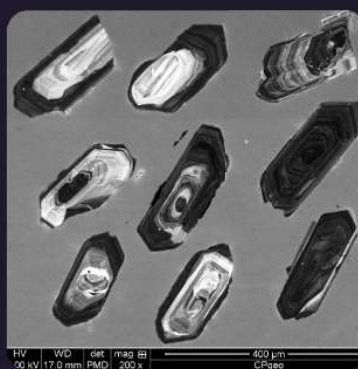


SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

CONTRIBUIÇÕES À GEOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA

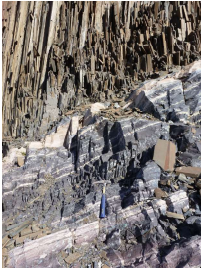
ANDRÉA RITTER JELINEK
CARLOS AUGUSTO SOMMER



IMAGENS DE CAPA E CONTRACAPA



Fotografia aérea do setor norte da Serra do Segredo, em Caçapava do Sul, RS, onde se destacam a Pedra do Segredo, em primeiro plano, e a Pedra da Abelha, logo à esquerda, geofórmulas esculpidas sobre conglomerados fluviais da Bacia do Camaquã. Ao fundo, alguns cerros formados por rochas metamórficas e o imponente alto de Caçapava, sobre granitoides diversos, rochas que registram diferentes momentos do Ciclo Brasileiro no sul do Brasil. A paisagem faz parte do Geoparque Caçapava Aspirante Unesco e é parcialmente inserida no Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo. Imagem obtida por Felipe Guadagnin. Legenda de André Weissheimer de Borba e Felipe Guadagnin.



Contato entre rochas sedimentares da Bacia do Paraná e soleira de diabásio do Grupo Serra Geral. Pedreira Carollo, região de Montenegro, RS. Imagem e legenda de Carlos Augusto Sommer.

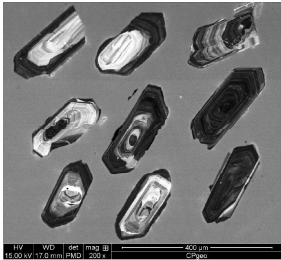


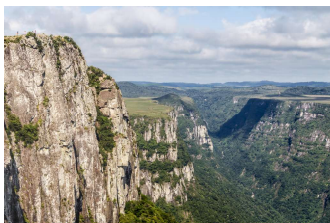
Imagem de catodoluminescência de cristais de zircão pertencentes ao Batólito de Florianópolis. Aumento de 200 vezes. Imagem e legenda de Andréa Ritter Jelinek.



Fotografia aérea oblíqua apresentando a morfologia da região correspondente ao extremo do Litoral Norte do RS, à direita observa-se a cidade de Torres/RS. Em primeiro plano observa-se a morfologia do campo de dunas localizado no Parque Estadual de Itapeva. Unidade essa localizada sobre o sistema Laguna-Barreira IV (holocênico). Logo após o baixio, na retaguarda do campo de dunas, ocorre a morfologia do sistema Laguna-Barreira III (pleistocênico). Ao fundo, com o relevo mais elevado, encontra-se a Formação Serra Geral pertencente à Bacia do Paraná. Imagem obtida por Eduardo H. R. Russo. Legenda de Eduardo Guimarães Barboza.



Minas do Camaquã, Mineração de cobre a céu aberto, Caçapava do Sul. Imagem e legenda de Carlos Augusto Sommer.



Derrames ácidos do Grupo Serra Geral, Bacia do Paraná, na região do Cânion Fortaleza, Parque Nacional da Serra Geral, Cambará do Sul, RS. Imagem licenciada de Depositphotos. Legenda de Carlos Augusto Sommer.



PUBLICAÇÃO ESPECIAL DO NÚCLEO RS/SC DA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

**CONTRIBUIÇÕES À GEOLOGIA
DO RIO GRANDE DO SUL E
DE SANTA CATARINA**

Editores

Andréa Ritter Jelinek
Carlos Augusto Sommer



Porto Alegre, RS, 2021.

É proibida a reprodução total ou parcial desta obra, sem autorização expressa dos autores ou da editora. A violação importará nas providências judiciais previstas no artigo 102, da Lei nº 9.610/1998, sem prejuízo da responsabilidade criminal. Os textos deste livro são de responsabilidade de seus autores.

ISBN E-book: 978-65-89013-03-7

Edição: 1ª

Ano: 2021

Editora Compasso Lugar Cultura

Responsável André Suertegaray Rossato

Porto Alegre - RS - Brasil

Telefones (51) 984269928

compassolugarcultura@gmail.com

www.compassolugarcultura.com

Editores:

Andréa Ritter Jelinek

Carlos Augusto Sommer

Diagramador: Gabriel Zambom

Revisão de Texto: Gustavo Saldivar

Conselho Editorial Compasso Lugar Cultura

Álvaro Heidrich

Carlos Henrique Aigner

Cláudia Luíza Zeferino Pires

Dakir Larara Machado da Silva

Dilermando Cattaneo da Silveira

Dirce Maria Antunes Suertegaray

Helena Copetti Callai

Jaeme Luiz Callai

João Osvaldo Rodrigues Nunes

Laurindo Antonio Guasselli

Maíra Suertegaray Rossato

Nelson Rego

Roberto Verdum

Rosa Maria Vieira Medeiros

Sinthia Batista

Realização

Sociedade Brasileira de Geologia

Diretoria Núcleo RS/SC:

Diretora Presidente: Andréa Ritter Jelinek

Diretor Vice-Presidente: Carlos Augusto Sommer

Diretor Secretário: Lucas Debatin Vieira

Diretor Financeiro: Breno Leitão Weichel

Diretora de Programação Técnico-Científica: Rosemary Hoff

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

J47c

Jelinek, Andréa Ritter.

Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina /Andréa Ritter Jelinek e Carlos Augusto Sommer, organização – Sociedade Brasileira de Geologia - Porto Alegre : Compasso Lugar-Cultura, 2021.

504 p., il. col.

ISBN E-book: 978-65-89013-03-7

<https://doi.org/10.29327/537860>

1. Geologia 2.Sociedade Brasileira de Geologia 3. Coletâneas de textos I. Jelinek, Andréa Ritter II. Sommer, Carlos Augusto III. Título

CDD 551

CDU 551.1/.4

Bibliotecária Responsável: Catarina Strapação Guedes Vianna CRB-10/2469

Índices para catálogo sistemático:

1. Geologia 551

Sistemas vulcânicos e subvulcânicos félsicos, associados ao Batólito Pelotas, Cinturão Dom Feliciano, RS

Carlos Augusto **Sommer**^{1*}, Ruy Paulo **Philipp**¹, Evandro Fernandes de **Lima**¹, Roberto Jacques Noll **Filho**², Diego Skieresz de **Oliveira**¹

¹ Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

² Ecoplan Engenharia Ltda

*autor correspondente: carlos.sommer@ufrgs.br

1 INTRODUÇÃO

As manifestações vulcânicas e subvulcânicas riolíticas, de idade Neoproterozoica, do Rio Grande do Sul, são correlacionadas a um intenso magmatismo ácido, vinculado a diferentes associações petrotectônicas do Cinturão Dom Feliciano. Os maiores volumes deste vulcanismo ocorrem na Bacia do Camaquã e, subordinadamente, no Batólito Pelotas (Fig. 1). A grande maioria das rochas magmáticas foi formada durante a orogenia Brasiliana, em um ciclo, que envolveu a subducção de crosta oceânica (900-720 Ma) e, posteriormente, eventos colisionais entre os arcos magmáticos gerados e o embasamento continental antigo, durante dois períodos principais, entre 720-700 Ma e 650-620 Ma (Fernandes *et al.*, 1992; Saalman *et al.*, 2011; Philipp *et al.*, 2016 e referências). A gênese do Batólito Pelotas ocorreu durante o segundo período colisional, com associações sin a tardi-orogênicas geradas, principalmente, após o pico do metamorfismo colisional. O período pós-colisional é caracterizado por movimentos direcionais de blocos, ao longo de grandes zonas de cisalhamento transcorrentes, associado à geração de *rifts*, com deposição de seqüências vulcano-sedimentares em bacias do tipo *pull-apart (strike-slip)*, e a processos de delaminação crustal, com intenso magmatismo plutônico, de composições granítica e diorítico-gabroica.

No extremo sul do Cinturão Dom Feliciano, o limite entre o Cryogeniano e o Ediacarano foi marcado por um amplo magmatismo e pelos eventos de sedimentação da Bacia do Camaquã. O magmatismo deste período é representado pelas suítes granitoides do Batólito Pelotas, pelas sucessões vulcânicas da Bacia do Camaquã e por corpos graníticos intrusivos nas unidades Paleoproterozoicas dos terrenos Taquarembó e Tijucas e nas unidades Neoproterozoicas do Terre-

no São Gabriel. As principais estruturas transcorrentes regionais, como as zonas de cisalhamento Dorsal do Canguçu, Quitéria-Serra do Erval, Erval, Vila Ayrosa Galvão, Pedro Osório e Arroio Grande, entre outras, possibilitaram a ascensão e o posicionamento de um importante volume de fusões mantélicas e crustais (*e.g.* Philipp & Machado, 2005; Philipp *et al.*, 2016). A evolução das zonas de cisalhamento promoveu a decompressão em níveis superiores do manto, reativando, assim, as fontes anteriores de magmatismo cálcio-alcálico pré-colisional (Bitencourt & Nardi, 1993, 2000).

