

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Geocronologia Rb/Sr e K/Ar dos granitóides sintectônicos à Zona de Cisalhamento

Transcorrente Dorsal de Canguçu na região de Encruzilhada do Sul (RS)

Edinei Koester, Enio Soliani Junior, Luis Alberto D'Ávila Fernandes,

Gustavo Kraemer, Andréia Tommasi

Pesquisas em Geociências, 24 (1/2): 67-77, set./dez., 1997.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21185>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos

UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - set./dez., 1997.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Geocronologia Rb/Sr e K/Ar dos granitóides sintectônicos à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu na região de Encruzilhada do Sul (RS).

EDINEI KOESTER¹, ENIO SOLIANI JÚNIOR¹, LUÍS ALBERTO D'ÁVILA FERNANDES¹,
GUSTAVO KRAEMER¹ & ANDRÉIA TOMMASI²

¹Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15001
CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

²Laboratoire de Tectonophysique, Université de Montpellier, França

(Recebido em 07/97. Aceito para publicação em 10/97)

Abstract - The results of seventeen whole-rock Rb/Sr and four K/Ar isotopic analyses of syntectonic granites to the Transcurrent Dorsal de Canguçu Shear Zone are reported in this paper. The early magmatism along that fault is represented by the Quitéria metagranite-granodiorite which crops out into three main bodies and presents an age of 672 ± 21 Ma ($R_o = 0.716 \pm 0.001$). The late magmatism corresponds to the emplacement of peraluminous leucogranites of Cordilheira Granitic Suite comprising the older Arroio Francisquinho metamonzogranite yielding an age of 629 ± 23 Ma ($R_o = 0.733 \pm 0.001$) and the younger Cordilheira metagranite with an age of 617 ± 48 Ma ($R_o = 0.740 \pm 0.006$). Metamorphic episodes affecting these rocks are of low temperatures so that all these results can be interpreted as crystallization ages. K/Ar ages about 590 Ma obtained for these rocks were interpreted as the resetting ages of this isotopic system, probably caused by intrusion of large volume of post-tectonic granitoids. A discussion of the implications of these ages for the understanding of the magmatism related with the evolution of the Dom Feliciano Belt during the Neoproterozoic, with emphasis in the role played by the syntranscurrent igneous intrusions, is presented.

Keywords: geochronology, shear zone, metagranite

INTRODUÇÃO

O conhecimento do Escudo Sul-rio-grandense é ainda precário, tanto em função da carência de idades radiocronológicas para grande parte das unidades litoestratigráficas aflorantes, quanto pela falta de melhor controle geológico das unidades já datadas.

A maior parte das associações de rochas que ocorrem no Escudo do Rio Grande do Sul é geneticamente relacionada à formação do Cinturão Dom Feliciano, durante o Neoproterozóico. As associações de rochas mais antigas encontram-se estruturadas principalmente segundo a direção E-W, sendo cortadas por zonas de cisalhamento transcorrente intracontinentais de direção NE-SW, incluídas no Sistema Dorsal de Canguçu (Fernandes *et al.*, 1993). A principal falha desse sistema é uma estrutura homônima que aflora na região de Encruzilhada do Sul, porção leste do Cinturão Dom Feliciano (Fig. 1)

A Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu (ZCTDC) aflora do Escudo Uruguaio ao Escudo Catarinense, numa extensão de mais de 1500 km. A melhor área de exposição dessa estrutura é no Estado do Rio Grande do Sul, onde apresenta espessuras variáveis atingindo um máximo de dez quilômetros na porção onde afloram corpos graníticos sintectônicos. A ocorrência dessas rochas é restrita à zonas de transcorrência (Fig. 2).

As idades absolutas obtidas para os granitóides sintectônicos fazem parte de um programa destinado a investigação da natureza e evolução da ZCTDC. Do mesmo modo, possibilitam o entendimento desse episódio magmático no Escudo Sul-rio-grandense e favorecem a correlação com os principais episódios tectônicos e magmáticos responsáveis pelos estágios finais da estruturação do Cinturão Dom Feliciano.

O magmatismo contemporâneo a essa zona de cisalhamento está representado, na área em estudo, pelo metagranito Quitéria e pela Suíte Granítica Cordilheira, composta pelos metagranito Arroio Francisquinho e metagranito Cordilheira (*s.s.*), denominações essas adotadas no presente estudo (UFRGS, 1992).

Além de uma caracterização geológica e petrológica desses granitóides, foram obtidas três isócronas Rb/Sr em rocha-total e 4 idades K/Ar em minerais (muscovita e biotita) no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo. Esses resultados, todos calculados segundo as constantes de Steiger & Jäger (1977), serviram de suporte para interpretações relativas ao posicionamento temporal e cristalização dos magmas sintectônicos sendo igualmente utilizados para tecer considerações quanto a história termal e de movimentação da zona de cisalhamento, como apresentado a seguir.

