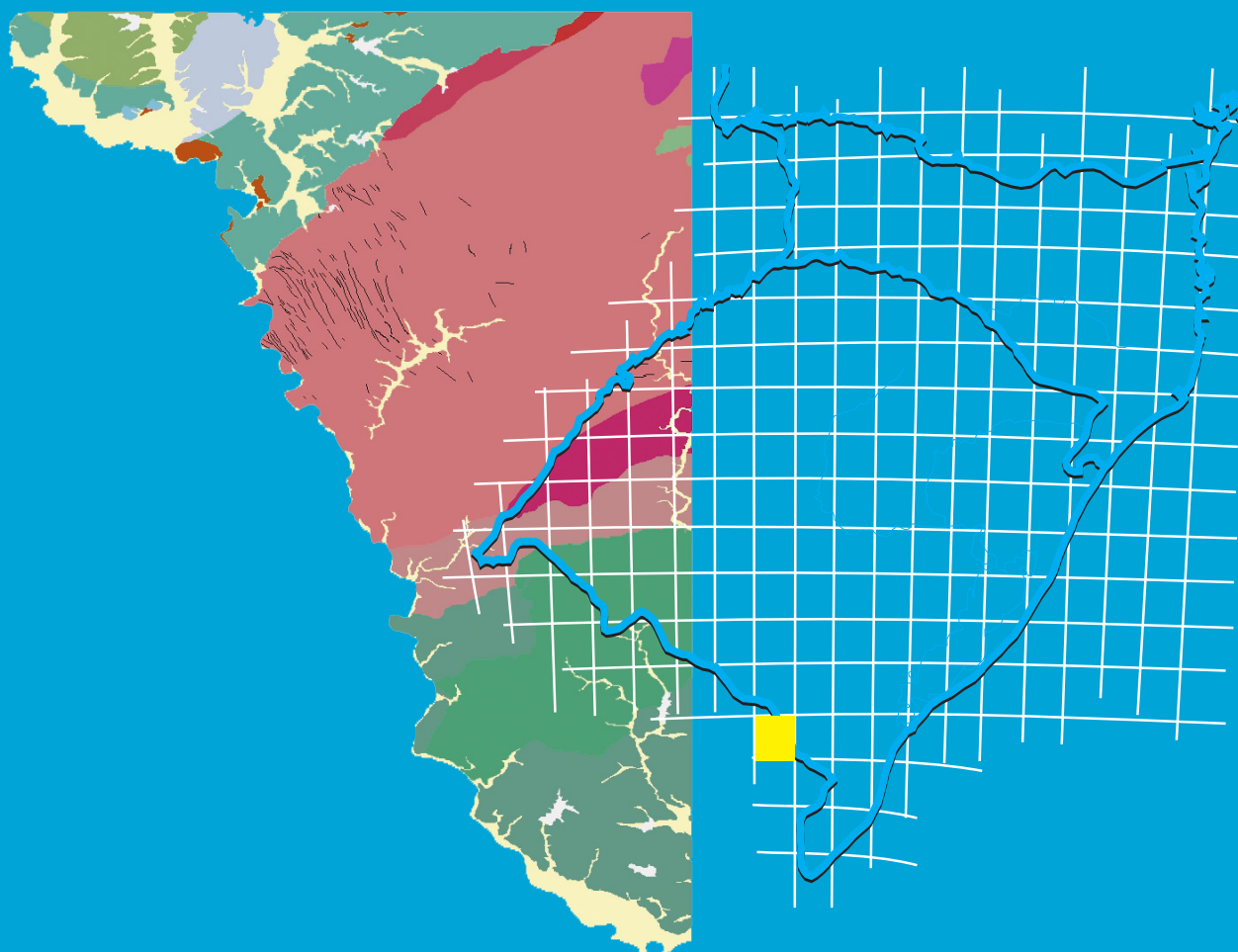


**Programa Geologia do Brasil**  
**Levantamentos Geológicos Básicos**

# **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA CURRAL DE PEDRAS SI.22-V-A-I**



**Escala: 1:100.000**  
**2018**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

**Programa Geologia do Brasil**

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS**  
**DA FOLHA CURRAL DE PEDRAS**  
**SI.22-V.A.I**

**ESCALA 1:100.000**

**ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias**  
**Eduardo Camozzato**  
**Carla Klein**  
**Jorge Henrique Laux**



**PORTO ALEGRE**  
**2018**

CPRM - SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE  
RUA BANCO DA PROVÍNCIA 105 – SANTA TEREZA  
RIO GRANDE DO SUL – RS – 90840-030  
FAX: (51) 3233-7773  
TEL: (51) 3476-7300  
HTTP://WWW.CPRM.GOV.BR

I24

Iglesias, Carlos Moacyr da Fontoura

Geologia e Recursos Minerais da Folha Curral de Pedras – SI.22-V-A-I, Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:100.000 / organizado por Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias; Eduardo Camozzato; Carla Klein; Jorge Henrique Laux. --Porto Alegre: CPRM, 2018.

92 p.: il. color.

Programa Geologia do Brasil

ISBN 978-85-7499-381-2

1. Geologia Regional–Brasil–Rio Grande do Sul. 2. Recursos Minerais–Brasil–Rio Grande do Sul. I. Camozzato, Eduardo; II . Klein, Carla. III. Laux, Jorge Hemrique. IV. Título

CDD 558.165  
CDU 55(816.5)

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Lúcia B. F. Coelho (CRB 10/840)

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

**Programa Geologia do Brasil**  
**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA**  
**FOLHA CURRAL DE PEDRAS**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

Wellington Moreira Franco

*Ministro de Estado*

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Vicente Humberto Lôbo Cruz

*Secretário*

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**

Esteves Pedro Colnago

*Diretor-Presidente*

José Leonardo Silva Andriotti (interino)

*Diretor de Geologia e Recursos Minerais*

Antônio Carlos Bacelar Nunes

*Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial*

Fernando Carvalho (interino)

*Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

Juliano de Souza Oliveira (Interino)

*Diretor de Administração e Finanças*

Lúcia Travassos da Rosa Costa

*Chefe do Departamento de Geologia*

Marcelo Esteves Almeida

*Chefe do Departamento de Recursos Minerais*

Edilton José dos Santos

*Chefe da Divisão de Geologia Básica*

Hiran Silva Dias

*Chefe da Divisão de Geoprocessamento*

Fábio Silva da Costa

*Chefe da Divisão de Cartografia*

Denise Pimentel de Assis

*Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação*

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE**

Ana Cláudia Viero (interina)

*Superintendente*

Lucy Takehara Chemale

*Gerência de Geologia e Recursos Minerais*

Ana Cláudia Viero

*Gerência de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

*Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial*

Leandro Borowski dos Santos (interino)

*Gerência de Administração e Finanças*

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

**CRÉDITOS AUTORAIS**

Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias  
Eduardo Camozzato  
Carla Klein  
Jorge Henrique Laux

---

**CRÉDITOS DE AUTORIA DA NOTA EXPLICATIVA**

**1. INTRODUÇÃO**

Eduardo Camozzato

**2. CONTEXTO GEOLÓGICO, TECTÔNICO E GEOFÍSICO REGIONAL**

Eduardo Camozzato  
Carlos M. da F. Iglesias

**3. ESTRATIGRAFIA**

Carlos M. da F. Iglesias  
Eduardo Camozzato  
Carla Klein  
Andréa Beltrão Finamor  
Andrea Sander  
Jorge H. Laux

**4. ASPECTOS ESTRUTURAIS**

Eduardo Camozzato  
Carlos M. da F. Iglesias

**5. RECURSOS MINERAIS**

Eduardo Camozzato  
Carlos M. da F. Iglesias

**6. GEOQUÍMICA PROSPECTIVA**

José Leonardo Silva Andriotti  
João Henrique Wustrow Castro  
Carlos M. da F. Iglesias

**7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Eduardo Camozzato  
Carlos M. da F. Iglesias

**8. REFERÊNCIAS**

Ana Lúcia Borges Fortes Coelho  
(Organização e Formatação)

**CRÉDITOS DE AUTORIA DO MAPA GEOLÓGICO**

Carlos M. da F. Iglesias  
Carla Klein  
Eduardo Camozzato

**COORDENAÇÃO TÉCNICA REGIONAL**

João Angelo Toniolo  
Carlos Moacyr da F. Iglesias

**COLABORAÇÃO TÉCNICA**

Jorge Henrique Laux  
Ruy Paulo Philipp (IG/UFRGS)

**REVISÃO FINAL**

Edilton José dos Santos – DIGEOB

**PROJETO GRÁFICO (DIAGRAMAÇÃO) – GERIDE-PA**

Alessandra Luiza Rahel  
Raquel Barros Binotto (supervisão)

**PROJETO GRÁFICO (PADRÃO CAPA/EMBALAGEM – DERID/DIMARK)**

Washington José Ferreira Santo

# APRESENTAÇÃO

---

O Programa Geologia do Brasil (PGB), desenvolvido pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil é responsável pela retomada em larga escala dos levantamentos geológicos básicos do país. Este programa tem por objetivo fornecer subsídios para novos investimentos em pesquisa mineral e para a criação de novos empreendimentos mineiros. Além disso, os dados obtidos no âmbito desse programa podem ser utilizados em ações de gestão territorial e de recursos hídricos, dentre outras aplicações de interesse social.

O mapeamento geológico da Folha Curral de Pedras (SI.22-V-A-I) na escala 1:100.000 teve como finalidade obter subsídios que contribuíssem para o entendimento da geologia e estratigrafia da porção sul do Batólito Pelotas, em uma região com pouca informação geológica. Este levantamento permitiu importantes modificações como o reconhecimento de um possível bloco geotectônico ainda não mapeado e situado na porção sul/sudeste da área do Batólito Pelotas.

A presente Nota Explicativa acompanha o mapa geológico da Folha Curral de Pedras, que foi disponibilizado em 2014, em ambiente SIG. O projeto foi executado pela Superintendência Regional de Porto Alegre, e pode ser acessado a partir do banco de dados GEOSGB da CPRM ([geosgb.cprm.gov.br](http://geosgb.cprm.gov.br)).

ESTEVES PEDRO COLNAGO

*DIRETOR-PRESIDENTE*

JOSÉ LEONARDO SILVA ANDRIOTTI (INTERINO)

*DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS*

# RESUMO

---

Este documento, integrante do Programa Geologia do Brasil - PGB e executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM para o Ministério de Minas e Energia do Brasil, apresenta os resultados dos levantamentos geológicos e geoquímicos da Folha Curral de Pedras (SI.22-V-A-I), situada no extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul, na fronteira com a República Oriental do Uruguai, e delimitada pelos paralelos 32°00' e 32°30'S e meridianos de 53°30' e 54°00' WGr.

O mapeamento geológico e os levantamentos geoquímicos (concentrados de bateia e sedimentos ativos de corrente) resultaram na produção do Mapa Geológico da área com densidade de informações compatível com a escala 1:100.000.

Na área estudada foram reconhecidos os seguintes domínios geológicos:

- 1) Unidades paraderivadas neoproterozoicas dos complexos Guarda Nova e Arroio Te-lho.
- 2) Granitoides neoproterozoicos do Batólito Pelotas e do Terreno Jaguarão.
- 3) Vulcânicas e diques ácidos neoproterozoicos das unidades Cerro Chato e Asprezas.
- 4) Coberturas sedimentares paleozoicas/mesozoicas da Bacia do Paraná.
- 5) Efusivas ácidas (Formação Jaguarão) e diques básicos (Rondina) do evento Serra Ge-ral.
- 6) Coberturas sedimentares do Cenozoico.

A prospecção geoquímica regional, através da amostragem de sedimentos ativos de corrente e concentrados de bateia, revelou a presença muito limitada de zonas anô-malas ou destaques mineralógicos para ouro e cassiterita, a maioria relacionados com zonas de cisalhamento transcorrente na região de exposição dos granitoides da Suíte Herval.

# ABSTRACT

---

This report is part of the Brazilian Geology Program (PGB) that the Geological Survey of Brazil (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM) is carrying out for the Ministry of Mines and Energy of Brazil and it presents the geological and geochemical survey of the Curral de Pedras sheet (SI.22-V-A-I), in the southernmost portion of the Rio Grande do Sul State, southernmost Brazil, on the border with the Republic of Uruguay, and delimited by the 32°00' and 32°30'S parallels and 53°30' and 54°00' WGr meridians.

The geological and geochemical (pan concentrates and stream sediments) surveys produced operational thematic maps that were integrated to compound the final Geologic Map, in the 1:100.000 scale.

Six geological domains have been identified in the area:

- 1) Neoproterozoic paraderived units of the Guarda Nova and Arroio Telho complexes.
- 2) Neoproterozoic granitoids of the Pelotas Batholith and Jaguarão Terrane.
- 3) Neoproterozoic acid volcanic and intrusive rocks of the Cerro Chato Formation and Asprezas Rhyolites.
- 4) Paleozoic/Mesozoic sedimentary covers of the Paraná Basin.
- 5) Effusives (Jaguarão Formation) and basic dykes (Rondina) of the Serra Geral event.
- 6) Cenozoic alluvial deposits.

The regional geochemical exploration by stream sediments and pan-concentrates showed a very limited presence of anomalous zones or significant mineralogical highlights for gold and cassiterite, usually related to transcurrent shear zones in the granitoid outcrop area of the Herval Suite.



# SUMÁRIO

---

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1. APRESENTAÇÃO .....	11
1.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....	11
1.3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS .....	12
1.4. ASPECTOS FISIOGRAFICOS .....	12
1.4.1. INTRODUÇÃO .....	12
1.4.2. Clima .....	12
1.4.3. Hidrografia .....	13
1.4.4. Geomorfologia .....	13
1.4.5. Solos.....	14
1.4.6. Vegetação .....	14
1.4.7. Meio Ambiente.....	14
1.5. EQUIPE EXECUTORA E MÉTODOS.....	14
<b>2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL</b> .....	<b>16</b>
2.1. ARCABOUÇO GEOLÓGICO E TECTÔNICO.....	16
2.2. ARCABOUÇO GEOFÍSICO .....	18
<b>3 – ESTRATIGRAFIA</b> .....	<b>22</b>
3.1. DOMÍNIOS GEOLÓGICOS, TECTÔNICOS E LITOESTRATIGRAFIA.....	22
3.2. BATÓLITO PELOTAS E SEPTOS DO EMBASAMENTO .....	22
3.2.1. Complexo Guarda Nova (NP2gn) .....	22
3.2.2. Suíte Herval (NP2yh).....	26
3.2.3. Suíte Cordilheira (NP3γco).....	28
3.2.4. Suíte Jaguarão Chico (NP3γj) .....	30
3.2.4.1. Suíte Jaguarão Chico - Fácies alcalina-peralcalina (NP3γjp).....	31
3.2.5. Granito Dionísio (NP3γd) .....	31
3.2.6. Riolito Asperezas (NP3ara).....	34
3.2.7. Formação Cerro Chato (NP3cc) .....	38
3.2.7.1. Introdução.....	38
3.2.7.2. Cerro Chato, Fácies Coerente (NP3accv).....	39
3.2.7.3. Cerro Chato, Fácies Particulada (NP3ccp) .....	41
3.3. TERRENO JAGUARÃO .....	45
3.3.1. Complexo Arroio Telho (NP3at) .....	46
3.3.2. Granito Sofia (NP3ys) .....	49
3.4. BACIA DO PARANÁ.....	52
3.4.1. Introdução.....	52
3.4.2. Grupo Guatá .....	52
3.4.2.1. Formação Rio Bonito (P1rb) .....	54
3.4.2.2. Formação Palermo (P1p).....	55
3.4.3. Grupo Passa Dois .....	55
3.4.3.1. Formação Irati (P2i) .....	56
3.4.3.2. Formações Serra Alta e Teresina.....	56

3.4.3.3. Formação Rio do Rasto (P3T1rr) .....	56
3.4.4. Grupo Serra Geral .....	56
3.4.4.1. Formação Jaguarão .....	56
3.4.4.2. Diques de Olivina Gabro (Diabásio Rondina) .....	59
3.5. DEPÓSITOS ALUVIAIS .....	60
<b>4 – ASPECTOS ESTRUTURAIS.....</b>	<b>61</b>
<b>5 – RECURSOS MINERAIS.....</b>	<b>63</b>
5.1. PANORAMA MINERAL DA ÁREA .....	63
5.2. RECURSOS NÃO-METÁLICOS .....	63
5.2.1. Materiais de Uso na Construção.....	63
5.2.2. Pegmatitos .....	63
5.3. RECURSOS ENERGÉTICOS (CARVÃO MINERAL) .....	64
5.4. RECURSOS METÁLICOS .....	64
<b>6 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA.....</b>	<b>65</b>
6.1. GEOQUÍMICA DE SEDIMENTO DE CORRENTE.....	65
6.1.1. Introdução.....	65
6.1.2. Metodologia .....	66
6.1.2.1. Metodologia de Campo .....	66
6.1.2.2. Metodologia Analítica e Tratamento Estatístico dos Dados.....	67
6.1.3. Descrição do comportamento individual dos elementos químicos na Folha Curral de Pedras .....	67
6.1.4. Tratamento dos Dados e Resultados Obtidos.....	76
6.1.4.1. Correlações Lineares .....	76
6.1.4.2. Estatística Multivariada .....	76
6.1.4.3. Análise de Componentes Principais .....	76
6.1.4.4. Análise de Agrupamentos .....	77
6.2. CONCENTRADOS DE BATEIA DA PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA.....	79
6.2.1. Introdução.....	79
6.2.2. Metodologia de Coleta de Amostras no Campo .....	79
6.2.3. Preparação das Amostras no Laboratório.....	80
6.2.4. Análise dos Concentrados de Bateia.....	80
6.2.5. Interpretação da Mineralogia dos Concentrados de Bateia.....	80
6.2.5.1. Domínios Litológicos e Minerais Pesados Associados.....	84
<b>7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>86</b>
<b>8 – REFERÊNCIAS .....</b>	<b>87</b>

**PROJETO GEOLOGIA E RECURSOS  
MINERAIS DA FOLHA  
CURRAL DE PEDRAS**

---

**ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

# 1 – INTRODUÇÃO

## 1.1. APRESENTAÇÃO

A presente nota explicativa, integrante do Programa Geologia do Brasil – PGB do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, constitui parcela dos resultados do mapeamento geológico e prospecção geoquímica de um conjunto de quatro folhas, na escala 1:100.000, na porção centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, em área de fronteira com a República Oriental do Uruguai.

A seleção das folhas Curral de Pedras (SI.22-V-A-I; esta Nota Explicativa), Passo São Diogo (ou Pedras Altas, SH.22-Y-C-IV), Aceguá (SH.21-Z-D-VI) e Bagé (SH.21-Z-D-III) foi fundamentada no reduzido conhecimento geológico, em boa parte limitado a levantamentos regionais, e nos recursos minerais reais e potenciais da região: a) metais-base e preciosos e ETR em granitoides tardi e pós-colisionais; b) mármore nas unidades metamórficas ou como megaxenólitos nos granitoides; e c) carvões betuminosos, folhelhos oleígenos, dolomitos e argilas cerâmicas de alto valor agregado, em rochas sedimentares da Bacia Paraná.

Incluindo litologias de todos os domínios tectônicos reconhecidos no Escudo Sul-Rio-Grandense, as quatro folhas do bloco de mapeamento abrangem metamórficas paleo e neoproterozoicas; granitoides e vulcanossedimentares neoproterozoicas; sedimen-

tares paleozoicas e mesozoicas; intrusivas básicas mesozoicas; e coberturas recentes.

## 1.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Folha Curral de Pedras (SI.22-V-A-I) localiza-se na porção meridional do Estado do Rio Grande do Sul, na fronteira com a República Oriental do Uruguai, entre as coordenadas 32°00' e 32°30' de latitude Sul e 53°30' e 54°00' de longitude Oeste de Greenwich (Figura 1). Com uma área de 957 km<sup>2</sup> (~36% de uma folha 1:100.000), compreende as seguintes folhas da escala 1:50.000 do Corte Geográfico Internacional: Banhado do Tigre (SI.22-V-A-I-1), Zeferino Maura (SI.22-V-A-I-2) e Curral de Pedras (SI.22-V-A-4). A fronteira com o Uruguai é definida pelo limite natural do curso do Rio Jaguarão.

A configuração da malha rodoviária é característica da zona rural, com vias de pavimento solto que permitem, em geral, trânsito permanente. As principais vias de acesso são a estrada Curral de Pedras, a partir de Jaguarão, ou a RS-655, a partir de Herval; ambas as cidades fora da área de mapeamento. A cidade de Jaguarão, principal pólo econômico e educacional na região, dista aproximadamente 25 km do sudeste da área; a de Herval, cerca de 10 km do nordeste da Folha (Figura 2).

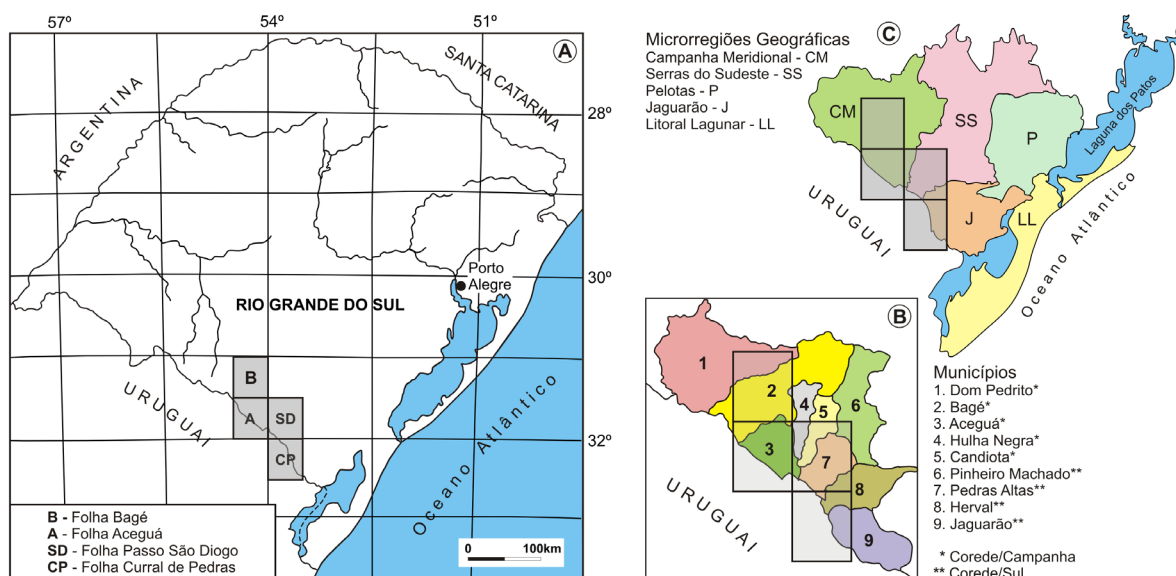


Figura 1 - Mapa de localização da Folha Curral de Pedras (SH.22-V-A-I): (A) no estado do Rio Grande do Sul, (B) na divisão municipal e (C) no espaço microrregional. Demais folhas do bloco de mapeamento estão indicadas.

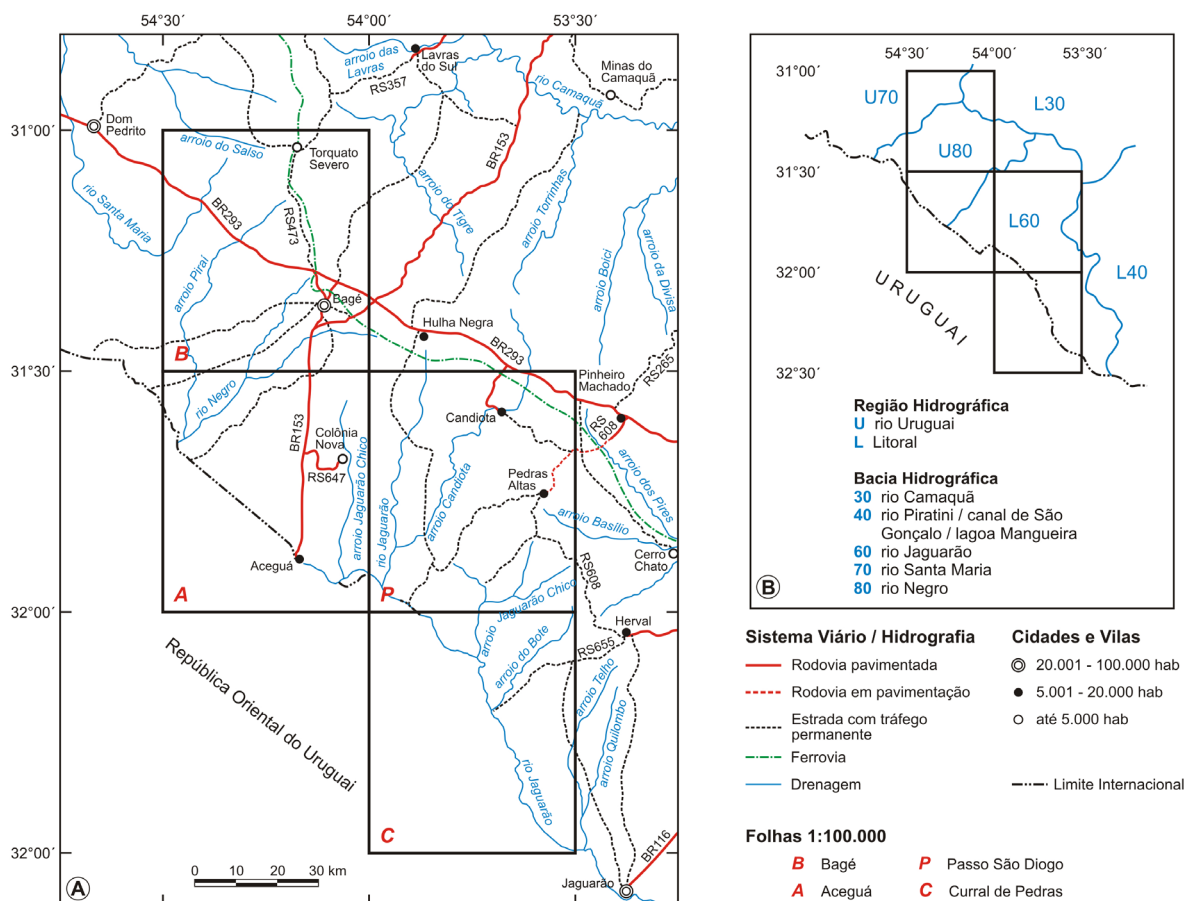


Figura 2 - Rede viária e hidrológica principal (A) e regiões e bacias hidrográficas (B) da porção centro-sul do estado do Rio Grande do Sul. Indicadas a Folha Curral de Pedras e demais folhas do bloco de mapeamento.

### 1.3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Localizada na mesorregião do Sudeste Rio-Grandense, microrregião de Jaguarão, a área incorpora parcelas dos municípios de Jaguarão, Herval e Pedras Altas e se caracteriza por conter somente comunidades rurais. A economia na área é baseada na pecuária extensiva, produção de lã e na agricultura, na qual se destaca o cultivo do arroz.

### 1.4. ASPECTOS FISIOGRAFICOS

#### 1.4.1. INTRODUÇÃO

A área de mapeamento está inserida no Bioma Pampa, também conhecido como Campos do Sul, Campos Sulinos ou Campanha Gaúcha, que na maior parte se caracteriza pelo relevo de planícies. No Brasil este bioma está presente apenas no estado do Rio Grande do Sul, onde ocupa 63% do território, mas é compartilhado com parte da Argentina e com o Uruguai, onde ocupa praticamente todo o território (Figura 3 A a D).

O bioma constitui uma das áreas de campos temperados mais importantes do planeta, formado

por um mosaico de áreas campestres; matas aluviais, de galeria e capões de mata nativa; areais; banhados (áreas alagadiças); cerros-testemunhos, serras e áreas rochosas; áreas de recarga ou de descarga de aquíferos subterrâneos; entre outras particularidades resultantes da combinação do substrato geológico e do clima regional.

#### 1.4.2. Clima

A área focalizada, conforme Moreno (1961) e Kuinchtner e Buriol (2001) se enquadra no tipo climático Cfa da classificação de Köppen, temperado subtropical úmido com verão quente (>22°C). Os valores de umidade relativa média são de 73% no verão e 83% no inverno, as normais anuais de chuvas são superiores a 1.350 mm e inferiores a 1.650 mm e ocorre um predomínio das chuvas nos meses de maio, junho e agosto.

Os dados da estação meteorológica de Jaguarão indicam uma temperatura média anual de 17,2°C. O mês mais quente, janeiro, tem temperatura média de 23,2°C; enquanto julho, o mais frio, 11,5°C. As geadas podem ocorrer de abril a novembro e as estiagens de novembro a maio. A precipitação total anual é de 1.337 mm, não havendo grandes diferenças de distribuição entre as estações do ano.



Figura 3 - Aspectos da paisagem e ocupação humana na Folha Curral de Pedras: (A) Casarão de estância e cerca de pedras típica da região; (B) Cerca de pedras quilométrica (do tipo barreira), em vista para noroeste a partir de platô de rochas vulcânicas; a área baixa é sustentada por granitoides; (C) Borda do platô sustentado por rochas vulcânicas dacíticas (vista para leste); e (D) Cachoeiras em granitoides no Arroio Jaguarão Chico.

A diferença entre a mais seca (verão) e a mais chuvosa (inverno) é de apenas 77 mm. A maior precipitação é registrada em outubro, com 137 mm, e a menor em dezembro, com 60 mm.

As informações registradas nas diversas estações meteorológicas da região mostram variações bastante grandes de temperatura entre o verão e o inverno; nos meses quentes (janeiro e fevereiro) a temperatura pode alcançar 40°C, enquanto nos meses mais frios (junho e julho) desce a -5°C.

O comportamento da precipitação em Jaguarão não garante uma disponibilidade regular de água no solo, em especial nos meses mais quentes. Comprova-se a existência de deficiência hídrica de 31 mm entre os meses de novembro e fevereiro, sendo dezembro o mês mais crítico, com 24 mm. Os défices e excessos obtidos são semelhantes em toda a Região da Campanha.

### 1.4.3. Hidrografia

Os cursos de água que drenam a Folha Curral de Pedras pertencem à bacia do Rio Jaguarão, da Região

Hidrográfica do Litoral (ou das Bacias Litorâneas), cujo curso constitui a divisa natural com a República Oriental do Uruguai nesta região do Brasil (Figura 2).

Os afluentes do Rio Jaguarão são os arroios Jaguarão Chico, que se estende para a Folha Passo São Diogo (ao norte), Butiá, do Bote, Sarandizinho, Camboatá, Barreiro, do Meio e Telho; e a Sanga Arroito, todos com fluxo geral de N-NE para S-SW, em direção à fronteira com o Uruguai.

### 1.4.4. Geomorfologia

Conforme os critérios de mapeamento geomorfológico do Projeto RadamBrasil (JUSTUS; MACHADO; FRANCO, 1986), predomina na maior parte da área a unidade geomorfológica Planalto Rebaixado Marginal. A porção nordeste, das cabeceiras dos arroios Butiá e do Bote, caracteriza o setor sul dos Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul. O extremo noroeste, de exposição das coberturas paleozóicas da Bacia do Paraná, faz parte da Depressão Ibicuí-Rio Negro, do Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares (Figura 4 A e B).

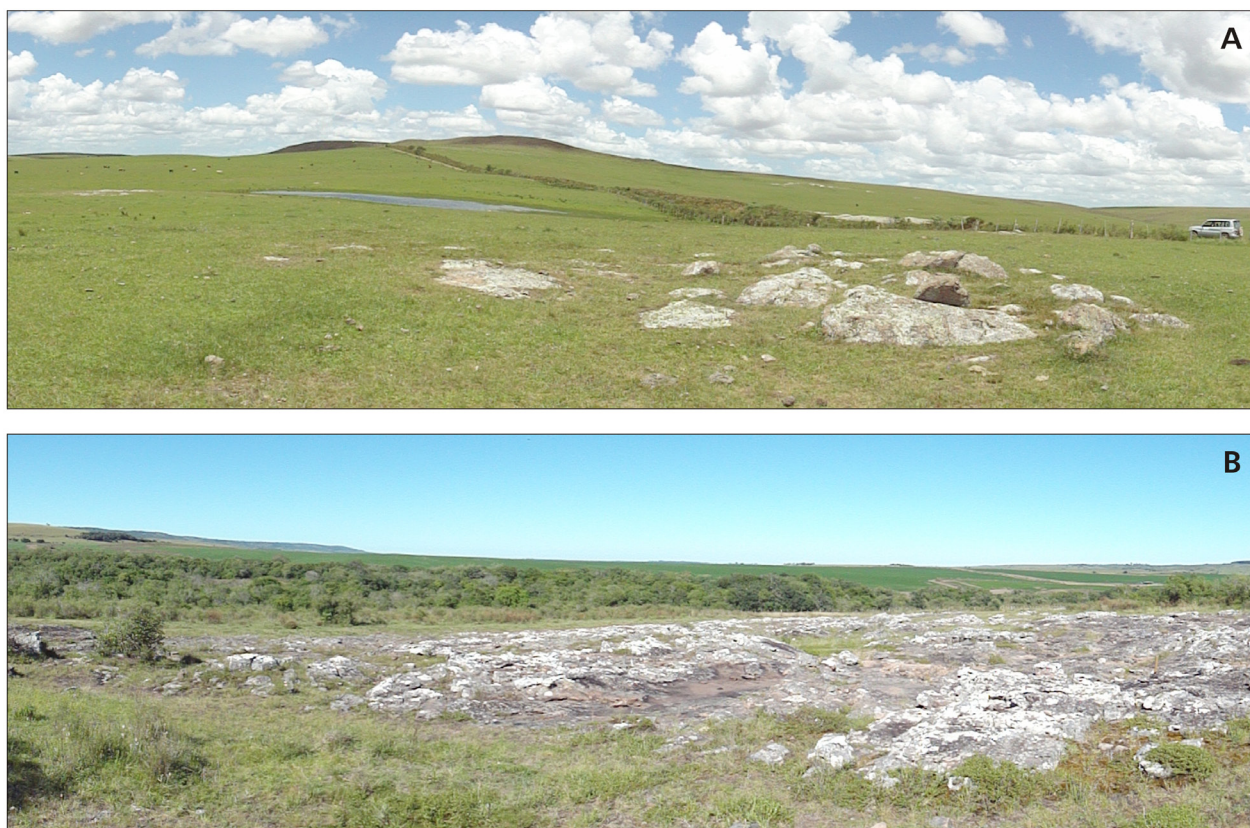


Figura 4 - Aspectos da paisagem: (A) Vista do platô de rochas vulcânicas dacíticas cretácicas (Grupo Serra Geral) a partir das áreas rebaixadas ocupadas por granitoides (1º plano); e (B) No limite entre as folhas Curral de Pedras e Passo São Diogo, em vista para NW, paisagem ruíniforme sustentada por rochas sedimentares da Formação Rio Bonito (1º plano) e mata de galeria no Arroio Jaguarão Chico (2º plano). A área elevada no horizonte a esquerda é mantida por rochas vulcânicas ácidas neoproterozoicas da Formação Cerro Chato.

#### 1.4.5. Solos

Conforme Medaglia (1973), os solos da Campanha são, em sua maioria, de pouca espessura, entre 40 e 50 cm, raramente atingindo 80 cm; em áreas baixas ocorrem solos mais profundos, com um metro ou mais de espessura. Na maior parte dos campos limpos, próprios para a criação, os subsolos impermeáveis acham-se próximos a superfície, a menos de 30 cm.

O Mapa Exploratório de Solos de Ker et al. (1986) mostra que predominam no noroeste da Folha, nas áreas das coberturas sedimentares, os solos podzólicos vermelho-amarelo eutróficos e brunizém vértico; na porção central, onde dominam os granitoides, os podzólicos vermelho-amarelo distróficos e litólicos; enquanto na porção sudeste, de exposição de paragneisses e derrames de dacitos, os planossolos solódicos e podzólicos bruno-acinzentados. Localmente, ocorrem planossolos eutróficos, característicos das áreas baixas do modelado fluvial.

#### 1.4.6. Vegetação

De acordo com o sistema de classificação fitogeográfica adotado pelo Projeto Radambrasil

(TEIXEIRA, et al., 1986), a vegetação do extremo NW da área, no entorno do baixo curso do Arroio Jaguarão Chico, é característica da estepe gramíneo-lenhosa (Campanha Gaúcha); enquanto no restante da folha ocorre, de NW para SE, a savana arbórea aberta e a savana gramíneo-lenhosa, ambas com florestas de galeria.

#### 1.4.7. Meio Ambiente

A ação antrópica, ainda que bastante limitada, se faz sentir pelo excesso de pastejo utilizado em algumas propriedades, provocando uma redução gradativa da cobertura vegetal e da diversidade de espécies do campo nativo; e pelo comprometimento de alguns cursos d'água por remoção parcial ou total da vegetação do entorno.

### 1.5. EQUIPE EXECUTORA E MÉTODOS

O presente Texto Explicativo foi redigido e organizado por Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias, Eduardo Camozzato e Carla Klein; as autorias das partes do texto constam em folha de créditos específica.

A autoria do Mapa Geológico é de Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias, Eduardo Camozzato

e Carla Klein, da CPRM/Porto Alegre. A cartografia digital / SIG e a editoração gráfica do mapa foram executadas por Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias e Eduardo Camozzato.

A coordenação regional foi exercida pelo geólogo João Angelo Toniolo, da Gerência de Recursos Minerais - GEREMI/PA da Superintendência Regional de Porto Alegre – SUREG/PA da CPRM, sob a supervisão nacional de Reginaldo Alves dos Santos (Departamento de Geologia - DEGEO) e de Edilton dos Santos (Divisão de Geologia Básica - DIGEOB), ambas vinculadas a Diretoria de Geologia e Recursos Minerais – DGM.

Os levantamentos geológicos em campo contaram com a participação de Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias, Eduardo Camozzato, Carla Klein, Andréa Beltrão Finamor, Paloma Gabriela Rocha e colaboração de Jorge Henrique Laux e Ruy Paulo Philipp (IG/UFRGS). O apoio geofísico foi de Luis Gustavo Rodrigues Pinto e William Ribeiro Lopes.

A amostragem de sedimentos ativos de corrente e de concentrados de bateia foi executada pelos técnicos Eraldo Guidugli Machado, Edgar dos Santos Dias e José Darvil Zanetti Filho. A identificação mineralógica dos concentrados de bateia foi executada por João Henrique Wustrow Castro. As análises químicas dos sedimentos ativos de corrente foram realizadas nos laboratórios da ACME (*Bureau Veritas*

*Minerals Laboratories - BVML*); as de amostras de rochas nos da ACME e da SGS GEOSOL.

A interpretação dos resultados: 1) analíticos das amostras de sedimentos ativos de corrente e 2) mineralógicos dos concentrados de bateia, foi realizada por José Leonardo Silva Andriotti, João Henrique Wustrow Castro e Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias.

As descrições petrográficas, em diferentes proporções nas folhas mapeadas, estiveram a cargo de Andréa Beltrão Finamor, Andrea Sander, Carla Klein, Margarete Wagner Simas, Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias e Eduardo Camozzato, com a colaboração de Ruy Paulo Philipp (IG/UFRGS). As lâminas delgadas foram elaboradas por Adriano Xavier Baz Pereira, Sandro K. Peralta e Rodrigo Peixoto Malikovski, nos laboratórios de preparação de amostras da CPRM/Porto Alegre.

Os acadêmicos Matheus S. Simões, Guilherme B. Tambara, João Pacífico S. L. Machado, do Curso de Geologia do IG/UFRGS, e Gabriel Flores Zamora, do Curso de Geografia do IG/UFRGS, colaboraram como estagiários em diferentes fases e atividades do projeto. Os dois primeiros participaram também dos levantamentos em campo das áreas do embasamento cristalino; o terceiro, entre outras atividades, colaborou na elaboração do mapa geológico; o último auxiliou na pesquisa de dados para a redação deste texto introdutório.



## 2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

### 2.1. ARCABOUÇO GEOLÓGICO E TECTÔNICO

A Folha Curral de Pedras insere-se no segmento meridional da Província Mantiqueira de Almeida et al. (1977) (Figura 5) e constitui o denominado Escudo Sul-Rio-Grandense de Carvalho (1932), na porção centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul. A Província Mantiqueira é uma entidade geotectônica instalada a leste dos crátons São Francisco e Rio de La Plata/Paraná ao final do Neoproterozoico e início do Paleozoico. Estende-se com orientação NNE–SSW por cerca de 3.000 km ao longo da costa atlântica sul-americana, desde Montevidéu no Uruguai até o sul da Bahia. Esta província guarda o registro de uma longa e complexa evolução geológica do Neoproterozoico na América do Sul (900–520 Ma), preservando remanescentes de unidades arqueanas, paleoproterozoicas e mesoproterozoicas.

As unidades neoproterozoicas do Cinturão Dom Feliciano (FRAGOSO-CESAR, 1980) no Rio Grande do Sul, segmento meridional da Província Mantiqueira (ALMEIDA et al., 1981), e os fragmentos paleocontinentais associados neoarqueanos e paleoproterozoicos com diferentes graus de retrabalhamento no Brasiliano, constituem o Escudo Sul-Rio-Grandense.

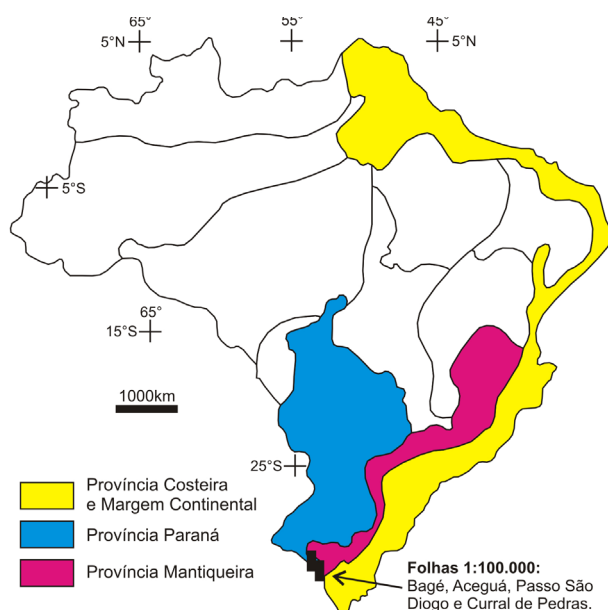


Figura 5 - Províncias tectônicas do Brasil, conforme Almeida et al. (1977). Foram enfatizadas as províncias de interesse para a região e indicadas as folhas do bloco de mapeamento.

O Escudo Sul-Rio-Grandense compreende rochas metamórficas, ígneas e sedimentares com idades, origem e evolução diversas e caracteriza-se por uma compartimentação em blocos limitados por grandes falhamentos regionais de direção NE-SW e NW-SE, cuja colagem orogênica foi concluída ao final do Ciclo Brasileiro, na passagem do Neoproterozoico para o Eopaleozoico.

Esta segmentação, já descrita por Picada (1971), tem servido de embasamento para diferentes descrições de sua organização interna e compartimentação tectônica (e.g., HASUI et al., 1975; RIBEIRO; FANTINEL, 1978; FRAGOSO CESAR, 1980; JOST. BITENCOURT, 1980; JOST; 1981; FRAGOSO CESAR et al., 1982 a, b; ISSLER, 1982; JOST; HARTMANN, 1984; HORBACH et al., 1986; COSTA et al., 1995; FERNANDES et al., 1995 a,b; CHEMALE et al., 1996; RAMGRAB; WILDNER; CAMOZZATO, 1993; RAMGRAB; WILDNER, 1999; CHEMALE Jr. 2000; PHILIPP; MACHADO, 2005; SILVA et al., 2005; HARTMANN et al., 2006, 2007; SAALMANN et al., 2005 a,b, 2007, 2010); PHILIPP, 1998; PHILIPP; MACHADO, 2005; PHILIPP; CAMOZZATO, 2009; PHILIPP et al., 2002, 2007, 2008, 2013; CAMOZZATO; PHILIPP; CHEMALE JR., 2013).

Com base, entre outros, nos diversos autores acima referidos, podem ser reconhecidos no Escudo Sul-Rio-Grandense o Batólito Pelotas e os terrenos Taquarembó, São Gabriel e Tijucas. Um novo domínio tectono-geológico, denominado Terreno Jaguarão, foi caracterizado durante os atuais levantamentos e está detalhado neste relatório (Figura 6).

Com desenvolvimento entre 650 e 550 Ma, o Batólito Pelotas (e.g., Philipp et al., 2002; Philipp, Machado e Chemalle Jr., 2007; Philipp; Machado, 2005) constitui um arco magmático multi-intrusivo e polifásico cujos granitoides, na maioria pós-colisionais, foram gerados essencialmente pelo retrabalhamento de uma crosta paleoproterozoica (2,3 – 2,0 Ga), conforme indicado pelos dados isotópicos. O limite com o Terreno Tijucas (a oeste) se faz pela Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu.

O Terreno Taquarembó, correlacionável com o Terreno (ou Microplaca) Nico Perez do Uruguai, tem por unidade característica o Complexo Granulítico Santa Maria Chico. Margeando a porção leste do Crátón Rio de la Plata, constitui um segmento paleocontinental retrabalhado mas com alguma integridade relativamente aos processos orogênicos do Ciclo Brasileiro. O limite norte, com o Terreno São Gabriel, se dá pelo Lineamento Ibaré (Sistema de Falhas Ibaré - Tigre); enquanto o limite ao leste, com o Terreno Tijucas, é marcado pela Anomalia Magnética de

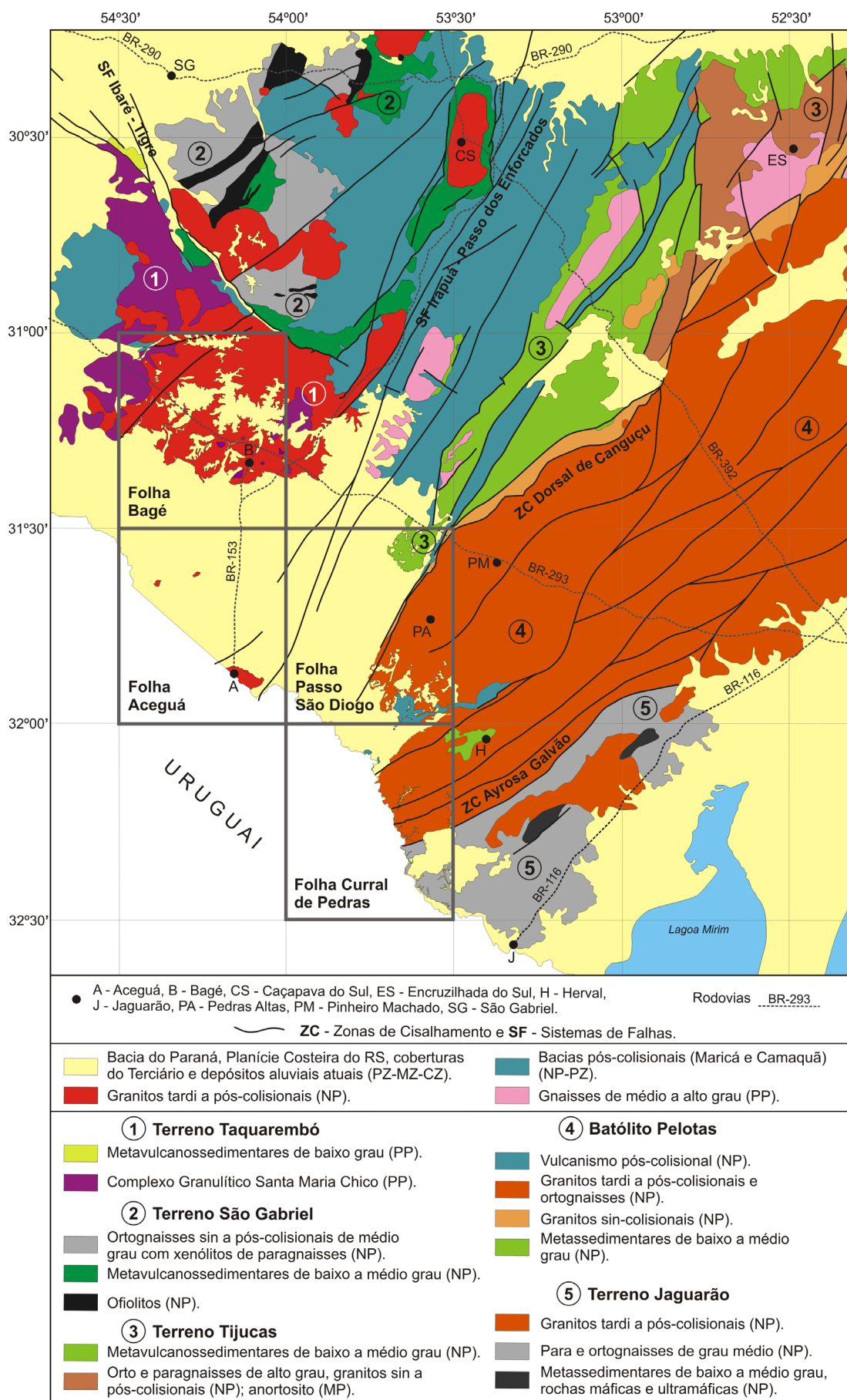


Figura 6 - Províncias tectônicas do Brasil, conforme Almeida et al. (1977). Foram enfatizadas as províncias de interesse para a região e indicadas as folhas do bloco de mapeamento.

Caçapava (também Sutura de Caçapava de (Costa et al., 1995, ou Fernandes et al., 1995; ou Sistema de Falhas Irapuá - Passo dos Enforcados, Camozzato et al. 2009). No oeste e sul é recoberto pelas rochas da Bacia do Paraná.

O Terreno São Gabriel, composto pela intercalação de complexos ofiolíticos com um amplo magmatismo juvenil, evoluiu em diferentes arcos intraoceânicos com idades entre 900 e 680 Ma e são descritas, entre outros, por Babinski et al. (1997), Leite, Hartmann e McNaughton (1998), Philip, Lusa e Nardi (2008) e Hartmann et al. (2011). O domínio é recoberto pelo norte e oeste pela Bacia do Paraná, enquanto a anomalia magnética de Caçapava do Sul marca o limite leste, com o Terreno Tijucas.

O Terreno Tijucas, com forma alongada segundo N30°E, é caracterizado por complexos granito-gnáissicos paleoproterozoicos e metavulcanosedimentares do Neoproterozoico. O limite leste, com o Batólito Pelotas, ocorre ao longo da Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu (Sutura de Porto Alegre, de FERNANDES et al., 1995 a, b), de movimentação transcorrente sinistral (FERNANDES et al., 1992; 1995 a, b; PHILIPP; MACHADO, 2005). A supraestrutura é formada pelo Complexo Porongos, que se sobrepõe aos complexos paleoproterozoicos Encantadas, de Chemale Jr. (2000; ver também Philipp, Lusa e Nardi 2008) e Vigia de Camozzato e Lopes (2009), aos Granitoides Milonitizados de Santana da Boa Vista de Machado et al. (1987) e Metagranito Seival de Camozzato et al. (2009), infra-estrutura do embasamento na região.

A extensa sucessão de rochas metassedimentares e, localmente, metaltramáficas, e as características peculiares nas assinaturas aerogeofísicas do extremo sul do Estado, foram elementos que auxiliaram na definição de um novo domínio tectono-geológico no Escudo Sul-Rio-Grandense, o Terreno Jaguarão. Composto pelas novas unidades Complexo Arroio Telho e Granito Sofia, o Terreno Jaguarão tem similaridade, em aspectos gerais, com o Terreno Punta del Este (PRECIOZZI; MASQUELIN; BASEI 1999), no leste do Uruguai. Uma amostra de gnaiss paraderivado do Complexo Arroio Telho resultou idades entre 636±18,7 Ma e 1.804,2±53,1 Ma, muito semelhantes às idades encontradas por Peel, Basei e Sanches-Bettucci (2013) nas rochas metavulcanosedimentares do Complejo Paso del Dragón, no nordeste do Uruguai.

A Bacia do Camaquã, presente em todos os terrenos acima referidos e com evolução no intervalo entre 620 Ma e 535 Ma (PAIM; CHEMALE JR.; LOPES, 2000; ALMEIDA et al., 2008, 2012; PAIM; CHEMALE JR.; WILDNER, 2014), é formada por unidades sedimentares e vulcanosedimentares com plutonismo associado limitadas, umas das outras, por discordâncias angulares ou erosivas de caráter regional.

