

## Ocorrência e Significado dos Septos do Embasamento Encontrados nas Suítes Graníticas do Batólito Pelotas, RS, Brasil

RUY PAULO PHILIPP<sup>1</sup> & RÔMULO MACHADO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Caixa Postal 15001  
CEP 91540-000, Porto Alegre-RS. e-mail: philipp@if.ufrgs.br

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Rua do Lago, 562, Cidade Universitária,  
CEP 05422-970, São Paulo-SP. e-mail: rmachado@usp.br

(Recebido em 09/01. Aceito para publicação em 06/02)

**Abstract** - The Pelotas Batholith situated in the eastern part of Sul-rio-grandense Shield is NE oriented and has dimensions of about 400 x 120 km. It is a granitic belt with six main suites: Pinheiro Machado Suite, Erval Suite, Viamão Suite, Encruzilhada do Sul Suite, Cordilheira Suite and Dom Feliciano Suite. The development of a continental collision whose evolution started by the end of Neoproterozoic, 635-610Ma, and reached 550Ma, is registered in the granitic suites. Most granitoids are syn to late-collisional, which have their emplacement controlled initially by low- to mid-angle shear zones and lately by sub-vertical transcurrent shear zones. The last magmatic events produced alkaline and peralkaline granites and composite (acid and basic) dike swarms represent a post-collisional magmatism. During their ascension and emplacement these granitic units captured basement xenoliths sometimes with dimensions of several kilometers. Based upon petrographic, geochemical and structural data these xenoliths were compared with the metamorphic units that occur outside the batholith. Their similarity suggest that the batholith, in spite of being limited by shear zones, is very close to its original setting. The interaction of xenoliths with the granitic magma produced primary structures that reflect the conditions during the ascent and emplacement of granitic bodies and contribute to the understanding of the geotectonic evolution in the eastern part of Sul-rio-grandense Shield.

**Keywords** – syn-collisional granites; basement xenoliths; Pelotas Batholith.

### INTRODUÇÃO

O Batólito Pelotas, situado na porção leste do Escudo Sul-Rio-Grandense, é um dos mais expressivos batólitos graníticos brasileiros da região sul-sudeste do Brasil. Com uma área aflorante de cerca de 23.000 Km<sup>2</sup>, somente no Rio Grande do Sul, corresponde a um batólito de dimensões comparáveis aos batólitos andinos, norte-americanos e himalaianos (Fig. 1). O Batólito Pelotas foi definido originalmente como um complexo plutônico, multi-intrusivo e polifásico com evolução relacionada à adição de distintos processos tectônicos (Fragoso Cesar *et al.* 1986). A sua reconstituição estratigráfica e tectônica foi obtida a partir da integração de dados petrográficos, estruturais, geoquímicos e geocronológicos (Frantz & Remus, 1986; Soliani Jr., 1986; Philipp, 1990; 1991; May, 1990; Fernandes *et al.* 1990; Fragoso Cesar, 1991; Philipp *et al.* 1991, 1993; Koester, 1995; Vasquez, 1997, Philipp *et al.*,

1998). Philipp (1998) reconheceu seis suítes graníticas: Suíte Pinheiro Machado (SPM), Erval (SE), Viamão (SV), Encruzilhada do Sul (SES), Cordilheira (SC) e Dom Feliciano (SDF) (Fig. 2). Todas estas suítes contêm enclaves básicos (microdioríticos) e septos de rochas encaixantes. Nas SV e SDF ocorrem exposições cartografáveis de rochas básicas, como os Gabros Passo da Fabiana e o Diorito Capim Branco, além de outras. Nesta última suíte ocorrem ainda exposições vulcânicas e subvulcânicas de composição ácida, expressas como enxames de diques (Diques Riolíticos Asperezas) ou na forma de platôs de rochas piroclásticas (Tufos e Ignimbritos Ana Dias). Assinala-se também a ocorrência de magmatismo peralcalino representado pelo Granito Bela Vista. A composição geoquímica do magmatismo do batólito evoluiu de composições cálcico-alcálicas alto-K até alcálicas e peralcalinas. Os dados geocronológicos Rb/Sr, Pb/Pb e U/Pb disponíveis apontam para as rochas granitóides, idades

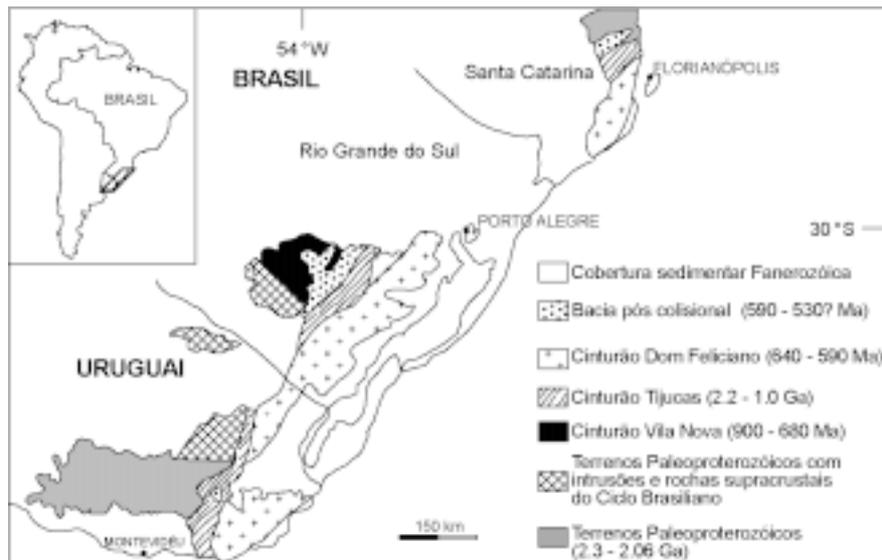


Figura 1 - Principais unidades geotectônicas do Sul do Brasil e Uruguai. Legenda: a= Terreno Luis Alves, b= Terreno Florida, 1= Terreno Taquarembó, 2= Terreno Rivera, 3= Terreno Valentines. Modificado de Chemale Jr. (2000).

no intervalo de 630-550 Ma (Soliani Jr., 1986; May, 1990; Fragoso Cesar, 1991; Babinski *et al.* 1997, Hartmann *et al.* 2000; Philipp *et al.* 2001).

Os septos do embasamento estão representados por rochas metamórficas de baixo a alto grau, que ocorrem em amplas áreas na porção norte do batólito e como xenólitos de dimensões centimétricas a decamétricas nos segmento central e sul. A falta de continuidade destas unidades comumente impossibilita a representação cartográfica, embora as citações sobre a existência de rochas metamórficas no interior dos granitóides sejam muito antigas (Carvalho, 1938; Leinz & Pinagel., 1945; Ribeiro, 1977; 1983). As principais exposições de gnaisses encontram-se no interior dos granitos da SES, englobadas no Complexo Metamórfico Várzea do Capivarita e no Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos (Fernandes *et al.*, 1990).

Os modelos tectônicos disponíveis para o Batólito Pelotas postulam a existência de um evento inicial de subducção sob uma margem continental ativa espessada (Fragoso Cesar *et al.*, 1986, Fragoso Cesar, 1991; Figueiredo *et al.* 1990; Philipp, 1990, 1998; Fernandes *et al.*, 1992; Chemale Jr., 2000) ou então consideram uma evolução relacionada a um evento colisional (Bitencourt & Nardi, 1993; Philipp *et al.*, 2000). O período sin-colisional está marcado pela formação da SPM, seguida pelas SE, SV, SC e SES. A etapa final é caracterizada por um período de relaxamento e soerguimento pós-colisional com a formação de um magmatismo alcalino a peralcalino representado inicialmente pelos

leucogranitos da SDF, e finalmente por enxames de diques ácidos-básicos e pelo granito Bela Vista (Philipp *et al.*, 1991).

Os dados isotópicos de Nd disponíveis para as diferentes suítes do batólito mostram valores de  $\epsilon_{Nd}$  negativos (entre  $-0,3$  a  $-15$ ) (May, 1990, Babinski *et al.*, 1997, Philipp, 1998; Philipp *et al.*, 2002). Estes resultados são compatíveis com os valores elevados das razões iniciais de  $Sr^{87}/Sr^{86}$  exibido pelas suítes (entre 0,706 a 0,716), indicando a predominância de processos de reciclagem crustal para a geração do magmatismo do Batólito Pelotas. A Suíte Cordilheira apresenta valores ainda mais elevados (entre 0,732 a 0,740). As idades modelo- $T_{DM}$  existentes fornecem valores dominantes no intervalo de 1600 a 2100 Ma, sugerindo a participação de crosta Paleoproterozóica como material fonte para geração do magmatismo granítico do Batólito Pelotas (May, 1990; Babinski *et al.*, 1997; Philipp, 1998; Philipp *et al.* 2001).

Uma feição tectônica marcante no arcabouço do batólito é a íntima relação entre a evolução do magmatismo e as zonas de cisalhamento dúcteis. Estas estruturas foram responsáveis pelo controle na colocação dos corpos graníticos, bem como pela impressão de tramas magmáticas e tectônicas em grande parte das suítes do batólito (Frantz & Remus, 1986; Philipp, 1990, 1998; Gomes, 1990; Mesquita, 1991; Fernandes *et al.*, 1992, entre outros).