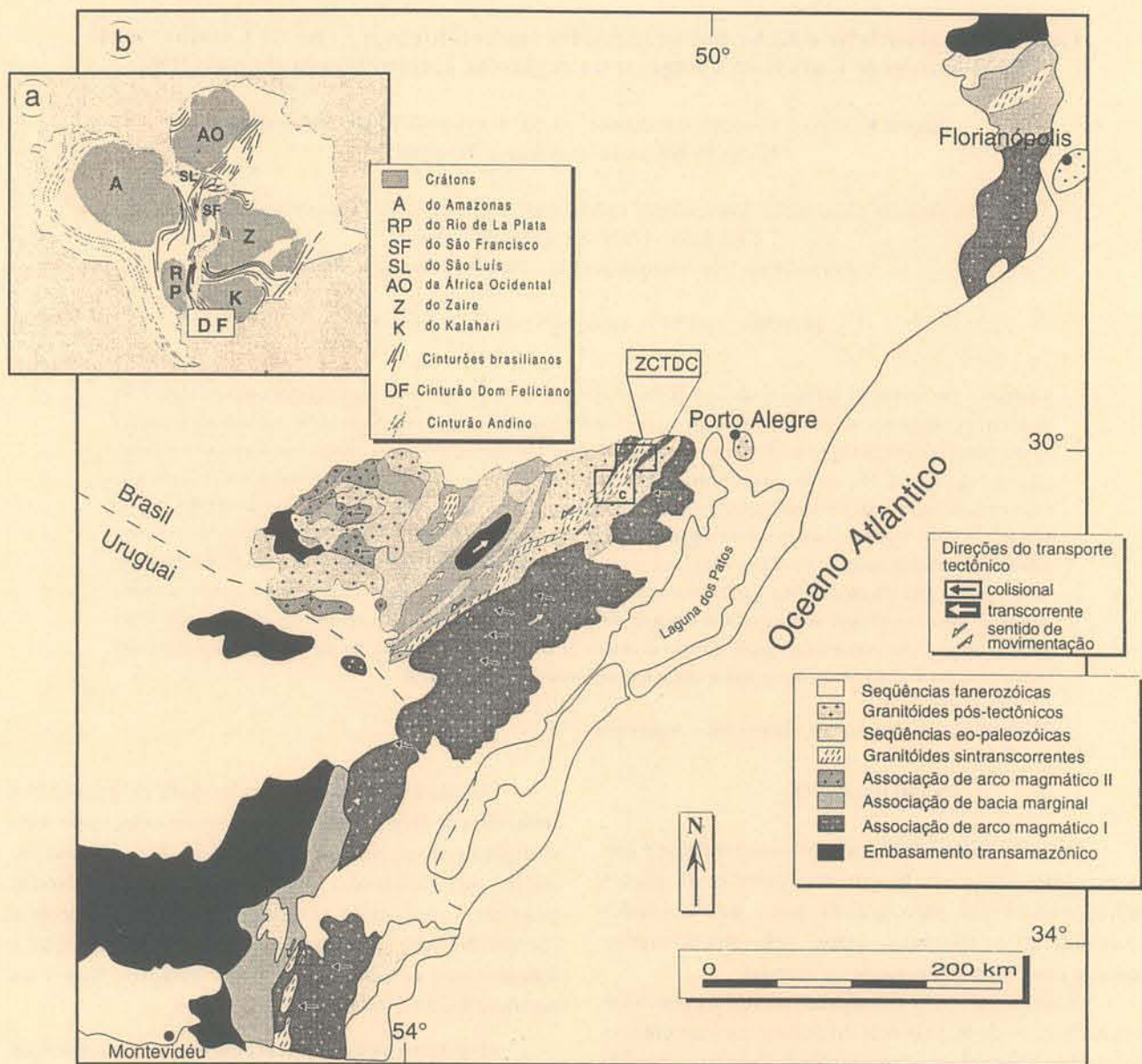


Figura 1 - Esboço geológico do Escudo Sul-río-grandense. a) mapa de situação tectônica do Cinturão Dom Feliciano (DF) em relação às principais unidades geotectônicas do SW do Gondwana durante o Neoproterozóico; b) mapa esquemático das principais associações petrotectônicas do Cinturão Dom Feliciano mostrando as direções de transporte tectônico do evento colisional e transcorrente, e a localização da Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu - ZCTDC (modificado de Fernandes *et al.*, 1992a); c) área detalhada na figura 2.

GEOLOGIA REGIONAL

As rochas encaixantes dos granitóides sintranscorrentes da ZCTDC são os paragnaisses de fácies anfíbolito superior da Suíte Metamórfica Várzea do Capivarita e os ortognaisses do Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos, intrusivos nas mesmas (Fernandes *et al.*, 1990; 1992b). Os ortognaisses são granitóides cordilheiranos cálcico-alcalinos deformados e metamorfisados sob condições de alta temperatura, durante o evento colisional com transporte tectônico transversal ao Cinturão Dom Feliciano (Fernandes *et al.*, 1992a).

As relações estratigráficas são evidenciadas pela presença de xenólitos das rochas supracrustais e ortognaisses nos granitóides sintranscorrentes.

Os granitóides sintectônicos a ZCTDC incluem, do mais antigo para o mais novo, o metagranito Quitéria (mgQ), o metagranito Arroio Francisquinho (mgAF) e o metagranito Cordilheira (mgC), os dois últimos constituindo-se de leucogranitos com duas micas, representantes da Suíte Granítica Cordilheira.

A estratigrafia interna à zona de cisalhamento foi determinada através da presença de enclaves com dimensões métricas a hectométricas do granito mais antigo (mgQ)