O contato entre os terrenos Taquarembó, São Gabriel e Tijucas, na porção central do Cinturão Dom Feliciano, representa a principal zona de fraqueza, que originou as quatro fases de *riffts*, que controlaram os depósitos vulcano-sedimentares da Bacia do Camaquã (650-540 Ma). O vulcanismo da Formação Acampamento Velho e de outros corpos intrusivos correlacionados apresenta evolução geoquímica similar à das rochas vulcânicas e subvulcânicas tardias do Batólito Pelotas.

A porção oriental do Cinturão Dom Feliciano, no extremo sul do Brasil, é representada pelo Batólito de Pelotas (Fragoso-Cesar *et al.*, 1986; Philipp & Machado, 2005), caracterizado por um volumoso magmatismo sin a tardi-orogênico, que inclui suítes graníticas cálcico-alcálicas alto-K, meta-aluminosas e peraluminosas, granitoides, com afinidade shoshonítica, e, de modo subordinado, granitos alcalinos metaluminosos pós-colisionais. As suítes granitoides estão associadas a magmas básicos, representados por gabros e dioritos, por enclaves máficos microgranulares, por enxames de diques básicos e por corpos graníticos híbridos, todos com assinaturas de magmas toleíticos continentais (Bitencourt & Nardi, 1993; Philipp *et al.*, 2000). Estudos desenvolvidos ao longo das últimas décadas sugerem que as rochas

vulcânicas e subvulcânicas, de composição ácida do Batólito Pelotas são geneticamente relacionadas aos granitoides da Suíte Dom Feliciano (550-570 Ma) (Philipp *et al.*, 2000; Zanon *et al.*, 2006; Oliveira *et al.*, 2015; Noll Filho *et al.*, 2019).

Neste capítulo, são discutidos dados petrográficos, geoquímicos e geocronológicos dos sistemas vulcânicos e subvulcânicos riolíticos, associados ao Batólito Pelotas, com o objetivo de apresentar uma síntese sobre a evolução do vulcanismo pós-colisional na porção oriental do Cinturão Dom Feliciano.

2 O BATÓLITO PELOTAS E OS SISTEMAS VULCÂNICOS E SUBVULCÂNICOS RIOLÍTICOS

O Batólito Pelotas (Fig. 1) foi definido por Fragoso-Cesar *et al.* (1986), para caracterizar uma faixa alongada, com direção NE-SW, interpretado como um complexo plutônico polifásico e multi-intrusivo, resultante de processos tectônicos sin a tardi-orogênicos, relacionados à evolução do Ciclo Brasileiro (Soliani Jr., 1986; Philipp *et al.*, 2000, 2016). É composto por suítes graníticas Neoproterozoicas, geradas durante e após o clímax da orogenia Dom Feliciano. Uma grande variedade de xenólitos, de rochas metamórficas para e ortoderivados, de alto e de baixo grau, é encontrada em todas as suítes graníticas (Philipp *et al.*, 2000). As suítes graníticas têm disposição alongada e concordante com a estrutura do cinturão, e sua geração e seu posicionamento foram controlados por zonas de cisalhamento transcorrentes, de alto ângulo. O contato oeste do batólito é definido pela Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu, caracterizada por uma espessa faixa de milonitos, com cinemática sinistral e direção N40-50°E. A estratigrafia interna do batólito foi definida, a partir de dados petrológicos e geocrono-

lógicas, sendo caracterizadas as seguintes unidades graníticas: Granito Quitéria (~650 Ma); Suíte Cordilheira (~640-620 Ma); Complexo Pinheiro Machado e suítes Erval e Vião (~625-615 Ma); Suíte Piquiri (~615-610 Ma); Suíte Encruzilhada do Sul (~600 Ma); Suíte Dom Feliciano (600-550 Ma); e manifestações subvulcânicas sinplutônicas (Riolitos Asperezas).

A Suíte Dom Feliciano (SDF) é constituída pelas rochas graníticas mais jovens do Batólito Pelotas, caracterizadas por grandes homogeneidades composicional, estrutural e petrográfica. São intrusivas nas demais suítes do batólito, apresentando relação tardia com a movimentação dúctil das zonas de cisalhamento. O Granito Dom Feliciano é o principal corpo da suíte, com forma alongada, segundo N50°E, com cerca de 180 km de comprimento e com 15 km a 45 km de largura (Philipp *et al.*, 2000). As semelhanças composicional, geoquímica e geocronológica entre as rochas graníticas da SDF e as rochas riolíticas subvulcânicas presentes em diversas regiões do batólito sugere o vínculo genético entre estas unidades. Na região de Piratini, os enxames de diques félsicos estão intimamente associados a diques máficos, constituindo diques compostos (Zanon *et al.*, 2006).

Dados Rb-Sr mostram idades de referência de 572 ±10 Ma (Cordani *et al.*, 1974) e de 550 Ma (Teixeira, 1982) e idades isocrônicas de 547 ±17 Ma (granitos e pegmatitos da cidade de Cristal), de 544 ±5 Ma (Granito Arroio dos Ladrões), de 550 ±6 Ma (granitos equigranulares de Cristal e de Dom Feliciano) e de 560 ±12 Ma (riolitos da Serra das Asperezas) (Soliani Jr., 1986). A idade obtida pelo método U-Pb TIMS em zircão para o Granito Ponta Grossa indicou 600 Ma (Philipp *et al.*, 2007), mesma idade obtida por U-Pb (SHRIMP) para o Granito Santana.

Trabalhos recentes (Sommer *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2015; Noll Filho *et al.*,

2019) ratificam, através de dados geoquímicos e geocronológicos, a correlação genética entre as rochas vulcânicas e subvulcânicas ácidas e os granitoides mais diferenciados da Suíte Dom Feliciano (550-570 Ma). Segundo Sommer *et al.* (2012), os sistemas vulcânicos e subvulcânicos do Batólito Pelotas se encontram paralelos às principais zonas de cisalhamento, de direção NE-SW, e estão associados, espacialmente, a três domínios principais: nordeste, central e sudoeste (Fig. 1). No domínio nordeste, o sistema principal é o Riolito Ana Dias (RAD) (UFRGS, 1978), que ocorre na região de Quitéria, como um corpo intrusivo raso, de dimensões quilométricas, com diques associados, concordante com a Zona de Cisalhamento Quitéria-Serra do Herval, de direção N60°E. O domínio central é caracterizado por um enxame de diques ácidos métricos a decamétricos, com orientações dominantes N10-30°W e N-S, que ocorrem na região dos municípios de Pinheiro Machado (Riolito Asperezas) e de Piratini (Fragoso-Cesar *et al.*, 1986; Almeida *et al.*, 1990; Philipp *et al.*, 2000; Zanon *et al.*, 2006). Em Piratini, os diques aproveitam as fraturas de extensão, associadas ao Granito Bela Vista, cujo posicionamento foi controlado por uma zona de cisalhamento rúptil, de direção N45°E (Philipp *et al.*, 1991; Zanon *et al.*, 2006). No domínio sudoeste, na região de Herval, ocorrem os únicos registros de manifestações vulcânicas *strictu sensu* do Batólito Pelotas, representados pelos depósitos efusivos e piroclásticos de Cerro Chato e de Cerro Partido.

2. 1 Sistema subvulcânico do domínio nordeste: Riolito Ana Dias e diques relacionados

O Riolito Ana Dias constitui uma feição geomorfológica de destaque na região de Quitéria, localizada cerca de 40 km ao sul