Os objetivos deste trabalho são caracterizar as principais ocorrências de septos do embasamento no Batólito Pelotas e discutir a correlação dos mes-

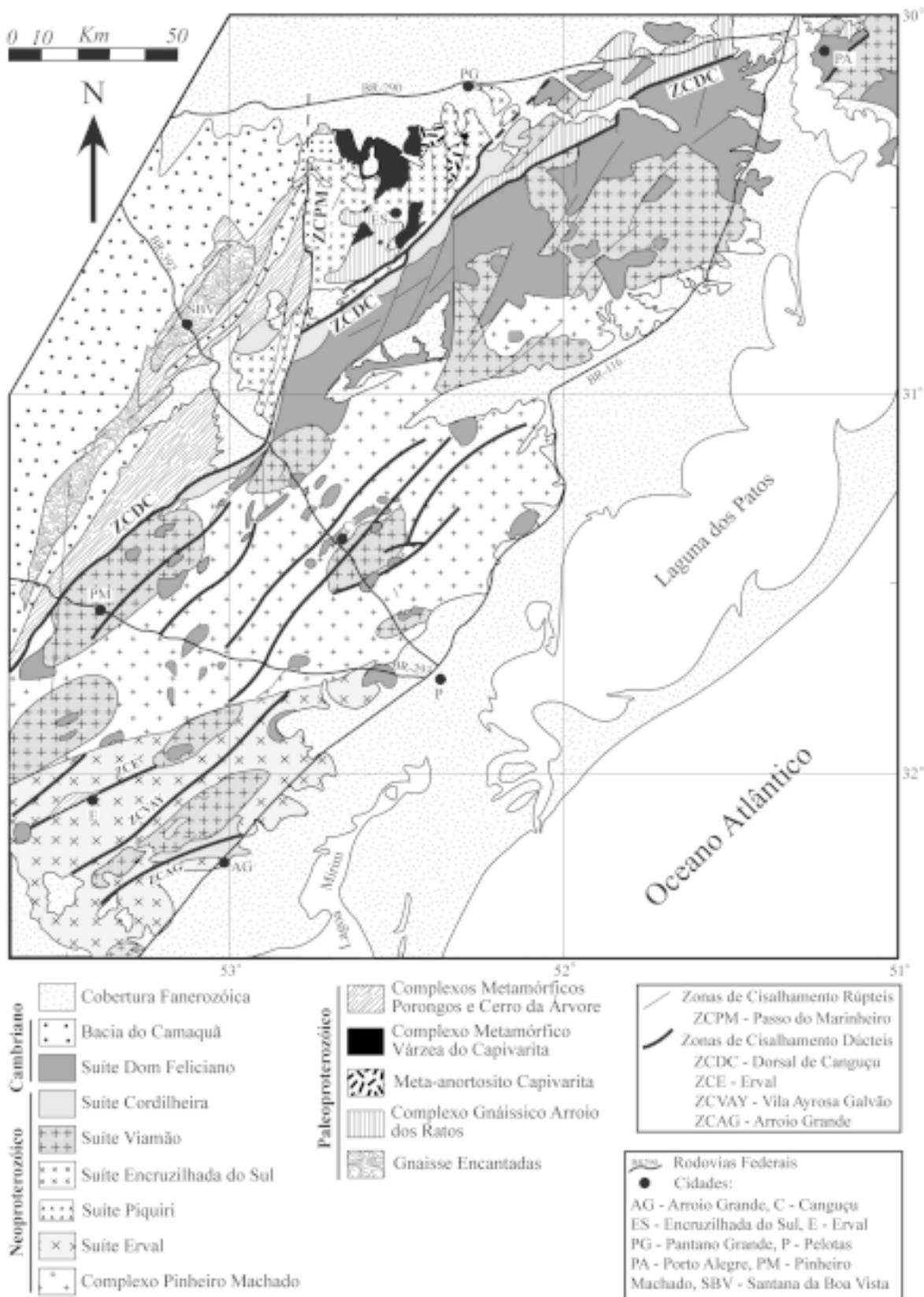


Figura 2 - Mapa geológico do Batólito Pelotas com a distribuição das suítes graníticas e das principais zonas de cisalhamento transcorrentes (Philipp, 1998).

mos, com as rochas metamórficas encaixantes situadas a oeste. Também serão abordadas as condições de posicionamento dos corpos a partir da observação de estruturas primárias indicativas da relação entre os septos e o magmatismo granítico.

## GEOLOGIA DOS SEPTOS DO EMBASAMENTO

### Septos na Suíte Pinheiro Machado (SPM)

Os septos encontrados na SPM ocorrem principalmente nos arredores das cidades de Piratini, Canguçu, Pinheiro Machado, São Lourenço e nas localidades de Vila Maciel, Basílio, Freire e no leito do Arroio da Solidão. Os xenólitos estão concentrados na porção centro-sul da área ocupada pela suíte. Com base na composição mineral, estruturas e texturas, foram reconhecidos seis grupos de xenólitos: (1) ortognaisses, (2) gnaisses quartzofeldspáticos migmatíticos, (3) anfibolitos nematoblásticos, (4) gnaisses cálcio-silicáticos, (5) anfibolitos finos ricos em biotita e hornblenda e (6) grana-biotita gnaisses bandados. As exposições mais importantes foram denominadas formalmente, enquanto as demais foram reunidas com base na natureza do protólito.

Os granitos encaixantes apresentam foliação magmática discordante da orientação do bandamento observado nos gnaisses, sendo comum o envolvimento destes por foliações primárias dispostas de modo concêntrico (Fig. 3a). Os xenólitos gnáissicos possuem formas arredondadas a subarredondadas, com dimensões centimétricas a métricas (0,20 a 3 m ou mais). Mostram contatos nítidos com a rocha hospedeira, com limites retos e curvos, podendo ocorrer também contatos gradacionais com assimilação parcial dos limites do xenólito.

### Gnaisses Piratini

O termo Gnaisses Piratini foi proposto por Fragozo Cesar *et al.* (1986) para designar os ortognaisses encontrados à leste da cidade de Piratini. Ribeiro (1977) já havia salientado o caráter gnáissico e migmatítico destas rochas. Os gnaisses ocorrem como xenólitos de dimensões métricas (entre 40 a 300 m) e mostram formas subangulosas. Apresentam estrutura bandada definida pela alternância regular e contínua de leitos milimétricos a centimétricos compostos por minerais máficos e quartzofeldspáticos. Subordinadamente, ocorrem

estruturas tipo *schollen*, *schlieren*, nebulítica a agmatítica. A composição é dominada por tonalitos, com dioritos, trondhjemitos e granodioritos subordinados. As transformações metamórficas descritas por Ribeiro (1977) indicam que o bandamento gnáissico foi gerado em condições da fácies anfibolito. A estrutura gnáissica mostra um complexo padrão deformacional definido por dobras intrafoliais ( $F_2$ ) com eixos subhorizontais e forte foliação plano-axial ( $S_2$ ). Estas estruturas foram ainda afetadas por dobras normais e assimétricas ( $F_3$ ) associadas com fraca clivagem de fratura plano-axial.

### Gnaisses Arroio da Solidão

Estas rochas foram descritas inicialmente pela UNISINOS (1984), sendo também caracterizadas por Figueiró *et al.* (1985). Os gnaisses afloram como pequenos lajeados ao longo do leito do arroio Solidão, principalmente nas proximidades do Passo do Funil. Possuem dimensões métricas a decamétricas e ocupam área de até 0,5 Km<sup>2</sup>. Exibem em geral contatos definidos, embora se encontrem feições de assimilação, caracterizadas por limites irregulares e contatos gradacionais, com arredondamento dos xenólitos e formação de *schlieren* de biotita ao seu redor.

Os gnaisses são escuros, com bandamento contínuo e regular marcado pela alternância composicional de leitos félsicos e máficos, com espessura entre 0,2 mm a 1,5 cm. Os primeiros são compostos de plagioclásio e quartzo, podendo ocorrer ainda feldspato potássico. Os últimos são constituídos por hornblenda e biotita, e apresentam-se orientados. São comuns injeções leucograníticas tabulares, de espessura centimétrica (2 a 10 cm), concordantes com o bandamento. A composição das injeções é trondhjemítica, com plagioclásio e quartzo, sendo rara a presença de anfibólio. Os gnaisses apresentam um bandamento composto caracterizado por injeções trondhjemíticas, que cortam um bandamento diferenciado e de espessura fina formado por processos metamórfico-deformacionais. Neste bandamento são encontradas dobras intrafoliais sem raízes ( $F_2$ ).

Ao microscópico, os gnaisses apresentam composição diorítica a tonalítica, com leitos félsicos constituídos por plagioclásio e quartzo, sendo rara a presença de biotita. Estas bandas mostram textura granoblástica inequigranular lobada a poligonal média a grossa (0,5 a 1,2 mm). Os leitos máficos