A Bacia do Paraná, uma bacia do tipo Depressão Marginal passando a Depressão Interior devido à obstrução da margem aberta (tipo MSIS,

de KINGSTON et al., 1983), se desenvolveu em seis unidades de ampla escala ou Supersequências, conforme reconhecido por Milani (1997): Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo).

As três primeiras supersequências definem ciclos transgressivo-regressivos ligados a oscilações do nível relativo do mar no Paleozoico, enquanto as demais constituem pacotes de sedimentitos continentais com rochas ígneas associadas.

A Supersequência Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico) compreende as diversas formações dos Grupos Itararé, Guatá e Passa Dois. A Supersequência Gondwana II (Triássico Médio a Superior) aflora apenas no estado do Rio Grande do Sul e no norte da República Oriental do Uruguai. É composta pelas rochas sedimentares do Grupo Rosário do Sul, que inclui as formações Sanga do Cabral, Santa Maria, Caturrita e Guará. Caracteriza-se por arenitos e pelitos avermelhados, oriundos de depósitos fluviais e lacustres e possui abundante fauna de répteis e mamíferos (MILANI, 1997).

Na Folha Curral de Pedras a Bacia do Paraná é representada por depósitos sedimentares dos grupos Guatá e Passa Dois, bem como por litologias vulcânicas relacionadas com o Grupo Serra Geral.

## 2.2. ARCABOUÇO GEOFÍSICO

Os modelos de estruturação do Escudo Sul-Rio-Grandense com base na geofísica remontam aos anos 1980 - 1990 (MANTOVANI et al., 1989; PORCHER et al., 1995; ORLANDI F° et al., 1995; COSTA et al., 1995; FERNANDES et al., 1995a, b; COSTA, 1997; RAMGRAB; WILDNER; CAMOZZATO, 1997; RAMGRAB; WILDNER, 1999), com a confecção manual, por técnicos da CPRM, de mapas aeroradiométricos (contagem total) a partir de perfis rebatidos, e de sua interpretação em conjunto com mapas aeromagnetométricos (campo total) de dados do Projeto Aerogeofísico Camaquã (JACKSON et al., 1973). Essas atividades foram acompanhadas pela aquisição de dados terrestres, com o levantamento de perfis gravimétricos que permitiram a elaboração de Mapa Bouguer Provisório do Escudo Sul-Rio-Grandense, além de magnetométricos e de eletrorresistividade (sondagens elétricas verticais).

A interpretação do Mapa Bouguer evidenciou um quadro de blocos tectônicos onde se destacavam duas grandes faixas de anomalias negativas de direção aproximada NNE, situadas respectivamente nas porções oriental e ocidental do escudo (Figura 7). A primeira (leste), balizada pelas cidades de Herval, Pinheiro Machado, Piratini, entre Encruzilhada do Sul e Dom Feliciano e entre Porto Alegre e Taquari (denominada *Sutura de Porto Alegre*); e a outra (oeste) pelas localidades de Três Cerros, Torquato Severo,

Coronel Linhares e São Gabriel (denominada *Sutura de São Gabriel*). As duas faixas alcançam largura de 50 km e amplitude gravimétrica máxima de 35mGal; atravessando todo o Escudo Sul-Rio-Grandense e se estendendo para o norte, sob a cobertura da Bacia do Paraná, e para o sul, através do território da República Oriental do Uruguai. A espessura da crosta sob o Escudo, através da fórmula de Grushinsky (1967), foi estimada em 32 km (ORLANDI F° et al., 1995).

Essa interpretação qualitativa, apoiada em modelamentos efetuados segundo dois perfis transversais, permitiu a delimitação de três distintos domínios (*gravimétricos*) crustais no Escudo Sul-Rio-Grandense: 1) Oriental (E), 2) Central e 3) Ocidental (W). Para todas as alternativas de modelamento elaboradas nos dois perfis gravimétricos, a sutura do lado oeste apresentava-se nitidamente bem marcada, ao passo que a do setor leste não foi considerada tão característica. A anomalia gravimétrica oeste (*Sutura de São Gabriel*) foi interpretada como limite do Cráton Rio de La Plata (e.g., FERNANDES et al., 1995b).

Por sua vez, a análise dos dados aeromagnetométricos disponíveis para a porção do Escudo Sul-Rio-Grandense a leste do meridiano 54° também permitiu a identificação de três grandes domínios (*magnetométricos*) alongados segundo a direção NE-SW. A *Sutura de Caçapava*, que não coincide com traços-limite da gravimetria embora coincida com estes em direção, corta o Domínio (gravimétrico) Central com orientação N35°E e foi interpretada como o limite leste tanto da crosta juvenil brasileira (neste texto, Terreno São Gabriel; também Associação de Arco Magmático II, de FERNANDES et al. 1995a), quanto do Terreno Taquarembó. O denominado Bloco Geofísico Central de Fernandes et al. (1995b) é, portanto, composto pelos domínios aeromagnetométricos central-leste e central-oeste, divididos por uma anomalia magnética que, em superfície, coincide com o aqui denominado Sistema de Falhas Irapuá – Passo dos Enforcados.

O Domínio Oriental (E) (magnetométrico), conforme Costa et al. (1995), é caracterizado por um relevo magnético bastante acentuado, evidenciado principalmente pela alta densidade de eixos

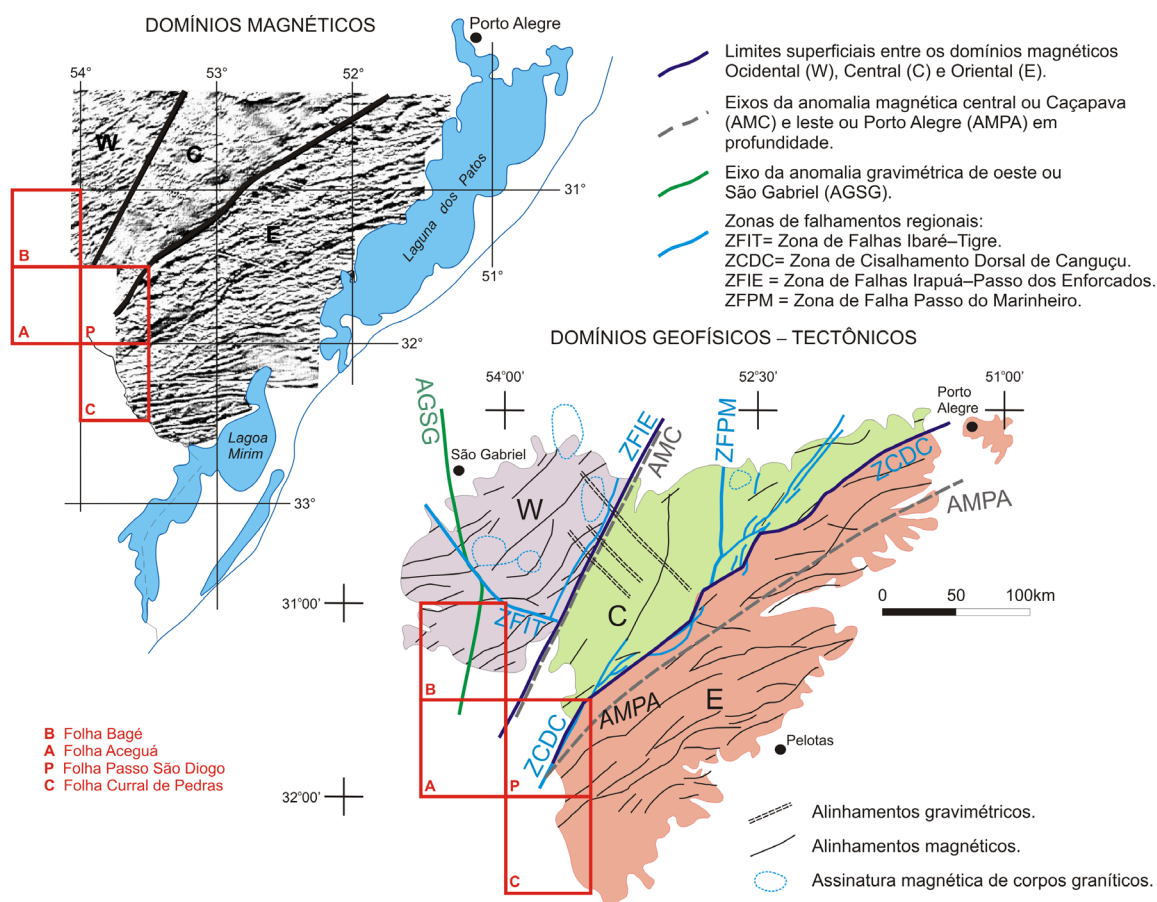


Figura 7 - Domínios geofísicos e tectônicos do Escudo Sul-Rio-Grandense. No mapa de domínios magnéticos, W, C e E identificam os domínios ocidental, central e oriental definidos por Costa et al. 1995; os dados acerca das estruturas regionais foram adaptados e modificados de Jackson et al. (1973), Orlandi F° et al.(1995), Costa et al. (1995), Costa (1997) e Fernandes et al. (1995 a,b). As folhas Bagé, Aceguá, Passo São Diogo e Curral de Pedras estão indicadas em ambos os mapas.

de anomalias com direções predominantes N70°E e E-W; na maior parte do domínio interceptados por outros, de orientação N45°E. O limite deste domínio com o Central constitui um sistema de zonas de cisalhamento transcorrente (Dorsal de Canguçu) de natureza intracontinental e tardi-orogênica (vide Fernandes; Koester; Soliani Júnior, 1995) que, conforme Orlandi F° et al. (1995) e Costa et al. (1995), mostra direção N40°-45°E em sua porção sul e inflete para N60°-70°E na sua porção norte. Ainda que a direção N40°-45°E tenha continuidade através do Bloco Central (neste texto, Terreno Tijucas), onde é reconhecida como Zona de Falha (ou sistema) Passo do Marinheiro, não ocorre ajuste desta estrutura com as anomalias magnéticas ou gravimétricas. Em termos de compartimentação, o Domínio Oriental corresponde ao Batólito Pelotas (*sensu* Fragoso-Cesar et al., 1986; Philipp; Nardi; Bitencourt, 2000; e Philipp; Machado, 2005), Complexo Canguçu de Santos et al. (1989), Bloco Dom Feliciano de Ramgrab, Wildner e Camozzato (1997) e, excluídas as rochas da região de Encruzilhada do Sul (que fazem parte do Domínio Central geofísico), a Associação de Arco Magmático I de Fernandes et al. (1995a).

O **Domínio Central** (magnetométrico) de Costa et al. (1995); Domínio Aeromagnetométrico Central-Leste de Fernandes et al., (1995b) é representado por um relevo magnético pouco acentuado, transparente, que aparentemente reflete exclusivamente o padrão magnético das unidades mais antigas, não sendo influenciado pelas unidades sedimentares e vulcânicas da Bacia Camaquã que constituem parcela significativa do domínio. A única anomalia magnética registrada nesse setor corresponde ao Sienito Piquiri, sugerindo que essa unidade

seja diferenciada de um corpo básico situado em profundidade. Além das rochas da Bacia Camaquã, inclui os complexos Encantadas, Vigia e Porongos; roof-pendants e xenólitos de metapelitos e mármore da Suíte Metamórfica Várzea do Capivarita; o Anortosito Capivarita; o Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos; e os granitoides do Batólito Pelotas da região de Encruzilhada do Sul (Bloco Encruzilhada do Sul). As tramas orientadas E-W foram retrabalhadas pelas zonas de cisalhamento transcorrente NE-SW.

O **Domínio Ocidental** (W) (magnetométrico) de Costa et al. (1995), que soma os domínios Aeromagnetométrico Central-Oeste de Fernandes et al. (1995b) e (gravimétrico) Oeste de Orlandi F° et al. (1995), com relevo magnético mais elevado que o Domínio Central e com o qual se limita por um lineamento N30°E (Sutura de Caçapava, de Fernandes et al., 1995a; Anomalia Magnética de Caçapava, de Costa et al., 1995), pode ser dividido em dois subdomínios: 1) norte, coincidente com o Terreno São Gabriel; e 2) sul, do Terreno Taquarembó, para sul do Lineamento Ibaré (ou Sistema de Falhas Ibaré – Tigre, ou Zona de Cisalhamento Ibaré), onde ocorre aumento na densidade de lineamentos magnéticos e a exposição significativa de granitoides e, em especial, das litologias do Complexo Granulítico Santa Maria Chico.

Com os dados do Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul (CPRM, 2010) foi elaborada a Figura 8, onde ficam mais bem explicitados os diferentes domínios tectônicos do Escudo Sul-Rio-Grandense tendo por fundo o mapa de pseudo-iluminação da 1ª derivada vertical do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF).

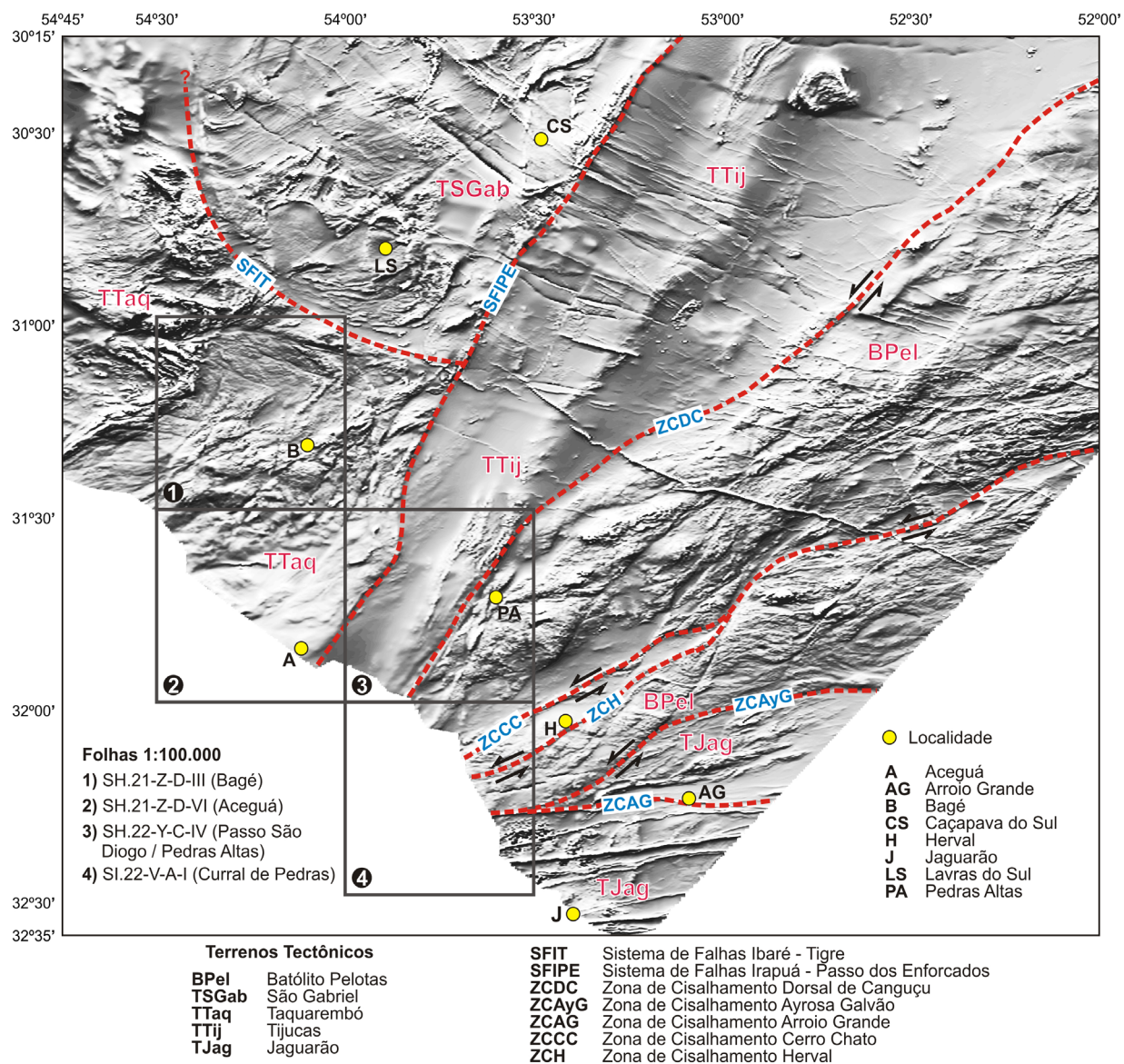


Figura 8 - Domínios tectônicos do Escudo Sul-Rio-Grandense tendo por fundo o mapa de pseudo-iluminação da 1ª derivada vertical do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF).

## 3 – ESTRATIGRAFIA

### 3.1. DOMÍNIOS GEOLÓGICOS, TECTÔNICOS E LITOESTRATIGRAFIA

A área da Folha Curral de Pedras abrange litologias paraderivadas proterozoicas do Terreno Jaguarão; xistos, granitoides e vulcânicas proterozoicas instaladas no âmbito do Batólito Pelotas; rochas sedimentares paleozoicas e manifestações magmáticas mesozoicas da Bacia do Paraná; e coberturas do Cenozoico (Figura 9).

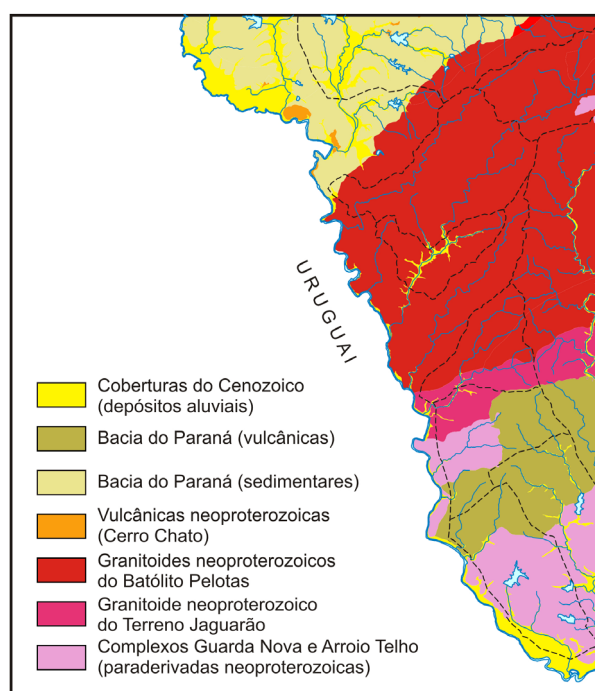


Figura 9 - Domínios geológicos da Folha Curral de Pedras.

O mapeamento geológico da Folha Curral de Pedras, cujos dados históricos remetem a levantamentos regionais ou as pesquisas de recursos minerais energéticos na região, permitiu o detalhamento de unidades reconhecidas e a caracterização de novas unidades litoestratigráficas e elementos tectônicos nos terrenos levantados (Figura 10).

Na Folha Curral de Pedras foram reconhecidas as seguintes entidades geológicas:

1) Batólito Pelotas: rochas graníticas das suítes Cordilheira, Herval, Dom Feliciano e Jaguarão Chico e do Granito Dionísio; com septos de rochas metamórficas do Complexo Guarda Nova;

2) Rochas sub-vulcânicas e vulcânicas ácidas: Riolito Asprezas e Formação Cerro Chato;

3) Terreno Jaguarão: rochas metassedimentares de baixo a médio grau do Neoproterozoico (Complexo Arroio Telho) e granitoides associados (Granito Sofia);

4) Coberturas sedimentares paleozoicas/mesozoicas da Bacia do Paraná;

5) Diques básicos e rochas vulcânicas mesozoicas do Grupo Serra Geral; e

6) Depósitos aluviais.

O embasamento do Proterozoico é caracterizado na região por litologias do Batólito Pelotas e do Terreno Jaguarão, entidades geológicas que se relacionam através da Zona de Cisalhamento Transcorrente Ayrosa Galvão, de direção geral N70°-75°E.

As litologias vulcânicas neoproterozoicas (Formação Cerro Chato) ocupam áreas muito limitadas da porção centro-norte da Folha Curral de Pedras. As principais exposições da unidade ocorrem na contígua (pelo norte) Folha Passo São Diogo.

Na região noroeste afloram rochas sedimentares da Bacia do Paraná, as quais ocupam cerca de 1/4 da área da área de mapeamento, com litologias do Permiano, dos grupos Guatá e Passa Dois. As vulcânicas mesozoicas da Formação Jaguarão se localizam no sudeste da Folha, enquanto os depósitos aluviais ocupam as planícies dos principais cursos de água da região.

### 3.2. BATÓLITO PELOTAS E SEPTOS DO EMBASAMENTO

O Batólito Pelotas (FRAGOSO-CESAR et al., 1986), conforme concebido por Philipp et al. (2002) é constituído pelo Complexo Pinheiro Machado e pelas Suítes Dom Feliciano, Viamão, Erval, Encruzilhada do Sul, Cordilheira e Piquiri. Essa subdivisão se acha fundamentada em aspectos estruturais, relações de campo, dados petrográficos e no acervo de dados geocronológicos, incluindo resultados U-Pb, que posicionam as suítes no intervalo 620 a 550 Ma (PHILIPP et al., 2002). Extensas zonas de cisalhamento de direção NE-SW controlaram o posicionamento das suítes graníticas (PHILIPP; MACHADO, 2001)

Gnaisses e xistos orto- e paraderivados constituem septos do embasamento em meio aos granitoides do Batólito Pelotas, dentre os quais deve ser referido o Complexo Guarda Nova, que aflora no nordeste da Folha Curral de Pedras (Figura 11).

#### 3.2.1. Complexo Guarda Nova (NP2gn)

Fragoso-Cesar et al. (1986) classificam como septos metamórficos os *Quartzitos e Xistos do Herval*, os quais constituem uma unidade supracrustal metamórfica aflorante em uma faixa de direção NE-SW imediatamente a norte da cidade de Herval. Esta unidade seria formada por bancos de espessura

RELAÇÕES TECTONO-ESTRATIGRÁFICAS

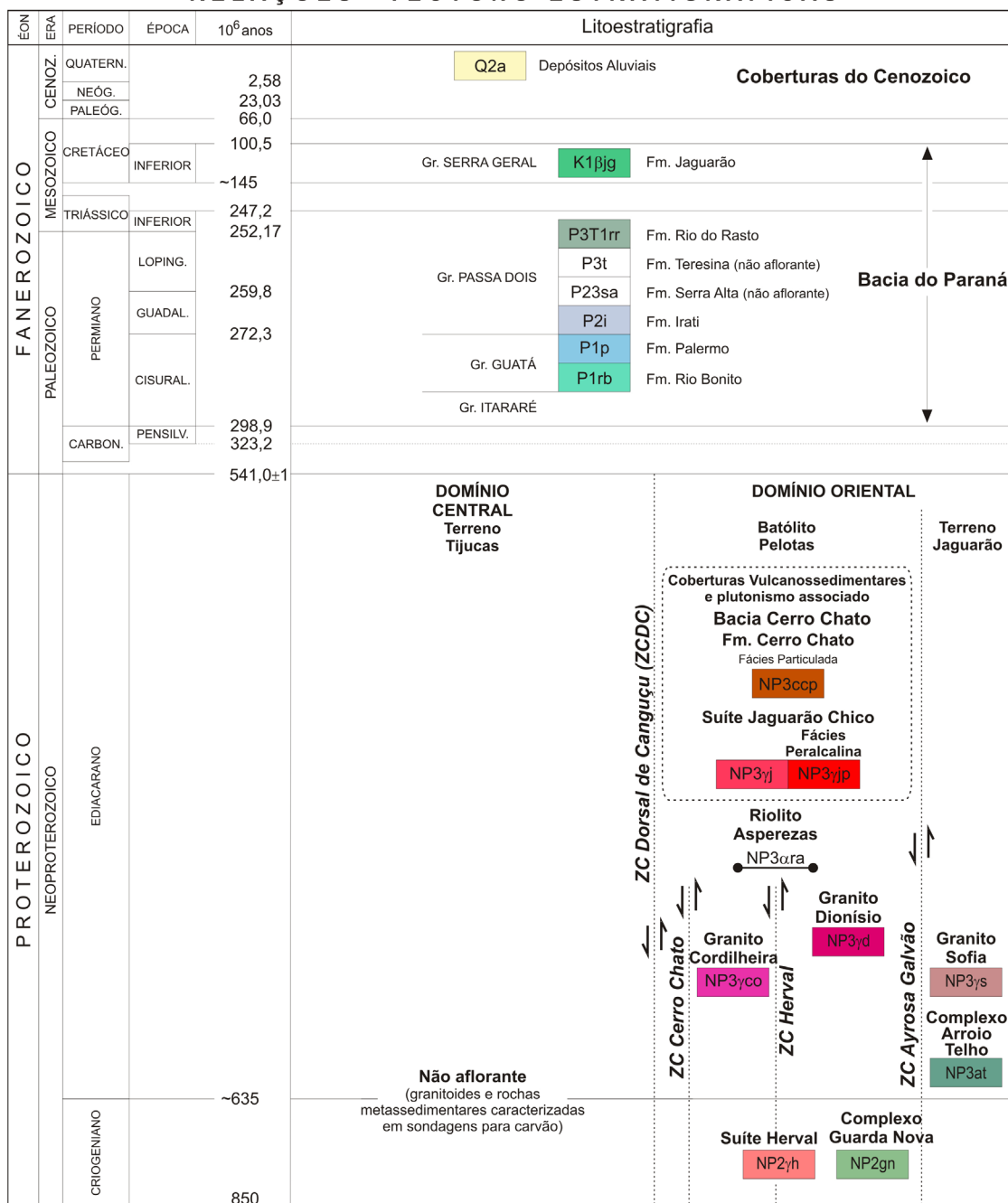


Figura 10 - Litoestratigrafia e relações tectono-estratigráficas na Folha Curral de Pedras.



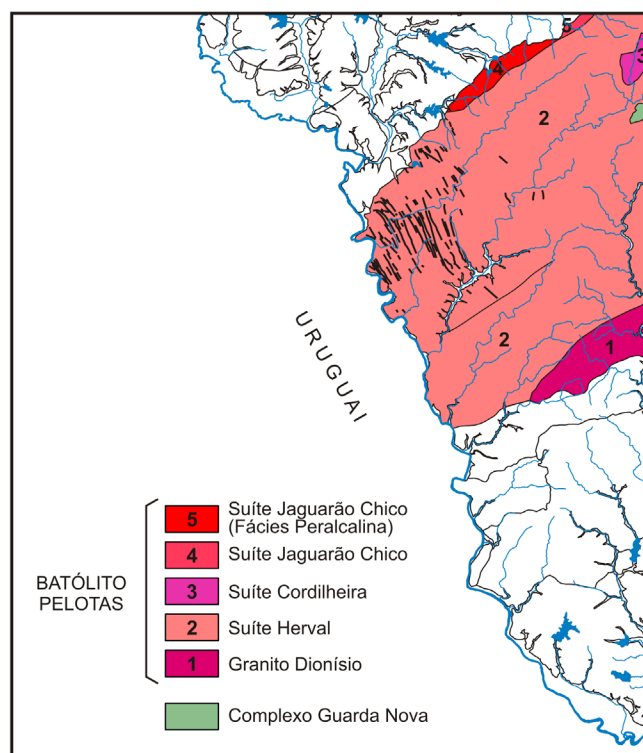


Figura 11 - Localização do Complexo Guarda Nova e dos granitoides do Batólito Pelotas na Folha Curral de Pedras.

variável de quartzitos puros, micáceos e feldspáticos, intercalados com pacotes de xistos intensamente intemperizados. O conjunto mergulha para NW, desde fortemente inclinado até valores em torno de 30° (Figura 12).

Philipp e Machado (2002), que também consideram essas rochas como septos do embasamento metamórfico, descrevem exposições contínuas em uma faixa alongada (~5 km) com 1 a 2 km de largura, de direção N70°E. Os limites leste e sul são definidos pela Zona de Cisalhamento Herval, uma zona de cisalhamento dúctil de alto ângulo de direção geral N65°-75°E (MACHADO, PHILIPP e MELLO, 1995). Essa zona afeta os metassedimentos pelíticos a pelítico-arenosos, com o desenvolvimento de tramas miloníticas deformadas por dobras tardias relacionadas com reativações de caráter transcorrente da própria zona de cisalhamento.

Na Folha Curral de Pedras o Complexo ocupa cerca de 2 km<sup>2</sup> (Figura 11) e constitui o extremo SW da faixa de afloramento das rochas metassedimentares de Herval, sendo denominados como Complexo Guarda Nova. São descritos biotita-muscovita quartzitos de granulação muito fina a grossa, maciços, intercalados com camadas centimétricas de muscovita xistos e sillimanita-muscovita xistos, todos muito intemperizados. A xistosidade varia desde o azimute 260°, na porção norte da faixa de afloramentos, até 150° na porção sul, com mergulhos usuais entre 40° e 75°.

O pacote de rochas metassedimentares na região de Herval é constituído por camadas espessas de quartzitos puros, micáceos e ferruginosos, intercalados com pacotes de xistos muito alterados. Possuem

estruturação geral N30°-50°E, com mergulhos variáveis entre 30° a 70° para NW. A xistosidade principal é afetada por dobras suaves e abertas com uma clivagem de plano axial espaçada, segundo N55°-70°E, com mergulho subvertical (Figura 12 A e B).

Os quartzitos, mesmo puros, apresentam pequenas quantidades de muscovita e minerais opacos. Observa-se um bandamento regular e contínuo cujo realce é definido por camadas ricas em quartzo, intercaladas com níveis de óxido de ferro de cor avermelhada. Os xistos, de cor cinza-avermelhada e com elevado grau de alteração intempérica, são constituídos essencialmente por muscovita e quartzo.

A natureza sedimentar da unidade é confirmada pela regularidade e continuidade de um antigo acamadamento composicional, constituído pela alternância de leitos arenosos e pelíticos, agora parcialmente transpostos por uma foliação tectônica (Figura 12 C). Estas rochas foram submetidas a transformações metamórficas compatíveis com um grau baixo de metamorfismo, na fácies xistos verdes.

O contato dos xistos e quartzitos com os biotita granitos e granodioritos da Suíte Herval não é nítido (ocorrem matações e lajeados próximos dos afloramentos dos xistos), mas são encontrados muitos enclaves e/ou xenólitos da litologia paraderivadas nos granitoides (Figura 12 D, E).

Petrograficamente os biotita-muscovita quartzitos (quartzitos micáceos) se mostram fortemente foliados, com feições de deformação na forma de dobramentos abertos a apertados da foliação anastomosada, resultando microdobras crenuladas e planos de clivagem do tipo plano-axial, evidenciadas



Figura 12 - (A, B) Morfologia do Complexo Guarda Nova, a área elevada nas proximidades da cidade de Herval (em vista para leste, fora da área de mapeamento) e no afloramento CI-278; (C) detalhe da intercalação de muscovita xistos e metarenitos do Complexo; e (D, E) xenólitos de rochas metassedimentares do Complexo Guarda Nova em granitoides de granulação grossa, intemperizados, da Suíte Herval (afloramento CI-279).

principalmente pela disposição dos filossilicatos (Figura 13).

A textura é granolepidoblástica isogranular de grão fino a médio variando de 0,2 a 4,0 mm, com textura milonítica definida pelo desenvolvimento de uma foliação metamórfica marcada pelo estiramento de grãos de quartzo e dos filossilicatos, onde a orientação preferencial destes últimos define a textura lepidoblástica. A composição mineralógica é caracterizada por quartzo (85% a 98%) e pelos filossilicatos, representados pela muscovita e biotita

parcial a totalmente cloritizada (entre 2% e 15%). Em quantidades próximas à unidade ocorrem minerais opacos representados por óxidos e hidróxidos de ferro, apatita e zircão.

O bandamento na rocha é definido pela alternância de níveis de espessura milimétrica a centimétrica predominantemente de quartzo e níveis submilimétricos, em geral descontínuos, ricos em filossilicatos, nos quais ocorre uma maior concentração de minerais opacos.

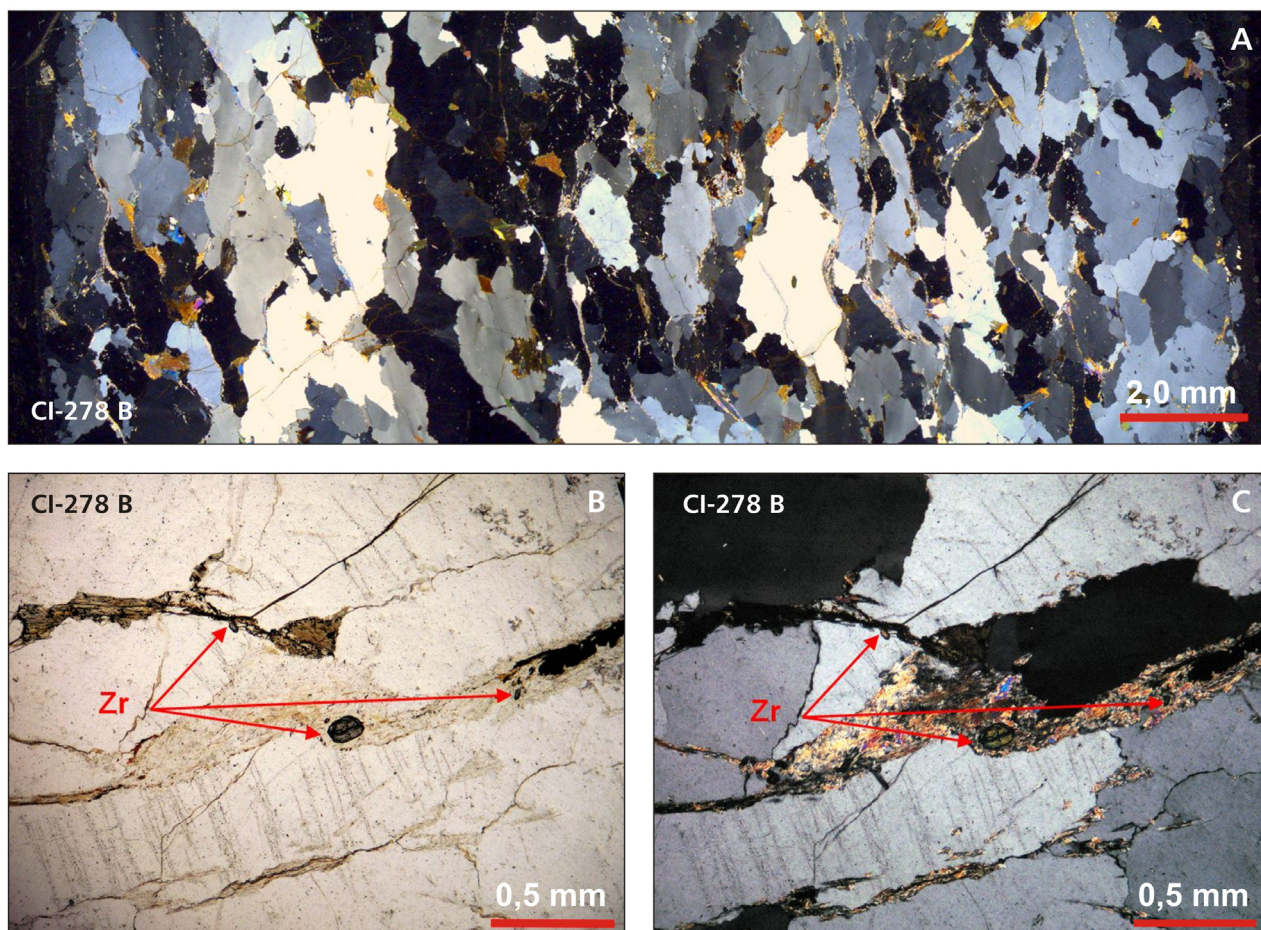


Figura 13 - Fotomicrografias de lâmina delgada do Complexo Guarda Nova (amostra CI-278 B): (A) textura granolepidoblástica isogranular com foliação marcada pelo estiramento de grãos de quartzo e dos filossilicatos (LP, aumento de 7X); (B, C) Detalhe da fotomicrografia anterior (LN/LP), aumento de 25X, mostrando zircões arredondados (Zr, indicados por setas vermelhas) em nível de filossilicatos.

O quartzo é xenomórfico, possui granulação fina a média (0,8 a 4,0 mm), com extinção ondulante, localmente recristalizado para um agregado de subgrãos com contatos suturados a lobados onde observa-se a textura granoblástica poligonal. Os cristais de quartzo mantêm contatos irregulares e estão, em geral, muito fraturados, com os planos de fratura marcados por opacos secundários, mica branca de grão extremamente fino, inferior a 0,5 mm. O quartzo em geral é poiquiloblástico, com inclusões de biotita, opacos, zircão e apatita.

A biotita é fortemente pleocroica em tons castanhos, adquirindo cores esverdeadas quando cloritizada, e incolor quando desenvolve intercrescimentos epitaxiais com a muscovita. Ocorre tabular fortemente alinhada segundo a foliação anastomosada. Tem grão fino a médio, com tamanho inferior a 2,0 mm, mostra inclusões de opacos, apatita e zircão, possui granulação fina a média. Com frequência está alterada para uma associação de clorita, muscovita, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro, algumas vezes observa-se dobramento aberto dos cristais segundo o plano de foliação.

A muscovita ocorre na forma de porfiroclastos com granulação fina a média, com tamanho de grão

inferior a 2,0 mm quando associada à biotita; e em grão fino, inferior a 0,2 mm quando constitui a matriz. São comuns finas lamelas de muscovita incluídas em grãos de quartzo, em geral relacionadas ao preenchimento de microfaturas.

O zircão, principal acessório, tem grão fino, inferior a 1,0 mm, ocorre arredondado, marcando uma feição clástica remanescente, o mineral em geral concentra-se nos níveis mais ricos em filossilicatos, possivelmente retratando o acamamento original.

### 3.2.2. Suíte Herval (NP2yh)

Esta suíte agrupa um conjunto de granitoides que ocorrem a sul do alinhamento estrutural definido entre as localidades de Capão do Leão, Pedro Osório e Cerro Chato, estendendo-se para sudoeste para além dos limites do RS com o Uruguai. À semelhança do Complexo Pinheiro Machado, os granitoides que constituem esta unidade mostram uma variação composicional de granodioritos a monzogranitos e sienogranitos.

A Suíte Herval, que ocupa a maior área entre os granitoides mapeados na Folha Curral de Pedras

(Figura 11), apresenta composição de granodiorito a sienogranito, injeções tabulares de leucogranito e veios pegmatoides com muscovita e biotita em toda a área, e de muscovita granito próximo do seu contato norte. Uma área significativa de muscovita granitos miloníticos (genericamente associado à Suíte Cordilheira) ocorre no nordeste da folha, e deve ser possivelmente resultado da fusão dos metassedimentos do Complexo Guarda Nova, também aflorantes nessa área.

Em regiões pouco afetadas pela deformação a Suíte mostra texturas equigranular hipidiomórfica a inequigranular e porfírica e pode apresentar estruturas primárias como orientação de forma, entelhamento de megacristais prismáticos de feldspatos e feições de mistura física de magmas. Os granitos des-

ta suíte possuem cor cinza escura a clara com tons rosados, com mineralogia essencial constituída por plagioclásio de cor cinzenta, feldspato potássico euédrico a subédrico de cor rosada, quartzo ameboide e intersticial, biotita na forma de lamelas euédricas e intersticiais, muitas vezes formando *schlieren*.

Em geral, as litologias graníticas desta suíte afloram como blocos e matações e mostram grande variedade textural com porções protomiloníticas bandadas e porfiroclásticas. No interior desses granitoides encontra-se um variado grupo de xenólitos de rochas para- e ortoderivadas (Figura 14). Os xistos e quartzitos que afloram na região da cidade de Herval (Complexo Guarda Nova) são considerados como septos metamórficos na Suíte Herval.

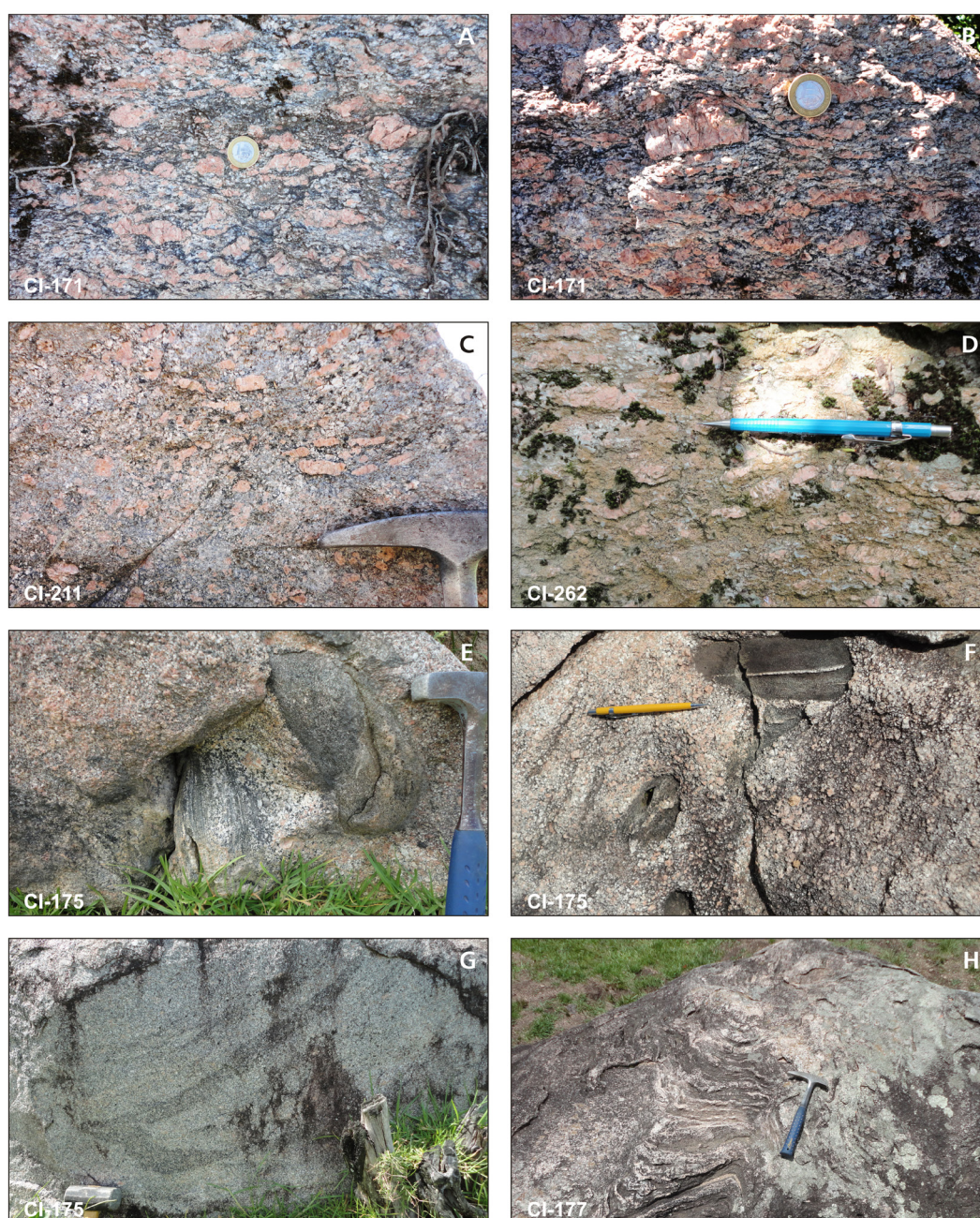


Figura 14 - Suíte Herval: (A, B, C, D) aspectos texturais dos granitos porfírico/porfiroclásticos; e (E, F, G, H) detalhe de xenólitos e *schlieren* (os números dos afloramentos estão indicados nas fotos).

As litologias graníticas desta unidade estão intensamente afetadas por pelo menos três zonas de cisalhamento (ZC) dúctil subverticais a rúptil-dúctil de direção ENE-WSW (N70-80°E) e movimento anti-horário: (1) a ZC Cerro Chato, no contato norte da Suíte Herval com a Suíte Jaguarão Chico; (2) a ZC Herval (Figura 15), que corta a unidade; e (3) a ZC Ayrosa Galvão, que limita a Suíte Herval pelo sul, no contato com os granitos Dionísio e Sofia.

Petrograficamente as rochas desta unidade correspondem a monzogranitos, com termos granodioríticos e sienograníticos subordinados, com a biotita ocorrendo usualmente acima de 7%. As litologias apresentam estruturas muito variadas, desde isotropas até ultramiloníticas. Estruturas de fluxo magmático podem ser bem desenvolvidas, com textura mirmequítica e outras feições texturais relacionadas com a deformação subsolidus.

A composição modal média dos monzogranitos desta unidade está representada por plagioclásio (32-40%), feldspatos alcalinos (28-35%), quartzo (30-35%) e biotita (7-10%). A titanita (3-4%) e a allanita ocorrem como minerais varietais. Apatita, zircão, epidoto e opacos constituem a mineralogia acessória, enquanto que os produtos de alteração estão relacionados aos processos de sericitização, muscovitização, epidotização, oxidação, cloritização, argilização e em menor quantidade carbonatação, com a formação de muscovita, sericita, argilominerais, óxidos e hidróxidos de ferro, epidoto e carbonato a partir da alteração dos feldspatos; e formação de muscovita, sericita, epidoto, clorita, minerais opacos e óxidos e hidróxidos de ferro como substituição da biotita. Quando ocorre, a hornblenda está associada à assimilação de material máfico de enclaves e xenólitos gnáissicos e altera para clorita, biotita e opacos.



Figura 15 - Suíte Herval: (A, B) protomilonitos e milonitos sobre granitoides da suíte na ZC Herval.

### 3.2.3. Suíte Cordilheira (NP3yco)

Os leucogranitos que se associam a augen gnáisses e metassedimentos ao longo da Zona de Cisalhamento Dorsal do Canguçu foram denominados de Granito Cordilheira por Picada (1965) e depois referidos por Tessari e Picada (1966). Outros trabalhos abrangendo corpos da suíte Granítica Cordilheira incluem Picada (1965, 1969, 1971), Tessari e Giffoni (1970) e Ribeiro (1977).

Na Folha Curral de Pedras a principal área de ocorrência dessa unidade situa-se na porção nordeste junto ao limite da folha, em meio às litologias da Suíte Herval, onde aflora como injeções de pequeno a grande porte configurando uma área elíptica de cerca de 6 km<sup>2</sup> entre as zonas de cisalhamento Cerro Chato e Herval, com continuidade para a folha contígua a leste (Figura 11). Essas rochas são possivelmente originadas da fusão dos metassedimentos do Complexo Guarda Nova.

Mesoscopicamente são rochas leucocráticas de coloração rosa a esbranquiçada com leve tonalidade amarelada, com pontuações pretas dadas

pela biotita ou pontuações pardo-rosadas devidas à presença de granada. São comuns os “reflexos” prateados, localmente esverdeados, resultantes da muscovita presente. Quimicamente, estes granitos têm composição peraluminosa, cálcico-alcálica alto K, variando de tonalito a granito (Figura 16), diferentemente dos muscovita granitos encontrados na Folha Passo São Diogo.

Petrograficamente, os muscovita granitoides desta unidade são classificados, segundo o diagrama de Streckeisen (1976), como granodioritos, monzogranitos e sienogranitos, com predomínio dos termos monzograníticos. A composição modal média dos monzogranitos está representada por plagioclásio (28-34%), feldspatos alcalinos (26-30%) e quartzo (30-35%). Muscovita (6-8%), biotita (6-7%) e granada (2-6%) ocorrem como minerais varietais.

Apatita, epidoto, zircão e opacos ocorrem como minerais acessórios. A mineralogia secundária está representada por sericita, muscovita, epidoto, argilominerais, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro, provenientes da alteração dos feldspatos e da biotita. A composição modal dos termos granodio-

ríticos e sienograníticos difere daquela dos monzogranitos de um modo geral apenas nas quantidades de plagioclásio e feldspatos alcalinos, de modo que os outros minerais ocorrem praticamente nas mesmas proporções. Na região do presente trabalho,

os muscovita granitoides ocorrem deformados sob condições de metamorfismo dinâmico de baixo grau, com desenvolvimento de augen milonitos com textura porfiroclástica, foliação milonítica anastomosada e desenvolvimento de estruturas do tipo S-C.

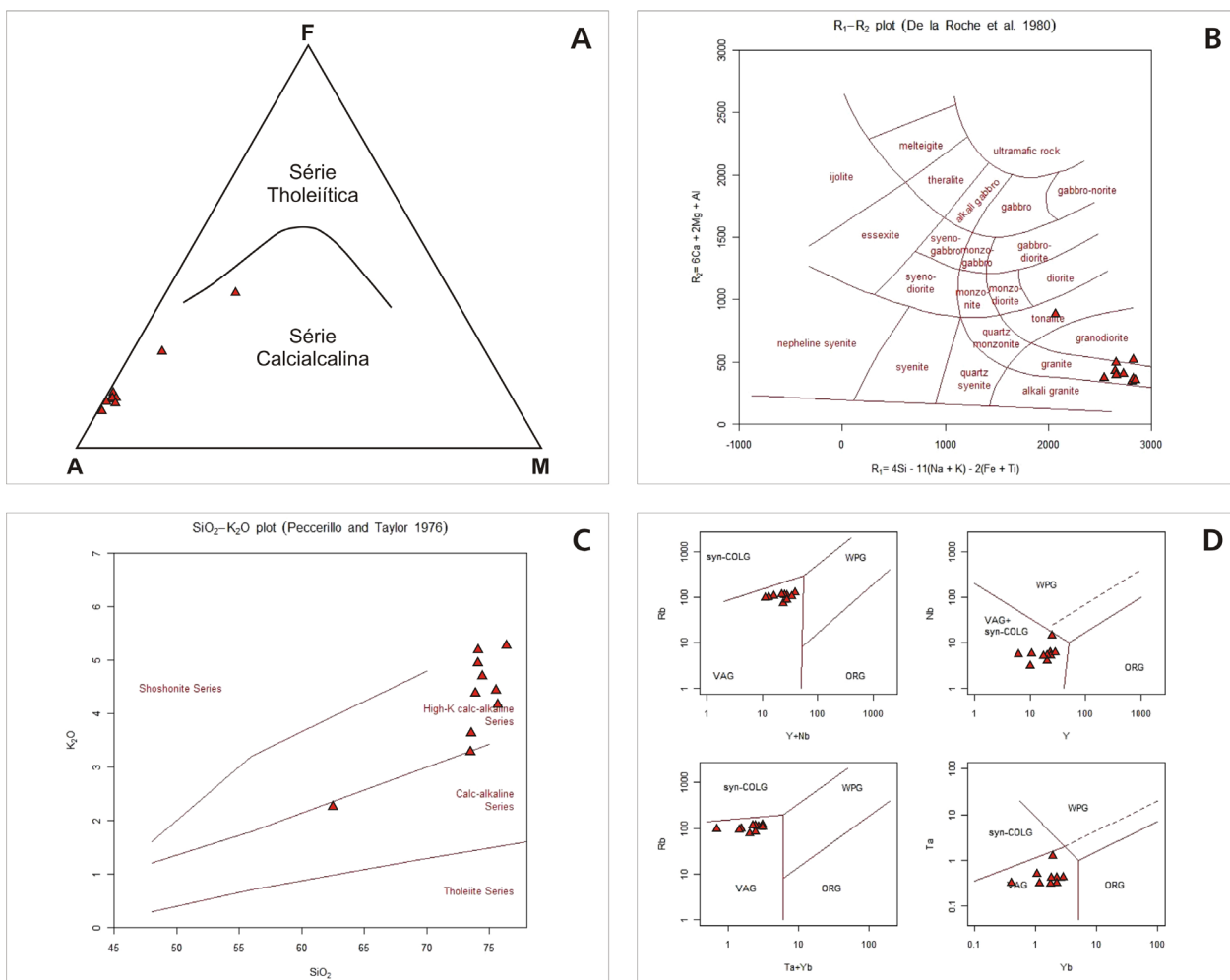


Figura 16 - Diagramas químicos de classificação de amostras de muscovita granito da Suíte Cordilheira.