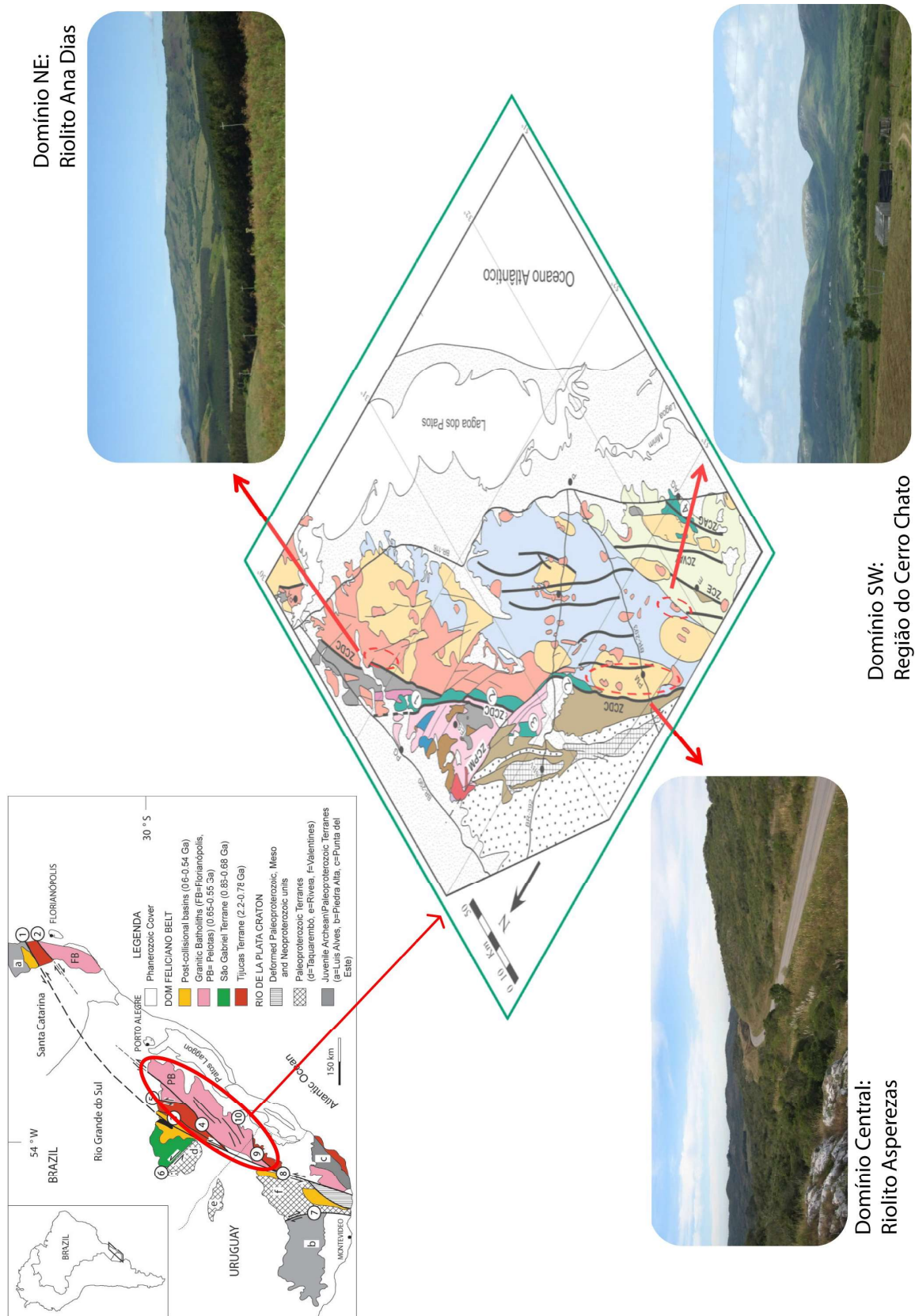


Figura 1 – Localização e contexto geológico das áreas estudadas (modificado de Philipp *et al.*, 2007).

do município de Butiá, marcando o ponto mais elevado do Batólito Pelotas (602 m) (Fig. 2). O corpo subvulcânico tem forma alongada na direção NE-SW, com dimensões de 18 km x 4,5 km e é intrusivo em gnaisses do Complexo Arroio dos Ratos e nos granitos Quitéria, Passo da Divisa e Serra do Erval (UFRGS, 2006, 2007). Os riolitos ocorrem, ainda, como diques métricos tardios, intrudindo o corpo principal e as rochas encaixantes, tanto na região do Cerro Ana Dias como na região de Porto Alegre.

Os riolitos do corpo principal apresentam textura porfírica a seriada e variação gradacional para rochas equigranulares finas. Os fenocristais de quartzo facetado, de K-feldspato e, mais raramente, de plagioclásio e/ou hornblenda são subédricos a euédricos e perfazem cerca de 20% a 40% do volume da rocha. A matriz é inequigranular hipidiomórfica fina (<1 mm), tendendo a heterogranular, e consiste de quartzo, de K-feldspato e de plagioclásio. Faixas cataclásticas são observadas, de modo restrito, ocasionando a cominuição dos fenocristais, formando uma matriz fina de quartzo e de mica branca. Variações texturais incipientes ocorrem em certas partes do corpo principal, caracterizadas pela diminuição no grau de cristalinidade da matriz e na porcentagem de fenocristais (<15%). Os diques de riolitos, tanto na região do Cerro Ana Dias como na região de Porto Alegre, apresentam textura porfírica, com fenocristais euédricos (ca. 40-50%) de K-feldspato, de quartzo e, raro, de plagioclásio. A matriz de composição quartzo-feldspática é microcristalina a afanítica, com aspecto vítreo (Fig. 2). As estruturas de fluxo magmático são raras e observadas nas bordas de alguns diques.

Medidas das razões de U-Pb obtidas em cristais de zircão de riolitos indicam uma idade de cristalização de $581,9 \pm 1,9$ Ma (Oliveira et al., 2015).

2. 2 Sistema subvulcânico do domínio central: Enxame de Diques Piratini e Asperezas

O domínio central é caracterizado por um enxame de diques ácidos, que se estendem, desde a região de Pinheiro Machado e de Pedras Altas (Riolitos Asperezas), até os municípios de Piratini e a região do arroio Solidão (Enxame de Diques Piratini) (Almeida et al., 1990; Fragoso-Cesar, 1991; Philipp et al., 2000; Zanon et al., 2006) (Fig. 1 e 3). Os diques são intrusivos em corpos das suítes Pinheiro Machado e Viamão, mas ocorrem, preferencialmente, no entorno de granitos da Suíte Dom Feliciano (SDF).

Os diques ácidos ocorrem, associados a diques básicos, como centenas de corpos tabulares e subparalelos, de espessuras variáveis entre 5 e 50 metros e de extensões quilométricas, posicionados nas direções NE-SW a NW-SE (Fragoso-Cesar et al., 1986; Philipp et al., 1991; Zanon et al., 2006). Os diques de direção NW-SE são indeformados ou com cataclase incipiente, enquanto os de direção NE-SW podem apresentar foliação milonítica bem desenvolvida. Foram observadas intrusões leucograníticas em alguns diques, o que sugeriu uma origem sin-plutônica para os Riolitos Asperezas (Fragoso-Cesar et al., 1986) (Fig. 3).

Os diques ácidos apresentam pequenas variações texturais, principalmente, no conteúdo de fenocristais e no grau de cristalinidade da matriz (Fig. 3). São porfíricos a glomeroporfíricos, com 30-40% de fenocristais euédricos de quartzo, de K-feldspato e de plagioclásio, em uma matriz constituída por intercrescimento quartzo-feldspático granofírico. Riolitos afíricos ou fracamente porfíricos ocorrem, de maneira subordinada (fenocristais < 5%). Apresentam textura granofírica, com intercrescimento entre quartzo e K-feldspato e com abundância de

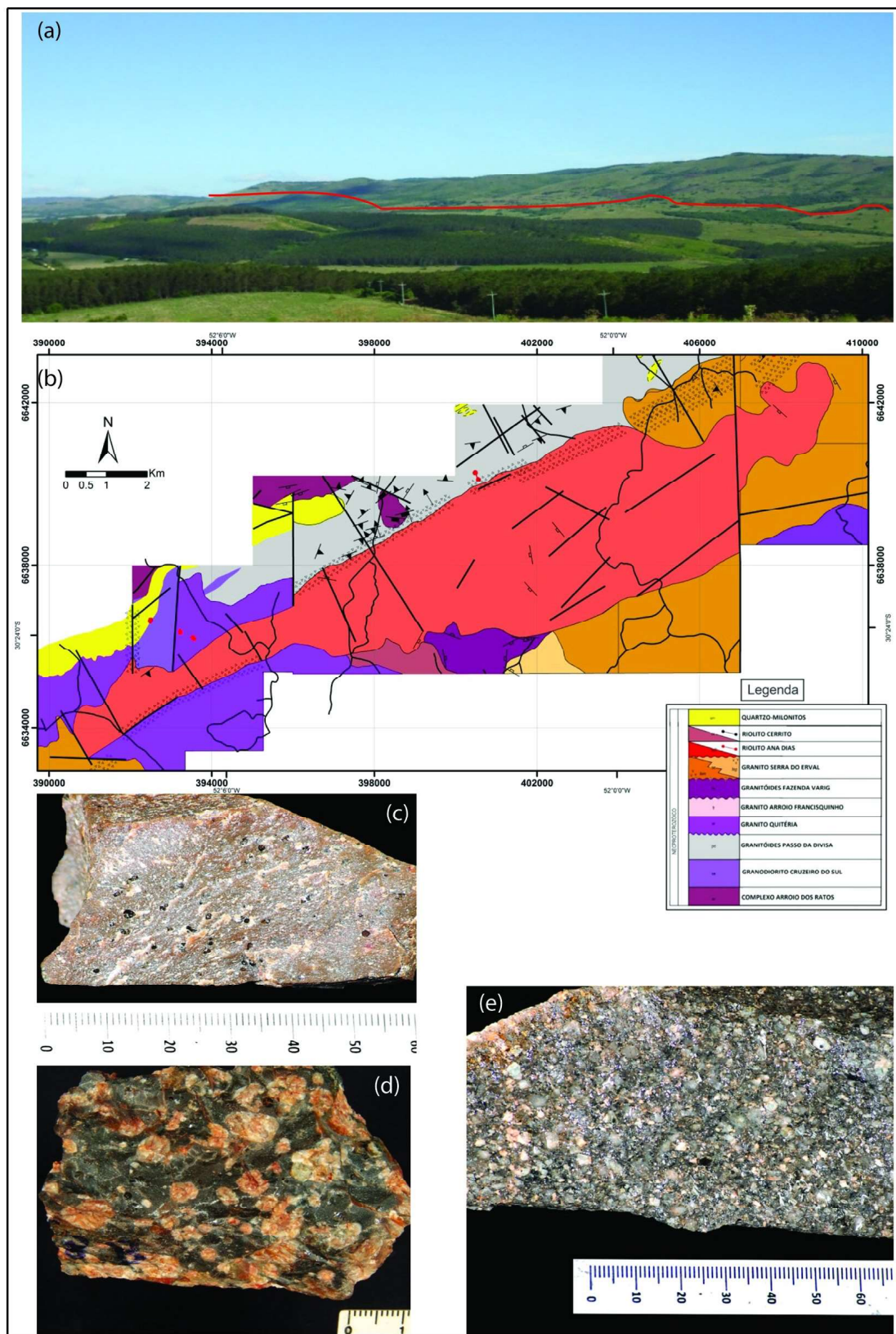


Figura 2 – (a) Feição geomorfológica, relacionada ao Cerro Ana Dias (Az 140°); (b) mapa geológico da região do Riolito Ana Dias (modificado de UFRGS, 2006, 2007 e de Oliveira *et al.*, 2011); feições macroscópicas características do Riolito Ana Dias: (c) fácies porfírica e diques; (d) fácies equigranular fina a média, de aparência plutônica, predominante no corpo principal.

