



**ESTRUTURAÇÃO DO GRABEN ARROIO MOIRÃO,  
SANTANA DA BOA VISTA, RS.  
Tectônica e Geocronologia.**

PORTO ALEGRE, 2014

**JOÃO PACÍFICO SILVEIRA LUIZ MACHADO**

**Estruturação Do Graben Arroio Moirão,  
Santana Da Boa Vista, RS.  
Tectônica e Geocronologia.**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Orientador:** Prof. Dr. Ruy Paulo Philipp

**Orientadora:** Prof. Dra. Andréa Ritter Jelinek

Porto Alegre, 2014

CIP - Catalogação na Publicação

Machado, João Pacifico Silveira Luiz  
Estruturação do Graben Arroio Moirão, Santana da  
Boa Vista, RS: tectônica e geocronologia. / João  
Pacifico Silveira Luiz Machado. -- 2014.  
75 f.

Orientador: Ruy Paulo Philipp.  
Coorientadora: Andréa Ritter Jelinek.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Geociências, Curso de Geologia, Porto Alegre, BR-  
RS, 2014.

1. Geologia. 2. Graben Arroio Moirão. 3. Geologia  
Estrutural. 4. Geocronologia. 5. Batólito Pelotas. I.  
Philipp, Ruy Paulo, orient. II. Jelinek, Andréa  
Ritter, coorient. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “**Estruturação Do Graben Arroio Moirão, Santana Da Boa Vista, RS. Tectônica e Geocronologia**”, elaborado por “João Pacífico Silveira Luiz Machado”, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Comissão Examinadora:**

---

**ANTONIO PEDRO VIERO**

---

**CARLA CRISTINE PORCHER**

---

**SERGIO LUIZ JUNGES**

*À minha amada avó,*

*Irene.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais, pelo seu incentivo, dedicação e confiança depositadas em mim ao longo dos anos. Vocês são minhas principais referências, obrigado pelo apoio. Também a minha irmã, amiga para a vida toda e uma estudante exemplar. Agradeço ao meu orientador e amigo, Prof. Ruy Philipp, grande geólogo e mestre, além de detentor da sala com a melhor trilha sonora do Instituto de Geociências. Agradeço a minha orientadora e amiga, Prof. Andrea Jelinek, por ampliar minha visão sobre as possibilidades da geocronologia. Do IGEO - UFRGS agradeço aos professores que me deram oportunidades de trabalho: Profa. Maria Gastal, Prof. Antônio Viero e Prof. Claiton Scherer. Agradeço ao Prof. Rualdo Menegat por abrir o caminho para a realização do sonho de intercâmbio. Agradeço também a CAPES e ao Governo Brasileiro por investir nessa experiência inesquecível. Agradeço ao geólogo Eduardo Camozzato do Serviço Geológico do Brasil - CPRM pelo aconselhamento e disposição para ajudar sempre que foi pedido. Agradeço aos colegas pelas incontáveis histórias e momentos de vivência. Agradeço ao CAEG pela inigualável Hora Feliz. Agradeço por me formar com o Marcelo e a Camila, colegas que me acompanham desde o início dessa jornada geológica. E sobretudo, agradeço pela beleza de se viver.

## RESUMO

O Graben Arroio Moirão é uma estrutura de forma alongada com direção N30°E que delimita as exposições das rochas sedimentares do Grupo Rosário do Sul na região de Santana da Boa Vista e Canguçu. Essa estrutura com 95x30 km está inserida no limite entre a porção central do Terreno Tijucas e o Batólito Pelotas, e sua estruturação está associada à reativação de antigas estruturas NE-SW herdadas do embasamento. A estruturação final do graben promoveu o retrabalhamento de todas as rochas da região, incluindo as rochas metamórficas do embasamento (Complexos Encantadas e Porongos), rochas sedimentares do Grupo Rosário do Sul, rochas basálticas da Formação Passo das Carretas e os fonolitos da Suíte Piratini. Esse retrabalhamento finaliza com uma movimentação pós-Mesozóica, afetando os planos de acamamento do Grupo Rosário do Sul, e está registrada através falhas e de depósitos de conglomerados associados a leques aluviais encontrados dentro da estrutura. A estruturação do graben também exerceu controle na geração e posicionamento dos corpos subvulcânicos de fonolitos da Suíte Piratini, *necks* de rochas alcalinas concentrados na porção centro-leste do graben. Os estudos propostos aqui visam avaliar o controle tectônico da estruturação do graben e a idade de posicionamento dos corpos fonolíticos. Para atingir este objetivo, foram obtidos dados de traços de fissão em apatitas e U/Pb em zircões dos fonolitos, assim como das rochas do embasamento fora do contexto da estrutura para avaliar os períodos de movimentação tectônica. As datações U/Pb forneceram idades para os granitos Canguçu (599 Ma) e Coxilha do Fogo (620 Ma), no limite leste do graben. Dados U/Pb da Suíte Piratini forneceram apenas idades de zircões herdados. Os traços de fissão resultaram em idade de 147 Ma para o Granito Coxilha do Fogo, sendo essa idade atribuída às reativações da Zona de Falha Dorsal do Canguçu, que limita o graben ao leste, e corresponde a idade final de estruturação do graben. Para a Suíte Piratini foi determinada uma idade de resfriamento de 86 Ma por traços de fissão.

**Palavras-Chave:** Graben Arroio Moirão, Suíte Piratini, Batólito Pelotas, Traços de Fissão, U/Pb.

## ABSTRACT

The Graben Arroio Moirão is an elongated structure with direction N30°E which limits sedimentary rocks from the Rosário do Sul Group in the Rio Grande do Sul Shield. The structure has 95x30 km and is located in the contact of Terreno Tijucas and Batólito Pelotas. The graben formation is associated with reactivations of old basement structures and promoted the reworking of all rocks in the region, finishing in a post-Mesozoic episode. Evidences of this rework consists in disturbances in the planar bedding of Rosário do Sul Group and in the presence of alluvial deposits inside the graben, made of recent conglomerates with polymictic composition. The graben formation is also associated to the Suíte Piratini, necks of alkaline rocks located inside the structure. The studies here presented aim to a better understanding of the graben final formation. Data from U/Pb analysis provided new ages to the Canguçu (599 Ma) e Coxilha do Fogo (620 Ma) granites, located on the graben east border, and no reliable age data for the Suite Piratini placement bodies were found. Fission track analysis in apatite reveal ages of 147 Ma for the Granite Coxilha do Fogo, being this age associated with reactivation of the Dorsal do Canguçu Fault Zone, which limits the graben at east. This age is interpreted as the final stages of fault movimentation during the graben shaping. Fission track analysis also provided the age of 86 Ma for the Suíte Piratini, which is considered as the epoch of placement of the alkaline rocks.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma projetual, com os métodos utilizados no desenvolvimento do trabalho.	5
Figura 2: Localização da área de estudo marcada com retângulo preto. ....	7
Figura 3: A) Localização da área estudada em vermelho. B) Retângulo em amarelo de localização da área estudada e principais unidades geotectônicas do sul do Brasil e Uruguai. Principais zonas de cisalhamento: 1 - Itajaí-Perimbó, 2 - Major Gercino, 3 - Santana da Boa Vista, 4 - Dorsal de Canguçu, 5 - Passo do Marinheiro, 6 - Ibaré, 7 - Sarandi del Yí, 8 - Sierra Ballena, 9 - Cerro Amaro, 10 - Arroio Grande. Obtido em Philipp <i>et al.</i> (2013). ....	9
Figura 4: Detalhe do posicionamento do Graben Arroio Moirão a oeste da Dorsal de Canguçu (DCZC). Adaptado de Chemale Jr. <i>et al.</i> (2000). ....	14
Figura 5: Evolução na quantidade de átomos durante o decaimento. Domínio público. ....	21
Figura 6: Etapas do método de análise dos traços de fissão em apatitas através do detector externo. Gallagher <i>et al.</i> (1998). ....	23
Figura 7: Diagrama esquemático das zonas de estabilidade dos TFA. ....	24
Figura 8: Dimensões geradas pelo feixe de laser em relação ao tamanho do cristal de zircão. Kosler & Sylvester (2003). ....	26
Figura 9: Fotomicrografia de zircão com o furo da posição analisada com LA-ICP-MS. ....	27
Figura 10: Mapa de lineamentos estruturais identificados através de sensoriamento remoto. ....	29
Figura 11: (A) Diagrama de frequência dos lineamentos e (B) diagrama de comprimento dos lineamentos no Terreno Tijucas. ....	30
Figura 12: (A) Diagrama de frequência dos lineamentos e (B) diagrama de comprimento dos lineamentos nos granitóides do Batólito Pelotas. ....	31
Figura 13: (A) Diagrama de frequência dos lineamentos e (B) diagrama de comprimento dos lineamentos nas rochas sedimentares da Bacia do Paraná. ....	32
Figura 14: Contexto estrutural do Graben Arroio Moirão, delimitado ao oeste pela Zona de Falhas Açotéia-Piquiri (ZFAP) e ao leste pela Zona de Falhas Dom Feliciano (ZFDF). Principais zonas de falha: ZFI- Zona de Falha Ibaré, ZFPE- Zona de Falha Passo dos Enforcados, ZFTE- Zona de Falha Tapera-Emiliano, ZFVR- Zona de Falha Vigia-Roque, ZFPM- Zona de Falha Passo do Marinheiro, ZFPG- Zona de Falha Pantano Grande. Fonte: Philipp <i>et al.</i> (2015). ....	33
Figura 15: Mapa geológico de detalhe do Graben Arroio Moirão ....	35

Figura 16: Fotografias de litologias encontradas no interior do graben: A) Complexo Porongos, B) Granito Coxilha do Fogo, C) Formação Serra Geral, D) Suíte Piratini, E) Grupo Rosário do Sul (Fm. Sanga do Cabral) e F) Sedimentos do Terciário.....	38
Figura 17: Acamamento deposicional da Fm. Sanga do Cabral, com planos subhorizontais mergulhando para todos os quadrantes.....	39
Figura 18: Diagramas das falhas normais presentes no Grupo Rosário do Sul, mostrando falhas de direção NW-SE e falhas NE-SW. Estrias estão representadas por círculos vermelhos. ....	40
Figura 19: Diagramas das falhas transcorrentes identificadas na área de estudo, revelando no caso da Formação Santa Maria dois sistemas de falhas provavelmente associados de direção NW-SE e NE-SW uma orientação preferencial E-W para as zonas de cisalhamento dúcteis do Granito Coxilha do Fogo. ....	40
Figura 20: Foto e croqui de arenitos com estratificação plano-paralela no topo e cruzadas incipientes na base. Fm. Sanga do Cabral, em corte de estrada do ponto PJP 24, destacando espelhos de falha com estrias de falha normal. ....	41
Figura 21: Seção geológica perpendicular ao Graben Arroio Moirão, em perfil próximo a BR 392. ....	42
Figura 22: Imagens de catodo-luminescência mostrando a forma e o padrão de zonação dos zircões dos Granitos Canguçu (PJP 01) e Coxilha do Fogo (PJP 02), com as posições de análise marcadas por círculos e as suas idades correspondentes.....	47
Figura 23: Diagrama concórdia do Granito Canguçu (PJP 01) e do Granito Coxilha do Fogo (PJP 02).....	48
Figura 24: Imagens de catodo-luminescência mostrando a forma e o padrão de zonação dos zircões herdados encontrados nas amostra de fonolitos da Suíte Piratini, com as posições de análise marcadas por círculos e as suas idades correspondentes.....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Compilação parcial dos dados do campo.....	18
Tabela 2: Resumo dos dados de traços de fissão em apatita.....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Fm. Formação

Mb. Membro

Kf K-feldspato

Plag Plagioclásio

Bt Biotita

musc Muscovita

xist Xisto

qtz Quartzo

ESRG Escudo Sul-rio-grandense

ZFAP Zona de Falha Açotéia-Piquiri

ZFDF Zona de Falhas Dom Feliciano

ZFI Zona de Falha Ibaré

ZFPE Zona de Falha Passo dos Enforcados

ZFTE Zona de Falha Tapera-Emiliano

ZFVR Zona de Falha Vigia-Roque

ZFPM Zona de Falha Passo do Marinheiro

ZFPG Zona de Falha Pantano Grande

ZCSB Zona de Cisalhamento Santana da Boa Vista

ZCDC Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu

TFA Traços de Fissão em Apatita

LA-ICP-MS Laser Ablation- Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

Fig. Figura

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	2
1.1	Problema, Premissas, Hipóteses e Técnicas de Solução .....	2
1.2	Objetivos Gerais e Específicos .....	3
1.3	Fluxograma Projetual.....	4
2	LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO.....	6
2.1	Localização .....	6
2.2	Contexto Geológico.....	7
3	MÉTODOS.....	15
3.1	Relação das Técnicas Utilizadas.....	15
3.2	Sensoriamento Remoto e Pré-Campo.....	16
3.3	Etapa de Campo .....	17
3.4	Petrografia .....	20
3.5	Análises Laboratoriais (TFA & U/PB) .....	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
4.1	Sensoriamento Remoto .....	28
4.2	Geologia de Campo .....	34
4.3	Petrografia .....	43
4.4	Traços de Fissão em Apatitas.....	43
4.5	Análise U/Pb em Zircão.....	47
5	CONCLUSÕES .....	50
6	REFERÊNCIAS.....	52
7	APÊNDICES .....	57

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Problema, Premissas, Hipóteses e Técnicas de Solução

Um graben é definido como um bloco da crosta rebaixado, envolto por blocos elevados (horsts) e delimitado por estruturas de falhas subparalelas em seus flancos, resultado comumente da movimentação diferencial destes blocos em relação a falhas normais. O Graben Arroio Moirão, no Rio Grande do Sul, é uma dessas estruturas tectônicas cuja origem e desenvolvimento ainda não foram estudados em detalhe. Seu arcabouço abrange diversos processos e produtos geológicos, os quais necessitam de análises diferenciadas e específicas. Todavia é apenas com a associação dos diferentes conjuntos de dados que a elaboração de um modelo de estruturação do graben se torna possível.

Situado na porção sudeste do Escudo Sul-rio-grandense (ESRG), o Graben Arroio Moirão é delimitado ao oeste pela Zona de Falhas Açotéia-Piquiri (ZFAP) e ao leste pela Zona de Falhas Dom Feliciano (ZFDF), ambas reativações de antigas estruturas crustais proterozóicas, a saber, a Zona de Cisalhamento Santana da Boa Vista (ZCSB) e a Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu (ZCDC), respectivamente. A parte interna do graben se caracteriza pela ampla ocorrência de rochas sedimentares mesozoicas do Grupo Rosário do Sul (Faccini, 1989; Faccini *et al.* 1990, Ketzer, 1997), as quais incluem arenitos da Fm. Santa Maria e Fm. Sanga do Cabral, remanescentes da Bacia do Paraná no ESRG. Ocorrem ainda no graben conglomerados com seixos de composição diversa, como por exemplo seixos de rochas metamórficas do embasamento, clastos de rochas basálticas da Formação Passo das Carretas (Figueiró *et al.*,1996), seixos dos fonolitos da Suíte Piratini (UFRGS, 1995) e até mesmos seixos de rochas sedimentares do Grupo Rosário do Sul. A presença de conglomerados contendo clastos destas unidades é um indicativo de retrabalhamento das rochas e de uma movimentação pós-Mesozóica, resultando em depósitos de leques aluviais provavelmente de idade Terciária (Ketzer, 1997). Acredita-se na hipótese que a estruturação do graben está associada a um significativo evento tectônico

pós-Paleozóico, no qual ocorreu a reativação dessas zonas de fraqueza da crosta e de outras estruturas do embasamento. Trabalha-se também com a possibilidade de que essa movimentação pode ainda ser responsável pelo posicionamento de trinta e quatro pequenos corpos fonolíticos da Suíte Piratini (por vezes denominada Suíte Passo da Capela) no interior da estrutura (Philipp *et al.*, 2005).

Esse trabalho busca acrescentar dados à bibliografia existente, visando um modelo termo-tectônico para a estruturação do Graben Arroio Moirão e uma correlação entre as movimentações tectônicas e as intrusões alcalinas. Para tanto, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto, trabalhos de campo e análises laboratoriais, incluindo análise por traços de fissão em apatita (TFA) e análise das razões U/Pb em zircões por LA-ICP-MS. Trabalha-se com a hipótese de que os TFA revelarão idades diferentes para os diferentes blocos do graben, as quais poderão ser relacionadas à formação dos depósitos do Grupo Rosário do Sul e ao posicionamento da Suíte Piratini.

## **1.2 Objetivos Gerais e Específicos**

O principal objetivo é caracterizar a geologia e a estrutura principal do Graben Arroio Moirão, integrando dados estruturais, sedimentares, geocronológicos e termocronológicos. Ao fim do trabalho espera-se que a integração dos dados permita a elaboração de um esboço de modelo termo-tectônico para formação e desenvolvimento do Graben Arroio Moirão. Para tal objetivo final serão integradas diferentes técnicas analíticas com objetivos específicos.

O sensoriamento remoto permite a identificação de estruturas e padrões regionais de falhamento que definem a forma e tendências da megaestrutura. A realização de trabalhos de campo visa (i) à construção de uma sessão geológica de direção NW-SE, perpendicular ao alongamento graben, (ii) o reconhecimento em campo das estruturas rúpteis, (iii) o mapeamento geológico das rochas no interior do graben e (iv) a coleta de amostras de rochas para análises laboratoriais. As análises laboratoriais incluem análise de traços de fissão em apatita e análise das razões U/Pb em zircões. As análises de traços de fissão em apatitas fornecerão dados geocronológicos referentes aos principais movimentos de falhas que estruturaram o graben, determinando as prováveis reativações tectônicas e sua relação com o posicionamento dos corpos subvulcânicos de fonolitos em seu interior. Simultaneamente as análises das razões U/Pb fornecerão dados referentes à idade de posicionamento dos corpos fonolíticos, além das idades de unidades nos diferentes blocos que compõe o graben.

### **1.3 Fluxograma Projetual**

Para o desenvolvimento lógico e organização do projeto, foi elaborado um fluxograma contendo todas as etapas críticas em busca do êxito do trabalho. No fluxograma encontram-se esquematizados o problema, as premissas e hipóteses, as análises e técnicas de abordagens que foram utilizadas, e por fim os resultados e produtos esperados (Fig. 1).