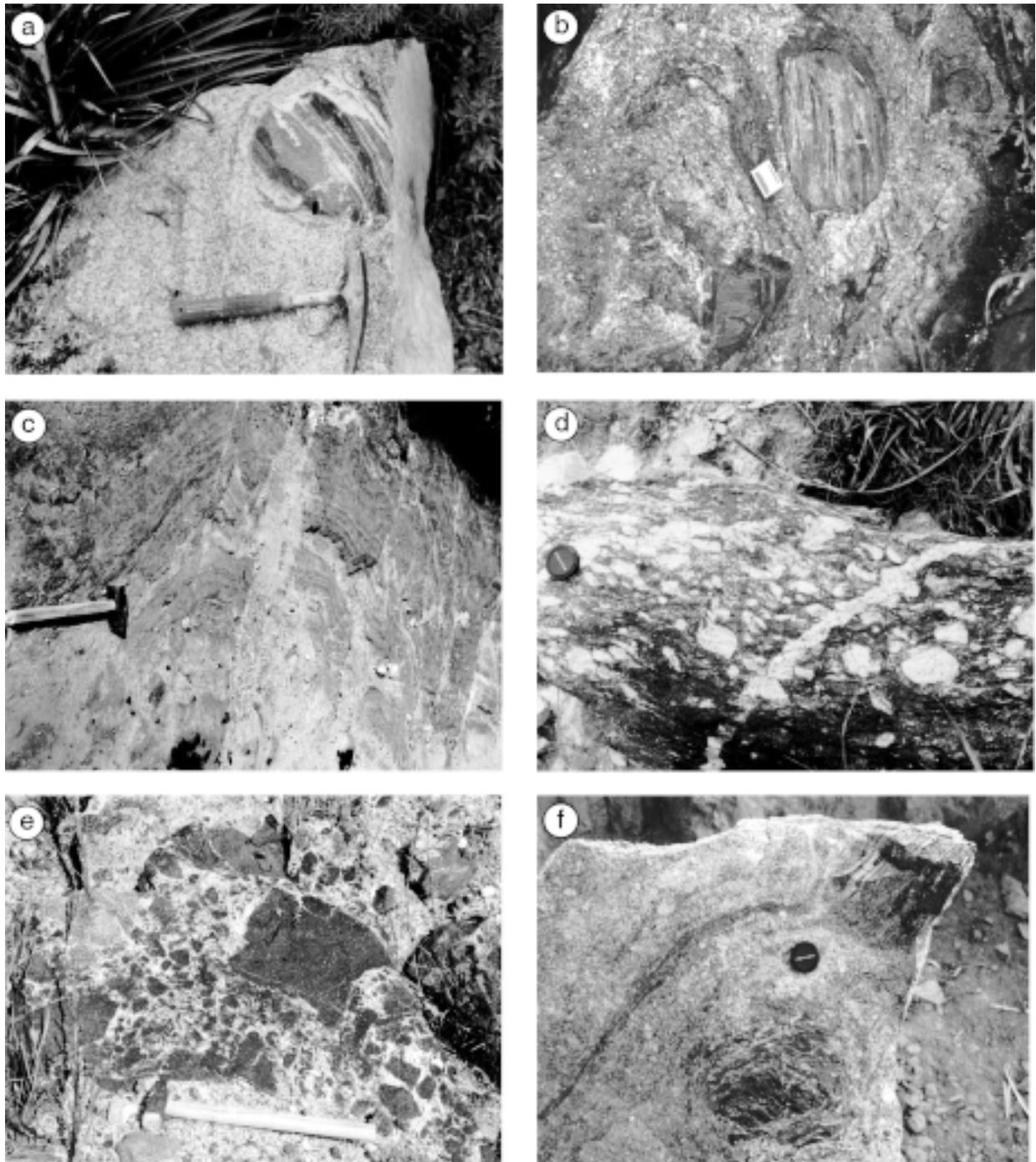


Figura 3 - Relações de contato entre os granitóides do Batólito Pelotas e os septos do embasamento. 3a) Xenólito de gnaiss tonalítico com bandamento tectônico discordante com foliação magmática de granodiorito da SPM, interior de Canguçu. 3b) Xenólito de gnaiss calcí-silicático em granodiorito da SPM, observar formas subarredondadas resultantes da assimilação parcial pelo magma granítico, BR-392 acesso para Vila Maciel, Canguçu. 3c) Quartzito ferruginoso com dobras suaves a abertas, xenólito em monzogranitos da SE, torre da Embratel, Erval. 3d) Augen gnaiss de composição monzogranítica encontrado no interior dos granitos da SE, Vila Pedreiras, Pedro Osório. 3e) Xenólitos de anfíbolitos de diversos tamanhos no interior dos granitos da SE, rodovia RST-375, proximidades de Erval. 3f) Xenólito de gnaiss granodiorítico intensamente assimilado com formação de schlieren de biotita, Granito Viamão, estrada de acesso para o autódromo de Tarumã, Viamão.

caracterizam-se pela textura lepidó-nematoblástica, marcada pelo alinhamento de biotita e anfíbólio. São encontrados cristais reliquiais de plagioclásio, com forma prismática subédrica, zonação magmática, e tamanho entre 1 e 2,5 mm. Contém macla

polissintética e do tipo complexa, além de inclusões de apatita e biotita. O plagioclásio dominante é metamórfico, mostrando formas poligonais com limites retos e tamanhos entre 0,2 a 0,6 mm. O quartzo encontra-se recristalizado, formando textura

granoblástica equigranular poligonal. O anfibólio é uma hornblenda verde, com forma prismática alongada. A biotita é idiomórfica e de cor castanha. Os principais minerais acessórios são a apatita, zircão, titanita e allanita. A presença de plagioclásio reliquiar, aliada à homogeneidade composicional e textural apontam para um protólito ígneo e de natureza plutônica.

### **Gnaisses São Lourenço**

Estes gnaisses afloram no perímetro urbano da cidade de São Lourenço, às margens da Laguna dos Patos. São gnaisses de cor cinza claro, homogêneos, de composição tonalítica a granodiorítica, que exibem um bandamento contínuo caracterizado pela alternância de leitos félsicos e máficos, de espessura milimétrica a centimétrica. Os primeiros são compostos por plagioclásio, K-feldspato e quartzo; os últimos, por biotita, com hornblenda subordinada. O bandamento apresenta uma evolução estrutural complexa, sendo associado com a formação de dobras apertadas a isoclinais, intrafoliais ( $F_2$ ), com eixos subhorizontais direcionados para W (NW-SW). Estas estruturas mostram-se afetadas por dobras normais ( $F_3$ ), com perfis abertos a fechados, eixos dispostos em baixo ângulo, orientados segundo a direção NE-SW. A superfície-axial destas dobras é marcada por uma fraca clivagem espaçada, por vezes preenchida por injeções tabulares centimétricas (15 a 40 cm) de leucogranitos rosados, com textura equigranular grossa a pegmatóide. Nas imediações destes gnaisses são encontrados granitos ricos em K-feldspato, com estruturas magmáticas preservadas. Contudo, as relações de contato não foram observadas.

O plagioclásio, de cor branca, equidimensional e com tamanho entre 0,5 a 1,5 mm, é o mineral félsico dominante. O quartzo, incolor, de forma alongada e poligonizado, mostra-se intensamente fraturado, constituindo finos agregados granoblásticos. A biotita ocorre em agregados lenticulares intersticiais de cristais idiomórficos fortemente orientados. O K-feldspato é um microclínio, de ocorrência restrita e forma anédrica. A presença de plagioclásio prismático com zonamento preservado, e de homogeneidade composicional e textural, é sugestiva de um protólito de natureza granitóide.

### **Ortognaisses Migmatíticos de Monte Bonito**

O termo migmatítico é aqui empregado para descrever rochas que apresentam várias gerações de mobilizados graníticos e que envolvem uma história deformacional complexa. Estas rochas apresentam

paleossomas ortognaissicos, anfibolíticos e biotíticos intensamente assimilados e envolvidos por granitóides mesocráticos com textura equigranular. O paleossoma tem composição variável de tonalítica a diorítica. Possui estrutura geral agmática, caracterizada na escala de afloramento por “fragmentos” paleossomáticos com formas subangulosas (0,20 a 1,5 m), que perfazem cerca de 40 a 60% em volume da rocha. O neossoma, cinza claro a escuro e de estrutura maciça, apresenta composição granodiorítica.

No principal afloramento desta unidade (Pedreira da Construtora Pelotense, Monte Bonito), o paleossoma apresenta-se de forma subangulosa a subarredondada, exibindo contatos gradacionais, com limites curvos a lobados (Fig. 4). O neossoma tem composição granodiorítica, cor cinza clara e, teores em máficos (biotita e hornblenda) variáveis de 2 a 15%. A textura é equigranular média a grossa (4-7 mm), com plagioclásio quadrático branco, quartzo amebóide e incolor, feldspato potássico rosa, prismático subédrico e em pequenas quantidades. A biotita ocorre em agregados intersticiais (ninhos), que se distribuem irregularmente na rocha e tornam-se enriquecidos junto ao contato com o paleossoma. Os corpos ricos em biotita (biotititos) representam a transformação protólitos anfibolíticos, evidenciada pela identificação de porções reliquiares. As características mineralógicas e texturais do paleossoma gnáissico apontam para um protólito ígneo de natureza plutônica.

### **Anfibolitos da BR-392**

Estes xenólitos concentram-se em Canguçu, com excelentes exposições em cortes da BR-392, próximos ao acesso a Vila Maciel e também a sudeste da localidade de Morro Redondo. Os anfibolitos apresentam formas subangulosas, com dimensões em geral centimétricas (entre 15 a 40 cm), atingindo localmente dimensões métricas (3 a 5 m). Os contatos são retilíneos e bem definidos. São rochas de cor verde-escura, com textura granoblástica e/ou nematoblástica, com estrutura maciça (dominante) a foliada (subordinada). Apresentam localmente bandamento milimétrico (2 a 8 mm), definido por leitos félsicos ricos em plagioclásio, que se alternam com leitos máficos com anfibólio e/ou clinopiroxênio.

Ao microscópio, os anfibolitos maciços exibem textura granoblástica grossa (1 a 5 mm), enquanto os foliados e bandados apresentam leitos



Figura 4 - Croqui esquemático da parede central da Pedreira da Construtora Pelotense, xenólito de migmatito com estruturas agmática e embrechítica, interior do Granito Monte Bonito, Monte Bonito, Pelotas.

félsicos granoblásticos alternados com leitos máficos nematoblásticos. Os primeiros são inequigranulares, com limites lobados a poligonizados, constituídos por plagioclásio, com pequena quantidade de diopsídio. Os últimos são de tendência equigranular, com hornblenda prismática orientada, podendo ocorrer ainda pequenas quantidades de diopsídio.

O metamorfismo regional é orogênico e progressivo, evidenciado pelo desenvolvimento de texturas com orientação mineral e crescimento contínuo de diopsídio a partir de cristais de hornblenda. A

mineralogia essencial é composta por hornblenda e plagioclásio, com diopsídio subordinado. Os minerais acessórios são titanita, apatita, zircão e opacos. Quando afetados por zonas de cisalhamento dúcteis, os anfibolitos exibem em geral paragêneses de baixa temperatura, com clorita, mica branca, epidoto, carbonato e opacos anédricos. Estes minerais foram desenvolvidos às expensas de paragêneses de alta temperatura. A recristalização dinâmica nas zonas de cisalhamento é responsável pelo desenvolvimento de uma matriz milonítica fina a média (0.1 a 0.2

mm), acompanhada pelo aumento progressivo de minerais hidratados e quartzo.

A presença de paragêneses como Hornblenda + Plagioclásio Ca e Plagioclásio Ca + Hb + Diopsídio e a homogeneidade composicional, são indicativas da natureza básica do protólito, e de transformações compatíveis com condições da fácies anfibolito inferior a médio.

### **Gnaisses Cálcio-Silicáticos**

Estes gnaisses ocorrem principalmente ao leste de Canguçu, nos arredores de Vila Maciel e da localidade de Morro Redondo. São xenólitos de formas subarredondadas, dimensões centimétricas (15 a 40 cm), com contatos nítidos e sinuosos. Caracterizam-se pela cor verde-clara e por um bandamento regular e contínuo, com leitões de espessura milimétrica (5 a 15 mm) (Fig. 3b). Os leitões félsicos são compostos por feldspato e quartzo, os máficos (de cor verde), por piroxênio e pequenas quantidades de anfibólio. Este bandamento encontra-se deformado constituindo dobras apertadas ( $F_2$ ) acompanhadas por uma foliação de plano axial.

