

Idades K-Ar e Rb-Sr das “Ilhas Cristalinas” de Rivera e Aceguá (Uruguai e Rio Grande do Sul, Brasil) e seu Enquadramento no Contexto Geotectônico Regional.

UMBERTO G. CORDANI¹ e ENIO SOLIANI JR.²

¹Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 01498 São Paulo, SP e ²Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus do Vale, 91.500 Porto Alegre, RS

Manuscrito aceito para publicação em 11 de junho de 1990

ABSTRACT

This work reports the results of 18 K-Ar and 31 Rb-Sr age determinations on rocks from the Aceguá and Rivera “crystalline islands”, representing the exposed basement of the Gondwanic sediments of the Paraná Basin, in Uruguay. The oldest rocks correspond to quartz-feldspathic gneisses of the Basal Complex, outcropping in the western part of the Rivera “island”. A well-fitted Rb-Sr isochron of about 2200 Ma ($R_o = 0,703$) seems to indicate the main regional metamorphic event, of Lower Proterozoic age.

This basement unit is intruded by different types of granitoid rocks, which predominate in both Rivera and Aceguá areas. All them are related to syn-late-posttectonic events of the Late Precambrian to Eo-Paleozoic Brasileiro Cycle. Porphyroid granites, considered syntectonic yielded Rb-Sr isochrones of about 680 Ma ($R_o = 0,707$). Equigranular varieties of late to posttectonic character indicated a Rb-Sr isochron age value of about 580 Ma ($R_o = 0,707$), and some sub-volcanic bodies exhibited K-Ar apparent age values around 530 Ma.

The geologic evolution here outlined for this Northern Uruguayan region can be correlated with the one established to the north, in Rio Grande do Sul State of Brazil. The main geotectonic significance is the overprint of the Late Precambrian Don Feliciano Belt on the eastern border of the Rio de La Plata cratonic area.

Key words: Geochronology, Geotectonic evolution, Northern Uruguay.

INTRODUÇÃO

Circundadas por sedimentitos gonduânicos da Bacia do Paraná, expõem-se no norte do Uruguai, no Departamento de Rivera, e nas proximidades da localidade de Aceguá, na fronteira do Rio Grande do Sul com o Uruguai, parcelas do embasamento precambriano referidas na literatura como “ilhas cristalinas” de Rivera e Aceguá (Fig. 1).

No contexto geotectônico, as duas porções do embasamento exposto são relativamente

reduzidas: a “ilha cristalina” de Rivera possui cerca de 100 km de comprimento e menos de 35 km em sua largura máxima, enquanto que a de Aceguá é ainda menor, com não mais de 35 km de comprimento e largura da ordem de 10 km. No entanto, apesar das dimensões diminutas, estas regiões são de fundamental importância para as correlações entre parcelas da borda oriental do Cráton do Rio de La Plata, no Rio Grande do Sul e no Uruguai.

O trabalho ora apresentado é um reconhecimento geocronológico preliminar das áreas

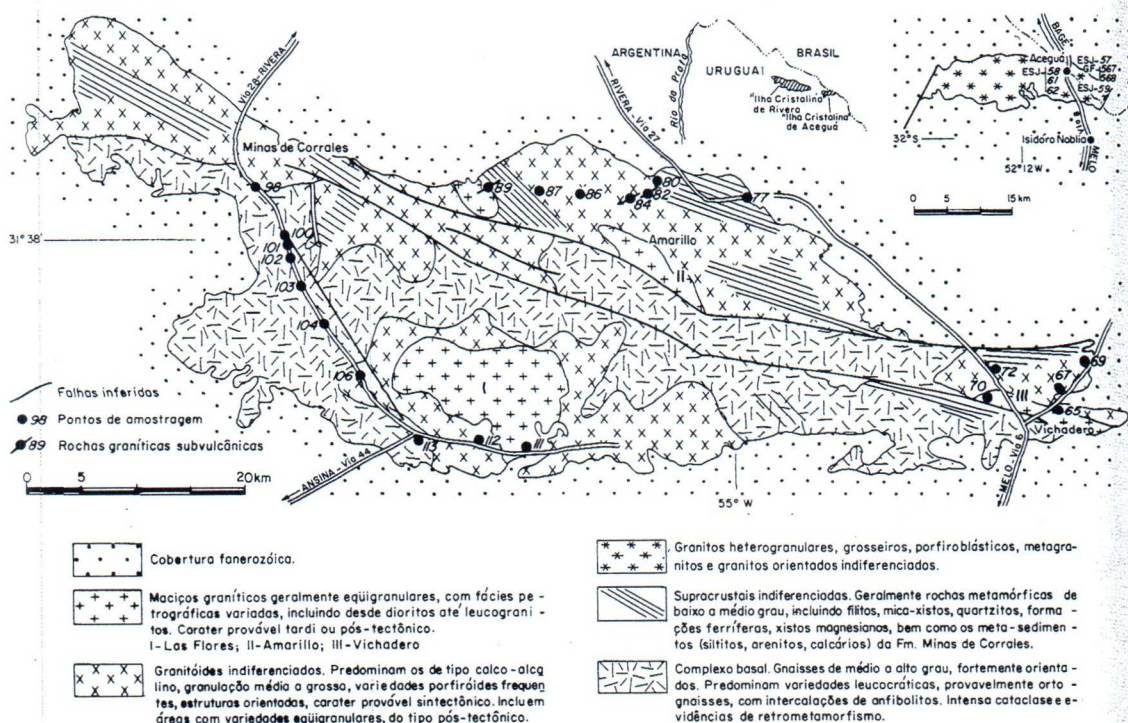


Figura 1.

mencionadas, com vistas à evolução geológica regional, e para isto os autores efetuaram uma amostragem específica ao longo das rodovias principais da região, sem a preocupação de levantar os dados geológicos, petrográficos, geoquímicos e estruturais, que seriam necessários para um estudo mais abrangente.