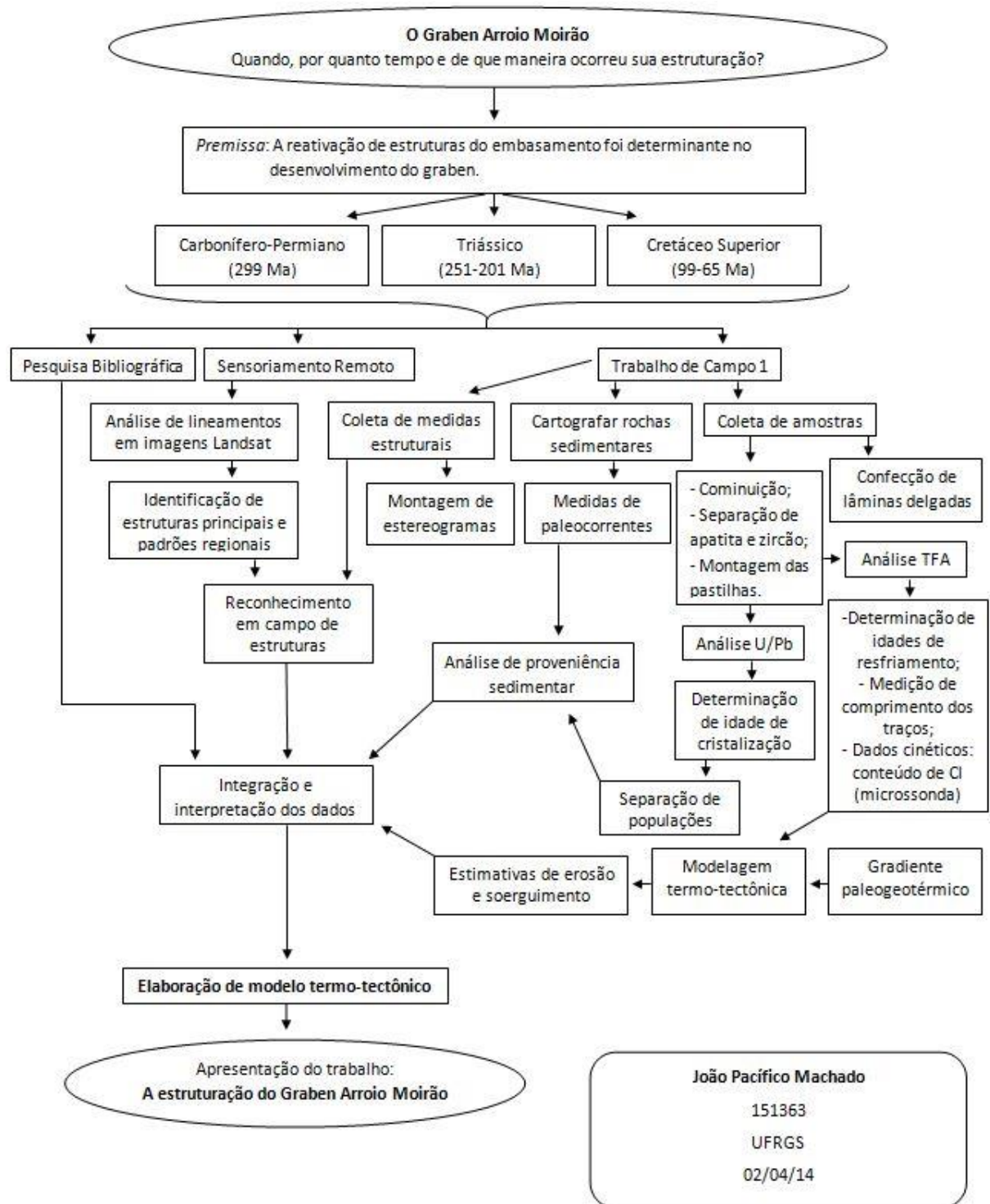


Figura 1: Fluxograma projetual, com os métodos utilizados no desenvolvimento do trabalho.

## 2 LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO

### 2.1 Localização

O Graben Arroio Moirão localiza-se no centro do estado do Rio Grande do Sul, extremo sul do Brasil, entre as cidades de Santana da Boa Vista e Canguçu (Fig. 2). Estão inseridos no contexto do graben os municípios de Santana da Boa Vista, Piratini e Encruzilhada do Sul, enquanto que a cidade de Canguçu encontra-se a SE, fora da estrutura do graben. O graben possui uma forma alongada com aproximadamente 95km de comprimento, com seu eixo maior na direção NE-SW, sendo cortado perpendicularmente pela rodovia BR-392 por uma extensão de 35 km (aproximadamente de 30 km em linha reta). Para acessar a região, saindo de Porto Alegre, é necessário deslocar-se cerca de 200 km pela BR-290 em direção ao oeste até o acesso a Caçapava do Sul, onde toma-se a direção sul-sudeste na BR-392 por aproximadamente 75 km até o município de Santana da Boa Vista, no flanco oeste do graben. O Arroio Moirão, drenagem que dá nome ao graben, situa-se na porção centro-leste da estrutura, ao leste do Arroio Boici.

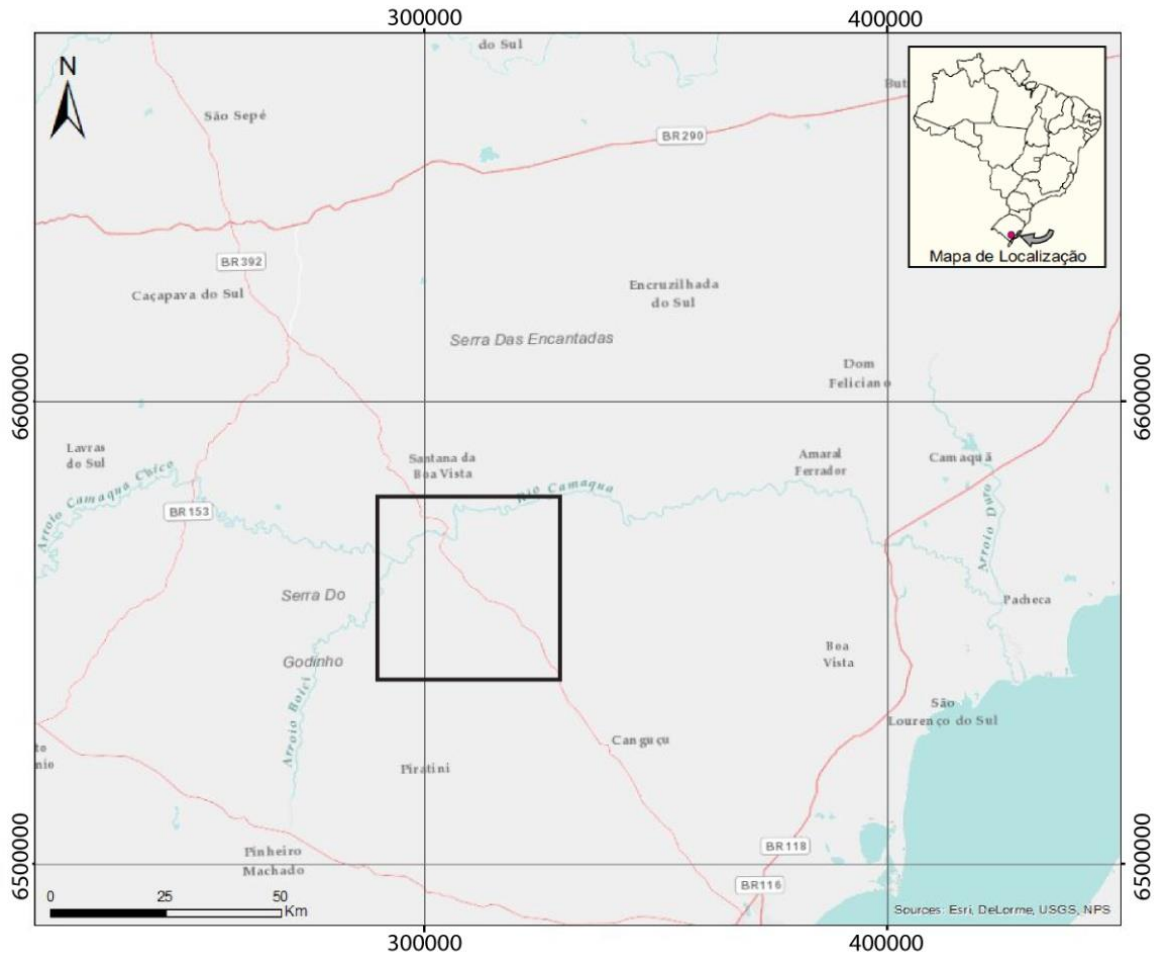


Figura 2: Localização da área de estudo marcada com retângulo preto.

## 2.2 Contexto Geológico

O Graben Arroio Moirão está inserido no contexto geotectônico do Escudo Sul-rio-grandense (ESRG), região pertence à província estrutural Mantiqueira, a qual é caracterizada por uma arquitetura extremamente complexa, com lineamentos e falhamentos de direção NE-SW de dimensões locais a regionais e complexas estruturas dobradas, sujeitas a movimentos tectônicos e sucessivas reativações de estruturas pré-existentes durante os eventos Transamazônico (2,26 - 2,20 Ga) e Brasileiro (900 - 535 Ma) (Chemale Jr., 2000, Hartmann *et al.* 2007). O arcabouço tectônico do ESRG consiste predominantemente de três grandes unidades geradas durante o Neoproterozóico, sendo elas o Batólito Pelotas, o Terreno Tijucas e o Terreno São Gabriel, que juntas formam o Cinturão Dom Feliciano. Essas unidades são delimitadas por zonas de cisalhamento regionais, as quais representam possíveis limites tectônicos, resultado da colisão entre os crátons La Plata e Kalahari no Ciclo Brasileiro/Pan-africano, durante o Neoproterozóico

(Bicca, 2013). Baseado em dados geocronológicos e isotópicos, Chemale Jr. (2000) propôs um modelo para o ESRG com quatro estágios principais: (I) 900 - 850 Ma: início do processo de subducção da placa Rio de La Plata para leste, com a geração de rochas de arco de ilhas; (II) 800 - 700 Ma: ocorre a acreção do Prisma de Acreção Palma com a formação de arco magmático (Terreno Tijucas). Ainda neste momento, ocorre rifteamento no lado da placa do Kalahari, com geração de crosta oceânica. Este processo é responsável pela formação do Microcontinente Encantadas; (III) 700 - 650 Ma: nesta fase a continuidade do rifteamento no lado africano levou a implantação do oceano ou proto-oceano Adamastor; (IV) 650 - 540 Ma: o oceano ou proto-oceano Adamastor inicia seu processo de subducção com mergulho para oeste. Este processo consolidou o arco magmático ou cinturão Dom Feliciano (Hartmann *et al.* 2007). O fechamento deste oceano teria ocorrido com um regime de empurrões oblíquos nos estágios iniciais (650 - 610 Ma) e transcorrentes nos estágios finais (600 - 540 Ma) com a geração de rochas graníticas e bacias sedimentares associadas.

O Graben Arroio Moirão está inserido no Cinturão Dom Feliciano (Fig. 3), no contato entre o Terreno Tijucas (oeste) e o Batólito Pelotas (leste), os quais serão detalhados nos itens a seguir.

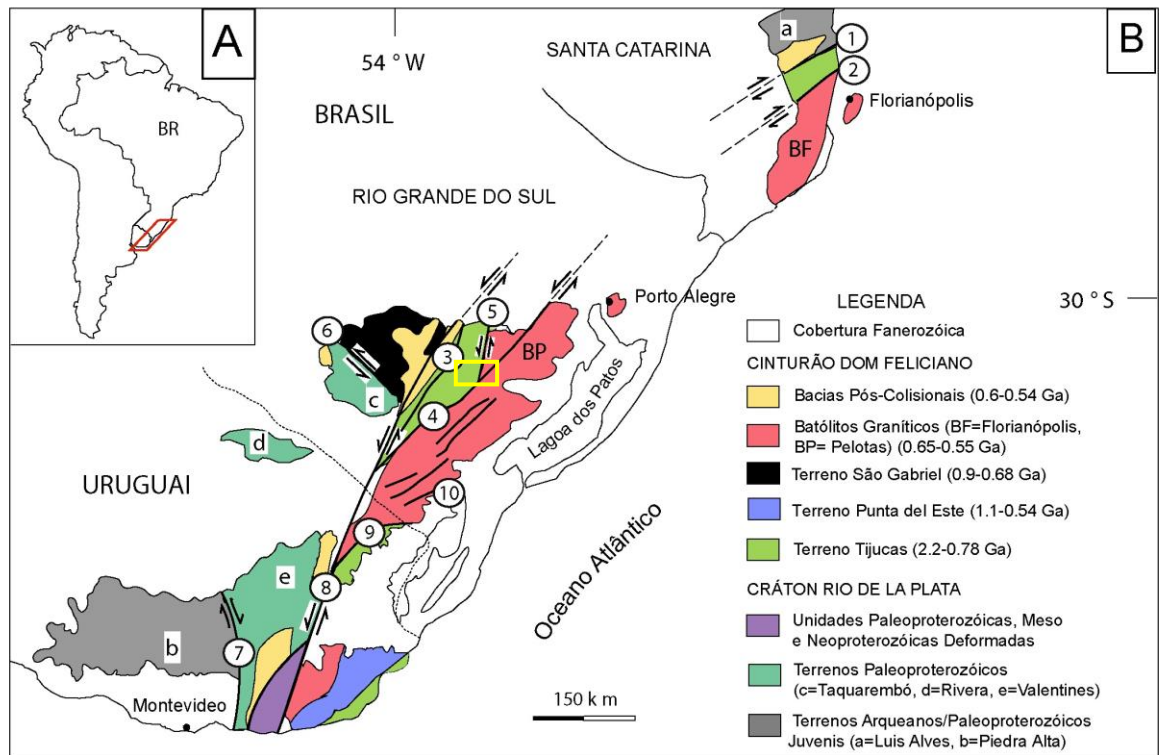


Figura 3: A) Localização da área estudada em vermelho. B) Retângulo em amarelo de localização da área estudada e principais unidades geotectônicas do sul do Brasil e Uruguai. Principais zonas de cisalhamento: 1 - Itajaí-Perimbó, 2 - Major Gercino, 3 - Santana da Boa Vista, 4 - Dorsal de Canguçu, 5 - Passo do Marinheiro, 6 - Ibaré, 7 - Sarandi del Yí, 8 - Sierra Ballena, 9 - Cerro Amaro, 10 - Arroio Grande. Obtido em Philipp *et al.* (2013).

### 2.2.1 Terreno Tijucas

O Terreno Tijucas possui uma extensão que abrange desde Santa Catarina até o Uruguai, com uma forma alongada NE-SW e estreitos grabens internos. Também conhecido como Cinturão Tijucas, o terreno foi definido por Jost & Bitencourt (1980) e Chemale Jr *et al.* (1995). De maneira abrangente, esta unidade é composta por unidades gnáissicas, graníticas e anfibolíticas de idade Paleoproterozóica (idade 2.3 - 2.0 Ga) retrabalhadas ou não por um evento orogênico de 800 - 770 Ma, e por unidades vulcano-sedimentares geradas entre 800 - 770 Ma a partir de material de idade predominantemente Paleoproterozóica (Chemale, 2000). O Terreno Tijucas limita-se ao leste no contato com o Batólito Pelotas, traçado através da Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu, uma zona transcorrente com direção NE-SW e movimentação sinistral (Philipp & Machado, 2005; Nardi & Bitencourt, 2007). No Rio Grande do Sul, o Terreno Tijucas inclui essencialmente as rochas

metamórficas dos complexos Encantadas e Porongos, os quais estão em contato tectônico através de zonas de deformação dúctil.

### **2.2.2 Batólito Pelotas**

O Batólito Pelotas constitui a porção leste do Cinturão Dom Feliciano, sendo composto por um expressivo complexo plutônico multi-intrusivo ocupando cerca de 400 km de extensão por 80 a 120 km de largura, com rochas de idade entre 650 - 550 Ma (Bicca, 2013). A maior parte do batólito está ocupada por suítes graníticas de caráter pós-colisional, discriminadas por Philipp & Machado (2005) como sendo as suítes: Pinheiro Machado, Erval, Viamão, Encruzilhada do Sul, Cordilheira e Dom Feliciano. Acredita-se que o Batólito Pelotas sofreu três eventos tectônicos principais (Fernandes *et al.*, 1995; Philipp & Machado, 2005), sendo eles: (I) um evento mais antigo, de baixo ângulo, reconhecido em xenólitos de ortognaisses contidos nos granitóides do Complexo Pinheiro Machado; (II) um evento longo e mais jovem, de alto ângulo, associado as 19 zonas de cisalhamento dúcteis que deformam as estruturas do primeiro evento, e é responsável pela colocação das suítes graníticas mais antigas do batólito; (III) um terceiro evento, tardio, também associado às zonas de cisalhamento de alto ângulo, porém em regime dúctil-rúptil a rúptil.

### **2.2.3 Geologia Local**

O Graben Arroio Moirão é uma estrutura de forma alongada com direção N30°E (aproximadamente paralela à Zona de Cisalhamento Dorsal do Canguçu) que delimita as exposições das rochas sedimentares do Grupo Rosário do Sul, da Bacia do Paraná, na região de Santana da Boa Vista e Canguçu (Fig. 4).

A área de estudo está situada no contato entre o Terreno Tijucas e o Batólito Pelotas e corresponde às folhas do exército Santana da Boa Vista (MI 2996/4), Arroio Barracão (MI 3009/2) e Arroio da Bica (MI 3010/1). A estruturação do graben nesta zona de contato entre grandes unidades tectônicas promoveu, durante sua evolução final, a erosão e sedimentação de rochas de todas as unidades geológicas da região, originando rochas sedimentares que contém seixos de rochas metamórficas do embasamento, de rochas sedimentares do Grupo Rosário do Sul, de rochas basálticas correlacionadas à Formação Serra Geral e de fonolitos. Este retrabalhamento indica uma movimentação pós-Mesozóica e está registrada através de diversos depósitos de leques aluviais encontrados dentro da estrutura (Faccini, 1989; UFRGS, 1995; Ketzer, 1997). A estruturação do graben também pode ter exercido um controle na geração e no posicionamento de trinta e quatro corpos subvulcânicos de fonolitos da Suíte Piratini.

A geologia de detalhe na área de estudo foi baseada essencialmente nos projetos de mapeamento desenvolvidos pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos entre 1987 e 1989, com adição de dados provenientes de mapas geológicos locais e regionais da CPRM (1986, 2009). Os litotipos alforantes na região de trabalho estão resumidos abaixo, em ordem cronológica do mais antigo para o mais jovem:

**Complexo Encantadas:** constituído por rochas granito-gnáissicas, anfibolíticas e ortognaisses de idade Paleoproterozóica. A principal ocorrência do Complexo Encantadas está no Domo de Santana, uma estrutura antiformal onde se encontram rochas dioríticas, tonalíticas e granodioríticas, comumente polideformadas. Dados de U-Pb em zircão (SHRIMP) do Gnaiss Encantadas fornecem idades de  $2263 \pm 18$  Ma, permitindo estabelecer que os gnaisses têm protólitos arqueanos e paleoproterozóicos (Chemale Jr., 2000).

**Complexo Porongos:** formado por uma sucessão de rochas metassedimentares compostas por xistos, quartzitos e rochas metavulcânicas de idade Neoproterozóica, todas metamorfizadas progressivamente de fácies xisto-verde a anfibolito e retrometaformizadas em condições de xisto verde (Jost, 1981, Chemale Jr., 2000). Os metapelitos, que são as unidades dominantes do complexo, constituem-se de xistos carbonosos, quartzitos, mármore e paragnaisses pelíticos e semipelíticos com lentes de metamarga (Remus *et al.*, 1987). Os zircões detríticos mais jovens de quartzitos têm idade de 1998 Ma (Hartmann *et al.*, 2007), delimitando a idade máxima de preenchimento da bacia, enquanto que idades de 780 - 770 Ma são consideradas ígneas (Bicca, 2013). No geral os metamorfitos da região são recobertos, em discordância, pelas camadas do Grupo Rosário do Sul e pelas coberturas cenozoicas (CPRM, 2009).

**Suíte Cordilheira:** os corpos da suíte tendem a ser alongados N45°E, concordantes com a Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu. Variam de sienogranitos a granodioritos, sendo a presença de milonitos e protomilonitos comum na suíte. Sugere-se uma origem dos magmas a partir de fusão crustal de protólitos pelíticos (Philipp *et al.*, 2013). A suíte é representada na área de estudo pelo Granito Cordilheira, o qual apresenta idade Rb-Sr de  $617 \pm 48$  Ma (Koester, 1995).

**Suíte Viamão:** é representada pelo Granito Coxilha do Fogo na área de estudo. A suíte corresponde a corpos graníticos alongados segundo NE-SW e maciços com centenas de km<sup>2</sup>, posicionados durante um estágio de deformação transcorrente. De composição monzogranítica predominante, mas variações de sieno a granodiorítica, os corpos graníticos caracterizam-se por texturas porfíricas, com estrutura primária bem definida pelo alinhamento de megacristais de K-feldspato e lamelas de biotita (Philipp, 1998).

**Suíte Dom Feliciano:** os corpos da Suíte Dom Feliciano apresentam uma homogeneidade composicional, estrutural e petrográfica. Os granitos da suíte são predominantemente sienograníticos, sendo a presença de biotita comum, em percentuais de até 4%. Próximo à cidade de Dom Feliciano ocorrem corpos dioríticos contemporâneos ao magmatismo ácido da suíte (Philipp, 1998). Acredita-se que os granitos tiveram fontes diversas de magmas, com contribuições mantélicas e até mesmo boa participação do componente crustal, intrudindo as demais suítes (Chemale Jr., 2000). Na área de estudo a suíte é representada pelos granitos Canguçu e Cerro Frio.