Ao microscópio, os leitões félsicos têm textura granoblástica interlobada a poligonal, equigranular e inequigranular média a grossa. Os leitões máficos são compostos predominantemente por diopsídio, com plagioclásio e tremolita subordinados. Localmente, predominam anfibólio (hornblenda) no lugar de diopsídio, sendo então acompanhado por granada, clinozoisita e epidoto. No primeiro caso, nota-se nos leitões máficos alternância entre textura granoblástica inequigranular e textura seriada média a grossa (0,4 a 1,2 mm); no segundo caso não ocorre este tipo de alternância, e a textura é francamente nematoblástica. Os minerais essenciais são plagioclásio ( $An_{27}$  a  $An_{36}$ ), quartzo, diopsídio, hornblenda, microclínio, tremolita e granada; os acessórios, epidoto, clinozoisita, titanita e opacos.

Zonas de cisalhamento de alto ângulo afetam o bandamento dos gnaisses e desenvolvem uma nova foliação com recristalização dinâmica dos minerais. Esta foliação, que afeta igualmente os xenólitos, é marcada pela recristalização de agregados finos (< 0,1 mm) emoldurando os feldspatos, que mostram um arranjo granoblástico, com limites lobados e serrilhados, sendo acompanhados por finas trilhas de tremolita, biotita, epidoto, titanita e ilmenita. Nestes casos, o aspecto textural mais característico é a presença de porfiroclastos de

plagioclásio e diopsídio estirados e rotacionados, envolvidos por matriz fina com textura milonítica.

A presença de paragêneses com Plagioclásio + Diopsídio + Quartzo + Microclínio + Titanita e Plagioclásio + Hornblenda + Granada + Microclínio + Tremolita sugere a natureza cálcio-silicática do protólito, indicando juntamente com as estruturas observadas, que estas rochas foram sujeitas a um metamorfismo regional em condições metamórficas da fácies anfibolito inferior a médio.

### **Anfibolitos finos com Biotita e Hornblenda**

Os anfibolitos finos afloram principalmente nos arredores da cidade de Canguçu, com boas exposições nos cortes da BR-392, no acesso para a Vila Maciel e a norte da sanga do Ouro. Os anfibolitos possuem formas arredondadas e elipsoidais, com contatos definidos com a encaixante, exibindo limites retos e curvos. Possuem dimensões decimétricas (10 a 20 cm) a métricas (até 2,5 m). Definem trilhas alinhadas no bandamento dos granitóides, sugerindo boudinagem de um corpo de forma tabular. São rochas de cor preta, com estrutura foliada definida pela orientação de biotita e anfibólio. Apresentam bandamento irregular milimétrico (1 a 3 mm), contínuo lateralmente, onde alternam-se leitões mais ricos em biotita e anfibólio com leitões contendo plagioclásio, titanita e quartzo subordinado.

Ao microscópio, os anfibolitos exibem textura lepidonematoblástica fina a média (0,2 a 0,7 mm), definida por biotita e hornblenda. Localmente, aparece textura granoblástica equigranular interlobada a poligonal, marcada por maior quantidade de plagioclásio. A mineralogia essencial é constituída por plagioclásio, biotita e hornblenda, com quantidades menores de quartzo. Os minerais acessórios são titanita, apatita e opacos. O plagioclásio, equidimensional e subidiomórfico, ocorre em arranjos poligonizados, exibindo maclas irregulares pouco definidas. A hornblenda, de pleocroísmo castanho pálido a verde escuro, é prismática e alongada, com tamanho de 0,2 a 0,6 mm, e ocorre em cristais poiquiloblásticos com inclusões de quartzo e minerais opacos. A biotita é subidiomórfica, de forma lamelar, cor castanha, com tamanho de 0,2 a 0,5 mm.

A presença de um bandamento fino e contínuo, composição mineral rica em biotita e anfibólio, e texturas metamórficas sugerem para estes anfibolitos derivação a partir de um protólito de natureza cálcio-silicática (marga). A paragênese definida por Plagioclásio Ca + Hornblenda + Biotita +

Opacos +- Quartzo são indicativas de um evento metamórfico da fácies anfíbolito inferior a médio.

### **Granada-Biotita Gnaisses (Metapelitos)**

Estes são os xenólitos mais raros descritos no Batólito Pelotas, com ocorrência restrita a SPM. Afloram em um corte da BR-392, próximo ao Arroio do Ouro, imediações de Morro Redondo, e também a noroeste de Canguçu. Possuem formas irregulares a subarredondadas. Os contatos são gradacionais, com limites curvos e lobados. As dimensões variam de 0,5 a 3 m. Os xenólitos são de cor escura, com bandamento fino (3-15 mm), regular e contínuo, mostrando leitos brancos ricos em feldspatos e quartzo e alternância com leitos máficos de biotita, contendo pequenas quantidades de granada almandina. Os leitos claros possuem textura granoblástica inequigranular interlobada média (0,6 a 1,0 mm). Associam-se ao bandamento dobras fechadas e apertadas ( $F_2$ ), afetadas por dobras normais de perfis abertos ( $F_3$ ).

Os granada-biotita gnaisses apresentam uma composição rica em biotita e quartzo, o que resulta em contatos gradacionais. A presença de inúmeras concentrações irregulares e *schlieren* de biotita nos granitos da SPM caracteriza estruturas fantasmas resultantes de intensa assimilação destes gnaisses pelo magma granítico. Estes xenólitos são ainda circundados por coroas de leucogranitos de textura grossa a pegmatóide, de cor rosa clara e espessura centimétrica (2 a 10 cm). Os leucogranitos são concordantes e discordantes do bandamento, ocorrendo tanto na forma de soleiras, diques ou veios irregulares.

A presença nestes gnaisses de um bandamento regular e contínuo de espessura milimétrica com teores elevados em biotita (40 a 60%), associados com quartzo e granada, é sugestiva de uma derivação a partir de um protólito pelítico. A paragénese definida por Biotita + Quartzo + K-Feldspato + Plagioclásio + Granada é indicativa de que estas rochas foram sujeitas no mínimo às condições metamórficas da fácies anfíbolito.

### **Septos na Suíte Erval (SE)**

Nesta suíte são encontradas várias exposições cartografáveis em escala de semi-detelhe de septos de rochas para e ortoderivadas, de baixo e médio grau metamórfico, respectivamente. As principais ocorrências são os Gnaisses Arroio Pedrado, Ortognaisses Migmatíticos, Anfíbolitos Alto Alegre,

Quartzitos e Xistos Erval e, Mármore e Anfíbolitos das Vilas Matarazzo e Pedreiras. Outras ocorrências não descritas neste trabalho, acham-se indicadas na figura 2, com destaque para os ortognaisses migmatíticos da localidade de Basílio e os anfíbolitos miloníticos que ocorrem a noroeste de Jaguarão.

### **Gnaisses Arroio Pedrado**

A denominação Gnaisses Arroio Pedrado é proposta para designar as exposições de gnaisses granodioríticos e “augen” gnaisses bandados que ocorrem nas nascentes do arroio homônimo. Exce-lentes exposições são observadas em pedreira próxima da Vila Matarazzo, município de Pedro Osório, e, em cortes da BR-116, próximos ao acesso desta vila. O contato entre estes dois tipos litológicos é gradacional, com limites lobados e difusos.

Os gnaisses granodioríticos são de cor cinza-escura, com bandamento irregular e descontínuo, espessura milimétrica a centimétrica, marcado pela alternância de leitos félsicos e máficos, com os primeiros sendo constituídos por plagioclásio, quartzo e biotita, e os últimos, por biotita e pequenas quantidades de anfíbólio. São comuns injeções graníticas tabulares decimétricas (2 e 10 cm) concordantes com o bandamento, resultando assim um bandamento gnáissico composto, em que se alternam processos magmáticos e de diferenciação metamórfica, este último responsável pela segregação de finos leitos félsicos e máficos. Estes gnaisses acham-se estruturados com direção N20-40°E, com mergulhos de 30 a 50° para SE. Neles registram-se dobras intrafoliais ( $F_2$ ), que são redobradas por dobras tardias de perfis fechados a apertados ( $F_3$ ) com eixos de baixo mergulho para N30-60°E.

Ao microscópio, apresentam composição granodiorítica a tonalítica (subordinada), com níveis félsicos compostos por plagioclásio e quartzo, com pouco K-feldspato, e os níveis máficos, por biotita e hornblenda, que realçam bandamento da rocha. A textura dominante é granoblástica inequigranular, poligonal média a grossa (0,3 a 1,0 mm), definida pelo arranjo de cristais subidiomórficos de plagioclásio e quartzo. Localmente, a predominância de biotita ou hornblenda confere à rocha as texturas lepidoblástica ou nematoblástica.

Os minerais essenciais são plagioclásio, quartzo, pequenas quantidades de K-feldspato, biotita e hornblenda (subordinada). Os minerais

máficos podem constituir até cerca de 30% em volume da rocha. O plagioclásio ocorre de duas formas distintas: como cristais equidimensionais em arranjos poligonalizados, de origem metamórfica, com limites lobados e tamanhos entre 0,2 a 0,6 mm, ou como cristais reliquiares, com tamanho de 1,0 a 2,5 mm, subidiomórficos, exibindo maclas polissintéticas da albita e inclusões euédricas de apatita, biotita e zircão. O quartzo encontra-se totalmente recristalizado, formando mosaicos de textura granoblástica equigranular poligonizada. O K-feldspato é equidimensional, com limites curvos a lobados e tamanho entre 0,3 a 0,6 mm, apresenta-se recristalizado e com formação de subgrãos. A biotita, idiomórfica, é de cor castanha e forma lamelar. O anfibólio, idiomórfico e prismático, caracteriza-se como uma hornblenda verde. Os minerais acessórios são apatita, zircão, titanita e allanita.