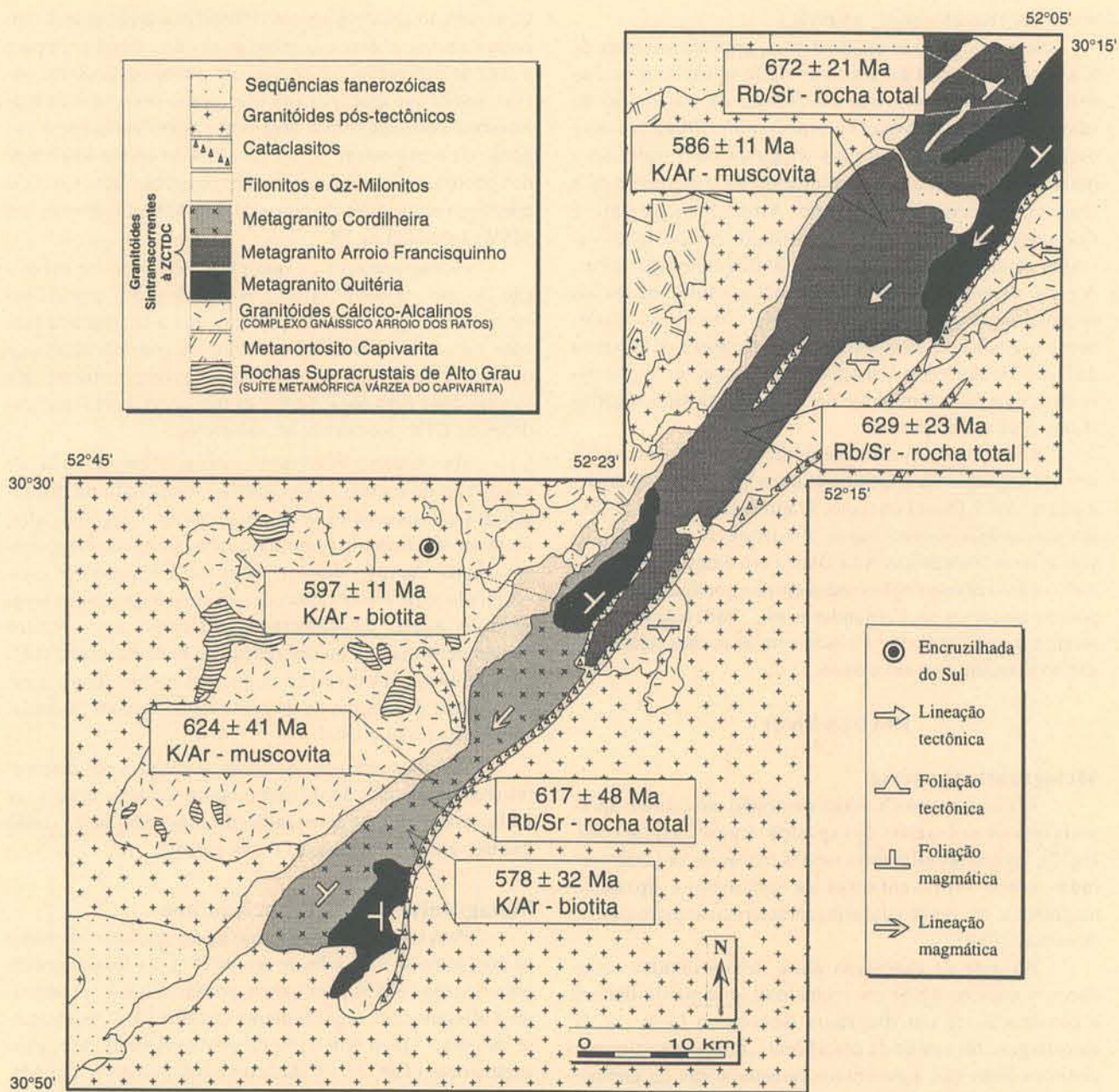


Figura 2 - Mapa geológico da Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu na região de Encruzilhada do Sul. Caracterização dos litodemas das principais associações petrotectônicas do Cinturão Dom Feliciano e os granitóides e tectonitos relacionados à zona de cisalhamento (compilado de Fernandes *et al.*, 1988; UFRGS, 1992;1993).

no interior dos granitos mais novos (mgAF e mgC), bem como de apófises desse último cortando o primeiro. As relações de idades entre os dois leucogranitos foram determinadas a partir da presença de veios e apófises do leucogranito mais novo (mgC) cortando o bandamento e a xistosidade dos filonitos originados a partir da deformação do leucogranito mais antigo (mgAF). Do mesmo modo, embora aflorando ao longo da ZCTDC e apresentando composições semelhantes, pode-se interpretar que ambos os

leucogranitos têm idades relativas diversas por mostrarem padrões de deformação contrastantes.

O metagranito Quitéria apresenta composições variando de granodioritos a monzogranitos porfiríticos, com quimismo cálcico-alcalino alto-K. A partir de modelamentos magmáticos, tem-se que o processo ígneo atuante na geração desse granitóide envolveu a assimilação de material crustal com concomitante cristalização fracionada, a partir de um magma basáltico parental de derivação

mantélica (Koester *et al.*, no prelo).

Seguindo-se esse magmatismo, grandes volumes de leucogranitos foram gerados por fusão crustal das rochas encaixantes, possivelmente em função da introdução de calor advectivo na crosta (Tommasi *et al.*, 1994). Durante esse estágio, foram gerados magmas com quimismo peraluminoso, tendo sido reconhecido até o momento dois corpos principais, os metagranitos Arroio Francisquinho e Cordilheira. Ambos caracterizam-se por composições variando de monzogranitos a sienogranitos com duas micas. A partir de modelamentos magmáticos, a fusão de rochas ortognáissicas do Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos, com contribuição subordinada dos paragnaisses de alto grau da Suite Metamórfica Várzea do Capivarita, foi o processo petrogenético dominante na formação desses magmas (Koester *et al.*, no prelo).

Registros de eventos geológicos posteriores, incluem: i) magmatismo granítico (Suites Graníticas Encruzilhada do Sul e Dom Feliciano, Frago Cesar *et al.*, 1986; granitos tardi a pós-tectônicos, Fernandes *et al.*, 1990), ii) vulcanismo (vulcânicas Ana Dias, Fernandes *et al.*, 1988; 1990) e iii) sedimentação (sedimentitos gonduânicos e depósitos quaternários, Fernandes *et al.*, 1988) que se dispuseram espacialmente lado a lado com as rochas relacionadas ao magmatismo em estudo.

IDADES Rb/Sr

Metagranito Quitéria

O metagranito Quitéria, na região em estudo, apresenta três áreas distintas de exposição (norte, central e sul, Fig. 2). As rochas aflorantes nessas três áreas são interpretadas como representantes de um mesmo episódio magmático, em função das suas características petrológicas (Koester, 1995).

Na área de exposição norte, foram obtidos cinco dados isotópicos Rb/Sr em rocha total, que possibilitaram a construção de um diagrama isocrônico (Tab. 1). A amostragem foi realizada em afloramentos espacialmente distintos, mas que apresentam características de campo, petrográficas e químicas sugestivas de sua cogeneticidade. A isócrona elaborada forneceu uma idade de 672 ± 21 Ma, com uma razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de $0,716 \pm 0,001$ e um MSWD de 8,34 (Fig. 3). A dispersão dos pontos nesta isócrona pode ser considerada adequada, uma vez que a variação nos teores de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ é de 2 a 10.

Obtida essa idade isocrônica para a porção setentrional do metagranito Quitéria, os dados isotópicos conseguidos nas áreas central e sul (Tab. 1) foram incluídos na mesma isócrona. A interpretação preliminar de que as três áreas de exposição do metagranito Quitéria seriam cogenéticas, poderia ser confirmada caso houvesse uma sobreposição desses pontos à isócrona da área norte. No entanto, os pontos analíticos, quando lançados no diagrama isocrônico, não apresentaram uma boa colinearidade.

Com relação aos dois pontos referentes a área central, um posicionou-se abaixo e o outro acima da isócrona. Já para a área de exposição sul, apenas um ponto analítico foi obtido, sendo que esse, por sua vez, posicionou-se acima da isócrona definida para a área norte, sobrepondo-se a um ponto da área central. A isócrona obtida com a totalidade dos pontos analíticos das três áreas do metagranito Quitéria apresenta uma idade de cerca de 640 Ma, porém com um MSWD elevado de 28.

A interpretação de que essas três áreas de exposição do metagranito Quitéria representariam um evento magmático cogenético não pôde ser assim confirmada com base nos dados ora obtidos. Algumas considerações podem ser feitas, já que outras ferramentas diagnosticam uma similaridade petrológica entre as três ocorrências (*e.g.* padrões de ETR, Koester *et al.*, no prelo).

As variações isotópicas entre as diferentes áreas de exposição do metagranito Quitéria, resultando na dispersão dos pontos analíticos de uma área em relação a outra, pode ser resultado da própria história evolutiva das rochas em estudo. As referidas variações isotópicas podem estar refletindo os diferentes graus de deformação presentes nessa unidade, apesar da amostragem sistemática nos termos menos deformados, ou diferenças de material assimilado, com composições diversas, já que tais rochas foram geradas a partir de magma de origem mantélica com assimilações de material crustal.

Estudos radiocronológicos detalhados nas diferentes áreas de exposição do metagranito Quitéria devem ser realizados para a caracterização da cogeneticidade ou não das três áreas de exposição dessa unidade.

Metagranito Arroio Francisquinho

Para o metagranito Arroio Francisquinho, aflorante na porção norte na região de estudo (Fig. 2), foi construída uma isócrona Rb/Sr com quatro pontos analíticos referentes a afloramentos espacialmente distintos, mas, por tratar-se de corpo ígneo único, muito provavelmente de rochas cogenéticas (Tab. 2). A idade obtida foi de 629 ± 23 Ma, com uma razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de $0,733 \pm 0,001$ e MSWD de 7,77 (Fig. 4). Essa isócrona apresenta variações nos teores de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$, de 2 a 6,5. Dessa forma, uma idade de cerca de 629 Ma pode ser sugerida para a cristalização do metagranito Arroio Francisquinho.