**Grupo Bom Jardim:** corresponde a uma sequência vulcano-sedimentar de até 2.000 metros, dominada por fluxos de lava, magmatismo hipoabissal, depósitos piroclásticos e epiclásticos e sedimentos siliciclásticos depositados em um ambiente aluvial-deltaico (de Oliveira, 2014). O magmatismo é representado por rochas alto-K cálcio-alcálica intermediárias a básicas, com assinatura shoshonítica (Nardi e Lima, 1985) e um andesito correspondente ao Membro Hilário (Robertson, 1966). As idades U-Pb em zircão dos andesitos variam de  $593 \pm 6$  Ma (Remus *et al.*, 1999) a  $580 \pm 3,6$  Ma (Janikian *et al.*, 2012).

**Grupo Guaritas:** composta por aproximadamente 800 metros de sedimentos, essa unidade corresponde ao último episódio deposicional da Bacia do Camaquã (de Oliveira, 2013), sendo delimitadas ao leste pelo Domo de Santana (Complexo Encantadas). Constituído por duas formações delimitadas por uma desconformidade, Pedra Pintada na base e Varzinha no topo, acredita-se que o grupo tenha sido depositado em um clima árido a semiárido (De Ros *et al.*, 1994).

**Grupo Rosário do Sul:** também conhecida pelo termo Caneleiras, de Tessari & Picada (1963), corresponde a remanescentes de cobertura sedimentar preservadas em estruturas do tipo graben (CPRM, 2009). Estudado por Ketzer (1997), o grupo é composto essencialmente por uma sucessão de arenitos lacustres, arenitos e conglomerados fluviais e siltitos lacustres, os quais foram divididos pelo autor em duas sequências deposicionais: Fm. Sanga do Cabral, constituída por fácies lacustres, deltaicas, fluviais e eólicas, e a Fm. Santa Maria, com fácies fluviais, pelitos lacustres e arenitos finos e siltitos lenticulares, deltaicos. Interpretada pela CPRM (2009) como um sistema fluviodeltaico de idade permo-triássica, correspondente ao início do assoreamento da Bacia do Paraná, a partir de áreas rifteadas sobre o ESRG, em resposta ao início da abertura do Atlântico Sul, é limitado inferior e superiormente por superfícies de discordância.

**Formação Serra Geral:** definida por Figueiró *et al.* (1996) como Formação Passo das Carretas na área desse projeto, corresponde a um sill basáltico com estruturas de fluxo bem desenvolvida.



**Suíte Piratini:** por vezes referida como Suíte Alcalina Passo da Capela, a suíte Piratini foi definida originalmente por Ribeiro (1970). Composta por 34 corpos subcirculares com 50 a 100 m de diâmetro, a suíte intrude principalmente nos sedimentos do Grupo Rosário do Sul, seguindo uma distribuição NW-SE (Philipp *et al.*, 2005). Barbieri *et al.* (1987) separam a suíte em três grupos, progressivamente mais diferenciados, sendo eles: fonolitos tefríticos, fonolitos e fonolitos peralcalinos. Macroscopicamente as rochas apresentam tons de cinza e textura porfirítica, com fenocristais de 2 mm em média, representados por feldspatos, feldspatóides, piroxênios e granadas. Microscopicamente é comum observar-se textura de fluxo magmático (CPRM, 2009).

**Depósitos Quaternários:** estão representados por sedimentos inconsolidados concentrados nas proximidades das drenagens, sendo compostos por areias, siltes, argilas e cascalhos.

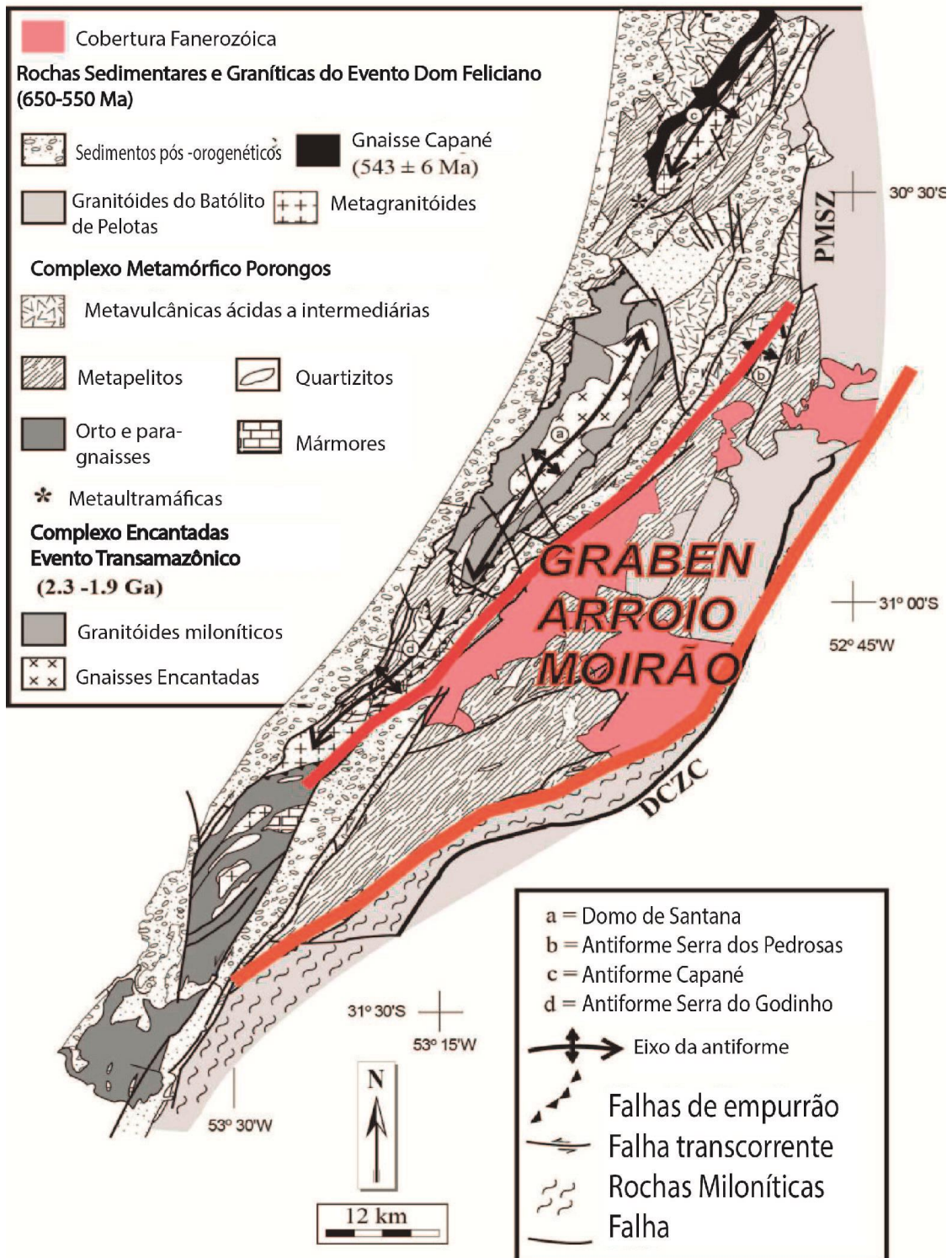


Figura 4: Detalhe do posicionamento do Graben Arroyo Moirão a oeste da Dorsal de Canguçu (DCZC). Adaptado de Chemale Jr.et al. (2000).

## 3 MÉTODOS

### 3.1 Relação das Técnicas Utilizadas

Os métodos e técnicas utilizados durante o projeto estão resumidos na lista abaixo. As técnicas laboratoriais são detalhadas nos itens a seguir deste relatório.

#### **Sensoriamento Remoto**

Objetivo: reconhecimento da área, planejamento da etapa de campo, análise estrutural remota.

Resultados: mapa estrutural, diagramas de roseta dos lineamentos.

#### **Trabalho de Campo**

Objetivo: coletar de amostras para análises, coletar de dados estruturais em campo, identificar e descrever as relações de campo, caminhamento de perfil ortogonal ao graben.

Resultados: mapa e seção geológica esquemáticos, croquis de afloramentos.

#### **Petrografia**

Objetivo: identificar mineralogia, textura e estruturas das rochas estudadas.

Resultados: descrições petrográficas e imagens.

Laboratório: laboratório de laminação do IGEO, microscópios disponibilizados pelo IGEO-UFRGS e pela CPRM.

#### **Análise de Traços de Fissão em Apatitas**

Objetivo: determinar das movimentações verticais que estruturam o graben.

Resultados: idades de movimentação e modelo termo-tectônico da área.

Laboratório: Forschungsreaktor FRM II Technische Universität München, Alemanha.

### **Análise U/Pb em Zircões**

Objetivo: determinar idades de formação dos fonolitos do interior do graben e de granitos nos flancos do graben.

Resultados: idades inéditas e gráficos de concórdia.

Laboratório: Laboratório de Laser Ablation LA-ICP-MS, CPGeo - USP.

### **3.2 Sensoriamento Remoto e Pré-Campo**

O estágio inicial de trabalho foi baseado na realização de preparativos para a etapa de campo. Foram compilados diversos artigos científicos relacionados ao projeto, buscando-se um entendimento de cada aspecto necessário para sua realização, abordando desde a geologia regional da área de estudo até os métodos de análise a serem realizados durante o desenvolvimento do trabalho.

O sensoriamento remoto também foi de suma importância nessa etapa inicial. Foram analisadas imagens de satélite ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) e Landsat, obtidas pela Agência Espacial Norte-americana (NASA). Através das imagens foram identificadas as principais feições lineares, comumente drenagens retilíneas ou escarpas de morros, interpretadas como fraturas ou lineamentos estruturais. Essas feições lineares foram analisadas estatisticamente através do *software* Rockworks em busca dos padrões estruturais nas rochas do contexto do Graben Arroio Moirão, de maneira a auxiliar na compreensão da gênese e desenvolvimento da estrutura. As imagens foram tratadas e analisadas através do *software* Esri® ArcMap 10.2.

Ainda na etapa pré-campo foram utilizadas imagens do *software* Google™ Earth 7.1 para a localização de estradas e vias de acesso na área de estudo. Essas imagens também foram utilizadas para identificar possíveis afloramentos para visitação durante o campo. Todavia os pontos para visitação em campo foram definidos principalmente através dos mapas geológicos em escala 1:50.000 elaborados pelas turmas de mapeamento geológico da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) dos anos de 1986 a 1988, disponibilizados pelo professor orientador. As folhas do exército utilizadas foram Santana da Boa Vista (MI 2996/4), Arroio Barracão (MI 3009/2) e Arroio da Bica (MI 3010/1). Essas folhas foram digitalizadas no *software* ArcMap 10.2, contribuindo para a montagem de um banco de dados digital do projeto.

### 3.3 Etapa de Campo

A etapa de campo consistiu de atividades durante quatro dias na área do projeto. A equipe de trabalho ficou situada em Caçapava do Sul, cerca de 50 km da cidade de Santana da Boa Vista, localizada na borda oeste do graben. Como material de campo foram utilizados: martelos petrográficos, marreta com massa de cinco quilos, GPS Garmin eTrex® com precisão de aproximadamente cinco metros, lupas, sacolas plásticas para coleta de amostras, fitas e canetas para identificação de amostras, equipamentos de proteção individual e cadernetas de campo.

Durante essa etapa foram descritos vinte e oito afloramentos, localizados via GPS de acordo com o datum Córrego Alegre. A partir da descrição petrográfica e do levantamento estrutural realizado em cada um destes pontos, foi confeccionada uma seção geológica. Em onze desses pontos foram coletadas amostras, de diferentes litologias, para diferentes análises laboratoriais, chegando a mais de 10kg de um único litotipo nos pontos em que as rochas seriam submetidas à análise por TFA e U/Pb. Para as análises por traço de fissão, foi dada prioridade às rochas dentro do graben (fonolitos e xistos) e fora dele (granitóides), enquanto que para a análise U/Pb priorizamos os corpos fonolíticos subvulcânicos, assim como granitóides não datados previamente do bloco leste.

Centenas de fotos foram feitas dos diversos afloramentos visitados. Foi levantada uma seção perpendicular ao graben com cerca de trinta e cinco quilômetros na BR 392, parando-se em todos os afloramentos do tipo corte de estrada no trecho no interior do graben. O resultado das observações de campo foi compilado em uma tabela Microsoft Excel para facilitar a integração e visualização dos dados, e pode ser observada em sua forma resumida a seguir (tabela 1).

Tabela 1: Compilação parcial dos dados do campo.

Ponto	Cota	Unidade	Amostra	Apatita	Zircão	Lâmina	Resumo da descrição
PJP 01	428	Granito Canguçu	PJP 01	zero	X		cutelo de estrada, sienogranito equigranular maciço
PJP 02	412	Granito Coxilha do Fogo	PJP 02	X	X		Pedreira Fitazul, monzogranito porfirítico maciço, xenólitos do embasamento
PJP 03	128	Suíte Piratini	PJP 03	X	X	X	blocos, fonolito porfirítico
PJP 04	129	Suíte Piratini	PJP 04	X		X	fonolito
PJP 05	274	Comp. Porongos	PJP 05				valeta de estrada, podre, musc xisto
PJP 06	259	Comp. Porongos	PJP 06		X		musc xist / quartzito
PJP 07	168	Suíte Piratini	PJP 07	X	X	X	lajeado e blocos, fonolito porfirítico
PJP 08	141	Conglomerado Terciário					cutelo de estrada, conglomerado polimítico matriz suportado maciço
PJP 09	152	Fm. Serra Geral (Fm. Passo das Carretas)					cutelo de estrada, basalto com estrutura de fluxo
PJP 10	136	Fm. Sanga do Cabral					cutelo de estrada, arenito arcoseano, camadas tabulares
PJP 11	123	Fm. Sanga do Cabral					cutelo de estrada, arenito arcoseano maciço, camadas tabulares
PJP 12	107	Fm. Sanga do Cabral	PJP 12			X	cutelo de estrada, arenito, camadas tabulares, fraturas com estrias de movimento
PJP 13	119	Fm Santa Maria (Mb Passo das tropas)	PJP 13				cutelo de estrada, arenito com seixos de qtz
PJP 14	226	Comp. Porongos					cutelo de estrada, metandesitos, pillow lavas e falha
PJP 15	93	Fm. Santa Maria (Mb Alemoa)	PJP 15				siltitos / arenitos muito finos arcoseanos
PJP 16	120	Fm. Sanga do Cabral					cutelo de estrada, arenito arcoseano, cruzada incipiente, camadas tabulares
PJP 17	130	Fm. Sanga do Cabral					cutelo de estrada, arenito grosso arcoseano maciço, camadas tabulares

Ponto	Cota	Unidade	Amostra	Apatita	Zircão	Lâmina	Resumo da descrição
PJP 18	131	Fm Santa Maria (Mb Passo das tropas)					corte de estrada descontínuo e morro, arenito com cruzadas, camadas tabulares
PJP 19	262	Granito Coxilha do Fogo					corte de estrada, monzogranito heterogranular grosso, milonito quase cataclasito
PJP 20	138	Fm. Sanga do Cabral					corte de estrada, arenito muito fino arcoseano, cruzadas
PJP 21	139	Fm. Sanga do Cabral					corte de estrada, podre, arenito muito fino arcoseano
PJP 22	145	Fm. Sanga do Cabral	PJP 22			X	corte de estrada, arenito muito fino maciço, muito fraturado
PJP 23	167	Fm Santa Maria (Mb Passo das tropas & Alemoa)					pedreira abandonada, siltito
PJP 24	208	Fm. Sanga do Cabral					corte de estrada, arenito muito fino arcoseano, espelho de falha
PJP 25	239	Fm. Sanga do Cabral					corte de estrada, arenito muito fino arcoseano, camadas tabulares
PJP 26	188	Fm Santa Maria (Mb Passo das tropas)					corte de estrada, arenito conglomerático com seixos de qtz
PJP 27	367	Conglomerado Terciário					corte de estrada, conglomerado polimítico matriz suportado maciço, dobras
PJP 28	297	Conglomerado Terciário					corte de estrada, conglomerado polimítico

### **3.4 Petrografia**

Para o estudo da petrografia foram confeccionadas cinco lâminas delgadas a partir de amostras coletadas em campos, sendo elas três fonolitos e dois arenitos. As amostras foram serradas com serra diamantada em tabletes, os quais são polidos e colados em lâmina de vidro (4 X 2,5 cm) com auxílio de resina do tipo epóxi e/ou araldite. É feito o desgaste grosso do tablete utilizando uma politriz motorizada e pastas diamantadas, até que alcançar uma espessura de 0,3 mm, para então ser recoberto por uma lamínula protetora. A descrição das lâminas é feita utilizando microscópio polarizador.

### **3.5 Análises Laboratoriais (TFA & U/PB)**

A datação isotópica baseia-se no conceito físico-químico de desintegração espontânea (decaimento radioativo) de um isótopo instável pai em um ou mais isótopos estáveis filhos com o decorrer do tempo. Na geologia utiliza-se o método de datação isotópica em minerais que contenham elementos químicos radioativos como, por exemplo, urânio e tório. Tais elementos radioativos sofrem decaimento a uma taxa específica, conhecida em termos de meia vida (Fig. 5). Os eventos de decaimento provocam mudanças na composição e na estrutura cristalina dos minerais, as quais podem ser analisadas através de diferentes métodos e revelar diferentes aspectos da evolução geológica de uma rocha. Os métodos de análise dos produtos do decaimento radioativo que serão utilizados nesse trabalho são os traços de fissão em cristais de apatita (TFA) e a datação U/Pb em cristais de zircão, elucidados a seguir.



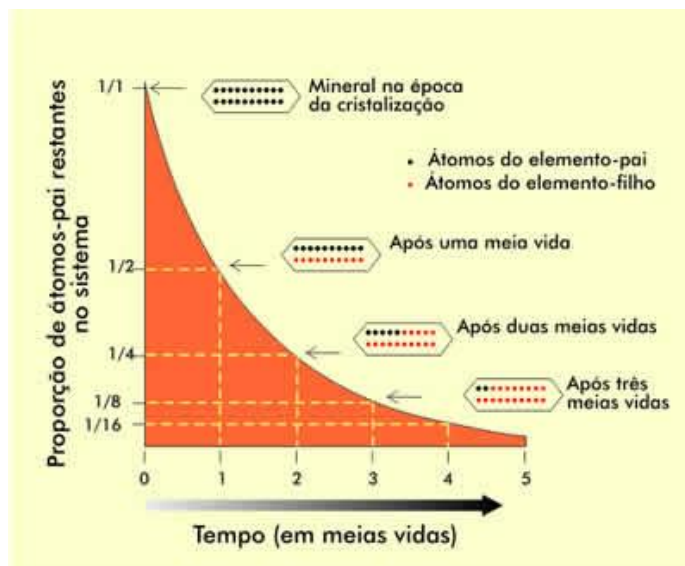


Figura 5: Evolução na quantidade de átomos durante o decaimento. Domínio público.

### 3.5.1 Traços de Fissão em Apatita (TFA)

A descoberta dos traços de fissão deu-se em 1958, quando Young observou avarias em cristais de Fluoreto de Lítio após a irradiação, relacionando esses defeitos a uma fissão. Porém foi a partir da década de 1960 que essa técnica foi desenvolvida para geocronologia, principalmente por Price & Walker (1963), Naeser (1967) e Wagner (1968). A fissão (quebra do átomo pai em dois átomos filhos) de um isótopo produz trilhas de defeitos no sistema cristalino do mineral devido ao deslocamento de átomos vizinhos, o que leva a formação de vazios no retículo. Essa zona de desorganização na rede cristalina do mineral é resultante da passagem de um fragmento de fissão através de sua estrutura (Jelinek *et al.*, 2010). O resultado final de uma fissão dentro do mineral é a formação de uma zona linear e cilíndrica na estrutura cristalina perturbada, conhecida como traços latentes (Baitelli, 1992). Os traços de fissão não possuem uma orientação preferencial e possuem dimensões de menos de 20  $\mu\text{m}$  em comprimento e 3 a 14 nm em largura (Paul & Fitzgerald, 1992).