Os *augen* gnaisses têm cor cinza clara, com a foliação metamórfica definida por megacristais de feldspato potássico orientados e estirados e biotita orientada, dispostos numa matriz fina a média. Estas rochas exibem uma trama plano-linear (tectonitos S-L), com intensa orientação de leitos ricos em biotita e uma lineação mineral conspícua definida sobretudo pelo quartzo e feldspato potássico (Fig. 3d).

Ao microscópio mostram composição monzogranítica, sendo comuns texturas miloníticas, marcadas por porfiroclastos estirados de microclínio de 0,5 a 3 cm, juntamente com cristais subédricos e prismáticos zonados de K-feldspato, contendo trilhas de biotita, apatita e plagioclásio. A matriz, orientada, é granoblástica inequigranular, e interlobada grossa (0,2 a 0,4 mm), definida por cristais subidiomórficos de feldspato potássico, plagioclásio e quartzo. Os acessórios são apatita e zircão.

A presença nestas rochas de texturas reliquiares blastoequigranular-hipidiomórfica (média a grossa), blastoporfirítica e blastopoiquiliticas, associadas à ocorrência de zircão prismático euédrico, é sugestiva de um protólito de natureza ígnea (plutônica). O equilíbrio parcial da paragênese Plagioclásio + Microclínio + Biotita + Hornblenda é compatível com condições metamórficas da fácies anfibolito inferior.

### **Ortognaisses Migmatíticos**

Os ortognaisses migmatíticos encontrados na SE são semelhantes aos encontrados na SPM, caracterizando-se pela presença de um bandamento composto associado a intrusões de rochas ígneas. As

bandas félsicas são definidas por injeções milimétricas a centimétricas de leucosienogranitos tabulares, predominantemente concordantes com o bandamento regular e contínuo de espessura milimétrica dos gnaisses tonalíticos a granodioríticos. Os xenólitos destas rochas são encontrados em um afloramento na BR-116, na altura da barragem do Arroio Chasqueiro, e em exposições no antigo leito da estrada de ferro nas proximidades da localidade de Basílio. O bandamento metamórfico-deformacional dos gnaisses tonalíticos a granodioríticos caracteriza-se por bandas félsicas compostas por plagioclásio e quartzo, mostrando textura granoblástica inequigranular interlobada grossa. As bandas máficas são compostas por biotita e pequenas quantidades de hornblenda, mostrando textura lepidonematoblástica média a grossa. A estrutura interna deste bandamento é complexa, sendo caracterizada por padrões superpostos de dobras que afetam várias gerações de mobilizados, mostrando que durante o curso da deformação injeções sucessivas de material granítico afetaram este bandamento. Os contatos são lobados e gradacionais. Na escala de afloramento, a associação destas injeções confere a estas rochas uma estrutura estromática. Nos locais estudados, não foram observadas relações diretas de contato dos gnaisses com os granitos (SE) encaixantes.

### **Anfibolitos Alto Alegre**

As principais ocorrências de anfibolitos estão localizadas na região do Alto Alegre, com boas exposições na rodovia RST-473, na saída da cidade de Erval para Pedras Altas e Arroio Grande. Estas rochas ocorrem em corpos de forma parcialmente lenticular, angulosos a subangulosos, com dimensões centimétricas a métricas (10 a 30 cm e 2 a 5 m). Os contatos são nítidos e definidos, com limites angulosos, indicando que a sua incorporação pelo magma granítico ocorreu em condições rasas (Fig. 3e). A presença conjunta de rochas máficas ricas em biotita (biotititos) é indicativa da reação dos anfibolitos com o magma granítico. Em locais com maior incidência de xenólitos, são comuns *schlieren* e agregados máficos irregulares de biotita, que conferem um aspecto manchado nos granitos. Nestes locais ainda pode aparecer anfibólio, sugerindo assim a presença de processos de assimilação que podem ter modificado a composição do magma granítico original.

Os anfibolitos são rochas de cor esverdeada, estrutura maciça e textura granoblástica grossa (5 a

25 mm). Ao microscópio nota-se que existem variações composicionais e petrográficas, ocorrendo desde anfíbolitos muito ricos em hornblenda (dominantes) até termos com proporções equivalentes de plagioclásio e hornblenda, ou mesmo com predomínio de plagioclásio. O anfíbólio é uma hornblenda de cor verde escuro, de forma prismática, levemente alongado, com tamanho de 2 a 20 mm. O plagioclásio, de cor branca, é prismático, subidiomórfico, e ocorre como lentes intersticiais.

A oeste de Erval, Pedro Osório e Jaguarão também ocorrem anfíbolitos miloníticos associados às zonas de cisalhamento dúcteis de alto ângulo. Neste caso, os anfíbolitos podem mostrar estrutura foliada e textura nematoblástica, com uma forte lineação mineral definida por cristais de hornblenda e biotita. Contudo, a ocorrência destes anfíbolitos é restrita às zonas de cisalhamento, evidenciando assim que as modificações estruturais e texturais são decorrentes destas estruturas.

A variação no conteúdo em anfíbólio e plagioclásio nestas rochas é indicativa de heterogeneidades composicionais existentes no protólito. Estas características, juntamente com o dados químicos disponíveis (Philipp, 2001; em preparação), são compatíveis com um protólito de natureza ígnea, provavelmente piroxenito ou melagabro. A paragénesis Hornblenda + Plagioclásio Ca + Diopsídio e a ausência de estruturas e texturas orientadas, são sugestivas de que as rochas foram submetidas ao metamorfismo termal e formadas sob condições metamórficas da fácies Hornblenda cornubianito a Piroxênio cornubianito.

### **Quartzitos e Xistos Erval**

Estas rochas foram inicialmente identificadas por Fragozo Cesar *et al.* (1986), que descreveram a existência de rochas supracrustais de baixo grau metamórfico nas proximidades da cidade de Erval. Nesta localidade, ocorrem exposições contínuas de rochas metamórficas dispostas em uma faixa alongada (5 Km de extensão por 1 a 2 km de largura) de direção N70°E. O limite leste desta unidade é definido pela Zona de Cisalhamento Erval (ZCE), a qual corresponde a uma zona de cisalhamento dúctil de alto ângulo, de direção geral N65-75E (Machado *et al.*, 1995). Esta zona de cisalhamento afeta metassedimentos pelíticos a pelítico-arenosos, com desenvolvimento de tramas miloníticas, que se acham deformadas por dobras tardias relacionadas a reativações de caráter

transcorrente da própria zona de cisalhamento.

Os metassedimentos são constituídos 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 de 30 a 70° para NW. A xistosidade principal é afetada por dobras suaves e abertas, com uma clivagem espaçada de plano axial direcionada segundo N55-70°E, com mergulho subvertical (Fig. 3c). Os quartzitos, mesmo puros, apresentam pequenas quantidades de moscovita 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 moscovita e quartzo.

A natureza sedimentar desta 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. Estas rochas foram submetidas a transformações metamórficas compatíveis com o grau baixo, fácies xistos verdes.

### **Mármore e Anfíbolitos Vilas Matarazzo e Pedreiras**

As pedreiras das Vilas Matarazzo e Pedreiras possuem lentes de mármore com extensão de 300 a 700 metros e largura de 100 a 250 m. Nelas, ocorrem intercalações métricas de mármore puros, rochas cálcio-silicáticas e metamargas (anfíbolitos). A estrutura acamadada é subhorizontal e encontra-se parcialmente preservada, apesar do evento de metamorfismo termal e injeção de magmas graníticos nestas rochas.

Os mármore são esbranquiçados, com pontuações escuras e esverdeadas e textura granoblástica grossa (1-4 mm) a muito grossa. São constituídos por calcita branca e cinzenta, contendo pontuações escuras de magnetita, agregados prismáticos de diopsídio verde e pequenos cristais de titanita de cor castanha escura. A estrutura varia de maciça a foliada e bandada, esta última definida pela alternância irregular de leitos máficos descontínuos (<1-2 mm) de clinopiroxênio. Os mármore impuros são acinzentados a esbranquiçados, exibindo um bandamento milimétrico incipiente, definido por leitos descontínuos e irregulares ricos em hornblenda,

diopsídio, granada, titanita e minerais opacos. As metamargas, transformadas para anfibolitos, ocorrem como intercalações métricas (1 a 4 m) e associam-se aos mármore e rochas cálcio-silicáticas. Aqui foram distinguidos dois tipos petrográficos de anfibolitos: com textura nematoblástica grossa (1-2 mm) e rico em anfibólio e clinopiroxênio e, com textura lepidoblástica e nematoblástica fina. Os primeiros são verde escuro, com estrutura foliada marcada pela orientação de anfibólio, localmente com textura granoblástica, compostos por plagioclásio, diopsídio, hornblenda, grossulária, carbonato, quartzo, microclínio e titanita. Os últimos, também de cor verde escura, são mais finos (<1 mm), com estrutura foliada, definida por trilhas de anfibólios e micas. Mineralogicamente, são rochas mais homogêneas, sendo constituídas por hornblenda, biotita e pequenas quantidades de plagioclásio e quartzo.

As rochas carbonáticas são invadidas por corpos tabulares discordantes de granitos da SE. Estes corpos possuem espessuras métricas a decamétrica (2 a 15 m), são rosados e acinzentados, com texturas equigranulares e contatos definidos por limites curvos a retilíneos. A reação do magma granítico com os mármore e anfibolitos ocasiona modificações texturais e estruturais, formando rochas de estrutura maciça (cornubianitos), onde se observa o crescimento pronunciado de porfiroblastos de grossulária, diopsídio, zoisita e esfeno, além de plagioclásio, microclínio, carbonato e sulfetos.

A preservação de texturas e estruturas orientadas é compatível com a existência de um evento metamórfico regional mais antigo, com as paragêneses mais jovens estando relacionadas a um metamorfismo termal. As paragêneses deste último evento são caracterizadas por Plagioclásio + Diopsídio + Biotita + Quartzo + Esfeno; Plagioclásio + Microclínio + Diopsídio + Titanita + Quartzo e Diop. + Hornblenda + Grossulária + Zoisita + Carbonato + Titanita, indicando para estas rochas condições metamórficas da fácies Hornblenda cornubianito a Piroxênio cornubianito.