Metagranito Cordilheira

O metagranito Cordilheira, aflorante na porção sul da região em estudo (Fig. 2), por suas características petrológicas, principalmente as petrográficas, era correlacionado ao metagranito Arroio Francisquinho. Com a individualização, com o auxílio dos trabalhos de campo e dos dados geoquímicos, dos dois corpos na Suite Granítica Cordilheira, houve a necessidade de realizar-se uma determinação da idade absoluta desse corpo.

Tabela 1 - Dados analíticos e localizações das amostras referentes às determinações Rb/Sr (rocha total) no metagranito Quitéria. (*) valores normalizados para $^{86}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.1194$; dosagem de Rb e Sr por fluorescência de raios-X.

Número no diagrama isocrônico	Número de campo	Área de exposição	Localização (UTM)	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Erro	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (*)	Erro
1	PGT-Q-4	norte	6636,3 388,2	182,7	210,4	2,522	0,071	0,742480	0,000070
2	PGT-Q-5	norte	6635,7 387,0	206,5	177,6	3,378	0,095	0,747030	0,000090
3	PGT-Q-6A	norte	6644,4 392,9	255,7	77,4	9,651	0,270	0,803110	0,000070
4	PGT-Q-8	norte	6630,3 375,6	262,4	123,6	6,188	0,174	0,779770	0,000060
5	PGT-Q-7A	norte	6645,0 394,8	171,3	203,0	2,450	0,069	0,738820	0,000110
6	PGT-10-GA	central	6621,0 368,1	206,4	252,0	2,379	0,067	0,745210	0,000090
7	PGT-9-GB	central	6621,4 367,9	323,0	199,5	4,708	0,132	0,756210	0,000100
8	PGT-7-100-GA	sul	6596,6 350,5	176,8	216,4	2,373	0,067	0,745780	0,000120

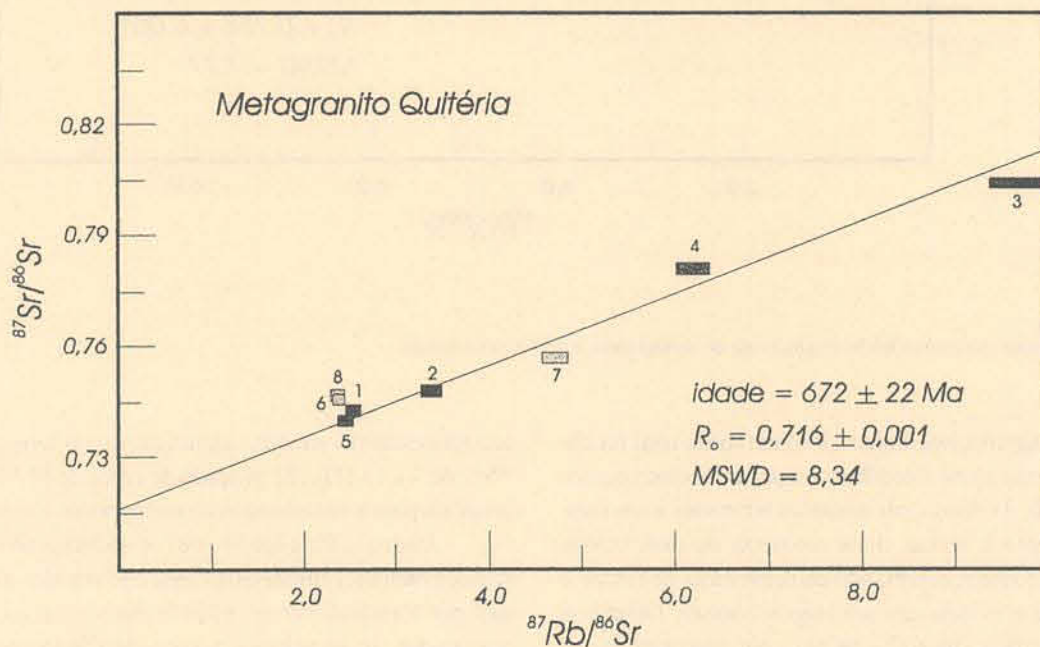


Figura 3 - Diagrama isocrônico Rb/Sr (rocha total) do metagranito Quitéria. Os pontos analíticos de 6 a 8, embora incluídos no diagrama isocrônico, não foram utilizados no cálculo da idade.

Tabela 2 - Dados analíticos e localizações das amostras referentes às determinações Rb/Sr (rocha total) no metagranito Arroio Francisquinho. (*) valores normalizados para $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$; dosagem de Rb e Sr por fluorescência de raio-X.

Número no diagrama isocrônico	Número de campo	Localização (UTM)	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Erro	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (*)	Erro
1	PGT-F-3	6629,0 375,1	274,3	124,3	6,436	0,181	0,785880	0,000090
2	PGT-F-4A	6629,2 374,8	153,4	228,6	1,950	0,055	0,749700	0,000080
3	PGT-F-4B	6629,3 374,6	227,3	156,7	4,225	0,119	0,771820	0,000060
4	PGT-03-33	6617,9 369,1	187,6	165,9	3,291	0,093	0,764180	0,000080