esferulitos do tipo radial, com intercrescimentos fibro-radiados de quartzo e de feldspato, observados tanto ao redor de fenocristais de quartzo quanto na matriz, indicativos de processos de devitrificação de alta temperatura (Fig. 3).

Dados de Rb/Sr obtidos por Soliani Jr. (1986) indicam idades de 560 ± 12 Ma para os diques ácidos, enquanto uma idade U-Pb em zircão de 550 ± 27 Ma foi obtida por Philipp *et al.* (2016). Estas idades sugerem o vínculo deste sistema riolítico aos eventos magmáticos finais do Batólito Pelotas.

2. 3 Sistemas vulcânico e subvulcânico do domínio sudoeste: Cerro Chato e Cerro Partido

A região do Cerro Chato é constituída por duas feições geomorfológicas de destaque, resultantes da ação de falhas, de direções NW-SE e NE-SW: os cerros Chato e Partido (Fig. 1 e Fig. 4). O embasamento desta sequência vulcânica é constituído por granitoides das suítes Pinheiro Machado e Dom Feliciano. Dados isotópicos U-Pb obtidos em cristais de zircão das duas unidades ácidas indicam idades de $630.4 \pm 2,8$ Ma para os derrames riolíticos e de 561 ± 2 Ma para os riolitos hipabissais do Cerro Partido (Noll Filho *et al.*, 2019).

2. 3. 1 Sistema vulcânico do Cerro Chato

O Cerro Chato apresenta formas dômicas e é caracterizado por depósitos piroclásticos na porção basal, sucedidos por derrames, ambos de composição riolítica (Fig. 4). Os depósitos piroclásticos são classificados como ignimbritos, com alto grau de soldagem, e mostram variações incipientes e gradacionais, agrupadas em duas fácies principais: lúpili-tufo rico em líticos (ILT) e lúpili-tufo rico em cristais e com forte estrutura eutaxítica (ecLT) (Noll Filho *et al.*, 2019). A fácies

ILT ocorre na porção basal da sequência e é caracterizada por depósitos tabulares, de espessura métrica, com termos mal selecionados e de grau de soldagem moderado a alto, e com estrutura eutaxítica incipiente. Predominam os fragmentos líticos de tamanho lúpili, envoltos por uma matriz tufácea (Fig. 4). Os fragmentos principais são de riolitos e de ignimbritos e, subordinadamente, acidentais de rochas encaixantes. Os piroclastos juvenis são de fragmentos vítreos e de cristais (20-25%). *Fiamme* são comuns e quartzo, K-feldspato e plagioclásio são os minerais predominantes. A matriz tufácea é extremamente fina e, originalmente, vítrea. É constituída por *shards* e por intercrescimentos quartzo-feldspáticos, como produtos de desvitrificação (Fig. 4). A fácies ecLT é constituída por depósitos com geometria tabular e com espessuras métricas. São mal selecionados e têm alto grau de soldagem, com abundância de piroclastos, de tamanho lúpili, em matriz tufácea muito fina e de aspecto vítreo. Fenocristais e fragmentos de cristais de K-feldspato e de quartzo predominam e raros litoclastos conatos (1-2 cm), de rochas riolíticas, são observados. *Fiamme* são abundantes e ocorrem em proporções similares à dos cristais. A matriz é constituída por *shards* e por esferulitos, indicando processos de desvitrificação de alta temperatura. O grau de achatamento dos fragmentos de púmices varia, de moderado a muito forte, evidenciado por uma forte estrutura eutaxítica. Em algumas porções, observa-se a presença da estrutura parataxítica, com vários padrões de foliação, sugerindo processos reomórficos.

Os derrames riolíticos ocorrem, cortando e sobrepondo os depósitos piroclásticos. São rochas hemicristalinas, com forte estrutura de fluxo (fhR) sub-horizontal e, subordinadamente, subvertical, com diversos padrões de dobras. Em algumas porções, observam-se a ruptura da foliação e a brechagem da rocha. A fácies riolito autobrechado

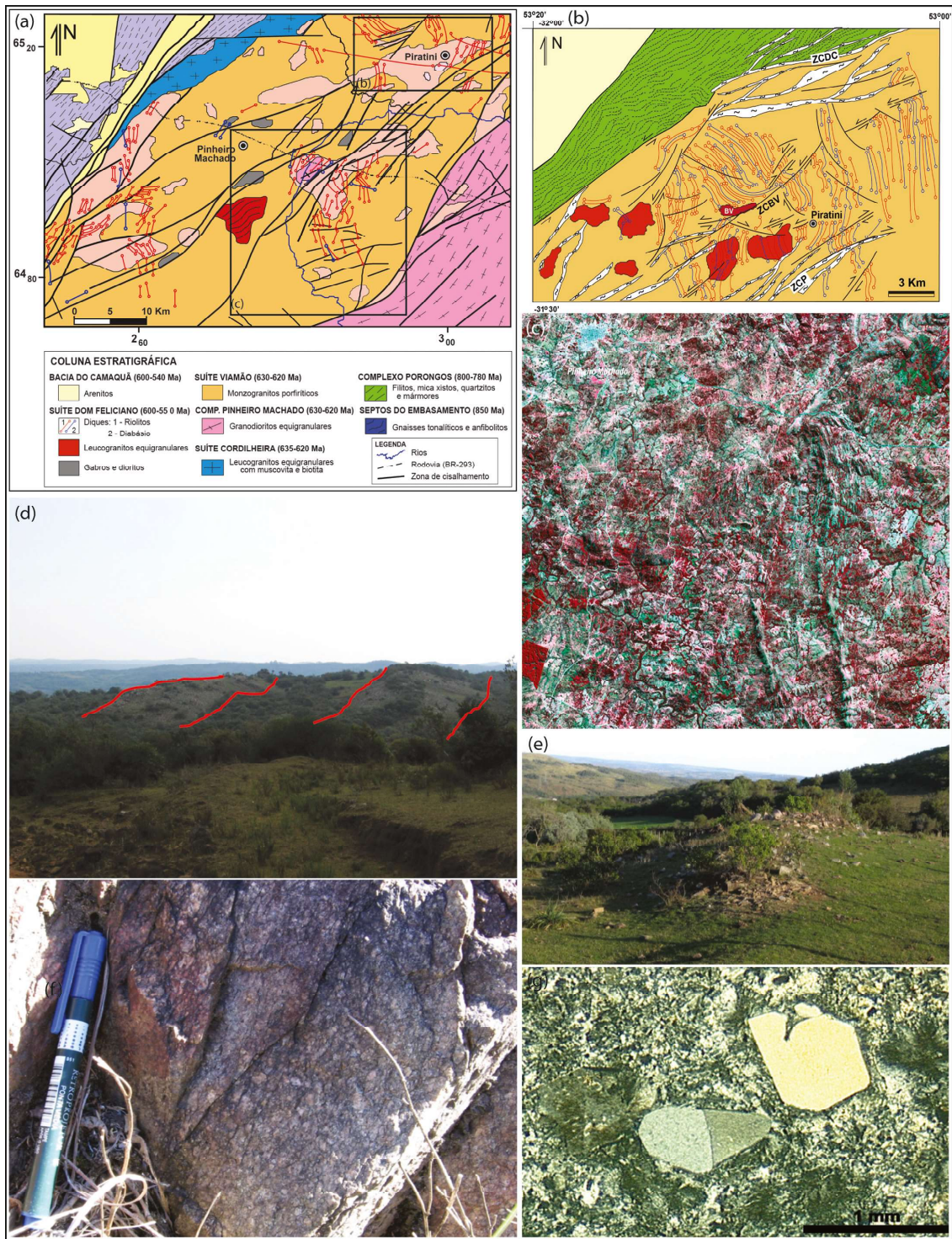


Figura 3 – (a) Mapa geológico da região de Pinheiro-Machado/Piratini, com representação do Enxame de Diques Asprezas; (b) imagem do sensor ASTER, com a morfologia dos diques na região de Pinheiro Machado; (c-d) aspectos geomorfológicos e de campo dos diques riolíticos; (e-f) exemplos de feições macro e microscópicas de riolitos.