Em vista disto, os comentários relativos à interpretação geocronológica serão baseados essencialmente no texto de síntese de Preciozzi *et al.* (1985), com algumas informações adicionais decorrentes das observações dos autores relativamente aos afloramentos visitados e das análises petrográficas das amostras coletadas.

Este artigo inclui os resultados de 18 datações K-Ar e 31 determinações Rb-Sr obtidas nas diversas litologias regionais. Trata-se do primeiro levantamento geocronológico das “ilhas cristalinas” de Rivera e Aceguá, pois as duas únicas datações anteriormente disponíveis haviam sido obtidas por W. Teixeira (*in*: Horbach *et al.*, 1986) em rochas da pequena área brasileira da “ilha” de

Aceguá. As demais análises são inéditas, embora referidas no trabalho de um dos autores e que se constitui na sua Tese de Doutorado (Soliani Jr., 1986).

DADOS GEOLÓGICOS REGIONAIS

Segundo Preciozzi *et al.* (1985), a “ilha cristalina” de Aceguá é formada essencialmente por rochas granitóides atribuídas ao Proterozóico Superior (Ciclo Brasileiro), em virtude das duas datações já mencionadas, pré-existentes. Na descrição sucinta, os maciços granitóides são considerados como sintectônicos, com predominância de tipos litológicos heterogranulares, porfiróides. Petrograficamente, as rochas são caracterizadas como granitos a granodioritos cálcio-alcalinos, com hornblenda e biotita, mais ou menos deformados, incluindo, porém, variedades faciológicas equigranulares e estruturalmente isotropas, geralmente leucogranitos, com tendência alcalina e características tardi a póstectônicas. Filões

pegmatíticos, aplíticos ou graníticos hololeucocráticos são comuns.

A "ilha cristalina" de Rivera é litologicamente mais variada e de evolução geológica complexa. Como se verifica na Figura 1, ela é atravessada longitudinalmente por uma zona tectônica de grande importância, de direção aproximada N70W, entre Minas de Corrales e Vichadero, que separa a região em dois blocos tectônicos.

No bloco meridional, em sua parte ocidental, na estrada que parte de Minas de Corrales em direção ao Sul, aparecem rochas gnáissicas leucocráticas, essencialmente quartzo-feldspáticas, provavelmente formadas por metamorfismo de médio a alto grau sobre rochas magmáticas ácidas. Apresentam forte orientação NW-SE, bem como lineação pronunciada pelo estiramento dos cristais de quartzo. Ao que parece, a fase de recristalização metamórfica mais importante ocorreu sob condições de alto grau, havendo, portanto, a possibilidade de aparecerem litologias de fácies granulito. Tais gnaisses, bem como suas intercalações anfíbolíticas, foram incluídos, por Preciozzi *et al.* (*op. cit.*), em um Complexo Basal, considerado do Proterozóico Médio (Precambriano C), por analogia com as unidades gnáissicas que ocorrem mais ao sul, como parte integrante do Cráton do Rio de La Plata, o qual inclui toda a região ocidental da área de exposição de rochas pré-devonianas do Uruguai (Umpierre & Halpern, 1971; Ferrando & Fernandez, 1971).

Ainda no bloco meridional, aparece um grande batólito granítico do tipo póstectônico (Granito de Las Flores), associado com rochas granitóides não diferenciadas e que apresentam orientação, bandamento e outras feições características de intrusões sintectônicas.

No bloco setentrional, rochas granitóides são predominantes e aparecem em associação estreita com supracrustais de baixo a médio grau metamórfico. Na porção ocidental do bloco, estas rochas constituem a Formação Minas de Corrales, caracterizada por metassedimentitos (siltitos, arenitos, calcários) com xistosidade incipiente, que, por vezes, resume-se a uma clivagem de fratura. Mais para leste, as unidades supracrustais

incluem filitos e micaxistos, bem como formações ferríferas e xistos calcíferos e magnesianos, aparecendo, quase sempre, com alteração pronunciada.

As rochas granitóides deste bloco setentrional apresentam os mesmos tipos já descritos para a "ilha" de Aceguá e para o bloco meridional: granitos do tipo sintectônico, porfiróides, associados a variedades equigranulares sem deformação, que, por vezes, formam maciços maiores, mapéaveis, como os de Amarillo e Vichadero (Fig. 1).

Ainda no bloco setentrional, a Norte de Amarillo, foram notadas freqüentes ocorrências de intrusivas ácidas subvulcânicas (principalmente microgranitos), na forma de corpos de dimensões desconhecidas, intrusivos nos granitóides regionais ou nas supracrustais.

Cumprasse assinalar que todas as rochas granitóides da "ilha cristalina" de Rivera, no trabalho de Preciozzi *et al.* (1985), na falta de datações diretas, foram consideradas como do Proterozóico Médio (Précambriano C), por correlação litológica com as rochas similares, de idade transamazônica, que ocorrem mais ao sul (Umpierre & Halpern, 1971). Esta interpretação, no entanto, faz com que sejam atribuídas a épocas muito diferentes (transamazônica e brasileira) rochas graníticas virtualmente idênticas em petrografia e geoquímica, e que ocorrem, além disso, em áreas relativamente próximas, como parte das "ilhas" de Rivera e Aceguá.