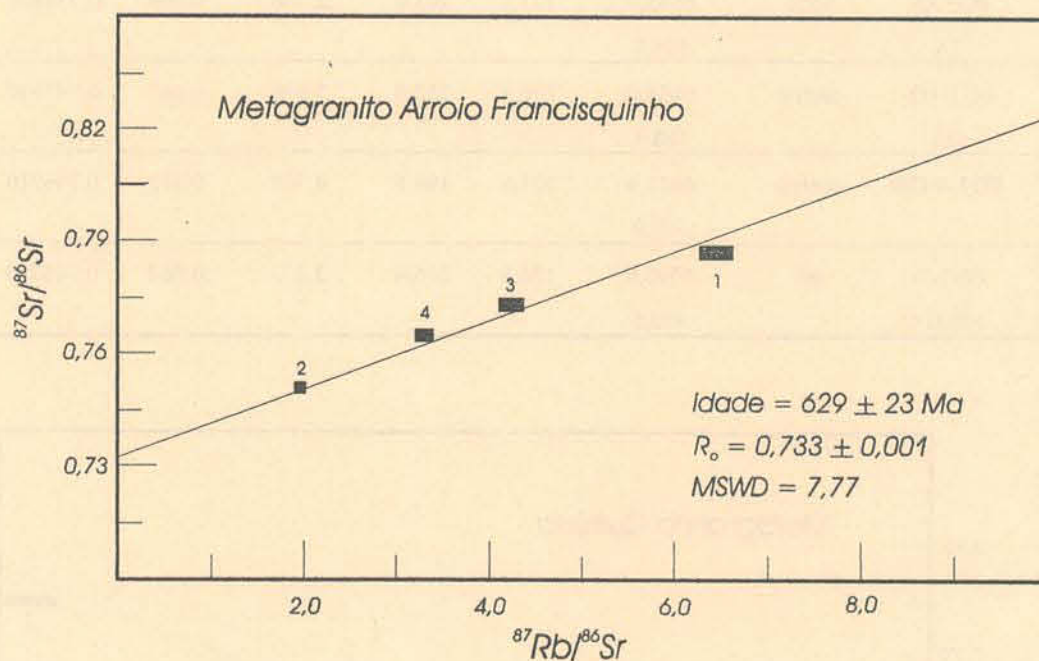


Figura 4 - Diagrama isocrônico Rb/Sr (rocha total) do metagranito Arroio Francisquinho.

Um diagrama isocrônico Rb/Sr em rocha total foi obtido para o metagranito Cordilheira, a partir de cinco pontos analíticos (Tab. 3), sendo três amostras referentes a um mesmo afloramento e outras duas amostras de dois outros afloramentos, todos apresentando características de campo e petrológicas que evidenciam sua origem comum. Obteve-se uma idade isocrônica de 617 ± 48 Ma, com uma razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de $0,740 \pm 0,006$ e um MSWD de 1,47, com os pon-

tos apresentando variação significativa em termos de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$, de 7 a 13 (Fig. 5). A idade de cerca de 617 Ma é então proposta para a cristalização do metagranito Cordilheira.

Idades U/Pb e Rb/Sr (681 ± 46 Ma e 667 ± 47 Ma, respectivamente) similares às aqui encontradas são reportadas por Passarelli *et al.* (1997) para as associações de granitóides sincinemáticos à Zona de Cisalhamento Major Gercino, em Santa Catarina.

Tabela 3 - Dados analíticos e localizações das amostras referentes às determinações Rb/Sr (rocha total) no metagranito Cordilheira. (*) valores normalizados para $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$; dosagem de Sr nas amostras 1 a 4 por diluição isotópica e demais dosagens de Rb e Sr por fluorescência de raios-X.

Número no diagrama isocrônico	Número de campo	Localização (UTM)	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Erro	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (*)	Erro
1	PGT-4A	6616,4 365,4	306,8	87,1	10,318	0,288	0,830190	0,000090
2	PGT-4-GA	6616,4 365,4	222,1	66,7	9,750	0,273	0,826350	0,000140
3	PGT-4-GD	6616,4 365,4	293,4	69,7	12,356	0,344	0,851710	0,000060
4	PGT-49	6611,9 360,1	265,1	84,5	9,179	0,257	0,818000	0,000130
5	PGT-03-73	6616,1 365,7	267,8	105,1	7,448	0,209	0,808290	0,000170

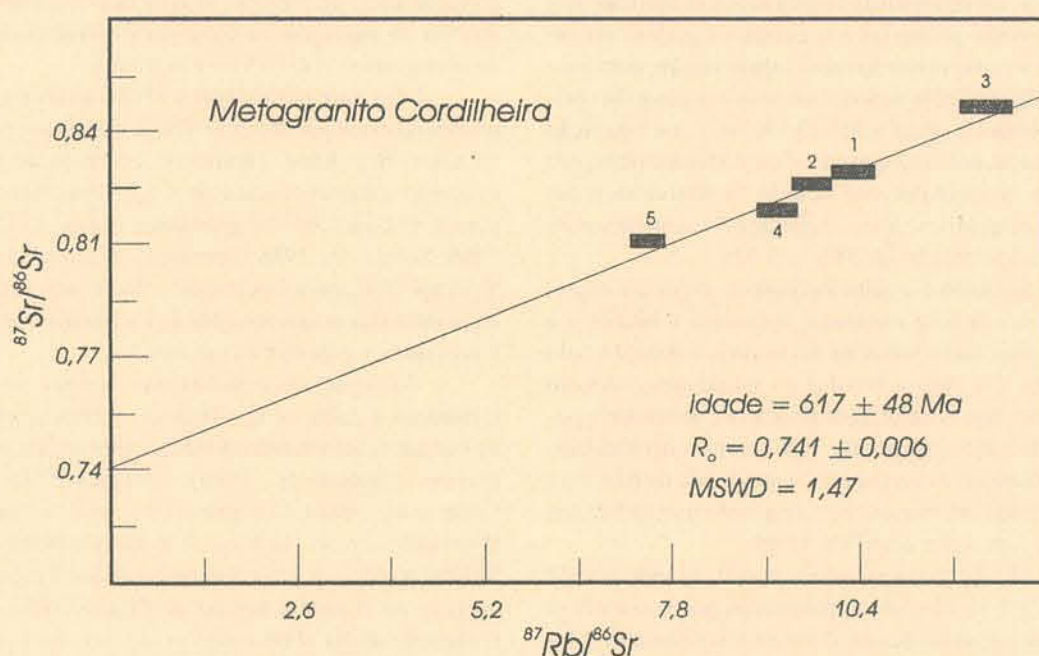


Figura 5 - Diagrama isocrônico Rb/Sr (rocha total) do metagranito Cordilheira.

IDADES K/Ar

Com o objetivo de obterem-se as idades de resfriamento dos diferentes plútons da ZCTDC, datações K/Ar foram realizadas em minerais separados (micas) nos granitóides sintranscorrentes em estudo.

As análises basearam-se na separação de biotitas do metagranito Quitéria, muscovitas do metagranito Arroio Francisquinho e biotitas e muscovitas do metagranito Cordilheira. Todo material separado apresentava teores superiores a 98 % de pureza, com tamanho médio dos grãos da ordem de 1 milímetro.

As análises referentes ao K e ao Ar mostram teores de K de 6 a 8,5 % e Ar atmosférico de 1,3 a 4,9% (Tab. 4), sugerindo que essas micas apresentavam baixo grau de alteração e que as idades obtidas podem ser relacionadas a episódios termais atuantes sobre estes minerais.

A datação K/Ar em uma amostra da área central de exposição do metagranito Quitéria, em biotita, como fase máfica dominante, possibilitou a obtenção de uma idade de 597 ± 11 Ma.

No metagranito Arroio Francisquinho, aflorante na porção norte da área mapeada, a presença de muscovita como mineral principal possibilitou a datação dessa. De

Tabela 4 - Dados analíticos e localizações das amostras referentes às determinações K/Ar dos granitóides sintranscorrentes.