Os muscovita granitoides porfiroclásticos (Figura 17) consistem predominantemente de granitoides miloníticos a duas micas com granada de granulação muito fina a grossa, com foliação milonítica anastomosada marcada pela orientação de feldspatos e o alinhamento de minerais micáceos e de agregados policristalinos de quartzo. As texturas são inequigranular, milonítica, porfiroclástica, granoblástica poligonal e poiquilítica, com porfiroclastos de granulação média a grossa de plagioclásio, ortoclásio, microclínio, muscovita e biotita, imersos em matriz de granulação muito fina a fina, constituída por plagioclásio, ortoclásio, microclínio, quartzo, biotita, muscovita, clorita, zircão, apatita, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro. A mineralogia secundária está representada por muscovita, sericita, argilominerais, opacos, óxidos e hidróxidos de ferro e clorita, provenientes dos processos de sericitização, muscovitização, argilização e oxidação dos feldspatos; bem como

devido à alteração da biotita para uma associação de muscovita, opacos, clorita e óxidos e hidróxidos de ferro.

Os porfiroclastos de feldspatos potássicos (ortoclásio e microclínio) são subédricos a anédricos, com contatos irregulares, formas arredondadas e feições de cominuição/corrosão de grãos devido à deformação milonítica. Em geral estão fraturados e algumas vezes falhados com a formação de subgrãos de feldspatos ou de minerais da matriz preenchendo as fraturas. Apresentam extinção ondulante e desenvolvimento de trilhas de subgrãos de feldspatos e de quartzo, orientadas segundo a foliação milonítica e envolvendo parcial a totalmente os porfiroclastos de feldspatos.

Os augens de ortoclásio são micropertíticos, algumas vezes maclados segundo Carlsbad. Ocorre microclinização do ortoclásio pertítico caracterizado pela transformação do ortoclásio em microclínio

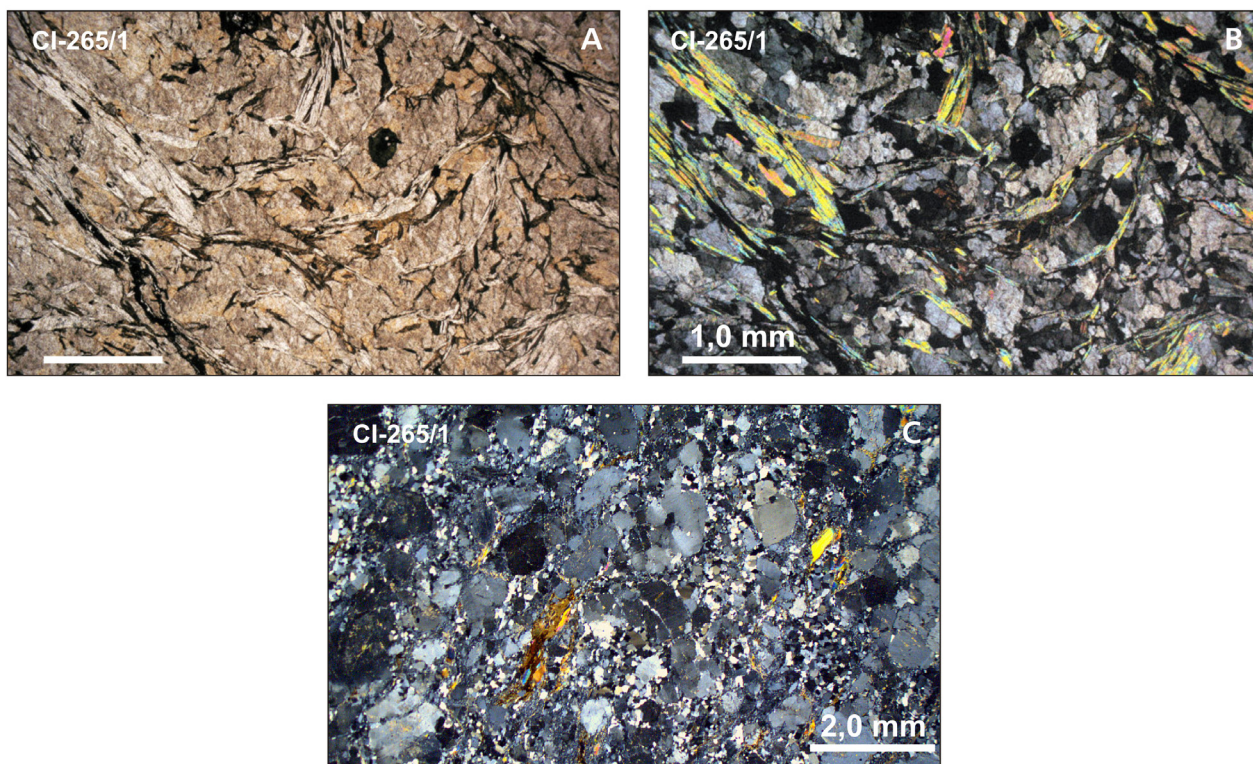


Figura 17 - (A, B, C) Fotomicrografias de lâmina delgada de biotita-muscovita granodiorito porfiroclástico da Suíte Cordilheira (afloramento CI-265/1); Fotos A e B em LN e LP (mesmo campo) e C em LP (escalas nas fotos).

devido à mudança de simetria do cristal decorrente da deformação intracristalina. Os porfiroclastos de plagioclásios são euédricos a anédricos, com formas anédricas relacionadas ao processo de cominuição/corrosão devido ao cisalhamento, e apresentam contatos irregulares e formas arredondadas pelo metamorfismo dinâmico, fraturados e muitas vezes falhados. Alguns grãos ocorrem zonados, com dobramentos abertos dos cristais e deformação intracristalina da macla polissintética, desenvolvendo microdobras tipo *kink bands* e desaparecimento parcial da geminação.

A biotita constitui a matriz fina ou como cristais maiores (porfiroclastos) de granulação média. A muscovita ocorre orientada segundo a foliação  $S_1$  principal, milonítica, e segundo uma foliação  $S_2$ , de natureza S-C disposta transposta à foliação  $S_1$ , na forma de porfiroclastos de granulação média, com formato fusiforme tipo *micafish*, ou constituindo a matriz.

O quartzo tem granulação muito fina a fina, ocorre na forma de subgrãos recristalizados ou cominuídos e como agregados lenticulares policristalinos dispostos segundo a foliação milonítica, com subgrãos com contatos retos, lobados (predominantes) e suturados, em geral com extinção ondulante e textura granoblástica poligonal. Ocorre ainda incluso nos feldspatos e nas micas, em textura poiquilítica. Em alguns granitoides, observam-se grãos de quartzo recristalizados em agregados lenticulares de subgrãos

com textura granoblástica poligonal, com orientação oblíqua à  $S_1$ , dispendo-se segundo  $S_2$ , compondo uma microestrutura S-C.

Em alguns locais observa-se uma característica sin-tectônica de parte do magmatismo com o desenvolvimento de uma foliação magmática dimensional definida pelo alinhamento dos feldspatos segundo linhas de fluxo ígneo, cuja direção de fluxo é coincidente com a movimentação transcorrente.

#### 3.2.4. Suíte Jaguarão Chico (NP3yj)

Os granitoides de composição predominantemente monzogranítica a granodiorítica, com textura porfirítica a inequigranular, foram agrupados na Suíte Jaguarão Chico, denominação oriunda das importantes exposições da unidade nas cabeceiras do Arroio Jaguarão Chico, na Folha Passo São Diogo, a norte.

A unidade apresenta forma alongada segundo a direção NE-SW, mantendo relações concordantes com a zona de cisalhamento Cerro Chato (Figura 18). Na Folha Curral de Pedras esta unidade aflora em uma estreita faixa entre a Suíte Herval e os arenitos da Formação Rio Bonito, no centro-norte da folha.

As litologias desta unidade mostram uma variação composicional relativamente restrita, predominando os termos monzograníticos, com raros granodioritos e sienogranitos.

Os granitoides caracterizam-se por texturas porfíricas, subordinadamente inequigranulares de granulação grossa, com estrutura primária bem definida pelo alinhamento de megacristais de feldspato potássico e lamelas de biotita. A disposição espacial da foliação primária tende a ser concordante com as estruturas tectônicas encontradas nas faixas miloníticas.

A unidade é representada por biotita granitos róseos, de granulação fina a média, inequigranulares, com fenocristais de feldspato potássico esparsos, bastante alterados e cortados por faixas miloníticas com azimute no geral 070°, 75°, concordantes com a Zona de Cisalhamento Cerro Chato.

### 3.2.4.1. Suíte Jaguarão Chico - Fácies alcalina-peralcalina (NP3yjp)

A fácies alcalina-peralcalina da Suíte Jaguarão Chico aflora como uma faixa ao longo da Zona de Cisalhamento Cerro Chato (no nordeste da Folha Curral de Pedras), no contato com a Suíte Herval, com continuidade da unidade para a contígua Folha Passo São Diogo, onde apresenta maior área de exposição. Essa fácies possui forma alongada e aflora como lageados ou blocos e matacões irregulares, intensamente fraturados e milonitizados (Figura 18).

Embora a pequena área de exposição, esses litótipos caracterizam rochas peralcalinas na porção sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense, semelhantes aos descritos e mapeados na região de Piratini por Philipp et al. (1991) e Orlandi F° et al. (1995; Folha Piratini, PLGB/CPRM), onde foram denominados Granito Bela Vista.

A rocha apresenta cor marrom a avermelhada e granulação fina (milonítica a ultramilonítica) a muito grossa, com aspecto brechoide. Sua constituição é à base de feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo, piroxênio, anfibólio, biotita, zircão, apatita, epidoto e clorita. Ao microscópio, mostra-se como uma rocha holocristalina, hipidiomórfica média, formada por feldspato alcalino, quartzo e anfibólio alcalino tipo riebeckita, tendo como acessórios principais zircão (definido como hafnífero na microscopia eletrônica de varredura) e titanita, eventualmente com fluorita. A textura preponderante é pertítica, permitindo classificar a rocha como um pertita granito (Figura 19).

### 3.2.5. Granito Dionísio (NP3yd)

Ao sul da Suíte Herval, no limite entre o Batólio Pelotas e o terreno Jaguarão (Figura 11), ocorre um corpo granítico com características contrastantes, tanto na aerogeofísica (gamaespectrometria) como

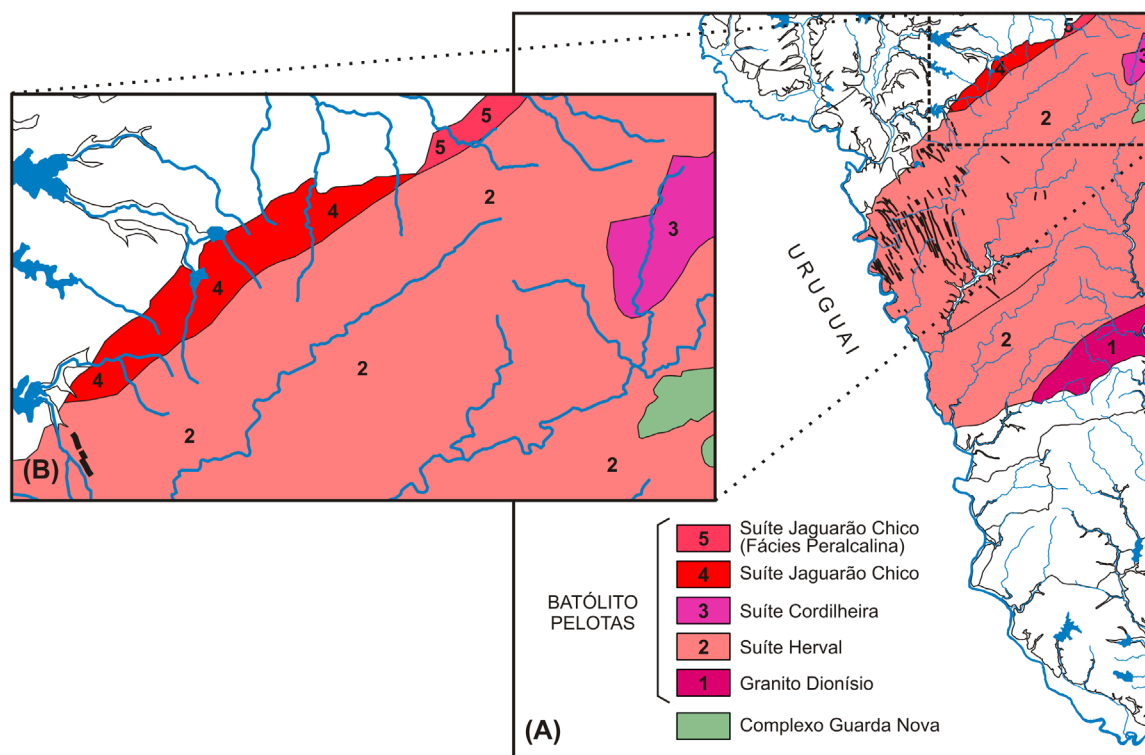


Figura 18 - (A) Área de ocorrência da Suíte Jaguarão Chico (números 4 e 5); e (B) ampliação do box tracejado, para melhor visualização dos limites da unidade.



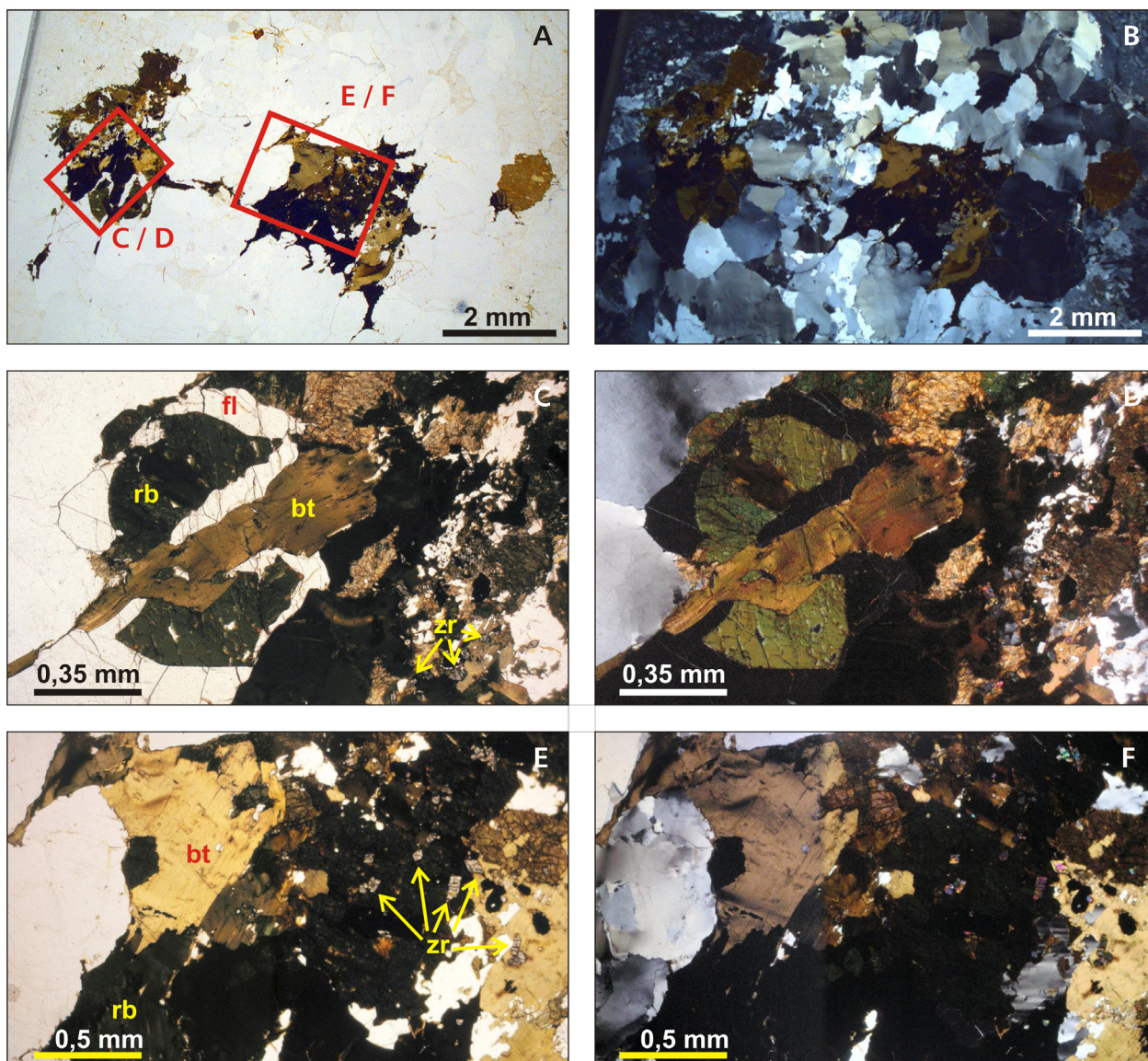


Figura 19 - Fácies Alcalina-Peralcalina da Suíte Jaguarão Chico (fotomicrografias LN/LP): (A, B) lâmina delgada da amostra CI-141 com indicação dos campos com imagens ampliadas e descritas adiante; (C, D) detalhe indicando riebeckita (rb), fluorita (fl), biotita (bt) e algumas das inúmeras inclusões de zircão (zr); e (E, F) detalhe indicando riebeckita (rb), biotita (bt) e algumas das inúmeras inclusões de zircão (zr).

texturalmente, em relação aos granitoides da Suíte Herval.

Referido nesta pesquisa como Granito Dionísio, denominação oriunda do Passo do Dionísio (localizado no arroio Telho), é constituído por monzogranitos de cor cinza-rosado a castanho-rosado, isótipos a foliados, equi- a inequigranulares, de granulação média a grossa com esparsos pórfiros de feldspato alcalino (<7 mm), com biotita e localmente muscovita fina e textura gráfica bem desenvolvida. Apresenta uma foliação milonítica anastomosada localizada, relacionada com estreitas faixas de cisalhamento que cortam a unidade. Aflora em pequenos lajeados e em campos de matações pequenos no campo limpo (Figura 20). Apresenta uma maior taxa de deformação junto ao contato sul com o Granito Sofia.

Petrograficamente variam de leucomonzogranitos (Figura 21) a biotita monzogranitos, equigranulares a inequigranulares, isótipos a foliados, hipidiomórficos de grão fino a médio, com termos inequigranulares porfiríticos e termos com textura inequigranular seriada.

Nos tipos porfiríticos os fenocristais correspondem a plagioclásio, microclínio e ortoclásio micropertítico, com granulação média (1 a 5 mm), imersos numa matriz fanerítica fina (0,5 a 0,8 mm) constituída por feldspatos, quartzo, biotita, apatita, zircão e opacos.

No diagrama de classificação das rochas ígneas de Streckeisen (1976) as rochas desta unidade correspondem a monzogranitos, com a seguinte proporção mineral modal média: plagioclásio (28%),

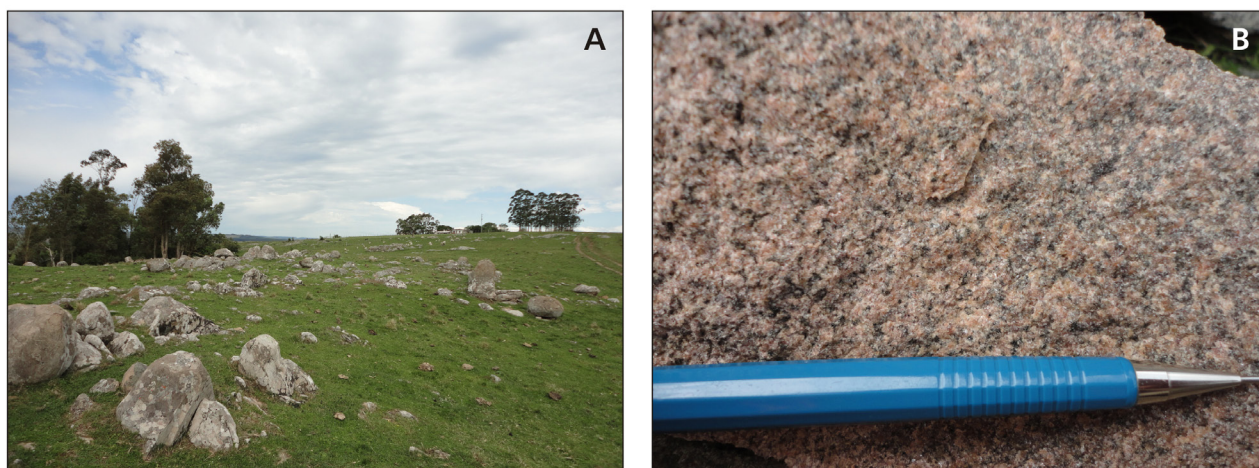


Figura 20 - (A) Tipologia de afloramento; e (B) detalhe do Granito Dionísio no afloramento CI-288.

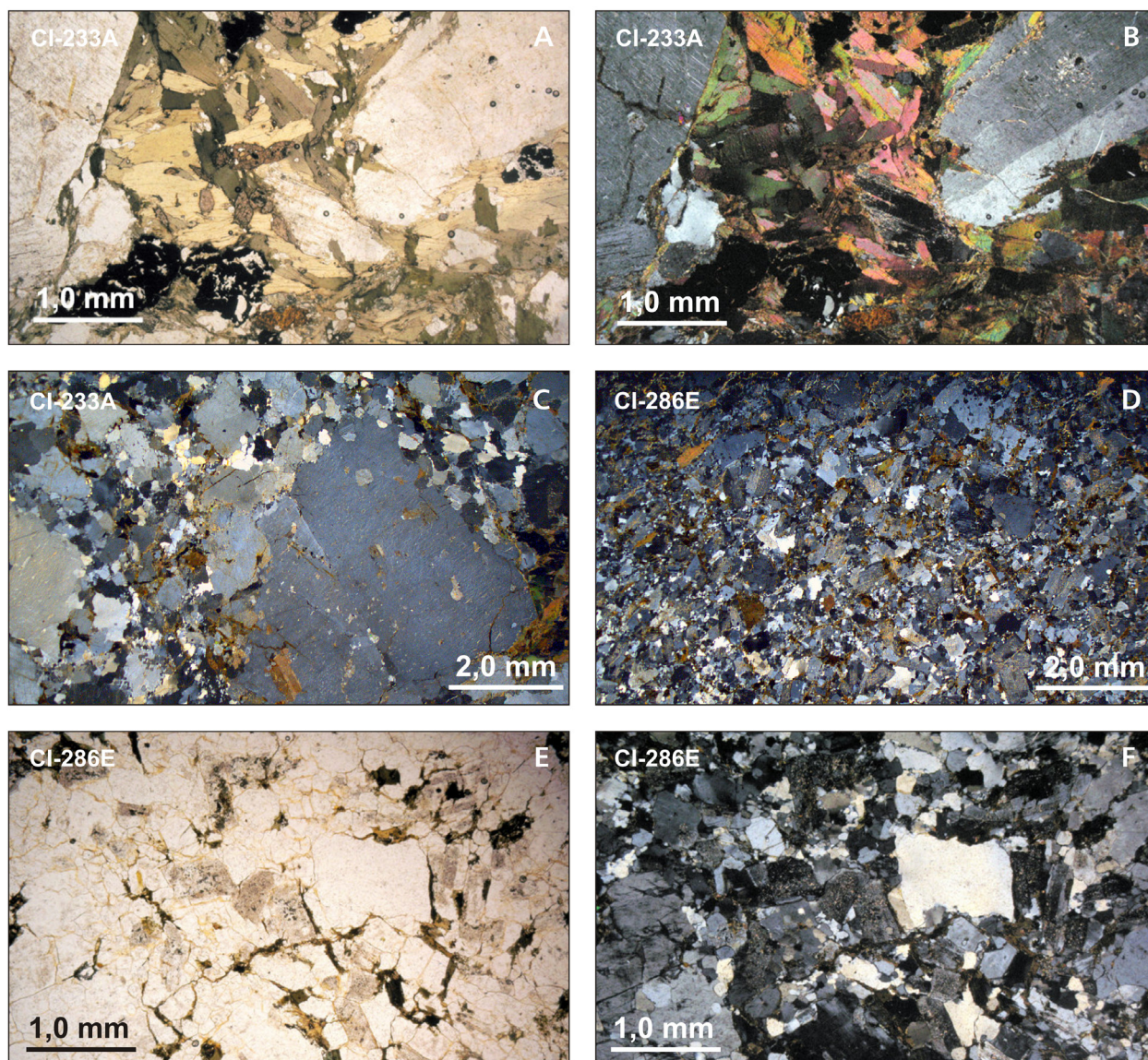


Figura 21 - Fotomicrografias de lâminas delgadas do Granito Dionísio: (A, B) feldspato alcalino micropertítico e concentrações de biotita (com planos de clivagem curvos) com inclusões de apatita, titanita e zircão; (C) porfiroclasto de ortoclásio micropertítico, poiquilítico, com inclusões de quartzo, plagioclásio e biotita, em matriz granoblástica fina; (D) vista geral da lâmina destacando-se a textura granoblástica poligonal fina (cataclase); e (E, F) detalhe da lâmina anterior, onde se observa a cominuição dos grãos segundo o bordo dos cristais.

feldspatos alcalinos (32%) e quartzo (30 - 35%), que constituem a mineralogia essencial. A biotita (4 - 8%) ocorre como mineral varietal. Apatita, zircão, epidoto e opacos são minerais acessórios, com quantidades próximas à unidade, com exceção dos opacos que podem ocorrer em maior proporção.

Os minerais secundários são a muscovita, a sericita, o epidoto, argilominerais, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro, formados a partir da muscovitização, argilização, sericitização e oxidação e em menor grau epidotização dos feldspatos, e como produtos de alteração da biotita para uma associação de epidoto, muscovita, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro.

A textura micrográfica abundante caracteriza essas rochas como intrusões rasas ou subvulcânicas, pois essa feição textural desenvolve-se sob condições de resfriamento rápido. A ação das zonas de cisalhamento impõe a estas rochas texturas protomiloníticas a miloníticas, com recristalização variável, que pode chegar até 60%.

Quimicamente corresponde a granitos de afinidade cálcico-alkalina alto K a shoshonítica, em ambiente de margem continental ativa (SCHANDL; GORTON, 2002) (Figura 22).

### 3.2.6. Riolito Asperezas (NP3ara)

As rochas subvulcânicas que ocorrem sob a forma de diques ácidos a básicos estão amplamente distribuídas no Batólito Pelotas. São corpos hipobissais intrusivos nos granitoides que compõem esse batólito, aparecendo desde o município de Herval (Passo do Centurião), na divisa com o Uruguai, até o município de Butiá (Riolito Ana Dias), no nordeste do batólito.

Figueiredo Filho e Salgado (1964) designaram informalmente os diques ácidos de Riolito Asperezas, em função de sua ampla distribuição na serra homônima, no município de Pinheiro Machado. Tessari e Giffoni (1970) mantiveram essa denominação, correlacionando-os as litologias neoproterozoicas da Formação Acampamento Velho.

Trabalhos posteriores, enfocando as efusivas ácidas e intermediárias do Batólito Pelotas, devem-se a Ribeiro (1977), Ribeiro e Fantinel (1978), Soliani Jr. (1986), Fragoso-Cesar et al. (1986), Horbach et al. (1986) e Silva e Ramgrab (1986).

Soliani Jr. (1986) e Fragoso-Cesar et al. (1986) apresentaram idades de  $560 \pm 12$  Ma ( $R_0=0,714$ ),

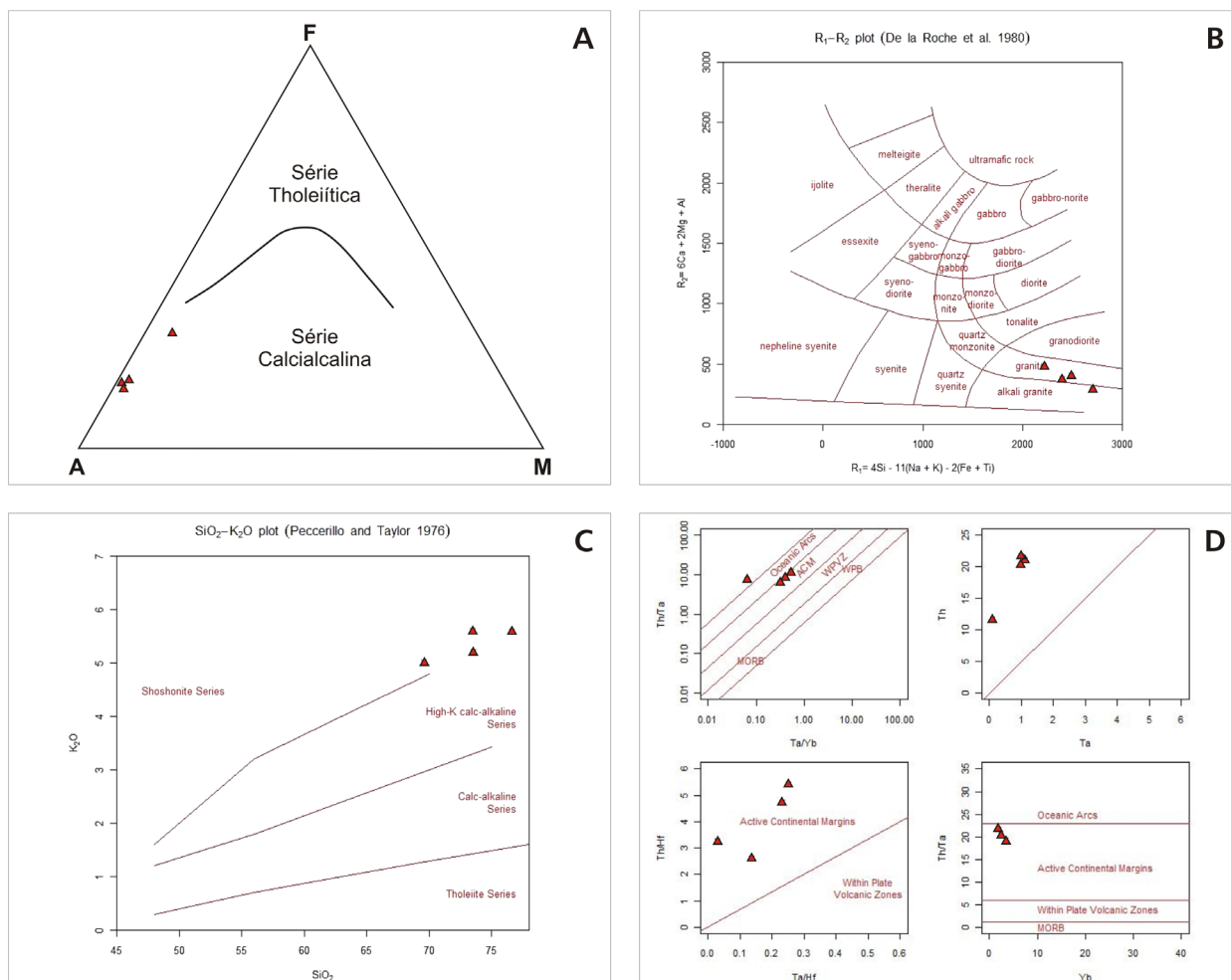


Figura 22 - Diagramas químicos de classificação de amostras do Granito Dionísio.

para esse evento, relacionando-o às manifestações finais do magmatismo granítico da Suíte Dom Feliciano, correspondente aos granitoides tardi a pós-transcorrência.

Zanon, Machado e Philipp (2006) apresentam idades U-Pb em zircões de  $551 \pm 8$  Ma e  $550 \pm 27$  Ma para os diques que ocorrem nas regiões de Piratini e Pinheiro Machado. Oliveira et al. (2015) apresentam idade de  $581,9 \pm 1,9$  Ma para o riolito Ana Dias, enquanto Sommer et al. (2015) apresentam idade de  $557 \pm 3$  Ma U-Pb em zircão (LA-MC-ICP-MS) para as rochas vulcânicas do Cerro Chato, no sul do Batólito Pelotas.

Os diques configuram cristas perfeitamente discerníveis em fotos-aéreas e se estendem para o Uruguai na região do Passo do Centurião. Na Folha Curral de Pedras, esses corpos estão alinhados segundo a direção geral NW-SE (azimute  $330^\circ$ ), constituem enxames de corpos paralelos (Figura 23) e mostram espessuras que varia de poucas a algumas dezenas de metros e extensões de até 4 km. As rochas são normalmente isotrópicas, afaníticas a microfaneríticas e porfíricas; com cores vermelhas, róseas a marrom-avermelhadas e acinzentadas em tons médios a escuros.

Ocorrem concentrados e intrusivos em litologias da Suíte Herval, próximo do limite dessa unidade com as coberturas sedimentares da Bacia do Paraná, que recobrem a zona de cisalhamento que limita essa unidade com a Suíte Jaguarão Chico.

Na borda dessa zona de cisalhamento, os diques apresentam-se flexurados, possivelmente devido à movimentação tardia dos falhamentos.

A unidade compreende petrograficamente riolitos, riolacitos, micro-quartzo monzodioritos e micro-monzogranitos, com feições indicativas de posicionamento subvulcânico. Os riolitos e riolacitos possuem granulação fina a grossa, ou fina a média, com texturas holocristalina, hipidiomórfica, poiquilítica, micrográfica, inequigranular porfírica ou seriada. A primeira predomina, caracterizada pela presença de fenocristais de granulação média a grossa de feldspatos alcalinos, plagioclásio, quartzo, e subordinadamente biotita, imersos em matriz de granulação muito fina a fina constituída por feldspatos, quartzo, biotita, apatita, opacos e zircão.

A mineralogia secundária está representada por muscovita, sericita, epidoto, clorita, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro. A porcentagem de fenocristais varia entre 40-45%, e a quantidade de matriz quartzo-feldspática corresponde a 60-55%. A textura rapakivi foi observada em algumas lâminas, sendo esta feição indicativa de mistura de magmas ou de processos de assimilação de rochas menos diferenciadas, neste último caso referente à assimilação de material mais básico pelo magma ácido.

Nesta associação de rochas hipabissais ocorre um riolito porfírico com matriz quartzo-feldspática microcristalina, com microcristais de um mineral máfico prismático com características ópticas de um anfibólio alcalino (birrefringência verde azulada e extinção oblíqua) classificado como riebeckita (amostra CI-191, Figura 24).

A rocha é inequigranular, com textura porfírica a glomeroporfírica, possui granulação muito fina a média, sendo constituída por fenocristais de granu-

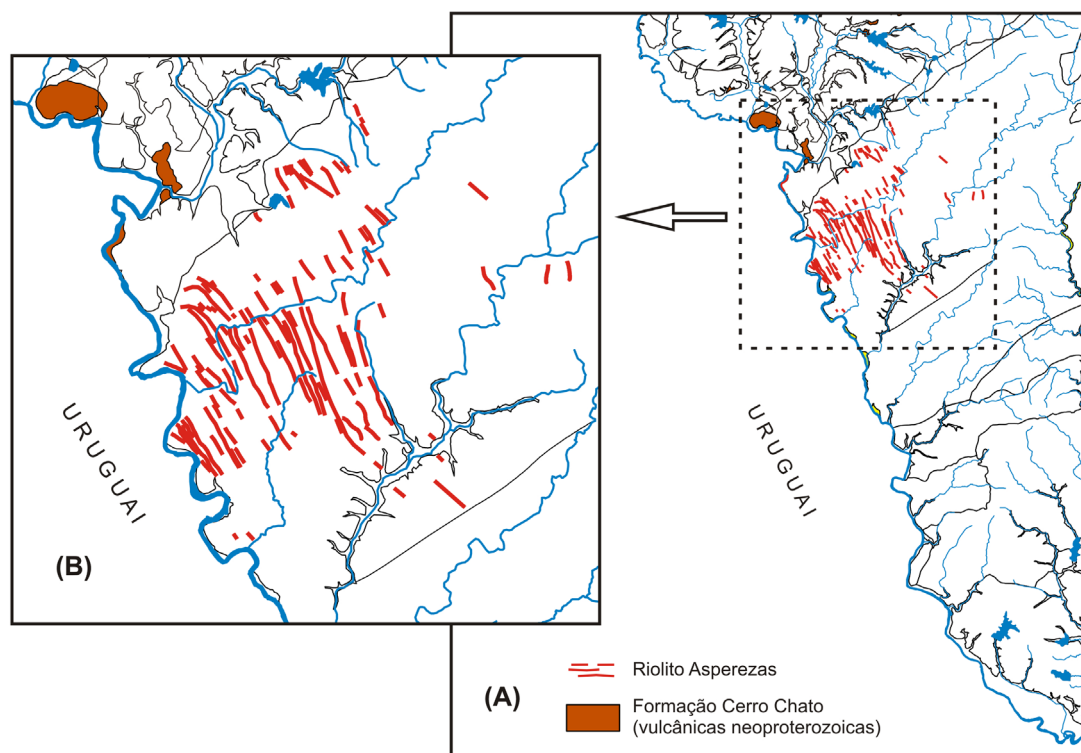


Figura 23 - (A) Áreas de ocorrência do Riolito Asprezas na Folha Curral de Pedras; e (B) ampliação do box tracejado, para melhor visualização.

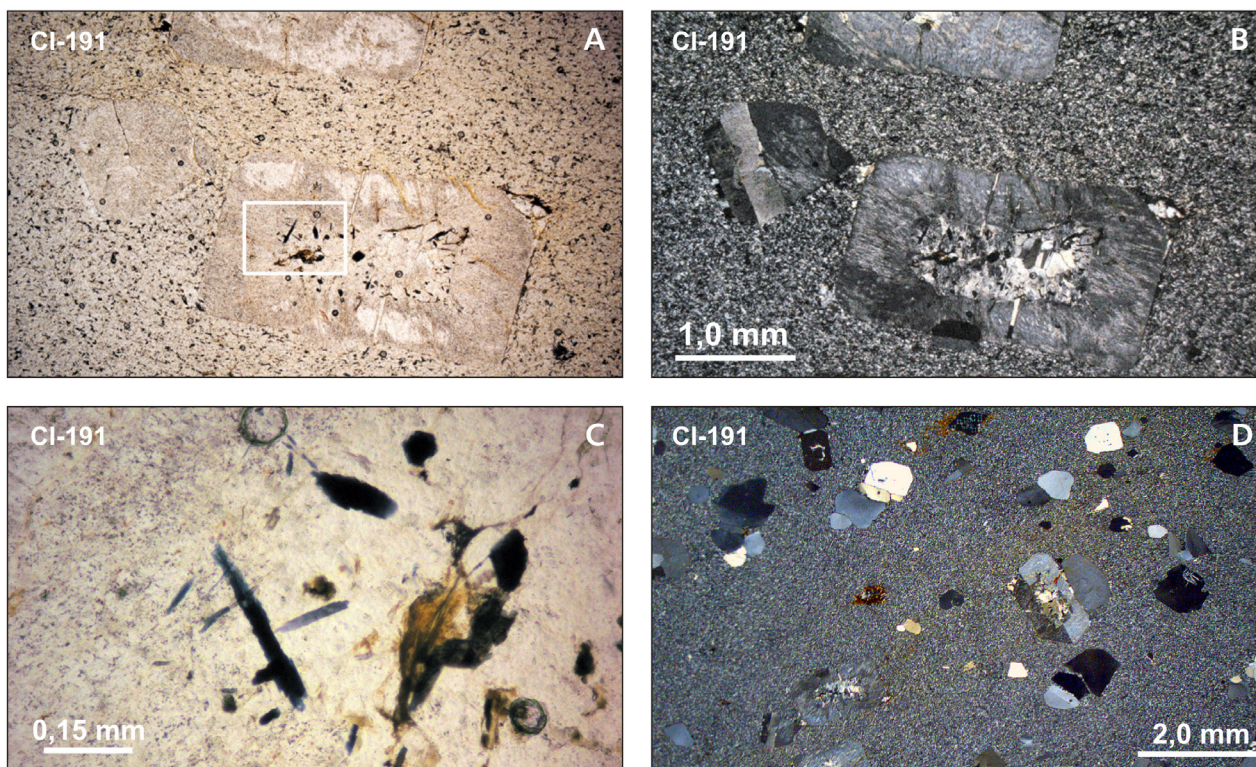


Figura 24 - Fotomicrografias de lâminas delgadas do Riolito Asperezas: (A, B) detalhe dos fenocristais de sanidina corroídos pela matriz (LN/LP); (C) ampliação do quadro marcado em A, com detalhe dos cristais de riebeckita; e (D) vista geral destacando a textura porfirítica, com fenocristais de quartzo e feldspatos.

lação fina a média de feldspato alcalino identificado como ortoclásio, plagioclásio e quartzo imersos em matriz de granulação muito fina, microcristalina, constituída por feldspatos, quartzo, biotita, riebeckita, opacos, apatita, zircão e óxidos e hidróxidos de ferro. Verifica-se borda feldspática ao redor de fenocristais de ortoclásio, constituindo esparsa textura rapakivi.

Os fenocristais de ortoclásio algumas vezes ocorrem com textura sieve, indicando condições de desequilíbrio com a matriz. Feições de corrosão/embaçamento nos fenocristais de quartzo e ortoclásio indicam desequilíbrio e reação dos cristais com o líquido magmático, com posterior substituição pelos minerais da matriz. O feldspato alcalino é do tipo micropertítico, identificado como ortoclásio, onde algumas vezes ocorre maclado segundo a lei Carlsbad. A rocha corresponde a uma subvulcânica, com 45% de pórfiros e 55% de matriz (Figura 24).

Os quartzo monzodioritos e micro-monzogranitos compreendem rochas inequigranulares com granulação muito fina a média, com texturas holocristalina, hipidiomórfica, porfirítica a glomeroporfirítica, e micrográfica, constituídas por fenocristais de granulação fina a média de plagioclásio, feldspato alcalino e quartzo, imersos em matriz de granulação muito fina a fina, constituída por plagioclásio,

feldspato alcalino, quartzo, biotita, epidoto, alanita, apatita, zircão e opacos.

Os fenocristais de plagioclásio são euédricos a subédricos, com granulação fina a média, ocorrem zonados, apresentam extinção ondulante, ocorrem muito sericitizados e com incipiente epidotização e muscovitização. Nas bordas dos aglomerados de plagioclásio verifica-se uma maior acumulação de material micáceo microcristalino (biotita e muscovita secundária), associado à óxidos de ferro e minerais opacos, com menor proporção dos outros constituintes da matriz. Verifica-se a textura micrográfica na matriz, nas bordas de microfeno-cristais de plagioclásio e nas bordas dos feldspatos microcristalinos.

Os fenocristais de quartzo possuem granulação fina a média, em geral apresentam extinção ondulante, são euédricos a anédricos, com feições de corrosão, muitas vezes ocorrem envolvidos por uma borda de minerais micáceos, principalmente biotita, e por opacos. A proporção de fenocristais equivale a 20%, com 80% de matriz. (Figura 25).

A mineralogia secundária está representada por muscovita, sericita, epidoto, carbonato, argilominerais, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro.

Quimicamente correspondem a riolitos, riocacitos, dacitos, microgranitos e, mais raramente, aplitos e apresentam filiação alcalina (Figura 26 e Figura 27).

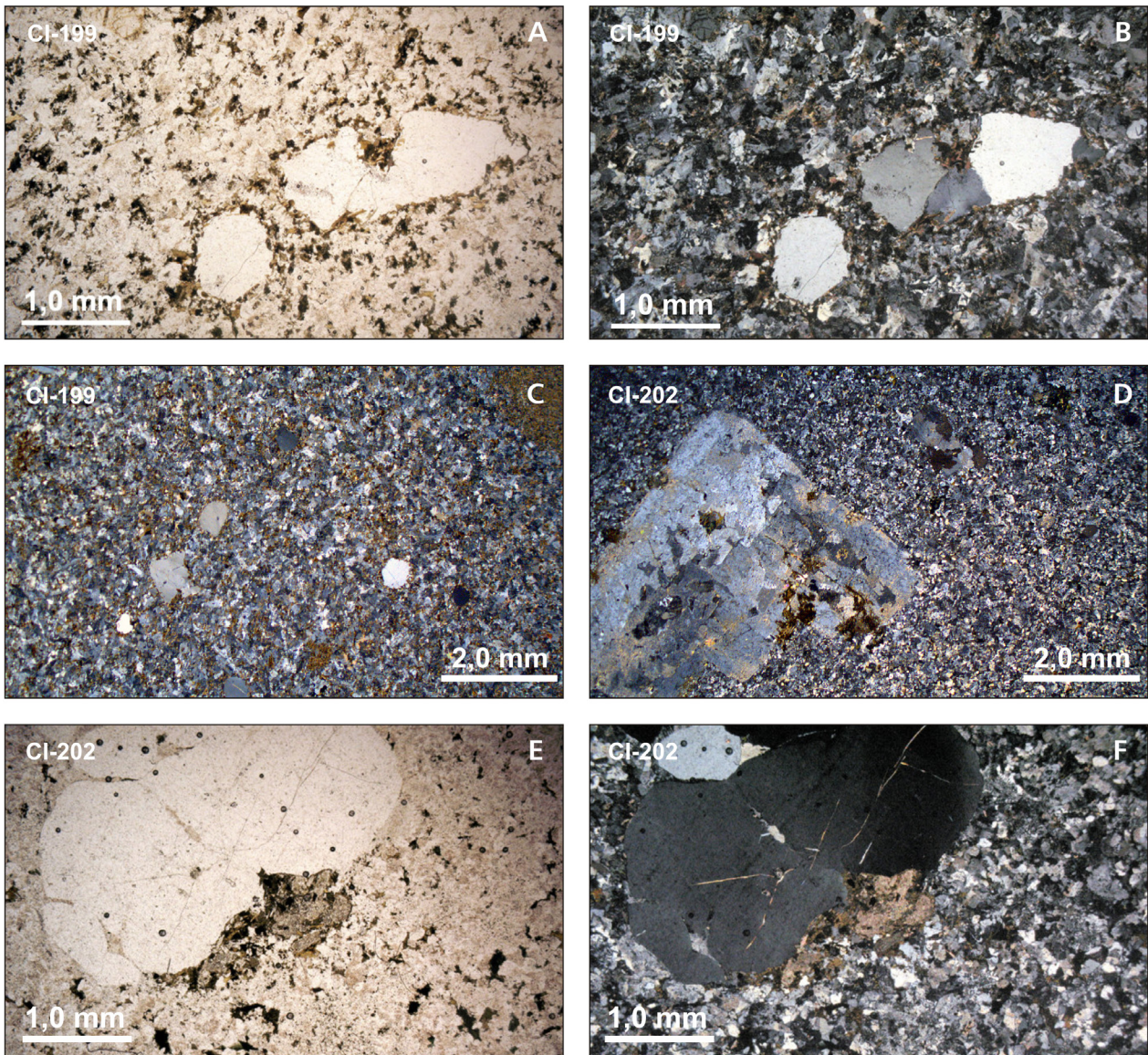


Figura 25 - Fotomicrografias de lâminas delgadas do Riolito Asperezas (A, B) detalhe das bordas reativas marcadas por minerais máficos (biotita?) típicas de misturas magmáticas; (C) vista geral da textura porfiritica; (D) vista geral da lâmina com fenocristal de feldspato alcalino corroído; e (E, F) detalhe de fenocristal de quartzo, subédrico, com carbonatos secundários.

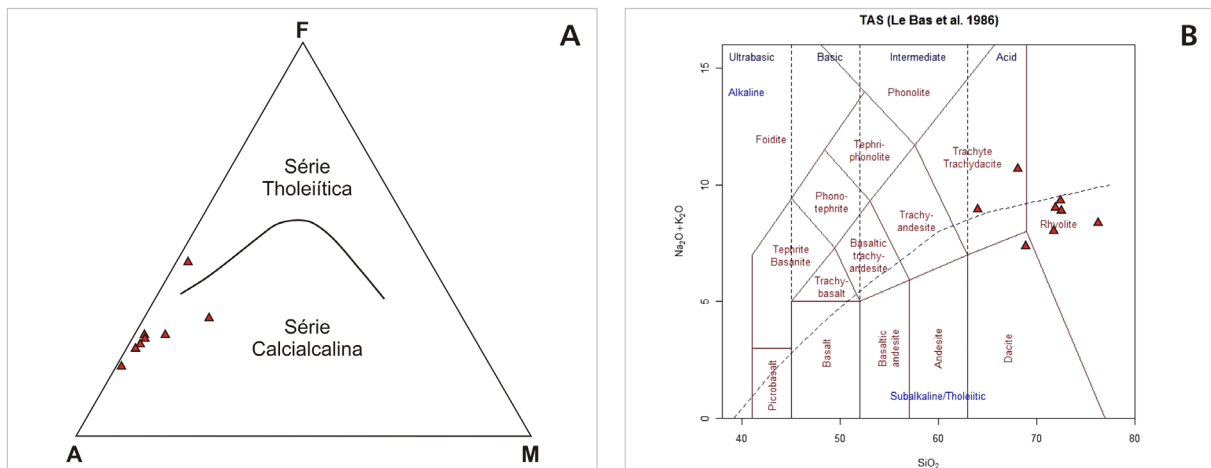


Figura 26 - Diagramas químicos de classificação dos diques riolíticos Asperezas.

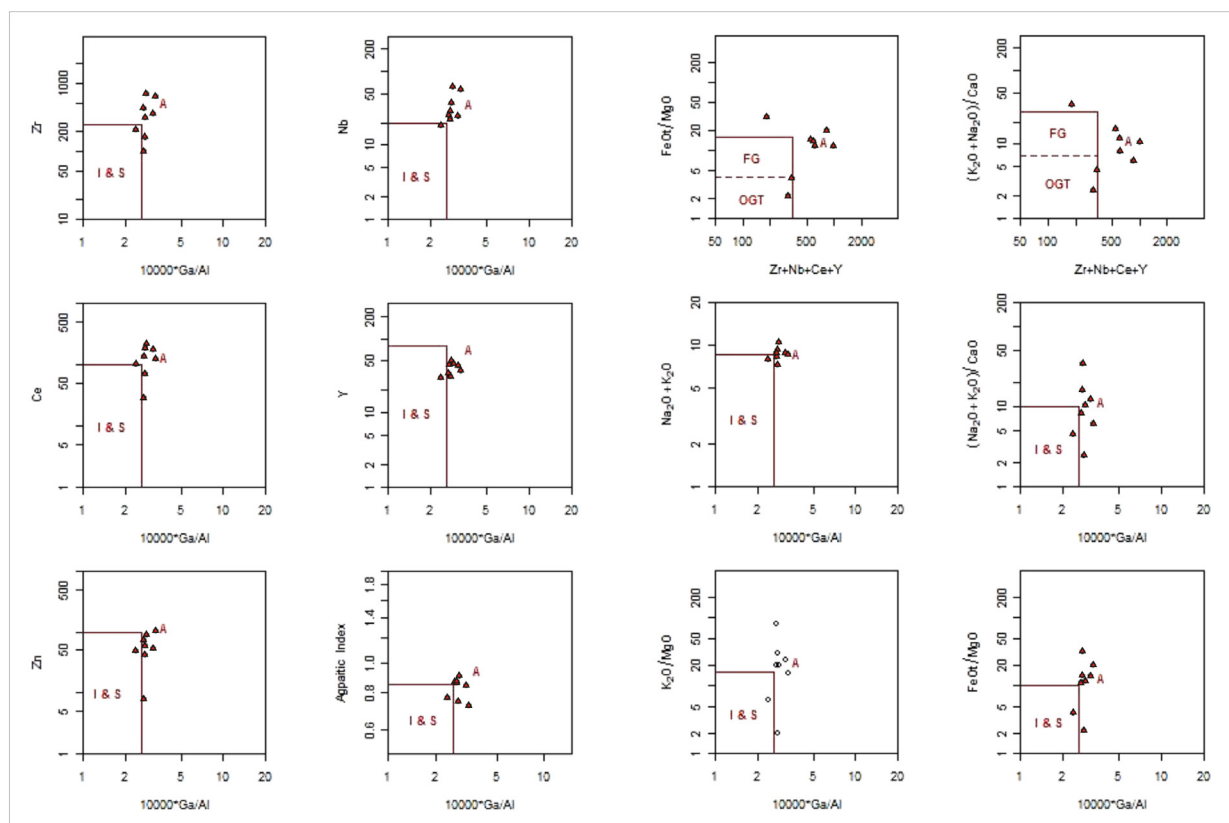


Figura 27 - Diagramas químicos de classificação (Wallen et al., 1987) aplicados aos diques riolíticos Asperezas.

### 3.2.7. Formação Cerro Chato (NP3cc)

#### 3.2.7.1. Introdução

Os cerros Chato e Partido constituem duas feições morfológicas destacadas, com altitude de até 400m, situadas na vizinha Folha Pinheiro Machado, a cerca de 5 km para ENE da extremidade sudeste da Folha Passo São Diogo. Distanto aproximadamente 15 km para norte da cidade de Herval, as feições são sustentadas por rochas efusivas e piroclásticas de composição riolítica que foram reconhecidas durante atividades de mapeamento de graduandos de geologia (UFRGS, 1972) e posteriormente descritas, com diferentes ênfases, por diversos autores (e.g., UNISINOS, 1980; Lima et al., 1983; Caldasso e Lopes, 1994; Rocha, 2009; Noll F., 2014). As litologias sedimentares que ocorrem associadas com essas estruturas apresentam posicionamento estratigráfico duvidoso e são mais adiante discutidas.