O método de TFA é baseado no acúmulo desses traços em minerais, formados como resultado do decaimento espontâneo por fissão nuclear do  $\text{U}^{238}$  (Price & Walker, 1963; Felischer *et al.*, 1975). A principal diferença entre a datação por traços de fissão e outros métodos isotópicos convencionais é que o produto analisado é o dano ao retículo cristalino, e não a quantidade de isótopos (Gallagher *et al.*, 1998). Na geologia utiliza-se o isótopo  $\text{U}^{238}$  para datação por traços de fissão em rochas, devido a três propriedades mencionadas por Baitelli (1992):

- $\text{U}^{238}$  possui uma meia-vida de fissão espontânea relativamente curta ( $1 \times 10^6$  anos);

- A sua meia-vida para decaimento alfa é relativamente longa ( $4,5 \times 10^9$  anos);
- É o isótopo mais abundante da natureza, representando cerca de 99,3% do urânio natural existente.

Este isótopo é mais facilmente encontrado na estrutura cristalina de minerais como o zircão, titanita e apatita, sendo esse último o mineral analisado durante o projeto. A apatita,  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3[\text{F}, \text{Cl}, \text{OH}]$ , é o mineral mais estudado e usado na datação por traços de fissão por diversos motivos, como por exemplo ser presença em diversos tipos litológicos; possuir uma distribuição homogênea de urânio em sua estrutura e ter um baixo valor da temperatura de bloqueio, entre  $100^\circ\text{C}$  e  $140^\circ\text{C}$ , permitindo a aplicação do método para investigações de histórias tectônicas e/ou termais (Baitelli, 1992).

A técnica de TFA é amplamente utilizada na termocronologia para reconstruir histórias térmicas de baixa temperatura de rochas ao longo do tempo. Problemas como épocas e taxas de eventos tectônicos, evolução de bacias sedimentares, determinação de idades absolutas de depósitos vulcânicos e evolução da topografia por movimentos isostáticos são algumas das aplicações da técnica de traços de fissão (Jelinek et al., 2010). Os traços latentes (também chamados de fósseis ou espontâneos) podem ser visualizados através de microscopia óptica comum, bastando um tratamento químico na sessão polida. O fato de o método de análise por traços de fissão permitir a datação de eventos térmicos de baixas temperaturas pode ser somado à simplicidade com que essa análise é realizada, poupando custos e tempo.

O método do detector externo é o mais utilizado para realizar datações por traços de fissão (Gleadow, 1981). Esse método (Fig. 6) consiste essencialmente das seguintes etapas para sua realização: A) separação das apatitas através da cominuição da amostra, seguido do uso de líquidos densos (e.g. bromofórmio) e de separador magnético isodinâmico Frantz; B) montagem, polimento e tratamento químico ( $\text{HNO}_3$  5,5 M por vinte segundos a  $20^\circ\text{C}$ ) da pastilha epoxy com cerca de 100 - 200 cristais; C) união ao detector externo e irradiação da pastilha, induzindo fissão artificial do  $\text{U}^{235}$ , a qual fica registrada como traços no detector; D) ataque químico do detector externo; E) análise dos traços em microscópio ótico, tanto nos cristais de apatita quanto no detector externo; F) determinação laboratorial dos conteúdos de cloro e flúor das apatitas; G) integração e interpretação dos dados. A comparação entre os traços de fissão espontâneos ( $\text{U}^{238}$ ) e os traços induzidos no reator ( $\text{U}^{235}$ ) fornece informações sobre a quantidade inicial de urânio na amostra durante sua formação e, conseqüentemente, a idade de formação dos cristais. Através deste método os grãos são datados individualmente, permitindo observar flutuações nas suas idades e a eventual existência de mais de uma população (Jelinek et al., 2010).

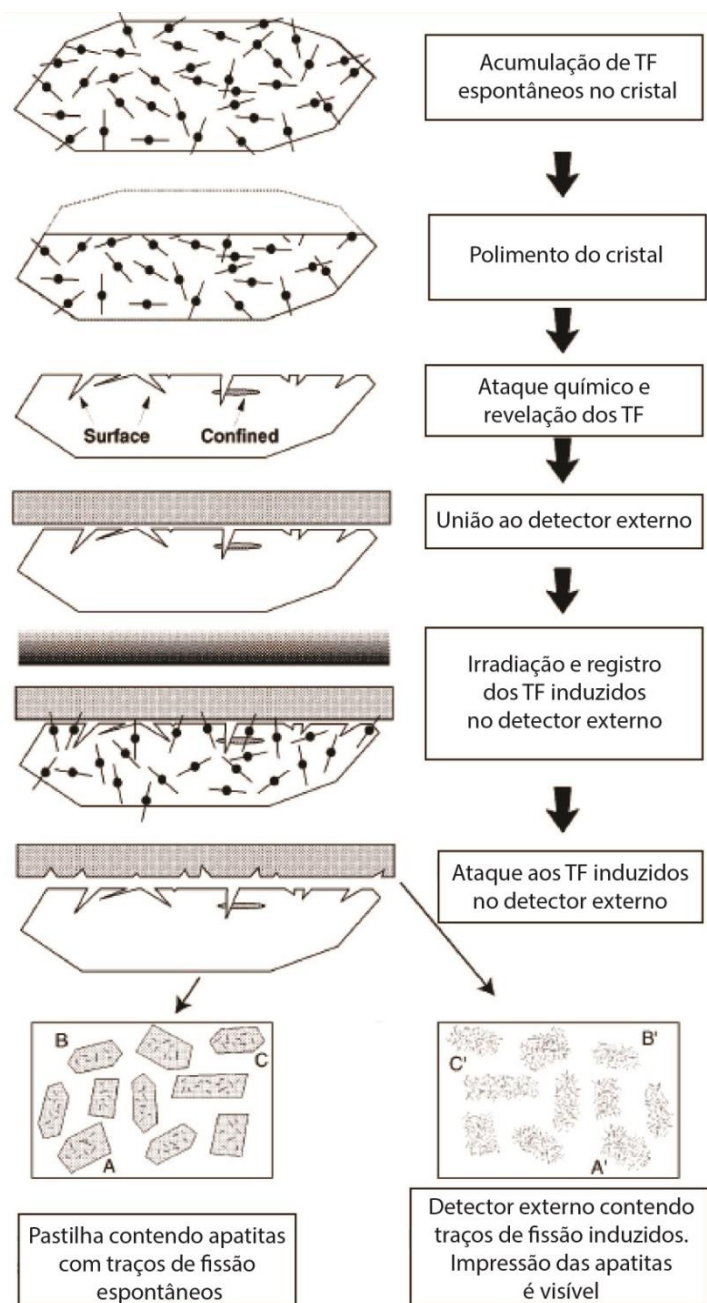


Figura 6: Etapas do método de análise dos traços de fissão em apatitas através do detector externo. Gallagher et al. (1998).

Para a análise de eventos térmicos impostos à rocha estudada, utiliza-se o conceito de *annealing* dos traços de fissão. O *annealing* consiste na diminuição do comprimento, ou encurtamento dos traços de fissão quando submetidos a um aquecimento, sendo dependente quase que exclusivamente da temperatura (Fleischer *et al.*, 1965) (Fig. 7). Todavia o *annealing* também é função da orientação cristalográfica, da composição química da apatita e da pressão de confinamento (Donelick et al., 2005). Através do *annealing* os

traços de fissão podem ser parcialmente ou completamente apagados (Reiners & Shuster, 2009). O *annealing* em apatitas ocorre aproximadamente na janela térmica de 60° e 120°, de maneira que ao analisar o comprimento de diversos traços fósseis podemos inferir a história térmica da rocha hospedeira. Quanto mais tempo o cristal permanece nesse intervalo de temperatura, mais efetivo será o processo de *annealing*, ou seja, menor será o comprimento do traço e mais jovem será a idade fornecida pela análise.

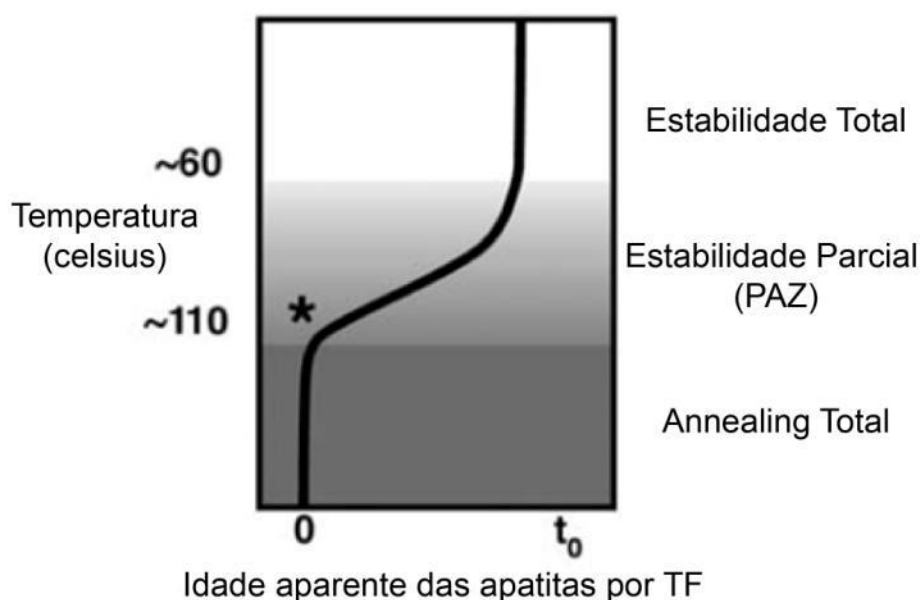


Figura 7: Diagrama esquemático das zonas de estabilidade dos TFA.

O conceito de *annealing* em apatitas pode ser aplicado para desvendar eventos térmicos impostos a uma rocha, como diagênese ou metamorfismo devido ao soterramento, as taxas de soerguimento em regiões com atividade tectônica ou a presença de intrusões adjacentes que modificaram o equilíbrio térmico regional. Apesar de o *annealing* ser extremamente dependente da temperatura, a composição química exerce um importante papel no fenômeno, tendo em vista que dependendo do teor de cloro e flúor nas apatitas a taxa de *annealing* pode ser diferente. Cristais com teor de Cl relativamente altos (>1 - 2 wt%) tendem a sofrer *annealing* mais lentamente, o que pode afetar os resultados finais referentes à história térmica da rocha (Donelick *et al.*, 2005). Considerando isso é importante a determinação do teor de Cl nos cristais, comumente realizado através de microsonda eletrônica.

A análise por microsonda eletrônica é um método não destrutivo para determinação da composição química de uma rocha. Nessa análise utiliza-se de um feixe de elétrons direcionado à amostra para gerar raios-x característicos dos elementos do cristal analisado,

os quais são difratados e contabilizados por detectores, sendo comparados com um padrão. O resultado da análise é um dado quantitativo da composição química do material (Wittke, 2001).

### 3.5.2 Datação U/Pb por LA-ICP-MS

O método de datação por U/Pb utiliza do princípio da meia-vida dos elementos para determinar a idade de formação de uma rocha. A partir dessa meia-vida específica e da quantidade de átomos-filhos encontrados na rocha, é possível calcular-se a idade de formação dos minerais e aprisionamento dos elementos radioativos, assim como a passagem por eventos tectônicos que provoquem o reaquecimento da rocha e a consequente reabertura do sistema. O princípio do método se baseia no decaimento de U e Th para isótopos estáveis de Pb (Geraldes, 2010). Sendo assim, enquanto que o método de TFA utiliza-se dos traços fósseis decorrentes do decaimento, o método de U/Pb analisa a relação da quantidade de isótopos pais e filhos dentro de um cristal.

Nesse projeto a datação U/Pb foi realizada através do método de sonda a laser com espectrômetro de massa a plasma acoplado indutivamente, ou LA-ICP-MS (Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). Análises U/Pb por LA-ICP-MS foram utilizadas pela primeira vez em 1985 e tem sido uma importante ferramenta analítica para as geociências desde então (Feng *et al*, 1993). Esse método converte os átomos dos elementos na amostra em íons, os quais são então separados e detectados pelo espectrômetro de massa. Como cada isótopo de um elemento possui diferentes valores de massa, o método LA-ICP-MS fornece uma informação quantitativa da composição química da amostra analisada. As variações em U e Pb e suas razões podem então ser utilizadas como uma ferramenta de datação das rochas.

As etapas iniciais do método são muito semelhantes as do método de TFA, com cominuição da amostra, separação dos cristais, montagem e polimento das pastilhas, entretanto os minerais-alvo do método são cristais de zircão, e não apatitas. O zircão aceita facilmente a entrada de U em seu retículo em substituição ao Zr, e simultaneamente não aceita a entrada de Pb comum, o que permite interpretar que praticamente todo o Pb presente no zircão é radiogênico, resultado do decaimento de U e Th (Geraldes, 2010). Após a preparação das pastilhas é importante um imageamento individual dos cristais, tendo em vista que os zircões comumente possuem núcleos e bordas de crescimento com diferentes idades, ou domínios de perda de chumbo (Kosler & Sylvester, 2003). Assim busca-se fazer a análise evitando os limites entre tais domínios, a fim de se obter um dado consistente.

A análise em si consiste basicamente na incidência de um feixe de laser sobre uma posição do cristal, num processo chamado *laser ablation* – LA (Fig. 8). A incidência do laser provoca uma perfuração no mineral liberando as partículas da região atingida (Fig. 9). Essa etapa é necessária visto à limitação do ICP-MS em analisar materiais sólidos, sendo necessário a vaporização dos cristais de interesse. Apenas na década de 80 que a combinação dos métodos LA e ICP-MS tornou-se um método popular de análise química (Thomas, 2004). As partículas, então em estado gasoso, são então transportadas para o ICP-MS, onde ocorre uma ionização e separação dos elementos químicos. Os íons então são introduzidos no espectrômetro de massa em um ambiente de vácuo de 1 - 2 Torr, através de dois cones (*sampler* e *skimmer*), onde são separados de acordo com sua razão massa/raio (Thomas, 2004). O processo final consiste em converter os íons em sinais elétricos que são detectados pelo espectrômetro e interpretados através de *softwares* específicos.

A vulnerabilidade dessa técnica diz respeito ao fracionamento entre isótopos de um mesmo elemento e entre U e Pb que resultem em razões diferentes das verdadeiras. Para minimizar esse problema são utilizadas diversas técnicas, entre elas a utilização de um padrão externo previamente datado (Geraldes, 2010). Outro potencial problema é a ocorrência de cristais de zircão herdados, os quais não são provenientes do líquido magmático próprio da rocha analisada, mas sim oriundos de contaminação durante o posicionamento dos corpos, e acabam por resultar em idades mais antigas do que as esperadas.

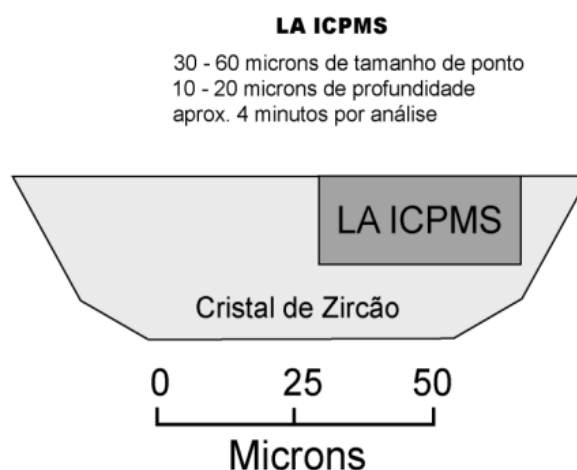


Figura 8: Dimensões geradas pelo feixe de laser em relação ao tamanho do cristal de zircão. Kosler & Sylvester (2003).

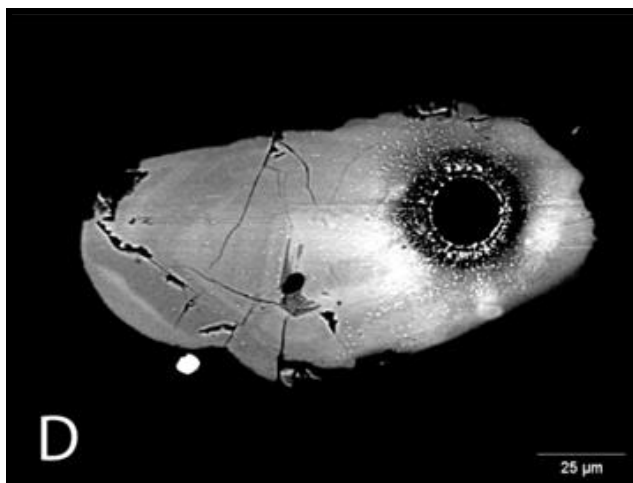


Figura 9: Fotomicrografia de zircão com o furo da posição analisada com LA-ICP-MS.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As técnicas analíticas utilizadas durante o projeto resultaram em diversos produtos que contribuem para uma melhor compreensão do arcabouço do Graben Arroio Moirão. Os resultados estão agrupados de acordo com o método de análise, sendo discutidos no contexto da estrutura separadamente. A integração dos resultados e as considerações finais encontram-se na seção de conclusões do presente trabalho.

### 4.1 Sensoriamento Remoto

A análise por sensoriamento remoto resultou em um mapa de lineamentos (Fig. 10) onde se observa uma densidade maior de lineamentos nas rochas metamórficas (Terreno Tijucas) quando comparadas com as rochas graníticas do Batólito Pelotas. A cobertura sedimentar da Bacia do Paraná apresenta a menor densidade de lineamentos. Nota-se uma densidade de lineamentos especialmente alta na região correspondente ao Domo de Encantadas, onde está situada a cidade de Santana da Boa Vista. Tendo em vista que o Terreno Tijucas é a unidade mais antiga da região, pode-se interpretar que o maior número de lineamentos nesse terreno é decorrente da maior quantidade de eventos deformacionais aos quais ele foi submetido no decorrer do tempo geológico.

Para a análise estatística os lineamentos foram separados em três domínios: rochas metamórficas (Fig. 11), rochas ígneas (Fig. 12) e cobertura sedimentar (Fig. 13), e então contabilizados, resultando em diagramas de roseta de (A) frequência e de (B) comprimento das feições lineares em cada domínio.



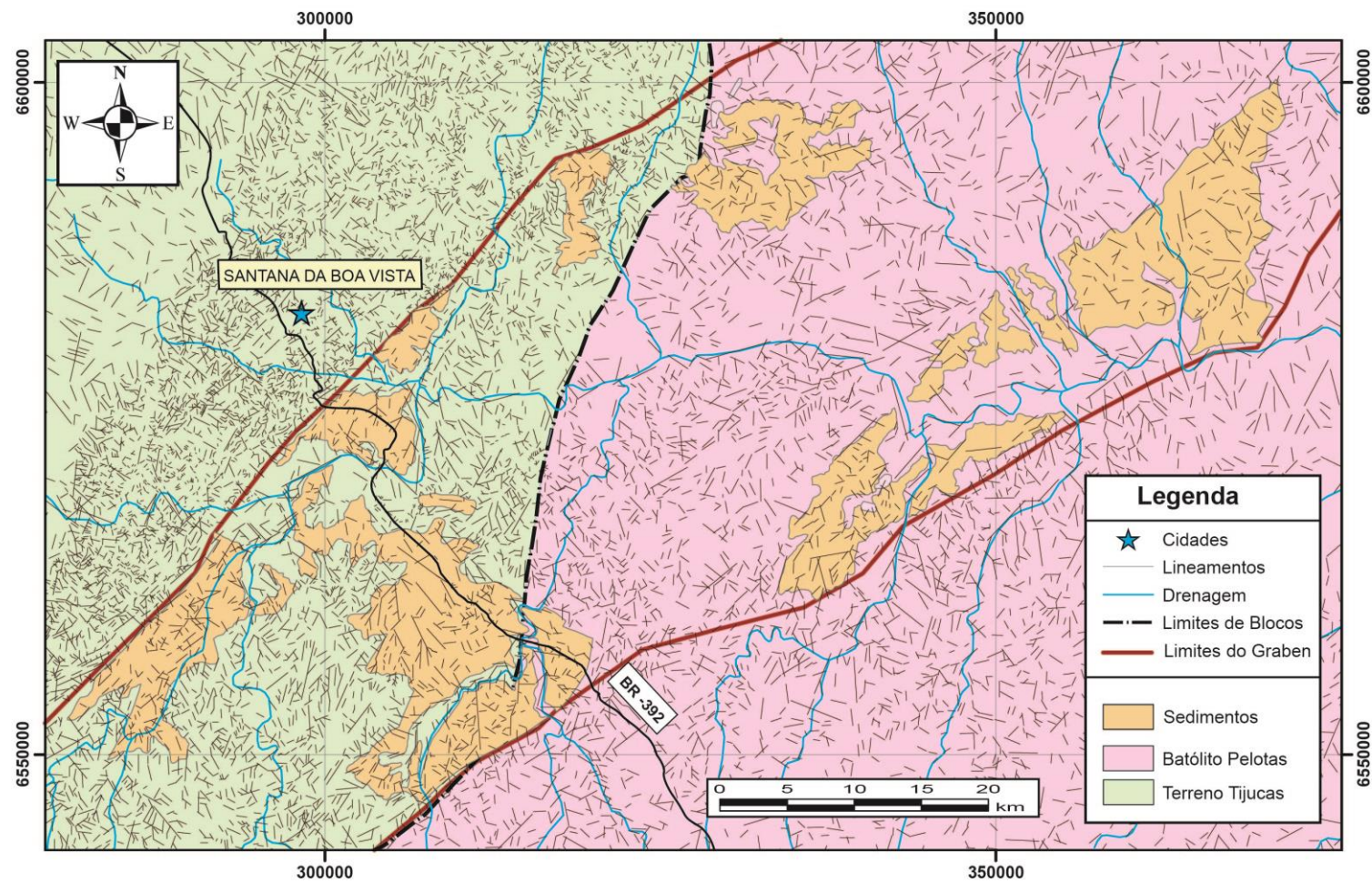


Figura 10: Mapa de lineamentos estruturais identificados através de sensoriamento remoto.