(bR) é monomítica e caracterizada pelo padrão textural *jigsaw fit*, com fragmentos centimétricos e angulares do próprio riolito

foliado (Fig. 4). No geral, o riolito é porfírico, com fenocristais (5-10%) eúdricos de quartzo, de K-feldspato e de plagioclásio, en-

voltos por matriz afanítica, de aspecto vítreo. Em algumas porções, a rocha se mostra holohialina, com notável textura esferulítica (Fig. 4). Processos de desvitrificação de alta temperatura em diferentes estágios são comuns no material originalmente vítreo da matriz, com presença de esferulitos e de intercrescimento granofírico.

2.3.2 Sistema subvulcânico do Cerro Partido

O Cerro Partido é caracterizado por um corpo subvulcânico riolítico, alongado na direção NE-SW, com 8 km de comprimento e com 0,7 km de largura (Fig. 4). É intrusivo nos depósitos piroclásticos da sequência Cerro Chato, em granitoides das suítes Pinheiro Machado e Dom Feliciano e em rochas da Sequência Sedimentar Cerro Chato (Noll Filho *et al.*, 2019).

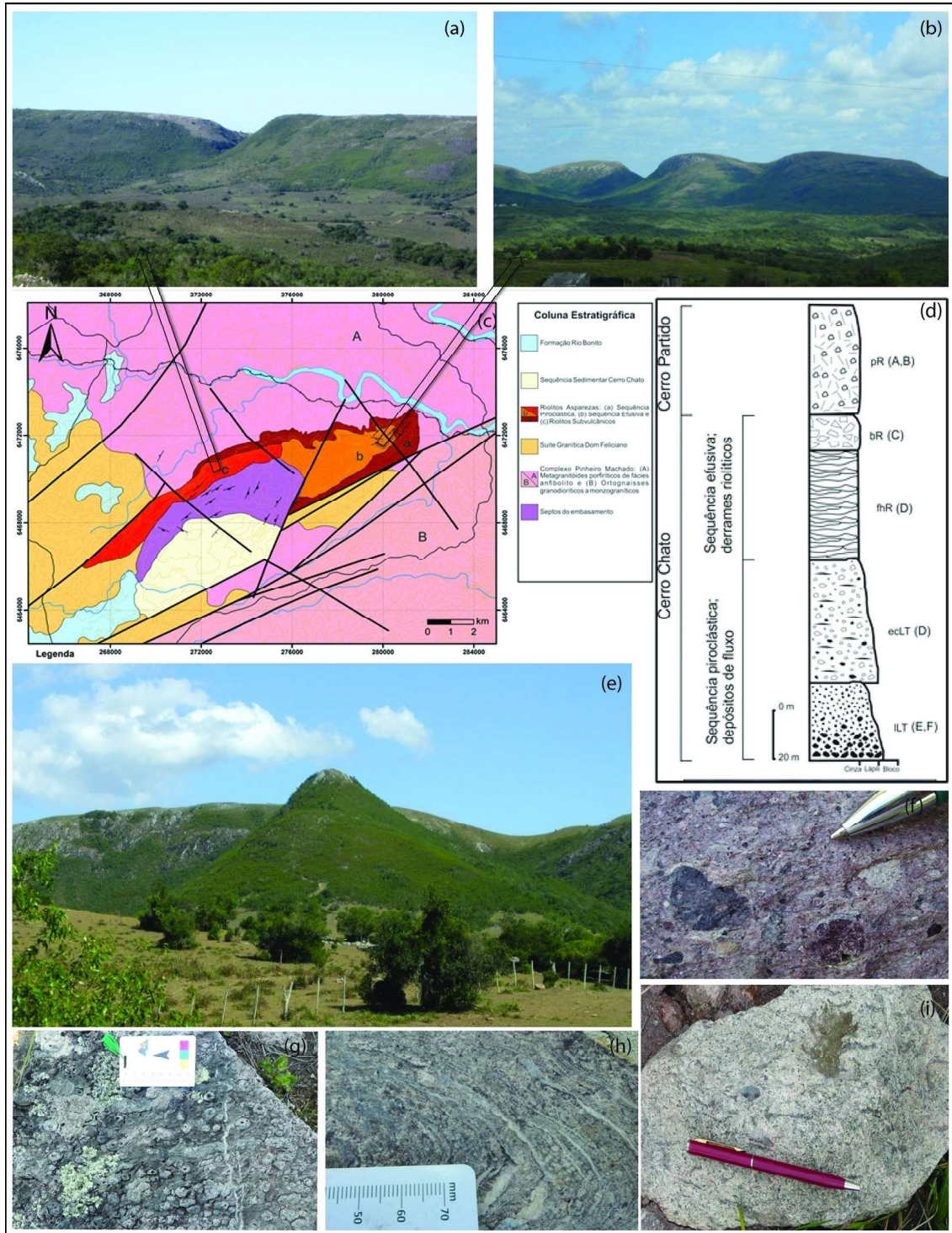
Os riolitos subvulcânicos têm textura equigranular fina a glomeroporfirítica, com fenocristais (45%) de quartzo, de K-feldspato e de plagioclásio, subédricos a euédricos, envoltos por uma matriz equigranular fina, composta pelas mesmas fases minerais. Intercrescimento granofírico entre quartzo e feldspato ocorre, comumente, na matriz, como produto avançado do estágio de desvitrificação em alta temperatura.

3 CARACTERIZAÇÃO DO MAGMATISMO ÁCIDO

Em termos geoquímicos, predominam riolitos, com elevados valores de SiO_2 (> 70%), semelhantes aos dos sistemas riolíticos alta-sílica. Rochas traquidácicas ocorrem, de maneira subordinada, e são vinculadas ao Enxame de Diques Asperezas (Fig. 5). As rochas ácidas formam uma tendência próxima ao limite entre as séries alcalinas e as subalcalinas saturadas de sílica (Fig. 5a). A natureza alcalina do magmatismo

é indicada pelas relações entre os elementos-traço e os maiores (Fig. 5a, Fig. 5d e Fig. 5h), por razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ acima de 1,0 e pelos altos teores de HFSE. É importante destacar que alguns diques, relacionados aos Riolitos Asperezas, assim como certas rochas, vinculadas ao Enxame de Diques Piratini, ao redor do Granito Bela Vista, apresentam uma maior alcalinidade, evidenciada pelo *trend* tipicamente alcalino e sódico (Fig. 5b). As rochas riolíticas das demais unidades apresentam elevados valores da razão $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (1,5 a 2,5), similares aos da série shoshonítica, entretanto, com valores mais baixos de Sr (< 200 ppm) (Fig. 5c). Outras características relevantes são os elevados valores de álcalis (8-9,2% wt), das razões $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t+\text{MgO})$ (0,88-1,0) e do índice agpaítico $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ molar > 0,6) e os baixos conteúdos de Al_2O_3 , de CaO e de MgO. Os valores de Zr, de Rb, de Y, de Nb e de Ga são moderados, em comparação com os conteúdos relativamente baixos de Ba e de Sr. Estas características são comuns em magmas ácidos metaluminosos, de afinidade alcalina, semelhantes ao observado em granitos pós-colisionais do tipo-A (Nardi & Bittencourt, 2009).

O comportamento de alguns elementos-traço, quando normalizados, segundo valores de ORG (Fig. 5), mostra um enriquecimento em elementos mais incompatíveis. Esta característica, juntamente com o enriquecimento em elementos-traço incompatíveis e em ETR, as anomalias negativas de Ba e as positivas de Ce e o enriquecimento de K_2O e de Rb, em relação ao Nb, são característicos de magmas derivados de fontes mantélicas, enriquecidas em elementos incompatíveis e com participação crustal. Este comportamento é semelhante entre as rochas do Cerro Chato e as do Cerro Ana Dias. O maior enriquecimento em HFSE, observado em alguns diques, vinculados ao Riolitos Asperezas, e nos Diques Piratini, é



característico de líquidos alcalinos sódicos. O padrão de ETR normalizado ao condrito (Nakamura, 1974) mostra valores elevados des-

tes elementos e um aumento considerável de fracionamento em ETR, com o aumento da diferenciação. O forte enriquecimento de

ETRL, em relação aos pesados, e as fortes anomalias negativas de Eu são feições características de magmas ácidos alcalinos e metaluminosos (Nardi & Bonin, 1991).

Em diagramas discriminantes de ambientes tectônicos, as rochas do Riólito Ana Dias ocupam o campo de ambientes pós-colisionais, enquanto as rochas do Cerro Chato e dos Riólitos Asperezas tendem a ambientes intraplaca (Fig. 5g). Com base em diagramas de classificação de granitoides (Whalen *et al.*, 1987), as amostras ocupam o campo de granitos do tipo "A" (Fig. 5). Esta interpretação é corroborada pelos valores da razão $104 \cdot \text{Ga}/\text{Al} > 2,6$, $\text{Ce} + \text{Y} + \text{Nb} + \text{Zr} > 400$ ppm e $\text{FeOt}/(\text{FeOt} + \text{MgO}) > 0,9$, como sugerido por Nardi & Bitencourt (2009), como valores característicos para o magmatismo granítico do tipo "A" no sul do Brasil.