Na porção sudeste da Folha Passo São Diogo foram identificadas extensas áreas com a exposição de rochas piroclásticas, especialmente ignimbritos, e efusivas ácidas que constituem a continuidade para oeste e sudoeste das litologias da região dos cerros Chato e Partido. Essas rochas vulcânicas se estendem também para a porção norte da Folha Curral de Pedras e para o território uruguaio (Figura 28);

ver também figuras específicas na Folha Passo São Diogo).

Nesta nota explicativa, esses registros vulcânicos são agrupados sob a denominação Formação Cerro Chato, unidade estratigráfica que foi dividida no mapa geológico em duas fácies de predominância de litótipos (particulada e coerente), em função da escala de representação dos levantamentos. Não foram reconhecidas rochas sedimentares associadas com os processos vulcânicos na área de mapeamento.

Sommer et al. (2015) apresentam uma idade U-Pb em zircão (LA-MC-ICP-MS) de  $557 \pm 3$  Ma para as rochas vulcânicas aflorantes no Cerro Chato. Bossi et al. (1993) obtiveram uma idade de  $575 \pm 14$  Ma para riolitos da Formação Sierra de los Rios, unidade do nordeste do Uruguai usualmente correlacionada com as vulcânicas ácidas do Cerro Chato.

As litologias sedimentares aflorantes na região do Cerro Chato ocupam, conforme Lopes e Caldasso (1994), uma calha tectônica descrita como uma braquissinclinal assimétrica com eixo  $N60^\circ E$ , cuja aba sul é limitada por falhas de direção NE-SW. Enquanto as litologias vulcânicas ocupam a porção norte-noroeste da estrutura, rochas sedimentares (conglomerados, arenitos e pelitos) preenchem a porção central com ângulos de mergulho variando entre  $10^\circ$  e  $30^\circ$ .

Com posicionamento estratigráfico duvidoso, essas rochas sedimentares têm sido correlacionadas

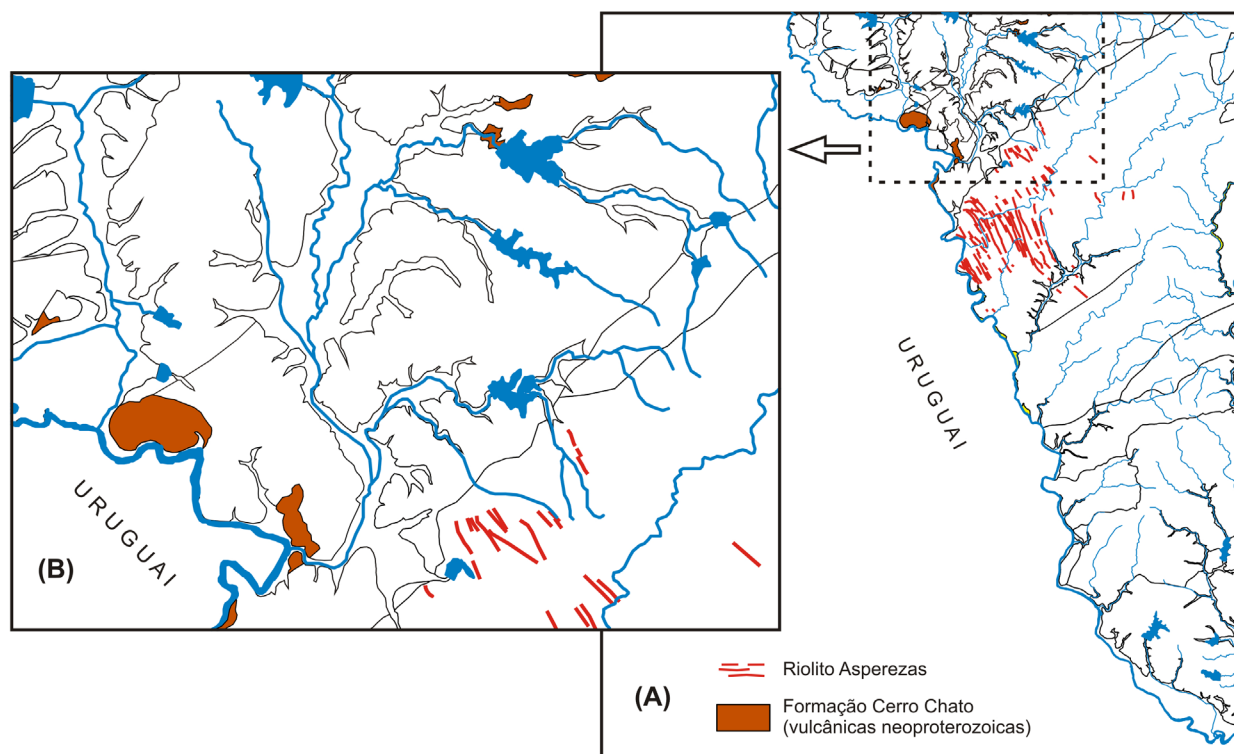


Figura 28 - (A) Área de ocorrência da Formação Cerro Chato na Folha Curral de Pedras; e (B) ampliação do box tracejado para melhor visualização da unidade.

com as formações Maricá (CARRARO et al., 1974), Arroio dos Nobres (HORBACH et al., 1986) e Rio Bonito (SANTOS et al., 1989). Ramgrab e Wildner (1999), com base na idade obtida no Uruguai para as vulcânicas ácidas, posicionam as rochas sedimentares do Cerro Chato como cronocorrelatas com a Formação Santa Bárbara.

As rochas vulcânicas se distribuem em uma faixa de direção NE-SW, desde os cerros Chato e Partido, ao norte da cidade de Herval, até o nordeste do Uruguai, onde recebem a denominação Formación Sierra de los Ríos (Figura 29). São recobertas por litologias sedimentares da Bacia do Paraná, principalmente da Formação Rio Bonito, em meio às quais afloram ora como paleorrelevos elevados, ora nas zonas deprimidas resultantes da erosão das litologias paleozoicas.

Na região da Fazenda Tranqueira foram identificadas feições que parecem indicar a presença de um aparelho vulcânico arrasado contendo duas áreas dômicas, uma principal e outra subsidiária, contornadas por depósitos piroclásticos.

### 3.2.7.2. Cerro Chato, Fácies Coerente (NP3accv)

Nessa fácies são englobados os depósitos efusivos caracterizados por riolitos róseos a acinzentados, porfiríticos a glomeroporfiríticos, com fenocristais de quartzo e feldspatos alcalinos envolvidos

por matriz microcristalina a afanítica de composição quartzo-feldspática predominante.

Essas litologias, que afloram de maneira subordinada em meio aos depósitos particulados, estão expostas predominantemente na região da Fazenda Tranqueira (na Folha Passo São Diogo), onde foram reconhecidos um domo riolítico principal e um menor, subsidiário, na lateral oeste do primeiro, interpretados como parcelas de um edifício vulcânico arrasado (Figura 30).

As efusivas das áreas dômicas são contornadas por depósitos piroclásticos (Fácies Particulada) representados, entre outros, por ignimbritos ricos em litoclastos ou cristais, lapilíticos, reomórficos, brechas coignimbriticas e lãpili tufo acrescionários, depositados sobre um embasamento granítico intemperizado.

As rochas variam de maciças a foliadas, neste caso caracterizando estruturas de fluxo proeminentes, que podem configurar geometrias de dobramento muito variadas. Os riolitos foliados podem desenvolver autobrechas, com geração de fragmentos angulosos, centi- a decimétricos, e textura jigsaw-fit. Os diques riolíticos associados com os riolitos da região da Fazenda Tranqueira podem apresentar feições de desequilíbrio, tais como textura rapakivi (Figura 31).

Ao microscópio (Figura 32), os fenocristais de quartzo são normalmente euédricos, facetados, têm menos de 5 mm e apresentam feições de reabsorção magmática dada por embaixamentos e golfos de cor-



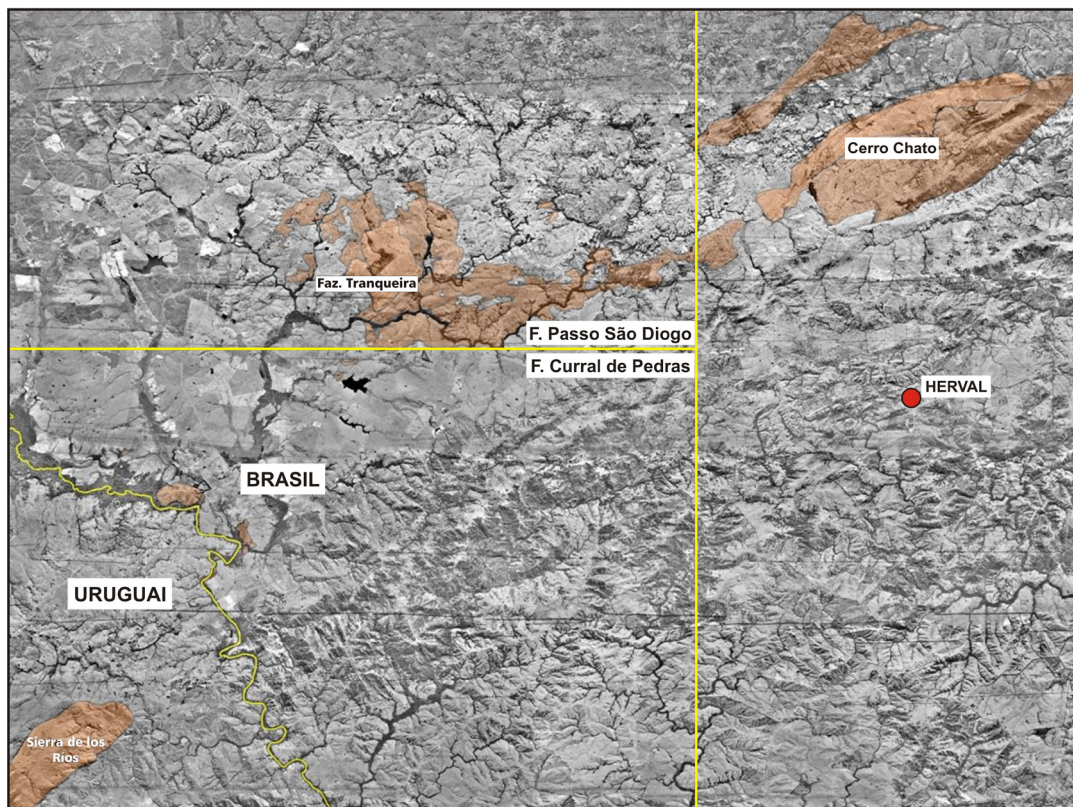


Figura 29 - Distribuição regional da Formação Cerro Chato sobre mosaico de fotos-aéreas. Foi incluída parte da área de exposição da correlata Formação Sierra de los Ríos, no Uruguai.

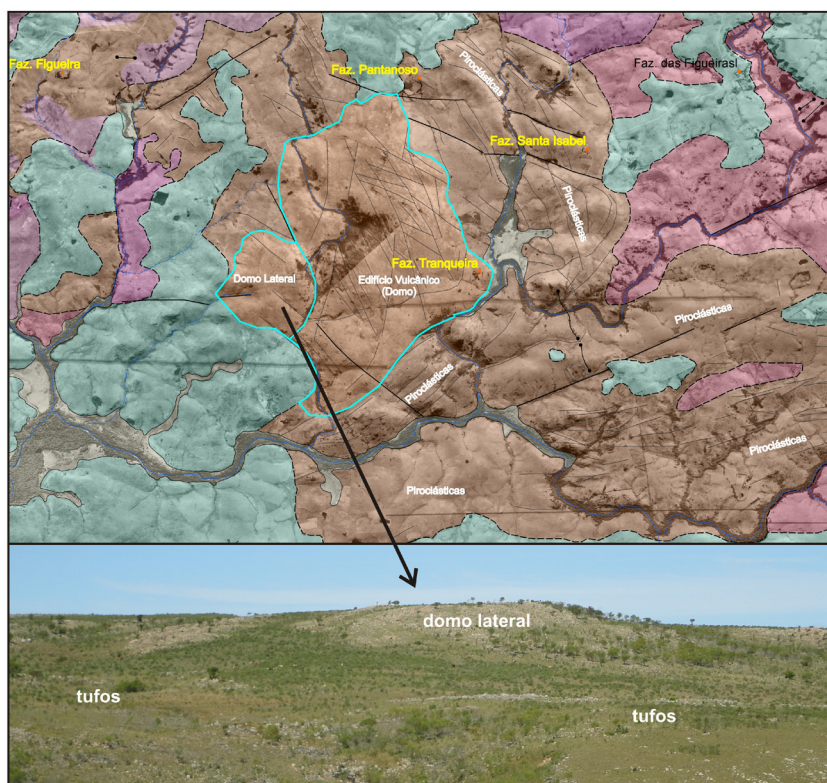


Figura 30 - (A) Mapa geológico da região da Fazenda Tranqueira, com indicação dos domos de lava central e lateral; e (B) vista do domo lateral (em tomada para sudeste) com os depósitos piroclásticos no primeiro plano.

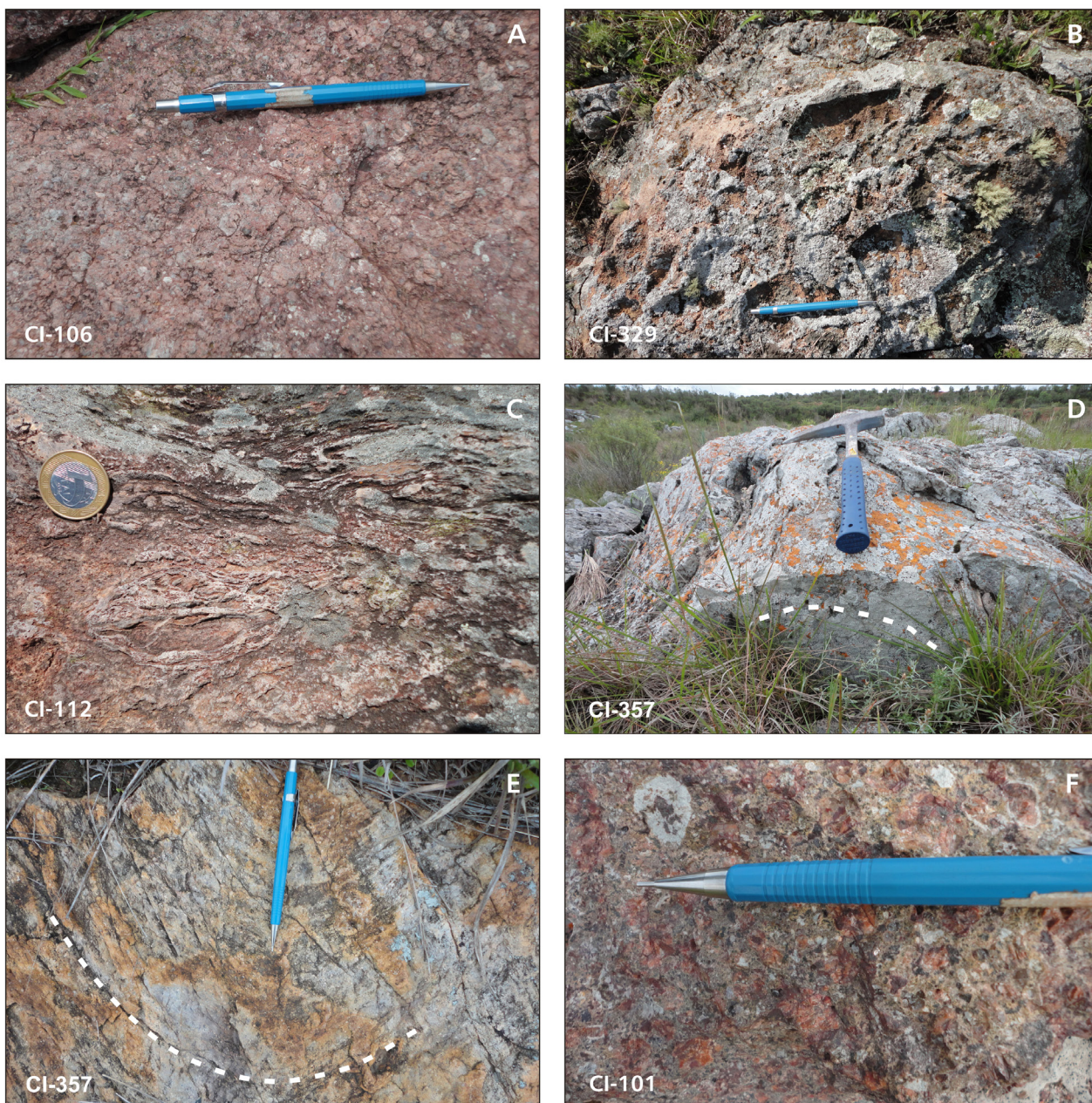


Figura 31 - Fácies efusiva riolítica da Formação Cerro Chato. (A) riolito com texturas de reabsorção e cataclase intensa superposta; (B) autobrecha; (C, D, E) dobras de fluxo; e (F) detalhe de rocha riolítica com texturas de desequilíbrio, de dique cortando o domo principal. Os números dos afloramentos estão indicados nas fotos.

rosão. Na matriz os grãos são anédricos e intercrescidos em contato lobado com feldspatos alcalinos.

Os fenocristais de feldspatos alcalinos são subédricos a euédricos, têm até 9 mm e também podem apresentar feições de desequilíbrio. O plagioclásio, euédrico a subédrico, é geralmente prismático e pode ter até 4 mm.

O quartzo e os feldspatos da matriz são anédricos, com contatos lobados, por vezes intercrescidos. Os feldspatos potássicos mostram alteração comum para mica branca e argilo-minerais. Zircão e apatita são os minerais acessórios predominantes, com dimensões menores do que 0,2 mm.

Diferentes estágios de devitrificação podem ser observados nestas rochas, entre os quais fratu-

ras perlíticas, esferulitos e crescimentos granofíricos quartzo-feldspáticos.

### 3.2.7.3. Cerro Chato, Fácies Particulada (NP3ccp)

Ocupando a maior parcela em área da Formação Cerro Chato na Folha Passo São Diogo, as rochas piroclásticas de queda e fluxo afloram na forma de cristas alinhadas contendo litologias com tonalidades esverdeadas, róseas e acinzentadas e foliação muitas vezes proeminente.

As litologias são frequentemente caracterizadas por uma matriz afanítica ou vítrea contendo cristais de feldspatos alcalinos e quartzo, clastos

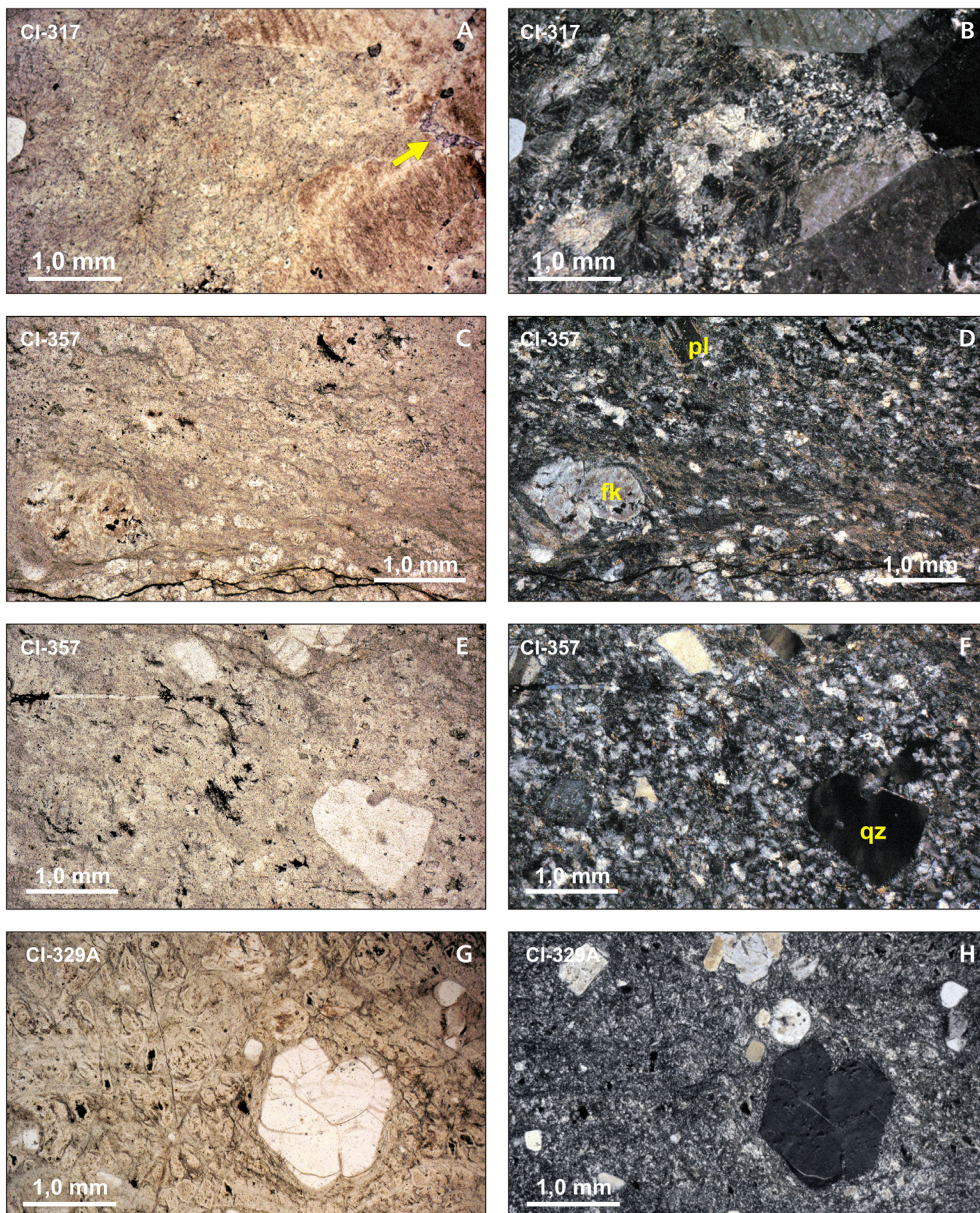


Figura 32 - Fotomicrografias de lâminas delgadas de amostras dos afloramentos CI-351 e CI-357, Formação Cerro Chato: (A, B) riolito glomeroporfírico com textura esferulítica sustentada em fenocristais de quartzo e feldspatos (devitificação). A seta indica borda de fluorita (LN/LP); (C, D) riolito porfírico com matriz granofírica; textura fluidal (LN/LP); (E, F) riolito porfírico com matriz granofírica com fenocristais de quartzo com golfos de corrosão; textura fluidal (LN/LP); e (G, H) riolito perlítico (LN/LP). Números dos afloramentos indicados nas fotos.

angulosos de vidro vulcânico, eventuais litoclastos graníticos arredondados e também pequenos blocos e até matações graníticas envoltos pelo fluxo.

Os pulsos efusivos riolíticos reconhecidos em meio às litologias piroclásticas não foram individualizados em função da escala do mapa (Figura 33).

Nos depósitos piroclásticos predominam os fragmentos juvenis, como shards, púmices, cristoclastos e fragmentos vítreos. Os ignimbritos têm um grau de soldagem usualmente alto e podem ser ricos em líticos ou cristais. Na litofácies rica em clastos ocorrem fragmentos de riolitos, ignimbritos

e, localmente, de granitoides. Na rica em cristais são abundantes os fenocristais e cristoclastos de feldspatos alcalinos e quartzo, sendo característica a textura eutaxítica em uma matriz composta por shards e cristoclastos (Figura 34 e Figura 35).

Em algumas localidades, as litologias vulcânicas parecem englobar partes de um solo regolítico de granito exposto à época do vulcanismo, processo do qual resultou uma rocha exótica, granular, contendo grãos de quartzo arredondados (granítico), quartzo bipiramidado (vulcânico) e feldspatos alcalinos, imersos em uma matriz afanítica a microcristalina esverdeada, muito foliada, que lembra um milonito.

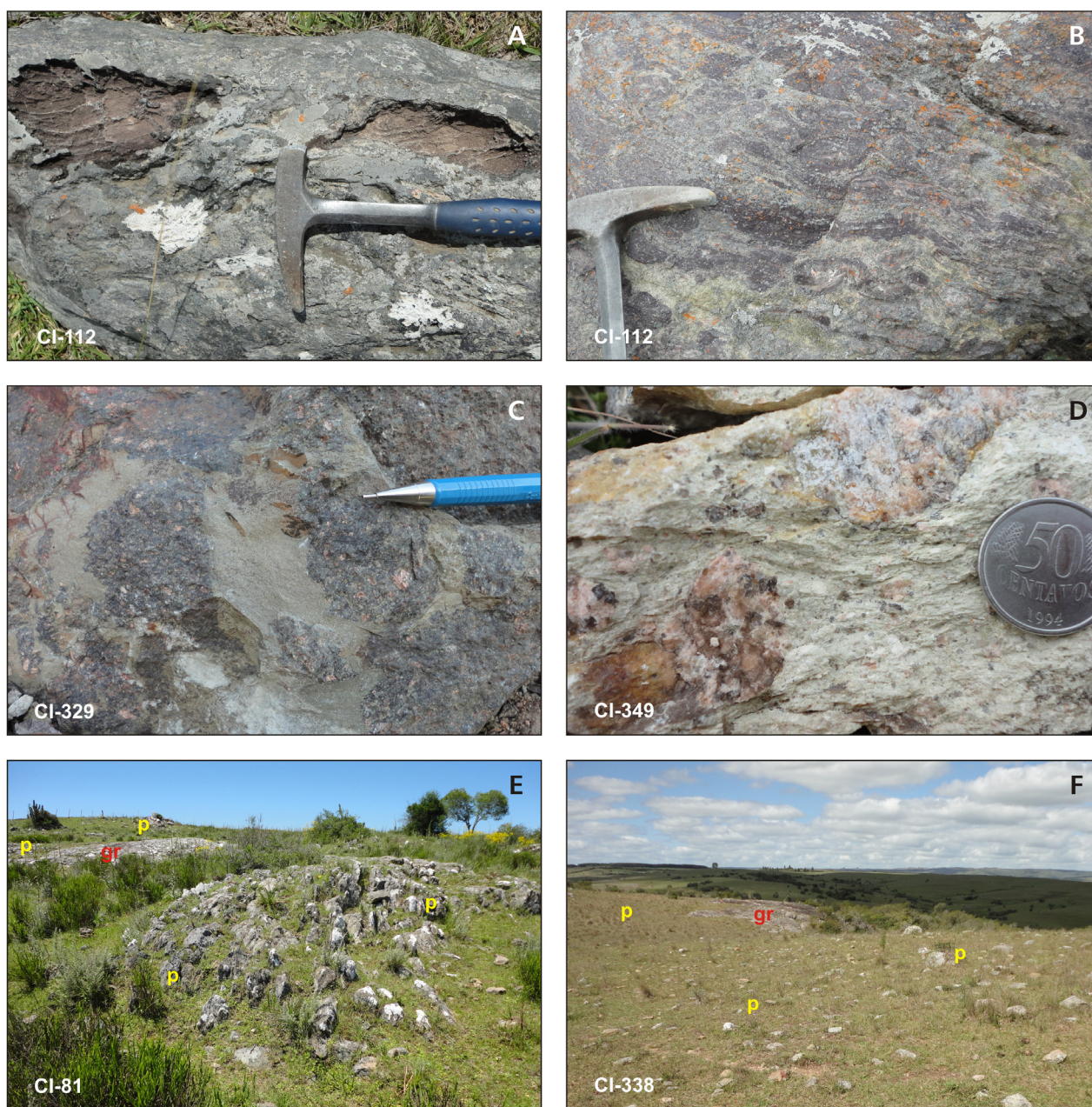


Figura 33 - Depósitos piroclásticos da Formação Cerro Chato: (A) fragmentos acidentais de ignimbrito de fases precedentes; (B) re-ignimbrito com estrutura parataxítica; (C) Brecha coignimbrítica; (D) ignimbrito com fragmentos de granitoide; e (E, F) contato das piroclásticas (p) com os granitoides (gr). Os números dos afloramentos estão indicados nas fotos.

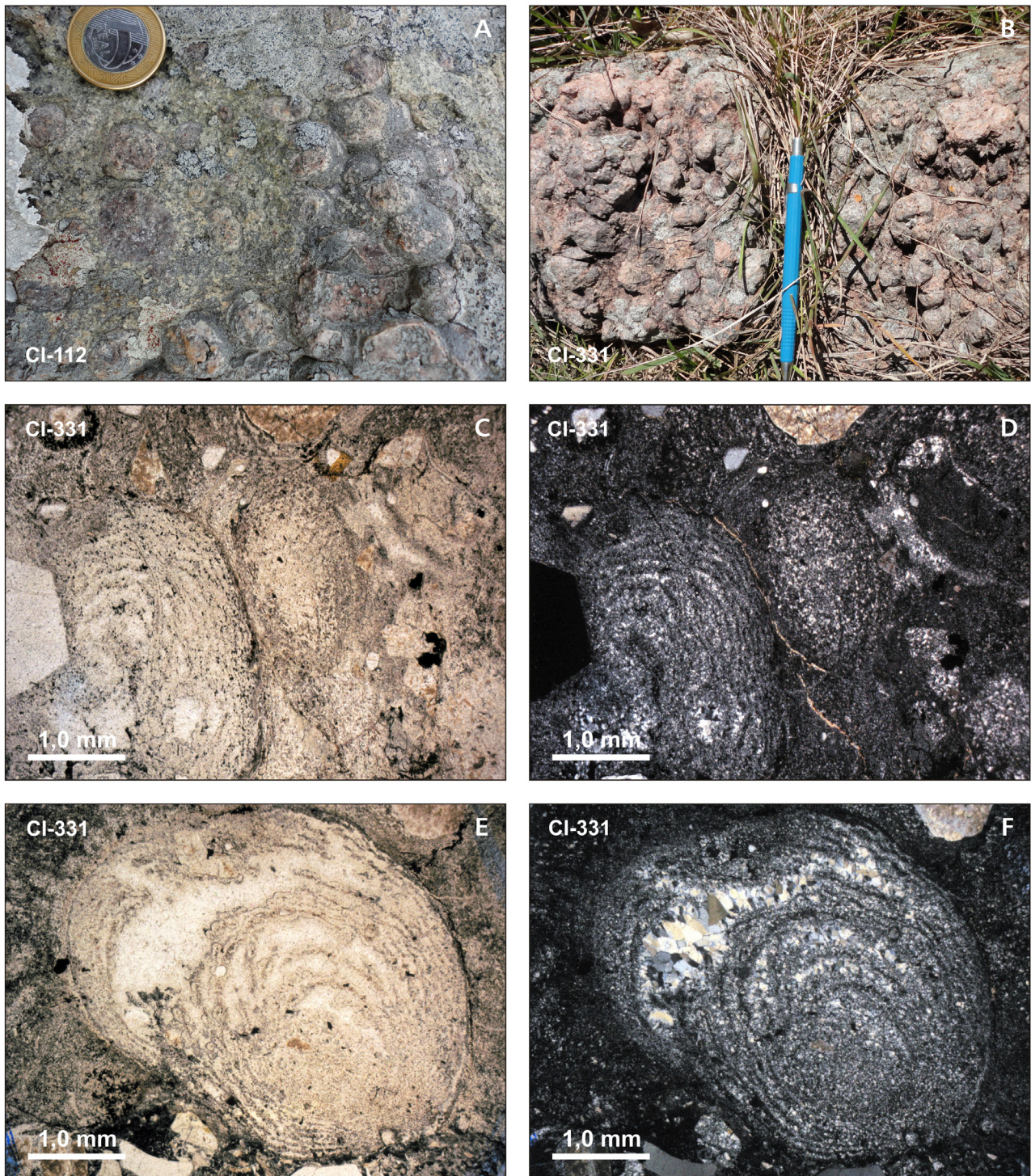


Figura 34 - Tufo acrescionário da Formação Cerro Chato em: (A, B) afloramento; e (C, D, E, F) fotomicrografias (LN/LP) de lâmina delgada. Números dos afloramentos estão indicados.

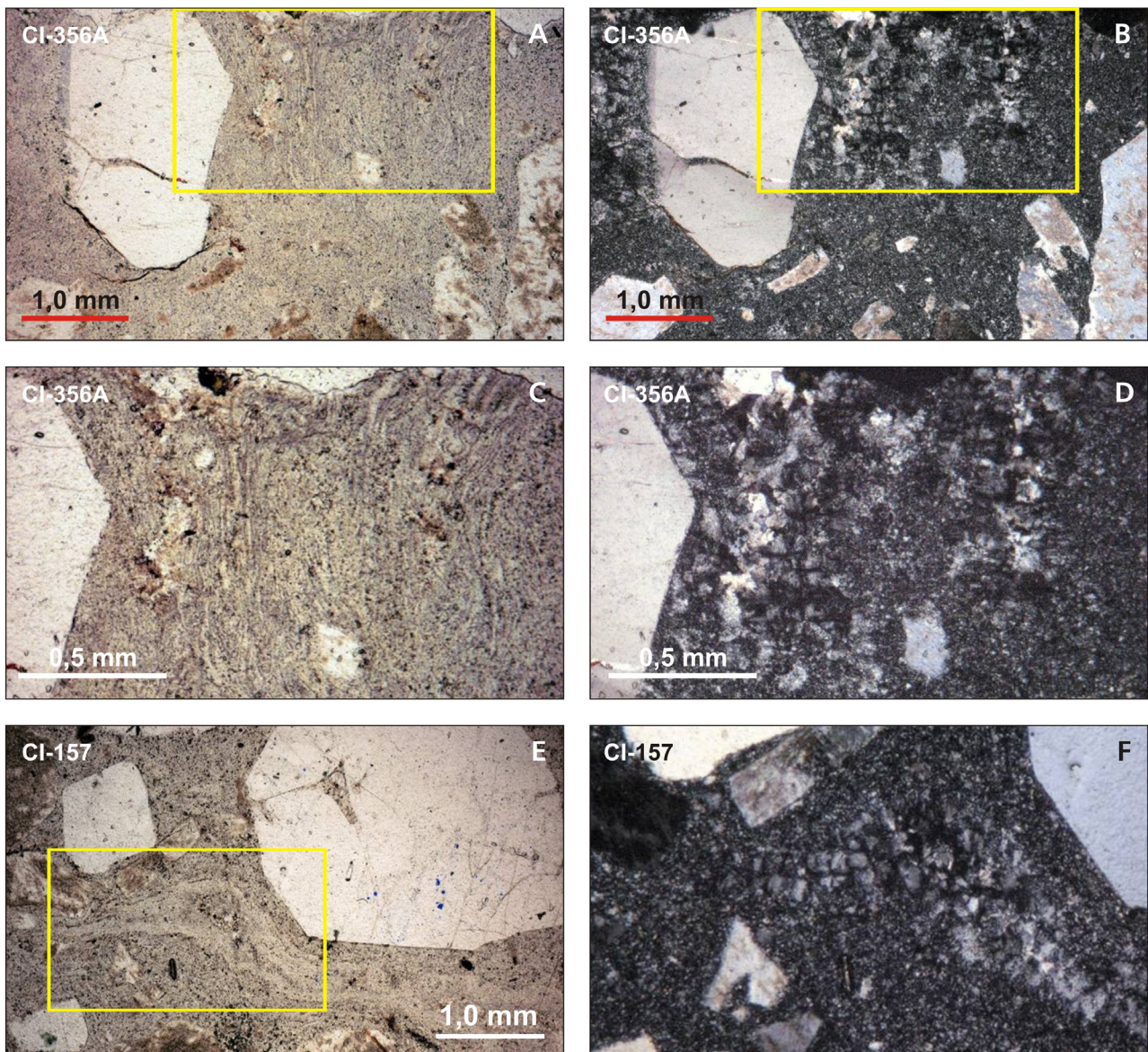


Figura 35 - Fotomicrografias de lâminas delgadas de amostras dos afloramentos CI-356A e CI-157, Formação Cerro Chato: (A,B) Tufo lapilítico rico em cristaloclastos, litoclastos e púmices com moderado a alto grau de soldagem, caracterizando depósito piroclástico de fluxo de púmices rico em cristais (LN/LP); (C, D) Ampliação (LN/LP) dos retângulos marcados em A e B, detalhando púmice com vesículas alongadas e médio grau de soldagem, devitrificado para agregado quartzo-feldspático com textura granofírica; (E) Tufo a cristal com textura eutaxítica definida pela soldagem dos púmices (ver detalhe da foto em F), correspondendo a ignimbrito soldado rico em cristais; e (F) detalhe do retângulo marcado em E (LP). Os números dos afloramentos estão indicados nas fotos.

### 3.3. TERRENO JAGUARÃO

Estudos feitos ao longo dos últimos anos apontam diferenças substanciais na litoestratigrafia da porção mais meridional do Batólito Pelotas, principalmente na região compreendida entre os municípios de Arroio Grande e Jaguarão. A região possui extensa sucessão de rochas metassedimentares e, localmente, rochas metaltramáficas, o que a difere do bloco eminentemente granitoide, com alguns septos de embasamento, que caracteriza o Batólito Pelotas.

Devido a essa mudança no regime litológico, além de consideráveis diferenças nas assinaturas aerogeofísicas observadas, foi proposto um novo

bloco tectônico na região, denominado de Terreno Jaguarão, composto pelas novas unidades Complexo Arroio Telho e Granito Sofia (Figura 36).

Os levantamentos geofísicos executados por Anjos e Mourão (1987) e CPRM (2010) mostram extensos lineamentos magnéticos de orientação ENE-WSW que separam dois domínios geofísicos distintos no setor. O limite norte do Terreno Jaguarão com o Batólito Pelotas está provavelmente associado a um feixe de zonas de cisalhamentos dúcteis composto pelas zonas de cisalhamento Arroio Grande, Herval e Ayrosa Galvão. Estas estruturas, de acordo com Machado, Philipp e Mello (1995), podem representar a continuidade do Sistema Alferes-Cordilheira (MASQUELIM, 1989).

O Terreno Jaguarão tem similaridade, em aspectos gerais, com o Terreno Punta del Este (PRECIOZZI; MASQUELIN; BASEI 1999), no leste do Uruguai, e com as faixas móveis sul africanas, no caso os cinturões Kaoko, Damara e Gariep (KRÖNER, 1977; MARTIN; PORADA 1977; MILLER, 1983).

Estudos comparativos de proveniência nos metassedimentos do Grupo Rocha (HASUI; CARNEIRO e COIMBRA, 1975), unidade inserida no Terreno Punta del Este, com rochas do Grupo Oranjemund do Cinturão Gariep, na África (BASEI et. al. 2005), mostraram idades de zircão muito similares (maior população com idades entre 1000–1200 Ma). Populações de zircões com idades mesoproterozoicas não são encontradas nas rochas paraderivadas do Cinturão Dom Feliciano no lado brasileiro.

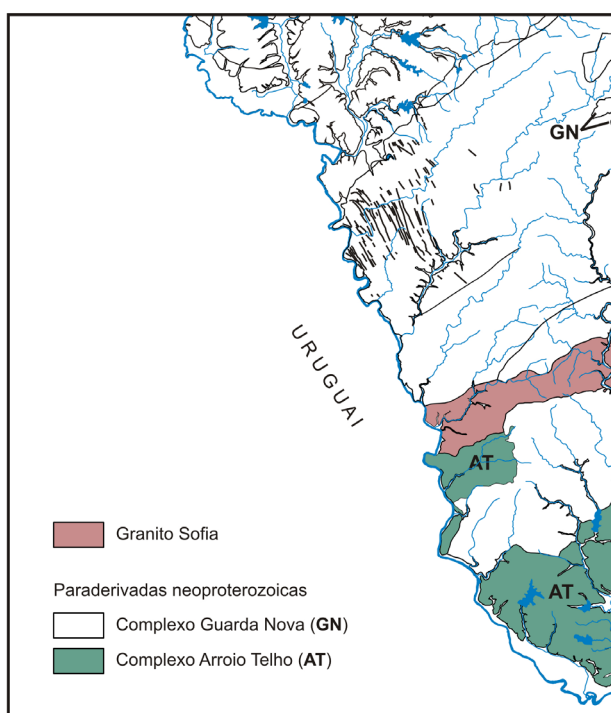


Figura 36 - Áreas de exposição do Complexo Arroio Telho e Granito Sofia.

### 3.3.1. Complexo Arroio Telho (NP3at)

Ao sudeste da Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão, na região do Curral de Pedras (na Folha homônima), o embasamento das rochas vulcânicas mesozoicas da Formação Jaguarão é constituído por granitoides, gnaisse feldspáticos bandados e mica-xistos com granada e turmalina com metamorfismo nas fácies xisto verde a anfibolito.

Em trabalho antecedente (CALDASSO et al., 2000), estas litologias foram consideradas como restos de rochas supracrustais (septos metamórficos do embasamento) associados ao Complexo Granito-Gnáissico Arroio Grande, equivalente ao Complexo Pinheiro Machado.

No presente trabalho, observou-se que a faixa de rochas supracrustais apresenta significativa conti-

nuidade e, portanto, estas litologias não constituem remanescentes (septos metamórficos) nos granitoides que, por sua vez, constituem intrusões e injeções sintectônicas de leucogranitos e granada-muscovita granitos.

Desta forma, optou-se pela individualização de uma unidade litoestratigráfica específica, a qual foi denominada de Complexo Arroio Telho, com local-tipo situado em uma pedreira às margens da estrada Jaguarão – Herval, próximo à ponte do arroio Telho, onde estas rochas também afloram (Figura 36 e Figura 37). Esta região é caracterizada por um relevo muito arrasado e suave, quase plano, com solos bem desenvolvidos e sem muitos afloramentos devido ao intenso intemperismo que sofreram os xistos. Os locais usuais para estudo da unidade são as saibreiras e raspagens para a retirada de material de empréstimo para as barragens dos açudes para irrigação de lavouras de arroz.

O Complexo Arroio Telho é constituído por paragnaisse com bandamento mili a centimétrico irregular, com níveis quartzo-feldspáticos brancos a rosados, lenticulares, dobrados e em charneiras de dobras apertadas, intercalados com níveis metapelíticos (metarritmitos areno-pelíticos) transpostos, com cores variegadas de tonalidades acinzentadas, amarronadas a amarelo-avermelhadas; e xistos de cor marrom escuro a bordô com quartzo, muscovita, biotita, com turmalina e granadas. Metamargas cinza-escuro são muito subordinadas.

Ocorrem tanto injeções centi- a decimétricas de leucogranitoides rosados a esbranquiçados, protomiloníticos a miloníticos, dispostos conforme o bandamento; como injeções métricas, com formas tabulares de baixo ângulo ou em bolsões, possivelmente intrudidas sindeformação tangencial (Figura 37 e Figura 40). Apresenta trama milonítica dúctil a dúctil-frágil superposta, pervasiva e relacionada com zonas de cisalhamento dúctil de alto ângulo.

Na pedreira do afloramento CI-256 foi coletada uma amostra para separação de zircões e determinação da idade das rochas do Complexo Arroio Telho. A amostra foi inicialmente considerada como um milonito sobre litologia ortoderivada e, desta forma, foram analisados 16 zircões selecionados pelo método U-Pb SHRIMP (Figura 38).

As idades encontradas variaram entre  $636 \pm 18,7$  Ma e  $1.804,2 \pm 53,1$  Ma, muito semelhantes às idades encontradas por Peel, Basei e Sanches-Bettucci (2013), nas rochas metavulcanossedimentares do Complejo Paso del Dragón, no nordeste do Uruguai, possível continuação para S-SW do Complexo Arroio Telho.

Devido à pequena quantidade de zircões analisados (16) e o método SHRIMP, não é possível determinar estatisticamente a idade de proveniência desses minerais. Todavia, apesar da pequena quantidade de zircões datados, os resultados obtidos per-



Figura 37 - Tipologia de afloramento dos xistos, muito alterados, em raspagens para barragens e saibreiras.

podem inferir que a bacia de sedimentação dessas rochas tem idade neoproterozoica  $\leq 636,0 \pm 18,7$  Ma.

Peel, Basei e Sanches-Bettucci (2013) indicam a presença de zircões ígneos em uma rocha meta-vulcânica intercalada nos xistos com idade de cristalização de 588 Ma e com uma transformação tardia (metamorfismo) ao redor de 570 Ma indicando que

a sedimentação dessa bacia se deu entre 636 e 570 Ma. A presença de idades mesoproterozoicas e neoproterozoicas, não encontradas no Batólito Pelotas e no Escudo Sul-Rio-Grandense a oeste, indica uma possível origem (proveniência) de leste/sudeste, compatível com os terrenos Punta del Este, no Uruguai; e Costeiro (*Coastal Terrane de Goscombe e Gray*, 2007) da África.



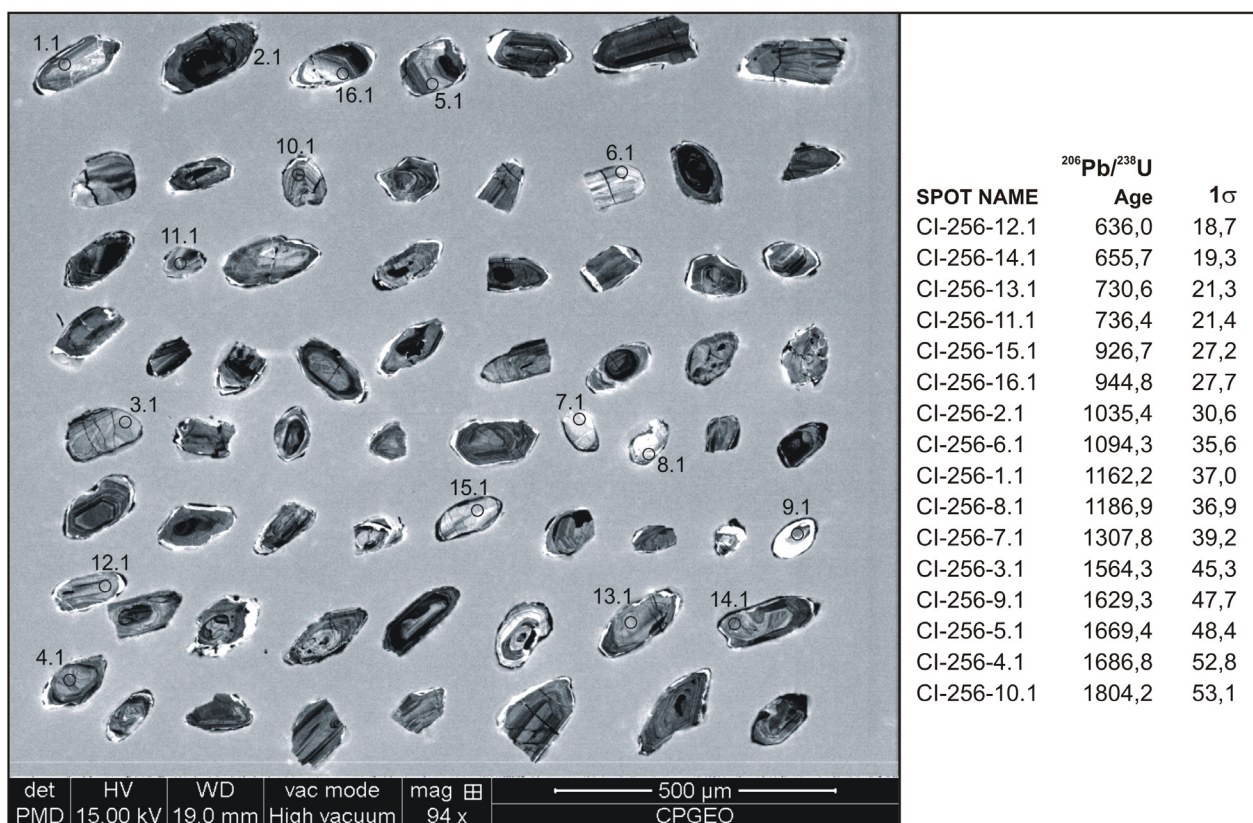


Figura 38 - Datações U/Pb SHRIMP em zircões do Arroio Telho na amostra CI-256.

Maiores estudos devem ser encaminhados para resolver esta questão, utilizando estudos de proveniência em maior número de zircões com maior área de distribuição, inclusive abrangendo as folhas situadas a leste, onde os xistos se distribuem por uma área maior do que na Folha Curral de Pedras.

Dentro da área de afloramento dos xistos foi encontrado um afloramento de pegmatito maciço com turmalina preta, grossa ( $\pm 7$  cm), com lamelas centimétricas de muscovita, quartzo leitoso e feldspato cinza muito claro, sem direção aparente. Também afloram de modo esparsos, leucogranitos a muscovita e granada, de cor rosada a alaranjada, que em alguns locais se comportam como altos do embasamento para as rochas vulcânicas da Formação Jaguarão. Estes corpos não são mapeáveis na escala do mapa.

Petrograficamente as rochas xistosas compreendem quartzo-biotita-muscovita-feldspato xistos com granada e turmalina, possuem granulação fina a média, apresentam texturas lepidoblástica, poiquilítica e granoblástica poligonal, sendo constituídas por feldspatos onde predomina o ortoclásio, muscovita, biotita, quartzo, granada, turmalina, opacos, apatita e zircão. A mineralogia secundária é representada por sericita, argilominerais, muscovita fina, epidoto, carbonato, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro. Em lâmina delgada observam-se duas foliações principais na rocha, uma mais tardia designada  $S_2$ , caracterizada pela orientação preferencial de minerais micá-

ceos, definindo a textura lepidoblástica; e outra mais antiga,  $S_1$ , que apresenta dobramentos apertados a isoclinais evidenciados principalmente pela disposição dos filossilicatos. A foliação  $S_1$  é cortada em alto ângulo pela foliação  $S_2$  e praticamente coincide com a direção do plano axial das dobras desenvolvidas em  $S_1$  (Figura 39).

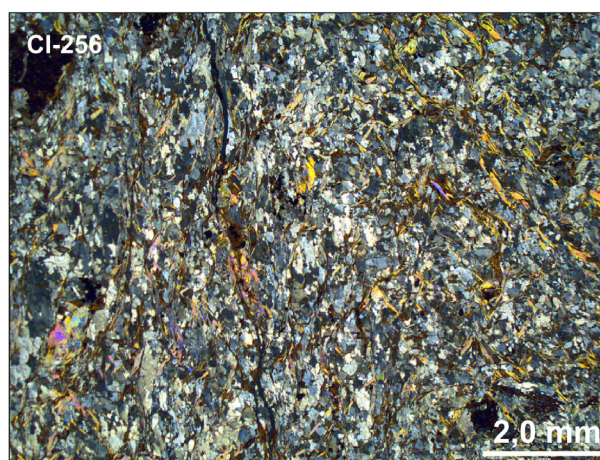


Figura 39 - Complexo Arroio Telho (fotomicrografia de lâmina delgada da amostra CI-256): vista geral da textura granolepidoblástica definida pelo alinhamento dos filossilicatos (biotita e muscovita) e quartzo (e feldspatos?) xenomórficos de grão fino.

Os granada-muscovita granitoides que ocorrem intercalados nos xistos na forma de lentes e bolsões correspondem a monzogranitos e sienogranitos, segundo o diagrama de classificação de Streckeisen (1976). São representados por biotita-muscovita monzo e sienogranitos miloníticos com granada e turmalina, deformados em grau médio, com texturas milonítica, granoblástica poligonal, poiquilítica, mirmequítica, *chessboard* em quartzo e *mortar*, sendo constituídos por plagioclásio, ortoclásio micropertítico, microclínio, quartzo, muscovita, biotita, granada, turmalina, apatita, epidoto, zircão, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro. Considerando as características texturais e mineralógicas inferimos o grau médio de metamorfismo para esses granada-muscovita granitoides (Figura 40).

### 3.3.2. Granito Sofia (NP3ys)

A sul da Suíte Herval e do Granito Dionísio, ao longo da Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão, ocorre uma faixa com aproximadamente 5 km de largura com direção aproximada Az. 070°, concordante com a zona de cisalhamento, onde aflora um granitoide vermelho, de granulação grossa a porfirítica, muito brechado, em lajeados alterados, extensos e arrasados, em campo limpo, que não se identifica com as demais litologias presentes na área.

