paleontology of the Antarctic*, Antarctic Research, Ser. 6, pp. 177-209.
- Hervé, F., Faúndez, V., Brix, M., Fanning, M. 2006 Jurassic sedimentation of the Miers Bluff Formation, Livingston Island, Antarctica: evidence from SHRIMP U–Pb ages of detrital and plutonic zircons. *Antarctic Science* 18 (2), 229–238.
- Hobbs, G.J. 1968. The Geology of the South Shetland Islands: IV. Livingston Island: *British Antarctic Survey Scientific Report* 47, 34p.
- Hyden, G. & Tanner, P.W.G., 1981. Late Paleozoic-early Mesozoic fore-arc basin sedimentary rocks at the Pacific margin in western Antarctica. *Geologische Rundschau*, **70**, 529-541.
- Kraus, S., Miller, H., Dimov, D. Hegner, E., McWilliams, M., Pecskey, Z. 2008. Structural geology of the Mesozoic Miers Bluff Formation and crosscutting paleogene dikes (Livingston Island, South Shetland Islands, Antarctica) – Insights into the geodynamic history of the northern Antarctic Peninsula. *Journal of South American Earth Sciences*. **26**: 498-512.
- Loske, W. & Miller, H. 1991. U-Pb and Rb-Sr geochronology on conglomerate boulders from View Point, Graham Land, Antarctic Peninsula, in Abstracts, Sixth International Symposium on Antarctic Earth Sciences: Japan, National Institute of Polar Research, 369–373.
- Mange M.A. & Maurer H.F.W. 1992. Heavy mineral in colour. Chapman & Hall, 147pp.
- Paciullo, F.V., Ribeiro, A., Andreis, R.R., Trouw, R.A. 2002. Facies associations in the Permian-Triassic Hope Bay Formation, Antarctic Peninsula. *Antarctica Royal Society of New Zealand Bulletin*, 35, 175-183.
- Pankhurst, R.J., 1983. Rb-Sr constraints on the ages of basement rocks of the Antarctic Peninsula. In: Oliver, R.L., James, P.R., Jago, J.B. (Eds.), *Antarctic Earth Science – Proceedings of the Fourth International Symposium on Antarctic Earth Sciences*, Adelaide, South Australia. Australian Academy of Sciences, Cambridge University Press, Canberra, pp. 367–371.
- Pankhurst, R. J., Rapela, C. W., Loske, W. P., Márquez, M., Fanning, C. M., 2003, Chronological study of the pre-Permian basement rocks of southern Patagonia, *Journal of South America Earth Sciences*, **16**: 27-44.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M., Márquez, M., 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia, *Earth-Science Reviews*, V 76, Issues 3-4, 235-257.

- Pettijohn, F.J. 1957. Sedimentary rocks. New York, Harper, 2d ed., 718p.
- Pimpirev, C., Ivanov, M., Dimov, D. & Nikolov, T. 2002. First find of the Upper Tithonian ammonite genus *Blandfordiceras* from the Miers Bluff Formation, Livingston Island, South Shetland Islands. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläotologie*, **6**, 377–384.
- Smellie, J.L. 1981. A complete arc-trench system recognized in Gondwana sequences of the Antarctic Peninsula region. *Geological Magazine*, **118** (2): 139-159.
- Smellie, J.L. 1991. Stratigraphy, provenance and tectonic setting of (?) Late Palaeozoic-Triassic sedimentary sequences in northern Graham Land and South Scotia Ridge. In: Thomson M.R.A., Crame J.A. & Thomson J.W. (eds.), *Geological evolution of Antarctica*, Cambridge, U.K., 423-428.
- Storey, B.C. Alabaster, A., Hole, M.J., Pankhursts, R.J. & Wever, H.E. 1992. Role of subduction-plate boundary forces during the initial stages of Gondwana break-up: evidence from the proto-pacific margin of Antarctica. In Storey, B.C., Alabaster, T. & Pankhurst, R.J. (Eds.) *Magmatism and the causes of Continental Break-up*. Geological Society of London Special Publication No 68, 149-263.
- Thomson, J. W. 1975. New palaeontological and lithological observations on the Legoupil Formation, North-west Antarctic Peninsula. *Bulletin of British Antarctic Survey*, 41/42, 169-185.
- Trouw, R.A.J., Passchier, C.W., Simões, L.S.A., Andreis, R.R. & Valeriano, C.M. 1997. Mesozoic tectonic evolution of the South Orkney Microcontinent, Scotia Arc, Antarctica. *Geological Magazine*, **134** (3): 383-401.
- Willan, R.C.R. 2003. Provenance of Triassic-Cretaceous Sandstones in the Antarctic Peninsula: Implications for Terrane Models During Gondwana Breakup. *Journal of Sedimentary Research*, **73** (6): 1062-1077.
- Xiguang, D., Xiangshen, Z., Xiaohan, L., Ouyang, S., Yanbin, S. 2002. Terrestrial palynomorphs from the Miers Bluff Formation of Livingston Island, West Antarctica. Antarctica at the close of a millennium. *Royal Society of New Zealand Bulletin* 35, 269-273.



DOAÇÃO

TGC-05P

Data: 01/02/11