## ROCHAS METAMÓRFICAS

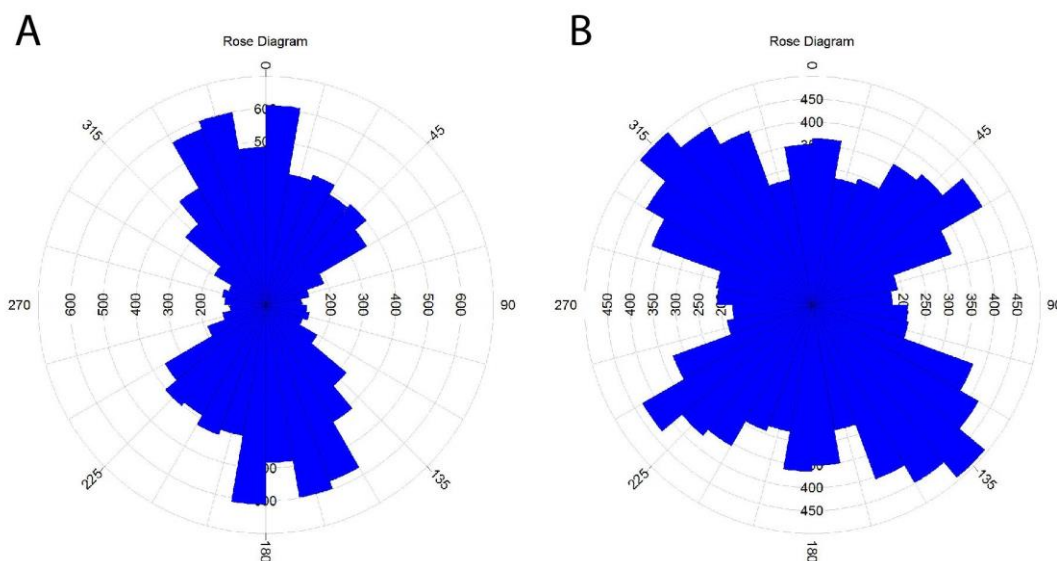


Figura 11: (A) Diagrama de frequência dos lineamentos e (B) diagrama de comprimento dos lineamentos no Terreno Tijucas.

Os lineamentos exibidos nos diagramas da figura 11, correspondentes aos do embasamento metamórfico (Terreno Tijucas), revelaram uma direção preferencial aproximadamente N-S, variando entre N10°E e N15-30°W (Fig. 11A), com espalhamento na distribuição de mais de 90°. O diagrama de roseta do comprimento dos lineamentos (Fig. 11B) demonstra que os mais contínuos possuem direção N45°W, com ampla variação entre N30-60°W. De modo subordinado, observa-se lineamentos N60°E, variando entre N50-70°E, sugerindo a presença de falhas com estas direções. As direções observadas no diagrama de frequência sugerem representar majoritariamente as principais direções de fraturamento, enquanto o diagrama de roseta de comprimento sugere a presença de falhas e suas direções.

## ROCHAS ÍGNEAS

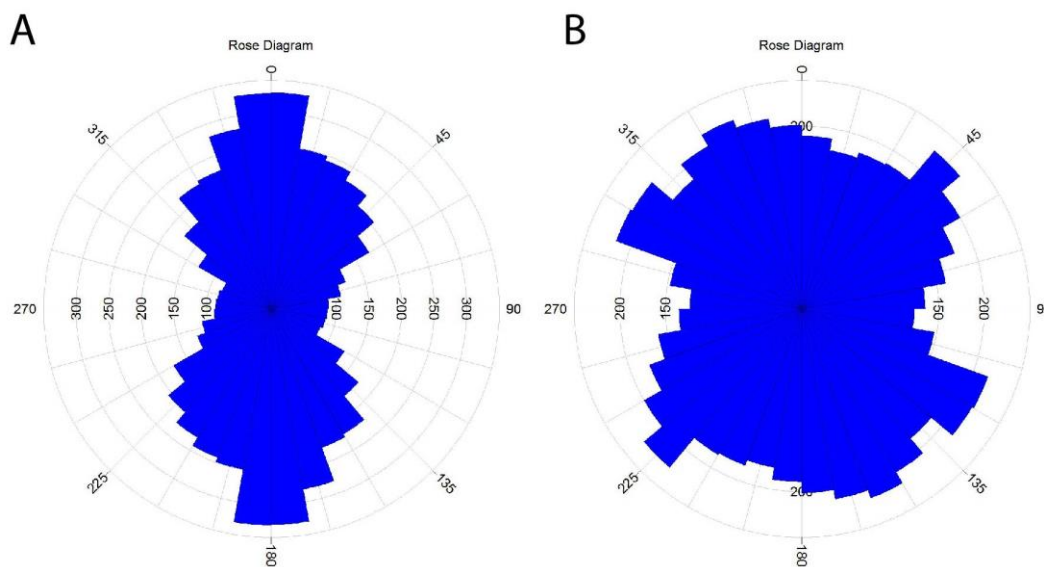


Figura 12: (A) Diagrama de frequência dos lineamentos e (B) diagrama de comprimento dos lineamentos nos granitóides do Batólito Pelotas.

O diagrama de frequência dos lineamentos nas rochas ígneas na figura 12A mostra um forte predomínio de lineamentos com direção N-S, com variações entre N30°W e N30°E, apresentando um com espalhamento semelhante ao das rochas metamórficas. O diagrama de roseta do comprimento dos lineamentos (Fig. 12B) mostra que os mais contínuos tendem a possuir uma direção N60°W e N45°E, com ampla variação entre estes valores, visto que existe quase que uma homogeneidade em relação ao comprimento dos lineamentos, independente da direção dos mesmos. Como anteriormente, as direções observadas no diagrama de frequência sugerem representar principalmente as principais direções de fraturamento, enquanto o diagrama de roseta de comprimento sugere a presença de falhas com estas direções.

## ROCHAS SEDIMENTARES

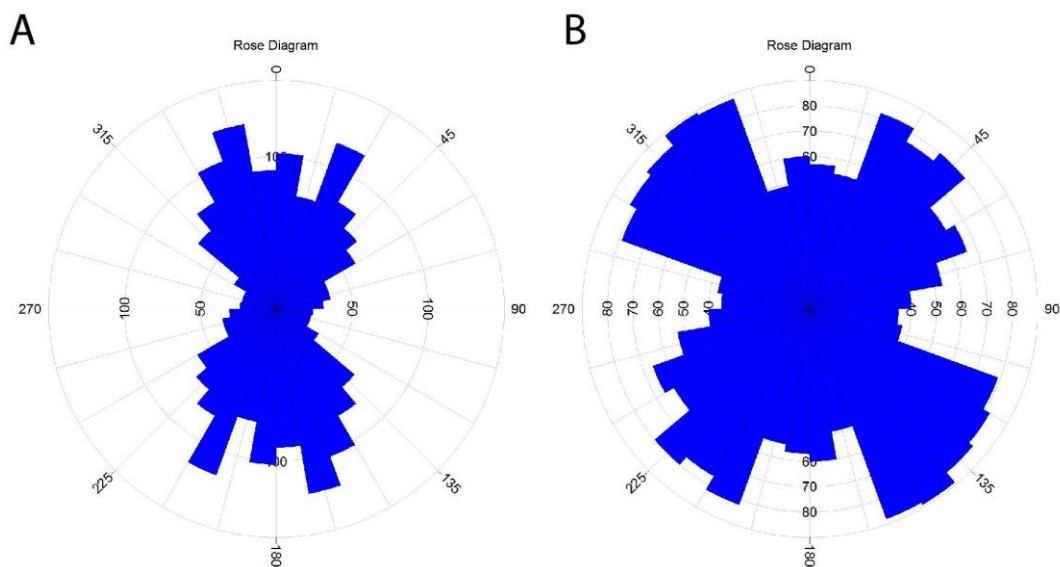


Figura 13: (A) Diagrama de frequência dos lineamentos e (B) diagrama de comprimento dos lineamentos nas rochas sedimentares da Bacia do Paraná.

As rochas sedimentares apresentam uma densidade muito baixa de lineamentos e um padrão muito semelhante ao das rochas metamórficas. Observa-se uma frequência maior de lineamentos com direção N-S (Fig. 13A) e uma variação entre N30°W e N30°E. Da mesma maneira que nas rochas metamórficas, os lineamentos mais extensos nas rochas sedimentares são aqueles com direção entre N30-70°W e N30-45°E, como pode ser visto na figura 13B.

Os diagramas de roseta nas três unidades mostram que a maior frequência dos lineamentos na região estudada possui uma orientação preferencial N-S. Essa tendência preferencial é atribuída à existência de falhas subordinadas e fraturas, em sua maior parte de pequena extensão, associadas com a zona de influência da Falha Passo do Marinheiro, de orientação N-S e que atravessa o graben.

Observa-se também que os lineamentos mais extensos estão orientados segundo as direções N30-70°W e N30-45°E. O graben é delimitado pelas zonas de falha Dom Feliciano e Açotéia-Piquiri, bem como é afetado por outras falhas com direções entre NE-SW, que originam estruturas de grande extensão e continuidade, o que explica os maiores lineamentos com essa orientação. Os lineamentos de direção NW-SE podem ser relacionados a outras falhas de grande extensão que afetam o escudo Sul-rio-grandense, como por exemplo as Zonas de Falha Jaguari-Mata e Ibaré, e conseqüentemente as rochas presentes no graben. Por fim pode-se afirmar que o Graben Arroio Moirão é uma estrutura

controlada por falhas com orientação NE-SW, mas também é afetado por alguns grandes lineamentos NW-SE e por diversos pequenos lineamentos N-S (Fig. 14). Além disso, interpreta-se que a semelhança entre os diagramas de lineamentos das rochas metamórficas e graníticas e da cobertura sedimentar deve-se ao fato de que os sedimentos acabam por herdar as estruturas do embasamento e apresentam assim o mesmo padrão de falhamento.

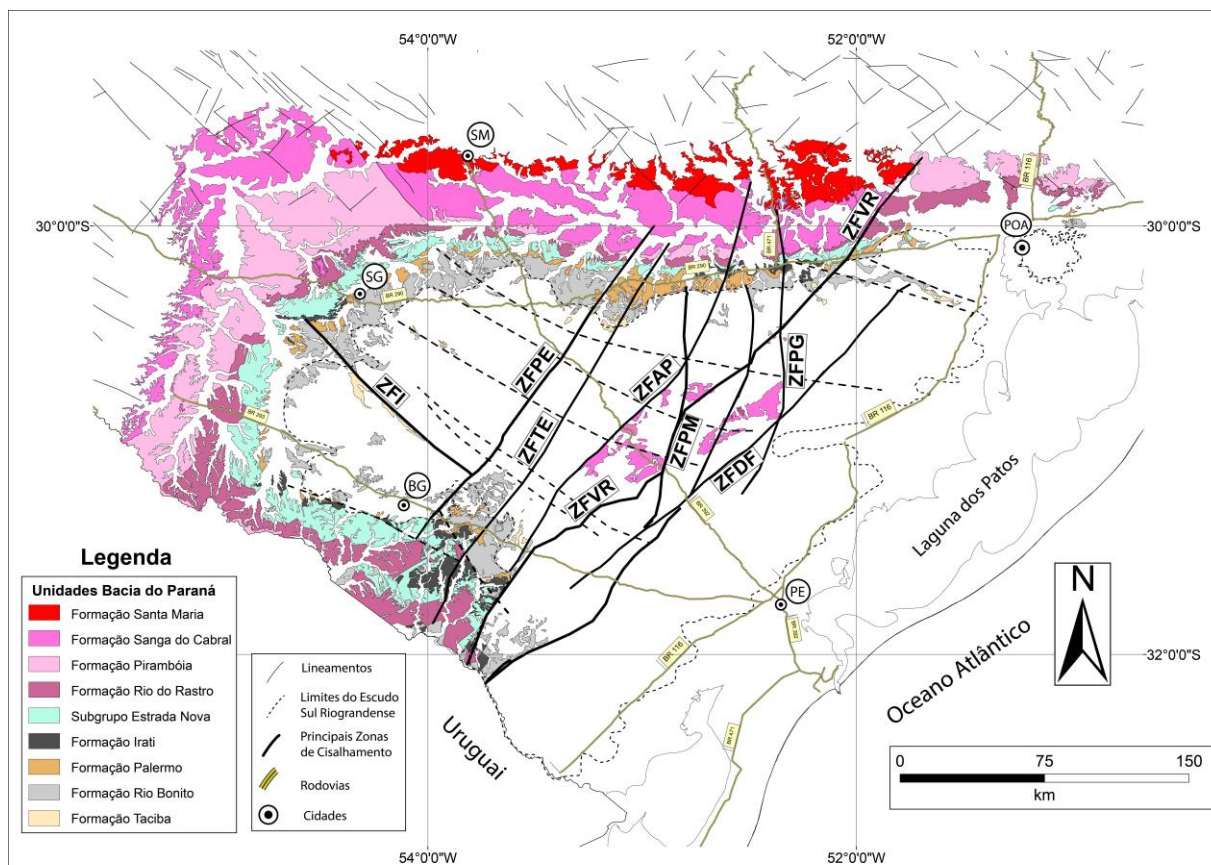


Figura 14: Contexto estrutural do Graben Arroio Moirão, delimitado ao oeste pela Zona de Falhas Açotéia-Piquiri (ZFAP) e ao leste pela Zona de Falhas Dom Feliciano (ZFDF). Principais zonas de falha: ZFI- Zona de Falha Ibaré, ZFPE- Zona de Falha Passo dos Enforcados, ZFTE- Zona de Falha Tapera-Emiliano, ZFVR- Zona de Falha Vigia-Roque, ZFPM- Zona de Falha Passo do Marinheiro, ZFPG- Zona de Falha Pantano Grande. Fonte: Philipp et al. (2015).

## 4.2 Geologia de Campo

Durante a etapa de campo foram descritos vinte e oito afloramentos, em sua maioria cortes de estrada, ocasionalmente pedreiras e saibreiras, cujos dados principais encontram-se compilados de na tabela 1. Além desses dados, foram coletadas amostras para as análises geocronológicas e dados estruturais que auxiliaram na confecção do mapa (Fig. 15) e da seção geológica (Fig. 21) do Graben Arroio Moirão. As unidades geológicas encontradas na seção e afloramentos visitados são descritas e ilustradas abaixo de acordo com as anotações de campo.

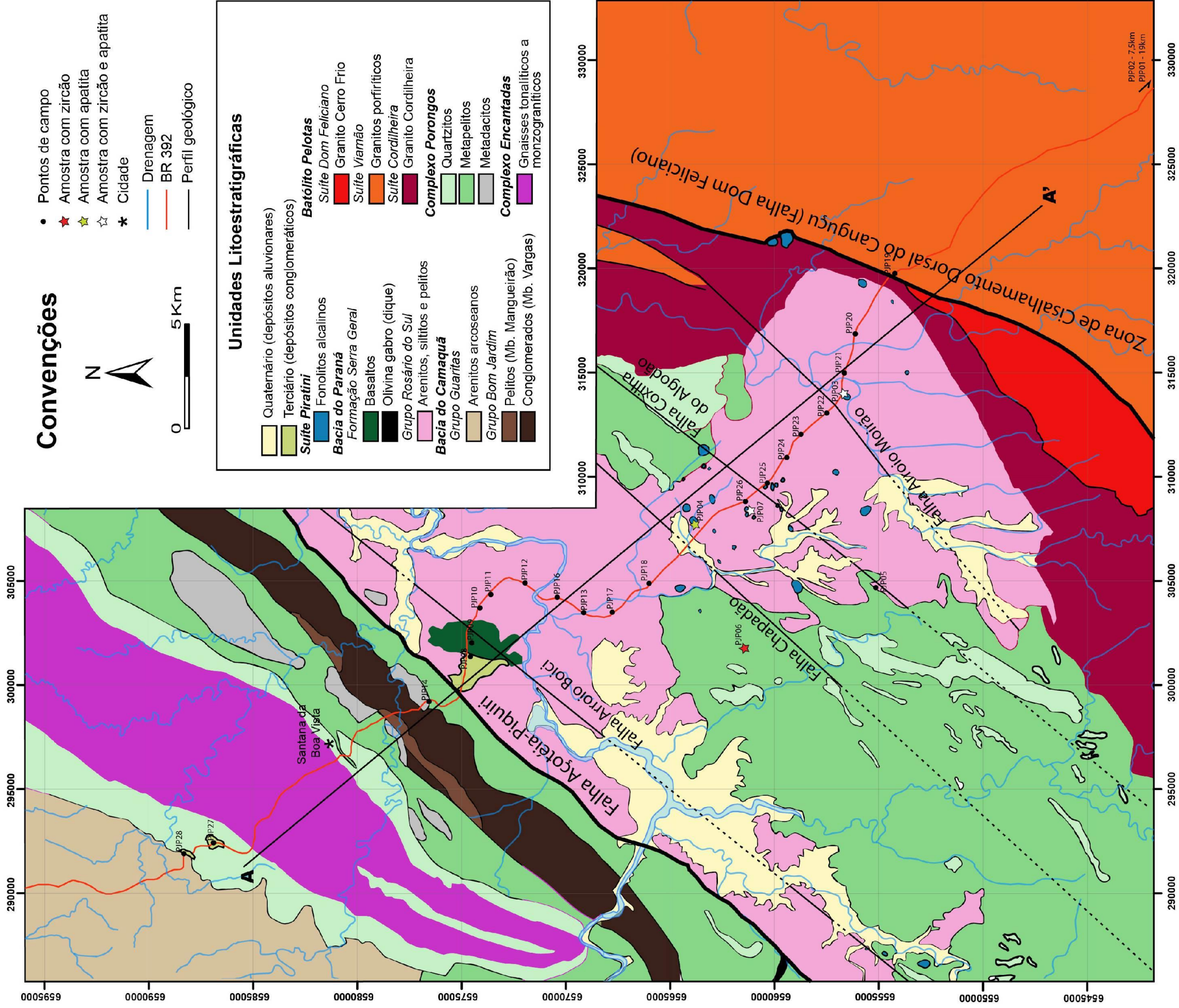


Figura 15: Mapa geológico de detalhe do Graben Arroyo Moirão.