A esse corpo foi dada a denominação de Granito Sofia, em alusão à Fazenda Sofia situada na área de afloramento desta litologia (Figura 36).

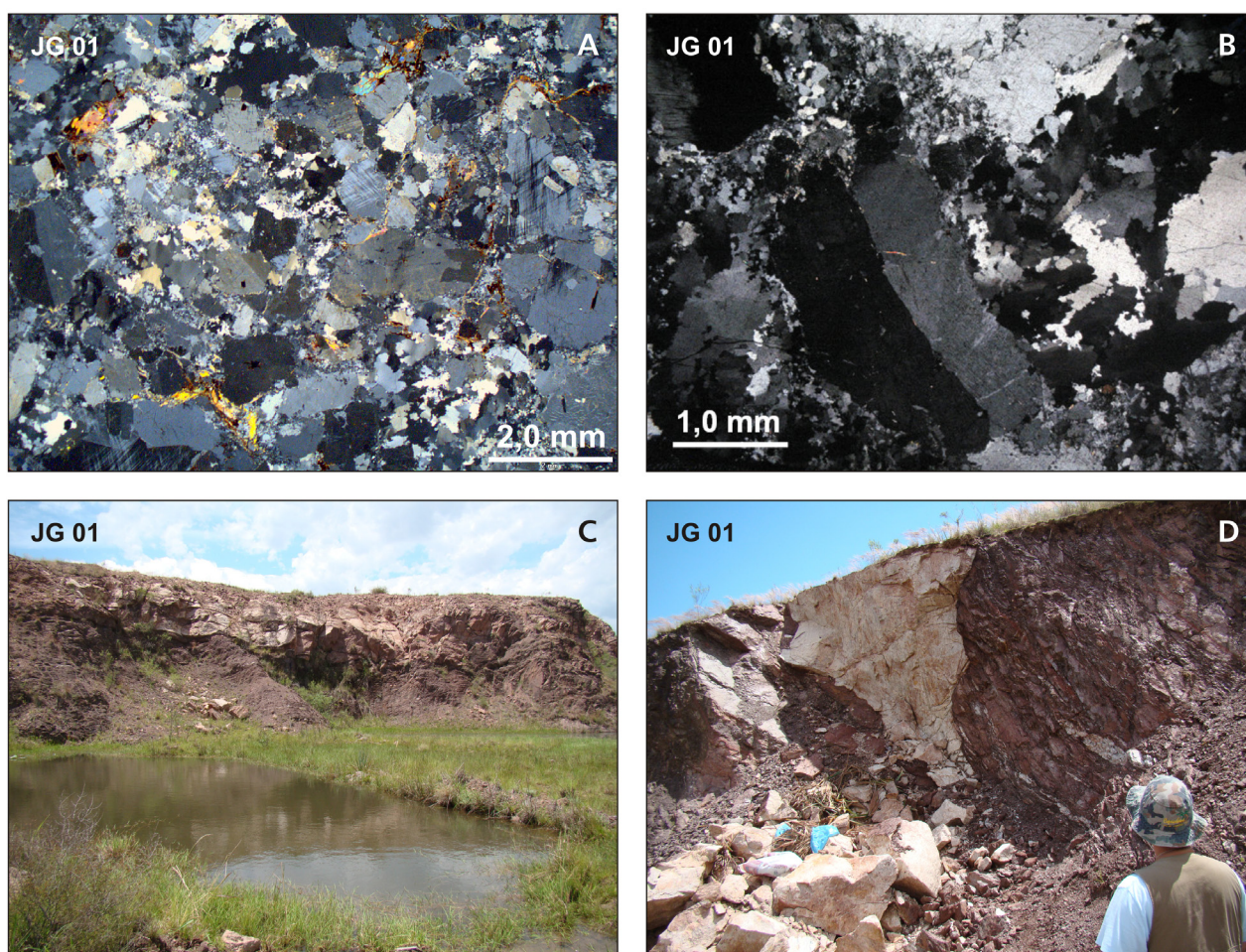


Figura 40 - (A) Textura milonítica em leucogranitoides intrusivos no Complexo Arroio Telho (amostra JG-01); (B) detalhe de porfiroclasto de feldspato alcalino, com plano de macla encurvado e quartzo *chessboard*; e (C, D) aspecto das intrusões de leucogranitoides nos gnaisse.

Devido à intensa alteração intempélica, cataclase e brechação a que esta rocha sofreu, é difícil a amostragem para petrografia e análise litoquímica.

É constituído por leucosienogranitos predominantes e monzogranitos, médios a grossos, com cores róseo-avermelhadas, com porfiroclastos mili a centimétricos de k-feldspato e granada eventual. Raros enclaves microgranulares máficos centimétricos. Foliação milonítica, localmente dobrada, com

significativa deformação frágil e dúctil-frágil superpostas, o que confere a unidade um marcante aspecto brechado, com fragmentos centimétricos com formas arredondadas a amendoadas (Figura 41).

Segundo o diagrama de classificação de Streckeisen (1976) esta unidade compreende sienogranitos e monzogranitos, com predomínio dos primeiros. A biotita ocorre em proporções modais de 3 a 8% e constitui leucogranitoides e biotita granitoides.

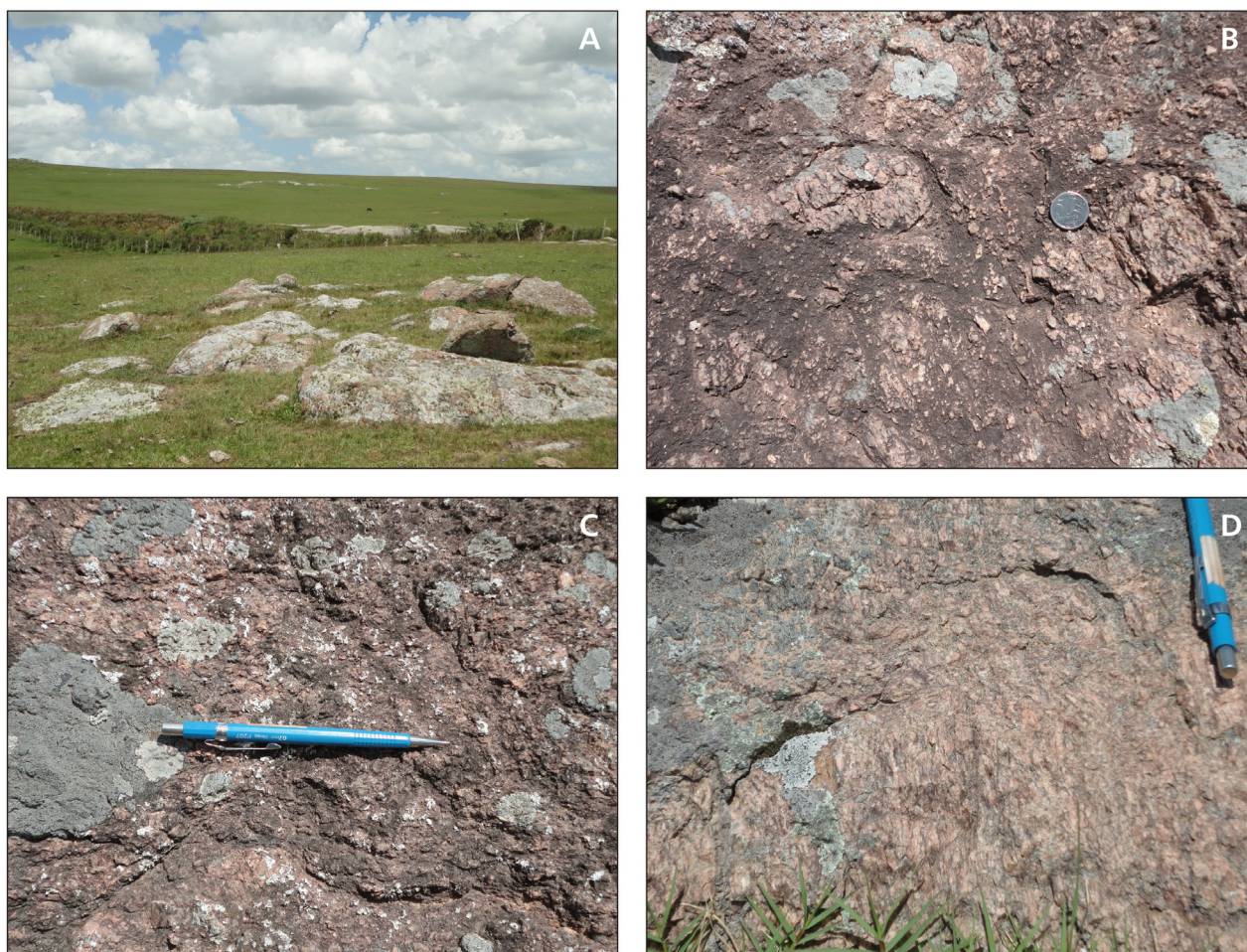


Figura 41 - (A) Exposição em lajeiros do Granito Sofia no afloramento CI-238; e (B, C, D) detalhes dos granitoides porfíricos, milonitizados e brechados, respectivamente nos afloramentos CI-238, CI-240 e CI-245.

des. A unidade Sofia ocorre deformada, com texturas milonítica de baixo a médio grau onde alguns termos miloníticos podem apresentar a superposição de texturas cataclásticas com feições de intensa cataclase dos grãos e formação de matriz cominuída (Figura 42).

Os biotita monzogranitos miloníticos correspondem a rochas inequigranulares de granulação fina a grossa com texturas hipidiomórfica, milonítica, porfiroclástica, poiquilítica e granoblástica poligonal, com porfiroclastos de granulação grossa de plagioclásio, ortoclásio pertítico, com alguns grãos transformando-se parcialmente em microclínio devido à mudança de simetria do cristal por deformação intracristalina e microclínio, envoltos por matriz de granulação fina a média constituída por plagioclásio, ortoclásio, microclínio, biotita, titanita, quartzo, opacos, muscovita, apatita, zircão, epidoto, óxidos e hidróxidos de ferro e algumas vezes com pequena quantidade de anfibólio (menor que 1%) identificado como hornblenda.

A mineralogia secundária é representada por muscovita, sericita, epidoto, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro, relacionados principalmente aos pro-

cessos de sericitização, muscovitização, epidotização e oxidação dos feldspatos, e à alteração da biotita para muscovita, epidoto, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro.

Os porfiroclastos de plagioclásio são euédricos a anédricos com contatos irregulares e muitas vezes com arestas arredondadas devido à deformação, apresentam extinção ondulante, são fraturados com desaparecimento parcial da macla polissintética, ocorrem sericitizados e por vezes apresentam alteração muscovítica, são poiquilíticos com inclusões de biotita, apatita, quartzo, zircão e opacos. Algumas vezes observa-se o dobramento aberto/encurvamento da macla albita-periclina.

Os porfiroclastos de ortoclásio são do tipo pertítico com formas euédricas a anédricas porém com contatos irregulares e com arestas parcialmente corroídas\assimiladas, alguns grãos ocorrem transformando-se parcialmente em microclínio devido à mudança de simetria do cristal relacionada à deformação intracristalina, algumas vezes maclados segundo Carlsbad, fraturados, poiquilíticos com inclusões de plagioclásio, biotita, apatita, zircão e quartzo. Observa-se uma borda de subgrãos recristalizados

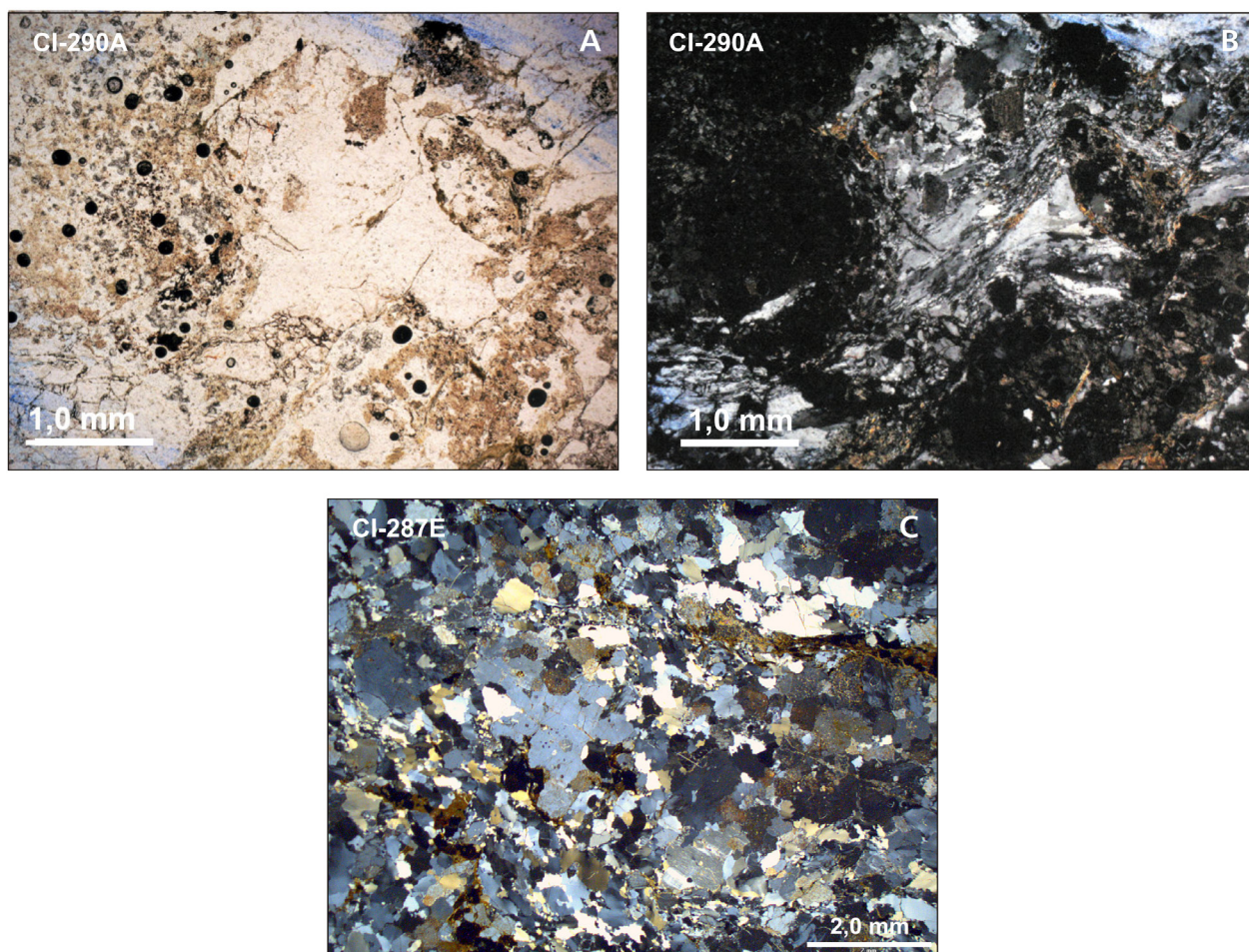


Figura 42 - Granito Sofia (fotomicrografias): (A, B) textura protomilonítica com ribbons de quartzo; e (C) textura protomilonítica sobre biotita sienogranito, onde se destacam microshears.

de feldspatos envolvendo parcialmente alguns porfiroclastos de ortoclásio pertítico e microclínio.

A apatita muitas vezes ocorre inclusa em titanita e associada à biotita, epidoto, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro.

O quartzo ocorre de três formas: anédrico, com granulação fina a média, com extinção ondulante e contatos irregulares, muitas vezes envoltos parcialmente por diminutos subgrãos recristalizados de quartzo; anédrico de granulação fina, incluso em outros minerais, principalmente nos feldspatos; constituindo agregados policristalinos formados por grãos anédricos com contatos suturados (predominante) a lobados, com extinção ondulante, e com subgrãos recristalizados com contatos lobados a suturados com textura granoblástica poligonal. As características texturais da rocha indicam que foi submetida à deformação milonítica em condições de baixo grau e baixa temperatura.

Os biotita sienogranitos miloníticos (Figura 42) possuem granulação fina a grossa, apresentam texturas heterogranular, foliada com foliação milonítica, poiquilitica, mirmequítica esparsa, *mortar* e granoblástica poligonal, sendo constituídos por plagioclásio, ortoclásio pertítico, microclínio, quartzo, biotita,

muscovita secundária, epidoto, alanita, apatita, zircão, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro.

A foliação milonítica é caracterizada pelo alinhamento de quartzo parcialmente recristalizado em agregados policristalinos alongados (*ribbon*) e pelo alinhamento de feldspatos com contatos irregulares e formas arredondadas, relacionados à deformação de cisalhamento. Observa-se um fraturamento inter e intracristalino com fraturas preenchidas por opacos, sericita e óxidos e hidróxidos de ferro.

Os plagioclásios são subédricos (quando inclusos em outros minerais) a anédricos, possuem granulação fina a média, apresentam contatos retos a irregulares. Os contatos retos ocorrem apenas quando os plagioclásios estão na condição de inclusões como cristais euédricos, zonados e muito sericitizados. Apresentam extinção ondulante e desaparecimento parcial da macla polissintética relacionadas à deformação intracristalina. Estão bastante argilizados e sericitizados, e em menor grau alterados para epidoto e muscovita fina.

O ortoclásio é do tipo pertítico, possui granulação fina a grossa, subédrico a anédrico, com contatos irregulares, apresenta extinção ondulante e algumas vezes microclinização devido à deformação, por

vezes ocorrem com bordas limitadas por subgrãos recristalizados do próprio mineral, são poiquilíticos com inclusões de plagioclásio, quartzo, biotita, opacos, zircão e apatita.

O microclínio tem granulação fina a grossa com contatos irregulares e extinção ondulante, é poiquilítico com inclusões de plagioclásio, quartzo, apatita, biotita, zircão, opacos. Algumas vezes observa-se uma borda de subgrãos de feldspatos alcalinos recristalizados envolvendo parcialmente os grãos maiores de feldspatos.

O quartzo possui granulação fina a grossa, forma agregados policristalinos alongados segundo a foliação milonítica, parcialmente recristalizados na forma de subgrãos com contatos retos a lobados com textura granoblástica poligonal. Os grãos não recristalizados, de granulação fina a grossa, são anédricos, com extinção ondulante, contatos irregulares lobados a suturados, muitas vezes envoltos parcialmente por uma borda de subgrãos recristalizados de quartzo, caracterizando a textura *mortar*. Em alguns grãos observa-se a textura *chessboard* (tabuleiro de xadrez).

A biotita tem granulação muito fina a média, muitas vezes altera para uma associação de muscovita, opacos, epidoto e óxidos e hidróxidos de ferro. Apatita ocorre inclusa nos feldspatos, no quartzo e na biotita. Epidoto ocorre como alteração dos plagioclásios e associado à biotita. As características texturais da rocha indicam que foi submetida à deformação milonítica em condições de médio grau de metamorfismo.

### 3.4. BACIA DO PARANÁ

#### 3.4.1. Introdução

A Bacia do Paraná constitui uma bacia intracratônica que se desenvolveu sobre crosta continental proterozoica e é preenchida por rochas sedimentares e vulcânicas com idades que se estendem do Ordoviciano até o Cretáceo. Com formato alongado na direção geral N-S, a bacia tem cerca de 1.750 km de comprimento, uma largura média de 900 km e espessuras máximas em torno de 6.000 m. Ocupando a porção meridional do Brasil (Figura 43A), a bacia cobre uma área de 1.100.000 km<sup>2</sup> deste país (MILANI; ZALÁN, 1998; ZALÁN et al. 1987) e cerca de 100.000 km<sup>2</sup> em cada um dos territórios dos países vizinhos Paraguai, Argentina e Uruguai.

A estratigrafia utilizada para a Bacia do Paraná nesta nota explicativa é baseada na carta estratigráfica de Milani et al. (2007), adotada pela Petrobras (Figura 43B), e em variações específicas descritas no detalhamento das unidades.

White (1908) foi o pioneiro no estudo desta bacia, apresentando uma sistematização da sua es-

tratigrafia com estruturação litoestratigráfica que, na sua essência, mantém a estrutura geral nos dias atuais. Foram produzidas algumas dezenas de colunas formais, cujos autores Gordon Jr., 1947; Northfleet, Medeiros e Muhlmann, 1969; Daemon e Quadros, 1970; Schneider et al., 1974; Fúlfaro, Gama Jr. e Soares, 1980; Gama Jr., Bandeira Jr. e França, 1982; Zalán et al., 1986; entre outros, contribuíram para o entendimento da sucessão estratigráfica, seguindo uma evolução desde os preceitos litoestratigráficos até os da estratigrafia de sequências.

A evolução da Bacia do Paraná iniciou ao final do Ciclo Brasileiro, em condições tardia pós-orogênicas, sobre a considerada recém-estabilizada Plataforma Sul-Americana. O registro sedimentar-magmático na Bacia do Paraná apresenta quebras marcantes, atribuídas por Zalán et al. (1986, 1990) ao reflexo intracratônico de eventos orogênicos paleozoicos e da tafrogenia mesozoica do Atlântico Sul (MILANI; FRANÇA; SCHNEIDER, 1994). Conforme esses últimos autores, este registro constitui-se de seis supersequências que estão limitadas por expressivas discordâncias regionais que são identificadas, da base para o topo, como: Rio Ivai (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífera-Eotriássica), Gondwana II (Neotriássica), Gondwana III (Jurássica-Eocretácea) e Bauru (Neocretácea) (MILANI; FRANÇA; SCHNEIDER).

As unidades da Bacia do Paraná mapeadas na Folha Curral de Pedras (Figura 44) pertencem à Sequência Gondwana I e são representadas pelos grupos Guatá (formações Rio Bonito e Palermo) e Passa Dois (formações Irati e Rio do Rasto). Litologias relacionadas às formações Serra Alta e Teresina, ainda que não aflorantes, foram descritas em furos de sondagem para carvão. No sudeste da Folha, as rochas da Formação Jaguarão constituem a mais meridional exposição do vulcanismo mesozoico no Rio Grande do Sul.

#### 3.4.2. Grupo Guatá

O Grupo Guatá, termo introduzido por Oliveira (1916), é constituído pelas formações Rio Bonito e Palermo. A denominação Rio Bonito foi utilizada primeiramente por White (1908) para designar os "Schistos e grés do Rio Bonito com extractos carboníferos e a flora Glossopteris". Em algumas regiões da bacia a Formação Rio Bonito é dividida em três intervalos, denominados da base para o topo como membros: 1) Triunfo, essencialmente arenoso; 2) Paraguaçu, com siltitos, folhelhos e arenitos interdigitados; e 3) Siderópolis, composto por arenitos finos a muito finos intercalados com folhelhos carbonosos e leitos de carvão (SCHNEIDER et al., 1974). A Formação Palermo é constituída essencialmente por rochas sedimentares de granulação fina (siltitos e arenitos finos e muito finos), amareladas a acinzentadas em afloramento.

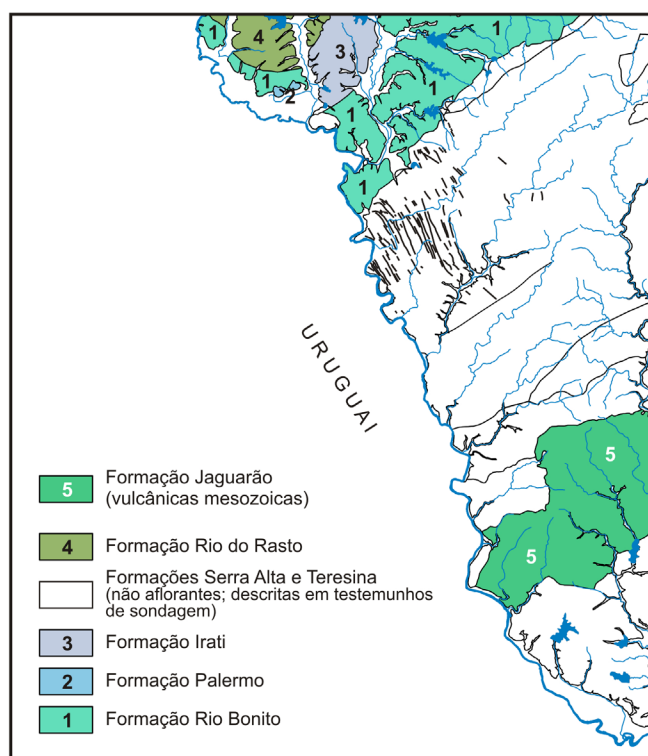
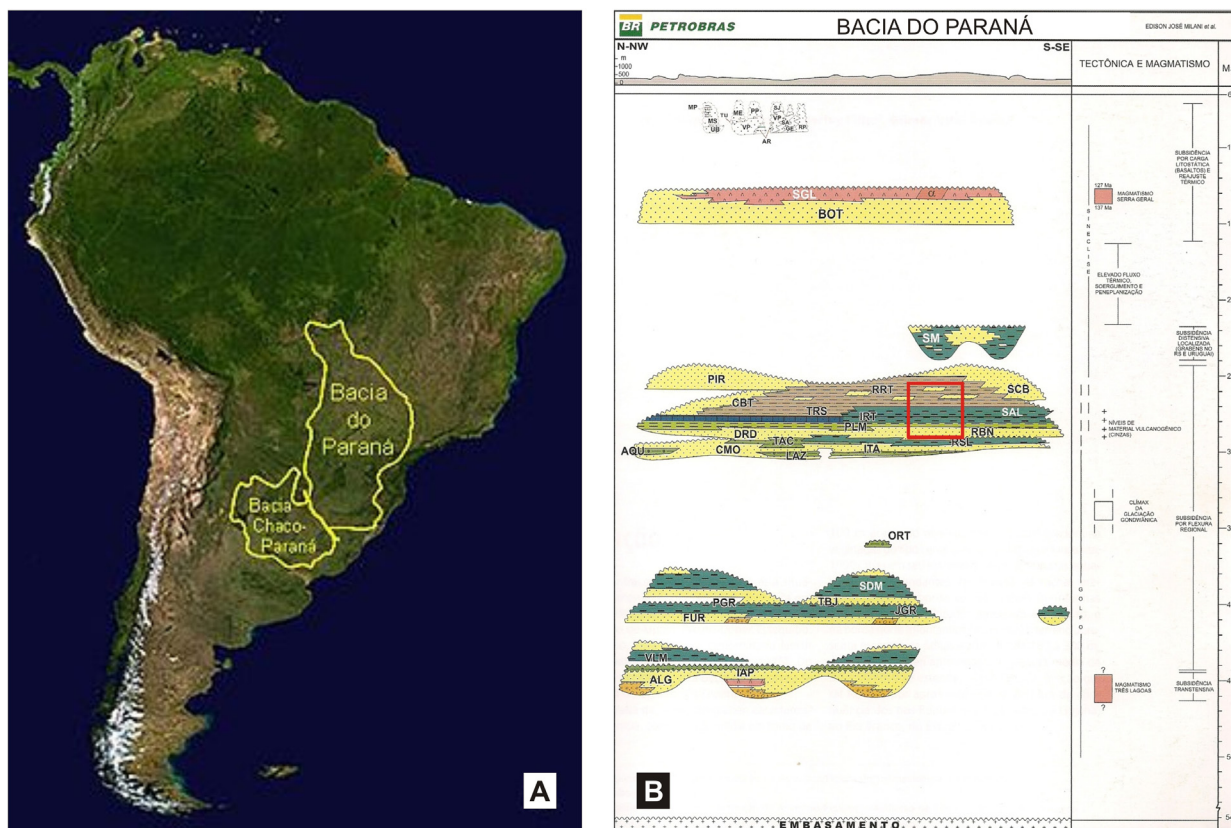


Figura 44 - Distribuição das unidades da Bacia do Paraná na Folha Curral de Pedras.

### 3.4.2.1. Formação Rio Bonito (P1rb)

As litologias da Formação Rio Bonito, na Folha Curral de Pedras, se assentam por não conformidade sobre as rochas cristalinas neoproterozoicas do embasamento; mostram contato superior gradacional com a Formação Palermo; e tectônico com algumas das unidades do Grupo Passa Dois (formações Irati e Rio do Rasto). Em afloramento alcança uma espessura de cerca de 50 m, enquanto em subsuperfície mostra uma espessura máxima de 54 m na sondagem para carvão 2HV-17.

A unidade é constituída por quartzo-arenitos feldspáticos (subarcóseo) esbranquiçados, cinzentos, amarelados e róseos (ferruginosos); siltitos de cor amarelo-palha e; subordinadamente, níveis de conglomerados, arenitos com grânulos e intraclastos pelíticos, arenitos médios, finos a muito finos; além de camadas de siltitos e argilitos.

O contato com as rochas do embasamento se dá geralmente por conglomerados sustentados por seixos subarredondados, com estratificação cruzada, normalmente com granodecrescência ascendente, amalgamados ou associados a arenitos conglomeráticos (Figura 45). Esses arenitos são grossos a muito grossos, com estratificação cruzada tangencial, constituídos predominantemente de camadas lenticulares.

A presença de arenitos arcoseanos de granulação grossa a média, com estratificação cruzada acanalada, com *lags* de seixos de quartzo, representa uma típica sedimentação fluvial (Figura 46). A deposição de sedimentos finos, constituídos de siltitos e argilitos, cinza médio a escuros, associados a camadas de carvão com abundância de fragmentos vegetais, representam ambientes lagunar e paludal.

Entre as estruturas primárias, ocorre laminação plano-paralela, marcas de ondas, estratificação

cruzada acanalada e tangencial, estratificação cruzada *hummocky*, geometria lenticular e tabular, que denotam ambientes deltaico e fluvial com sigmoides e barras conglomeráticas, em ambiente marinho raso dominado por ondas (*foreshore a shoreface inferior*) até porções mais profundas.

Com o aumento da lâmina d'água, geram-se formas de leito de migração de dunas (*sand waves*) e, com o aumento da profundidade, a plataforma dominada por tempestades apresenta camadas amalgamadas com estratificação cruzada *hummocky*, produto da ação das ondas com efeito erosivo irregular e preenchimento sob a ação da oscilação do fluxo. Prosseguindo a sedimentação, inicia-se a deposição das fácies mais profundas, com o aumento dos sedimentos mais finos e pelíticos. O padrão deposicional da unidade no geral é granodecrescente, indicando nitidamente a mudança dos ambientes da sedimentação desde fluvial até o marinho profundo, caracterizando um evento de transgressão.

Petrograficamente é composta por subarcóseos e quartzo-arenitos de granulação média a grossa, algumas vezes conglomeráticos, com grãos subangulares a subarredondados, média a baixa esfericidade, e mal selecionados. No entanto, ocorrem camadas intercaladas de arenitos quartzosos finos a médios, com grãos subarredondados de esfericidade média a alta e moderadamente selecionadas.

A Formação Rio Bonito é frequentemente posicionada no Eopermiano (intervalo Sakmariano e Kunguriano), devido ao conteúdo palinológico. Resultados de datações radiométricas, obtidas pelo método U-Pb, acrescentam novas informações sobre a idade dessa unidade. Os trabalhos realizados por Guerra-Sommer et al. (2005 e 2008) na camada Candiota indicaram idades entre  $299,1 \pm 2,6$  e  $296 \pm 4,2$  Ma. Cagliari et al. (2014) estudando um nível bentonítico situado na região da jazida de Capané, que pertence a parte média-superior da

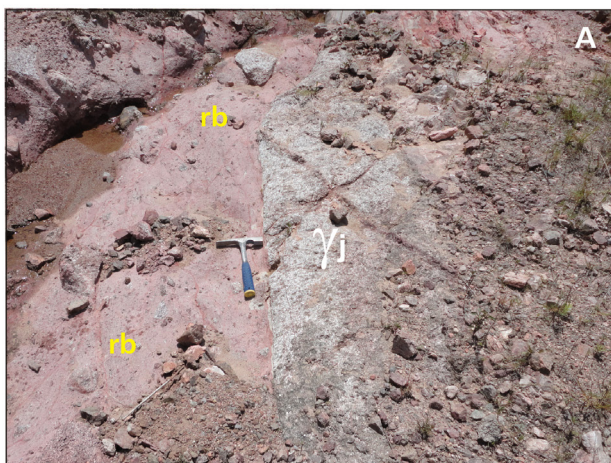


Figura 45 - Formação Rio Bonito: (A) Contato de granito da Suíte Jaguarão Chico com arenitos arcoseanos conglomeráticos da Formação Rio Bonito (afloramento CK-1); e (B) Arenitos médios a finos, em superfície erosiva com acamadamento planar (afloramento CK-2).



Figura 46 - Formação Rio Bonito: (A) Arenito grosso, com superfície erosiva de arenito grosso conglomerático com grânulos subarredondados (afloramento CK-202); e (B) Arenitos com estratificação cruzada e geometria lenticular (afloramento CK-248).

Formação Rio Bonito, encontraram idades entre  $290,6 \pm 2,8$  a  $281,7 \pm 3,2$  Ma (no intervalo Sakmariiano e Kunguriano).

É necessário destacar que esses níveis datados encontram-se na porção média-superior da Formação Rio Bonito. Portanto, considerando a espessura dos níveis de sedimentos inferiores (anteriores) à camada Candiota, é possível inferir que com essas idades a Formação Rio Bonito posiciona-se no limite Permo-Carbonífero (intervalo Gzeliano Asseliano).

### 3.4.2.2. Formação Palermo (P1p)

As rochas sedimentares dessa unidade foram inicialmente referidas por White (1908) em Santa Catarina como “schistos de Palermo”. Posteriormente, Oliveira (1916) tratou desse intervalo como “Folhelho Palermo”, enquanto Gordon Jr. (1947) a elevou à categoria de Formação. O contato inferior, com a Formação Rio Bonito, é gradacional.

Na Folha Curral de Pedras a unidade tem exposição muito restrita, nas proximidades da fronteira com o Uruguai. A rocha é um heterolito constituído por arenitos muito finos, limonitizados, com lâminas de argilitos cinza-escuro e siltitos amarelados. A coloração amarelada é comum e característica na superfície alterada. Em subsuperfície, no furo de sondagem (2HV-17), a Formação Palermo alcança uma espessura de 27,61 m.

As camadas apresentam geometria lenticular e a estratificação, quando preservada, apresenta laminação plano-paralela, estratificação cruzada de baixo ângulo, estratificação cruzada *hummocky* e laminação ondulada (Figura 47). A sedimentação é interpretada como ocorrida por deposição abaixo do nível de ação das ondas de bom tempo, com influência de ondas de tempestade, em um ambiente marinho plataformal raso (*shoreface* inferior).

### 3.4.3. Grupo Passa Dois

White (1908) introduziu o termo como a série intermediária do então denominado Sistema Santa Catarina, com a seguinte sequência: rocha calcárea da Rocinha; schistos da Estrada Nova, pardos e matizados, com concreções quartzosas e camadas arenosas; e schistos negros de Iraty, com “Mesosaurus” e “Stereosternum”. Mendes (1967) utiliza o termo na categoria de Grupo, o qual é composto no Rio Grande do Sul pelas formações Iraty, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto, permanecendo a mesma concepção em Schneider et al. (1974).



Figura 47 - Formação Palermo: arenito fino a muito fino, de coloração amarelada pelo intemperismo, com estratificação cruzada de baixo ângulo (afloramento CK-235).



### 3.4.3.1. Formação Irati (P2i)

Sua área tipo está situada no Município de Irati, Estado do Paraná. A citação original: “na base da Série do Passa Dois ha um schisto preto espesso e largamente persistente que se estende de São Paulo pelo Paraná e Santa Catarina ate o Rio Grande do Sul... a esta formação foi dado o nome de Iraty, no Estado do Paraná, onde afflora em um corte da estrada de ferro a três kilometros ao sul da estação de Iraty e contém... (pag. 180)” (WHITE 1908).

Consiste em folhelhos e argilitos cinza escuros, folhelhos betuminosos e calcários associados, portadores de fósseis de répteis mesossaurídeos (SCHNEIDER et al., 1974). A essa unidade associam-se ocorrências de folhelhos pirobetuminosos, referidos por Zalán et al. (1990) como geradores de óleo e gás. Essas rochas são explotadas no Paraná para a extração de óleo e gás, sendo as cinzas do processo utilizadas na fabricação de cerâmicas. Camadas de calcário e dolomitos são utilizadas na indústria cimenteira e como corretivo de solos. Ocorrências de cobre são encontradas junto a diques e *sills* básicos do Grupo Serra Geral que afetam a Formação Irati.

Na Folha Curral de Pedras a Formação Irati ocorre com uma espessura aflorante de cerca de 5 m. Em subsuperfície, no furo de sondagem 2HV-17, a unidade alcança aproximadamente 25,60 m de espessura. Os afloramentos em corte de estrada normalmente estão muito alterados pelo intemperismo, com cores variando entre o cinza-claro e o ocre. Os sedimentos são finos e indicam deposição por decantação em ambiente de águas calmas, abaixo do nível de ação das ondas (SCHNEIDER et al., 1974), sugerindo a existência de períodos de estratificação da coluna de água. A pouca exposição de arenitos com estratificação cruzada *hummocky* implica na influência de tempestades durante a deposição da unidade (LAVINA, 1991). O estudo de zircões obtidos de uma camada de argila bentonítica (SANTOS et al., 2006) resultaram em uma idade de  $278,4 \pm 2,2$  Ma, posicionando a Formação Irati no Artinskiano ( $284,4 \pm 0,7$  a  $275,6 \pm 0,7$  Ma).

### 3.4.3.2. Formações Serra Alta e Teresina

Estas unidades não afloram na Folha Curral de Pedras, mas foram identificadas em furos de sondagem para carvão executadas na área.

### 3.4.3.3. Formação Rio do Rasto (P3T1rr)

A denominação Rio do Rasto foi utilizada primeiramente por White (1908) para a sequência sedimentar exposta nas cabeceiras do rio do Rasto, na estrada Lauro Muller – São Joaquim (SC), a qual

compreende na sua parte inferior siltitos e arenitos finos esverdeados e arroxeados, e na porção superior, argilitos e siltitos avermelhados com intercalações lenticulares de arenitos finos (MÜHLMANN et al., 1974). Gordon Jr. (1947) propôs uma subdivisão da formação, correspondendo aos membros Serrinha, inferior, e Morro Pelado, superior.

A unidade, que em afloramento mostra espessuras de até 15 m, aflora na porção norte da Folha Curral de Pedras onde apresenta contatos por falhas com as formações Rio Bonito e Irati.

Na base ocorrem pelitos e arenitos variegados, com cores avermelhadas e róseas a cinza-claro, com dominância de camadas tabulares e lenticulares (Membro Serrinha) com as quais se associam acamadamentos *wavy* e *linsen* e arenitos com estratificação cruzada *hummocky*.

Na porção média e superior passam progressivamente a dominar as geometrias lenticulares (Membro Morro Pelado). Os siltitos tendem a ser avermelhados e tabulares, maciços ou laminados. Os arenitos são quase sempre finos, podendo ser tabulares ou lenticulares e apresentam laminação plano-paralela, laminação cruzada cavalgante e estratificações cruzadas acanaladas de pequeno a muito grande porte.

A parte basal da Formação Rio do Rasto estabelece a continuidade das condições paleoambientais da Formação Teresina, com total ausência de organismos marinhos, e evolui em sentido ao topo para ambientes lacustre e deltaico. Na sua parte superior, campos de dunas eólicas se integram aos sedimentos lacustres e deltaicos. A potencialidade mineral desta formação reside nas camadas de argilas para a indústria de cerâmicas vermelhas.

## 3.4.4. Grupo Serra Geral

### 3.4.4.1. Formação Jaguarão

Segundo Vieira Júnior e Roisenberg (1987), uma das primeiras descrições sobre os vulcanitos da Formação Jaguarão foi efetuada por Goñi, Goso e Issler (1962), que os definiram como basaltos vítreos da Formação Serra Geral contendo micrólitos de augita e andesina. Bossi e Umpierre-Urquhart (1973), em trabalho de síntese sobre a evolução magmática mesozoica do Rio Grande do Sul e do Uruguai, correlacionaram o vulcanismo em foco com os de Treinta y Tres e Lascano (Uruguai), que correspondem a um ambiente de fossa tectônica. Carraro et al. (1974) conservam o posicionamento na Formação Serra Geral. Posteriormente, Roisenberg, Bossi e Ruegg (1980), em estudo comparativo entre as vulcânicas de Santa Luzia (Uruguai), de Jaguarão e da Bacia do Paraná, tipificaram as duas primeiras unidades como evoluídas numa bacia marginal. Vieira Júnior

e Roisenberg (1983, 1985) e Vieira Júnior (1985), apoiados em estudos petrográficos, litoquímicos e estratigráficos, concluíram pela não cogeneticidade deste vulcanismo com aquele da Formação Serra Geral. Conforme estes autores, a unidade representaria uma das primeiras manifestações vulcânicas relacionadas com a abertura do Atlântico Sul, precedendo o magmatismo basalto-riolítico da Formação Serra Geral.

A Formação Jaguarão compreende dacitos vítreos e tem seu nome derivado da cidade homônima, onde se localiza sua seção-tipo, na encosta oeste do Morro da Pólvora, nas imediações da Vila Kennedy (dentro do perímetro urbano daquela cidade). Constitui a porção topograficamente mais elevada da região (cota máxima de 50 m) e apresenta características geomorfológicas distintas das litologias do embasamento.

A espessura dos derrames pode alcançar até 40 m nas porções centrais, adelgaçando-se sensivelmente nas porções limítrofes. A atitude é horizontal, com as lavas assentando diretamente sobre as litologias do embasamento cristalino, em discordância erosiva e litológica. Sistemas de disjunções colunares prevalecem sobre os padrões horizontais, ocorrendo de maneira contínua por todo o perfil. Uma tectônica rígida marcante, com fraturas conjugadas de direções NE/NW, sobrepõe-se ao diaclasamento de contração. Não foram registrados quaisquer indícios de topo e base de derrame (zonas amigdaloidais), o que leva a indicar a unicidade do processo eruptivo e, portanto, caracterizaria somente um episódio ou sucessivas corridas de lava num curto espaço de tempo. Tufos líticos e a cristal foram encontrados

no afloramento CI-253 próximo ao Rio Jaguarão, na divisa com o Uruguai.

Xenólitos de rochas graníticas com graus variáveis de fusão/reabsorção e quartzo de falha, de comportamento refratário, apresentam ocorrência constante e distribuição aleatória, com dimensões milimétricas a centimétricas. Durante os processos intempéricos tais enclaves são facilmente subtraídos, originando cavidades subarredondadas, similares a vesículas.

Os vulcanitos apresentam aspecto homogêneo, cores cinza-escuro a preto e fábrica isótropa, tanto em escala macroscópica quanto megascópica. As fases cristalinas encontram-se imersas numa mesóstase vítrea e consistem em plagioclásio (andesina/labradorita) e hiperstênio, com teores discretos de cordierita e magnetita. Os fenocristais e xenocristais de plagioclásio contêm inclusões vítreas, produzidas por processos de fusão parcial dos cristais (VIEIRA JÚNIOR, 1985). A homogeneidade petrográfica é acompanhada pela ausência de variações químicas significativas, classificando-se as rochas no campo dos dacitos a riolitos. As datações K-Ar disponíveis determinam idades entre  $143 \pm 10$  Ma e  $157 \pm 4$  Ma.

Na Folha Curral de Pedras, na região do Curral de Pedras, aflora o maior corpo de rocha vulcânica dessa unidade que, com uma área aproximada de  $113 \text{ km}^2$ , se estende para a Folha Arroio Grande a leste. Com cotas de até 159 m no marco geodésico da 1ª DL, extremo noroeste da área de exposição, a unidade forma uma escarpa topográfica que apresenta progressivamente um desnível de 80 m para sudeste, até o contato das vulcânicas com os subjacentes xistos do Complexo Arroio Telho (Figura 48).

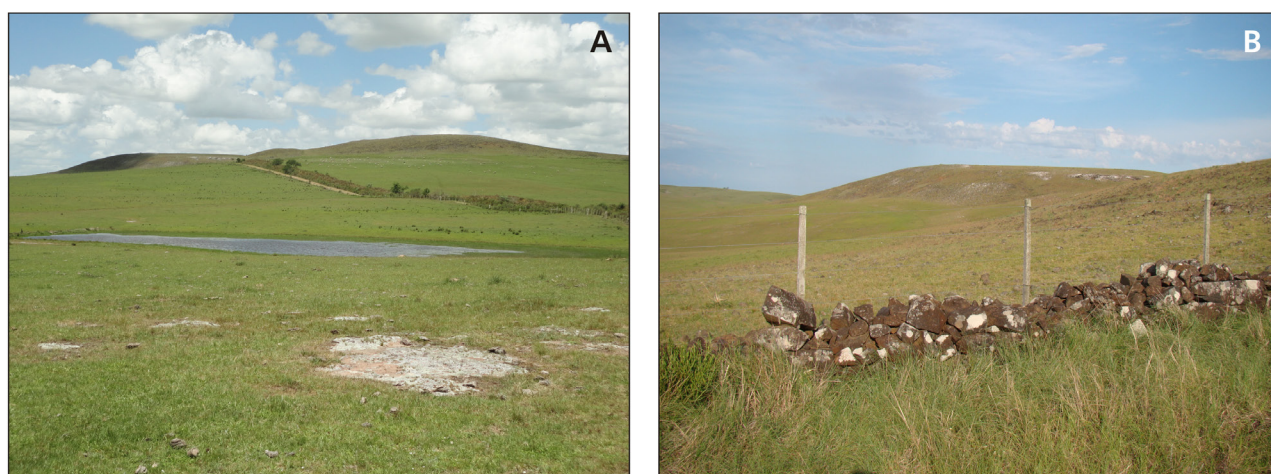


Figura 48 - Formação Jaguarão: (A) Escarpa norte da unidade, na região de contato com granitoides do embasamento (afloramento CI-238). No topo, marco geodésico Curral de Pedras; e (B) Região de topo da escarpa das rochas vulcânicas. Em primeiro plano, cerca de pedra utilizando dacitos da unidade.

Resultados de análises geoquímicas de amostras das rochas vulcânicas da Formação Jaguarão são apresentados na Figura 49.

As rochas desta unidade são classificadas petrograficamente, segundo o diagrama para rochas vulcânicas de Streckeisen (1978), como dacitos. Porém, devemos considerar que devido à elevada proporção de matriz vítrea não é possível obter uma classificação exata na petrografia, de modo que posicionamos o intervalo composicional correspondente a dacitos-riodacitos-riolitos para esses vulcanitos.

Os dacitos possuem granulação muito fina a fina, com esparsos microfenocristais de hiperstênio de granulação média, e são hemicristalinos, com 40% de matriz vítrea. Apresentam texturas inequigranular, microporfírica, glomeroporfírica, subofítica, ofítica, *siéve* (nos feldspatos) e microamigdalóide.

É constituída por microfenocristais de plagioclásio, sanidina e hiperstênio, de granulação fina a média, imersos em matriz de granulação fina a muito fina, hemicristalina, composta por vidro, opacos e cristálitos e micrólitos de feldspatos, apatita e hiperstênio. Em LN observa-se um material castanho-amarelado, isótopo em LP, compondo formas arredondadas relacionadas a amígdalas preenchidas por opala e argilo-minerais, onde estes muitas vezes ocorrem com disposição concêntrica e fibrorradiados. Ocorrem feições circulares a ovoides constituídas por aglomerados microcristalinos de feldspatos e opacos com uma borda de maior granulação, constituída predominantemente por plagioclásio. O teor de anortita dos plagioclásios corresponde a andesina e labradorita. Feições de corrosão/assimilação nos microfenocristais de sanidina definem a textura *siéve* (Figura 50).

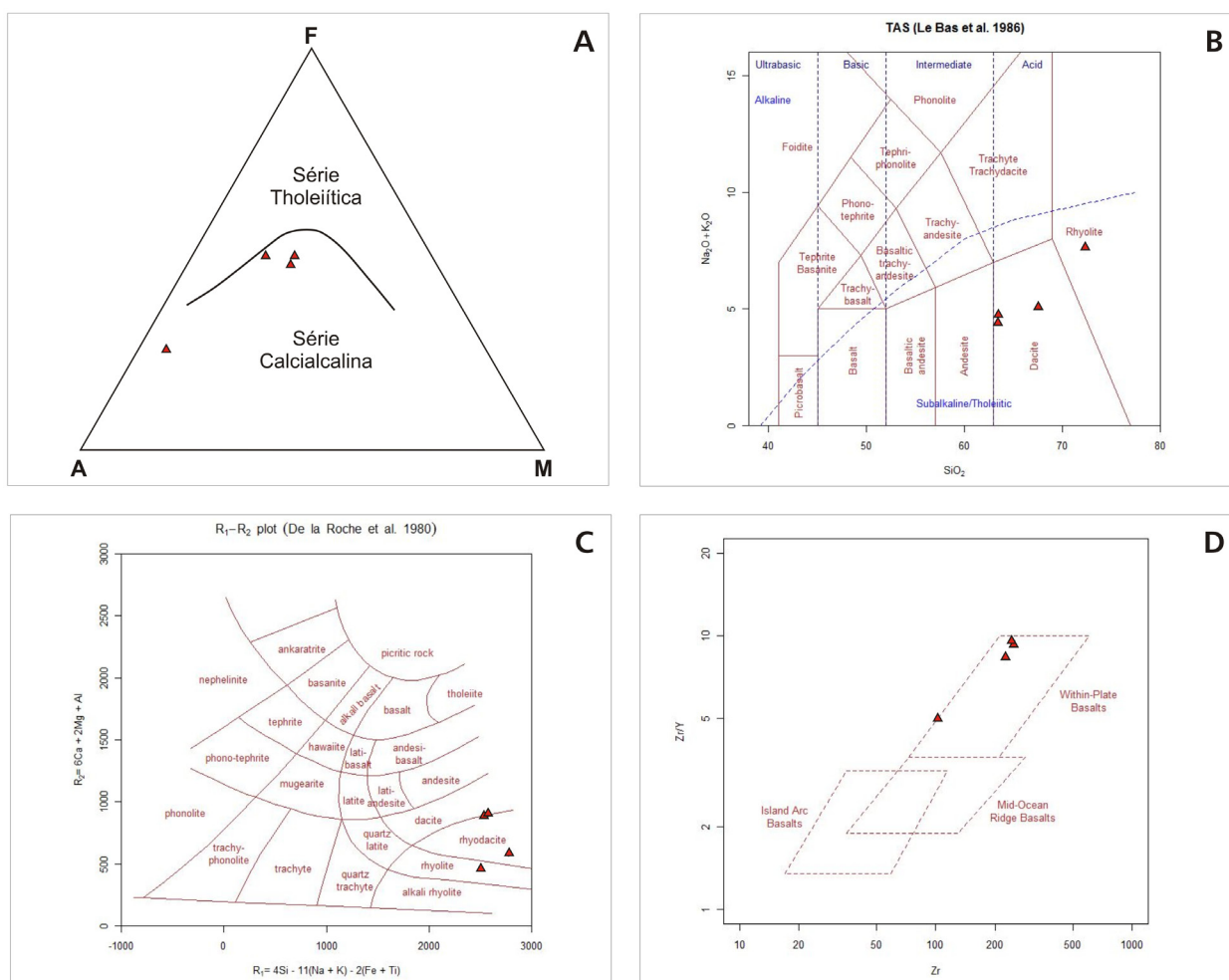


Figura 49 - Diagramas litoquímicos de amostras da Fm. Jaguarão mostrando o caráter cálcio-alcálico, classificação entre riolito a dacito dessas litologias e posição geotectônica intraplaca.