METODOLOGIA GEOCRONOLÓGICA E RESULTADOS

Os resultados K-Ar e Rb-Sr apresentados neste artigo foram obtidos junto ao Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo), 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 sugeridas por Steiger & Jäger (1977) sendo, para o método K-Ar, as seguintes:

$$\lambda^{40}\text{K} = 4,962 \times 10^{-10} / \text{ano}$$

$$\lambda^{40}\text{K}_{\text{tot}} = 0,581 \times 10^{-10}/\text{ano}$$

$$(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_{\text{atm}} = 295,5$$

$$^{40}\text{K} = 0,01167\% \text{ K}_{\text{tot}}$$

e para o método Rb-Sr:

$$\lambda^{87}\text{Rb} = 1,42 \times 10^{-11}/\text{ano}$$

$$^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$$

A Tabela I contém os dados analíticos relativos às determinações K-Ar. As análises de K e de Ar apresentam-se dentro da normalidade, cabendo assinalar os teores extremamente baixos das biotitas das amostras ESJ-65, 70, 80C e 112B em virtude da elevada alteração das mesmas. Por outro lado, o alto valor de K do plagioclásio do granodiorito ESJ-111B evidencia a presença de impurezas em grande quantidade, possivelmente de K-feldspato, no concentrado analisado. Os erros experimentais foram calculados caso a caso, de acordo com a qualidade das análises respectivas de K e Ar, e, no geral, mostram-se inferiores a 3%.

A Tabela II apresenta os dados analíticos Rb-Sr. Teores de Rb e de Sr foram determinados por fluorescência de raios-X, ou por diluição isotópica, nos casos de valores muito baixos ou muito elevados destes elementos. Os valores de $(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})$ e de $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})$ são os empregados na construção das Figuras 2 a 5 e os valores da idade convencional foram calculados apenas para as amostras de razão $\text{Rb}_{\alpha}/\text{Sr}_{\alpha}$ maior que 1, e com os valores de R_0 fixados em cada caso, após o conhecimento das isócronas das Figuras 2 e 3. Os erros experimentais são, em geral, inferiores a 2% para a razão $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ e da ordem de 0,5% para a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Na época em que as análises foram efetuadas no CPGeo, as medidas de padrões internacionais, obtidas nos mesmos instrumentos, revelaram os resultados seguintes:

$$\text{Eimer \& Amend} = 0,7081 \pm 0,0002 \text{ (n = 9)}$$

$$\text{NBS-987} = 0,71028 \pm 0,00040 \text{ (n = 6)}$$

Finalmente, nos cálculos de regressão efetuados para os diagramas isocrônicos deste

trabalho, foi empregado o método de Williamson (1968).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Algumas amostras do "Complexo Basal" de Preciozzi *et al.* (1985) foram coletadas ao longo da Via 28, ao sul de Minas de Corrales (Fig. 1). Os exemplares datados provêm de dois afloramentos maiores (ESJ-100 e ESJ-103), em que vários fragmentos de rocha foram recolhidos, além de alguns outros pontos isolados (ESJ-98, 101, 102, 104 e 113A). Em todos os casos, trata-se de gnáisses leucocráticos, provavelmente ortognáisses, com evidências de mineralogia metamórfica de alto grau e com intensa deformação posterior associada com cataclase e retrometamorfismo.

Com os dados analíticos Rb-Sr obtidos nestas amostras (Tab. II), foi elaborado o diagrama isocrônico da Figura 2. Três amostras do afloramento ESJ-100, bem como aquelas dos afloramentos ESJ-102, 104 e 113A, alinharam-se segundo uma isócrona de 2.204 ± 65 Ma., aqui considerada como representando a época do metamorfismo regional principal, possivelmente de alto grau, ocorrido, portanto, no Proterozóico Inferior. A razão inicial relativamente baixa (cerca de 0,703) confirmaria a origem magmática dos precursores graníticos e indica participação relevante de componentes mantélicos. Uma origem mantélica é ainda mais clara no caso do afloramento ESJ-103 (vide inserção na Fig. 2), em que as quatro amostras analisadas, de baixa razão Rb/Sr, parecem indicar idade similar, mas razão inicial ainda menor, da ordem de 0,7017.

No mesmo diagrama, foram incluídos, apenas para inspeção visual, os pontos analíticos relativos às amostras ESJ-98 e 100D, os quais parecem evidenciar modificações em suas razões Rb/Sr em época posterior ao evento metamórfico principal.

Na sua maioria, os metagranitóides amostrados e pertencentes ao "Complexo Basal" não apresentaram minerais adequados à separação e datação pelo método K-Ar. Análises por este método foram tentadas em concentrados de feldspato de duas amostras do afloramento ESJ-101 (Tab. I). Os resultados revelaram-se concor-