#### 4.2.1 Geologia das Unidades

O Complexo Porongos ocorre como embasamento das rochas do Grupo Rosário do Sul e constitui a principal unidade litoestratigráfica dentro do Graben Arroio Moirão. São identificados espessos pacotes de metapelitos (mica xistos) contendo intercalações de 25 cm a 1 m de camadas de muscovita xistos e quartzitos, muito alterados.

O Granito Canguçu constitui um corpo alongado segundo a direção NE-SW ocorrendo a leste da área do graben. É composto por um sienogranito equigranular de cor rosa, estrutura maciça, composto por Kf (60%), qtz (25%), plag (10%) e bt (3%).

O Granito Coxilha do Fogo constitui um corpo alongado segundo a direção NE-SW ocorrendo associado ao Granito Canguçu a leste da área do graben. Esta unidade é composta por monzogranito porfírico de cor cinza com fenocristais prismáticos euédricos rosados de Kf (30%) com até 3 cm, imersos em matriz equigranular hipidiomórfica média com qtz (30%), plag (25%), bt (7%) e minerais acessórios como titanita.

As unidades do Grupo Rosário do Sul constituem as principais litologias que ocorrem no interior da estrutura interna do graben. Foram identificadas rochas das Formações Sanga do Cabral e Santa Maria em afloramentos do tipo corte de estrada. Ambas formações apresentam e fraturas e falhas de cisalhamento que afetam as direções de acamamento originais. A Fm. Sanga do Cabral é composta por arenitos arcoseanos alaranjados, com tamanho de grão de finos a médios, arredondados, dispostos em camadas tabulares plano-paralelas e maciças, mas por vezes com estratificação cruzada incipiente. Ocorrem localmente níveis de siltito com até 10 cm ou de arenito grosso. A Fm. Santa Maria está representada pelos Membros Alemoa e Passo das Tropas, o primeiro composto exclusivamente por pelitos de cores avermelhadas e o segundo mostrando uma intercalação de siltitos, arenitos arcoseanos finos e arenitos grosso a arenitos conglomeráticos, de cor rosa a vermelhos, com camadas tabulares plano-paralelas, em sets de até 40 cm em média, podendo alcançar até 1 m, e níveis menores na base de arenitos conglomeráticos com seixos de quartzo leitoso arredondados de até 5 cm.

A Fm. Passo das Carretas (correlata a Fm. Serra Geral) ocorre em uma pequena área próxima ao limite oeste do graben, em corte de estrada e saibreira. Ela é caracterizada por basalto afanítico a porfírico com poucos fenocristais de plagioclásio ripiformes com tamanhos inferiores a 1 mm, com estrutura de fluxo regular e contínua, definida por fraturas subhorizontais curvilíneas. De cor marrom avermelhada, tem exposições muito alteradas e com diaclasamento subvertical.

A Suíte Piratini ocorre como pequenos corpos do tipo *neck* no interior do graben, facilmente identificados devido a uma vegetação mais densa em suas áreas, aflorando como



pequenos blocos e lajeados muito fraturados na superfície dos corpos. Foram visitadas três diferentes ocorrências, as quais em comum eram caracterizadas por fonolitos porfiríticos com fenocristais (5-10%) de granada subédrica castanho avermelhada menores que 1 mm, e de feldspatóides euédricos esbranquiçados menores que 3 mm, imersos em matriz equigranular muito fina de cor cinza a castanho.

As rochas sedimentares do Terciário afloram na região oeste, dentro e fora do graben, em cortes de estrada BR-392 e estradas vicinais. Estas rochas correspondem a conglomerados polimíticos matriz suportados, com estrutura maciça a plano-paralela, comumente entre 5-10 cm, mas podendo chegar até 50 cm. Os clastos correspondem a 35-40% da rocha e possuem composição variada, de gnaisses, granitóides, rochas vulcânicas e sedimentares, e até mesmo quartzo leitoso. A matriz é composta de silte, areia fina e pequenos litoclastos.

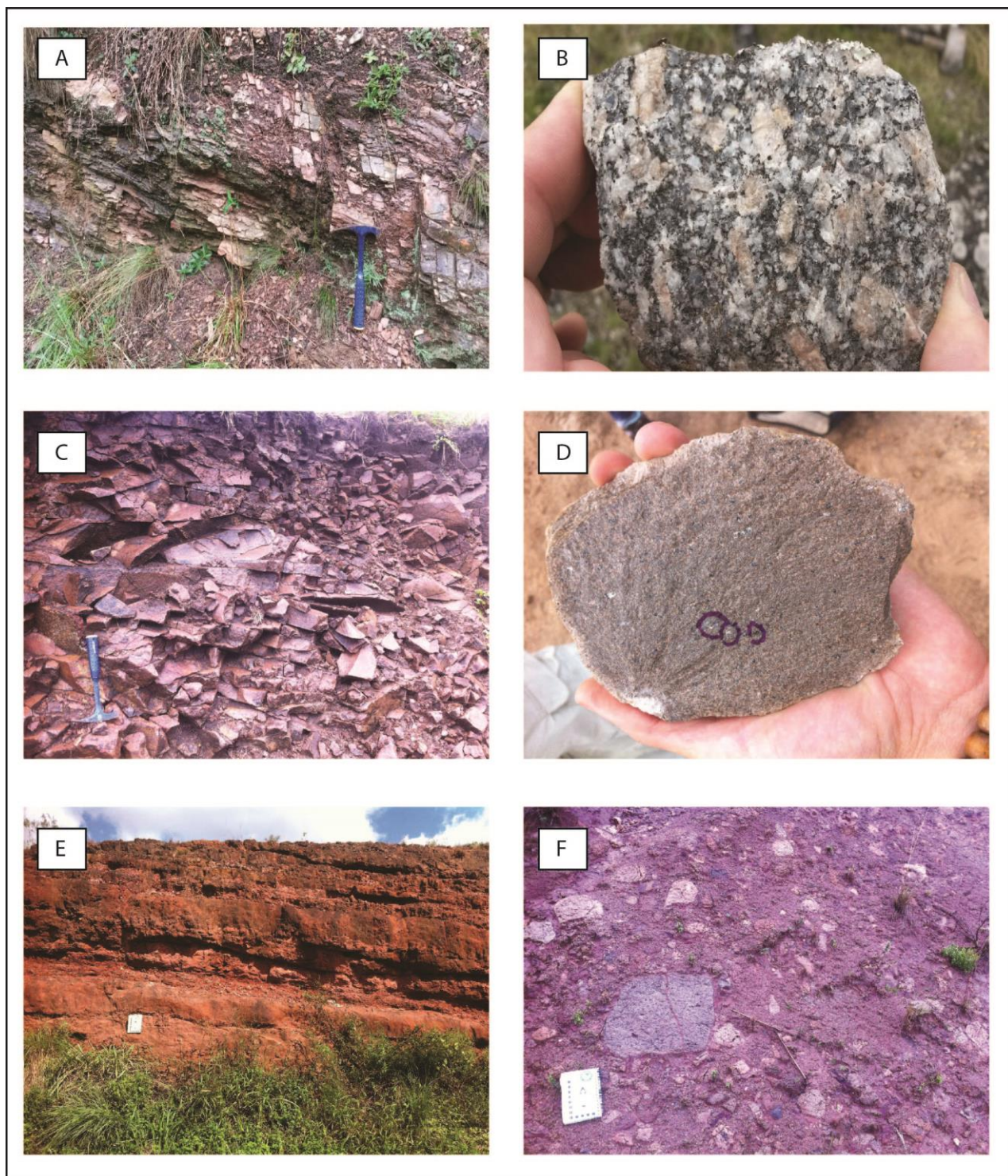


Figura 16: Fotografias de litologias encontradas no interior do graben: A) Complexo Porongos, B) Granito Coxilha do Fogo, C) Formação Serra Geral, D) Suíte Piratini, E) Grupo Rosário do Sul (Fm. Sanga do Cabral) e F) Sedimentos do Terciário.

#### 4.2.2 Geologia Estrutural

No que se refere à geologia estrutural, o graben é delimitado pelas zonas de falha Açotéia-Piquiri e Dom Feliciano, sendo afetado internamente pela Zona de Falha Passo do Marinheiro (Fig. 14). A partir dos dados de campo e sensoriamento remoto foram identificadas falhas normais e transcorrentes no interior do graben todas com orientação NE-SW e denominadas Falha Arroio-Boici, Sistema de Falhas Chapadão, Sistema de Falhas Coxilha do Algodão e Falha Arroio Moirão (Fig. 15).

Os dados coletados em campo revelaram que as rochas presentes no interior do graben, especificamente as rochas do Grupo Rosário do Sul, que é a unidade litoestratigráfica mais exposta, possuem uma ampla variação na direção de acamamento. As camadas da Fm. Sanga do Cabral, por exemplo, tendem a ser sub-horizontais e apresentam mergulho para todos os quadrantes, como pode ser visto na figura 17, onde estão representados os planos de acamamento dessa formação. Atribui-se essa variação à presença das falhas normais e transcorrentes que afetam os sedimentos dessa unidade dentro do graben, modificando as posições originais de deposição das rochas. Foram identificadas principalmente falhas de movimento normal (Fig. 18), as quais causam rotação e movimentação diferencial de blocos, sendo observados espelhos de falhas normais nos pontos PJP 18 e PJP 24, como pode ser visto na figura 16. Algumas falhas de movimento transcorrente (Fig. 19) também foram identificadas no graben, tanto nos depósitos sedimentares do Grupo Rosário do Sul quanto no Granito Coxilha do Fogo, possuindo orientação preferencial E-W.

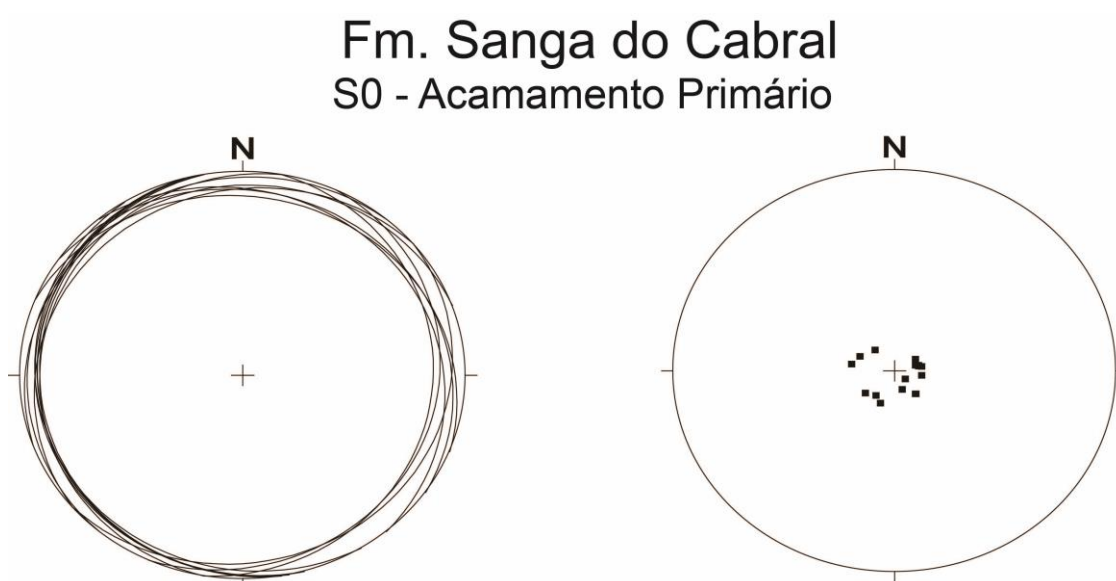


Figura 17: Acamamento deposicional da Fm. Sanga do Cabral, com planos sub-horizontais mergulhando para todos os quadrantes.

### Falhas Normais

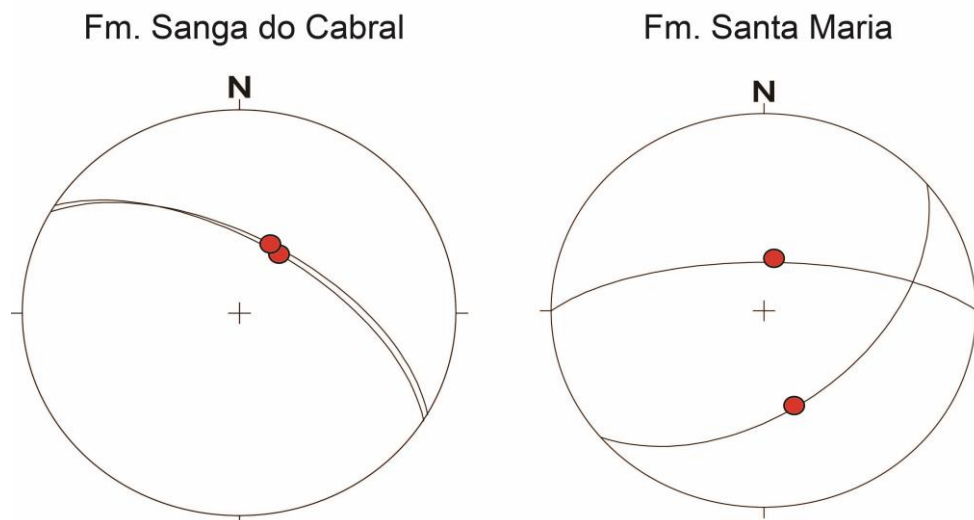


Figura 18: Diagramas das falhas normais presentes no Grupo Rosário do Sul, mostrando falhas de direção NW-SE e falhas NE-SW. Estrias estão representadas por círculos vermelhos.

### Falhas Transcorrentes

Fm. Santa Maria      Granito Coxilha do Fogo

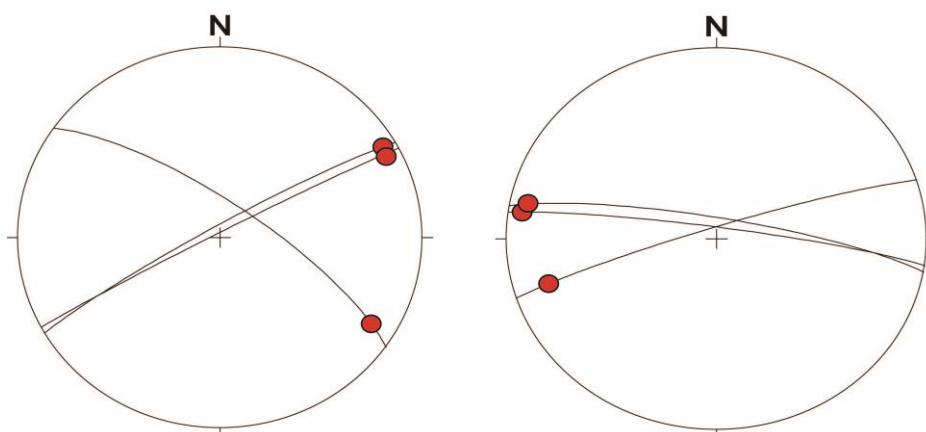


Figura 19: Diagramas das falhas transcorrentes identificadas na área de estudo, revelando no caso da Formação Santa Maria dois sistemas de falhas provavelmente associados de direção NW-SE e NE-SW uma orientação preferencial E-W para as zonas de cisalhamento dúcteis do Granito Coxilha do Fogo.

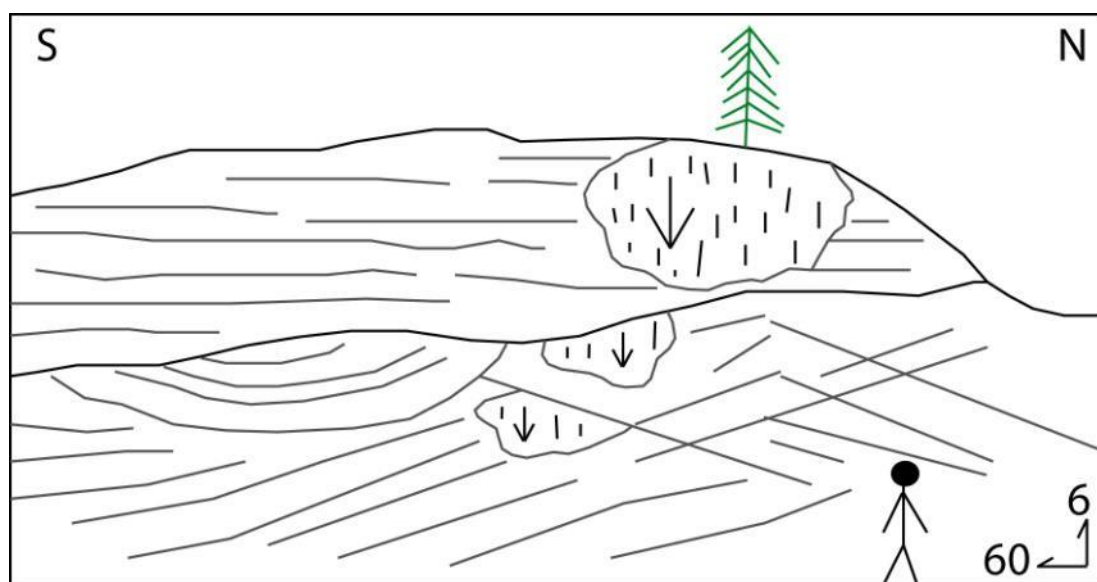


Figura 20: Foto e croqui de arenitos com estratificação plano-paralela no topo e cruzadas incipientes na base. Fm. Sanga do Cabral, em corte de estrada do ponto PJP 24, destacando espelhos de falha com estrias de falha normal.

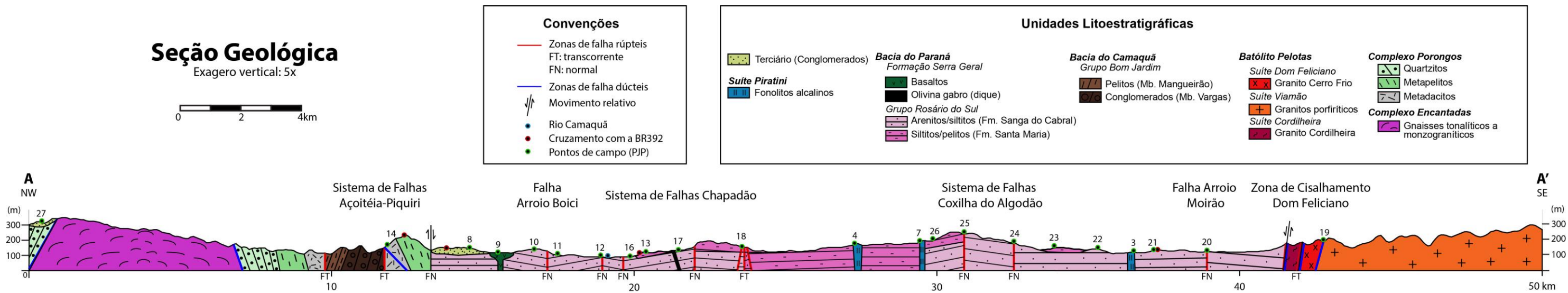


Figura 21: Seção geológica perpendicular ao Graben Arroio Moirão, em perfil próximo a BR 392.

### 4.3 Petrografia

Foi realizado o estudo petrográfico de três amostras de fonolitos da Suíte Piratini. As descrições completas, junto com fotomicrografias da mineralogia, pode ser consultada nos apêndices deste trabalho. São ressaltadas aqui apenas as características comuns às rochas analisadas.

As três lâminas petrográficas estudadas foram classificadas como fonolitos e fonolitos peralcalinos, e apresentam textura porfirítica e traquítica. Os fenocristais não ultrapassam 4,5 mm e correspondem a menos de 20% da rocha total, sendo contornados por uma matriz de micrólitos com uma estrutura de fluxo magmático (traquítica). É comum a presença de melanita equidimensional euédrica nos fonolitos, um tipo de granada típica de líquidos magmáticos subsaturados. Também foram identificados fenocristais prismáticos de feldspatóides do tipo noseana e nefelina, assim como cristais euédricos do piroxênio aegirina e de feldspato alcalino do tipo sanidina. A matriz é composta por microcristais de feldspatóides tabulares, granadas e piroxênios, os quais marcam a direção de fluxo.