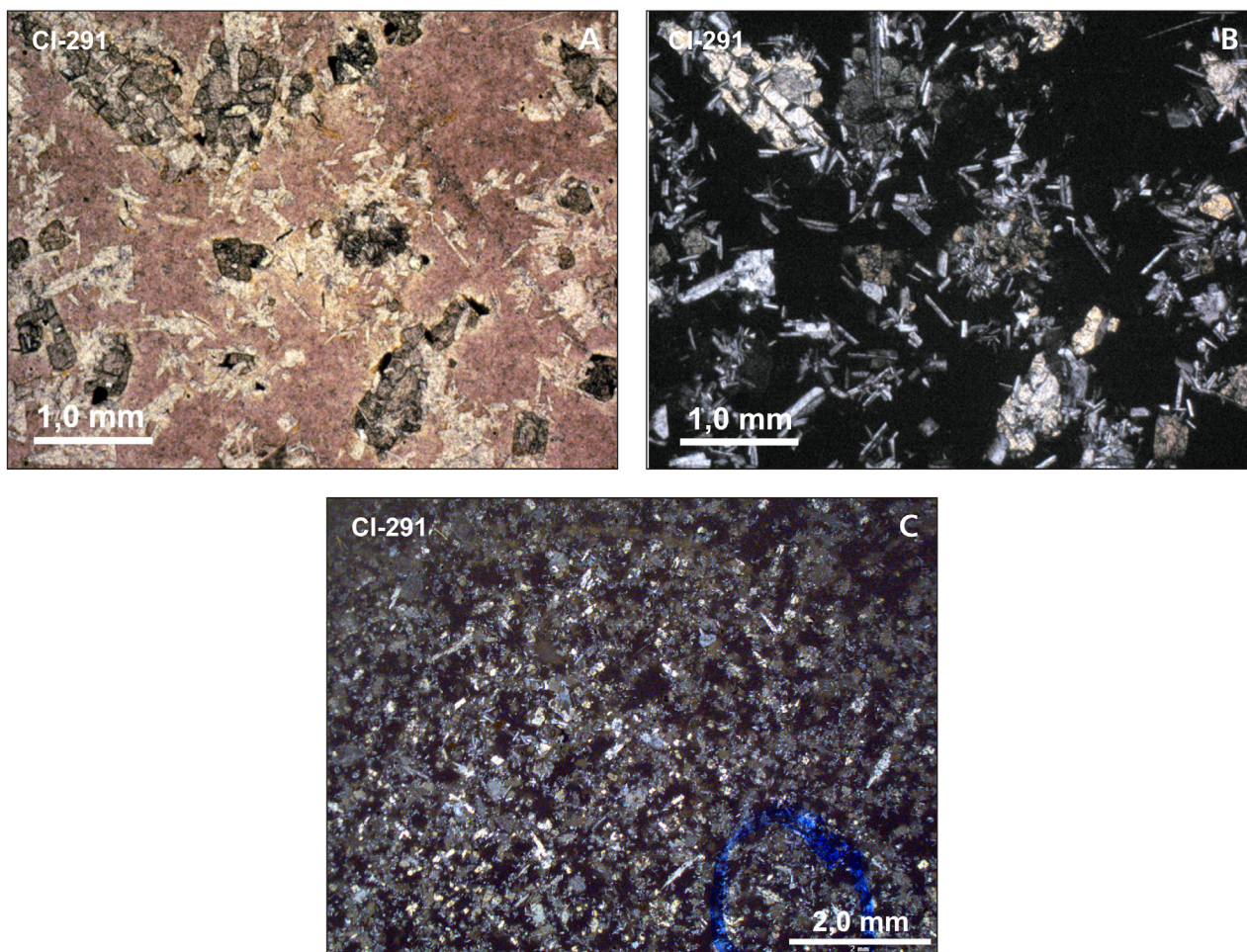


Figura 50 - Formação Jaguarão (fotomicrografias): (A, B) detalhe em LN/LP da matriz hemihialina onde se destacam os microfenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio em matriz vítrea; e (C) vista geral da textura microporfírica com matriz vítrea.

#### 3.4.4.2. Diques de Olivina Gabro (Diabásio Rondina)

Tessari e Giffoni (1970) no mapa geológico da região Piratini – Pinheiro Machado – Bagé, reuniram os diques de olivina diabásio que ocorrem na região do Arroio da Rondinha, afluente do rio Camaquã, no município de Bagé, sob a designação de Diabásio Rondina.

No centro-leste da Folha Curral de Pedras foram registrados diques de olivina gabro, com cerca de 20 m de largura e até 500 m de comprimento, alojados em fraturas de azimute 090°-095°, os quais foram correlacionados com essa unidade. Essas rochas são perfeitamente reconhecíveis em aerofotos, mosaicos de radar e imagens de satélite, e constituem também importantes alinhamentos nos mapas aeromagnéticos. Nos locais em que esses corpos estão expostos foi possível caracterizá-los como diques de olivina diabásio cortando litologias da Suíte Herval (Figura 51). Mesoscopicamente são rochas compactas, isótropas, de coloração cinza-escura a preta, com granulação desde muito fina até grossa (gabroide). Ao microscópio, caracterizam-se por uma textura ofítica a subofítica, sendo constituídos por plagioclásio

(labradorita), clinopiroxênio e, subordinadamente, olivina, clorita, apatita e opacos.

O posicionamento cronoestratigráfico desses diques, com ampla distribuição no Escudo Sul-Rio-Grandense, é controverso. Descritos inicialmente por Ribeiro et al. (1966) na Quadrícula de Caçapava do Sul, alguns deles foram correlacionados temporalmente com os derrames basálticos da Formação Serra Geral. Posteriormente, Ribeiro (1966) mapeou-os na Folha Minas do Camaquã sob a designação genérica de diques de olivina diabásio, considerando a sua posição estratigráfica como uma questão em aberto, mas posicionando-os, com base em relações estratigráficas locais, no Eopaleozoico. Tessari e Giffoni (1970) estabeleceram o posicionamento estratigráfico destes olivina diabásios como mais jovem que a Formação Guaritas e mais antigo que a Formação Caneleiras (atualmente Grupo Rosário do Sul) e, em vista de considerarem esta última como possivelmente devoniana, sugeriram um posicionamento pré-devoniano para os diques de diabásio.

Ribeiro (1977, 1980) admitiu que os fraturamentos NW representam suturas profundas, por onde ascendeu o material magmático que deu origem aos diques de olivina diabásio, bem como às



Figura 51 - Aspecto em campo das litologias básicas do Diabásio Rondina.

rochas alcalinas conhecidas naquela região. Horbach et al. (1986) também sugeriram uma comagmaticidade entre os olivina diabásios e as rochas alcalinas, reunindo-os sob a designação de Suíte Alcalina Passo da Capela; apresentaram uma datação de 100 Ma (K/Ar) obtida em plagioclásio de olivina diabásio.

No mapeamento da Folha Piratini realizado pela CPRM (Orlandi F<sup>o</sup> et al., 1995) constatou-se que os corpos hipoabissais não afetam o Grupo Rosário do Sul. Na exposição do Arroio da Rondinha, o contato olivina diabásio / Grupo Rosário do Sul aparentemente se dá por falha; por sua vez os mapas aeromagnéticos não registram a continuidade do corpo básico por sob a cobertura sedimentar, sugerindo que essa intrusão se limitou exclusivamente à sua atual área de exposição e assim, aparentemente, a

deposição do Grupo Rosário do Sul sucedeu a intrusão do corpo hipoabissal.

### 3.5. DEPÓSITOS ALUVIAIS

As coberturas do Cenozoico cobrem uma ampla área, distribuída no baixo curso do rio Jaguarão e seus afluentes, arroios Jaguarão Chico, do Bote, Telho, Sarandizinho, Camboatá e Arroito; e nas sangas da Divisa, da Cachoeira, Barreiro e Quiri. Os depósitos são caracterizados por sedimentos clásticos, mal selecionados, inconsolidados, onde predominam os depósitos arenosos desde grossos até muito finos e, subordinadamente, sedimentos argilosos. A distribuição da unidade é apresentada na Figura 52.

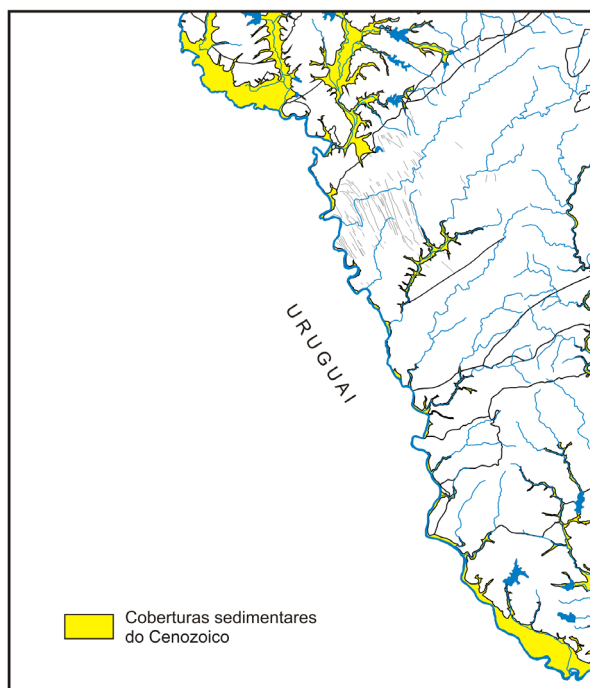


Figura 52 - Distribuição dos depósitos aluviais na Folha Curral de Pedras.

## 4 – ASPECTOS ESTRUTURAIS

As feições estruturais mais significativas da região, marcantes em imagens de satélite ou nos mapas aerogeofísicos, são as diversas zonas de cisalhamento que limitam as unidades pré-cambrianas e as configuram como faixas alongadas segundo a direção NE-SW. Machado, Philipp e Mello (1995) e Philipp (1998) reconhecem, na extremidade sul do Batólito Pelotas, três zonas principais de cisalhamento transcorrente dúctil denominadas, de SE para NW: Arroio Grande, Ayrosa Galvão e Herval (ver Figura 8). As informações que seguem foram extraídas dos textos destes autores.

A Zona de Cisalhamento Arroio Grande tem, na seção levantada pelos autores, cerca de 8 km de largura, direção aproximada N70°E, alto ângulo, trama milonítica e cinemática dextral. Superpõe-se uma trama milonítica subvertical de direção N30°E, rúptil-dúctil e sinistral. A trama mais antiga é marcada pela assimetria dos feldspatos, com franjas de recristalização; na matriz, agregados de biotitas e quartzo fitado, além de feldspatos dispostos conforme a foliação C (principal). A lineação de estiramento mineral varia entre 5° e 20° (Figura 53).

A Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão, denominação devida a uma antiga estação ferroviária (demolida) localizada cerca de 21km para NNW da localidade de Arroio Grande, possui direção N40°E na zona de máxima deformação (~1km de largura), com ultramilonitos e milonitos, que passa para N70°E na de mais baixa deformação (~4km de largura), onde ocorrem protomilonitos e milonitos, respectivamente a norte e a sul da referida estação. *Shear bands* rúpteis discretas, de direção ~N55°E cortam a trama principal; esta direção acomoda também zonas de cisalhamento dúcteis extensionais de alto ângulo. Predominam mergulhos de alto ângulo (ainda que ocorram mergulhos moderados, entre 40° e 50°), lineação de estiramento mineral de baixa obliquidade (5° a 15° para SW), indicadores cinemáticos sinistrais (assimetria de feldspatos e pares S-C) e uma configuração em perfil de estrutura-em-flor.

A Zona de Cisalhamento Herval, subparalela a Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão, constitui uma zona de alto ângulo dúctil de direção geral N65°E, com evidências de movimentos sinistral e dextral, ainda que o primeiro seja o mais significativo e pa-

reça constituir a fase mais jovem de movimento. A zona de deformação principal, com cerca de 2km, é caracterizada por milonitos e ultramilonitos com uma lineação de estiramento mineral ao redor de 10° para NE. Estruturas compressivas, incluindo falhas inversas e de empurrão, caracterizam um regime transpressivo para esta zona.

Logo a norte da ZC Herval foi caracterizada outra importante zona de cisalhamento NE-SW, com cerca de 2 km de largura, cinemática sinistral e aqui referida como Zona de Cisalhamento Cerro Chato. Essa zona de cisalhamento está bem exposta na região limítrofe entre os granitoides da Suíte Herval e as litologias alcalinas-peralcalinas da Suíte Jaguarão Chico, unidades que são afetadas pela milonitização.

Nas litologias paraderivadas (quartzitos e xistos) do Complexo Guarda Nova a xistosidade varia entre Az. 250° e 260°, com mergulhos entre 40° e 75°NW. A xistosidade principal é afetada por dobras suaves e abertas com uma clivagem de plano axial espaçada, segundo N55-70°E, com mergulho subvertical.

No Complexo Arroio Telho ocorrem paragnaisés com bandamento mili a centimétrico irregular, com níveis quartzo-feldspáticos brancos a rosados, lenticulares, dobrados e que incluem charneiras de dobras apertadas (dobras sem raiz); intercalados com níveis de metarritmitos areno-pelíticos transpostos e xistos, com metamargas muito subordinadas. Ocorrem tanto injeções centi a decimétricas de leucogranitoides rosados a esbranquiçados, protomiloníticos a miloníticos, dispostos conforme o bandamento; como injeções métricas, com formas tabulares de baixo ângulo ou em bolsões, possivelmente intrudidas sindeformação tangencial, com uma trama milonítica dúctil a dúctil-frágil superposta, perversa e relacionada com zonas de cisalhamento dúctil de alto ângulo.

Na Bacia do Paraná, as estruturas NE e NW do embasamento controlam parcela importante dos falhamentos. Os mais significativos, de caráter extensional e rejeitos significativos (até > 100 m), estabelecem relações de contato entre as formações Rio Bonito e Rio do Rasto, respectivamente unidades das porções inferior e superior da bacia.

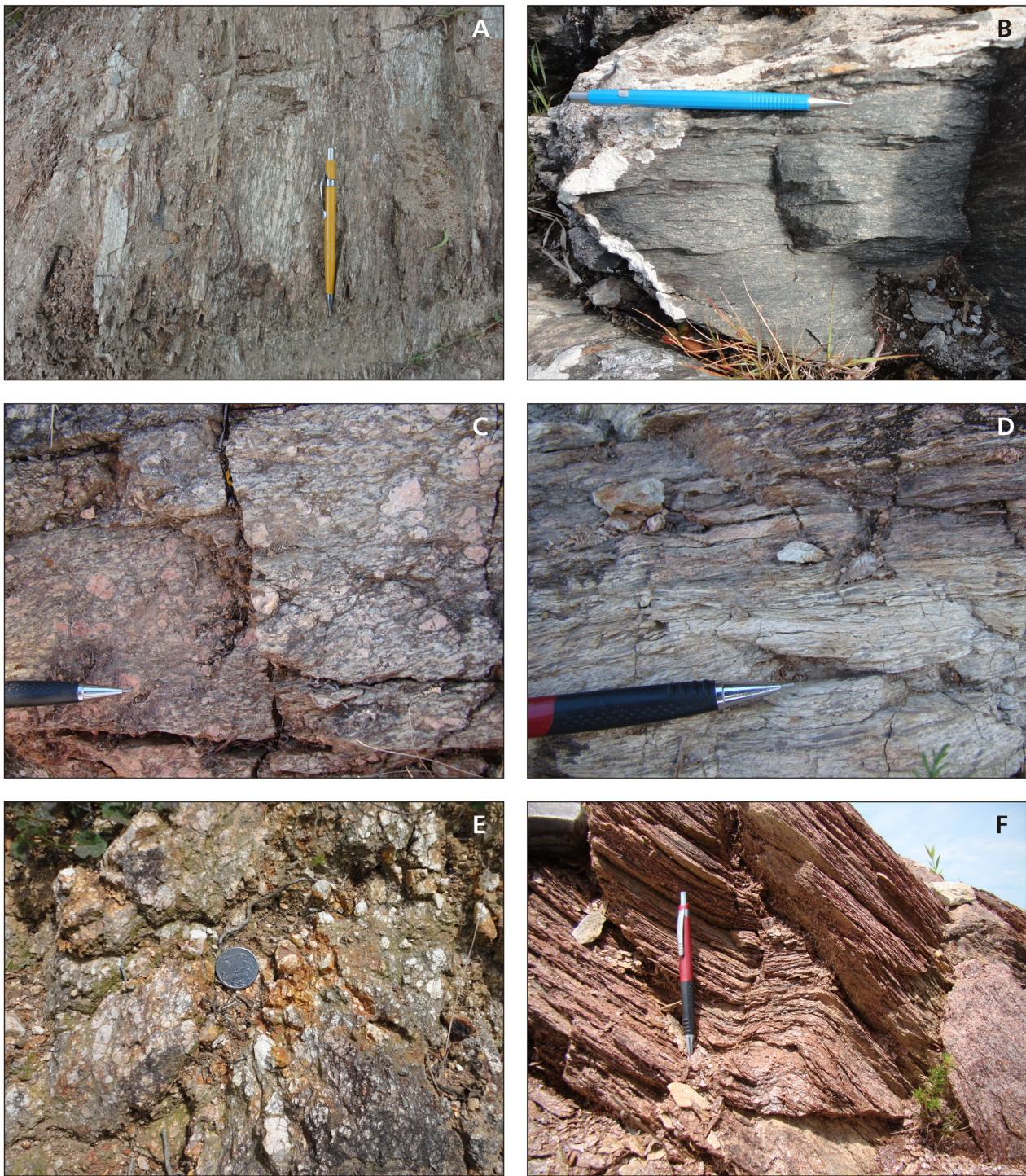


Figura 53 - A, B, C) Milonitos e protomilonitos de zonas de cisalhamento da Folha Curral de Pedras (afloramentos CI-216B, 175B e 238); (D, F) litologias paraderivadas dos complexos Guarda Nova e Arroio Telho (afloramento CI-256 e 259A); e (E) deformação frágil superposta à dúctil em granitoides (afloramento CI-241A).

## 5 – RECURSOS MINERAIS

### 5.1. PANORAMA MINERAL DA ÁREA

A utilização de recursos minerais na Folha Curral de Pedras é limitada aos materiais de empréstimo, sendo pouco significativo o potencial para insumos energéticos (carvão) e metais (como o Au e

o Sn), como verificado pelos resultados obtidos pela prospecção geoquímica. Além do carvão, os pontos anômalos para Au e Sn resultantes de amostragem por concentrados de minerais pesados são apresentados na Figura 54, porém descritos no capítulo 6 (Geoquímica Prospectiva).

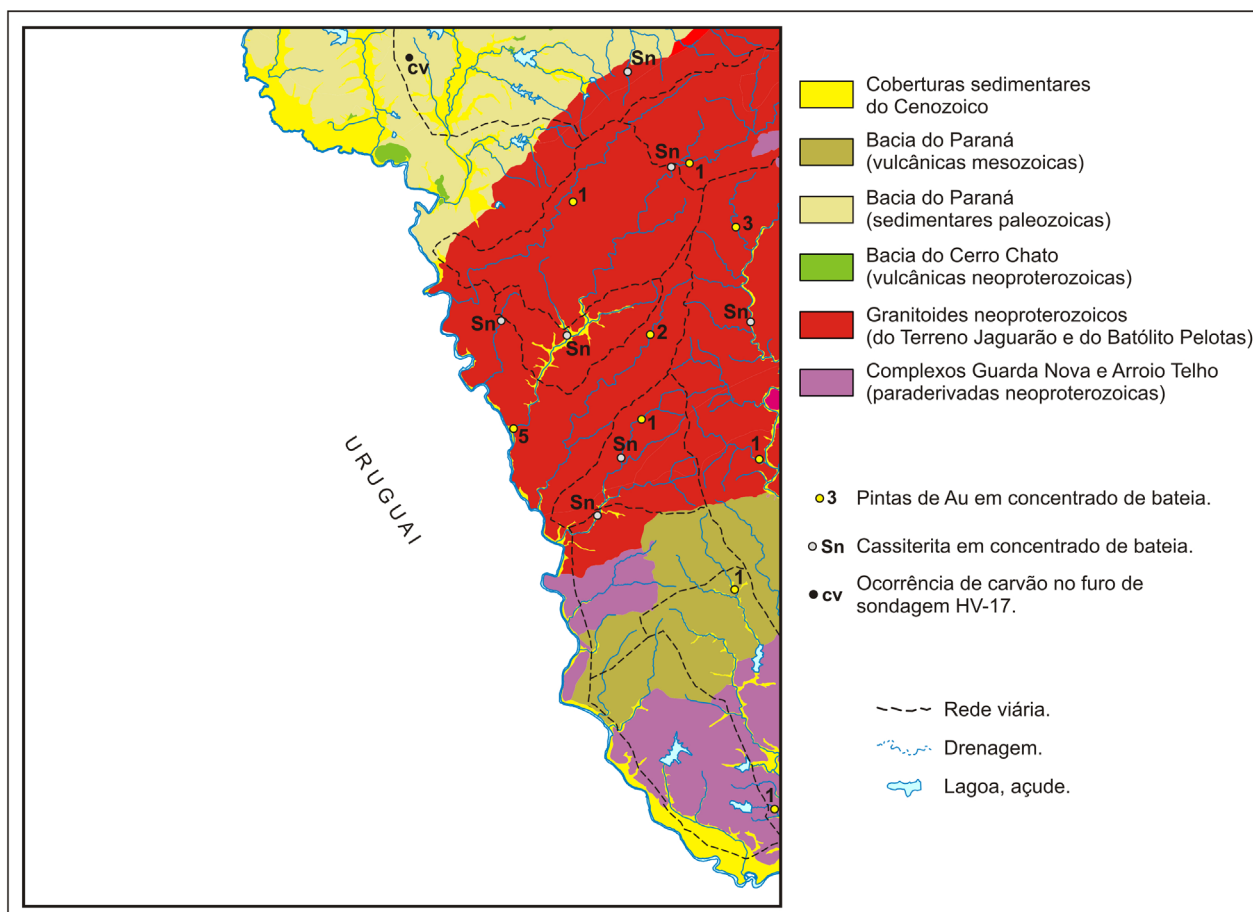


Figura 54 - Mapa de localização das principais ocorrências minerais na Folha Curral de Pedras.

### 5.2. RECURSOS NÃO-METÁLICOS

#### 5.2.1. Materiais de Uso na Construção

As saibreiras da área são de muito pequeno porte, produzindo material de empréstimo para capeamento e recuperação de estradas vicinais e de propriedades rurais. O uso de areia e argilas para cerâmica vermelha não tem significado econômico, sendo extraídas em quantidades artesanais para uso doméstico. As camadas de argilas da Formação Rio do Rasto permitem, todavia, caracterizar para a unidade um potencial mineral para a indústria de cerâmicas vermelhas.

#### 5.2.2. Pegmatitos

Dentro da área de afloramento dos xistos do Complexo Arroio Telho ocorre um pegmatito maciço contendo turmalina preta, grossa (~7 cm), sem orientação aparente; lamelas centimétricas de muscovita; quartzo leitoso; e feldspato cinza muito claro (Figura 55). Na região de exposição do pegmatito foi efetuado o detalhamento da prospecção geoquímica, mas sem qualquer resultado significativo ou diferente dos resultados regionais anteriormente obtidos.

Muscovita e granada estão associados também com leucogranitos róseos a alaranjados que afloram de modo esparso e que, em alguns locais, se comportam como altos do embasamento para as rochas vulcânicas da Formação Jaguarão. Estes corpos não são mapeáveis na escala do mapa.





Figura 55 - Pegmatito na Folha Curral de Pedras, com ênfase nas turmalinas.

### 5.3. RECURSOS ENERGÉTICOS (CARVÃO MINERAL)

As pesquisas para carvão na região resultaram na descoberta desse recurso em apenas um dos seis furos de sondagem realizados na Folha Curral de Pedras (HV-17, Convênio DNM/CPRM), ainda que com espessura insignificante (0,33 m de camada total; e 0,19 m de carvão contido).

### 5.4. RECURSOS METÁLICOS

Na Folha Curral de Pedras duas unidades litológicas se destacam pelos teores anômalos de minerais pesados. A Suíte Herval possui os valores mais significativos para Au, pirita, pirita limonitizada, magnetita, hematita e columbita/tantalita, com destaque para amostras associadas com zonas de cisalhamento transcorrente. Cassiterita e monazita também são encontradas nesta unidade. No sul da área, nas imediações do arroio do Meio, o Complexo Arroio Telho apresenta amostras com Au, monazita e columbita/tantalita.

## 6 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

### 6.1. GEOQUÍMICA DE SEDIMENTO DE CORRENTE

#### 6.1.1. Introdução

O tratamento geoquímico dos dados das folhas Igrejinha, Bagé, Aceguá, Passo São Diogo e Curral de Pedras foi executado em conjunto tendo em vista a contiguidade das folhas de mapeamento geológico dos projetos, utilizando uma maior amplitude na área de amostragem de modo a identificar possíveis alvos prospectivos detectados nas análises de sedimentos ativos de corrente e de concentrados de minerais pesados em bateia (Figura 56).

Na interpretação de concentrados de minerais pesados, por se tratar de resultados semiquantitativos, não se aplicou nenhuma metodologia estatística para esta interpretação, como ocorreu com os sedimentos de corrente, assunto do presente capítulo.

O primeiro ponto a destacar é que trabalho recentemente executado na SUREG-PA (Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense, 2015) identificou zonas de maior concentração de alguns elementos químicos e associações deles que geraram o que o referido projeto denominou de zonas anômalas. Uma dessas áreas, Dom Pedrito, ocorre no extremo norte da Folha Igrejinha. O relatório do Projeto Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense afirma, sobre esta área, o que segue: “A região próxima a Dom Pedrito mostra valores mais elevados, distinguindo-se associações importantes para As/Ba/Be/Co/Fe/Ga/ Li/Mg/Mo/ Ni/P/Sc/Ti/V/Zr e Cd/Hf/Pd.

A primeira associação é comum em oxidados de manganês, bem como em rochas ultramáficas, podendo, por incluir muitos elementos, de forma total ou parcial, associar-se a alguns depósitos minerais. Um destes tipos de depósitos é o diamantífero. Na área de Dom Pedrito, vale repetir, ocorre concentração na segunda faixa de valores para diversas variáveis. Esta é uma área do Escudo na qual são observados anomalias e valores elevados para muitos dos elementos analisados, com ocorrência de rochas vulcânicas ácidas, básicas e granitoides, com predominância em área das primeiras. Alguns dos elementos que fazem parte desta associação ampla também ocorrem em rochas pegmatoides.” “...destacam-se, para esta área, os elementos P e Ba, os quais, juntamente com os lineamentos E-W, as diversas anomalias magnéticas, a posição geotectônica de borda da Bacia do Paraná e a ocorrência de *necks* de pequeno porte (<4km) com quartzo-monzonito a quartzo-monozodiorito com augita e augita subcálcica no centro, contornados por sienito a quartzosienito com aegirina-augita, levam a indicar a área como

favorável para prospecção de rochas alcalinas e associadas (carbonatitos e kimberlitos).” “Outros elementos com valores altos e depletados nos carbonatitos, como Co, Ni, Sc, Ti, V e Zr, por exemplo, podem refletir litologias como as rochas vulcânicas básicas e ácidas ocorrentes na área.”

A área denominada NE Bagé ocorre no leste da Folha Bagé, e sobre esta área o relatório do Projeto Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense afirma: “A região situada a nordeste da cidade de Bagé mostra valores elevados para Ba e V. A associação Ba-V é comum no ambiente sedimentar, em óxidos de manganês. O Vanádio também é elemento frequente em associações com rochas básicas, e também em associações comuns em carbonatitos, o mesmo ocorre com Bário. O Bário também é formador de ganga comum em depósitos de veios e de sulfetos maciços.” “Cabe destacar que o Ba também ocorre na barita em veios nas principais ocorrências de minerais base e preciosos do Escudo. As porções do norte e do sul com altos valores do parâmetro F desta área indicam uma continuidade na prospecção nestes alvos.”

A área Pedras Altas se situa no leste da Folha Passo São Diogo, sobre ela o relatório do Projeto Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense afirma: “A região de Pedras Altas apresenta concentrações mais destacáveis de Ce/Cu/Fe/Li/Mg/P/Sc/Ti/V/Zr. Enriquecimento de Fe/Ti/V/Mg/Cu são observados em depósitos destes bens minerais.” “Nesta área, os elementos enriquecidos Cu, Fe, Mg, P, Sc, Ti e V não refletem as litologias dominantes na cartografia disponível. As zonas transcorrentes, os corpos magnéticos e os valores elevados do parâmetro F disseminados na área recomendam o adensamento da amostragem de sedimentos de corrente.”

A área denominada Herval se situa fora, mas junto ao leste da Folha Curral de Pedras. Sobre ela discorre o relatório do Projeto Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense: “Nesta área podem ser observados valores elevados, na categoria dos maiores valores na área trabalhada, para os elementos Bi (poucos valores), Fe e K (também em poucas amostras), um único valor significativo de P, Rb em poucas amostras, Tb (que também ocorre a norte de Herval), Tl e U nas faixas logo abaixo da maior faixa de valores. Também se observa um valor elevado de V e alguns valores altos para Zr.”

A Folha Igrejinha, na área mapeada, ocupa cerca de 2.600 km<sup>2</sup>, sendo limitada em superfície pela fronteira com o Uruguai, Bagé foi a única das folhas que foi integralmente trabalhada, com 2.643 km<sup>2</sup>, Passo São Diogo com 2.629 km<sup>2</sup>, Aceguá com 1.538 km<sup>2</sup> e Curral de Pedras com 957 km<sup>2</sup>, estas últimas todas diminuídas no que se relaciona com o

corte padrão de folhas 1:100.000, pela fronteira com o Uruguai.

Foram coletadas e enviadas para análise 694 amostras de sedimentos de corrente, sendo 201 na folha Passo São Diogo, 179 em Bagé, 151 em Igrejinha, 81 em Aceguá e 82 em Curral de Pedras. As densidades de amostragem variaram, também

em função, dentre outros fatores, da presença de sedimentos mais recentes. A densidade global média foi de aproximadamente uma amostra a cada 15 quilômetros quadrados, variando de cerca de 1 amostra a cada 19 km<sup>2</sup> em Aceguá para 1 a cada 15 km<sup>2</sup> em Bagé, 1 a cada 13 km<sup>2</sup> em Passo São Diogo, 1 a cada 12 km<sup>2</sup> em Curral de Pedras e uma amostra a cada 17 km<sup>2</sup> em Igrejinha.

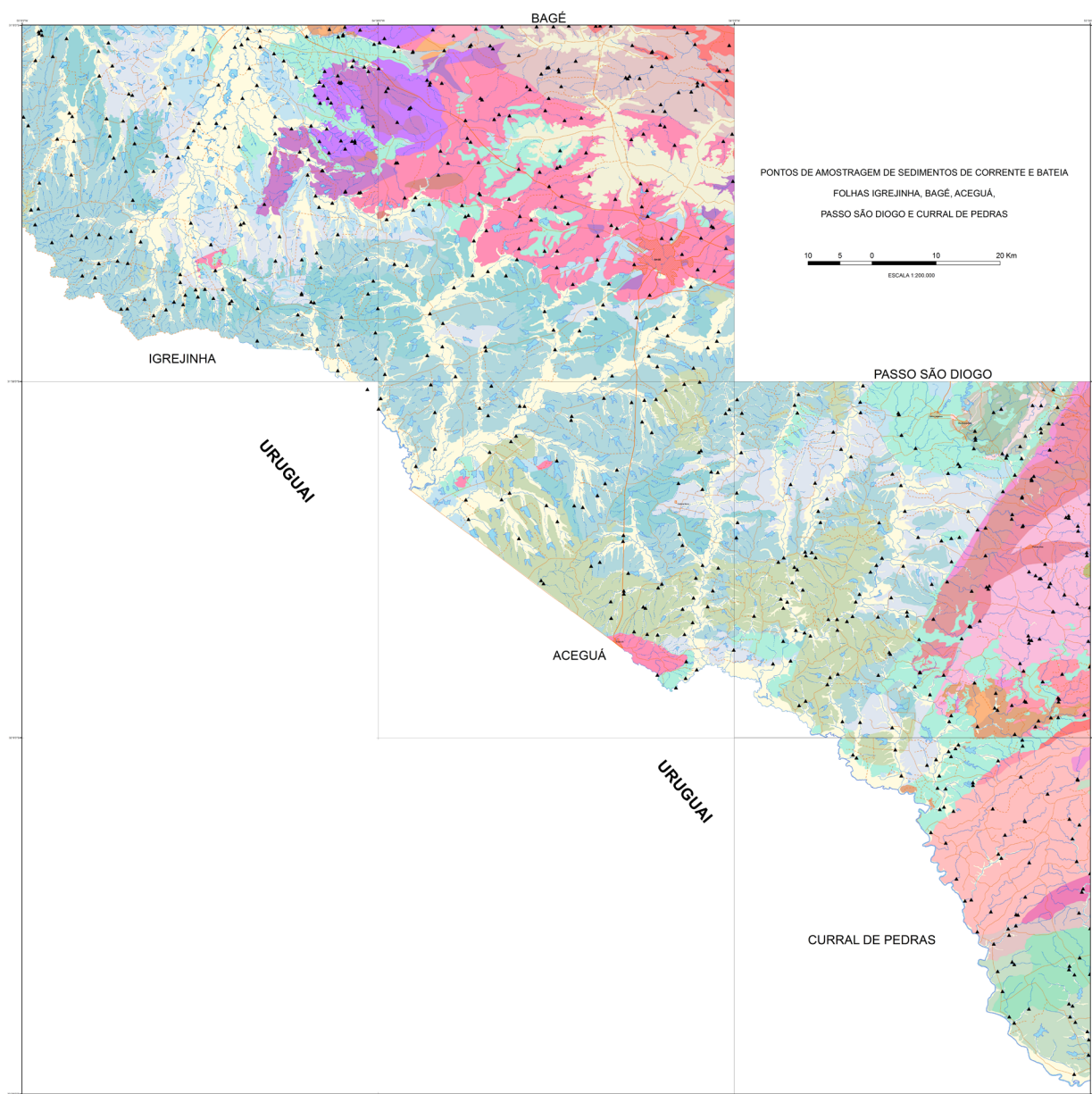


Figura 56 - Mapa com a distribuição da amostragem de sedimentos de corrente e bateia nas folhas dos projetos de mapeamento.

## 6.1.2. Metodologia

### 6.1.2.1. Metodologia de Campo

A fração granulométrica das amostras de sedimento de corrente foi estabelecida em <80# (0,175 mm) e a quantidade mínima de material coletado é de 3 Kg, a preparação das amostras foi executada no

laboratório da Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre. Uma fração contendo entre 30 a 50 g de material de cada amostra foi encaminhada ao laboratório para análise, e seu complemento armazenado. As amostras coletadas (fração <80#) foram analisadas nos laboratórios da ACMELabs em Vancouver, Canadá por ICP-MS no pacote "Group 1F-MS" para 53 elementos, com abertura através de água régia.

### 6.1.2.2. Metodologia Analítica e Tratamento Estatístico dos Dados

A metodologia de análise dos dados seguiu a mesma adotada no projeto Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense, iniciando-se com uma análise individual, por elemento químico analisado, definindo-se os limites de classes de valores pela metodologia EDA (*Exploratory Data Analysis*, descrita em Andriotti, 2010), aplicando-se os limites definidos nas box plots individuais para estabelecimento de classes de valores.

Definindo-se IQR como sendo o intervalo interquartil (diferença numérica entre o terceiro quartil e o primeiro quartil), e levando-se em consideração os demais parâmetros como sendo a mediana e os próprios quartis supra citados, e denominando o primeiro quartil como Q I e o terceiro quartil como Q III, as classes definidas foram:

- desde o mínimo valor presente até (Q I - 1,5 IQR), correspondendo aos valores mais baixos da distribuição
- deste valor até a mediana
- desde a mediana até Q III
- de Q III até (Q III + 1,5 IQR)
- deste valor até o maior valor presente nos dados, o valor (Q III + 1,5 IQR) pode ser tratado como o *threshold* dos dados disponíveis, por representar a classe de valores mais elevados no conjunto dos dados disponíveis. As classes são todas definidas apenas em função de valores da própria distribuição, não levando em conta nenhum parâmetro de distribuição estatística subjacente aos dados.

Com base nessas faixas de valores foram gerados mapas por elemento químico, assinalando cada classe de valores com simbologia apropriada definida na legenda, idêntica para todos os elementos tratados. É importante ressaltar que nem todas essas classes estão presentes em todas as variáveis estudadas, em função da distribuição dos valores de cada uma delas. Estes mapas e seus resultados são comentados neste relatório. Esta etapa está aqui designada como Estatística Univariada e trata cada elemento químico analisado individualmente, sem considerar suas interações com os demais.

Alguns elementos químicos analisados apresentaram uma grande quantidade de amostras com resultados referidos como menores que o seu limite inferior de detecção. Assim, comentários sobre sua distribuição representam, em vários casos, apenas o registro de sua ocorrência em valores superiores ao limite inferior de detecção. Merecem registro os casos de B e Ta, com 494 dos 695 resultados abaixo deste limite, ou seja, cerca de 71% dos dados nesta situação, W (485 dados, ou 70%, abaixo do valor inferior de detecção do método), Pd (490 valores, 70%),

Ge (474 valores, 68% do total), Re (431 dados, 62% do total), Pt (405 dados, 58% do total), In (394 dados, 57% do total), Te (361 dados, 52% do total), S (341 dados, 49% do total) e Se (318 dados, 46% do total), além de outros elementos com boa quantidade de valores abaixo do limite inferior de detecção do método mas ainda passíveis de tratamento estatístico sem problemas na mesma dimensão dos acima citados, são os casos de ouro, com 129 valores qualificados (denominação dada a este tipo de resultado), ou seja, cerca de 18% do total dos dados obtidos, Hg (105 dados, 15% do total), Sb com 92 resultados qualificados (13% do total) e Hf (86 resultados, num total de 12% sobre o total enviado para análise).

Uma outra etapa da análise é o estudo das correlações lineares presentes, em que se busca ressaltar aquelas relações que, por sua magnitude, merecem algum destaque, elas são divididas em faixas também (superiores a 0,70, superiores a 0,80 e superiores a 0,90 em magnitude, tanto positivas quanto negativas).

Uma etapa também trabalhada foi a da Estatística Multivariada, incluindo Análise de Agrupamentos e Análise de Componentes Principais, em que se busca identificar agrupamentos e associações de variáveis porventura existentes nos dados analisados.

Tendo em vista que as cinco folhas são contíguas, e que a geologia das mesmas é caracterizada pelas mesmas unidades litoestratigráficas e pelos mesmos padrões estruturais, foi feita uma análise integrada, que permite a verificação do conhecimento do comportamento geoquímico (paisagem geoquímica) na região como um todo.

### 6.1.3. Descrição do comportamento individual dos elementos químicos na Folha Curral de Pedras

O elemento arsênio (As) tem ocorrência importante no extremo sul da folha, em microrregião na qual ocorrem valores elevados para vários elementos analisados, também ocorrem três amostras com valores de As na faixa mais elevada.

Ouro ocorre de forma muito distribuída em toda a região, com pontos isolados e em pequenas concentrações (em quantidade de amostras) se estendendo até o noroeste da Folha Curral de Pedras.

O Bário ocorre em valores significativos no extremo sul da Folha Curral de Pedras, associado com diversos outros elementos.

Cromo apresenta concentração em área no extremo sul da folha, e a oeste de Herval. Esta área vale repetir, apresenta concentração na faixa superior de diversos elementos químicos, podendo ser considerada, em função disto, como um alvo gerado por este projeto para futuras avaliações de mais detalhe.

Hf ocorre no extremo sul de Curral de Pedras.

K ocorre em dois pontos no extremo sul de Curral de Pedras.

Mn aparece no extremo sul, naquelas áreas com maior repetição de concentração de valores elevados de diversos elementos ele também ocorre na sua faixa de valores mais elevada.

Ni e Ti ocorre no extremo sul, onde também está a única ocorrência importante de Rb, bem como o único ponto importante registrado para W. Re também ocorre nesta zona.

Nióbio aparece de modo importante em Curral de Pedras.

Tório ocorre por todo o leste da folha Curral de Pedras, em zona de grande extensão, que caracteriza uma grande área como anômala em termos de sua distribuição de valores para este elemento.

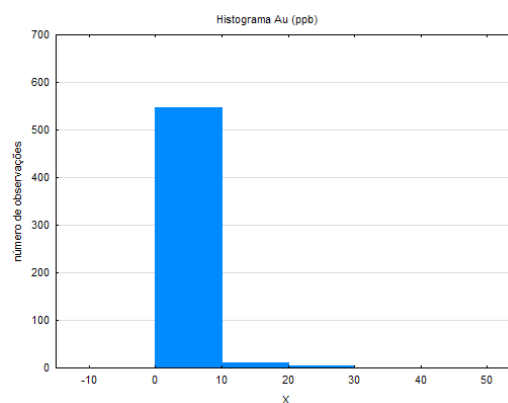
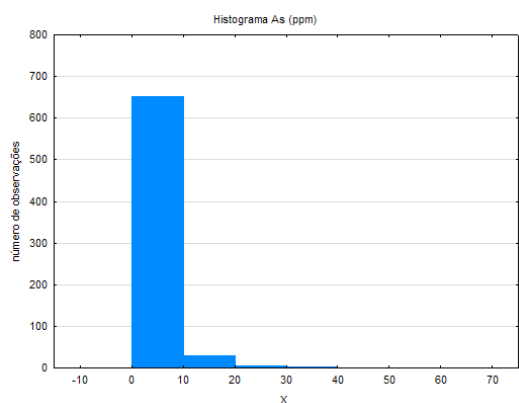
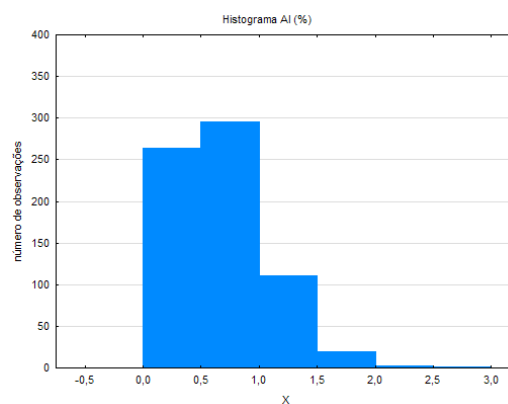
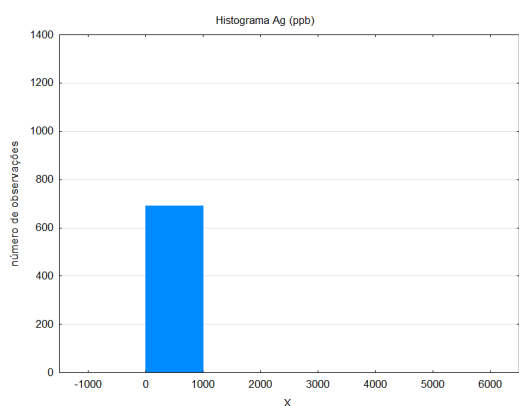
No presente relatório são apresentados os histogramas obtidos para algumas variáveis pelo tratamento estatístico dos dados disponíveis, englobando as cinco folhas trabalhadas. Em termos de zonas de

maior concentração conjunta de valores elevados para diversos elementos, quando do estudo univariado, cabe ressaltar a zona na qual ocorre uma concentração significativa de valores da classe mais elevada para diversas variáveis é a que se situa no sul da Folha Curral de Pedras, junto e em continuidade com a zona demarcada no Projeto Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense sob a denominação de Herval, nesta zona ocorrem rochas dos granitos Dionísio e Sofia e também diques de riolito e básicos.

De um modo geral, comparativamente com os resultados obtidos no Escudo Sul-Riograndense, os valores dos resultados analíticos de sedimentos de corrente destas áreas objeto do presente estudo foram bem mais elevados para Nb, Sn, e Th, e bem mais baixos para Ba, Ca e Sr no que no Escudo Sul-Riograndense como um todo.

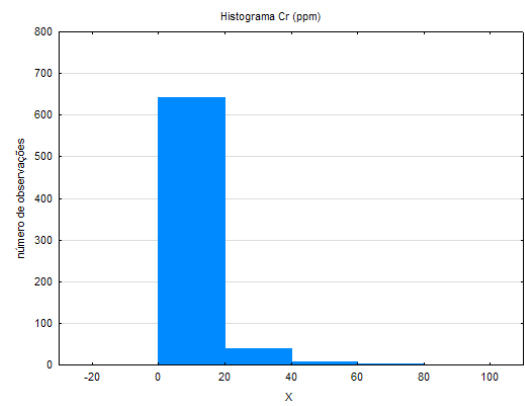
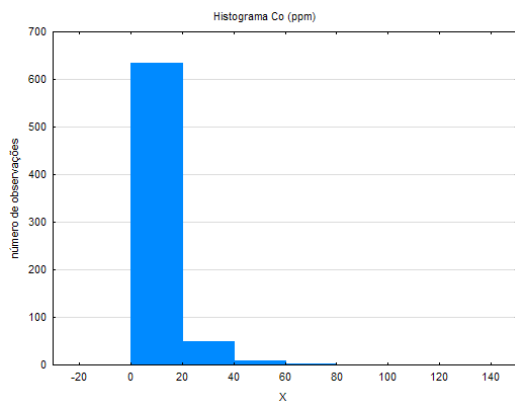
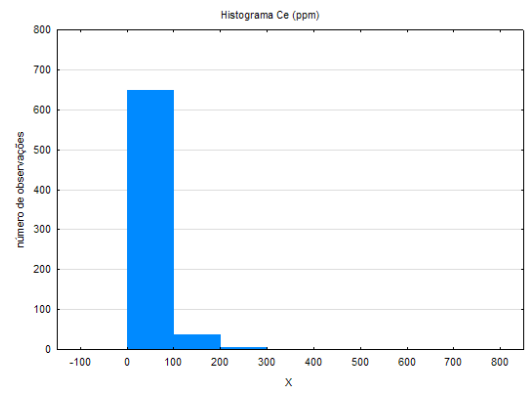
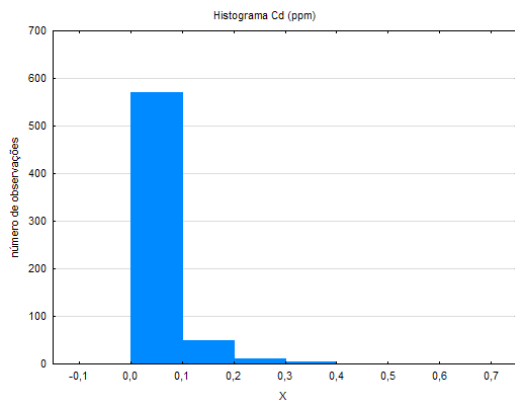
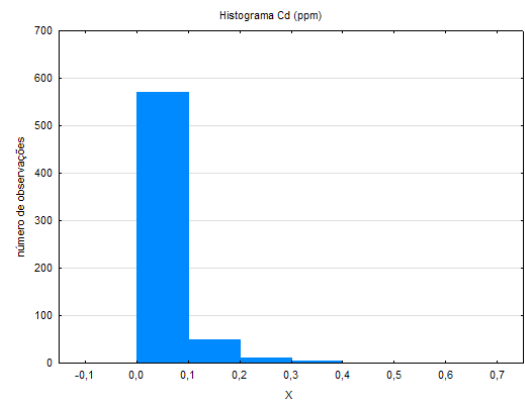
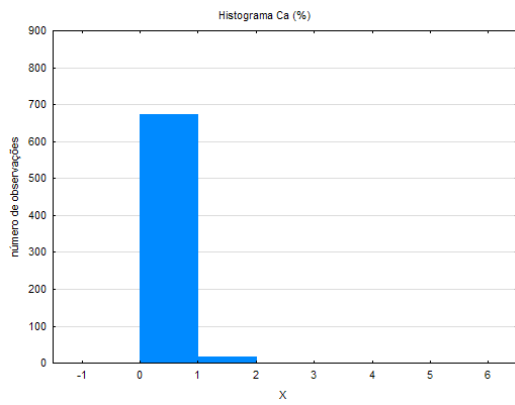
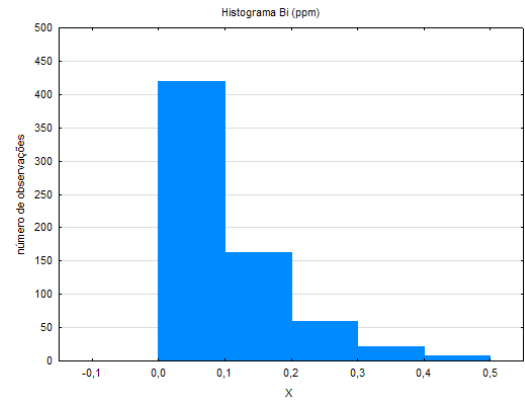
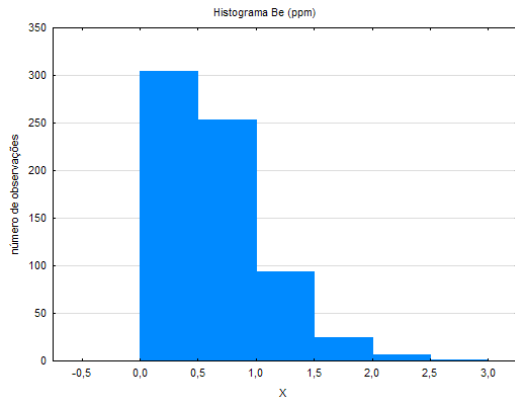
São apresentados, no presente relatório, histogramas dos principais elementos tratados estatisticamente e tabela (Tabela 1) com os parâmetros estatísticos principais destas variáveis.