TABELA I
Dados Analíticos - Determinações K-Ar

Nº de Campo (ESJ)	Litologia	Material	Nº de Lab.	%K	^{40}Ar (ccSTP/g) ($\times 10^{-6}$)	%Ar (atm)	Idade (Ma)
<i>Proximidades de Aceguá:</i>							
58	Granito	Biotita	5581	7,13	196,8	3,0	599 \pm 10
62D	Granito	Biotita	5580	5,90	155,0	6,0	575 \pm 14
<i>Proximidades de Vichadero:</i>							
65	Granito	Biotita	5579	0,57	8,92	58,2	366 \pm 31
	Cataclástico	(Cloritizada)					
70	Granito	Biotita	5578	0,77	13,9	51,0	414 \pm 29
	Cataclástico	(Cloritizada)					
<i>Norte de Amarillo:</i>							
80C	Granito	Biotita	5577	2,07	47,9	9,4	515 \pm 11
82	Microgranito	RT	5683	2,81	66,0	9,17	523 \pm 13
84	Microgranito	RT	5684	2,31	56,0	9,5	537 \pm 15
89	Microgranito	RT	5685	2,55	61,8	4,0	536 \pm 11
<i>Sul de Minas de Corrales:</i>							
101B	Gnaiss	Feldspato	5582	3,81	189,7	2,9	968 \pm 14
101C	Gnaiss	Feldspato	5575	3,74	180,4	2,7	946 \pm 31
106B	Tonalito	Plagioclásio	5583	0,69	15,7	26,1	507 \pm 12
106B	Tonalito	Hornblenda	5611	0,10	2,8	51,2	586 \pm 22
<i>Região de Las Flores:</i>							
111A	Granodiorito	Plagioclásio	5573	0,49	13,1	19,0	584 \pm 15
111A	Granodiorito	Biotita	5574	6,74	179,0	7,9	589 \pm 8
111B	Granodiorito	Plagioclásio	5587	2,71	60,3	84,2	499 \pm 12
111B	Granodiorito	Biotita	5588	5,57	146,8	8,2	576 \pm 10
112A	Granodiorito	Biotita	5569	6,23	165,1	2,3	579 \pm 20
112B	Granodiorito	Biotita	5572	1,73	27,6	18,4	370 \pm 7

dantes, da ordem de 960 Ma., mas a interpretação geológica deste valor está sujeita a grande incerteza. Possivelmente, trata-se de perda parcial de Ar durante eventos termais mais jovens, do Proterozóico Superior, cuja expressão mais evidente são as datações K-Ar das biotitas regionais. Não pode ser excluída, no entanto, a hipótese da existência de um episódio termotectônico independente, no Proterozóico Médio. Esta alternativa

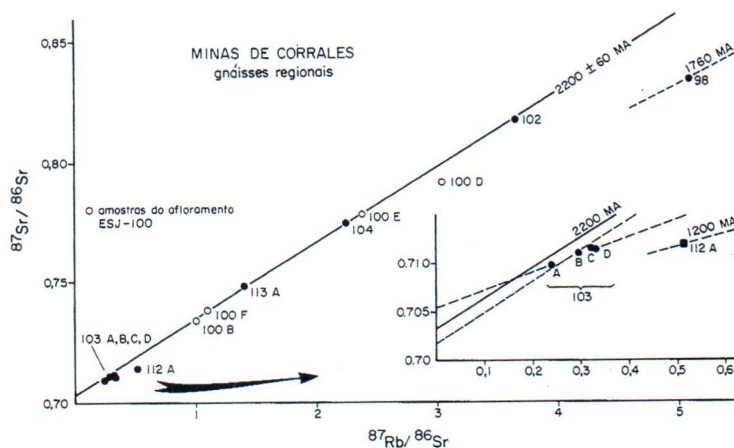
teria mais força se fosse significativo o alinhamento aparente das quatro amostras do afloramento ESJ-103 (ver inserção na Fig. 2) e se a idade calculada, de cerca de 1.200 Ma. (assumindo-se uma razão inicial de 0,705), para a rocha granodiorítica ESJ-112A, também tivesse significação geológica.

Em dois afloramentos nas proximidades de Vichadero, foram coletadas 3 amostras (ESJ-67B, 72A e 72B) dos granitos regionais porfirídeos,

TABELA II
Dados Analíticos - Determinações Rb-Sr

Nº de Campo	Litologia	Mat.	Nº de Labor.	Rb(ppm)	Sr(ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Idade (Ma)	
								$R_0 = 0,703$	$R_0 = 0,708$
Proximidades de Aceguá:									
57C	Granito	RT	7683	151,0	17,78	25,07	0,9121		571 ± 7
59	Granito	RT	7684	149,9	48,6	8,99	0,7800		562 ± 22
61	Granito	RT	7685	190,7	9,73	59,46	1,2003		581 ± 5
62A	Granito	RT	7686	151,8	327,5	1,343	0,7202		639 ± 106
62C	Granito	RT	7687	115,4	499,5	0,669	0,7141		
GF567*	Granodiorito	RT	5443	102,3	707,0	0,420	0,7113		
GF568*	Microgranito	RT	5695	190,2	192,7	2,860	0,7358		681 ± 65
Proximidades de Vichadero:									
67B	Granito Porfíritico	RT	7688	15,95	1140	0,0405	0,70781		
67B	Granito Porfíritico	KF	7606	156,3	1478	0,3059	0,7101		
69A	Microgranito	RT	7691	279,7	12,48	68,35	1,2623		569 ± 4
72A	Granito Porfíritico	RT	7689	86,8	1032	0,2434	0,7095		
72A	Granito Porfíritico	KF	7907	143,0	1315	0,3148	0,7103		
72E	Granito Porfíritico	RT	7690	58,8	934	0,1823	0,7094		
72E	Granito Porfíritico	KF	7908	148,0	1200	0,3570	0,7111		
Norte de Amarillo:									
77	Tonalito	RT	7693	114,7	199,4	1,667	0,7207		540 ± 90
80C	Granito Porfíritico	RT	7692	118,6	758,5	0,453	0,7119		
86	Sub-Vulcânica	RT	7694	53,8	740,0	0,210	0,7057		
87	Tonalito	RT	7695	135,3	201,0	1,952	0,7235		560 ± 70
Sul de Minas Corrales:									
98	Gnaiss	RT	7966	106,8	61,5	5,089	0,8340	1790 ± 50	
100B	Gnaiss	RT	7967	54,9	159,2	1,001	0,7340	2140 ± 150	
100D	Gnaiss	RT	7968	106,7	102,5	3,038	0,7917	2030 ± 70	
100E	Gnaiss	RT	7969	104,9	128,3	2,383	0,7781	2190 ± 80	
100F	Gnaiss	RT	7970	55,9	148,9	1,090	0,7384	2250 ± 140	
102	Gnaiss	RT	7971	90,7	72,8	3,645	0,8177	2180 ± 70	
103A	Gnaiss	RT	7972	17,7	213,5	0,240	0,7098		
103B	Gnaiss	RT	7973	20,8	204,1	0,295	0,7111		
103C	Gnaiss	RT	7974	24,6	224,0	0,318	0,7116		
103D	Gnaiss	RT	7975	22,6	198,1	0,330	0,7115		
104	Gnaiss	RT	7976	106,1	138,2	2,237	0,7748	2220 ± 90	
112A	Tonalito	RT	7696	117,5	662,1	0,514	0,7142		
113A	Gnaiss	RT	7697	118,6	246,6	1,397	0,7482	2240 ± 110	