### Septos na Suíte Viamão

A presença de septos na SV é relativamente restrita, ocorrendo exposições cartografáveis em escala de semi-detalle de ortognaisses. As ocorrências principais estão localizadas a oeste da cidade de Canguçu e nos arredores de Porto Alegre.

### Gnaisses Arroio Lajeado

Estes gnaisses ocorrem como xenólitos de dimensões métricas a decamétricas, com suas melhores exposições sendo associadas ao Granito Coxilha do Fogo (Philipp, 1998), localizado na porção centro-sul e sudeste da Folha Arroio da Bica, ao longo do leito dos arroios Lajeado e Passo do Canto. Neste local, os xenólitos ocorrem em grande quantidade e são de dimensões métricas a decamétricas (até 35 m). Estes xenólitos foram descritos como biotita gnaisses de cor cinza e composição granodiorítica a sienogranítica (Ortiz & Andrade, 1995). O bandamento é definido por leitos máficos regulares e contínuos de espessura milimétrica a centimétrica (até 3 cm), compostos de biotita, que se intercalam com leitos félsicos constituídos por quartzo e feldspatos, de espessura milimétrica (5 a 50 mm). As bandas félsicas são em geral estiradas, descontínuas, e exibem textura milonítica.

O contato com os granitóides encaixantes caracteriza-se por limites definidos, podendo ser retos a lobados. No primeiro caso observam-se xenólitos angulosos e de dimensões métricas, no segundo, mostram dimensões centimétricas e exibem intensa assimilação, podendo evoluir para segregações de níveis ricos em biotita tipo *schlieren*, os quais acham-se concordantes com a foliação magmática ou formando estruturas fantasmas marcadas pela dispersão de concentrações de biotita ao redor de xenólitos muito assimilados.

Em lâmina delgada, apresentam textura granoblástica inequigranular lobada a localmente polygonizada, média (0,2 a 0,9 mm), onde níveis ricos de feldspatos (plagioclásio e/ou feldspato potássico) cominuidos alternam-se com níveis de quartzo em *ribbons*. Nos níveis félsicos ainda ocorrem cristais intersticiais de biotita e hornblenda. Nos leitos máficos predomina biotita com subordinações de hornblenda, ambas fortemente orientadas na foliação, exibindo texturas lepidoblástica e nematoblástica. O quartzo é xenomórfico, com dimensões entre 0,2 a 1 mm, perfazendo entre 30 a 45% da rocha. Ocorre em agregados tipo “ribbons”, com textura granoblástica polygonizada. O plagioclásio, xenomórfico e com tamanho de 0,1 a 1 mm, domina entre os feldspatos e perfaz de 5 a 25% em volume da rocha. A deformação e a recristalização do plagioclásio propicia a formação de texturas granoblástica inequigranular interlobada com o aparecimento localizado de termos poligonais

finos a médios (0,1 a 0,4 mm). Alguns cristais preservam ainda zoneamento magmático e macla complexa. O K-feldspato mostra tamanho entre 0,2 a 0,4 mm, é xenomórfico e apresenta teores entre 10 e 15%. Ocorre em agregados granoblásticos com limites interlobados. A biotita ocorre como palhetas subédricas, com tamanho entre 0,3 a 0,5 mm, apresentando pleocroísmo de castanho claro a escuro. Constituem bandas máficas com textura lepidoblástica ou então cristais intersticiais nos leitos félsicos. Os teores variam entre 15 a 25%. A hornblenda, subidiomórfica, é prismática e tem dimensões de 0,2 a 0,5 mm. Mostra cor verde e apresenta em teores entre 5 e 10%.

A presença nestas rochas de inclusões magmáticas de biotita, zircão e minerais opacos em cristais de quartzo e plagioclásio, de zircões euédricos em K-feldspato, juntamente com composições granodioríticas a monzograníticas, são compatíveis com um precursor ígneo e plutônico para estes gnaisses.

### Gnaisses Porto Alegre

Os Gnaisses Porto Alegre (Philipp *et al.*, 1998) estão representados por granodioritos e monzogranitos, com tonalitos e dioritos subordinados. Ocupam uma área muito arrasada localizada no extremo norte-noroeste da Folha Porto Alegre (1:50.000) e estendem-se até e a porção centro-sul da Folha Gravataí. As exposições exibem em toda sua extensão uma forma alongada com orientação NE-SW. Nos extremos, oeste, leste e sul, os gnaisses estão em contato com o Granito Viamão, enquanto na porção norte, acham-se recobertos por sedimentos recentes da Bacia do Rio Gravataí. No Granito Viamão ocorrem xenólitos angulosos a subarredondados, com elevado grau de assimilação, originando ao seu redor *schlieren* constituídos por biotita (Fig. 3f). Estes xenólitos ocorrem ainda nos granitos Independência e Canta Galo. Possuem formas angulosas a subangulosas, dimensões decimétricas (15 a 40 cm) a decamétricas (>0,5 Km). São ainda abundantes corpos irregulares e tabulares do Granito Independência cortando os gnaisses. O contato leste das rochas gnáissicas com o Granito Santana está definido por uma zona de cisalhamento dúctil de alto ângulo.

Os gnaisses possuem cor cinza escura a preta, com bandamento fino marcado por leitos milimétricos (2 e 10 mm) regulares e contínuos de minerais félsicos. Esta continuidade dos leitos somente é perdida nas zonas de alta deformação.

Estes leitos são constituídos por quartzo e feldspato com textura granoblástica inequigranular fina a média (0,1 a 0,5 mm). Também é comum a textura milonítica, neste caso com aparecimento de porfiroclastos de feldspato (1 a 10 mm) e formação localizada de *augen* gnaisses. Os leitos escuros são compostos por quartzo e feldspato de tamanho submilimétrico (< 0,1 mm), conferindo nestes locais uma cor escura à rocha, em virtude da absorção da luz. Contém ainda, fortemente orientadas, biotita, clorita (7-22%) e pequenas quantidades de hornblenda, a qual, nos gnaisses dioríticos, pode constituir de 35 a 40% do volume da rocha.

Localizadamente, ocorrem corpos tabulares de rochas dioríticas com espessuras decimétricas (10 a 35 cm) e contatos definidos, gerando assim um bandamento composicional marcado pelas injeções. É possível distinguir a existência de uma foliação mais antiga ( $S_1$ ), que se acha afetada por dobras intrafoliais ( $F_2$ ), de perfis apertados a isoclinais associadas a uma foliação de transposição ( $S_2$ ). Estas estruturas são afetadas por dobras abertas a fechadas ( $F_3$ ), com caimento dos eixos para SW. Possuem charneiras arredondadas e clivagem plano-axial espaçada ( $S_3$ ). A sua geração está vinculada a zonas de cisalhamento dúcteis de alto ângulo, com orientação N70-85°E, que foram desenvolvidas em condições de baixa temperatura.

Nas proximidades do contato com o Granito Santana, os gnaisses são cortados por intrusões tabulares centimétricas (5 a 30 cm) a métricas (1 a 2 m) de leucogranitos equigranulares a pegmatóides de cor rosa. Os contatos são nítidos e retilíneos. Estas intrusões acham-se afetadas por dobras assimétricas de perfis suaves e abertos, com superfícies axiais empinadas e orientadas segundo NW-SE.

Ao microscópio, a mineralogia essencial é constituída por plagioclásio, feldspato potássico e quartzo, com biotita e hornblenda como minerais máficos, titanita, zircão, apatita, allanita e minerais opacos como acessórios. São também observadas feições texturais remanescentes, como textura blastoequigranular média (1-2 mm), definida por feldspatos com forma prismática equidimensional, subédrico. A textura blastopoiquilitica é marcada por inclusões euédricas de apatita e zircão em plagioclásio; biotita e zircão em feldspato potássico e quartzo; allanita, zircão, apatita e titanita em biotita e hornblenda, ou ainda de biotita e apatita em titanita.

A formação do bandamento gnáissico está relacionada à atuação da deformação, com forte orientação de biotita e hornblenda, estiramento de

quartzo e de parte dos feldspatos. A presença de texturas granoblásticas inequigranulares, com recristalização parcial de plagioclásio e de K-feldspato, indica que a recristalização ocorreu em condições metamórficas da fácies anfíbolito inferior a médio. A homogeneidade composicional, aliado à presença de texturas blastoequigranular e blastopoiquilitica, com porfiroclastos de K-feldspato e plagioclásio (menos comum) ígneos, indicam para estas rochas origem a partir de uma associação plutônica.

### **Septos nas Suítes Encruzilhada do Sul e Cordilheira**

Amplas exposições dos paragnaisses do Complexo Metamórfico Várzea do Capivarita (CMVC) e de ortognaisses do Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos (CGAR) ocorrem como pendentes de teto nos granitóides da SES e, em menor escala, na SC. O CMVC é caracterizado por rochas parametamórficas de médio a alto grau, definida por gnaisses pelíticos (andaluzita-silimanita-biotita gnaisses; silimanita-biotita-plagioclásio gnaisses e espinelio-cordierita-silimanita-granada-biotita gnaisses), gnaisses quartzo-feldspáticos (biotita-K-feldspato-plagioclásio-quartzo gnaisses e anfíbolio-biotita-K-feldspato-plagioclásio-quartzo gnaisses), quartzitos, mármore, gnaisses cálcio-silicáticos (quartzo-diopsídio-K-feldspato-plagioclásio gnaisses; carbonato-escapolita-hornblenda-diopsídio-granada-plagioclásio gnaisses). O CGAR é constituído por ortognaisses e metagranitóides tonalíticos a granodioríticos, contendo enclaves de dioritos e xenólitos de paragnaisses do CMVC (Fernandes *et al.*, 1990). As litologias dos CMVC e CGAR foram submetidas a condições metamórficas de grau médio a alto (Frantz *et al.* 1984; Fernandes *et al.* 1990 e Lima *et al.* 1998). Descrições sobre as relações das unidades metamórficas com os granitóides das SES e SC podem ser encontradas em várias publicações científicas (Frantz *et al.*, 1984; Fernandes *et al.*, 1990; Bitencourt *et al.*, 1993; Koester, 1995; Vasquez, 1997, e Lima *et al.*, 1998).