### 4.4 Traços de Fissão em Apatitas

As análises por traços de fissão em apatita (TFA) foram prejudicadas neste projeto em virtude de riscos previamente assumidos. O primeiro problema enfrentado foi a quantidade reduzida de apatitas presentes nos fonolitos da Suíte Piratini, o que comprometeu estatisticamente os resultados obtidos. Sabia-se de antemão que as apatitas de rochas subvulcânicas poderiam ser escassas, e pior ainda, com defeitos cristalinos ou inclusões, fato que se comprovou e tornou difícil obter um bom resultado na análise por TFA. Somado a isso tivemos que trabalhar com um prazo bastante reduzido, em função das épocas de funcionamento do reator nuclear e a distância que estamos do mesmo. O reator utilizado é em Munique, Alemanha; considerado um reator bastante seguro para realizar este tipo de análise em função de ter um fluxo de nêutrons constante. Apesar das dificuldades acima expostas, foram obtidos resultados em três amostras: em dois fonolitos, mas com uma estatística reduzida, e em uma rocha do embasamento, o Granito Coxilha do Fogo, que apresentou dados bastante consistentes. O resumo dos dados e calibrações referentes às análises por TFA deste estudo podem ser visualizados na tabela 2.

Idades TFA representam a idade de resfriamento das amostras entre as temperaturas de 110°C e 60°C. Quando se analisam rochas do embasamento, frequentemente estas idades estão associadas a soerguimento tectônico e isostático. No

caso de serem analisadas apatitas de rochas vulcânicas, cujo resfriamento é muito rápido, a idade obtida corresponde ao posicionamento dos corpos subvulcânicos no interior do graben. A idade central obtida para os fonolitos é de  $86,8 \pm 7,7$  Ma (PJP-03,  $n = 8$ ) e  $134,2 \pm 23,4$  Ma (PJP-04,  $n = 5$ ). Embora estas idades tenham sido geradas a partir de poucos cristais analisados, o teste de  $\chi^2$  é bastante alto, ficando evidente que todos os grãos pertencem a uma única população de idades. Estudos anteriores atribuem uma idade entre 99-76 Ma (K-Ar) para o magmatismo alcalino dessa suíte (Barbieri et al., 1987), o que corrobora a idade TFA obtida na amostra PJP-03. A idade obtida para a amostra PJP-04 apresenta uma idade mais antiga. Porém, tendo-se em vista que a idade foi obtida apenas a partir de cinco cristais, devemos tomá-la com parcimônia. O ideal seria realizar uma nova análise neste corpo, para determinar a idade de colocação dos fonolitos no interior do graben e possíveis movimentações posteriores sofridas por esses corpos magmáticos.

A amostra do granito Coxilha do Fogo (PJP-02), situado no bloco leste do graben, forneceu uma idade central de  $146,6 \pm 7,4$  Ma, a partir de 20 cristais datados; o que é considerado estatisticamente perfeito para uma amostra de embasamento, com uma única população de idades. Esse mesmo granito foi datado através do método U-Pb em zircão com o uso do LA-ICP-MS, onde obteve-se uma idade de  $620,5 \pm 7,3$  Ma, como pode ser visto na próxima seção desse trabalho. A idade TFA de 147 Ma é aqui correlacionada à época de reativações da Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu (ZCDC) que acompanharam a separação do supercontinente Gondwana e antecederam ao extenso vulcanismo da Formação Serra Geral. Essas reativações podem ter exercido um controle final sobre a estruturação do graben Arroio Moirão, gerando um horst no flanco leste do graben, correspondente ao Batólito Pelotas.

Dados de TFA obtidos por Schadeck (2008) para a região de Santana da Boa Vista, no horst que limita o bloco oeste do graben, fornecem idades de 110 Ma. Considerando-se a margem de erro de uma idade TFA, os dados de Schadeck podem ser correlacionados aos obtidos pelo presente trabalho para definir a idade de estruturação final do Graben Arroio Moirão. Com a formação de dois horsts, um a oeste da Falha Açotéia-Piquiri e um a leste da Zona de Cisalhamento Dom Feliciano (ou ZCDC), pode-se interpretar que o Graben Arroio Moirão sofreu seus últimos estágios de estruturação entre 145 - 110 Ma. O horst oeste (Santana da Boa Vista) apresenta as idades TFA mais jovens de acordo com Schadeck (2008), o que indica que movimentações tectônicas na região persistiram até períodos mais recentes, enquanto que as movimentações das falhas no limite leste do graben, junto ao Batólito Pelotas, cessaram antes.

Para um modelamento termo-tectônico do graben mais refinado, seria necessário um estudo com TFA em outras rochas do interior da estrutura, além dos fonolitos. Com um



banco de dados de TFA mais volumoso, com dados de dentro do graben, pode ser possível estimar taxas de denudação e soerguimento dos diferentes blocos. Busca-se no futuro obter esses novos dados, de maneira a criar um modelo robusto de estruturação do graben.

**Tabela 2.** Resumo dos dados de traços de fissão em apatita.

<b>Amostra</b>	<b>Litologia</b>	<b>Lat.</b>	<b>Long.</b>	<b>Elevação</b>	<b>N</b>	<b><math>\rho_s</math> (Ns)</b>	<b><math>\rho_i</math> (Ni)</b>	<b><math>\rho_d</math> (Nd)</b>	<b>Idade Central</b>	<b>P (<math>\chi^2</math>)</b>	<b>Disp.</b>	<b>U Content</b>
		<b>S</b>	<b>E</b>	<b>(m)</b>		<b>(<math>\times 10^5</math>)</b>	<b>(<math>\times 10^5</math>)</b>	<b>(<math>\times 10^5</math>)</b>	<b><math>\pm 1\delta</math> (Ma)</b>	<b>(%)</b>		<b>(ppm)</b>
<b>PJP-02</b>	granitóide	331557	6534321	412	20	30,832 (1853)	25,657 (1542)	8,138 (16276)	146,6 $\pm$ 7,4	38	0.07	35.5
<b>PJP-03</b>	fonolito	313945	6556788	128	8	11,947 (270)	16,858 (381)	8,138 (16276)	86,8 $\pm$ 7,7	52.0	0.1	21.6
<b>PJP-04</b>	fonolito	307789	6563772	129	5	7,423 (72)	6,701 (65)	8,138 (16276)	134,2 $\pm$ 23,4	73	0	9

N: número de grãos analisados datados;  $\rho_s$ : densidade de traços espontâneos; N<sub>s</sub>: n° de traços espontâneos;  $\rho_i$ : densidade de traços induzidos; Ni: n° de traços induzidos;  $\rho_d$ : densidade de traços no detector externo do dosímetro; Nd: n° de traços contados para determinar  $\rho_d$ ; P ( $\chi^2$ ): probabilidade de  $\chi^2$  para n graus de liberdade (n = n° de cristais -1);

\* Idades traços de fissão em apatita calculadas usando zeta de 300,9 para dosímetro CN5.

#### 4.5 Análise U/Pb em Zircão

A datação por U/Pb em zircão foi realizada em quatro das amostras coletadas: dois fonolitos da Suíte Piratini e nos Granitos Canguçu (PJP 01 - Suíte Dom Feliciano) e Coxilha do Fogo (PJP 02 - Suíte Viamão). Foram datados 13 zircões do Granito Canguçu e 13 zircões do Granito Coxilha do Fogo, os quais podem ser visualizados, com a posição dos *spots* de análise, na figura 22.

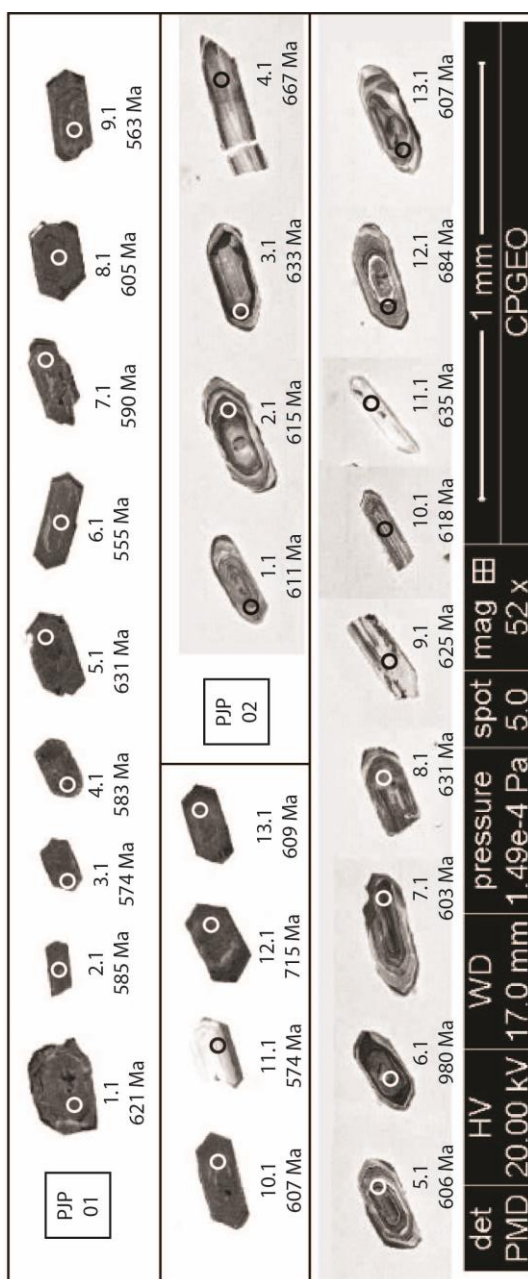


Figura 22: Imagens de catodo-luminescência mostrando a forma e o padrão de zonação dos zircões dos Granitos Canguçu (PJP 01) e Coxilha do Fogo (PJP 02), com as posições de análise marcadas por círculos e as suas idades correspondentes.

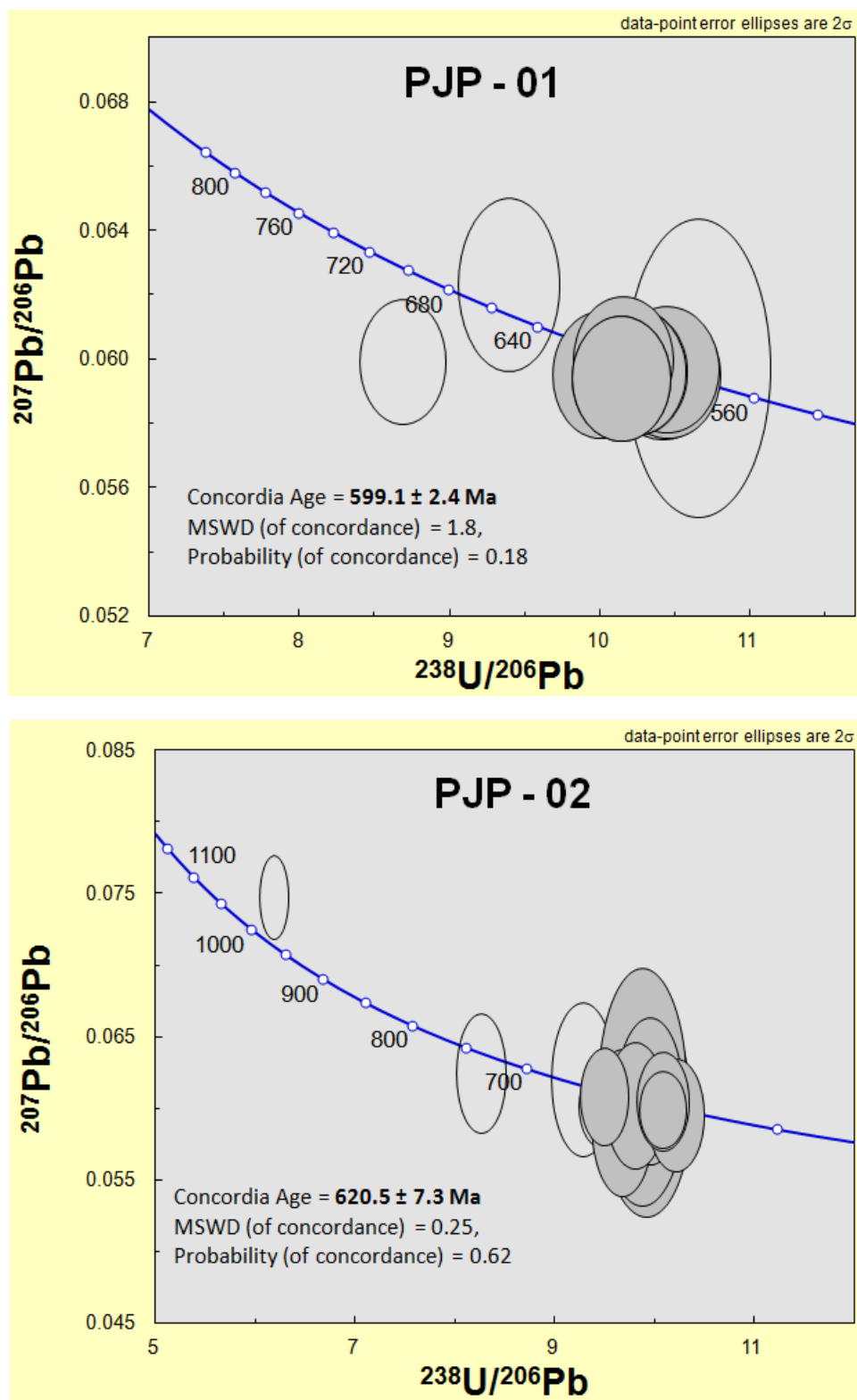


Figura 23: Diagrama concórdia do Granito Canguçu (PJP 01) e do Granito Coxilha do Fogo (PJP 02).

A análise dos zircões do Granito Canguçu (PJP 01) revelou uma idade de cristalização de  $599,1 \pm 2,4$  Ma, enquanto que a análise dos zircões do Granito Coxilha do Fogo (PJP 02) definiu uma idade de cristalização de  $620,5 \pm 7,3$  Ma (Fig. 23). Os zircões datados para cada amostra apresentaram resultados consistentes e com uma margem de erro diminuta, sendo assim confiáveis e inéditos para esses granitos. As idades encontradas para o magmatismo corroboram os dados já existentes na bibliografia e que atribuem uma idade entre 650 e 550 Ma para as suítes graníticas do Batólito Pelotas.

Em contrapartida, a análise nos fonolitos da Suíte Piratini mostrou-se complexa desde a seleção dos zircões. Foram poucos os zircões encontrados nas amostras coletadas em campo, e as análises apresentaram uma alta dispersão de idades. Os zircões que foram datados, assim como a posição do feixe laser da análise, podem ser visualizados na figura 24. Não foram identificados zircões próprios dos fonolitos, e todos os cristais analisados são herdados das rochas encaixantes e apresentam idades correlatas com a geologia local do graben. As idades em torno de 2,0 Ga podem ser correlacionadas com as idades obtidas por Soliani Jr (1986) e Hartmann et al. (2003) para os ortognaisses do Complexo Encantadas, situados no Terreno Tijucas. As idades próximas a 600 Ma provavelmente derivem do Batólito Pelotas. Destaca-se ainda a idade de 773 Ma, que vem sendo obtidas em rochas metavulcânicas do Complexo Porongos na região de Santana da Boa Vista (Pertile et al. 2014).



Figura 24: Imagens de catodo-luminescência mostrando a forma e o padrão de zonação dos zircões herdados encontrados nas amostras de fonolitos da Suíte Piratini, com as posições de análise marcadas por círculos e as suas idades correspondentes.

## 5 CONCLUSÕES

Há uma maior densidade de lineamentos no embasamento metamórfico nas rochas ígneas, com relação as rochas da cobertura sedimentar. Os lineamentos apresentam uma elevada frequência segundo a direção N-S, porém os mais extensos possuem direção NE-SW e NW-SE, concordantes com zonas de falha de grande extensão presentes no Escudo Sul-rio-grandense. O próprio graben é delimitado por zonas de falhas de direção NE-SW: a Zona de Falha Açotéia-Piquiri e a Zona de Falha Dom Feliciano, que representam reativações de antigas estruturas dúcteis do embasamento.

O graben delimita as ocorrências do Grupo Rosário do Sul, único remanescente da Bacia do Paraná no Escudo-Sul-rio-grandense e representante do período Triássico na região. Também são encontrados no interior do graben *plugs*, *necks* e outros corpos menores de fonolitos da Suíte Piratini. O embasamento do graben corresponde essencialmente as rochas do Complexo Porongos, com alguma contribuição de granitóides do Batólito Pelotas no flanco leste.

A cobertura sedimentar interna do graben apresenta diversas falhas rúpteis identificáveis em campo, as quais indicam movimentações normais e transcorrentes, e acabam por deslocar as camadas do Grupo Rosário do Sul. Essas movimentações acabam por expor duas formações desse grupo: Fm. Sanga do Cabral e Fm. Santa Maria.

A Suíte Piratini corresponde a fonolitos peralcalinos porfiríticos com textura traquítica. Fenocristais de melanita, aegirina e de feldspatóides são comuns e indicam uma origem de líquido magmático subsaturado. As estruturas de fluxo identificadas em lâmina petrográfica e a geomorfologia das ocorrências apontam para um posicionamento subvulcânico.

As datações U/Pb forneceram idades inéditas para os granitos Canguçu (599 Ma) e Coxilha do Fogo (620 Ma). Tais idades são concordantes com as existentes na bibliografia para outros granitos que compõe o Batólito Pelotas e corroboram que existiu um intenso

evento magmático regional durante o Edicariano. Os fonolitos da Suíte Piratini apresentaram apenas zircões herdados, tanto do Terreno Tijucas quanto do Batólito Pelotas, indicando uma contaminação crustal durante o posicionamento da suíte.

Os traços de fissão em apatitas forneceram uma idade de 147 Ma para o Granito Coxilha do Fogo. Atribui-se essa idade a reativações de zonas de falha na borda leste do graben, as quais exerceram controle no soerguimento do horst leste e na denudação do mesmo. Dados da bibliografia fornecem idades de 110 Ma para rochas na região de Santana da Boa vista, horst da borda oeste do graben. Pode-se interpretar então que a estruturação final do graben cessou em seu flanco oeste, visto que as idades mais jovens nessa área indicam movimentações nas zonas de falha do oeste até períodos mais recentes. As apatitas dos fonolitos da Suíte Piratini apresentaram muitos defeitos, porém uma idade de 86 Ma foi atribuída a eles, a qual corresponde à idade de posicionamento dos corpos subvulcânicos e corrobora dados da bibliografia. Sugere-se a obtenção de outros dados de TFA que suportem a criação de um modelo termo-tectônico de estruturação do Graben Arroio Moirão.

## 6 REFERÊNCIAS

Baitelli, R. (1992). Geocronologia por Traços de Fissão de Maciços Alcalinos do Brasil Meridional. Dissertação de mestrado. Porto Alegre, RS. UFRGS.

Barbieri, M., Beccaluva, P., Brotzu, P., Conte, A., Garbarino, C., Gomes, C.B., Loss, E.L., Macciotta, G., Morbidelli, L., Scheibe, L.F., Tamura, R.M., Traversa, G. (1987). Petrological and Geochemical Studies of Alkaline Rocks from Continental Brazil. The Phonolite Suite from Piratini, RS. *Geochimica Brasiliensis*, 1(1): 109-138.

Bicca, M. M. (2013). Tectônicas e Proveniência do Grupo Santa Bárbara, Região de Minas do Camaquã - RS. Dissertação de mestrado. Porto Alegre, RS. UFRGS, 130p.

Chemale Jr., F., Hartmann, L.A., Silva, L.C. da. (1995) Stratigraphy and Tectonism of Precambrian to Early Paleozoic units in Southern Brazil and Uruguay - Excursion Guidebook. *Acta Geologica Leopoldensia*, 43: 4-115.

Chemale Jr., F. (2000). Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense. Em Michael Holz & Luiz Fernando de Ros (Eds.), *Geologia do Rio Grande do Sul* (p. 13-52). Porto Alegre, RS, UFRGS - CIGO.

CPRM (2009). Programa Geologia do Brasil: Piratini : folha SH.22-Y-C-II : Estado do Rio Grande do Sul. Organizado por Orlandi Fº, V., Pimentel, G.B, Ramgrab, G.E., Camozzato, E. Brasília. 265p.