* Segundo W. TEIXEIRA, in HORBACH *et al.*, 1986.



com biotita e megacristais centimétricos de microclínio pertítico. Em vista das dimensões dos megacristais, colocando dúvidas quanto a possibilidade de amostras relativamente pequenas (pesando 2 ou 3 kg) permanecerem como sistemas quimicamente fechados a migrações de Rb e Sr na época da sua formação, foram efetuadas determinações em rocha-total e em concentrados de K-feldspato. Todas estas amostras apresentaram teores muito elevados de Sr, superiores a 900 ppm (Tab. II), possibilitando a análise dos resultados com valores $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ baixos, próximos das respec-

tivas razões iniciais, conforme verifica-se na Figura 3. Nesta, os pontos analíticos das rochas-totais foram ligados com os pontos dos feldspatos correspondentes. Os segmentos de reta do diagrama são partes das linhas de mistura em que os membros finais seriam os megacristais e a matriz fanerítica das rochas granitóides. O fato de serem sub-paralelas e com inclinações equivalentes a idades isocrônicas de 630-670 Ma. parece indicar que são geologicamente significativas. Ao mesmo tempo que estariam revelando serem as rochas-totais utilizáveis em diagramas isocrônicos,

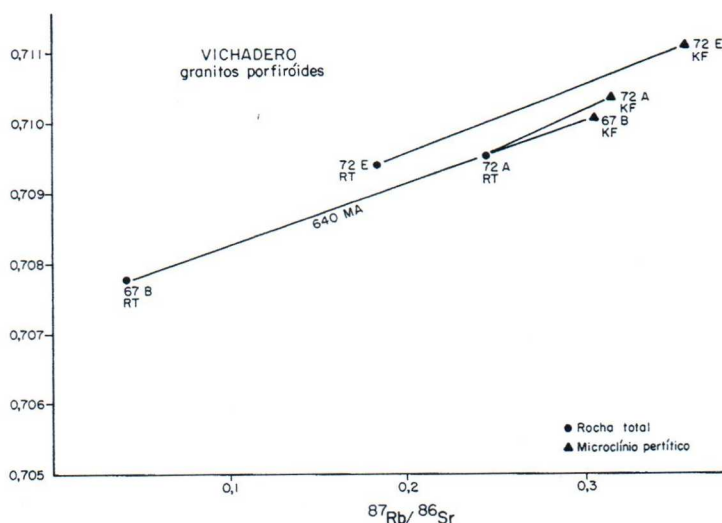


Figura 3.

evidenciariam, ainda, que cada sistema pode apresentar uma razão inicial própria e diferente do sistema vizinho, mesmo que de localidades muito próximas ou até do mesmo afloramento.

Embora conhecendo-se e levando-se em conta a possibilidade de razões iniciais diferentes, foi tentada a construção de um diagrama isocrônico para as rochas-totais de amostras de granitos porfiróides de ambas as “ilhas cristalinas” de Rivera e Aceguá (Fig. 4). Os fragmentos rochosos coletados possuem características petrográficas muito similares, mas características geoquímicas bastante diferentes no tocante às razões $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (Tab. II), variando entre 0,04 e 2,9. A melhor reta de ajuste, passando próxima de todos os pontos analíticos, equivale a uma isócrona de 680 ± 22 Ma., com razão inicial de 0,707. Os parâmetros estatísticos inerentes à regressão ($\text{MSWD} = 0,4$ e coeficiente de correlação = 0,9997) indicam que o dado pode ser significativo e as amostras correlacionáveis ao mesmo processo formador, ocorrido por volta da idade apontada, no Proterozóico Superior. Para os autores deste artigo, este dado refere-se ao término de fase sintectônica regional importante, atribuível ao Ciclo Brasileiro.

Na mesma Figura 4, foi incluído, apenas para comparação visual, o ponto analítico da amostra ESJ-112A, já comentado anteriormente, cuja idade aparente (para $R_0 = 0,705$) seria da ordem de 1.200 Ma. O gráfico demonstra que não se pode excluir a hipótese desta rocha ser, em verdade, brasileira,

desde que sua razão inicial seja mais elevada, da ordem de 0,710.

Da mesma forma que para a Figura anterior, reuniram-se na Figura 5 os pontos analíticos das variedades granitóides sem megacristais das “ilhas” de Rivera e Aceguá, e com pouca ou nenhuma orientação provocada por deformações. Tratar-se-ia dos tipos considerados tardi a póstectônicos por Preciozzi *et al.* (1985).