Unidade	Localização (UTM)	Número de campo	Material	% K	⁴⁰ Ar (rad.) (10 ⁻⁶ ccSTP/g)	Ar atm (%)	Idade (Ma)
metagranito	6623,7	PGT-11	Biotita	6,64	182,77	2,19	597
Quitéria	368,5			± 0,50			± 11
metagranito	6648,7	PGT-59	Muscovita	8,45	227,21	1,65	586
Arroio	387,3			± 0,50			± 11
Francisquinho							
metagranito	6611,9	PGT-49	Muscovita	8,09	233,27	1,25	624
Cordilheira	360,1			± 6,34			± 41
metagranito	6599,0	PGT-67	Biotita	6,12	161,65	4,89	578
Cordilheira	349,3			± 4,56			± 32

acordo com as características observadas em lâminas delgadas, muscovitas primárias e secundárias podem ser reconhecidas no metagranito Arroio Francisquinho, com base em texturas de recristalização de muscovitas nos grãos primários. No entanto, para a datação K/Ar, essa separação não foi realizada, uma vez que há dificuldades técnicas para esta seleção, principalmente devido às dimensões das muscovitas secundárias. A idade obtida para o metagranito Arroio Francisquinho foi de 586 ± 11 Ma.

O metagranito Cordilheira, cuja ocorrência é restrita à porção sul da área mapeada, apresenta a biotita e a muscovita como fases minerais favoráveis a datação pelo método K/Ar. De forma similar ao metagranito Arroio Francisquinho, micas de origem primária e secundária puderam ser identificadas, porém sem serem individualizadas para a obtenção dessas idades. Uma idade de 624 ± 41 Ma foi verificada em muscovitas, enquanto que as biotitas apresentaram um valor de 578 ± 32 Ma.

Idades K/Ar com a mesma ordem de grandeza (561 ± 18 Ma e 572 ± 10 Ma) são apresentadas por Passarelli *et al.* (1997) para granitóides da Zona de Cisalhamento Major Gercino (SC).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As datações absolutas obtidas para os granitóides sintectônicos à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu são apresentadas na figura 2 e suas interpretações discutidas a seguir.

As idades isocrônicas Rb/Sr em rocha total obtidas para os granitóides em estudo, de 672 Ma para o metagranito Quitéria, 629 Ma para o metagranito Arroio Francisquinho e de 617 Ma para o metagranito Cordilheira, são indicativas da idade de cristalização desses magmas. Do ponto de vista geocronológico, os dois últimos granitóides têm idades

concordantes, no entanto, as relações de campo permitem atribuir ao metagranito Cordilheira uma idade inferior à do metagranito Arroio Francisquinho.

Com base nas datações Rb/Sr, essas rochas, relacionadas ao evento de transcorrência, podem ser posicionadas no Ciclo Brasileiro. Dentro do contexto de modelos de evolução geocronológica do Ciclo Brasileiro propostos para o Escudo Sul-rio-grandense (Fragoso Cesar *et al.*, 1986; Soliani Jr., 1986; Fernandes *et al.*, 1992a), estes valores apresentam-se coerentes, com um intervalo temporal entre unidades ou associações de rochas mais antigas e mais novas que os granitóides em estudo.

Associações de rochas mais antigas, ou rochas pré-tectônicas à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu, seriam representadas pelos granitóides da "fase precoce" (Soliani Jr., 1986), Gnaisses Piratini (Fragoso Cesar *et al.*, 1986), Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos (Fernandes *et al.*, 1992a). A isócrona Rb/Sr obtida por Soliani Jr. (*op. cit.*), e reinterpretada por Fragoso Cesar *et al.* (*op. cit.*), para a região de Piratini (RS), em rochas correlacionáveis (Fernandes *et al.*, *op. cit.*), sugere uma idade da ordem de 845 Ma para esta unidade.

Rochas precoces do Cinturão Dom Feliciano, na região de Quitéria-Capivarita (Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos), foram datadas por Tommasi (1991), onde uma idade Rb/Sr de 723 Ma foi obtida em ortognaisses milonitizados (G3) correlacionáveis aos "granitóides de fase precoce" (Soliani Jr., *op. cit.*). Segundo Tommasi (*op. cit.*), a idade de 845 Ma refere-se a cristalização desta unidade, sendo a idade de 723 Ma interpretada como representante da "movimentação transversal ao cinturão".

Unidades de rochas mais novas que as rochas relacionadas à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu são representadas pelos granitóides de "fase tardia" de Soliani Jr. (*op. cit.*) revelando idades isocrônicas

Rb/Sr em rocha total de 559 ± 5 Ma para a Suíte Granítica Encruzilhada e de 544 ± 5 Ma para a Suíte Granítica Dom Feliciano. Em um estudo detalhado, realizado por Vasquez (em prep.), novos dados Rb/Sr em rocha total são apresentados para a Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul, onde a idade isocrônica de 582 ± 17 Ma foi obtida para a fácies precoce dessa suíte. Esses granitóides são caracterizados como pós-tectônicos e têm suas idades Rb/Sr em rocha total relacionadas a cristalização desses magmas.

Assim, as idades obtidas para os granitóides interpretados como produtos de posicionamento sintectônicos à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu confirmam uma disposição temporal entre dois outros eventos com idades e cinemáticas distintas do Escudo Sul-riograndense.

Nos granitóides em estudo, as idades relativas estabelecidas a partir de observações de campo, caracterizadas por uma evolução estrutural e ainda por relações de intrusão (Tommasi *et al.*, 1994; Koester *et al.*, 1994; Koester, 1995), também são sugeridas pelas idades Rb/Sr em rocha total, apesar dos erros analíticos apresentados.

Sob o ponto de vista das datações K/Ar, vislumbra-se que um processo de rejuvenescimento tenha afetado os minerais micáceos nos granitóides transcorrentes, em torno de 590 Ma. Duas hipóteses distintas podem ser sugeridas: (i) o final da movimentação e do magmatismo associado à zona de cisalhamento, ocasionando um declínio de temperatura e fechamento do sistema K/Ar ou (ii) a intrusão de granitos pós-tectônicos como evento térmico responsável pela reequilíbrio do sistema K/Ar.

A hipótese de que essas idades K/Ar representariam os estágios finais da movimentação e do magmatismo associado à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu não parece ser corroborada pelos outros dados, quando da análise em conjunto.

Os estágios iniciais desse magmatismo, associado ao evento de transcorrência, apresentam idades Rb/Sr no metagranito Quitéria da ordem de 672 Ma, sendo caracterizados pela presença de uma movimentação intensa da zona de cisalhamento. Por sua vez, o magmatismo tardio, representado pelo metagranito Cordilheira, com idade de 617 Ma, foi posicionado durante o período final de movimentação dessa zona de cisalhamento, como evidenciado a partir da geração de uma trama deformacional incipiente (Fernandes *et al.*, 1993).