CPRM (1986). Projeto Arroio Barracão : folha SH.22-Y-C-II-2 : Estado do Rio Grande do Sul. Convênio da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais e Universidade do Vale dos Sinos.

De Ros, L.F., Morad, S., Paim, P.S.G., (1994) The role of detrital composition and climate on the diagenetic evolution of continental molasses: evidence from the Cambro-Ordovician Guaritas sequence, southern Brazil. *Sedimentary Geology* 92, 197–228.

Donelick, R. A., O'Sullivan, P. B., & Ketcham, R. A. (2005). Apatite fission-track analysis. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 58(1), 49-94.



Faccini, U.F. (1989). O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul – uma análise sob o ponto de vista das seqüências deposicionais. Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, 133p.

Faccini, U.F. (2000). Estratigrafia do permo-triássico do Rio Grande do Sul: estilos deposicionais versus espaço de acomodação. Porto Alegre. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, UFRGS, 332p.

Faccini, U.F.; Schultz, C.L.; Figueiredo, C.E.; Sangineto, L.R.; Soares, S.C. 1990. Sobre a ocorrência de vertebrados fósseis triássicos na região de Santana da Boa Vista (RS). *Ciência e Natura*, Santa Maria, v.12, p.7-12.

Feng, R., Machado, N., & Ludden, J. (1993). Lead geochronology of zircon by LaserProbe-Inductively coupled plasma mass spectrometry (LP-ICPMS). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57(14), 3479-3486.

Fernandes, L.A.D., Menegat, R., Costa, A.F.U., Koester, E., Procher, C.C., Tommasi, A., Kraemer, G., Ramgrab, G. & Camozzato, E. (1995). Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-rio-grandense. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4): 375-384.

Figueiró, J.E.P.; Viero, A.P.; Roisenberg, A. 1996. Aspectos geoquímicos e petrogenéticos do vulcanismo toleítico mesozóico da Formação Passo das Carretas, Santana da Boa Vista, RS. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador, *Anais .....*, Sociedade Brasileira de Geologia, v.2, p.65-68.

Fleischer, R. L., Price, P. B., & Walker, R. M. (1965). Ion Explosion Spike Mechanism for Formation of Charged-Particle Tracks in Solids. *Journal of applied Physics*, 36(11), 3645-3652.

Fleisher, R. L., Price, P. B., & Walker, R. M. (1975). Nuclear tracks in solids: Principles and applications. *Berkeley, Calif., University of California Press, 1975. 626 p., 1.*

Gallagher, K., Brown, R., & Johnson, C. (1998). Fission track analysis and its applications to geological problems. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 26(1), 519-572.

Geraldes, M.C. (2010). Introdução à Geocronologia. *Sociedade Brasileira de Geologia*. São Paulo, SP.

Hartmann, L.A., Chemale F.Jt. & Philipp, R.P. (2007). Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano. Em: Iannuzzi, R. & Frantz, J.C. (Eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 99-123.

Gleadow, A. J. W. (1981). Fission-track dating methods: what are the real alternatives?. *Nuclear Tracks*, 5(1), 3-14.

Janikian, L., Almeida, R.P., Fragoso-Cesar, A.R.S., Martins, V.T.S., Dantas, E.L., Tohver, E., McReath, I., D'Agrella-Filho, M.S., (2012). Ages (U-Pb SHRIMP and LA ICPMS) and stratigraphic evolution of the Neoproterozoic volcano-sedimentary successions from the extensional Camaquã Basin, Southern Brazil. *Gondwana Research* 21, 466-482.

Jelinek, A. R., Gomes, C.H., Dias, A.N.C., Guadagnin, F., Chemale Jr, F., & De Souza, I.A. (2010). Termocronologia aplicada às Geociências: análise por traços de fissão. *Pesquisas em Geociências*, 37(3), 191-203.

Jost, H. (1981). Geology and metallogeny of the da Boa Vista region; southern Brazil. Athens: University of Georgia. 208 p. (Dissertação de Doutorado).

Jost, H. & Bitencourt, F. (1980). Estratigrafia e tectônica de uma fração da faixa de dobramentos Tijucas no Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, 7(6) :27-60

Ketcham, R. A., Donelick, R. A., & Carlson, W. D. (1999). Variability of apatite fission-track annealing kinetics: III. Extrapolation to geological time scales. *American Mineralogist*, 84, 1235-1255.

Ketzer, J.M.M. 1997. Cronoestratigrafia das unidades gonduânicas preservadas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense (Formação Caneleiras). Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, 215 p.

Koester, E. (1995). Evolução Geológica do Magmatismo Sintectônico à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal Canguçu, região de Encruzilhada do Sul (RS). Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 240p.

Košler, J., & Sylvester, P. J. (2003). Present trends and the future of zircon in geochronology: laser ablation ICPMS. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53(1), 243-275.

Machado, J. L. F. (1998). Hidroestratigrafia Química Preliminar Dos Aquíferos Na Região Central Do Rio Grande Do Sul. *Águas Subterrâneas*, (1).

Nardi, L.V.S. & Bitencourt, M.F. (2007) Magmatismo e Evolução Crustal no Sul do Brasil. Em Iannuzzi, R. & Frantz, J.C. (eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CIGO/UFRGS. p. 127-141.

Naeser, C. W. (1967). The use of apatite and sphene for fission track age determinations. *Geological Society of America Bulletin*, 78(12), 1523-1526.

Nardi, L., Lima, E., (1985). A associação shoshonítica de Lavras do Sul, RS. *Revista Brasileira de Geociências* 15, 139-146.

de Oliveira, C. H. E., Chemale Junior, F., Jelinek, A. R., Bicca, M. M., & Philipp, R. P. (2014). U–Pb and Lu–Hf isotopes applied to the evolution of the late to post-orogenic transtensional basins of the dom feliciano belt, Brazil. *Precambrian Research*, 246, 240-255.

Paul, T. A., & Fitzgerald, P. G. (1992). Transmission electron microscopic investigation of fission tracks in fluorapatite. *American Mineralogist*, 77(3-4), 336-344.

Philipp, R.P. (1998). A Evolução Geológica e Tectônica do Batólito Pelotas, RS. Tese de Doutorado, IG-UFRGS, Porto Alegre, 371p.

Philipp, R.P., Viero, A.P., Comin-Chiaramonti, P., Gomes, C.B.(2005). Mesozoic Alkaline Rocks of Rio Grande do Sul. Em Comin-Chiaramonti, P. & Gomes, C.B (Eds.), *Mesozoic to cenozoic alkaline magmatism in the Brazilian Plataform* (p. 573-590). São Paulo, Edusp/Fapesp.

Philipp, R.P., Machado, R. (2005). The Late Neoproterozoic Granitoid magmatism of the Pelotas Batholith, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 19:461-478.

Philipp, R. P., Massonne, H. J., & de Campos, R. S. (2013). Peraluminous leucogranites of the Cordilheira Suite: A record of Neoproterozoic collision and the generation of the Pelotas Batholith, Dom Feliciano Belt, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 43, 8-24.

Philipp, R.P, Faccini, U.F., Machado, J.P.S., Zvirtes, G. (2015) Tectônica Rúptil Meso e Cenozóica e a Formação do Graben Arroio Moirão, Santana da Boa, RS. (em preparação).

Price, P. B., & Walker, R. M. (1963). Fossil tracks of charged particles in mica and the age of minerals. *Journal of Geophysical Research*, 68(16), 4847-4862.

Remus, M.V.R.; Tedesco, M.A.; Philipp, R.P.; Faccini, U.F. (1987). Evolução Estrutural dos Metamorfitos da Unidade Porongos a Sul do Rio Camaquã, RS. In: SIMP. SUL-BRAS. GEOL., 3, Curitiba, 1987. Atas. Curitiba: SBG, v.1, p. 223-243.

Remus, M.V.D., McNaughton, N.J., Hartmann, L.A., Koppe, J.C., Fletcher, I.R., Groves, D.I., Pinto, V.M., (1999). Gold in the Neoproterozoic juvenile Bossoroca Volcanic Arc of southernmost Brazil: isotopic constraints on timing and sources. *Journal of South American Earth Sciences* 12, 349-366.

Ribeiro, M. (1970). Geologia da folha de Bom Jardim, Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, (247): 1-142.

Robertson, J.F., 1966. Revision of the stratigraphy and nomenclature of rock units in the Caçapava-Lavras region. State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Notas e Estudos-IG/UFRGS* 1 (2), 41–54.

Schadeck, K.B.M. (2008). Estudos sobre a Reativação de Falhas na Região de Santana da Boa Vista, RS: Caracterização Estrutural e Idade por Traços de Fissão em Apatita. Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia. IGEO/UFRGS. Porto Alegre, RS, 82p.

Tessari, R.I. & Picada, R.S. (1963). Formação Caneleiras. Porto Alegre (Conferência no Núcleo/ RS da Sociedade Brasileira de Geologia).

Thomas, R. (2004). *Practical Guide to ICP-MS: A Tutorial for Beginners*. CRC Press.

Wagner, G. A. (1968). Fission track dating of apatites. *Earth and Planetary Science Letters*, 4(5), 411-415.

Wittke, J.H. (2001). What is Electron Microprobe Analysis (EMPA)? *NAU Electron Microprobe Laboratory*. Northern Arizona University, College of Engineering & Natural Sciences. Website.

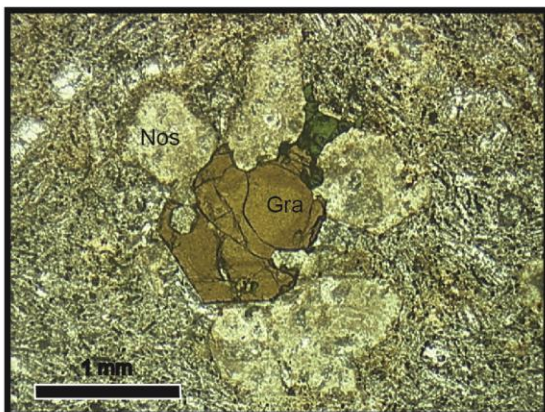
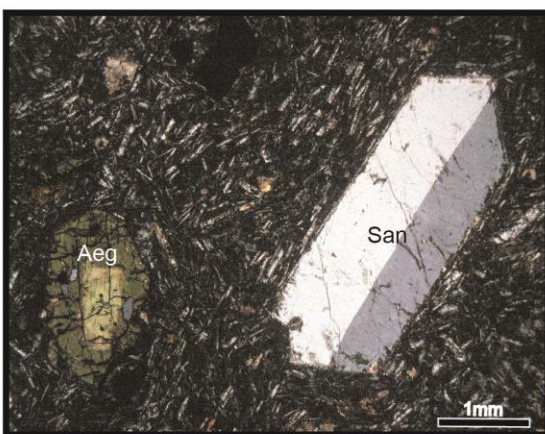
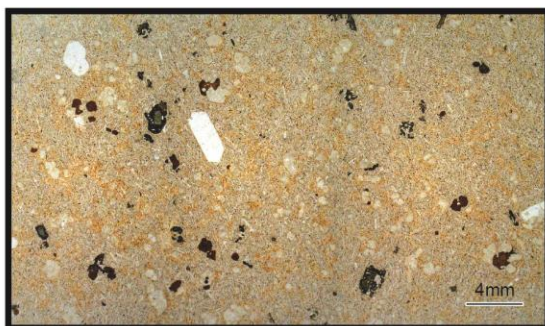
UFRGS (1995). Mapeamento Geológico 1:25.0000 Folha Arroio da Bica (MI - 3010/1), RS. Trabalho de graduação.

Young, D. A. (1958). Etching of radiation damage in lithium fluoride. *Nature*, 182(4632), 375-377.

## **7 APÊNDICES**

## PJP-03

# FONOLITO PERALCALINO



### *Descrição*

Rocha porfírica com fenocristais com tamanho de grão de 4 mm a 0,2 mm, imersos em matriz de micrólitos com textura traquítica bem definida. Os fenocristais incluem noseana, granada, aegerina, sanidina e titanita e compõem cerca de 15% da rocha. São subédricos a anédricos, ocorrem isolados e subordinadamente como glomeropórfiros, com contatos corroídos nesse último caso. Fenocristais incluem, em ordem de abundância:

Noseanas (9%) prismáticas, subédricas, alteradas, ocasionalmente substituídas por carbonatos ou cancrinita;

Granadas (3%) equidimensionais, da espécie melanita, euédricas a subédricas, típicas de líquidos magmáticos subsaturados;

Aegirinas (2%) prismáticas, euédricas a anédricas, com zonação composicional de núcleo mais cálcico e bordas sódicas;

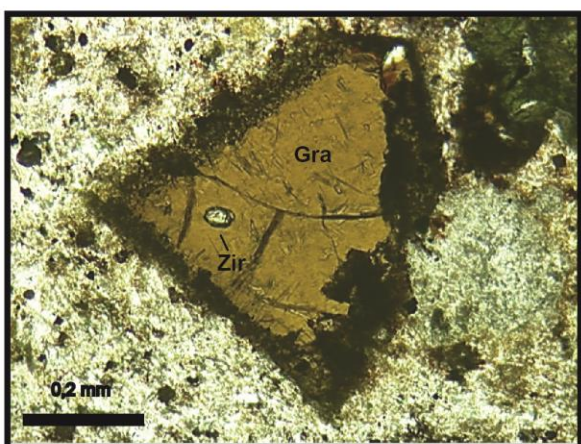
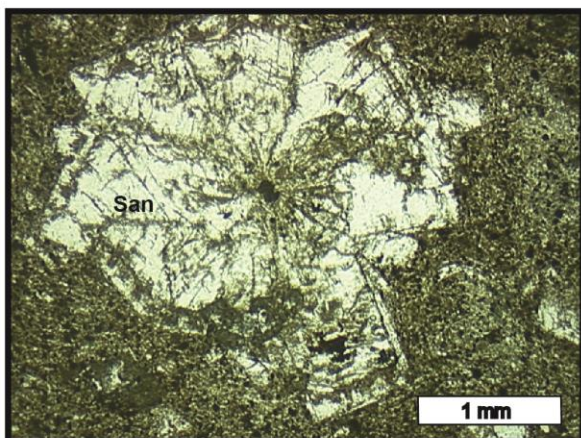
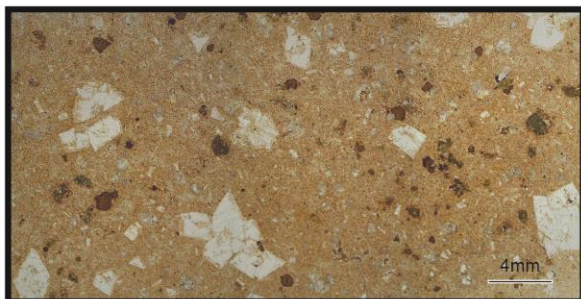
Sanidinas (1%) prismáticas, euédricas, com baixo ângulo de extinção;

Titanitas e apatitas como minerais acessórios (<1%).

A matriz é composta essencialmente por microcristais de granada, aegirina, sanidina e feldspatóides tabulares, com seu eixo maior orientado pelo fluxo magmático. Ocorrem ainda micrólitos opacos e porções com oxidação e/ou carbonatação mais intensa na matriz.

## PJP-04

# FONOLITO



### Descrição

Rocha porfírica com fenocristais com tamanho de grão de 4,5 mm a 0,2 mm de nefelina, granada, noseana, aegirina, zircão e titanita, dispersos em uma matriz muito fina, com micrólitos de feldspatóide e textura traquítica incipiente. Os fenocristais representam cerca de 20% da rocha e incluem, em ordem de abundância:

Nefelinas (11%) tabulares, subédricas a euédricas, sericitizadas e/ou carbonatizadas;

Granadas (4%) equidimensionais, euédricas a subédricas do tipo melanita, típicas de líquidos magmáticos subsaturados;

Noseanas (3%) equidimensionais, subédricas a anédricas, com intensa substituição por carbonatos;

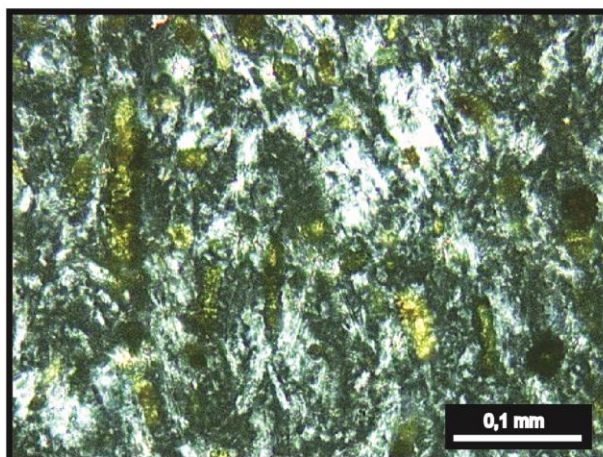
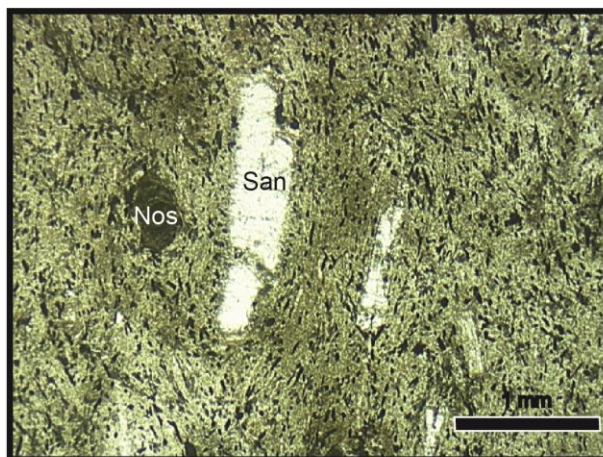
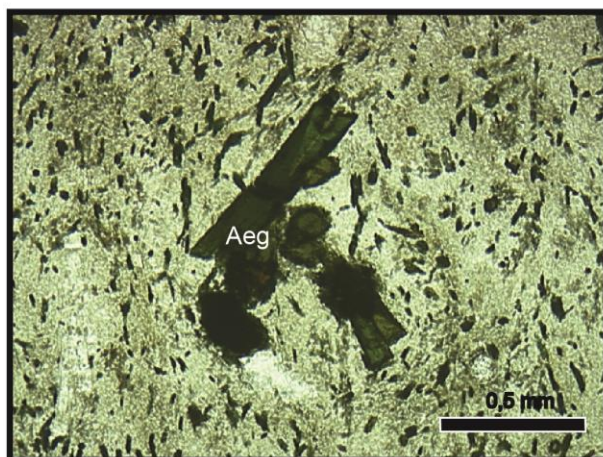
Aegirinas (2%) prismáticas, subédricas a anédricas, bastante alteradas.

Mineralogia acessório (<1%) inclui microfenocristais de zircão, titanita e opacos.

A matriz é muito fina e oxidada, rica em opacos e com micrólitos de feldspatóide prismáticos alongados. Ocorre carbonatação disseminada na lâmina, assim como a presença de um agregado glomeroporfírico com arranjo radiado de cristais de sanidina

## PJP-07

# FONOLITO PERALCALINO



### Descrição

Rocha porfírica com fenocristais com tamanho máximo de 4mm mas com média predominante de 1mm, de noseana, sanidina, nefelina, granada e aegirina. Fenocristais estão imersos em uma matriz rica em piroxênios, feldspatóides e feldspatos com textura traquítica muito bem marcada pela orientação do eixo maior desses minerais. Os fenocristais correspondem menos de 10% da lâmina e são representados por:

Noseanas (4%) equidimensionais, euédricas e subédricas, comumente alteradas por carbonatação;

Sanidinas (2%) prismáticas, euédricas alongadas e orientadas de acordo com o fluxo magmático;

Nefelinas (2%) prismáticas subédricas;

Granadas (1%) equidimensionais, do tipo melanita, euédricas a anédricas, típicas de líquidos magmáticos subsaturados;

Aegirinas (1%) prismáticas alongadas subédricas.

Zircão e titanita ocorrem como minerais acessórios (<1%).

A matriz apresenta uma textura traquítica bem definida, com inúmeros micrólitos aciculares de piroxênio orientados de acordo com seu eixo maior. Cristais de sanidina em formato de "ripas" também são abundantes. Carbonatos ocorrem de maneira esparsa.