Estas rochas apresentaram igualmente grande variação na razão $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (entre 1,6 e 68,4 - Tab. II) e a linha de melhor ajuste no diagrama isocrônico equivale a uma isócrona de 574 Ma., com razão inicial de 0,707. Também neste caso, os parâmetros estatísticos inerentes à regressão linear são satisfatórios ($\text{MSWD} = 1,16$ para um nível de corte de 2,45 e coeficiente de correlação = 0,9999). Este resultado parece ser altamente significativo em termos de uma época importante de intrusões graníticas, pós-deformativa, ainda no Ciclo Brasileiro.

Várias determinações K-Ar confirmam esta época, próxima de 570-580 Ma., como um episódio tectonomagmático de grande importância (Tab. I). É o caso das biotitas dos granitóides de Aceguá (ESJ-58 e 62D), com idades aparentes praticamente concordantes, e é também o caso das biotitas dos granodioritos ESJ-111A e 111B, provenientes da intrusão póstectônica de Las Flores, e do tonalito ESJ-106B, provavelmente a ela associado, sempre no bloco meridional da “ilha cristalina” de Rivera. O plagioclásio do granodiorito ESJ-111A indicou idade aparente

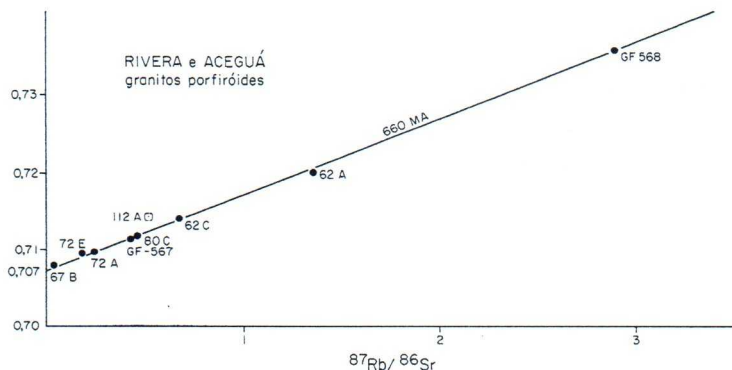


Figura 4.

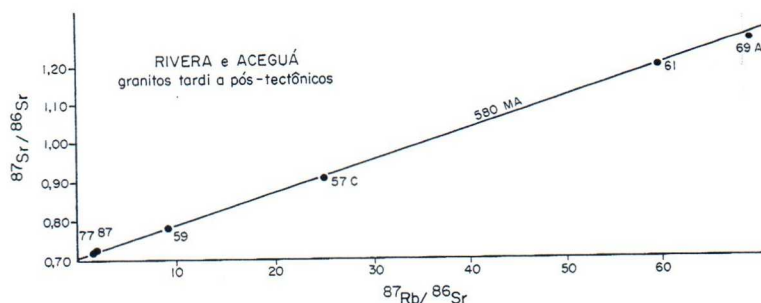


Figura 5.

concordante, mas os demais minerais (plagioclásios do tonalito ESJ-106B e do granodiorito ESJ-111B, biotita do granodiorito ESJ-112B) mostraram perdas de argônio em diferentes graus.

Interessante é o padrão K-Ar no bloco setentrional da "ilha" de Rivera. Em duas amostras de granitóides cataclásticos coletadas próximo a Vichadero (ESJ-65 e 70, Tab. II), as biotitas apresentaram-se intensamente cloritizadas, como indicado pelo conteúdo de K extremamente baixo, devem ter sido afetadas por hidrotermalismo. Suas idades aparentes foram rebaixadas ao Paleozóico Inferior, podendo ser associados a reativações tectônicas em tal época, ao longo do Lineamento Minas de Corrales-Vichadero. De qualquer forma, os valores numéricos dessas idades não são necessariamente significativos, geologicamente.

Três outras amostras (ESJ-82, 84 e 89), da região ao norte de Amarillo, foram analisadas em rocha-total, correspondendo a variedades subvulcânicas relativamente ricas em K e com idades concordantes da ordem de 530 Ma., sugerindo a sua formação durante o Cambriano. A biotita do granito porfiróide ESJ-80C, parcialmente cloritizada, pode indicar rejuvenescimento isotópico pelo aquecimento provocado pelo enxame de diques próximo. Finalmente, uma amostra destas rochas subvulcânicas (ESJ-86) foi analisada pelo método Rb-Sr (Tab. II) e o resultado não tem relevância em termos de idade, mas apresenta significação especial em termos de gênese, visto que, ao aplicarem-se as devidas correções de idade e teor de Rb, sua razão inicial

(R_0) resultaria 0,703, sendo este valor atribuível a uma origem mantélica.

EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA E CORRELAÇÕES REGIONAIS

A partir dos dados isotópicos discutidos neste artigo, chega-se à conclusão que, nas "ilhas cristalinas" de Rivera e Aceguá, estão registrados três grandes episódios formadores de rochas: o primeiro deles, do Proterozóico Inferior (Ciclo Transamazônico), responsável pela geração dos metamorfitos de médio a alto grau do "Complexo Basal" (Preciozzi *et al.*, 1985), e os dois restantes, do Proterozóico Superior (Ciclo Brasileiro), distanciados no tempo de uma centena de milhões de anos, cujas atividades produziram, respectivamente, os granitóides orientados ou bandados da fase sintectônica, e os granitóides pouco ou nada deformados das fases tardi e póstectônicas. É preciso mencionar, além disso, o episódio magmático adicional, representado por corpos micrograníticos, subvulcânicos e de dimensões não determinadas, provavelmente relacionado a uma época distensiva, acontecida nos tempos do Cambriano.