4 DISCUSSÕES

4.1 Considerações petrológicas

Os sistemas vulcânicos e subvulcânicos riolíticos do Batólito Pelotas estão associados aos granitos da Suíte Dom Feliciano. A maioria dos riólitos ocorre como rochas subvulcânicas, nas formas de *stocks* e de enxames de diques, com direção preferencial NE-SW, concordantes com as principais estruturas do batólito. As principais variações faciológicas estão associadas a regiões com atividades explosivas e efusivas. Nos termos hipabissais, há a predominância de rochas com alto grau de cristalinidade, porfíricas a equigranulares, principalmente, nos corpos com dimensões maiores. A única ocorrência de rochas vulcânicas *strictu sensu* está restrita à região do Cerro Chato, no extremo sul do batólito, em que ocorrem manifestações explosivas e efusivas. Os corpos riolíticos são rasos ou extrusivos e estão afetados por uma tectônica rúptil, durante a evolução final do batólito. No entanto, nas regiões Pinheiro

Machado e Piratini, os diques são afetados por zonas de cisalhamento dúctil-rúpteis, que ocasionam a formação de dobras de arrasto e de feições de milonitização, como observado no Enxame de Diques Asperezas.

Não há registros, no Batólito Pelotas, de sequências sedimentares contemporâneas ou que tenham atuado como embasamento para os corpos riolíticos subvulcânicos. Deste modo, há uma forte relação entre estas intrusões rasas e a estruturação presente nas demais unidades do batólito, cuja descontinuidade pode ter servido como conduto para estes magmas félsicos tardios. Embora ocorram algumas zonas de cisalhamento, afetando alguns corpos riolíticos, o predomínio é a atuação de forte tectônica rúptil sobre estas intrusões. As eventuais atividades vulcano-sedimentares podem não ter sido preservadas, o que pode ser justificado pelo nível crustal aflorante. Na região do Cerro Chato, há relação entre os processos vulcânicos e os superficiais, com a preservação parcial das condições subáreas, durante as atividades efusivas e piroclásticas e a posterior erosão e o retrabalhamento, cujo lócus propício para deposição gerou depósitos sedimentares imaturos e com grande contribuição vulcânica. Este é o único registro, no batólito, de rochas sedimentares pré-existentes, que serviram de embasamento para os processos vulcânicos, sendo, inclusive, afetadas tectônica e termicamente pelos corpos hipabissais riolíticos.

Sistemas vulcânicos e subvulcânicos riolíticos, de alta sílica e extremamente viscosos, como os observados no Batólito Pelotas, estão associados, normalmente, a reservatórios magmáticos superficiais. É comum, portanto, uma grande quantidade de corpos hipabissais, associados a regimes vulcânicos efusivos, originados a partir da cristalização de magmas com alta viscosidade. Magmas com altas taxas de cristalização e com baixa mobilidade aproveitam as descon-

tinuidades, ao longo da crosta superior, como condutos para as erupções vulcânicas em superfície. Dependendo do nível de erosão e do nível crustal aflorante, pode-se observar corpos intrusivos rasos e enxames de diques, intrudindo o embasamento ou as unidades plutônicas cogenéticas. Este processo parece ser predominante no Batólito Pelotas, dada a característica dos corpos subvulcânicos maiores e altamente cristalizados, como o do Riólito Ana Dias, e pela grande quantidade de diques observados, principalmente, na porção centro-sul do batólito (*e.g.* Enxame de Diques Asperezas). Contexto semelhante, mas em nível muito mais raso, observa-se na região do Cerro Chato, em que o corpo subvulcânico Cerro Partido intrude, tanto a sequência vulcânica da região como os granitoides epizonais da Suíte Dom Feliciano. A direção NE-SW deste corpo coincide com a orientação dos domos e dos *coulées*, relacionados aos derrames riolíticos, sugerindo origens efusiva e fissural, com reativação da Zona de Cisalhamento Pedro Osório, principal descontinuidade regional.

As erupções geradas, a partir de câmaras magmáticas rasas de alta-sílica, tendem a ter caráter explosivo. Nestes casos, a sobrepressão do sistema provoca um aumento na concentração de voláteis, que, ao exceder a pressão litostática, geram intenso fraturamento, seguido de descompressão súbita, ocasionando a fragmentação e um regime explosivo. A região do Cerro Chato é a única, no Batólito Pelotas, que preserva unidades geneticamente relacionadas com este tipo de atividade vulcânica. A base da sequência é caracterizada por ignimbritos, vinculados às correntes de densidade piroclásticas (CDPs), indicando a ocorrência de diferentes fluxos ou de variações internas provocadas na CDP, comuns em processos do tipo agradação progressiva. O alto grau de soldagem e os processos de reomorfismo dos depósitos indicam que a geração das CDPs

pode ter um vínculo com o colapso contínuo de baixas colunas de erupção, relacionadas ao sistema fissural da região (Noll Filho *et al.*, 2019). Com a desvolatilização do sistema, há uma migração do sistema explosivo para o efusivo e a atividade passa a ser caracterizada pela extrusão de derrames riolíticos, praticamente afíricos, nos quais o fluxo laminar gera uma foliação de fluxo bem definida, comumente dobrada pela dificuldade da lava em fluir, em decorrência da alta viscosidade do sistema. Esta característica induz à formação de morfologias dômicas, características de vulcanismo félsico. Texturas vulcanoclásticas são comuns, devido à auto-brechação das lavas altamente viscosas, durante sua movimentação.

Em termos gerais, a geoquímica dos riolitos, associados ao Batólito Pelotas, apresenta padrões similares entre si e aos dos granitoides da Suíte Dom Feliciano. Os riolitos dos Diques Asperezas, da região de Piratini, mostram grande similaridade composicional, caracterizada por um grau de alcalinidade mais elevado, tendendo a magmas peralcalinos (Philipp *et al.*, 1991). São rochas na transição entre sistema alcalinos e subalcalinos, predominantemente, sódicos e metaluminosos. O comportamento dos elementos-traço corrobora estas observações, com a semelhança entre as rochas da região do Cerro Chato e as do Riólito Ana Dias, e uma tendência mais alcalina das dos Diques Asperezas, dada pelo maior enriquecimento em HFSE.

Todas as rochas riolíticas estudadas apresentam características geoquímicas compatíveis com as dos magmas graníticos do tipo-A e, juntamente com as relações de campo, são sugestivas de magmas, associados a ambientes pós-colisionais, como constatado por Philipp *et al.* (2002), por Philipp & Machado (2005) e por Nardi & Bittencourt (2009), para o magmatismo granítico do tipo "A" no sul do Brasil. Segundo estes