### **Septos na Suíte Dom Feliciano**

A ocorrência de septos na SDF é muito restrita, estando limitada à presença de pequenos fragmentos dos Gnaisses Porto Alegre no interior dos granitos Independência, Santana e Canta Galo. Em outros locais do batólito, as restritas exposições limi-

tam-se a xenólitos de gnaisses tonalíticos a granodioríticos, com formas subangulosas e de dimensões centimétricas (15 a 40 cm). Os contatos definidos e os limites retilíneos a curvos sugerem uma captura em níveis crustais elevados e com interação muito restrita entre os septos e o magma granítico.

## **CORRELAÇÃO E SIGNIFICADO GEOLÓGICO**

Os septos do embasamento são identificados em todas as suítes graníticas que constituem o Batólito Pelotas, com maior expressão nas SPM e SE e SES, subordinados nas SV e SC e restrito na SDF. As características composicionais, mineralógicas, texturais e estruturais dos septos estudados apresentam ampla correlação com as unidades litostratigráficas aflorantes a oeste do batólito.

Deste modo, os inúmeros xenólitos de gnaisses pelíticos e rochas calcio-silicáticas de médio grau metamórfico encontrados principalmente na SPM, são correlacionáveis com as litologias da CMVC, ocorrente nas regiões de Encruzilhada do Sul e Pântano Grande.

Os gnaisses Piratini, Arroio da Solidão, São Lourenço, Arroio Pedrado, Arroio Lajeado, Porto Alegre e os ortognaisses migmatíticos encontrados em Monte Bonito, Basílio, Freire e Arroio Grande, representam rochas granitóides (tonalitos, granodioritos, monzogranitos, com sienogranitos e dioritos subordinados) que foram metamorfizadas em condições de grau médio, fácies anfíbolito (Philipp, 1990; 1998; Ortiz & Andrade, 1995). Estes ortognaisses apresentam um bandamento de origem composta (ígneo + metamórfico-deformacional), associado a intrusões leucograníticas, e são correlacionáveis com as litologias encontradas no Gnaiss Encantadas, na região de Santana da Boa Vista e/ou com o Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos, aflorante na região de Encruzilhada do Sul e Porto Alegre.

Os Anfíbolitos BR-392 e do Alto Alegre, além de inúmeros outros afloramentos que ocorrem nos arredores das cidades de Canguçu, Morro Redondo, Piratini e Jaguarão, caracterizam-se pelo elevado conteúdo de anfíbolio e quantidades variáveis de plagioclásio, juntamente com texturas granoblástica equigranular e nematoblástica grossa a muito grossa. Estes septos são similares aos anfíbolitos associados ao Gnaiss Encantadas, descritos por Remus *et al.* (1990) e Philipp & Viero (1995) na região de Santana da Boa Vista, e representam um

evento metamórfico regional de grau médio sobre rochas ígneas básicas (piroxenitos e gabros). Não pode ser descartada também a correlação de parte destas litologias com as rochas metamáficas (anfíbolitos e metapiroxenitos) encontradas no Meta-anortosito Capivarita, ocorrente na região de Encruzilhada do Sul.

Os xistos e quartzitos ocorrentes a oeste da cidade de Erval, bem como os mármore e rochas calci-silicáticas da região de Pedro Osório, representam uma associação de metassedimentos de baixo grau metamórfico, com ampla superposição de metamorfismo termal nas rochas da seqüência calcárea. Estas litologias apresentam características composicionais, estruturais e condições metamórficas similares as rochas do Complexo Metamórfico Porongos, que ocorre em localidades situadas mais ao oeste, mas muito próximas dos afloramentos dos septos acima mencionados.

A ocorrência no Batólito Pelotas de septos metamórficos das encaixantes, com protólitos de naturezas diversas (para e ortoderivados), incluindo rochas supra e infracrustais, em diferentes graus de assimilação, é sugestiva da incorporação em diferentes níveis crustais durante a colocação das suítes graníticas. Do mesmo modo, podem indicar o tipo de participação dos mesmos na geração do próprio magmatismo do batólito.

A presença na SPM de septos com paragêneses de grau médio em ortognaisses, anfíbolitos, gnaisses cálcio-silicáticos e gnaisses pelíticos, sugere que estes protólitos foram submetidos a um mesmo episódio de metamorfismo regional orogênico, em condições predominantemente compatíveis com a fácies anfíbolito médio a superior (Butcher & Frey, 1994).

Os mármore e rochas calci-silicáticas que ocorrem na porção leste do batólito, região de Pedro Osório e Arroio Grande, mostram paragêneses de metamorfismo termal diagnósticas da fácies Hornblenda a Piroxênio cornubianitos. Estas condições indicam que os maciços graníticos da SE foram intrusivos numa área mais antiga constituída por metassedimentos carbonáticos, em um nível estrutural relativamente raso, compatível com condições de epizona. Esta constatação também é reforçada pela presença de paragêneses de baixo grau metamórfico, encontradas nos quartzitos e xistos de Erval.

## NÍVEL DE COLOCAÇÃO DAS SUÍTES GRANÍTICAS

Os dados aqui apresentados evidenciam a existência de dois grupos metamórficos e estruturalmente distintos de septos do embasamento: (i) gnaisses de médio a alto grau, representados por paragnaisses (pelíticos e calci-silicáticos), metabasitos, gnaisses graníticos e ortognaisses migmatíticos, de natureza infracrustal, (ii) metassedimentos de baixo grau, como xistos, quartzitos e mármore, de natureza supracrustal. Os primeiros apresentam uma relação muito íntima com os granitóides da SPM e da SES. Na SPM, os granitos apresentam um bandamento irregular e descontínuo gerado pela assimilação dos septos do embasamento. A formação deste bandamento necessita de elevado gradiente termal, com alta concentração de voláteis, acompanhados por um fluxo turbulento e baixo percentual de cristais no líquido magmático. Desta maneira, esta estrutura foi gerada na fase inicial de cristalização dos líquidos da SPM. A intensa interação entre os septos e os magmas graníticos associado ao registro metamórfico de temperatura elevada dos primeiros, sugere que o posicionamento dos granitos da SPM deu-se em condições infracrustais e de alta temperatura.

Os metassedimentos encontrados nos granitos da SE mostram registro de metamorfismo de contato, como os mármore e rochas calci-silicáticas das Vilas Matarazzo e Pedreiras, ou estão delimitados por zonas de cisalhamento dúcteis superpostas pelo metamorfismo associado, como os xistos e quartzitos de Erval. Os xenólitos de anfíbolitos e ortognaisses encontrados nesta suíte também apresentam formas angulosas e limites bem definidos. Em ambos os casos, a quase inexistência de assimilação e o baixo grau de metamorfismo regional identificado nos septos demonstram que a colocação dos granitos da SE ocorreu em níveis crustais relativamente rasos, em condições epi a mesozonais.

Os granitos da SV apresentam xenólitos de gnaisses granodioríticos e tonalíticos que ainda apresentam boas extensões aflorantes e baixo grau de assimilação. Nos granitos Coxilha do Fogo e Viamão são observadas de modo localizado, feições de assimilação com formação de estruturas fantasmas e *schlieren* de biotita, principalmente ao redor de xenólitos de pequenas dimensões. O desenvolvimen-

to freqüente de tramas primárias planares e lineares nos granitos desta suíte indica uma colocação vinculada com a existência de esforços compressivos, responsáveis pela geração e desenvolvimento das zonas de cisalhamento transcorrentes. Deste modo, o magmatismo desta suíte teve a sua ascensão e colocação, relacionados com a evolução desta última estrutura. A preservação dos xenólitos e sua ocorrência, em parte, como pendentes de teto, associada à relativa homogeneidade textural dos granitóides da SV permitem admitir uma colocação em níveis crustais intermediários. As feições de assimilação observadas principalmente em xenólitos de dimensões centimétricas, são favorecidas pelo elevado conteúdo de voláteis no magma e pela composição rica em quartzo e K-feldspato dos ortognaisses.

A SES também apresenta ocorrência de septos do embasamento de médio a alto grau metamórfico. Entretanto, as relações texturais encontradas nos granitóides desta suíte indicam o resfriamento do magma granítico com relação às rochas metamórficas, que ocorrem como pendentes de teto (*roof pendants*) muito pouco afetados. As relações estruturais caracterizam-se pela ausência de desenvolvimento de estruturas planares e/ou lineares e baixa intensidade de assimilação por parte dos magmas graníticos. O caráter porfirítico e a pouca assimilação permitem supor que, no momento da captura dos xenólitos, o percentual de cristais no líquido já era elevado, limitando a capacidade de interação, principalmente pelo resfriamento do magma. Estas informações sugerem que o posicionamento dos granitos da SES ocorreu sob condições extensionais e em níveis crustais epi a mesozonais.

Os granitos da SDF apresentam ocorrências muito restritas de septos do embasamento, principalmente, de gnaisses granodioríticos. Apesar dos maciços graníticos desta suíte terem formas alongadas concordantes com as zonas de cisalhamento transcorrentes, não há quase desenvolvimento de foliação primária ou tectônica relacionada com estas estruturas. Alguns corpos desta suíte apresentam margens resfriadas e/ou diminuição gradativa do tamanho de grão para as bordas ou topo do maciço. Raras intrusões da SDF apresentam porções apicais preservadas, com a formação de corpos pegmatíticos, aplíticos e mesmo greisens e albititos (Minuzzi, 1998). Na região de Piratini também são descritos corpos leucograníticos com porções de cúpula preservadas (Almeida *et al.*, 1990; Gomes *et al.*, 1991). Este conjunto de informações sugere que

os granitos desta suíte se posicionaram em um regime de extensão crustal e em níveis crustais rasos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reunião e análise das informações disponíveis sugerem que a colocação das suítes graníticas do Batólito Pelotas ocorreu sob condições deformacionais que evoluíram de compressionais para extensionais, e em níveis crustais distintos. A disposição das suítes graníticas como áreas alongadas segundo a direção NE-SW, representa os diferentes níveis crustais do Batólito Pelotas. A SPM é constituída por granitóides posicionados em ambientes infracrustais, que hoje estão intercalados e limitados tectonicamente, com os granitos da SES e SDF a oeste, e com os granitos da SE ao sul. O segmento ao sul é composto principalmente pelos granitos da SE, que demonstram uma colocação em níveis crustais relativamente rasos, com intenso registro da deformação associada às zonas de cisalhamento transcorrentes. O segmento norte-oeste do Batólito Pelotas é composto pelas rochas graníticas pertencentes a SC, SES e SDF. Para as duas primeiras é postulada uma colocação em níveis crustais intermediários, entretanto em ambientes bastante distintos, sob condições transpressivas para os granitos da SC e transtensivas para os granitos da SES. Os granitos da SDF constituem um segmento principal alongado segundo a direção NE-SW e representam a fase final de magmatismo do batólito. Os granitos desta suíte foram posicionados sob condições extensionais e em níveis crustais rasos como indicado pela quase total ausência de septos do embasamento, pela diminuição gradacional do tamanho dos minerais em direção as bordas e/ou topo dos corpos, e pelos enxames de diques ácidos e básicos associados aos maciços graníticos desta suíte.