Na "ilha" de Aceguá, do ponto de vista geocronológico, são conhecidas apenas as litologias graníticas sin e tardi ou pós-tectônicas do Ciclo Brasileiro, mas não se exclui a possibilidade de virem a ser encontradas as rochas presumivelmente gnáissicas de seu embasamento.

Uma evolução geológica similar à mencionada pode ser visualizada para a fração crustal aflorante na região SW do Escudo Sul-rio-gran-

dense, nas proximidades das localidades de Bagé e Dom Pedrito. Aqui, gnaisses quartzo-feldspáticos, de fácies metamórfica granulítica, associados a gnaisses básicos, anortositos, ultramafitos, gnaisses a sillimanita e mármore, todos componentes do Complexo Granulítico Santa Maria Chico (Nardi & Hartmann, 1979), tiveram a sua gênese atribuída ao Proterozóico Inferior através de determinações geocronológicas efetuadas com a utilização dos métodos K-Ar e Rb-Sr (Soliani Jr. *et al.*, 1984).

Associado ao Lineamento de Ibaré (Hartmann & Nardi, 1983), uma entidade geotectônica limite entre os referidos terrenos de alto grau metamórfico e os de médio e baixo graus aflorantes ao norte da feição mencionada, encontra-se um "stock" de composição variável de tonalito a granodiorito, denominado de Granito Timbaúva, cuja idade, fornecida através de um diagrama isocrônico de referência com seis pontos analíticos, revelou-se de 647 ± 34 Ma., com $R_0 = 0,7047$ (Naumann, 1984), correlacionando-se, muito provavelmente, aos tipos sintectônicos das "ilhas cristalinas" uruguaias.

De igual modo, representando intrusões granitóides essencialmente isótropas, de dimensões batolíticas e composição média de monzogranito, o Complexo Granítico Santo Afonso (Hartmann & Nardi, 1982) forneceu uma idade de 568 ± 48 Ma. (com $R_0 = 0,708$), também a partir de um diagrama isocrônico de referência, desta feita com 9 pontos analíticos provenientes de três afloramentos distintos, o que o posiciona no contexto magmático tardi a pósteotônico do Ciclo Brasileiro (Soliani Jr. *et al.*, 1984; Soliani Jr., 1986).

São ainda conhecidos no Rio Grande do Sul, intrudidos nas unidades anteriores, vários corpos aproximadamente circulares e de pequenas dimensões (alguns quilômetros de diâmetro), compostos por pertita-granitos, eventualmente portadores de riebeckita, englobados sob a designação de Suíte Intrusiva Saibro (Hartmann & Nardi, *op. cit.*). Existe apenas uma determinação isotópica Rb-Sr disponível para este conjunto (W.Teixeira, in Horbach *et al.* 1986). A alta razão Rb/Sr revelada pela amostra estudada permite que se

considere a idade convencional de 557 ± 6 Ma., para uma razão inicial de 0,705, como a época em que estes granitóides alcalinos encaixaram-se nos complexos Santo Afonso e Santa Maria Chico. Estas rochas poderiam ser definidas como do tipo anorogênico e atestariam a cratonização da área no final do Ciclo Brasileiro. Uma correlação tentativa destes termos litológicos com as rochas subvulcânicas da "ilha cristalina" de Rivera pode ser sugerida. Temporalmente coincidente é também o episódio efusivo ácido gerador da Formação Acampamento Velho no Rio Grande do Sul (Cordani *et al.*, 1974; Sartori, 1978; Soliani Jr., 1986; Horbach *et al.* 1986).

Em direção ao sul, a partir das ilhas cristalinas em estudo, Ferrando & Fernandez (1971), baseados em Hart (1966) e Umpierre & Halpern (1971), asseguram que na metade ocidental do Escudo Uruguaio (Cráton do Rio de La Plata) os granitóides sin-tectônicos têm idades compreendidas entre 2.100 e 2.040 Ma., com um único granitóide pósteotônico datado em 1.995 Ma. (valores temporais corrigidos para a constante de desintegração do Rb ($\lambda_{Rb} = 1,42 \times 10^{-11}$ ano⁻¹). Estas litologias seriam, então, correlacionáveis com as rochas gnáissicas do "Complexo Basal" da "ilha" de Rivera. Os mesmos autores citados mencionam pelo menos dois corpos graníticos, homogêneos e de idade geocronológica conhecida, intrudidos nos domínios da área cratônica: o Granito de La Paz (Departamento de Canelones e Montevideo), um pertita-granito com cerca de 530 Ma., e o Granito de Illescas (Departamento de Florida) com uma idade convencional da ordem de 500 Ma., possivelmente correlacionados aos episódios finais do Ciclo Brasileiro.

Em conclusão, pode-se afirmar que os terrenos do embasamento, aflorantes nas "ilhas cristalinas" de Rivera e Aceguá, representados por gnaisses diversos do Proterozóico Inferior, fazem parte do Cráton do Rio de La Plata. Os granitos intrusivos, deformados ou não, do Proterozóico Superior, parecem corresponder, respectivamente, às fases sintectônica (690-650 Ma.) e tardi a pósteotônica (580-570 Ma.) do Ciclo Brasileiro, representando episódios magmáticos reflexos

sobre a borda cratônica, decorrentes da evolução geotectônica do Cinturão Dom Feliciano, a leste. Desta forma, a granitogênese descrita, associada aos eventos sin, tardi e póscolisionais do Cinturão Dom Feliciano, corresponderia aos granitos de Tipo I Caledoniano, segundo Pitcher (1982).