### Histogramas dos principais elementos analisados

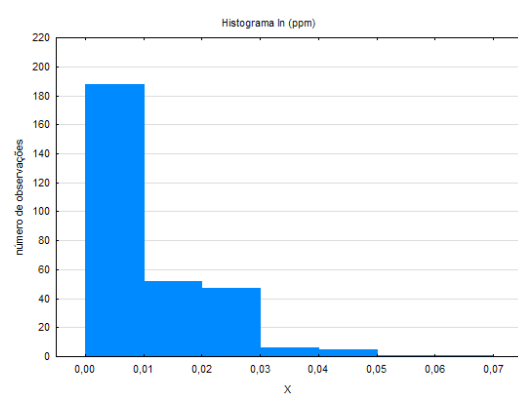
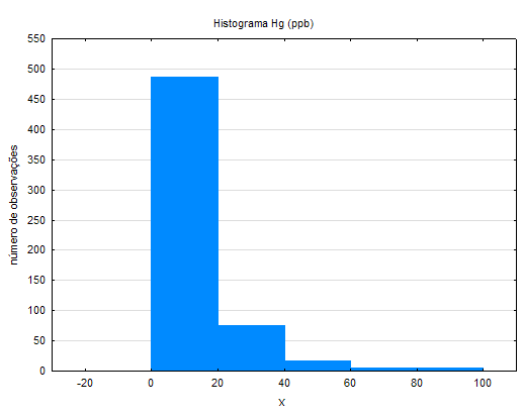
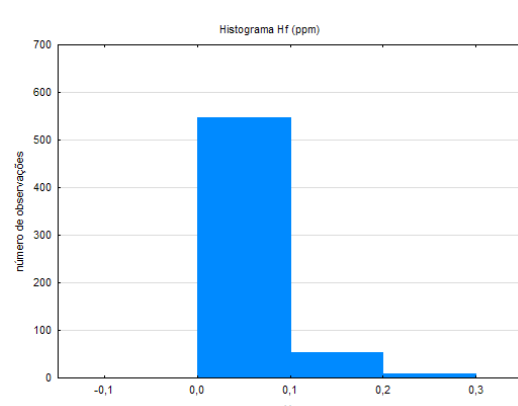
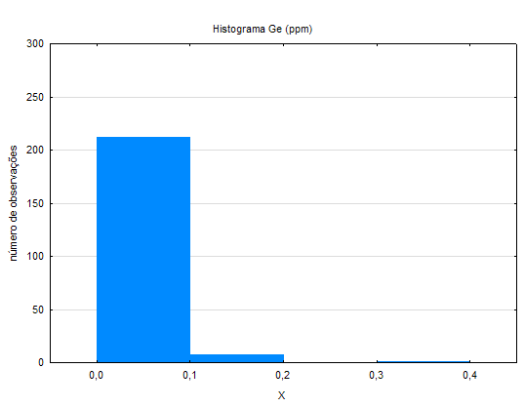
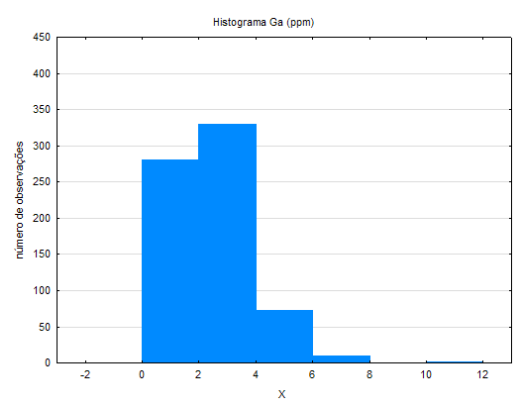
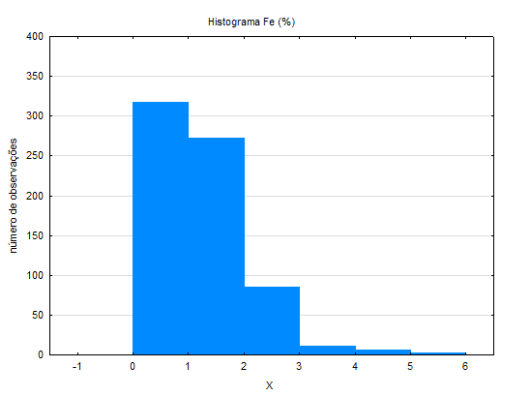
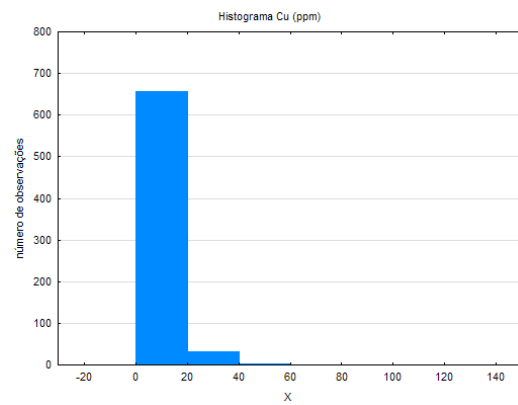
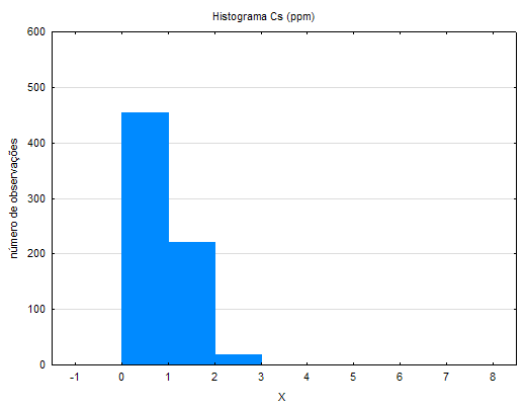


*continua*

Geologia e Recursos Minerais da Folha Curral de Pedras

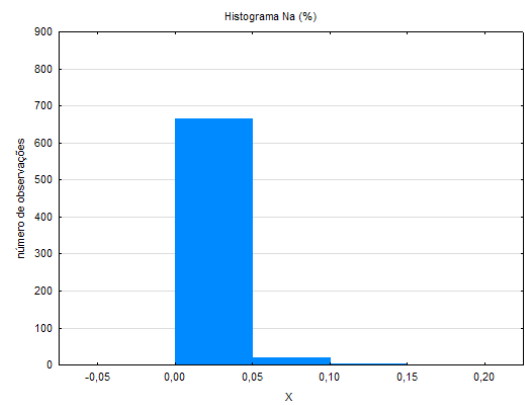
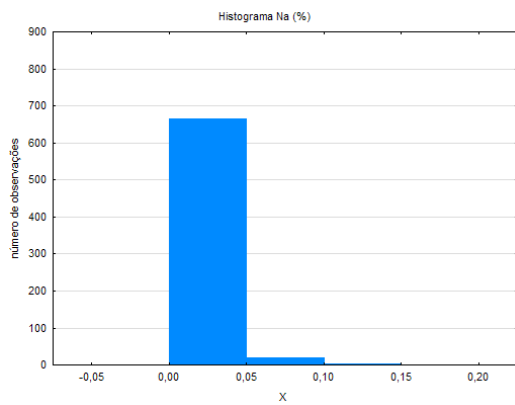
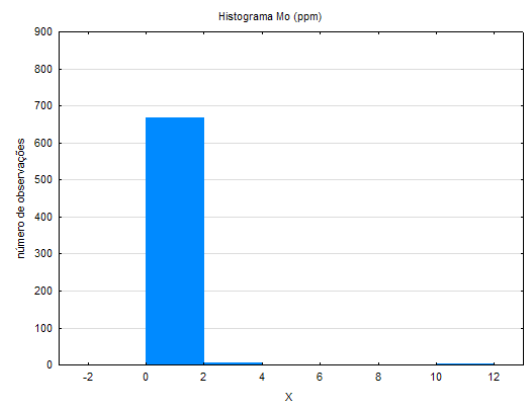
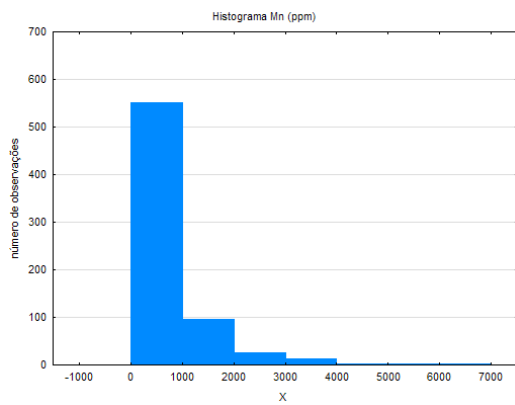
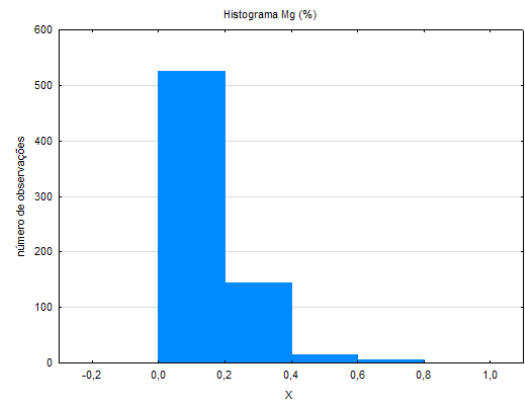
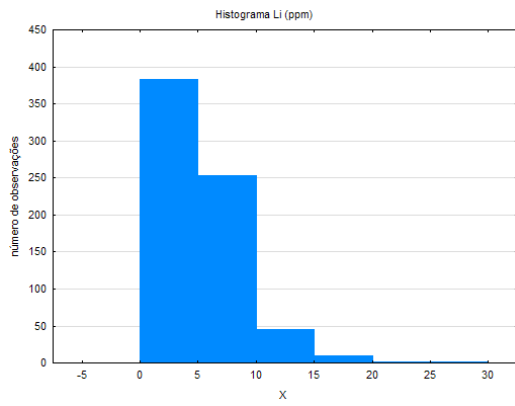
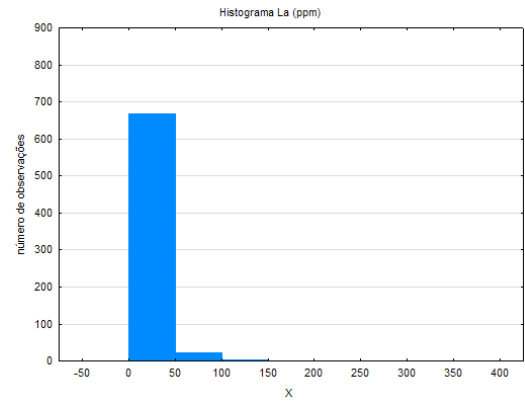
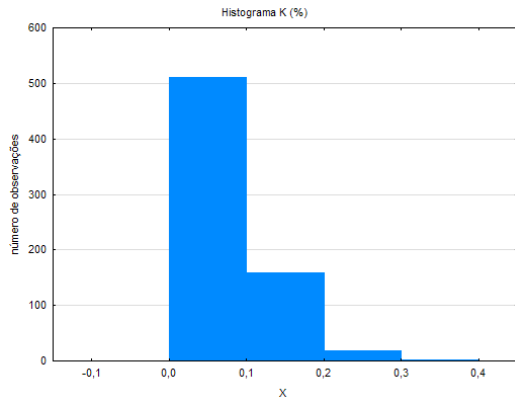


continua



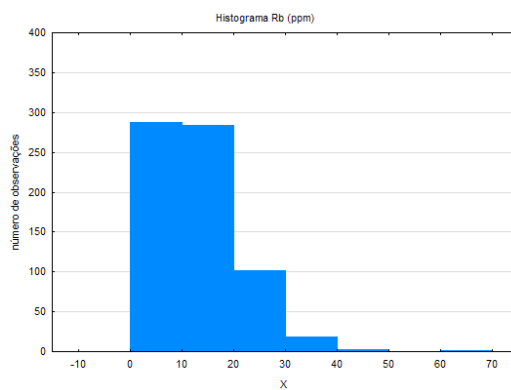
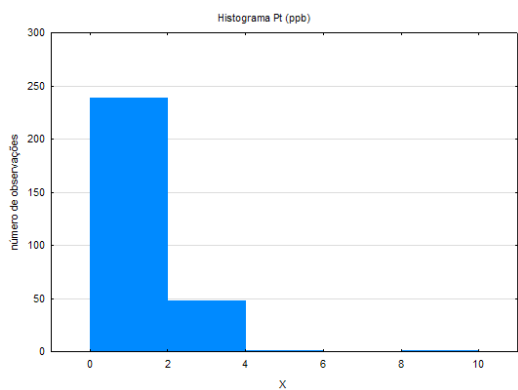
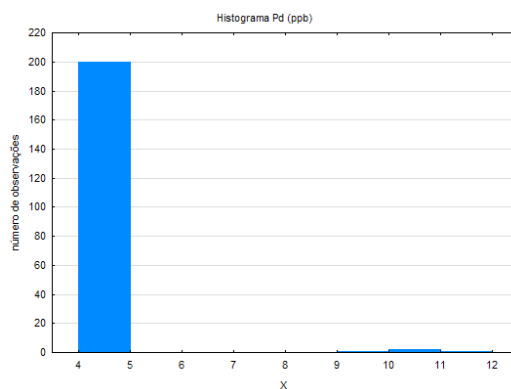
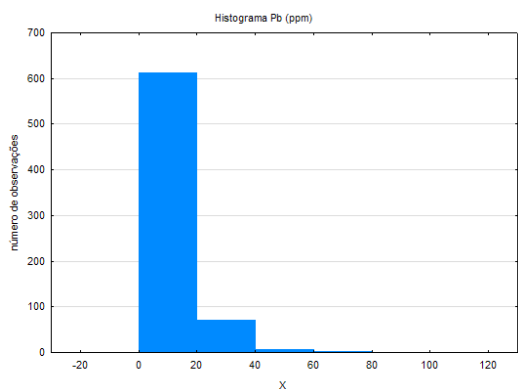
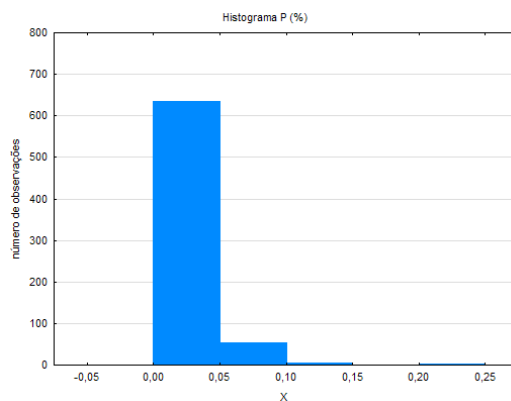
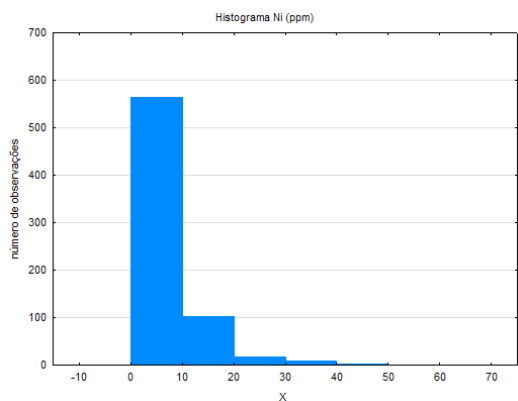
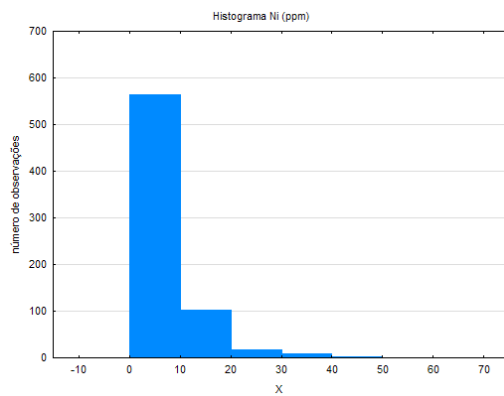
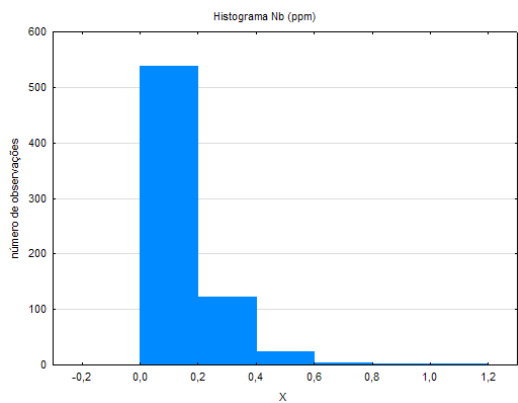
continua

Geologia e Recursos Minerais da Folha Curral de Pedras



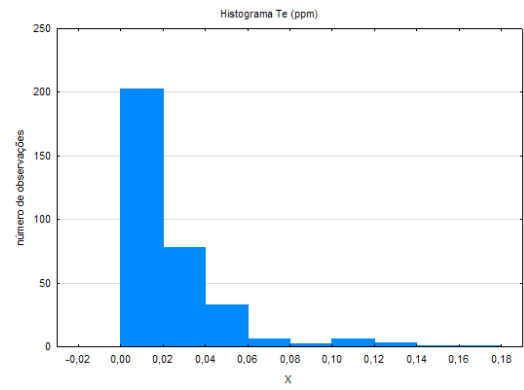
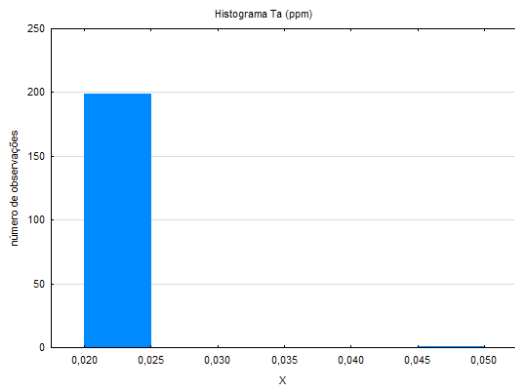
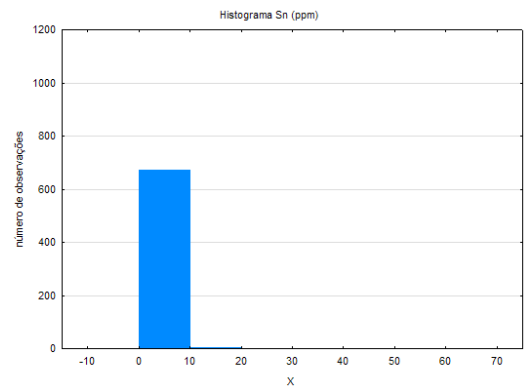
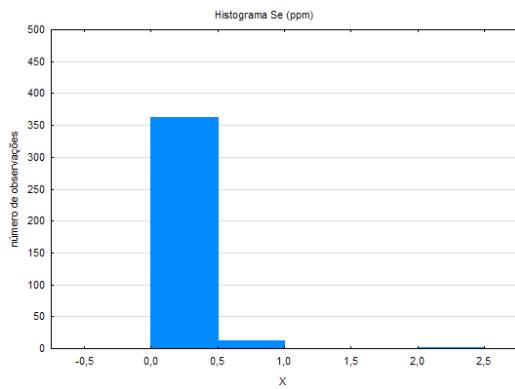
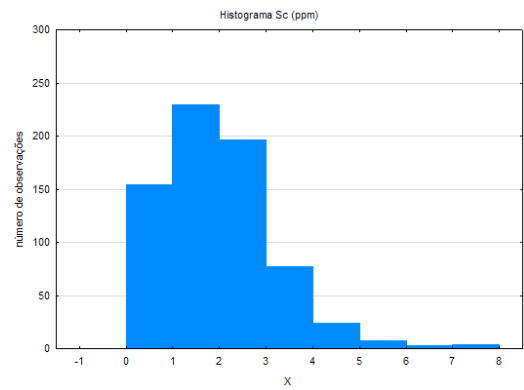
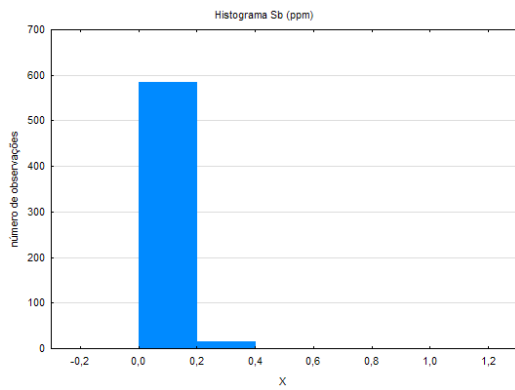
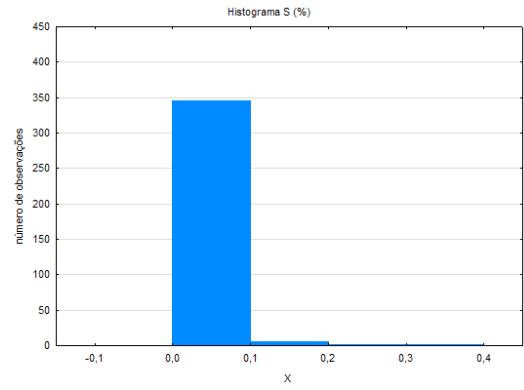
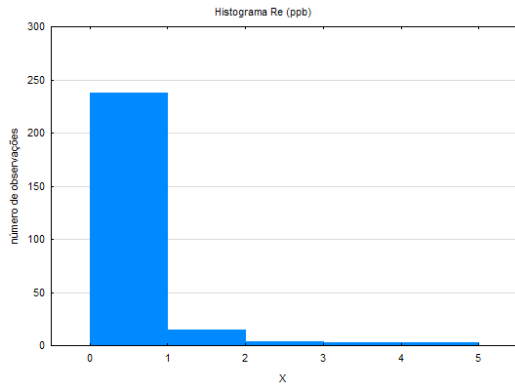
continua





continua

Geologia e Recursos Minerais da Folha Curral de Pedras



continua

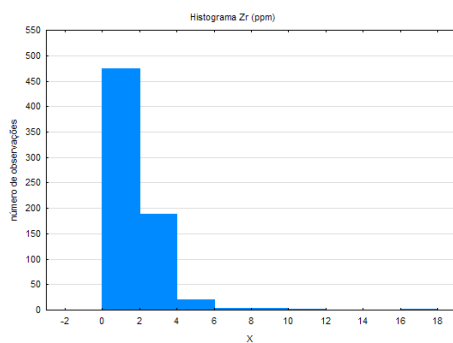
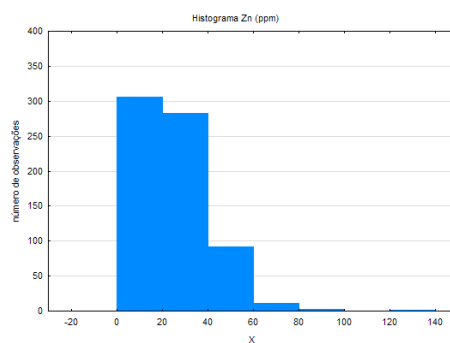
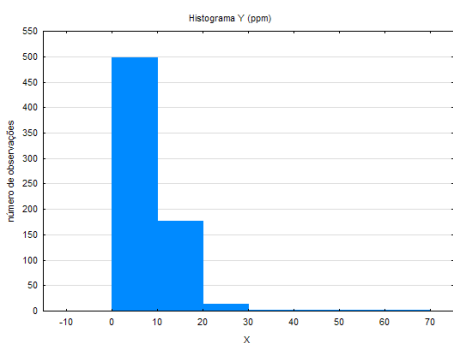
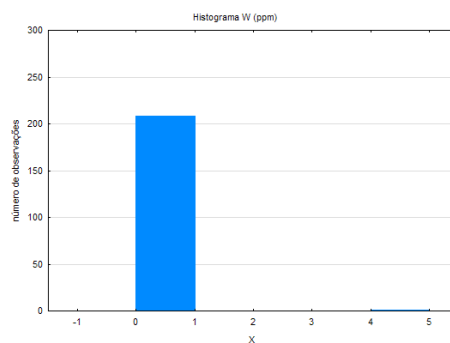
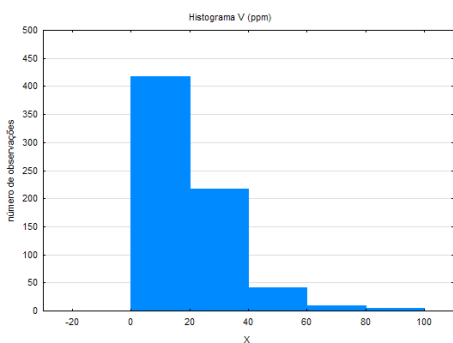
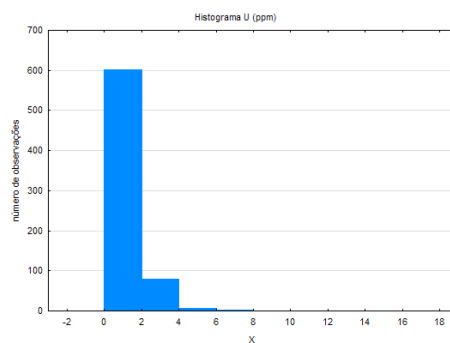
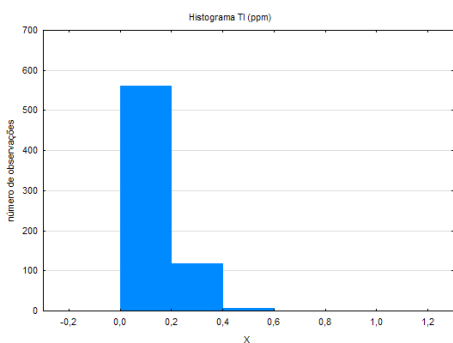
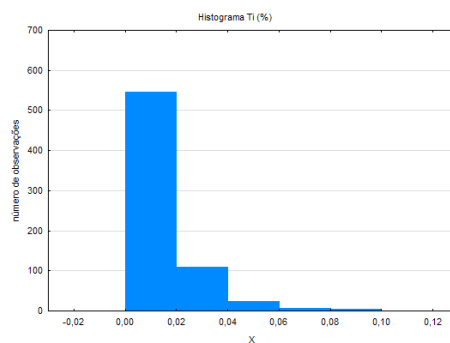
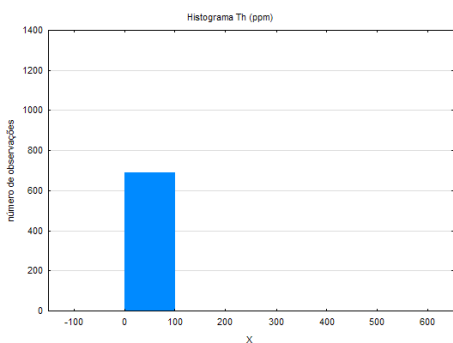


Tabela 1 - Tabela com os parâmetros principais das variáveis geoestatística

Variável	Nº	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	I Quartil	III Quartil	Range	IQR
Ag (ppb)	694	34,70	18,00	2,00	5777,00	12,00	28,00	5775,0	16,00
Al (%)	694	0,69	0,65	0,05	2,68	0,38	0,93	2,6	0,55
As (ppm)	691	3,77	2,50	0,20	66,20	1,40	4,40	66,0	3,00
Au (ppb)	565	1,71	0,70	0,10	42,70	0,30	1,40	42,6	1,10
B (ppm)	200	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,0	0,00
Ba (ppm)	694	208,67	134,75	6,20	2987,30	84,50	247,30	2981,1	162,80
Be (ppm)	683	0,69	0,60	0,05	2,60	0,30	0,90	2,6	0,60
Bi (ppm)	668	0,10	0,08	0,01	0,46	0,04	0,15	0,5	0,11
Ca (%)	693	0,28	0,20	0,01	5,16	0,10	0,35	5,2	0,25
Cd (ppm)	635	0,05	0,03	0,01	0,63	0,02	0,06	0,6	0,04
Ce (ppm)	694	52,31	44,20	3,20	725,90	26,20	64,70	722,7	38,50
Co (ppm)	694	9,52	7,25	0,30	126,60	4,00	11,40	126,3	7,40
Cr (ppm)	694	9,07	7,10	0,70	93,40	4,30	9,80	92,7	5,50
Cs (ppm)	694	0,88	0,83	0,12	7,40	0,50	1,15	7,3	0,65
Cu (ppm)	694	7,68	5,47	0,64	120,72	3,38	9,41	120,1	6,03
Fe (%)	694	1,24	1,07	0,08	5,61	0,68	1,65	5,5	0,97
Ga (ppm)	694	2,47	2,30	0,20	10,50	1,40	3,30	10,3	1,90
Ge (ppm)	220	0,06	0,05	0,05	0,40	0,05	0,05	0,4	0,00
Hf (ppm)	608	0,06	0,05	0,01	0,30	0,03	0,07	0,3	0,04
Hg (ppb)	589	14,22	11,00	2,50	100,00	6,00	17,00	97,5	11,00
In (ppm)	300	0,02	0,01	0,01	0,07	0,01	0,02	0,1	0,01
K (%)	690	0,08	0,07	0,01	0,36	0,04	0,11	0,4	0,07
La (ppm)	694	22,30	19,10	1,00	365,80	11,90	27,90	364,8	16,00
Li (ppm)	694	5,22	4,70	0,20	26,20	2,40	7,20	26,0	4,80
Mg (%)	692	0,15	0,12	0,01	0,95	0,06	0,20	0,9	0,14
Mn (ppm)	693	761,00	510,00	26,00	6404,00	282,00	874,00	6378,0	592,00
Mo (ppm)	677	0,35	0,23	0,01	11,47	0,12	0,41	11,5	0,29
Na (%)	688	0,01	0,01	0,00	0,18	0,01	0,02	0,2	0,01
Nb (ppm)	691	0,15	0,12	0,02	1,03	0,07	0,19	1,0	0,12
Ni (ppm)	694	6,72	4,80	0,50	65,00	2,80	8,30	64,5	5,50
P (%)	694	0,03	0,02	0,00	0,25	0,01	0,03	0,2	0,02
Pb (ppm)	694	11,34	9,21	1,19	114,04	5,43	14,54	112,9	9,11
Pd (ppb)	204	5,12	5,00	5,00	12,00	5,00	5,00	7,0	0,00
Pt (ppb)	289	1,61	1,00	1,00	10,00	1,00	2,00	9,0	1,00
Rb (ppm)	694	12,92	11,80	0,60	63,10	6,20	17,90	62,5	11,70
Re (ppb)	263	0,80	0,50	0,50	5,00	0,50	1,00	4,5	0,50
S (%)	353	0,02	0,01	0,01	0,36	0,01	0,03	0,4	0,02
Sb (ppm)	602	0,06	0,04	0,01	1,03	0,02	0,07	1,0	0,05
Sc (ppm)	694	2,04	1,90	0,20	7,50	1,20	2,70	7,3	1,50
Se (ppm)	376	0,20	0,20	0,05	2,10	0,10	0,20	2,1	0,10
Sn (ppm)	676	0,79	0,50	0,10	62,30	0,30	0,70	62,2	0,40
Sr (ppm)	694	41,59	26,00	0,70	2703,30	15,00	45,20	2702,6	30,20
Ta (ppm)	200	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,0	0,00
Te (ppm)	333	0,03	0,02	0,01	0,17	0,01	0,03	0,2	0,02
Th (ppm)	694	6,98	4,10	0,30	543,20	2,30	6,30	542,9	4,00
Ti (%)	693	0,01	0,01	0,00	0,11	0,00	0,02	0,1	0,01
Tl (ppm)	689	0,13	0,11	0,01	1,05	0,06	0,18	1,0	0,12
U (ppm)	693	1,23	1,00	0,05	16,30	0,52	1,60	16,3	1,08
V (ppm)	692	20,54	17,00	1,00	93,00	11,00	27,00	92,0	16,00
W (ppm)	209	0,07	0,05	0,05	4,50	0,05	0,05	4,5	0,00
Y (ppm)	694	8,03	6,96	0,58	62,53	4,11	10,40	62,0	6,29
Zn (ppm)	694	24,69	22,20	1,40	121,20	13,00	33,00	119,8	20,00
Zr (ppm)	694	1,81	1,50	0,20	16,40	0,90	2,30	16,2	1,40

## 6.1.4. Tratamento dos Dados e Resultados Obtidos

### 6.1.4.1. Correlações Lineares

A simples tabulação dos valores de correlação linear classifica estas associações por ordem de grandeza como segue:

Coefficientes de correlação maiores que 0,90: Ag/Sn, Al/Ga, Al/Sc e Hf/Zr

Coefficientes de correlação maiores que 0,80: Sc/Ga, Li/Ga, Co/Mn e Li/Mg

Coefficientes de correlação maiores que 0,70: ocorrem em muito maior quantidade, são Ga/Mg, As/Cd, Cs/Rb, Bi/Tl, Sc/Zn, Al/Mg, Fe/V, As/Pb, As/Co, Al/Li, Fe/Zn, Al/Zn, Cs/Li, Co/Ni, Rb/Tl, Fe/Sc, Cd/Pb, Co/Pb, As/Mn, Li/Zn, Be/Sc, Al/Rb, As/Sb, Be/Y e Be/Zn

Estes valores dos coeficientes de correlação linear são estatisticamente significativos porque resultam de uma grande quantidade de valores utilizados. Deve ser salientado, entretanto, que as correlações lineares foram determinadas incluindo-se as influências de todos os grupos litológicos que contribuíram até os pontos de coleta das amostras enviadas para análise, com mistura de rochas máficas e diques básicos com áreas de rochas graníticas e sedimentares. Nesta diversidade litológica, correlações como Co x Ni, apenas como exemplo, mostram significativa diversidade. Apenas estudos de correlações lineares em mais detalhe, separando contribuições das bacias de captação para cada amostra, poderiam representar com mais acuracidade as correlações internamente às unidades mapeadas.

### 6.1.4.2. Estatística Multivariada

Neste tipo de análise, por haver interação entre todas as variáveis, a retirada de variáveis com elevado índice de valores qualificados permite que se verifique com maior representatividade em área as interrelações presentes entre as variáveis tratadas. Onze destas variáveis foram retiradas pelo seu alto percentual de valores qualificados (B, Ta, W, Pd, Ge, Re, Pt, In, Te, S e Se), mais Au, Hg, Sb e Hf para aumentar significativamente a quantidade de amostras incluídas, com o fito de obter representatividade em grande parte da área de trabalho.

Mantendo-se Au e Hg, por exemplo, se obtém escores em 430 amostras, e com a retirada desses elementos do tratamento multivariado, o número de amostras incluídas sobe para 614, ou seja, cerca de 88% das amostras são representadas no tratamento, contra os cerca de 62% da situação anterior. Por não apresentarem diferenças significativas optou-se por privilegiar uma maior quantidade de amostras incluídas, com maior cobertura em área. Assim, os resulta-

dos de estatística multivariada são referidos em uma base com 38 variáveis, ressaltando-se novamente a não significância da exclusão das variáveis excluídas por serem os resultados obtidos com elas similares aos obtidos com sua exclusão.

### 6.1.4.3. Análise de Componentes Principais

Oito componentes principais foram retidas para estudo, executando-se Análise Fatorial com elas e introduzindo-se Rotação Varimax, o que aumentou a adesão das variáveis aos eixos de explicação percentual dos mesmos. Na retenção foi adotado o critério de escolher apenas as componentes principais que tivessem autovalores maiores ou iguais a um. Mesmo nestes retidos há componentes principais com pouco percentual de explicação sobre a variabilidade total dos dados. Se considerarmos que foram retidas 38 variáveis, cada variável representaria em torno de 2,6% da variabilidade total dos dados (dado médio teórico, uma vez que variáveis com maior variabilidade podem explicar um percentual maior). A primeira variável hipotética gerada (resultado dessa aplicação de Estatística Multivariada) apresentou um percentual de explicação sobre a variabilidade total em torno de 36,9%, a segunda explicou em torno de 11,2%, a terceira explicou cerca de 8,3%, a quarta, cerca de 7%, a quinta cerca de 5,9%, a sexta cerca de 4,1%, a sétima cerca de 3,4% e a oitava aproximados 2,7%. As duas primeiras novas variáveis geradas explicam, assim, em torno de 48,1% da variabilidade total dos dados trabalhados na Estatística Multivariada, o que permite se avaliar que a aplicação conseguiu um dos seus objetivos principais, que é a simplificação do problema com a diminuição de variáveis a serem tratadas.

Na composição simplificada a seguir explicitada se reteve as variáveis cuja correlação com a componente retida superasse o valor de 0,70. Os escores fatoriais das cinco primeiras componentes foram estudados estatisticamente sob a ótica univariada, para cada um deles foi feita a mesma divisão em classes de valores que para as variáveis individuais (os elementos químicos analisados). Os resultados estão comentados junto com cada uma das componentes interpretadas.

A primeira componente principal é composta pela associação Al/Fe/Mg/Ni/Cr/Ga/Sc/ V/Zn. Esta associação, que mostra a relação estreita entre Ni, Cr, V e Fe, dentre outros elementos, pode indicar que os óxidos e os hidróxidos de Fe podem exercer controle na distribuição de Ni e Cr e que Cr e V juntos pode ser representativo de controle de minerais ferromagnesianos e/ou minerais argilosos. Esta associação pode representar o efeito dos minerais ferromagnesianos das rochas originárias das amostras, e também, representar a importância das frações mais finas nas mesmas. A associação Cr/Ni/Mg é significativa em áreas de rochas ultramáficas. Vanádio também se associa com zinco em alguns depósitos sulfetados.

A associação representada pela primeira componente principal pode refletir variações controladas pela quantidade de óxidos de ferro e de minerais argilosos nos sedimentos de corrente, também pode refletir o *background* da área. Uma observação é a de que a associação Fe/Ni/Mg também é comum em muitos depósitos de sulfetos, podendo indicar sua adição por sistemas hidrotermais ao longo de zonas de falhas, por exemplo. Os valores mais elevados para esta associação se concentram em algumas zonas específicas, uma delas no norte de Bagé se estendendo até Igrejinha, em áreas drenadas de litologias variadas, como, suítes Santo Afonso e Cerro Preto (ambas em Bagé) e formações Serra Alta e Irati em Igrejinha. Outra zona com concentração de valores mais altos para esta associação ocorre no sul de Passo São Diogo e norte de Curral de Pedras, em áreas drenadas com diques riolíticos, Suítes Dom Feliciano e Herval, Formação Cerro Chato; uma outra concentração de pontos ocorre em Aceguá, em áreas drenadas das formações Rio do Rasto e Teresina.

A segunda componente principal retida para interpretação é composta por As/Ba/Cd/ Co/Mn/Pb. A associação de As com Pb é utilizada como indicadora da presença de chumbo em quantidades importantes em certos locais, As é elemento relativamente móvel em ambientes oxidantes e pouco móvel em ambientes redutores, e pode indicar a presença de sulfetos na bacia de captação das amostras. A associação Mn/Co indica atividade de coprecipitação de óxidos de Manganês. Ba e Co, dentre outros, podem representar a ocorrência de óxidos de manganês nas rochas originais, também é associação comum de alguns desses elementos em metassedimentos. Esta componente apresenta valores importantes em 3 zonas principais, a maior delas em superfície, situada no oeste de Bagé e quase todo o norte e centro de Igrejinha, na área do Complexo Granulítico Santa Maria Chico principalmente, a outra zona importante ocorre desde Candiota e dali para oeste, até a Folha Aceguá, sobre rochas sedimentares, e a terceira zona importante ocorre no norte de Curral de Pedras, em rochas sedimentares também, mesmas unidades da zona anteriormente descrita.

A terceira variável hipotética gerada é composta pela associação Th/U/Zr, é uma associação que pode representar a contribuição das rochas graníticas na composição da amostra coletada, devendo ser lembrado que estes elementos também são comuns em zonas de ocorrência de rochas carbonatíticas, inclusive nas zonas mineralizadas. Também têm ocorrência comum nas proximidades de rochas greisenizadas a Sn, e em pegmatitos. Esta associação é indicativa da presença de rochas radioativas. Esta componente é importante no norte de Bagé, no Complexo Granulítico Santa Maria Chico, outra zona ocorre desde o sul de Passo São Diogo até Curral de

Pedras, sobre rochas da Suíte Herval e do Granito Dionísio. As duas ocorrências principais em termos de valores e de extensão superficial ocorrem, portanto, sobre rochas félsicas. Esta zona se repete na quarta componente principal, descrita a seguir, que tem, também, afinidade, em sua composição, com rochas graníticas.

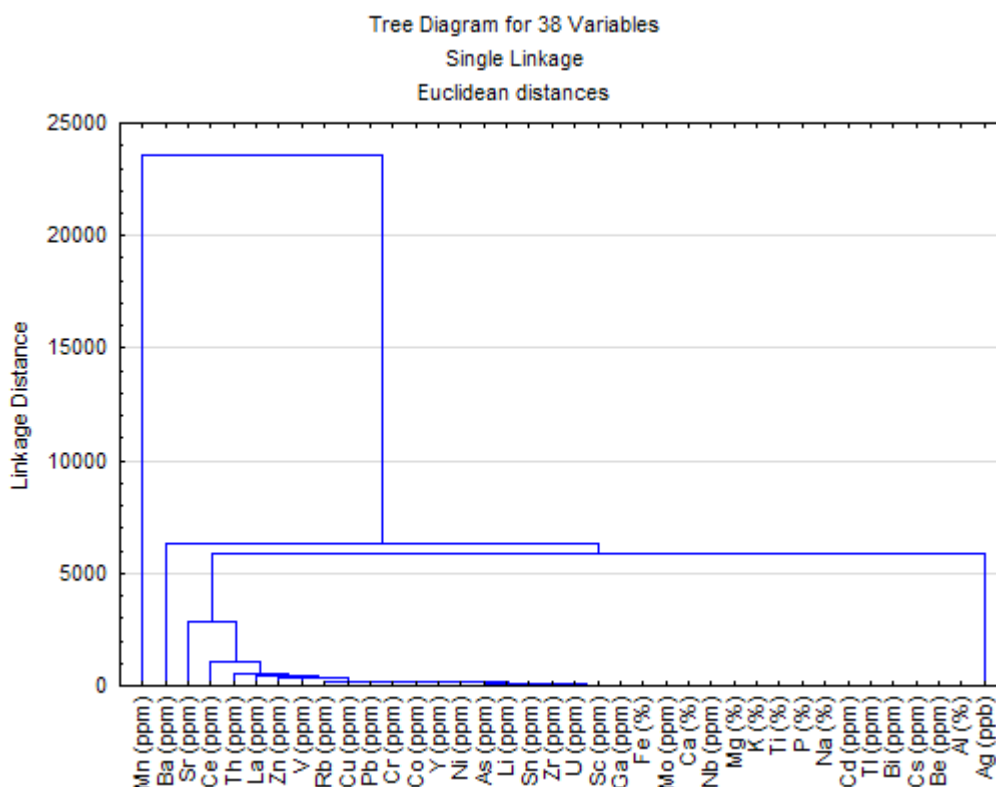
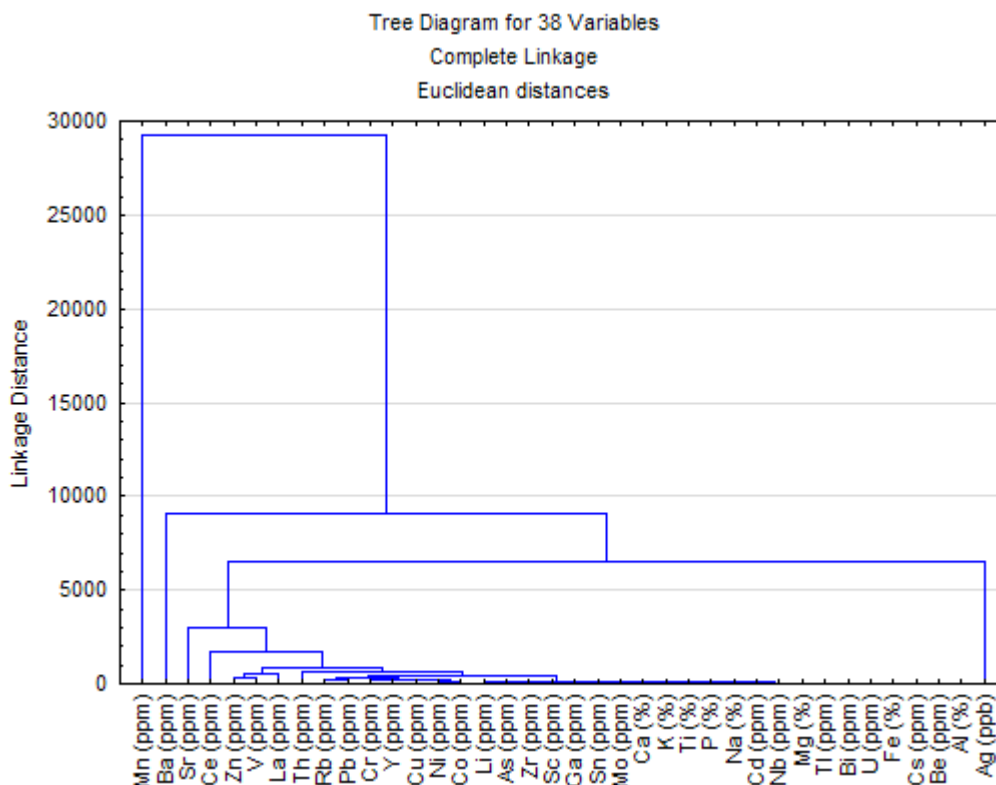
A quarta variável gerada é formada por Cs/Rb/K. Os elementos Rb e Cs têm ocorrência comum em áreas de rochas greisenizadas a Sn e também nas proximidades de escarnitos a Sn. Esta associação é comum em rochas félsicas. Esta componente ocorre, além da zona descrita na componente anterior, também com poucos pontos na Folha Igrejinha, sobre rochas sedimentares.

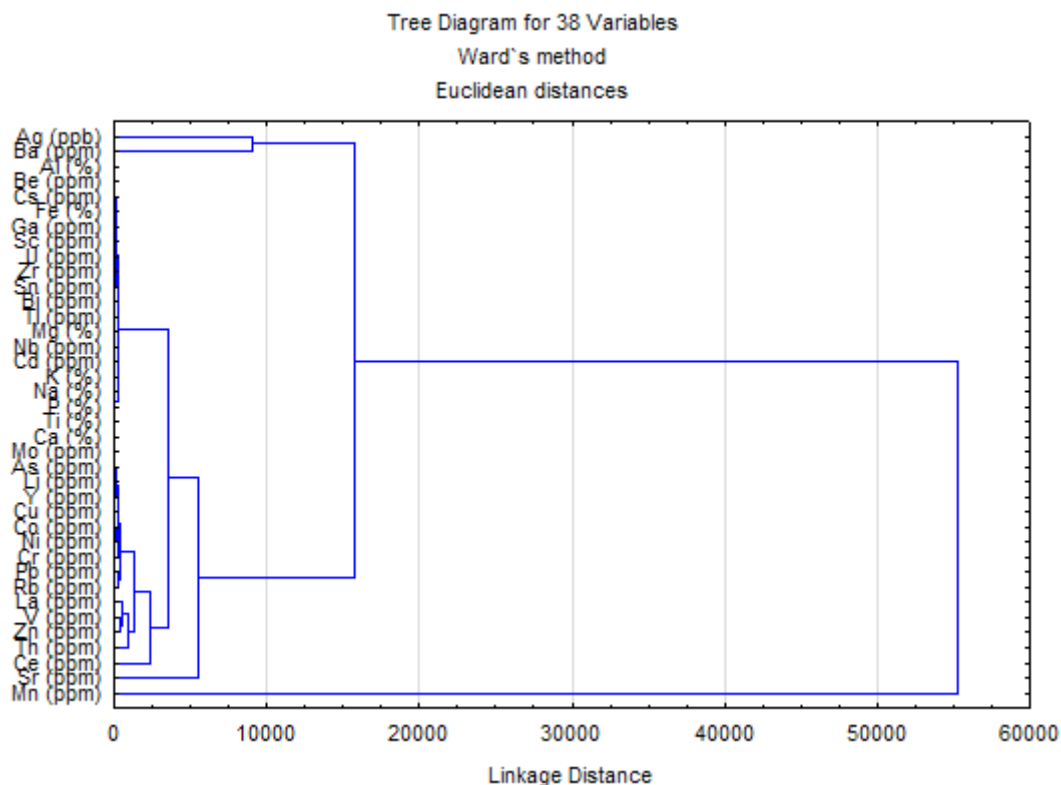
A quinta variável reflete o comportamento da associação dos elementos Ag e Sn. A presença de Sn em sedimentos de corrente tem a propriedade de representar bem a distinção entre granitos estaníferos e não estaníferos, e a presença de Ag em sedimentos de corrente em valores elevados pode ser indicativa da proximidade de depósitos sulfetados (a prata se associa, além do ouro, ao As e ao Sb em muitos depósitos minerais, também com Pb e Zn em depósitos sulfetados destes elementos). Esta quinta componente principal ocorre com grande extensão superficial e em valores mais elevados em toda a porção leste das folhas Passo São Diogo e Curral de Pedras, delimitando perfeitamente a Suíte Herval e o Granito Dionísio, nesta zona existem muitos valores altos para esta associação, esta componente funciona praticamente como um marcador destas unidades. A outra zona onde esta associação ocorre é no Complexo Granulítico Santa Maria Chico. Afora essas duas concentrações, ocorrem mais alguns poucos pontos isolados e dispersos, sem marcar fortemente a presença de qualquer litologia ou unidade, como ocorre no Passo São Diogo e Curral de Pedras.

A sexta variável gerada reflete apenas o comportamento do sódio, a sétima não mostra correlação forte com nenhuma das variáveis originais utilizadas na análise, e a oitava variável gerada reflete o comportamento da associação Ce/La.

#### 6.1.4.4. Análise de Agrupamentos

Foram testados agrupamentos pelos métodos *Complete Linkage*, *Single linkage* e *Ward*, conforme diagramas abaixo, observando-se, como marca mais importante, que Mn sempre se posiciona isoladamente, sem associações com as demais variáveis e Ba da mesma forma, embora em um dos métodos utilizados o Ba se associe com Ag. As demais variáveis não mostraram a formação de agrupamentos notáveis.





## 6.2. CONCENTRADOS DE BATEIA DA PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

### 6.2.1. Introdução

A pesquisa geoquímica dos concentrados de bateia tem como objetivo coletar os minerais resistentes e pesados das drenagens. Os trabalhos de amostragem para geoquímica de sedimento de corrente e bateia da CPRM – Serviço Geológico do Brasil envolvem o planejamento, coleta, preparação e processamento nos laboratórios Sureg-PA, análise mineralógica das amostras e o tratamento dos dados obtidos para a confecção do relatório final. Na Folha Curral de Pedras foram planejadas e coletadas 82 amostras numa área total de 957 Km<sup>2</sup> com uma densidade de 11,67 km/am, na folha.

### 6.2.2. Metodologia de Coleta de Amostras no Campo

O planejamento prévio da prospecção aluvionar dos concentrados de bateia é definida em cartas plani-altimétricas na escala 1: 50.000 do DSG/IBGE. A drenagem traçada favorece a escolha dos locais de coleta das amostras. No mapa, os pontos são plotados numa densidade de amostragem de uma amostra para cada bacia hidrográfica com área aproximada de 10 km<sup>2</sup> procurando distribuir a amostragem de

forma homogênea por toda folha mapeada. Definido os pontos de amostragem é feita uma lista das coordenadas para facilitar o acesso da equipe no campo.

Os prospectores seguem para o campo e se dirigem aos alvos previamente definidos, munidos de GPS, carta topográfica 1: 50.000, bateia, peneira de malha 4 mm, balde 10 de litros, pá e sacos para embalar as amostras. As coletas são executadas nos aluviões, dentro do leito ativo da drenagem, em locais onde os minerais pesados preferencialmente se acumulam, chamados de armadilhas (*trap*). Isto ocorre normalmente em zonas internas de curvas de rios ou na confluência destes, também os minerais pesados se acumulam em depressões, marmitas, poços e remansos imediatamente após corredeiras ou cachoeiras, além de locais nas imediações de obstáculos como veios, diques e matacões no leito da drenagem.

Os concentrados de bateia são obtidos a partir de um volume inicial de 20 litros, da fração grossa do sedimento aluvionar ativo, horizonte mais favorável ao acúmulo dos minerais pesados. Após o peneiramento com descarte do material de granulometria mais grossa do que 4 mm, o passante, menor que 4 mm é bateado para remoção dos minerais leves, normalmente quartzo, feldspatos e micas. O volume e o peso final de cada concentrado depende da geologia local da área amostrada. Os dados de campo com coordenadas e altitude são registrados em caderneta padrão da empresa.



### 6.2.3. Preparação das Amostras no Laboratório

Os concentrados de bateia são processados e analisados no Laboratório de Sedimentologia da SUREG-PA. Inicialmente as amostras são organizadas e conferidas com a lista de encaminhamento de campo para identificar possíveis danos e/ou perdas após a coleta ou no transporte. Inicia-se o estudo mineral de cada amostra em uma microbateia de laboratório onde todo o concentrado é aprimorado, com remoção de minerais leves comuns ainda presentes. A finalidade dessa etapa é verificar e quantificar a presença de metais como ouro, cobre, prata, platina, chumbo e de minerais com alta densidade, porém raros como o cinábrio, por exemplo. O resultado é uma análise semi-quantitativa da amostra, informando o número e o tamanho de grãos encontrados, segundo padrão da empresa. No caso do ouro, os grãos são denominados de pintas e avaliados como pintas pequenas as < 0,5 mm, médias 0,5 – 1 mm e grandes >1 mm. Após esse procedimento, os concentrados são secos em estufa e posteriormente pesados integralmente.

Os concentrados seguem então para separação dos grãos com densidade maior que 2,89, em bromofórmio (líquido viscoso com densidade 2.89), no qual os minerais leves flutuam e os pesados afundam, sendo a alíquota dos pesados a que mais interessa para definir o panorama mineral da região em estudo. Novamente é feita uma pesagem agora dos minerais pesados separados.

É importante nessa fase, submeter o concentrado à luz ultravioleta, utilizando o *mineral light*, visando determinação de minerais que emanam luminescência como propriedade física. Um mineral de interesse econômico facilmente identificado por este método é a scheelita.

A seguir os concentrados sofrem um fracionamento magnético com o auxílio de imã de mão, separando os minerais naturalmente magnéticos como magnetita e pirrotita. O restante do concentrado, menos magnético é processado no Separador Isodinâmico Frantz. Por convenção se obtém alíquotas das amostras nas frações 0,3 A, 0,5 A e 0,75 A, considerando-se a porção não atraída, como fração não magnética.

### 6.2.4. Análise dos Concentrados de Bateia

O concentrado pronto para ser analisado ficou dividido em várias frações devido os procedimentos acima descritos. A análise semi-quantitativa é executada em lupa binocular com identificação das seguintes propriedades físicas: clivagem, fratura, forma, dureza, tenacidade, densidade, diafanidade, brilho, cor, inclusões, magnetismo, traço e hábito. Para os minerais transparentes às vezes é necessário

o auxílio de microscópio petrográfico para verificar propriedades ópticas como isotropia, anisotropia, pleocroísmo ou ângulo de extinção. Alguns minerais ainda exigem o uso de ensaios microquímicos específicos, como para carbonatos, apatita, cassiterita. Os minerais não identificados por métodos tradicionais ou que sejam de relevante importância podem ser, em casos especiais, submetidos ao EDS (*Energy Dispersive Spectrometer*) no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

Uma vez identificados os minerais, suas percentagens são avaliadas de forma semi-quantitativa com o uso do diagrama de teores de percentagem. Os valores de percentagem obtidos dos minerais pesados são convertidos em códigos de teores segundo tabela (Tabela 2) abaixo:

Os resultados obtidos são anotados em planilhas para posterior tratamento, geração dos laudos e relatórios finais

Tabela 2 - Tabela semi-quantitativa

TABELA SEMI-QUANTITATIVA	
CÓDIGO DE TEOR	SIGNIFICADO
85	75 - 100 %
60	50 - 75 %
40	25 - 50 %
15	5 - 25 %
03	1 - 5 %
01	< 1 %

### 6.2.5. Interpretação da Mineralogia dos Concentrados de Bateia

A sistemática de interpretação dos minerais pesados dos concentrados de bateia considera todas as amostras com minerais de valor econômico e ou geológico, mesmo no caso deles ocorrerem apenas com um único grão, como no caso do ouro ou da scheelita, por exemplo. Para os minerais muito frequentes, comuns e abundantes nos concentrados de bateia, são consideradas as amostras com maior teor em percentagem e peso, como a ilmenita e magnetita por exemplo.