**Agradecimentos** - Os autores agradecem a FAPERGS (Processo Nº 99/19759) e a FAPESP (Processo Nº 1999/10207-2) pelo suporte financeiro que permitiu a realização dos trabalhos de campo e laboratório, e ao CNPq (Processo Nº 300423/82-9, de Romulo Machado) pela concessão de bolsa de produtividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, D. P. M.; Gomes, M. E. B.; Philipp, R. P.; Robaina, L. E. S. & Pintaúde, D. A. 1990. Contribuição ao conhecimento dos granitóides alcalinos da Suíte Dom Feliciano do Batólito Pelotas - região de Torrinhas, RS. *Acta Geológica Leopoldensia*, XIII, 31: 59-72.
- Babinski, M.; Chemale Jr., F.; Van Schmus, W. R.; Hartmann, L. A.

- & Silva, L. C. 1997. U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Neoproterozoic Granitic-Gneissic Dom Feliciano Belt, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **10** (3-4): 263-274.
- Bitencourt, M. F. & Nardi, L. S. V. 1993. Late- to post- collisional Brasiliano Magmatism in the Southernmost Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **65**:3-16.
- Bitencourt, M. F., Gastal, M. C. P.; Kirchein, R. E.; Costa, K. B. & Toledo, F. A. L. 1993. Reavaliação preliminar das relações estratigráficas do Complexo Granítico Encruzilhada (CGE), RS. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DEL NEOPROTEROZÓICO-CAMBRICO DE LA CUENCA DEL PLATA, I., Las Palomas-Minas, *Boletim de Resumos Expandidos*, **2**(34) 6p.
- Carvalho, P. F. de. 1932. Reconhecimento Geológico do Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, *Boletim do Instituto Geológico de Mineração Brasileira*, **66**:1-72.
- Fernandes, L. A.; Tommasi, A. & Porcher, C. C. 1990. Esboço estrutural de parte do Batólito Pelotas, região de Quitéria-Capivarita. *Acta Geológica Leopoldensia*, **30**:117-138.
- Fernandes, L. A.; Tommasi, A. & Porcher, C. C. 1992. Deformation patterns in the southern Brazilian brach of the Dom Feliciano Belt: a reappraisal. *Journal of South American Earth Science*, **5**(1): 77-96.
- Fernandes, L. A. D.; Menegat, R.; Costa, A. F. U.; Koester, E.; Porcher, C. C.; Tommasi, A.; Kraemer, G.; Ramgrab, G. E. & Camozzato, E. 1995a. Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte I - uma contribuição a partir do registro geológico, *Revista Brasileira de Geociências*, **25**(4):375-384.
- Fernandes, L. A. D.; Menegat, R.; Costa, A. F. U.; Koester, E.; Porcher, C. C.; Tommasi, A.; Kraemer, G.; Ramgrab, G. E. & Camozzato, E. 1995b. Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-rio-grandense: Parte II - uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, **25**(4):375-384.
- Figueiredo, M. C. H.; Frago Cesar, A. R. S. & Kronberg, B. L. 1990. Litogeológica das principais unidades do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **36**, 1990, Natal, *Anais...*, SBG v. 4, p. 1623-1738.
- 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, 362p. 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 (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **34**, 1986, Goiânia, *Anais...* v. 3, SBG p. 1322-1343.
- Frantz, J. C.; Lima, E. F.; Machado, R. P. & Naumann, M. 1984. Contribuição à geologia de Encruzilhada do Sul-RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **33**, Rio de Janeiro, *Anais...* v. 5, Rio de Janeiro, SBG, p. 2407-2416.
- Frantz, J. C. & Remus, M. V. D. 1986. Geologia da região de Canguçu-Torrinhas, RS: caracterização petrográfica, estrutural e estratigráfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **34**, Goiânia, *Anais...* v. 2, Goiania, SBG, p. 931-947.
- Gomes, M. E. B. 1990. **Petrologia do Granito Arroio Moinho, Canguçu (RS): geoquímica e deformação**. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado, 199p. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Gomes, M. E. B.; Almeida, D. P. M.; Philipp, R. P. & D. A. Pintaúde. 1991. Caracterização mineralógica e geoquímica do Granito Cerro do Sandi., Piratini-RS. *Acta Geológica Leopoldensia*, **14**: 123-144.
- Hartmann, L. A.; Leite, J. A. D.; da Silva, L. C.; Remus, M. V. D.; McNaughton, N. J.; Groves, D. I.; Fletcher, I. R.; Santos, J. O. S., & Vasconcellos, M. A. Z. 2000. Advances in SHRIMP geochronology and their impact on understanding the tectonic and metallogenic evolution of southern Brazil. *Australian Journal of Earth Sciences*, **47**: 829-844.
- Koester, E. 1995. **Petrologia e Geocronologia dos Granitoides Sintectônicos à Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu**. Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, 240p. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Leinz, V. & Pinagel, H. 1945. Estanho e Tungstênio no Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, *Boletim da Divisão de Fomento e Produção Mineral*, **70**:1-80.
- Lima, E. F.; Porcher, C. A. & Wildner, W. 1997. Identificação de rochas granulíticas na porção leste do estado do Rio Grande do Sul, região da Várzea do Capivarita, Brasil. In: CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, *Actas...*, **6**, Braga, Portugal SBGq, p. 73-75.
- Machado, R.; Philipp, R. & Mello, F. 1995. 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, **V**, Gramado, *Boletim de Resumos Expandidos*, Gramado, SBG, p. 52-53.
- Marques, J. C.; Jost, H.; Roisenberg, A. & Frantz, J. C. 1998. Rochas metassedimentares, geologia estrutural e metamorfismo da Suíte Metamórfica Porongos na área da Antiforme Capané, Cachoeira do Sul - RS. *Revista Brasileira de Geociências*, **28**(4): 467-472.
- May, G. E. 1990. **Pan-African magmatism and regional tectonics of South Brazil**. Open University, Milton Keynes, Ph.D. Thesis, 343p.
- Mesquita, M. J. M. 1991. **Petrografia dos granitoides deformados na Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu (Piratini - Quitéria), RS**. Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, 242p. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Minuzzi, O. R. R. 2000. **Avaliação do potencial estanífero do Granito Morrinhos na região de Morrinhos, RS**. Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, 148p. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Ortiz, L. & Andrade M. 1995. **Mapeamento Geológico 1:25.000 da Folha Arroio da Bica, RS – Faixa VI**. Trabalho de Graduação do Curso de Geologia Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, (inédito).
- Philipp, R. P. 1990. **Geologia e Petroquímica dos granitoides da região de Monte Bonito, Pelotas, RS**. Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, 231p. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Philipp, R. P. 1991. Geologia dos granitoides da região de Monte Bonito, Pelotas, RS: uma contribuição ao reconhecimento estratigráfico do Setor Oriental do Escudo Sul-rio-grandense. *Acta Geologica Leopoldensia*, v. XIV, **33**:71-128.
- Philipp, R. P. 1998. **A Evolução Geológica e Tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul**. São Paulo, Tese de Doutorado, 255p. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- 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 Geologica Leopoldensia*, v. XIV, **34**:95-122.
- Philipp, R. P.; Mesquita, M. J.; Gomes, M. E. B. & Almeida, D. P. M. 1993. Reconhecimento estrutural e geoquímico dos Granitoides Brasileiros da região de Pelotas, RS. *Pesquisas*, **20** (1):3-13.
- Philipp, R. P.; Nardi, L. V. S. & Machado, R. 1998. **O Magmatismo Granítico Neoproterozóico tardi a pós-colisional da região de Porto Alegre, RS**. In: Contribuição ao Estudo dos Granitos e Rochas Correlatas. Bahia, Publicação Especial nº5, Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Bahia-Sergipe, p.129-152.
- Philipp, R. P.; Nardi, L. V. S. & Bitencourt, M. F. 2000. O Batólito Pelotas no RS. In: Holz, M. & De Ros, L. F., (eds.) **Geologia do Rio Grande do Sul**. CIGO-UFRGS, Porto Alegre, p.133-160.
- Philipp, R. P. & Machado, R. 2001. Estratigrafia e significado tectônico das suítes graníticas do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **31**(3) (no prelo).
- Philipp, R. P. & Machado, R. 2002. The Late Neoproterozoic granitoid magmatism of the Pelotas Batholith, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* (no prelo).

- Philipp, R. P.; Machado, R.; Nardi, L. V. S.; Lafon, J. M. 2002. O magmatismo granítico Neoproterozóico do Batólito Pelotas no sul do Brasil: novos dados e revisão da geocronologia regional. **Revista Brasileira de Geociências**. (submetido).
- Ribeiro, M. 1977. **Mapa geológico da quadrícula de Piratini, RS**. Fundação Zoobotânica do RS, Publicação Especial nº 2, escala 1:50.000, Porto Alegre.
- Ribeiro, M. 1983. Estudo comparativo dos migmatitos de Canguçu e São Martinho, Bagé, RS: aspectos anatéticos e metassomáticos. **Iheringia**, Série Geológica, **8**: 51-100
- Soliani Jr., E. 1986. **Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica**, São Paulo, Tese de Doutorado, 425p. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Vasquez, M. L. 1997. **Evolução petrogenética dos granitos da Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul-RS**. Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, 195p. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.