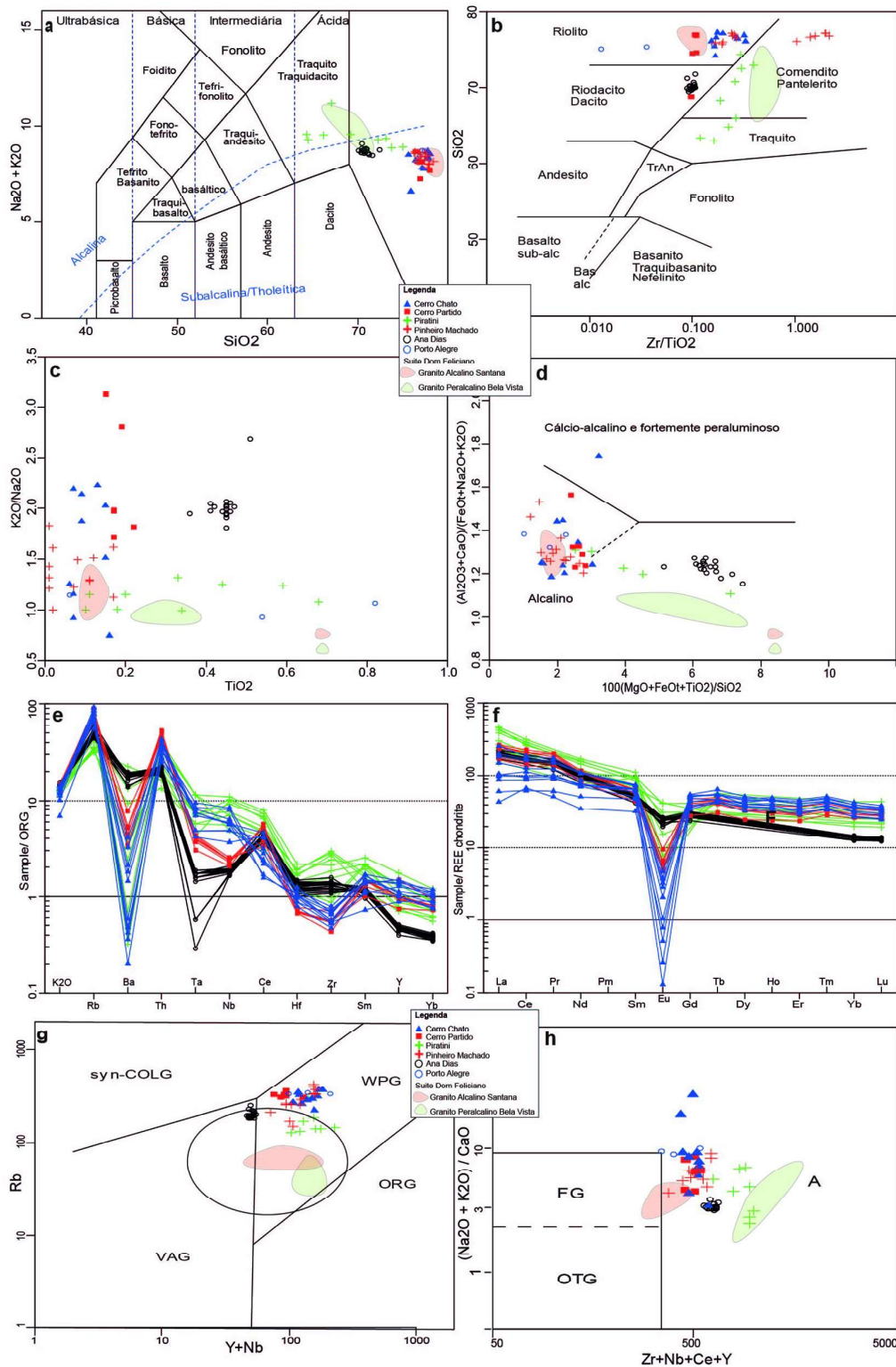


Figura 5 – Diagramas, com as principais características do magmatismo, relacionadas aos sistemas vulcânicos e subvulcânicos do Batólito Pelotas (modificado de Noll Filho *et al.*, 2019): (a) diagrama TAS (modificado de Le Bas *et al.*, 1986); (b) diagrama SiO_2 vs. Zr/TiO_2 (modificado de Winchester & Floyd, 1977); (c) diagrama de variação entre TiO_2 e $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$; (d) esquema de classificação proposta por Sylvester (1989), evidenciando a natureza alcalina das rochas estudadas; (e) diagrama multielementar normalizado pelo ORG (Pearce *et al.*, 1984); (f) diagrama, com o padrão de distribuição dos elementos terra rara normalizados pelo condrito (Nakamura, 1974); (g) diagrama discriminante de ambientes tectônicos (modificado de Pearce *et al.*, 1984); (h) diagrama de classificação de granitoides e de discriminante de ambientes tectônicos (modificado de Whalen *et al.*, 1987).

autores, a origem e a evolução deste magmatismo estão relacionadas a processos de diferenciação magmática, de magmas mantélicos básicos ou intermediários, associados à contaminação crustal. Estes processos marcam a evolução final do Cinturão Dom Feliciano e estão relacionados à delaminação crustal, promovida pela atividade tectônica transcorrente, como é o caso do Batólito Pelotas

Os dados geocronológicos de U-Pb em zircão indicaram idades de $581,9 \pm 1,9$ Ma para os riolitos do Cerro Ana Dias (Oliveira *et al.*, 2015) e de 561 ± 2 Ma para os riolitos subvulcânicos do Cerro Partido, na região do Cerro Chato (Noll *et al.*, 2019). Estes dados indicam a contemporaneidade entre os riolitos do Cerro Partido, com as dos litotipos do Enxame de Diques Piratini (cerca de 550 Ma) (Zanon *et al.*, 2006) e as dos granitoides, associados à Suíte Dom Feliciano, ambos representando o magmatismo tardio, relacionado à evolução final do Batólito Pelotas. Por outro lado, a idade de $630,4 \pm 2,8$ Ma obtida para as rochas vulcânicas do Cerro Chato é concordante com a idade obtida em clastos vulcânicos da base do Grupo Maricá ($630,2 \pm 3,4$ Ma) (Borba *et al.*, 2008), sugerindo que os riolitos do Cerro Chato possam ser as rochas fontes da deposição inicial da Bacia do Camaquã.

4.2 Modelo tectônico

O significado do magmatismo vulcânico/subvulcânico riolítico no Cinturão Dom Feliciano mostra contextos distintos, com relação às ocorrências representadas na Bacia do Camaquã e no Batólito de Pelotas. As rochas da Formação Acampamento Velho, do Grupo Santa Bárbara, representam a terceira sucessão vulcano-sedimentar da Bacia do Camaquã. Esta bacia foi depositada sobre um sistema de *rifts*, de direção NE-SW, situado no limite dos terrenos Taquarembó, Tiju-

cas e São Gabriel. Estes sistemas mostram idades de ativação distintas e estão constituídos por quatro sucessões, caracterizadas pelos grupos Maricá, Bom Jardim (600-590 Ma), Santa Bárbara (580-550 Ma) e Guaritas (550-540 Ma). Estes sítios de deposição contracenam com os altos do embasamento, representados por grandes domos e por antififormes regionais, de direção NE-SW, com cinco segmentos principais: Alto 1) Cachoeira do Sul, Santana da Boa Vista, Hulha Negra, Candiota (composto pela antififormes Capané), Serra dos Pedrosas, Serra do Gordinho e Candiota (composto pelos domos de Santana e da Vigia), e Jaiba-Torrinhas; Alto 2) Caçapava do Sul; Alto 3) Vila Nova do Sul-Ibaré; Alto 4) Bagé-Dom Pedrito; e Alto 5) Batólito Pelotas.

A atual estruturação do embasamento do RS foi desenvolvida entre 600 Ma e 550 Ma e envolveu a movimentação das grandes zonas de cisalhamento transcorrentes, associadas ao período pós-colisional, marcando a evolução final do Cinturão Dom Feliciano. Esta evolução está registrada pela transição entre o período final da colisão oblíqua dos crátons Rio de La Plata e Kalahari, que caracterizou o pico do metamorfismo colisional (650-620 Ma) e o período de máximo espessamento e de escape tectônico, que ocorreu entre 590-550 Ma e que marcou a formação e a reativação das estruturas transcorrentes, com movimentos direcionais e com lineações de estiramento, de baixo ângulo (Fernandes *et al.*, 1992; Saalman *et al.*, 2011; Philipp *et al.*, 2016).

Os principais segmentos crustais do Cinturão Dom Feliciano se movimentaram entre si, de modo concordante, alternando faixas dominadas por componentes transpressivos, que formaram os altos do embasamento, e por componentes transtensivos, que formaram bacias alongadas. A atuação simultânea de cinemáticas compressiva e transcorrente ocasiona a formação de do-

mos, que se alternaram, lateralmente, com faixas, nas quais a extensão e a transcorrência conjuntas geraram áreas deprimidas, que constituem as sub-bacias de *pull-apart*, que formaram os *riffts* Bom Jardim, Santa Bárbara e Guaritas, da Bacia do Camaquã. As principais estruturas, que delimitam os *riffts*, são caracterizadas por diversas zonas de cisalhamento, que serviram de conduto ao magmatismo pós-colisional. Deste modo, ao observarmos a geologia da região central do RS, podemos caracterizar um edifício crustal, de cerca de 20 km de espessura, com segmentos de crosta superior compostos pelas sucessões de cada sub-bacia (Maricá, Bom Jardim, Santa Bárbara e Guaritas), intrudidos por corpos graníticos de mesozona (entre 600-570 Ma) e de epizona (560-550 Ma). Associado à deposição do Grupo Bom Jardim e às vulcânicas, da Fm. Hilário, ocorre a colocação dos granitos shoshoníticos, que precedem à deposição do Grupo Santa Bárbara e à extrusão das vulcânicas ácidas e básicas da Fm. Acampamento Velho, bem como à colocação de diversos granitos alcalinos, cujos registros de metamorfismo de contato indicam colocação em profundidades de 2 km a 5 km.

O Batólito se comportou, basicamente, como uma unidade homogênea, embora subdividida, em campo, na forma de três compartimentos subparalelos, de direção NE-SW, expondo níveis crustais distintos em cada um destes três segmentos. Esta subdivisão mostra que o Batólito aflora como um domo, expondo uma porção central mais profunda, separada de um segmento mais raso, ao norte, e outra porção mais profunda, ao sul. Os segmentos do Batólito se movimentam entre si, ao longo de zonas de cisalhamento, mas a grande movimentação, em termos de deslocamento e de abertura de espaço, é marcada pela Dorsal de Canguçu. Desta maneira, a geração de espaço, para o posicionamento das rochas vulcânicas e

subvulcânicas ácidas, pode ser entendida de três maneiras: (i) como corpos alongados e como enxames de diques concordantes a zonas de cisalhamento, de direção NE-SW, como nos casos do Riolito Ana Dias e dos corpos do Cerro Chato e do Cerro Partido; (ii) como enxames de diques em fraturas de extensão, que se desenvolvem paralelos ao tensor principal (σ_1) do sistema de compressão, que tem direção NW-SE, como no caso dos diques de Porto Alegre, de Piratini, de Pinheiro Machado; e (iii) como diques, associados a conjugados de fraturas de cisalhamento, com combinação de aberturas próxima das direções E-W e N-S, como no caso dos diques do Riolito Ana Dias.