Com esse intervalo temporal de 672 a 617 Ma, não se considerando os desvios experimentais, sugere-se que a zona de cisalhamento esteve magmaticamente ativa por um período de, no mínimo, 55 Ma. Esse valor pode ser considerado grande quando comparado à zonas de cisalhamentos fanerozóicas (15 Ma - Shärer *et al.*, 1994). Porém, um intervalo de tempo mais longo ainda teria que ser aventado para que as idades K/Ar dos granitóides em estudo representassem o resfriamento dessa zona, cujo registro de movimentação mais antigo para o qual dispomos de idades

absolutas é a intrusão do metagranito Quitéria. Haveria a necessidade, assim, de admitir-se que a atividade tectono-magmática perdurou, pelo menos, por cerca de 80 Ma (672 a 590 Ma), tornando improvável essa hipótese.

A intrusão de granitos pós-tectônicos, por outro lado, como responsáveis por um reequilíbrio do sistema K/Ar pode ser postulada devido a presença de granitos mais novos, associados espacialmente às rochas relacionadas à zona de cisalhamento.

Uma datação K/Ar em biotita da Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul (Vasquez, em prep.), da ordem de 598 ± 18 Ma, sugere o resfriamento dessa unidade em épocas próximas a do posicionamento dessa suíte.

A presença desses granitos pós-tectônicos, em contato direto com a zona de cisalhamento, propicia a transferência de calor, podendo ser responsável pelo reequilíbrio do sistema K/Ar, favorecendo essa interpretação como a mais plausível para as idades K/Ar obtidas nos granitóides transcorrentes.

CONCLUSÕES

De acordo com as considerações geocronológicas apresentadas, pode-se propor uma evolução para a Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu composta por dois estágios principais e distintos: (i) o da colocação dos granitóides sintranscorrentes à zona de cisalhamento e (ii) o seu reauecimento provocado pela intrusão de granitos pós-tectônicos.

O estágio primeiro iniciar-se-ia com o posicionamento de magmas de derivação mantélica na crosta, representado pelo metagranito Quitéria (672 Ma), já envolvendo um componente crustal em sua gênese, e cujas temperaturas estimadas de cristalização são da ordem de 750-700 °C (Koester, 1995). A contribuição mantélica é sugerida pela presença de enclaves máficos dioríticos no interior desta unidade. A razão inicial de 0,716, no entanto, confirma a assimilação de frações da crosta (Koester *et al.*, no prelo). Em seguida, há o posicionamento de granitóides de fusão crustal ($R_o = 0,733$ e $0,741$), representados pelos granitos com duas micas da Suíte Granítica Cordilheira (629 e 617 Ma). Para estas rochas, são estimadas temperaturas de cristalização da ordem de 600-550 °C (Koester, 1995), uma vez que as altas taxas de fluidos favorecem essa queda nas temperaturas. Após os 617 Ma, já com as atividades de movimentação e magmatismo em seus estágios terminais, toda zona de cisalhamento apresentaria idades de resfriamento não muito inferiores a 617 Ma, como consequência do arrefecimento regional.

Já o segundo estágio estaria vinculado ao reauecimento causado pelo posicionamento de magmas pós-tectônicos, há aproximadamente 590 Ma, atingindo as rochas em estudo com temperaturas capazes de reequilibrar o sistema K/Ar dos minerais micáceos, sem, no entanto, afetar o sistema Rb/Sr.

Tabela 5 - Idades radiocronológica (Ma) dos litodemas relacionados à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu, RS.

	Unidade litodêmica		Pb/Pb	Rb/Sr (rocha total)	K/Ar	Referência
Granitóides Pós-tectônicos	Suíte Granítica	Dom Feliciano	-	544 ± 5	-	Soliani Jr. (1986)
	Suíte Granítica	Encruzilhada do Sul	-	570 ± 13	-	
	Suíte Intrusiva	Encruzilhada do Sul	-	582 ± 17	598 ± 18 (biotita)	Vasquez (em prep.)
Granitóides Sintranscorrentes	Suíte Granítica Cordilheira	metagranito Cordilheira	-	617 ± 48	578 ± 32 (biotita) 624 ± 41 (muscovita)	este trabalho
		metagranito Arroio Francisquinho	-	629 ± 23	586 ± 11 (muscovita)	
		metagranito Quitéria	-	672 ± 21	597 ± 11 (biotita)	
Granitóides Sintangenciais	Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos	trondhjemito (G3)	-	723 ± 13	-	Tommasi (1991)
	Complexo Pinheiro Machado	tonalitos e granodioritos	572 598 616	-	-	Chemale <i>et al.</i> (1995)
	Granitóides da fase tangencial	granodioritos	-	800 ± 30	-	Frantz & Botelho (1997)
	Granitóides	da fase precoce	-	827 ± 25	-	Soliani Jr. (1986)

Embora as sistemáticas Rb/Sr e K/Ar em rochas deformadas possam apresentar dificuldades quanto a interpretação de seus resultados, refletindo influências de eventos termais posteriores à cristalização das rochas, é possível afirmar que, no caso das unidades investigadas neste trabalho, o magmatismo gerador das mesmas foi simultâneo ao episódio tectônico, portanto, contemporâneo às feições estruturais preservadas. De acordo com Page & Bell (1986), esse é um caso singular em que datações Rb/Sr são adequadas para o estudo de rochas deformadas, obtendo-se as idades de cristalização dos magmas.

Os valores temporais Rb/Sr para as rochas sintectônicas aqui estudadas representariam ainda as idades de posicionamento das intrusões, fornecendo outra importante característica, ou seja, indicativa do período em que a Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu esteve magmaticamente ativa (672-617 Ma). Apesar dos pontos analíticos com mais altas razões Rb/Sr estarem posicionados, em dois dos diagramas, abaixo dos segmentos isocrônicos, o que pode ser indicio de mobilidade química resultante da intrusão dos granitóides pós-tectônicos, estimamos que essa possível influência não foi suficiente para alterar os valores temporais e as interpretações que ora se apresentam.

Os dados geocronológicos disponíveis acerca das diferentes unidades petrotectônicas do Escudo Sul-riograndense, em conjunto com os novos dados Rb/Sr e K/Ar

aqui relatados (Tab. 5), evidenciam uma história decrescente de idades para a região estudada, permitindo que novas hipóteses e, sem dúvida, novas questões sejam formuladas. A confirmação das diferentes interpretações necessita sobretudo de estudos isotópicos adicionais e sistemáticos, em particular por metodologias com maior acuracidade para a situação geológica em foco (*e.g.* U/Pb, Ar/Ar), associando-se, ainda, estudos detalhados de análise estrutural, petrologia e geofísica.

METODOLOGIA GEOCRONOLÓGICA

Os resultados K/Ar e Rb/Sr apresentados neste artigo foram obtidos junto ao Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, utilizando-se, com pequenas modificações, os procedimentos analíticos descritos por Amaral *et al.* (1966) e Kawashita (1972).