Os efeitos da evolução do Cinturão Dom Feliciano sobre a borda do Cráton do Rio de La Plata não se restringem às intrusões graníticas. Ferrando & Fernandez (1971) afirmam que, nas proximidades da faixa brasileira, a leste, a obtenção de idades reais para as rochas pré-Brasilianas se torna difícil, com tendências a valores menores e significativa indeterminação por dispersão dos pontos analíticos. Como exemplo, mencionam os granitóides de Nico Perez e Cerro Colorado, cujas análises posicionam-se entre os segmentos isocrônicos de 2.000 e 1.700 Ma., e os granodioritos de Soca, com valores de 1.600 Ma.. A conclusão dos autores é que a região de Nico Perez foi afetada em distintos graus pela orogênese brasileira contígua e os valores numéricos não teriam significação geológica.

A suspensão dos fenômenos de borda do Cráton do Rio de La Plata corresponde ao encerramento das atividades tectônicas do Cinturão Dom Feliciano, seguindo-se o resfriamento regional e a colocação dos tipos magmáticos subvulcânicos terminais, de caráter anorogênico, já no período Cambriano (570-530 Ma.).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J.H., (1966), Potassium-argon dates of basaltic rocks from southern Brazil. *Geoch.Cosmoch.Acta*, **30**: 159-189.

BOSSI, J., (1983), Breve reseña sobre el conocimiento geológico del Escudo Predevoniano en Uruguay (Sud. América). *Zbl. Geol. Palaeont.*, Teil I, (3/4): 417-429, Stuttgart.

CORDANI, U.G.; HALPERN, M.; BERENHOLC, M., (1974), Comentários sobre as determinações geocronológicas na Folha Porto Alegre. In: *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo*, texto explicativo das Folhas Porto Alegre e Lagoa Mirim, DNPM, p. 70-84, Brasília.

FERRANDO, L.A. & FERNANDEZ, R.N., (1971), Esquema tectônico cronoestratigráfico del Predevoniano en Uruguay. *Anais XXV Congr. Bras. Geol.*, **1**: 199-210, São Paulo.

HART, S., (1966), *Radiometric ages in Uruguay and Argentina and their implications concerning Continental Drift*. Geol. Soc. Am., Annual Meeting, San Francisco.

HARTMANN, L.A. & NARDI, L.V.S., (1982), Os granitos Santo Afonso, Saibro e Vauthier da região do Arroio Santa Maria Chico, Dom Pedrito, RS - Geologia, petrologia e química dos elementos maiores, com interpretação geotectônica. *Acta Geol. Leop.*, **16** (12): 153-178, São Leopoldo.

HARTMANN, L.A. & NARDI, L.V.S., (1983), Contribuição à geologia da região oeste do Escudo Sul-rio-grandense. *Atas I Simp. Sul-bras. Geol.*, p. 9-18, Porto Alegre.

HORBACH, R.; KUCH, L.; MARIMON, R.G.; MOREIRA, H.L.; FUCH, G.H.; MARIMON, M.P.C.; PIRES, J.H.; VIVIAN, O.; MARIANO, D.A.; TEIXEIRA, W., (1986), Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. *Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. *Geologia*: pp. 29-312.

KAWASHITA, K., (1972), *O método Rb-Sr em rochas sedimentares. Aplicação para as bacias do Paraná e Amazonas*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, IG/USP, São Paulo (inédito).

NARDI, L.V.S. & HARTMANN, L.A., (1979), O Complexo Granulítico Santa Maria Chico no Escudo Sul-rio-grandense. *Acta Geol. Leop.*, **10** (6): 45-75, São Leopoldo.

NAUMANN, M.P., (1984), *O complexo vulcano-sedimentar ultramáfico e granitóides da região de Ibaré, RS*. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Porto Alegre (inédito).

PITCHER, W.S., (1982), Granite type and tectonic environment. In: *Mountain Building Processes* (K. J. Hsu, ed.), Academic Press, p. 18-40, New York.

PRECIOZZI, F.; SPOTURNO, J.; HEINZEN, W.; ROSSI, P., (1985), *República Oriental del Uruguay - Carta Geológica*. Min. Ind. En., Dir. Nac. Min. Geol., Esc. 1:500.000, Montevideo.

- SARTORI, P.L.P., (1978), *Petrologia do Complexo Granítico de São Sepé, RS. Modelo evolucionar de granitos do Sul do Brasil.* Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, IG/USP, São Paulo (inédito).
- SOLIANI JR., E.; FRAGOSO CESAR, A.R.S.; TEIXEIRA, W.; KAWASHITA, K., (1984), Panorama geocronológico da porção meridional do Escudo Atlântico. *Anais XXXIII Congr. Bras. Geol.*, 5: 2435-2449, Rio de Janeiro.
- SOLIANI JR., E., (1986), *Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica.* Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, IG/USP, São Paulo (inédito).
- STEIGER, R.H. & JÄGER, E., (1977), Subcommission on Geochronology: convention on the use of decay constants in Geo- and Cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 36: 359-362, Amsterdam.
- UMPIERRE, M. & HALPERN, M., (1971), Edades estroncio-rubidio en rocas cristalinas del sur de la República Oriental del Uruguay. *Rev. Assoc. Geol. Argentina*, 26 (2): 133-151, Buenos Aires.
- WILLIAMSON, J.H., (1968), Least-Squares fitting of a straight line. *Can.Jour.Phys.*, 46: 1845-1847.