5 CONCLUSÕES

O final do Neoproterozoico no Escudo Sul-Rio-Grandense é marcado por um intenso magmatismo, representado por plutonismo e por vulcanismo, vinculados aos estágios pós-colisionais do Ciclo Orogênico Brasileiro/Pan-Africano. No Batólito Pelotas (a leste do Escudo), a maioria dos riolitos ocorre como rochas subvulcânicas, nas formas de *stocks* e de enxames de diques, com direção preferencial NE-SW, concordantes com as principais estruturas do batólito, que podem ser agrupados em três domínios principais, normalmente, paralelos a estruturas NE-SW: nordeste (Riolito Ana Dias), central (Enxame de diques Asprezas/Piratini) e sudoeste (Região do Cerro Chato). Não há registros de bacias sedimentares associadas, com exceção da região de Cerro Chato, no extremo sul do batólito, em que se tem a única ocorrência de rochas vulcânicas *strictu sensu*, com manifestações explosivas e efusivas.

Grande parte das rochas vulcânicas e subvulcânicas félsicas do Batólito Pelotas está associada aos granitos da Suíte Dom Feliciano. Dados geocronológicos sugerem

uma contemporaneidade entre as rochas subvulcânicas do Cerro Partido, na região do Cerro Chato, e as rochas dos litotipos do Enxame de Diques Piratini e do Riolito Ana Dias e os granitoides da Suíte Dom Feliciano. Ambos os grupos representariam o magmatismo tardio, relacionado à evolução final do Batólito Pelotas. Idades mais antigas, obtidas para as rochas vulcânicas do Cerro Chato, são concordantes com as dos clastos vulcânicos descritos no Grupo Maricá, sugerindo que os riolitos do Cerro Chato possam ser as rochas-fonte da deposição inicial da Bacia do Camaquã.

Todas as rochas riolíticas estudadas apresentam características geoquímicas compatíveis com as dos magmas graníticos do tipo-A, associados a ambientes pós-colisionais, e marcam a evolução final do Cinturão Dom Feliciano.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro (C. A. Sommer – processos 304036/2018-8, 406925/2018-6, 400724/2014-6, 441766/2014-5 e 302213/2012-0; e E. F. Lima – processo 302125/2016-7) e pela bolsa de produtividade em pesquisa (Carlos A. Sommer, Evandro F. de Lima e Ruy P. Philipp).

REFERÊNCIAS

- Almeida, D. P. M., Gomes, M. E. B., Philipp, R. P., Robaina, L. E. S. & Pintaúde, D. A. 1990. Contribuição ao conhecimento dos granitoides alcalinos da suíte Dom Feliciano do Batólito Pelotas, região de Torrinhas, RS. *Acta Geologica Leopoldensia*, 31: 59-72.
- Bitencourt, M. F. & Nardi, L. V. S. 1993. Late to post-collisional Brasiliano magmatism in southernmost Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 65(1): 3-16.
- Bitencourt, M. F. & Nardi, L. V. S. 2000. Tectonic setting and sources of magmatism related to the Southern Brazilian Shear Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 184-187.
- Borba, A. W., Mizusaki, A. M. P., Santos, J. O. S., McNaughton, N. J., Onoes, A. T. & Hartmann, L. A. 2008. U-Pb zircon and ⁴⁰Ar-³⁹Ar K-feldspar dating of syn-sedimentary volcanism of the Neoproterozoic Maricá Formation: constraining the age of foreland basin inception and inversion in the Camaquã Basin of southern Brazil. *Basin Research*, 20: 359-375.
- Cordani, U. G., Halpern, M. & Berenholc, M. 1974. Comentários sobre as determinações geocronológicas da folha de Porto Alegre. In: *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha de Porto Alegre e Lagoa Mirim*. Brasília, DNPM, p. 70-84.
- Fernandes, L. A., Tommasi, A. & Porcher, C. C. 1992. Deformation patterns in the southern Brazilian branch of the Dom Feliciano Belt: a reappraisal. *Journal of South American Earth Sciences*, 5(1): 77-96.
- Fragoso-Cesar, A. R. S. 1991. *Tectônica de Placas no Ciclo Brasileiro: As orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul*. São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Fragoso-Cesar, A. R. S., Figueiredo, M. C. H., Soliani Jr, E. & Faccini, U. F. 1986. O Batólito Pelotas no Escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia. *Anais*. Goiânia, SBG, 3: 1322-1343.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. & Zanettin, B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27(3): 745-750.
- Nakamura, N. 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38(5): 757-775.

- Nardi, L. V. & Bitencourt, M. F. 2009. A-type granitic rocks in post-collisional settings in southernmost Brazil: Their classification and relationship with tectonics and magmatic series. *The Canadian Mineralogist*, 47(6): 1493-1503.
- Nardi, L. V. & Bonin, B. 1991. Post-orogenic and non-orogenic alkaline granite associations: The Saibro intrusive suite, southern Brazil-A case study. *Chemical Geology*, 92(1-3), 197-211.
- Noll Filho, R. J., Sommer, C. A., Lima, E. F., Philipp, R. P. & Basei, M. A. S. 2019. High-silica Ediacaran volcanism in the Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil. *Geological Journal*, 54: 1413-1434.
- Oliveira, D. S., Sommer, C. A., Philipp, R. P. & Lima, E. F. 2015. Post-Collisional subvolcanic rhyolites associated with the Neoproterozoic Pelotas Batholith, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 63: 84-100.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W. & Tindle, A. G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25(4): 956-983.
- Philipp, R. P. & Machado, R. 2005. The late Neoproterozoic granitoid magmatism of the Pelotas Batholith, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 19: 461-478.
- Philipp, R. P., Chemale Jr., F. & Machado, R. 2007. A Geração dos granitoides Neoproterozoicos do Batólito Pelotas: evidências dos isótopos de Sr e Nd e implicações para o crescimento continental da porção sul do Brasil. In: *50 Anos de Geologia*, Porto Alegre, CIGO, Instituto de Geociências, UFRGS, 1: 59-77.
- Philipp, R. P., Nardi, L. S. V. & Bitencourt, M. F. S. 2000. O Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul. In: *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CIGO, Instituto de Geociências, UFRGS, p. 133-160.
- Philipp, R. P., Pimentel, M. M. & Chemale Jr., F. 2016. Tectonic evolution of the Dom Feliciano Belt in Southern Brazil: Geological relationships and U-Pb geochronology. *Brazilian Journal of Geology*, 46(1): 83-104.
- Philipp R. P., Almeida D. P. M., Gomes M. E. B. & Pintaúde D. A. 1991. Geoquímica do Granito Bela Vista, Piratini, RS: uma contribuição ao conhecimento do magmatismo alcalino no setor oriental do Escudo. *Acta Geol. Leopold.*, XIV (34): 95-122.
- Philipp, R. P., Machado, R., Nardi, L. V. S. & Lafon, J. M. 2002. O magmatismo granítico Neoproterozoico do Batólito Pelotas no Sul do Brasil: Novos dados e revisão da geocronologia regional. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(2): 277-290.
- Saalmann, K., Gerdes, A., Lahaye, Y., Hartmann, L. A., Remus, M. V. D. & Laufer, A. 2011. Multiple accretions at the eastern margin of the Rio de la Plata craton: the prolonged Brasiliano orogeny in southernmost Brazil. *International Journal of Earth Sciences*, 100: 355-378.
- Soliani Jr., E. 1986. *Os dados geocronológicos do Escudo Sul-Rio-Grandense e suas implicações de ordem geotectônica*. São Paulo. 425 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Sommer, C. A., Lima, E. F., Philipp, R. P., Noll Filho, R. J. & Oliveira, D. S. 2012. Sistemas vulcânicos e sub-vulcânicos riolíticos associados ao Batólito Pelotas, porção oriental do Escudo Sul-Rio-Grandense: dados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46, 2012, Santos. *Anais*. . . Santos, SBG. 1 CD-ROM.
- Sylvester, P. J. 1989. Post-collisional alkaline granite. *Journal of Geology*, 97: 261-280.
- Teixeira, W. 1982. Folhas SH. 22-Porto Alegre, SI. 22 - Lagoa Mirim e SH. 21 - Uruguaiana. *Interpretação dos dados radiométricos e evolução geocronológica*. Florianópolis, Projeto RADAMBRASIL. (Relatório Interno)

Voltar ao Sumário

DO SUL (UFRGS). 1978. *Projeto: Quitéria – Serra do Herval: Geologia da Faixa III*. Porto Alegre. 110 p. Trabalho de Graduação, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). 2006. *Mapeamento Geológico de parte da Folha Quitéria SH22-Y-B-I-4 (MI2985/4), RS*. Porto Alegre, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul escala 1:25.000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). 2007. *Mapeamento Geológico de parte das folhas Quitéria SH22-Y-B-I-4 (MI2985/4) e Serra do Erval – SH22-Y-B-II-3 (MI2986/3), RS*. Porto Alegre, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, escala: 1:25.000.

Whalen, J. B., Currie, K. L. & Chappell, B. W. 1987. A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95: 407-419.

Winchester, J. A. & Floyd, P. A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20: 325-343.

Zanon, C., Machado, R. & Philipp, R. P. 2006. Petrologia e geoquímica dos diques félsicos e máficos associados ao Batólito Pelotas na região de Piratini, RS. *Revista Brasileira de Geociência*, 36(1): 23-34.