#### Ouro – Au

O ouro, elemento nativo, metálico, apesar da dureza baixa é muito estável quimicamente, propriedade que o preserva nos sedimentos de drenagens e nos concentrados de bateia. O ouro é acurado quantitativamente pelo número de pintas e suas dimensões. São consideradas três faixas granulométricas: <

0,5 mm (pequena), entre 0,5 e 1 mm (média) e acima de 1 mm (grande). Na Folha Curral de Pedras ocorre em oito amostras das quais seis na Suíte Herval. Três amostras, EM-B-230, EE-B-408 e EM-B-232, com 5, 3 e 2 pintas respectivamente, localizam-se nas proximidades de uma estrutura de falha ou zona de cisalhamento transcorrente sinistral. Outras três amostras nesta unidade litológica, EE-B-376, EM-B-221e EM-B-231, com uma pinta cada, também estão associadas a lineamentos ou Falhas interpretadas pela geofísica. As outras duas amostras, EE-B-416 e EM-B-235, com uma pinta cada, estão no Granito Sofia e na Formação Jaguarão, respectivamente, também associadas a lineamentos ou falhas interpretadas pela geofísica.

#### **Pirita – FeS<sub>2</sub>**

A pirita é o mais comum, abundante e distribuído dos sulfetos, ocorre em quase todos os tipos de rochas. A presença da pirita é importante pois pode ocorrer associada a outros sulfetos menos comuns e de maior interesse. Como a maioria dos sulfetos se intemperizam facilmente, não se conservam por muito tempo em ambientes superficiais oxidantes, então a sua presença é indicativo da área fonte estar nas proximidades. Sua ocorrência na Folha Curral de Pedras se dá em dois locais na faixa de valores < 1 %, na amostra EM-B-231, na suíte Herval associado a lineamento ou Falhas interpretada pela geofísica. A outra amostra, EM-B-250, foi coletada a sul, no Arroio do Meio no Complexo Arroio Telho.

#### **Pirita limonitizada - FeO(OH) H<sub>2</sub>O**

A pirita limonitizada é uma pirita alterada para óxido e hidróxido de ferro, perdendo o enxofre da sua composição original em consequência do intemperismo, mas mantendo a forma. Está presente em onze amostras com valores < 1%, Das quais, 9 amostras estão distribuídas na Suíte Herval. As demais estão em drenagens cujas nascentes estão em rochas da Suíte Herval.

#### **Magnetita - FeO<sub>4</sub>**

A magnetita é um mineral de ferro muito comum e estável nos ambientes superficiais oxidantes e é amplamente distribuída nos concentrados de bateia. É um mineral acessório em quase todos os tipos de rochas, ígneas plutônicas e vulcânicas, em especial nas rochas básicas, ultrabásicas e alcalinas e metamórficas ou em ambientes hidrotermais. As concentrações mais elevadas de magnetita nesta folha ocorrem na região central em rochas da Suíte Herval. Das trinta e uma amostras, oito estão na faixa de valores entre 25 e 50% e treze amostras estão na faixa de 5 a 25%. As demais amostras, com valores inferiores a 5%, estão distribuídas pela folha.

#### **Hematita – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

A hematita é um mineral amplamente distribuído em rochas com idades variadas, ocorre também em ambientes hidrotermais e rochas metamórficas. As concentrações mais elevadas nesta folha ocorrem na região central, nas rochas da Suíte Herval. Das 31

amostras, 1 está na faixa de valores entre 25 e 50% e 17 amostras estão na faixa de 5 a 25%. As demais amostras, com valores inferiores a 5%, estão distribuídas pela folha.

#### **Ilmenita - FeTiO<sub>3</sub>**

Mineral bastante comum ocorre como acessório em rochas magmáticas como gabros, anortositos, pegmatitos e metamórficas, (gnaisses e anfibolitos). Está entre os mais comuns dos minerais pesados em níveis sedimentares de *placers* nos aluviões e nos concentrados de bateia, por ser física e quimicamente muito estável. Aparece bem anômala na área da Folha Curral de Pedras, com duas das amostras, EM-B-247 e EM-B-246, com teores na faixa de 75 a 100% e uma amostra com teores na faixa entre 50 a 75%, localizadas no sul da folha, na Sanga Barreiro nos limites entre a Formação Jaguarão e o Complexo Arroio Telho. Em outra área um pouco a leste, nas mesmas unidades geológicas no Arroio do Meio, as amostras EE-B-422, EM-B-254, EM-B-253 têm teores na faixa entre 50 a 75%. Uma terceira região se destaca, agora no Arroio Jaguarão Chico, no norte da folha, com seis amostras, EM-B-224, EM-B-223, EM-B-210, EM-B-211, EM-B-217 e EM-B-218 com teores entre 50 e 75% na Formação Rio Bonito. Amostras com teores inferiores estão distribuídos por todas unidades geológicas da folha (Figura 57).

#### **Limonita - FeO(OH)H<sub>2</sub>O**

É uma mistura de óxidos e hidróxidos de ferro, formando agregados amorfos de cor vermelha a amarelada. É um mineral secundário (supergênico) originado da alteração de minerais que contém ferro nas rochas. As lateritas formadas por esse material podem indicar zonas oxidadas (gossans) de depósitos sulfetados, entre outros. Nesta folha, três amostras situadas no limite sul da Suíte Herval apresentam teores acima de 25% deste mineral.

#### **Columbita Tantalita (FeMn)(NbTa)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>**

Ocorre exclusivamente em rochas graníticas, em diques de pegmatito e greisens, associada a turmalina, cassiterita, zircão, fluorita, wolframita e monazita, é um mineral incomum em concentrados de bateia. Foi identificado em três amostras, EM-B-231, EE-B-368 e EM-B-254, todas com teores inferiores 1%. As duas primeiras na Suíte Herval, a outra no Complexo Arroio Telho, todas próximas de zonas de falhas.

#### **Cromita – CrO<sub>4</sub>**

Ocorre em rochas magmáticas básicas e ultrabásicas como dunitos e peridotitos ou em serpentinitos deles derivados, associada com olivina e piroxênio. A cromita pode ser usada na prospecção de rochas com afinidade kimberlítica. Por ser um mineral bastante estável nos ambientes naturais ele pode estar dezenas de quilômetros da área fonte, é um mineral pouco frequente nos aluviões.

Uma única amostra, EM-B-252, situada no sul da folha, no Complexo Arroio Telho, apresenta teor inferior a 1% (Figura 58 e Figura 59).

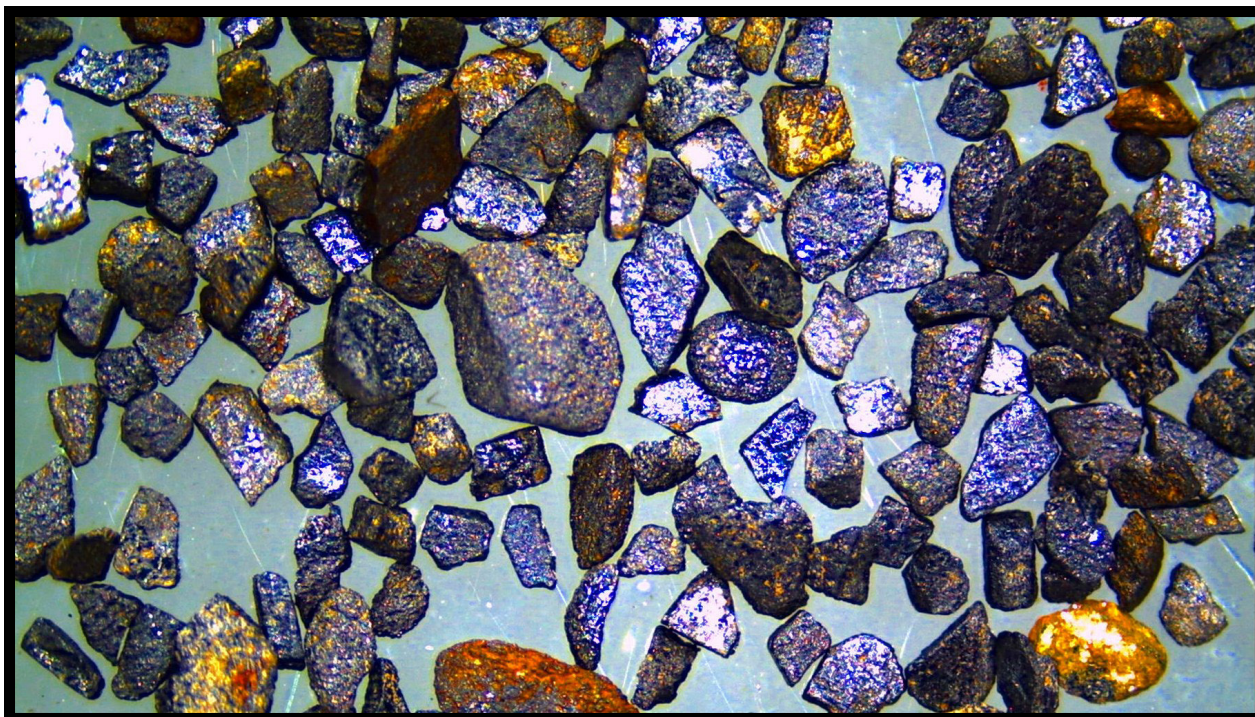


Figura 57 - Ilmenita no microscópio Leica, 20x

**Espinélio –  $MgAl_2O_4$**

O espinélio é um mineral que ocorre em rochas metamórficas de alta temperatura como

gnaisse, mármores ou associado a rochas básicas e ultrabásicas. No Complexo Arroio Telho este mineral foi identificado com teores inferiores a 1% em quatro amostras (Figura 60).

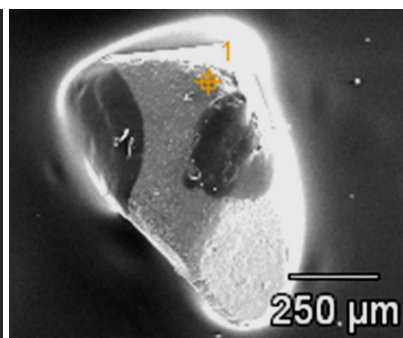
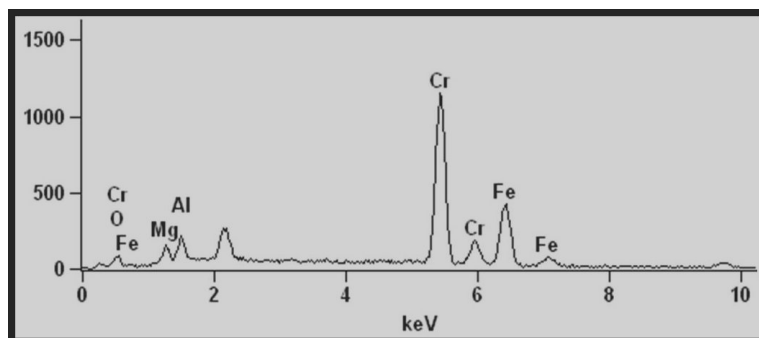


Figura 58 - Amostra EM-B-252 analisada no MEV por EDS na cromita.



Figura 59 - Amostra de Cromita no microscópio Leica, 20x

**Scheelita -  $\text{CaWO}_4$**

A scheelita está associada com rochas calciossilicatadas em geral nas zonas de metamorfismo de contato de rochas graníticas e carbonáticas, em greisens, pegmatitos e em veios hidrotermais de alta temperatura. Associada com a cassiterita, topázio, wolframita, fluorita quartzo e molibdenita. Foi identificada apenas uma amostra, EM-B-252, com teores inferiores a 1%, no Complexo Arroio Telho.

**Monazita –  $(\text{CeLaNdYTh})\text{PO}_4$**

Mineral relativamente frequente nos concentrados de bateia ocorre como mineral acessório em rochas ígneas e metamórficas. Associado com apatita e xenotímio este mineral vem ganhando destaques pelo interesse nos elementos terras raras neles contidos. Cinco amostras apresentam valores entre 5 e 25%, EE-B-372, EE-B-374, EE-B-383, EM-B-221e EM-B-231, em outras 9 amostras, o mineral ocorre com teores entre 1 e 5%, todos situados na Suíte Herval. Amostras com teores menores estão distribuídas por todas unidades geológicas da folha (Figura 61).

**Apatita -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3(\text{F OH Cl})$**

É um mineral amplamente disseminado como acessório na maioria das rochas e presente em quase toda a área da folha, sem muitas limitações aos tipos

litológicos. Foi identificado em 62 amostras com teores sempre inferiores a 1%.

**Barita -  $\text{BaSO}_4$**

Este mineral aparece em três amostras com valores inferiores a 1%. Duas estão no sul da folha, no Complexo Arroio Telho e uma no norte, na região de contato da Formação Rio Bonito com a Suíte Jaguarão chico (Figura 62).

**Zircão –  $\text{ZrSiO}_4$**

Ocorre como mineral acessório em muitos tipos de rochas e é típico de granitoides. É frequente nos concentrados de bateia por ser muito resistente tanto física como quimicamente. O zircão com háfnio pode estar associado a pegmatitos lítio-tantalíferos. A amostra EM-B-214, na Formação Rio Bonito, possui os valores mais elevados, na faixa de 25 a 50 %. Outras vinte e duas amostras apresentam teores entre 5 e 25%, destas, quinze amostras estão na Suíte Herval, as demais amostras estão presente em todas litologias.

**Granada**

Mineral comum em rochas metamórficas ocorre também em granitos e pegmatitos. A granada possui muitas variedades de cores em função da variação na composição química e do ambiente geológico. Na Folha Curral de Pedras, ocorrem 10

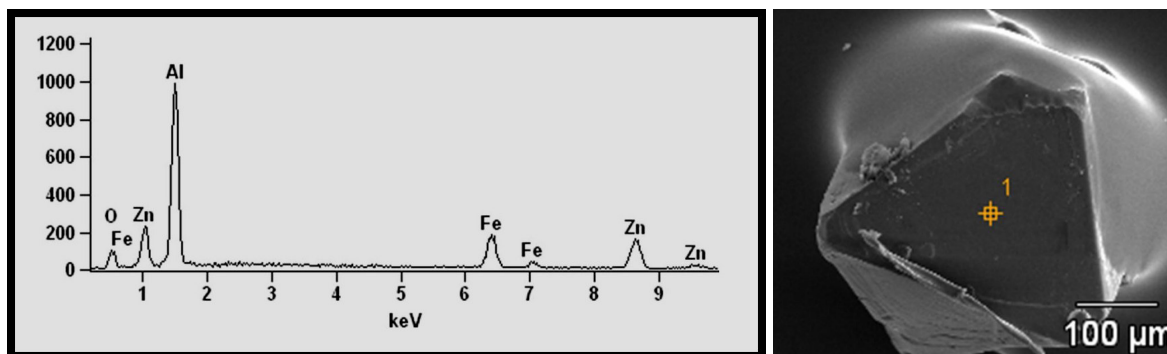


Figura 60 - Amostra analisada no MEV por EDS no Espinélio

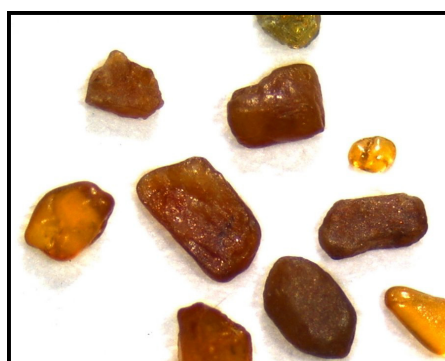


Figura 61 - Amostra EM-B-231, monazita no microscópio Leica, 20x.

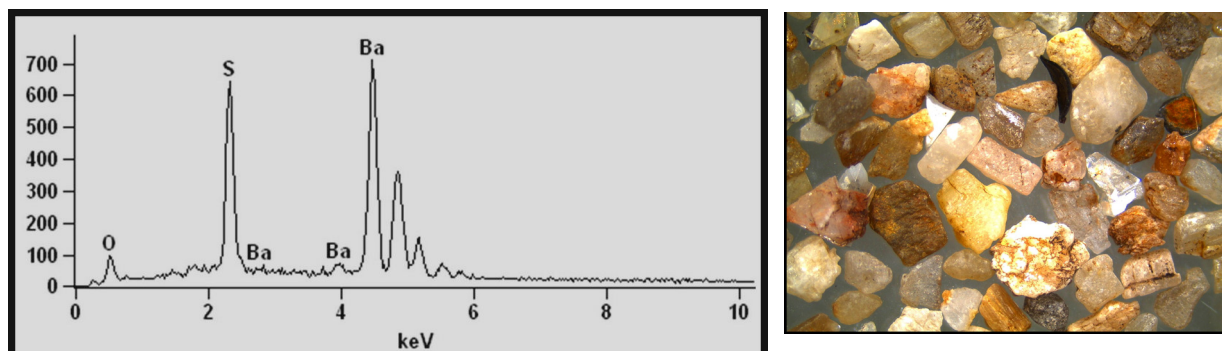


Figura 62 - Amostra de Barita analisada no MEV por EDS.

amostras com valores na faixa de 5 a 25%, destas amostras, sete estão no Complexo Arroio Telho, as demais amostras ocorrem na Suíte Herval. Amostras com teores inferiores a 5% estão distribuídas por todas as litologias da folha.

#### **Turmalina - $\text{BO}_3\text{AlSiO}_4(\text{OH})$**

É um mineral típico de rochas ígneas graníticas, pegmatitos e em metamórficas como gnaisses e xistos. A schoorlita é a única variedade ocorrendo na maioria das amostras dos concentrados de bateia. Em dois locais o mineral ocorre em valores anômalos. A primeira é no norte da folha, com nove amostras com teores na faixa de 5 a 25% e três na faixa entre 1 a 5%, localizadas no Arroio Jaguarão Chico, nas Formações Rio Bonito e Irati. A segunda anomalia é no sul da folha, no Complexo Arroio Telho, mais especificamente no Arroio do Meio, com uma amostra com teores na faixa de 5 a 25% e cinco na faixa entre 1 a 5%.

#### **Estaurolita - $(\text{FeMg})_2\text{Al}_9\text{SiO}_4(\text{OH})$**

Ocorre em rochas metapelíticas (aluminosas) do metamorfismo regional de grau médio, como xistos e gnaisses, o seu uso é geológico, na localização e definição das zonas e grau metamórficos. Na região mapeada este mineral ocorre basicamente no sul da folha, no Complexo Arroio Telho.

#### **Cianita – Distênio - $\text{Al}(\text{SiO}_4)$**

A cianita é um mineral acessório de rochas metamórficas regional de alta pressão e temperatura e de composição pelítica e aluminosa. Encontrada nos gnaisses, eclogitos e micaxistos. Este mineral ocorre associado normalmente com sillimanita, estaurolita e granada. Na amostra EM-B-221 o mineral ocorre com teores inferiores 1%, na Suíte Herval.

#### **Epidoto – $\text{Ca}_2(\text{AlFe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$**

Mineral com maior ocorrência na faixa de valores entre 5 e 25%, ocorrendo, indiscriminadamente em todas unidades litológicas, não apresentando padrão para alguma litologia específica.

#### **Titanita – $\text{CaTiSiO}_5$**

Está presente na área com valores sempre inferiores 1%, ocorre exclusivamente na Suíte Herval em 21 amostras (Figura 63).

#### **Piroxênio**

O piroxênio identificado é a augita, com duas amostras na Formação Jaguarão, EE-B-424 com teores na faixa de 5 a 25% e EM-B-243 com teor inferior a 1%.



Figura 63 - Amostra EM-B-231, Titanita no microscópio Leica, 20x.

#### **Anfibólios**

A hornblenda ocorre com valores entre 1 a 5% em 25 amostras na região central da folha, todas na Suíte Herval, o que ajuda na identificação e localização desta unidade.

#### **6.2.5.1. Domínios Litológicos e Minerais Pesados Associados**

Na Folha Curral de Pedras duas unidades litológicas se destacam pelos teores anômalos de minerais pesados. A Suíte Herval possui os valores mais importantes para ouro, pirita, pirita limonitizada, magnetita, hematita e columbita/tantalita. As amostras que se destacam são EE-B-408, EM-B-231 e EM-B-232 associadas a estruturas de falha ou zona de cisalhamento transcorrente ou ainda em falhas interpretadas pela geofísica. A monazita, de interesse nos elementos Terras Raras, é encontrada nesta uni-

dade, principalmente nas amostras EE-B-372, EE-B-374, EE-B-383, EM-B-221e EM-B-231, com teores de até 15%. Ainda na Suíte Herval, hornblenda e titanita foram encontrados quase que com exclusividade, podendo ser usados como guia na identificação dos seus limites litológicos.

No sul da Folha Curral de Pedras, o Complexo Arroio Telho apresenta amostras com ouro, pirita, pirita limonitizada, magnetita, hematita, monazita e columbita-tantalita. Nesta unidade as amostras mais representativas estão no sul, nas imediações do Arroio do Meio.

## 7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise dos dados obtidos nos levantamentos geológicos, geoquímicos e de cadastramento de recursos minerais, associados à análise de fotos-aéreas e dos dados aerogeofísicos disponíveis para a Folha Curral de Pedras, permitiram a confecção do Mapa Geológico e da presente Nota Explicativa para a referida folha.

No embasamento Pré-Cambriano foram reconhecidos dois grandes domínios tectono-estruturais, o Batólito Pelotas e o Terreno Jaguarão, este último uma nova entidade geotectônica no Rio Grande do Sul, caracterizada pelas litologias paraderivadas do Complexo Arroio Telho e pelas intrusivas ácidas do Granito Sofia. Litologias metamórficas paraderivadas também ocorrem no âmbito do Batólito Pelotas, sendo aqui designadas como Complexo Guarda Nova e relacionadas com os xistos e quartzitos do entorno da cidade de Herval.

O Batólito Pelotas, por sua vez, é composto na área mapeada por litologias das suítes Herval, Cordilheira e Jaguarão Chico e do Granito Dionísio, as duas últimas caracterizando novas unidades na estratigrafia regional. Neste contexto cabe ressaltar, pelas potencialidades metalogenéticas: 1) a área de exposição dos granitoides da Suíte Herval, pelos resultados de ouro e cassiterita em concentrados de minerais pesados; e 2) a fácies de sienogranitos peralcalinos da Suíte Jaguarão Chico, pela caracterização de zircões hafníferos por microscopia eletrô-

nica de varredura. Cabe ressaltar a vinculação dos resultados para metais nos concentrados de bateia com as zonas de cisalhamento transcorrente que, com direção NE-SW, segmentam o embasamento na região.

A ampliação significativa da área de exposição da Formação Cerro Chato; a individualização no mapa geológico das litologias vulcânicas das fácies particulada (de queda e fluxo) e coerente; e a identificação de uma área de ressurgência de lavas ácidas (Domo Tranqueira), são outros resultados relevantes destes levantamentos. Estão associados com o vulcanismo Cerro Chato inúmeros diques ácidos de direção geral NNW-SSE, referidos regionalmente como Riólitos Asperezas

Para a Bacia do Paraná, que compreende unidades paleozoicas e mesozoicas representadas pelos grupos Guatá e Passa Dois, cabe referir o muito baixo potencial para carvão na Formação Rio Bonito e, contrariamente, o elevado potencial para argilas brancas relacionadas com as litologias da Formação Rio do Rasto, neste caso carente de detalhamento para viabilização de empreendimentos cerâmicos. A evolução geológica da bacia compreende, ainda, os diques básicos Rondina, bem como a grande área de exposição de dacitos da Formação Jaguarão. O quadro estratigráfico é completado pelas aluviões relacionadas com os principais cursos de água da região.

## 8 – REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. DEL P. M. et al. Late to Post-Orogenic Brasileiro-Pan-African Volcano-Sedimentary Basins in the Dom Feliciano Belt, Southernmost Brazil. In: AL-JUBOURY, A. I. (Ed.) *Petrology: new perspectives and applications*. s.l.: InTech, 2012. p.73-105.
- ALMEIDA, D.P.M. et al. Isotopic Signature of the Acampamento Velho and Rodeio Velho Volcanic Successions from the Camaquã Basin, southern Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 6., 2008, Bariloche, Argentina. *Resumos...* Buenos Aires, Argentina: p. 491-494.
- ALMEIDA F.F.M. de et al. Brazilian Structural Provinces: an introduction. *Earth Science Review*, v.17, p. 1–29, 1981.
- ALMEIDA, F.F.M. et al. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. *Atas...* Campina Grande: SBG, 1977. p.363-391.
- ANJOS, I. L. S. dos; MOURÃO, L. M. F. *Projeto Extremo Sudeste do Brasil: levantamento aerogeofísico, relatório final*. Rio de Janeiro: DNPM/CPRM, 1987. v.1. 38 p. 5v.
- ANDRIOTTI, J. L. S. *Interpretação de dados de prospecção geoquímica com o auxílio de estatística*. Porto Alegre: CPRM, 2010.
- BABINSKI, M. et al. U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Neoproterozoic Granitic-Gneissic Dom Feliciano Belt, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v.10, n. 3-4, p. 263-274, 1997.
- BASEI, M.A.S. et al. A connection between the Neoproterozoic Dom Feliciano (Brazil/Uruguay) and Gariep (Namibia/South Africa) orogenic belts – evidence from a reconnaissance provenance study. *Pre-cambrian Research*, v.139, p.195–221, 2005.
- BOSSI, J.; UMPIERRE-URQUHART, M. Magmatismo Mesozoico de Uruguay y Rio Grande del Sur: sus recursos minerales asociados y potenciales. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GEOLOGIA ECONOMICA, 2., 1973, Buenos Aires. *Anais ...* Buenos Aires, 1973. v. 2 p. 119-141.
- CAGLIARI, J. et al. New Sakmarian ages for the Rio Bonito formation (Paraná Basin, southern Brazil) based on LA-ICP-MS U-Pb radiometric dating of zircons crystals. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 54, p. 265–277, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981114001254>>. Acesso em: 04 fev. 2016.
- CALDASSO, A. L. da S.; Lopes, R. da C. A calha tectônica de Cerro Chato no contexto da evolução eopaleozóica do Escudo Sul-Riograndense In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Balneário Camboriú. *Boletim de Resumos Expandidos...* Balneário Camboriú: SBG, 1994. v.3. p. 229-231.
- CALDASSO, A. L. S. et al. Carta geológica: folha Jaguarão, SI.22-V-A, escala 1:250.000. In: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. *Mapas Geológicos da Região Costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2000. 1 CD ROM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB; Subprograma Integração Geológico-Metalogenética.
- CAMOZZATO, E.; LOPES, R. da C. *Mapa Geológico da Folha Hulha Negra, RS (SH.22-Y-C-I): mapa preliminar*. Porto Alegre: CPRM, 2009. Escala 1:100.000.
- CAMOZZATO, E.; PHILIPP, R. P.; CHEMALE JR., F. Evolução Tectônica e Geocronologia U-Pb em zircão da terminação sul do Terreno Tijucas (RS, Brasil). In: CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGÍA, 7., 2013. *Resúmenes Extendidos...* Montevideo: SUG, 2013. p.7-11.
- CARRARO, C. C. et al. *Mapa Geológico do Rio Grande do Sul*, escala 1:1.000.000. Porto Alegre: UFRGS, 1974.
- CARVALHO, P. F. de. Reconhecimento geológico do Estado do Rio Grande do Sul. *Boletim Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, Rio de Janeiro, n.66, 1932. 72 p.
- CHEMALE JR., F. Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (Ed.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2000, p. 13-52.
- CHEMALE JR., F. et al. U-Pb and Sm-Nd geochronology of Neoproterozoic Belts in Southern Brazil. *Terra Nostra*, Hamburgo v. 15, p. 29-30, 1996. (Geowissenschaftlinches Lateinamerika-Kolloquium)
- COSTA, A. F. U. et al. Compartimentação Tectônica das Associações de Rochas Pré-Cambrianas do Escudo Sul-Rio-Grandense baseada em dados de Magnetometria e Gravimetria. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5., 1995, Gramado. *Boletim de Resumos Expandidos...* Porto Alegre: SBG;CPGq-UFRGS, 1995. p. 236-238.
- COSTA, A. F. U. *Teste e modelagem geofísica da estruturação das associações litotectônicas pré-cambrianas no Escudo Sul-Rio-Grandense*. 1997. 291 f. Tese



- (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Levantamento Geoquímico do Escudo do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, [2015]. Inédito
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul: relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectométricos*. Rio de Janeiro: Lasa Prospecções, 2010. 38 v. Programa Geologia do Brasil (PGB).
- DAEMON, R. F.; QUADROS, L. P. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., 1970, Brasília. *Anais...* Brasília: SBG, 1970. p. 355-412.
- FERNANDES, L. A. D. et al. Granitóides Brasileiros precoces do Cinturão Dom Feliciano: caracterização geoquímica e discussão estratigráfica. *Pesquisas*, Porto Alegre, v.19, n.2, p. 195-215, 1992a.
- FERNANDES, L. A. D. et al. Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: parte I – uma contribuição a partir do registro geológico. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.25, n.4, p.351-374, 1995a.
- FERNANDES, L. A. D. et al. Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Riograndense: parte II - uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, v.25, n.4, p.375-384, 1995b.
- FERNANDES, L. A. D.; KOESTER, E.; SOLIANI JR., E. Evolução do sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes dorsal de Canguçu no Cinturão Dom Feliciano durante o Neoproterozóico: uma discussão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5., 1995, Gramado, RS. *Boletim de Resumos Expandidos...* Gramado, RS.: SBG, 1995, p. 30-32.
- FIGUEIREDO FILHO, P.M.; SALGADO, C. *Relatório do mapa geológico preliminar da parte brasileira da bacia da Lagoa Mirim*. s.l.: s.n., 1964. (Inédito).
- FIGUEIREDO, M. C. H. de; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; KROMBERG, B. I. Litogeoquímica das principais unidades do Batólito de Pelotas no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. *Anais...* Natal: SBG, v. 4, p.1723-1738, 1990.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S. O Cráton Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Balneário Camboriú. *Anais...* Balneário Camboriú: SBG, 1980, v. 5, p. 2879-2892.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S. et al. O Batólito de Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1986, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBG, 1986. v.3, p.1322-1343.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S. *Tectônica de placas no ciclo brasileiro: as orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul*. 1991. 367 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- FRANTZ, J. C.; REMUS, M. V. D. Geologia da região de Canguçu-Torrinhas. RS: caracterização petrográfica, estrutural e estratigráfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1986. *Anais...* Goiânia: SBG, 1986. v. 2, p.931-947, 1986.
- FÚLFARO, V. J.; GAMA JR., E.; SOARES, P. C. *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. São Paulo: Paulipetro, 1980. (Relatório interno)
- GAMA JR., E.; BANDEIRA JR., A. N.; FRANÇA, A. B. Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozóicas na parte central da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.12, n.4, p.578-589, 1982.
- GOÑI, J. C.; GOSO, H.; ISSLER, R. S. Estratigrafia e geologia econômica do pré-cambriano e eopaleozóico uruguaio e sul-riograndense. *Avulso da Escola de Geologia da Universidade do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, n.3, 1962.
- GORDON JR., M. *Classificação das Formações Gondwânicas do Paraná*, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro: DNPM, 1947. (Notas Preliminares e Estudos, n. 38)
- GOSCOMBE, B.; GRAY, D. R. The coastal terrane of the Kaoko Belt, Namibia: outboard arc-terrane and tectonic significance. *Precambrian Research*, v.155, p. 139-158, 2007.
- GRUSHINSKY, N. P. The Earth's crust: its thickness, gravity field and topography. *Journal Geol. Soc. Aust.*, v.14, n.1, p.31-37, 1967.
- GUERRA-SOMMER, M. et al. New radiometric data from ash fall rocks in Candiota coal-bearing strata and the playnostratigraphic framework in Southern Paraná Basin (Brazil). In: GONDWANA 12: Geological and Biological Heritage of Gondwana, 2005, Mendoza. *Abstracts...* Mendoza: Academia Nacional de Ciências, 2005. p.189.
- GUERRA-SOMMER, M. et al. Radiometric age determination of tonstein and stratigraphic constrains for the Lower Permian coal succession in southern Paraná Basin, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, v.74, p.13-27, 2008.

- HARTMANN, L. A. et al. Time frame of 753–680 Ma juvenile accretion during the São Gabriel orogeny, southern Brazilian Shield. *Gondwana Research*, v.19, p. 84-99, 2011.
- HARTMANN, L. A., CHEMALE JR., F., PHILIPP, R. P. Evolução geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-cambriano. In: IANUZZI R.; FRANTZ J.C. (Org.) **50 anos de Geologia**: Instituto de Geociências. Contribuições. Porto Alegre: Editora Comunicação e Identidade, CIGO. IGUFRGS, 2007. p.97-123.
- HARTMANN, L. A. et al. Advances in SHRIMP geochronology and their impact on understanding the tectonic and metallogenic evolution of southern Brazil. *Australian Jour Earth Sci.*, v.47, p. 829-844, 2000.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; COIMBRA, A. M. The Ribeira Folded Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.5, p. 257-266, 1975.
- HORBACH, R. et al. Geologia. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim*. Rio de Janeiro, 1986. p. 29-297. v.33. (Levantamento de Recursos Naturais, 33)
- JACKSON, V. N. et al. *Projeto Aerogeofísico Camaquã, Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Texas Instruments/DNPM/CPRM/CNEN, 1973.
- JOST, H.; HARTMANN, L. A. Província Mantiqueira: setor meridional. In: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (Coord.). *O Pré-Cambriano no Brasil*. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. p. 345-367.
- JOST, H. *Geology and metallogeny of the Santana da Boa Vista Region, Southern Brazil*. 1981. 208 p. Tese (Doutorado) - University of Georgia, Athens, GA, 1981.
- JOST, H.; BITENCOURT, M. F. Estratigrafia e tectônica de uma fração da Faixa de Dobramentos Tijucas no Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, v.4, n.7, p. 27-60, 1980.
- JUSTUS, J. de O.; MACHADO, M. L. de A.; FRANCO, M. de S.M. Geomorfologia. In: *FOLHA SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim*. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p. 313-404 (Levantamento de Recursos Naturais, 33).
- KER, J. C.; ALMEIDA, J. A. de; FASOLO, P. J.; HOCHMÜLLER, D. P. Pedologia. In: *FOLHA SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim*. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p. 405-540 (Levantamento de Recursos Naturais, 33).
- KRÖNER, A. Precambrian mobile belts in southern and eastern Africa—ancient sutures or sites of ensialic mobility. A case for crustal evolution towards plate tectonics. *Tectonophysics*, v. 40, p.101-135, 1977.
- KUINCHTNER, A; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. *Disciplinarum Scientia*. Série Ciências Exatas, S. Maria, v.2, p.171-182, 2001.
- LAVINA, E. L. *Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopremiano e Eotriássico* (intervalo Kazaniano-Scythiano) da Bacia do Paraná. 1991. 333p. Tese (Doutorado)- Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.
- LEINZ, V; PINAGEL, H. Estanho e tungstênio no Rio Grande do Sul. *Boletim DFPM*, Rio de Janeiro, n.70, 1945. 89 p.
- LIMA, E. F. de. et al. Descrição e interpretação evolutiva dos migmatitos da região de Erval - Pedras Altas, RS. *Acta Geológica Leopoldensia*, v.7, p.15, p. 153-165, 1983.
- MACHADO, R.; PHILIPP, R.P.; MELLO, F. Reconhecimento de zonas de cisalhamento dúcteis de alto ângulo com cinemática superposta na extremidade sul do Batólito Pelotas, RS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5., 1995, Gramado, RS. *Resumos Expandidos...* Porto Alegre: SBG, CPGq/UFRGS, 1995. p.52-53.
- MANTOVANI, M. S. M. et al. Modelo gravimétrico das principais descontinuidades crustais nos terrenos pré-cambrianos dos estados do Paraná e de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.19, n.3, p. 367-374, 1989.
- MARTIN, H.; PORADA, H. The intracratonic branch of the Damara Orogen in southwest Africa II. Discussion of relationships within the Pan-African mobile belt system. *Precambrian Research*, v.5, p.339-357, 1977.
- MASQUELIN, H. Analisis estructural de de las zonas de cizalla en las migmatitas de Punta del Este, Uruguay. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 4., 1989, Porto Alegre. *Boletim de Resumos Expandidos...* Porto Alegre: SBG, 1989. p. 35-37.
- MEDAGLIA, M. E. Estudo de solos no município de Bagé. *Bol. Geog.do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, n. 16, p. 45-50, 1973.
- MENDES, J.C. The Passa Dois Group. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE GONDWANA STRATIGRAPHY AND PALEONTOLOGY, Curitiba, 1967. In: BIGARELLA, J. J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. (Ed.). *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba: [s.n.], 1967. p. 119-166.

- MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; SCHNEIDER, R. L. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências PETROBRAS*, Rio Janeiro, v.8, n.1, p. 69-82, 1994.
- MILANI, E. J. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do gondwana sul-ocidental*. Porto Alegre, 1997. 2 v. Tese(Doutorado em Ciências)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 1997.
- MILANI, E. J. et al. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p. 265-287, 2007.
- MILANI, E. J.; ZALÁN, P.V. The geology of Paleozoic Cratonic Basins and Mesozoic Interior Rifts of Brazil. In: MELLO, M. R.; YILMAZ, P. O. *Rio'98 Extended Abstracts Volume: 1998 AAPG International Conference & Exhibition*. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1998. 1028 p. Realizado em 8-11/nov./1998. Rio de Janeiro, AAPG/ABGP. p. 67-90.
- MILLER, R. Mc. G. The Pan-African Damara Orogen of South West Africa/Namibia, 431-515. In: \_\_\_\_\_ *Evolution of the Damara Orogen of South West Africa/Namibia*. Johannesburg: GSSA, 1983. p. 431-515. (Spec. Publ. geol. Soc. S. Afr., v.11)
- MORENO, J. A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, 1961.
- NOLL FILHO, R. J. Geologia e petrologia das rochas riolíticas da região do Cerro Chato, Herval, RS. 2014. 1 v. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia) – Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- NORTHFLEET, A. A.; MEDEIROS, R. A.; MUHLMANN, H. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobras*, v.12, n. 3, p.291-346, 1969.
- OLIVEIRA, E. P. de. Geologia do estado do Paraná. B. *Minist. Agric. Indust. Com.*, Rio de Janeiro, n.5, p. 67-143, 1916.
- ORLANDI Fº V. et al. (Org.) *Folha Piratini - SH.22-Y-C-II*. Brasília: CPRM, [1995]. 1 CD ROM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- PAIM, P.S.G.; CHEMALE JR., F.; LOPES, R. da C. A Bacia do Camaquã. In: HOLZ, M.; DE ROZ, L. F. (Ed.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, RS: CIGO/UFRGS, 2000.p. 231-274.
- PAIM, P. S. G.; CHEMALE JR., F.; WILDNER, W. Estágios evolutivos da Bacia do Camaquã. *Ciência e Natureza*, Santa Maria, RS, v. 36, p. 183-193, 2014.
- PEEL, E.; BASEI, M. A. S.; SÁNCHEZ-BETTUCCI, L. Primeras edades del Complejo Paso del Dragón (NE del Uruguay) a través de la sistemática U-Pb LA-ICP-MS em circones. In: CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGIA, 8., 2013, Montevideo. *Resumos...* Montevideo: Sociedad uruguya de geologia, 2013. p. 26
- PHILIPP, R. P.; MASSONNE, H. J.; CAMPOS, R. 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, 2013.
- PHILIPP, R. P.; CAMOZZATO, E. A colocação do Batólito Pelotas e suas relações com o metamorfismo regional orogênico no cinturão Dom Feliciano, RS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 12, INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF TECTONIC STUDIES, 6, 2009, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto, SBG, 2009, p. 112.
- PHILIPP, R. P., LUSA M., NARDI L. V. S. *Geochemistry and petrology of dioritic, tonalitic and trondhjemitic gneisses from Encantadas Complex, Santana da Boa Vista, southernmost Brazil: a Paleoproterozoic continental-arc magmatism*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 80(4):735-748, 2008.
- PHILIPP, R. P.; MACHADO, R.; CHEMALE JR., F. A Geração dos granitóides Neoproterozóicos do Batólito Pelotas: evidências dos isótopos de Sr e Nd e implicações para o crescimento continental da porção sul do Brasil. In: IANUZZI, R.; FRANTZ, J. C. (Org.). 2007. *50 anos de Geologia*. 1 ed. Porto Alegre, RS: Editora Comunicação e Identidade, CIGO/UFRGS. v. 1, p. 59-77, 2007.
- PHILLIPP, R. P. et al. O magmatismo granítico neoproterozóico do batólito de Pelotas no sul do Brasil: novos dados e revisão da geocronologia regional. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 277-290, 2002.
- PHILIPP, R. P.; MACHADO, R. Suítes graníticas do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul: petrografia, tectônica e aspectos petrogenéticos. *Revista Brasileira de Geociências*, v.31,n.3, p.257-266, 2001.
- PHILIPP R.P., NARDI L.V.S., BITENCOURT M.F. O Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul. In: HOLZ, M.; DE ROS, L.F. (Ed.) *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: CIGO-UFRGS, 2000. p.133-160.
- PHILIPP, R.P. *A evolução geológica e tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul*. 1998. 255f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- PHILIPP, R. P. et al. Geoquímica do Granito Bela Vista, Piratini, RS: uma contribuição ao conhecimento do magmatismo alcalino no setor Oriental do Escudo.

- Acta Geológica Leopoldensia*, v.24, p.34, p.95-122, 1991.
- PHILIPP, R. P. *Geologia e petroquímica dos granitoides da região de Monte Bonito, Pelotas, RS*. 1990. 231 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.
- PHILIPP, R. P.; MACHADO, R. Ocorrência e Significado dos Septos do Embasamento encontrados nas Suítes Graníticas do Batólito Pelotas, RS. *Pesquisas*, v. 29, n. 1, p. 43-60, 2002.
- PHILIPP R. P.; MACHADO R. The Late Neoproterozoic magmatism of the Pelotas Batholith, Southern Brazil. *J South Am Earth Sci.*, v.19, n.4, p.461-478, 2005.
- PICADA, R. S. Faixa de granitos sincinemáticos no Escudo Sul Rio Grandense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., 1989, Salvador. *Boletim de Resumos...* Salvador: SBG, 1969. p.87
- PICADA, R. S. Ocorrência de migmatitos, granitos e gneiss controlados por fraturas regionais, Encruzilhada do Sul (Rio Grande do Sul). *Boletim da Escola de Geologia, UFRGS*, Porto Alegre, n.14, P. 33-34. 1965.
- PICADA, R. S. Ensaio Sobre a Tectônica do Escudo Sul-Riograndense. Caracterização dos Sistemas de Falhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., 1971, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBG, 1971. v. 1, p. 167-191.
- PORCHER, C. A. et al.(Org.) *Passo do Salsinho, folha SH.22-Y-A-I-4: estado do Rio Grande do Sul*. Brasília: CPRM, 1995. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.
- PRECIOSI, F.; MASQUELIN, H.; BASEI, M. A. S. The namaqua/grenville terrane of eastern Uruguay. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 2., 1999, Córdoba. *Abstracts...* Córdoba, 1999. p. 338–340
- RAMGRAB, G. E.; WILDNER, W. (Org.). *Pedro Osório, Folha SH.22-Y-C: estado do Rio Grande do Sul*, Escala 1:250.000. Rio de Janeiro: CPRM, 1999. 1 CD-ROM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB
- RAMGRAB, G. E.; WILDNER, W.; CAMOZZATO, E. (Org.). *Porto Alegre, folha SH.22-Y-B*. Estado do Rio Grande do Sul. Brasília: CPRM, 1997. 140 p. il3 mapas. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- RAMGRAB, G.E.; WILDNER, W.; CAMOZZATO, E. *Porto Alegre - Folha SH.22-Y-B*. Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:250.000. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. CPRM: Brasília, 1993, 200p.
- RIBEIRO, M.; FANTINEL, L. M. A. Associações pre-tectônicas do escudo Sul-Riograndense: I tabulação e distribuição das associações petrotectônicas do Escudo do Rio Grande do Sul. *Iheringia*, Série Geologia, Porto Alegre, 5, p.19-54, 1978.
- RIBEIRO, M. *Geologia da Folha da Mina Camaquã*. Brasília, DF: DNPM/DFPM, 1966. (Relatório interno)
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P. R.; FIGUEIREDO, F. P. M. Geologia da quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul – Brasil. *Boletim DNPM*, Rio de Janeiro, n.127, 1966.
- RIBEIRO, M. *Mapa Geológico da Quadrícula de Piratini*; sub-projeto Piratini: escala 1:50.000. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 1977. (Publicações Avulsas FBZ 2)
- RIBEIRO, M. Geossuturas do escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31.,1980, Balneário Camboriú. *Anais...* Balneário Camboriú: SBG, v.5, p.2709-2718.
- RIBEIRO, M. Estudo comparativo dos migmatitos de Canguçu e San Martinho, Bagé, RS: aspectos anatéticos e metassomáticos. *Iheringia*, Série Geologia, n.8, p.51-99,mar.1983.
- ROCHA, P. G.A *investigação das rochas vulcânicas ácidas do Cerro Chato (RS) por sensoriamento remoto e geoquímica*. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- ROISENBERG, A.; BOSSI, J.; RUEGG, N. R. Mesozoic volcanism of Paraná Basin (South America): Geochemistry, petrogenesis and geotectonic evolution In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 26., 1980, Paris. *Anais ...* Paris, 1980. v.1, p. 82.
- SAALMANN, K.; HARTMANN, L. A.; REMUS, M. V. D. The assembly of West Gondwana - the view from the Rio de la Plata craton. *Geol. Soc. America Spec. Papers* 423: 1-26, 2007.
- SAALMANN, K.; REMUS, M. V. D.; HARTMANN, L. A. Geochemistry and crustal evolution of volcano-sedimentary successions and orthogneisses in the São Gabriel Block, southernmost Brazil - relics of Neoproterozoic magmatic arcs. *Gondwana Research*, 8(2): 143-161, 2005a.
- SAALMANN, K. et al. Sm-Nd isotope geochemistry of metamorphic volcano-sedimentary successions in the São Gabriel Block, southernmost Brazil: evidence

- for the existence of juvenile Neoproterozoic oceanic crust to the east of the Rio de La Plata craton. *Pre-cambrian Research*, v. 136, p.159-175, 2005b.
- SAALMANN, K. et al. Multiple accretion at the eastern margin of the Rio de la Plata craton: the prolonged Brasiliano orogeny in southernmost Brazil. *International Journal of Earth Sciences*, v.100, n.2-3, p.355-378, 2010.
- SANTOS, E. L. et al. *Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:1.000.000 e parte do Escudo Sul-Riograndense, escala 1:600.000*. Porto Alegre: DNPM, 1989.
- SANTOS, R. V. et al. Shrimp U-Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, v.9, p. 456-463, 2006.
- SCHANDL, E. S.; GORTON, M. P. Application of high field strength elements to discriminate tectonic settings in VMS environments. *Economic Geology*, n. 97, p. 629–642, 2002.
- SCHNEIDER, R. L. et al. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBG, 1974. v.1, p.41-65.
- SILVA, M. A. S. da; RAMGRAB, G. E. *Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais*: Folha SH.22-Y-B, Porto Alegre, Escala 1:250.000. Porto Alegre: CPRM, 1986. 2v.
- SOLIANI JÚNIOR., E. *Os dados geocronológicos do Escudo Sul-Rio-Grandense e suas implicações de ordem tectônica*. 1986. 425 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.
- SOMMER, C. A. et al. Post-collisional rhyolitic systems associated with the Neoproterozoic Pelotas batholith, southern Brazil. In: HUTTON SYMPOSIUM ON GRANITES AND RELATED ROCKS, 8., 2015. *Posters...* Florianópolis. Florianópolis, 2015.
- STRECKEISEN, A. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks: recommendations and suggestions, IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, v. 134, p.1–14, 1978.
- STRECKEISEN, A. To each plutonic rock its proper name. **Earth-Science Reviews**, v.12, n.1, p.1-33, 1976.
- TEIXEIRA, M. B.; COURA NETO, A. Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos ecológicos estudo fitogeográfico-folhas Porto Alegre e Lagoa Mirim. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Folha SH. 22 *Porto Alegre e parte das folhas SH. 21-Uruçuaiana* e SI. 22-Lagoa Mirim. Rio de Janeiro, 1986. p. 541-632. (Levantamento de Recursos Naturais, 33).
- TESSARI, R.I.; GIFFONI, L.E. Geologia da região Piratini-Pinheiro Machado-Bagé, RS. *Boletim DGM*, Rio de Janeiro, n.246, 1970. 122 p.
- TESSARI, R. I; PICADA, R. S. *Geologia da quadricula de encruilhada do sul*, Rio Grande do Sul-Brasil. Rio de Janeiro: DNPM-DFPM, 1966.
- VIEIRA JUNIOR, N. *Petrologia e Geoquímica do vulcanismo mesozoico de Jaguarão -RS*. 1985. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.
- VIEIRA JR. N.; ROISENBERG, A. Aspectos petrológicos das vulcânicas mesozoicas de Jaguarão-RS. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA.1., 1983, Porto Alegre. *Atas ...* Porto Alegre: SBG, 1983. p. 286-293.
- VIEIRA JR. N.; ROISENBERG A. Formação Jaguarão – uma nova unidade vulcânica mesozoica no RS. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., 1985, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: SBG, 1985. p. 507.
- VIEIRA JÚNIOR, N.; ROISENBERG, A. Formação Jaguarão: uma nova unidade vulcânica mesozoica no Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, Porto Alegre, v. 19, p. 81-94, 1987.
- WHITE, I. C. *Relatório sobre as coal measures e rochas associadas do Sul do Brasil*. Rio de Janeiro, Com. Est. Min. Carvão de Pedra do Brasil, 1908. parte 1, 300p.
- ZALÁN, P.V. et al. *Análise da Bacia do Paraná*. Rio de Janeiro. Petrobras, 1986. (Relatório Interno).
- ZALÁN, P.V. et al. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1987. *Atas do ...*, v.1, p. 441-473, 1987.
- ZALÁN, P.V. et al. Bacia do Paraná. In: RAJA GABAGLIA, G.P., MILANI, E.J. (Ed.). *Origem e evolução de bacias sedimentares*. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1990. p. 135-168.
- ZANON, C.; MACHADO, R.; PHILIPP, R. P. Petrografia e geoquímica dos diques félsicos e máficos associados ao Batólito Pelotas na região de Piratini, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 36, n.1, p.23-34, 2006.

A elaboração do mapa geológico e recursos minerais da Folha Curral de Pedras, na escala 1:100.000, resulta de uma ação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, empresa pública vinculada à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Ministério de Minas e Energia.

O projeto foi executado pela Superintendência de Porto Alegre do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, dentro das diretrizes do Programa Geologia do Brasil.

A Carta Geológica na escala 1:100.000 tem como objetivo gerar e difundir informações geológicas e de recursos minerais, para subsidiar o planejamento territorial e o uso do solo e subsolo, além de induzir o aumento dos investimentos em prospecção e pesquisa mineral, com vistas ao desenvolvimento da indústria de mineração no país.

Esse produto deverá auxiliar o governo do estado do Rio Grande do Sul e órgãos de planejamento, no estabelecimento de políticas públicas de desenvolvimento regional, na medida em que servirão de base para estudos de prospecção e exploração mineral e na adoção de ações estratégicas que visem o desenvolvimento econômico-social.

Nesse contexto, o conhecimento geológico sistematizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM também passa a ser considerado como fonte primordial de informação do meio físico e requisitado para os estudos de zoneamento ecológico-econômico e de gestão ambiental.

## **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA CURRAL DE PEDRAS SI.22-V-A-I**

**Escala: 1:100.000**

### **ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**



**PAC**

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

#### **SERVIÇO DE ATENDIMENTO AO USUÁRIO - SEUS**

Tel: 21 2295-5997 – Fax: 21 2295-5897  
E-mail: seus@cprm.gov.br

#### **OUVIDORIA**

Tel: 21 2295-4697 – Fax: 21 2295-0495  
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br