As constantes utilizadas no cálculo das idades são aquelas propostas por Steiger & Jäger (1977), sendo, para o método K/Ar, as seguintes:

$$\begin{aligned} \lambda_b &= 4,962 \times 10^{-10} \text{ /ano} \\ \lambda_k &= 0,581 \times 10^{-10} \text{ /ano} \\ (^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_{\text{atm}} &= 295,5 \\ ^{40}\text{K} &= 0,01167 \% \text{ K}_{\text{total}} \end{aligned}$$

e para o método Rb/Sr:

$$1^{87}\text{Rb} = 1,42 \times 10^{-11} \text{ /ano}$$
$$^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$$

As análises isotópicas foram realizadas, respectivamente, em espectrômetro NUCLIDE, tipo REYNOLDS e VG-354.

As isócronas Rb/Sr foram construídas pelo método de Williamson (1968). Os resultados analíticos, K/Ar convencional e Rb/Sr isocrônico, são apresentados com erro de 1 sigma (1σ).

Agradecimentos - agradecemos aos Drs. W. Teixeira, K. Kawashita e C.C.G. Tassinari, pelo suporte laboratorial junto ao CPGeo da Universidade de São Paulo, aos revisores da versão original pelas críticas e sugestões e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul, processo nº 95/60242-2, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, G.; Cordani, U.G.; Kawashita, K. & Reynolds, J.H. 1966. Potassium-argon dates of basaltic rocks from southern Brazil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **30**:159-189.
- Chemale Jr., F.; Hartmann, L.A.; da Silva, L.C. 1995. 1-Stratigraphy and tectonism of the Precambrian Early Paleozoic units in Southern Brazil and Uruguay. Excursion Guidebook. *Acta Geologica Leopoldensia*, **18**(42):5-117.
- Fernandes, L.A.D.; Tommasi, A.; Porcher, C.C.; Marques-Toigo, M.; Guerra-Sommer, M. & Piccoli, A.E.M. 1988. Mapa geológico de parte das folhas de Quitéria e Várzea do Capivarita, RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. *Série Mapas*. Mapa n. 14.
- Fernandes, L.A.D.; Tommasi, A. & Porcher, C.C. 1990. Esboço estrutural de parte do Batólito Pelotas - região de Quitéria-Capivarita. *Acta Geológica Leopoldensia*, **13**:117-138.
- Fernandes, L.A.D.; Tommasi, A. & Porcher, C.C. 1992a. Deformation patterns in the southern Brazilian branch of the Dom Feliciano Belt: a reappraisal. *Journal of South American Earth Sciences*, **5**(1):77-96.
- Fernandes, L.A.D.; Tommasi, A.; Porcher, C.C.; Koester, E.; Kraemer, G.; Scherer, C.M.S. & Menegat, R. 1992b. Granitoides precoces do Cinturão Dom Feliciano. Caracterização geoquímica e discussão estratigráfica. *Pesquisas*, **19**(2):195-215.
- Fernandes, L.A.D.; Tommasi, A. Vauchez, A.; Porcher, C.C.; Menegat, R. & Koester, E. 1993. Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu: caracterização e importância na compartimentação tectônica do Cinturão Dom Feliciano. *Revista Brasileira de Geociências*, **23**(2):1-10.
- 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 ... Goiânia*, SBG, v. 3, p. 1322-1342.
- Frantz, J.C. & Botelho, N.F. 1997. Os granitoides Neoproterozóicos do Cinturão Dom Feliciano no extremo sul do Brasil - Implicações geotectônicas para a faixa leste. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, **VI**., 1997, Pirenópolis. *Boletim de Resumos Expandidos...* Pirenópolis, p.45-47.
- Kawashita, K. 1972. *O método Rb-Sr em rochas sedimentares. Aplicação para as bacias do Paraná e Amazonas*. São Paulo, 111p. Tese de Doutorado em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Koester, E. 1995. *Evolução geológica do magmatismo sintectônico à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu, região de Encruzilhada do Sul (RS)*. Porto Alegre, 240 p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Koester, E.; Kraemer, G.; Fernandes, L.A.D. & Nardi, L.V.S. 1994. Magmatismo cálcico-alcalino e peraluminoso sintectônico à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu, Encruzilhada do Sul, (RS). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **38**., 1994, Balneário de Camboriú. *Boletim de Resumos Expandidos ... Balneário de Camboriú*, SBG, v. 1, p.166-167.
- Koester, E.; Fernandes, L.A.D.; Kraemer, G.; Nardi, L.V.S. & Soliani Jr., E. no prelo. Petrogênese dos granitoides sintectônicos à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu, Encruzilhada do Sul, RS. *Pesquisas*.
- Page, R.W. & Bell, T.H. 1986. Isotopic and structural responses of granites to successive deformation and metamorphism. *Journal of Geology*, **94**:365-397.
- Passarelli, C.R.; Basei, M.A.S.; Ahrendt, H.; Wemmer, K. & Siga Jr., O. 1997. Geochronological evolution of Major Gercino Shear Zone, South Brazil. In: SOUTH-AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, **1**., 1997, Campos do Jordão. *Extended Abstracts...* Campos do Jordão, p.231-233.
- Shärer, U.; Lian-Sheng, Z. & Tapponier, P. 1994. Duration of strike-slip movements in large shear zones: The Red River Belt, China. *Earth and Planetary Science Letters*, **126**:379-397.
- Soliani Jr., E. 1986. *Os dados geocronológicos do Escudo Sul-riograndense e suas implicações de ordem tectônica*. São Paulo, 425 p. Tese de Doutorado em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Steiger, R.H. & Jäger, E. 1977. Subcomission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo-and-cosmochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, **36**:359-362.
- Tommasi, A. 1991. *Evolução cinemática do Cinturão Dom Feliciano durante o Ciclo Brasileiro*. Porto Alegre, 207 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Tommasi, A.; Vauchez, A. Fernandes, L.A.D. & Porcher, C.C. 1994. Magma-assisted strain localization in an orogen-parallel transcurrent shear zone of southern Brazil. *Tectonics*, **13**(2):421-437.
- UFRGS. 1992. *Mapeamento Geológico de parte das folhas de Encruzilhada do Sul e Delfino*. Porto Alegre. Trabalho de Graduação do Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- UFRGS. 1993. *Mapeamento Geológico de parte das folhas de Cêrro da Árvore, Encruzilhada do Sul, Figueiras e Vau dos Prestes*. Porto Alegre. Trabalho de Graduação do Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Vasquez, M.L. em prep. *Evolução Petrogenética dos Granitos da Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul (RS)*. Porto Alegre. 235p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Williamson, J.H. 1968. Least squares fitting of a straight line. *Canadian Journal Physics*, **46**:1845-1847.